



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ- ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗΣ

Κατασκευή σιδηροδρομικής σήραγγας Παναγοπούλας

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Δημήτρης Γεωργίου



Επιβλέπων Καθηγητής
Αλέξανδρος Ι. Σοφιανός

Αθήνα, Ιούλιος 2015

(Φωτογραφία εξώφυλλου: Εκσκαφή Β φάσης διατομής σήραγγας Παναγοπούλας)



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ- ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗΣ

Κατασκευή σιδηροδρομικής σήραγγας Παναγοπούλας

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Δημήτρης Γεωργίου

Επιβλέπων Καθηγητής

Αλέξανδρος Ι. Σοφιανός

Εγκρίθηκε από την τριμελή επιτροπή στις 17/7/2015

Αλέξανδρος Ι. Σοφιανός, Καθηγητής ΕΜΠ

Παύλος Νομικός, Επίκουρος Καθηγητής ΕΜΠ

Κωνσταντίνος Λουπασάκης, Επίκουρος Καθηγητής ΕΜΠ.....

Αθήνα, Ιούλιος 2015

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία, έχει ως αντικείμενο την επίδραση των μηχανικών παραμέτρων της βραχόμαζας, στην συμπεριφορά των μέτρων προσωρινής υποστήριξης σήραγγας N.A.T.M. Οι αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν, αναφέρονται στις δύο διαστάσεις του χώρου και έγιναν με την χρήση κώδικα πεπερασμένων στοιχείων.

Συγκεκριμένα η σήραγγα που επιλέχθηκε για τις αναλύσεις, είναι η υπό κατασκευή δίδυμη (ένας κλάδος ανά κατεύθυνση) σιδηροδρομική σήραγγα Παναγοπούλας, της νέας σιδηροδρομικής γραμμής υψηλών ταχυτήτων Κορίνθου- Πατρών.

Στο πρώτο μέρος, γίνεται αναφορά στο έργο της σήραγγας της Παναγοπούλας. Γίνεται παρουσίαση στα γενικά στοιχεία του έργου, τους γεωλογικούς σχηματισμούς και τις τεχνικογεωλογικές ενότητες κατά μήκος της σήραγγας, όπως προέκυψαν από τις αντίστοιχες μελέτες. Στην συνέχεια παρουσιάζεται η μέθοδος κατασκευής της σήραγγας, οι τυπικές διατομές, οι μέθοδοι εκσκαφής, τα προσωρινά μέτρα υποστήριξης και το πρόγραμμα γεωμηχανικής παρακολούθησης της σήραγγας.

Στο δεύτερο μέρος, γίνονται προσομοιώσεις με την χρήση κώδικα πεπερασμένων στοιχείων σε βασικές θέσεις κατά μήκος του έργου, ανάλογα με την γεωλογία και το υπερκείμενο της εκσκαφής. Στην συνέχεια στις θέσεις αυτές γίνεται παραμετρική ανάλυση και έλεγχος ευαισθησίας των μέτρων προσωρινής υποστήριξης, ανάλογα με τις μηχανικές ιδιότητες της βραχόμαζας, όπου και προκύπτουν τα αντίστοιχα συμπεράσματα.

Με βάση τις παραμετρικές αναλύσεις στα μηχανικά χαρακτηριστικά της βραχόμαζας, που είναι το μέτρο ελαστικότητας, ο συντελεστής πλευρικών ωθήσεων, η συνοχή και η γωνιά εσωτερικής τριβής, καταλήγουμε στο συμπέρασμα πως για τους συγκεκριμένους γεωλογικούς σχηματισμούς, ο σημαντικότερος παράγοντας επίδρασης στα μέτρα προσωρινής υποστήριξης, είναι ο συντελεστής πλευρικών ωθήσεων.

Η εκπόνηση της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας βασίστηκε σε στοιχεία τα οποία χορηγήθηκαν από την ΕΡΓΟΣΕ Α.Ε.

ABSTRACT

The present thesis aims to analyze the effects of rock mechanical parameters, in the tunnel support behavior in tunnels with N.A.T.M excavation method. The analyses were realized in two dimensions and were based on finite element formulation.

More specifically, the tunnel that was selected for the analyses, is the Panagopoula tunnel, which is part of the new railway line of high speed rail of Korinthos- Patra. It is a twin tunnel and currently under construction.

In the first part, the tunnel works in Panagopoula tunnel are described. The general tunnel works and the expected conditions along the tunnel are presented according to the geotechnical investigations. Then, the construction method, the typical cross-sections, the excavations method, the tunnel support and the monitoring of tunnel are presented.

In the second part, simulations are carried out by use of a finite elements code in characteristic locations along the tunnel, depending on the geology and the overburden of excavation. Then, by parameterizing the mechanical properties of the rock mass for the same locations, sensitivity of the tunnel support measures was checked within the limits of the typical cross-sections.

Based on parametric analyses of the mechanical characteristics of the rock mass, such as the Young modulus, the coefficient of lateral pressure, cohesion and internal friction angle, we conclude that for these geological formations, the most influential factor on tunnel support is the rate of lateral pressure.

This thesis was based on data granted by ERGOSE S.A.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία, με τίτλο «Κατασκευή σιδηροδρομικής σήραγγας Παναγοπούλας», εκπονήθηκε στα πλαίσια του 10^{ου} εξαμήνου των σπουδών μου, της σχολής Μηχανικών Μεταλλείων-Μεταλλουργών και συγκεκριμένα βασίζεται στο μάθημα «Τεχνικές Διάνοιξης Σηράγγων». Για την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, απαραίτητη ήταν η λήψη των απαραίτητων δεδομένων και μελετών από τις αρμόδιες υπηρεσίες, αλλά και η συνεργασία μου με τους αρμόδιους καθηγητές και το προσωπικό των υπηρεσιών αυτών. Με την ολοκλήρωση της εργασίας αυτής, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους, με βόηθησαν και συνεισέφεραν στην πραγματοποίηση της.

Αρχικά θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον υπεύθυνο καθηγητή μου, κ. Αλέξανδρο Σοφιανό, Καθηγητή της Σχολής Μηχανικών Μεταλλείων-Μεταλλουργών, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε, αναθέτοντας μου το συγκεκριμένο θέμα, ένας θέμα το οποίο πάντα με ενδιέφερε και με εντυπωσίαζε συγχρόνως. Επίσης θα ήθελα να τον ευχαριστήσω για την πολύτιμη βοήθεια που μου προσέφερε και την άριστη συνεργασία που είχαμε, καθώς και την καθοδήγηση του και αντιμετώπιση σε όποια θέματα πρόεκυψαν κατά την διάρκεια της συγγραφής.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την κα. Γιούτα- Μήτρα Παρασκευή, υποψήφια Διδάκτωρ της Σχολής Μηχανικών Μεταλλείων-Μεταλλουργών, για τον χρόνο που διέθεσε και την συνεργασία μας.

Θα ήθελα επίσης, να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον υπεύθυνο της ΕΡΓΟΣΕ, κ. Αθανάσιο Τσαπικούνη, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε για την εκπόνηση της συγκεκριμένης εργασίας, αλλά και για την παροχή όλων των απαραίτητων δεδομένων για την εκπόνηση της εργασίας.

Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω το προσωπικό της εταιρείας ΑΚΤΩΡ Α.Τ.Ε και συγκεκριμένα τον κ. Ανδρέα Αλιβιζάτο, Διευθυντή γεωλόγο, για την άψογη συνεργασία που είχαμε και την βοήθεια που προσέφερε σε ότι χρειάστηκε για την πραγματοποίηση της συγκεκριμένης εργασίας, καθώς και τους γεωλόγους, κ. Μήλτο Σούλα και κ. Ιωάννη Οικονομόπουλο, για την συνεργασία που είχαμε και την παραχώρηση όλων των απαραίτητων δεδομένων.

Ακόμα, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Παύλο Νομικό, Επίκουρο Καθηγητή της Σχολής Μηχανικών Μεταλλείων - Μεταλλουργών, και τον κ. Κωνσταντίνο Λουπασάκη, Επίκουρο Καθηγητή της Σχολής Μηχανικών Μεταλλείων-Μεταλλουργών, για τη συμμετοχή τους στην τριμελή εξεταστική επιτροπή.

Τέλος, θα ήθελα πάνω από όλα ευχαριστήσω τους γονείς μου Χαράλαμπο και Φωτεινή, που στάθηκαν δίπλα μου τόσα χρόνια, για την αμέριστη κατανόηση, βοήθεια, καθοδήγηση και συμπαράστασή τους όλα αυτά τα χρόνια και τους φίλους μου για την στήριξη και βοήθεια που μου προσέφεραν, όλα αυτά τα φοιτητικά χρόνια.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	VII
ABSTRACT	IX
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	XI
1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ	1
1.1. Στόχος της εργασίας	1
1.2. Σκοπός του έργου	2
1.3. Σήραγγα Παναγοπούλας	3
1.3.1. Διατομή σήραγγας	5
1.4. Οριζοντιογραφία	6
1.5. Συνοδά έργα	7
1.6. Η/Μ και υδραυλικά σήραγγας	8
2. ΓΕΩΛΟΓΙΑ	11
2.1. Γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής του έργου	11
2.2. Στρωματογραφία της περιοχής	12
2.3. Τεκτονική της περιοχής	22
2.4. Σεισμικότητα της περιοχής	26
2.5. Υδρογεωλογικό καθεστώς	29
2.6. Κατολίσθηση Παναγοπούλας	31
3. ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ	35
3.1. Ταξινόμηση γεωτεχνικών ενοτήτων	38
3.2. Περιοχή cut&cover εισόδου (X.Θ. 101+041,50- X.Θ. 101+255,00)	40
3.3. Περιοχή κυρίως σήραγγας (X.Θ. 101+255,00 - X.Θ. 105+620,00)	41
3.4. Περιοχή cut&cover εξόδου (X.Θ. 105+620- X.Θ. 105+805)	51
4. ΜΕΘΟΔΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	53
4.1. Κατασκευή Cut&Cover εισόδου	53
4.2. Υπόγεια διάνοιξη	53
4.2.1. Κατηγορίες Εκσκαφής	56
4.2.2. Μέθοδοι εκσκαφής και προσωρινής υποστήριξης	75
4.3. Κατασκευή Cut & Cover εξόδου	87
5. ΓΕΩΜΗΧΑΝΙΚΗ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΤΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ	91
5.1. Πρόγραμμα γεωμηχανικής παρακολούθησης (ΓΠ)	91

5.2.	Ενόργανη γεωμηχανική παρακολούθηση.....	92
5.3.	Θέσεις λήψης μετρήσεων	93
5.4.	Επιτρεπόμενες συγκλίσεις κατά την διάνοιξη της σήραγγας	94
6.	ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΕΚΣΚΑΦΗΣ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ	99
6.1.	Προσομοίωμα πεπερασμένων στοιχείων	99
6.2.	Βασικές παράμετροι σχεδιασμού	99
6.3.	Παράμετροι βραχόμαζας και προσωρινών μέτρων υποστήριξης	102
6.3.1.	Παράμετροι βραχόμαζας	102
6.3.2.	Παράμετροι προσωρινών μέτρων υποστήριξης	102
6.4.	Λήψη μετρήσεων.....	106
6.5.	Προσομοίωση Χ.Θ. 101+460.....	107
6.5.1.	Αποτελέσματα	107
6.5.2.	Συμπεράσματα.....	108
6.6.	Προσομοίωση Χ.Θ. 105+100.....	109
6.6.1.	Αποτελέσματα	109
6.6.2.	Συμπεράσματα.....	110
6.7.	Προσομοίωση Χ.Θ. 102+920.....	111
6.7.1.	Αποτελέσματα	111
6.7.2.	Συμπεράσματα.....	112
6.8.	Συσχέτιση συντελεστή αποτόνωσης με την διαμήκη παραμόρφωση της σήραγγας... 113	
7.	ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ.....	117
7.1.	Μέτρο ελαστικότητας	117
7.1.1.	Χ.Θ. 101+460	117
7.1.2.	Χ.Θ. 105+100	121
7.2.	Συντελεστής πλευρικών ωθήσεων.....	124
7.2.1.	Χ.Θ. 101+460	124
7.2.2.	Χ.Θ. 105+100	128
7.3.	Συνοχή	131
7.3.1.	Χ.Θ. 101+460	131
7.3.2.	Χ.Θ. 105+100	132
7.4.	Γωνία εσωτερικής τριβής	133
7.4.1.	Χ.Θ. 101+460	134
7.4.2.	Χ.Θ. 105+100	135

8.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	137
8.1.	Επίδραση του συντελεστή αποτόνωσης λ	137
8.2.	Επίδραση του υπερκείμενου υψομέτρου	137
8.3.	Επίδραση του μέτρου ελαστικότητας E	138
8.4.	Επίδραση του συντελεστή πλευρικών ωθήσεων k_0	142
8.5.	Επίδραση της συνοχής c και της γωνίας εσωτερικής τριβής φ	146
8.6.	Γενικό συμπέρασμα.....	146
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	147
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α	A
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β	F
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ	DD

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ- ΧΑΡΤΩΝ

Χάρτης 1.1 (Πηγή : ΕΡΓΟΣΕ)	2
Χάρτης 1.2(Πηγή : GoogleEarth)	5
Σχήμα 1.1 (Πηγή :3).....	6
Χάρτης 2.2 (Πηγή : 5).....	23
Χάρτης 2.3 (Πηγή :5)	24
Σχήμα 4.1 (Πηγή :7).....	54
Σχήμα 4.2 (Πηγή :15).....	77
Σχήμα 4.3 (Πηγή :15).....	78
Σχήμα 4.4 (Πηγή :15).....	78
Σχήμα 4.5 (Πηγή :15).....	79
Χάρτης 1.3 (Πηγή :Κ/Ξ ΑΚΤΩΡ ΑΤΕ, J&P ΑΒΑΞ Α.Ε, ΙΝΤΡΑΚΑΤ)	B
Χάρτης 1.4 (Πηγή :Κ/Ξ ΑΚΤΩΡ ΑΤΕ, J&P ΑΒΑΞ Α.Ε, ΙΝΤΡΑΚΑΤ)	C
Χάρτης 1.5 (Πηγή :Κ/Ξ ΑΚΤΩΡ ΑΤΕ, J&P ΑΒΑΞ Α.Ε, ΙΝΤΡΑΚΑΤ)	D
Χάρτης 2.1(ΙΓΜΕ).....	E

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1.1 (Πηγή :Προσωπικό αρχείο).....	4
Εικόνα 1.2 (Πηγή : Προσωπικό αρχείο).....	4
Εικόνα 2.1 (Πηγή : Προσωπικό αρχείο).....	14
Εικόνα 2.2 (Πηγή : Προσωπικό αρχείο).....	17
Εικόνα 2.3 (Πηγή : Προσωπικό αρχείο).....	17
Εικόνα 2.4 (Πηγή : Προσωπικό αρχείο).....	18
Εικόνα 2.5 (Πηγή : Προσωπικό αρχείο).....	19
Εικόνα 2.6 (Πηγή : Προσωπικό αρχείο).....	20
Εικόνα 2.7 (Πηγή : Προσωπικό αρχείο).....	21
Εικόνα 2.8 (Πηγή : Προσωπικό αρχείο).....	22
Εικόνα 2.9 (Πηγή : Προσωπικό αρχείο).....	25
Εικόνα 2.10 (Πηγή :6)	32
Εικόνα 3.1 (Πηγή :1)	40
Εικόνα 3.2 (Πηγή :1)	41
Εικόνα 3.3 (Πηγή :1)	42
Εικόνα 3.4 (Πηγή :1)	43
Εικόνα 3.5 (Πηγή :1)	43
Εικόνα 3.6 (Πηγή :1)	44
Εικόνα 3.7 (Πηγή :1)	45
Εικόνα 3.8 (Πηγή :1)	45
Εικόνα 3.9 (Πηγή :1)	46
Εικόνα 3.10 (Πηγή :1)	46
Εικόνα 3.11 (Πηγή :1)	48
Εικόνα 3.12 (Πηγή :1)	49
Εικόνα 3.13 (Πηγή :1)	49
Εικόνα 3.14 (Πηγή :1)	50
Εικόνα 3.15 (Πηγή :1)	50
Εικόνα 3.16 (Πηγή :1)	51
Εικόνα 4.1 (Πηγή :Κ/Ξ ΑΚΤΩΡ ΑΤΕ, J&P ΑΒΑΞ Α.Ε, ΙΝΤΡΑΚΑΤ).....	57
Εικόνα 4.2 (Πηγή :Κ/Ξ ΑΚΤΩΡ ΑΤΕ, J&P ΑΒΑΞ Α.Ε, ΙΝΤΡΑΚΑΤ).....	57
Εικόνα 4.3 (Πηγή :Κ/Ξ ΑΚΤΩΡ ΑΤΕ, J&P ΑΒΑΞ Α.Ε, ΙΝΤΡΑΚΑΤ).....	58

Εικόνα 4.4 (Πηγή :Κ/Ξ ΑΚΤΩΡ ΑΤΕ, J&P ΑΒΑΞ Α.Ε, ΙΝΤΡΑΚΑΤ).....	75
Εικόνα 4.5 (Πηγή :Κ/Ξ ΑΚΤΩΡ ΑΤΕ, J&P ΑΒΑΞ Α.Ε, ΙΝΤΡΑΚΑΤ).....	76
Εικόνα 4.6 (Πηγή :Κ/Ξ ΑΚΤΩΡ ΑΤΕ, J&P ΑΒΑΞ Α.Ε, ΙΝΤΡΑΚΑΤ).....	76
Εικόνα 4.7 (Πηγή :Κ/Ξ ΑΚΤΩΡ ΑΤΕ, J&P ΑΒΑΞ Α.Ε, ΙΝΤΡΑΚΑΤ).....	80
Εικόνα 4.8 (Πηγή :Κ/Ξ ΑΚΤΩΡ ΑΤΕ, J&P ΑΒΑΞ Α.Ε, ΙΝΤΡΑΚΑΤ).....	81
Εικόνα 4.9 (Πηγή :Κ/Ξ ΑΚΤΩΡ ΑΤΕ, J&P ΑΒΑΞ Α.Ε, ΙΝΤΡΑΚΑΤ).....	81
Εικόνα 4.10 (Πηγή :Κ/Ξ ΑΚΤΩΡ ΑΤΕ, J&P ΑΒΑΞ Α.Ε, ΙΝΤΡΑΚΑΤ).....	82
Εικόνα 4.11 (Πηγή :Προσωπικό αρχείο)	83
Εικόνα 4.12 (Πηγή :Κ/Ξ ΑΚΤΩΡ ΑΤΕ, J&P ΑΒΑΞ Α.Ε, ΙΝΤΡΑΚΑΤ).....	84
Εικόνα 4.13 (Πηγή :Κ/Ξ ΑΚΤΩΡ ΑΤΕ, J&P ΑΒΑΞ Α.Ε, ΙΝΤΡΑΚΑΤ).....	85
Εικόνα 4.14 (Πηγή :Κ/Ξ ΑΚΤΩΡ ΑΤΕ, J&P ΑΒΑΞ Α.Ε, ΙΝΤΡΑΚΑΤ).....	86
Εικόνα 4.15 (Πηγή :Προσωπικό αρχείο)	87
Εικόνα 4.16 (Πηγή : Κ. Λουπασάκης)	87
Εικόνα 6.1	100
Εικόνα 6.2	100
Εικόνα 6.3	101
Εικόνα 6.4	104
Εικόνα 6.5	105
Εικόνα 6.6	106
Εικόνα 6.7	106
Εικόνα 6.8	108
Εικόνα 6.9	110
Εικόνα 6.10	112
Εικόνα 7.1	119
Εικόνα 7.1.Α.....	120
Εικόνα 7.2	120
Εικόνα 7.3	121
Εικόνα 7.4	123
Εικόνα 7.4.Α.....	124
Εικόνα 7.8.Α.....	127
Εικόνα 7.9.Α.....	127
Εικόνα 7.10.Α.....	128
Εικόνα 7.11.Α.....	128
Εικόνα 7.16.Α.....	131

Εικόνα 7.5.....	EE
Εικόνα 7.6.....	EE
Εικόνα 7.7.....	EE
Εικόνα 7.8.....	FF
Εικόνα 7.9.....	FF
Εικόνα 7.10.....	FF
Εικόνα 7.11.....	GG
Εικόνα 7.12.....	GG
Εικόνα 7.13.....	GG
Εικόνα 7.14.....	HH
Εικόνα 7.15.....	HH
Εικόνα 7.16.....	HH
Εικόνα 7.17.....	II
Εικόνα 7.18.....	II
Εικόνα 7.19.....	II
Εικόνα 7.20.....	JJ
Εικόνα 7.21.....	JJ
Εικόνα 7.22.....	JJ
Εικόνα 7.23.....	KK
Εικόνα 7.24.....	KK
Εικόνα 7.25.....	KK
Εικόνα 7.26.....	LL
Εικόνα 7.27.....	LL
Εικόνα 7.28.....	LL
Εικόνα 7,29.....	MM
Εικόνα 7.30.....	MM
Εικόνα 7.31.....	MM
Εικόνα 7.32.....	NN

ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2.1.....	31
Πίνακας 3.1.....	36
Πίνακας 3.2.....	36
Πίνακας 6.1.....	102
Πίνακας 6.5.....	113
Πίνακας 6.6.....	114
Πίνακας 6.7.....	114
Πίνακας 6.2.....	G
Πίνακας 6.3.....	H
Πίνακας 6.4.....	H
Πίνακας 7.1.....	I
Πίνακας 7.2.....	J
Πίνακας 7.3.....	K
Πίνακας 7.4.....	L
Πίνακας 7.5.....	M
Πίνακας 7.6.....	N
Πίνακας 7.7.....	O
Πίνακας 7.8.....	P
Πίνακας 7.9.....	Q
Πίνακας 7.10.....	R
Πίνακας 7.11.....	S
Πίνακας 7.12.....	T
Πίνακας 7.13.....	U
Πίνακας 7.14.....	V
Πίνακας 7.15.....	W
Πίνακας 7.16.....	X
Πίνακας 7.17.....	Y
Πίνακας 7.18.....	Z
Πίνακας 7.19.....	AA
Πίνακας 7.20.....	BB

ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 2.1.....	27
Διάγραμμα 6.5.1.....	108
Διάγραμμα 6.6.1.....	110
Διάγραμμα 6.7.1.....	112
Διάγραμμα 7.1.1.....	118
Διάγραμμα 7.1.2.....	118
Διάγραμμα 7.1.3.....	122
Διάγραμμα 7.1.4.....	122
Διάγραμμα 7.2.1.....	125
Διάγραμμα 7.2.2.....	126
Διάγραμμα 7.2.3.....	129
Διάγραμμα 7.2.4.....	130
Διάγραμμα 7.3.1.....	132
Διάγραμμα 7.3.2.....	133
Διάγραμμα 7.4.1.....	134
Διάγραμμα 7.4.2.....	135
Διάγραμμα 8.2.1.....	138
Διάγραμμα 8.3.1.....	139
Διάγραμμα 8.3.2.....	139
Διάγραμμα 8.3.3.....	140
Διάγραμμα 8.3.4.....	141
Διάγραμμα 8.3.5.....	141
Διάγραμμα 8.3.6.....	142
Διάγραμμα 8.4.1.....	143
Διάγραμμα 8.4.2.....	143
Διάγραμμα 8.4.3.....	144
Διάγραμμα 8.4.4.....	145
Διάγραμμα 8.4.5.....	145
Διάγραμμα 8.4.6.....	146

1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ

1.1. Στόχος της εργασίας

Η παρούσα διπλωματική εργασία, χωρίζεται σε δύο βασικές ενότητες. Στην πρώτη ενότητα, στην οποία χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία από τις αντίστοιχες μελέτες, γίνεται περιγραφή των γεωλογικών συνθηκών της περιοχής, των τεχνικογεωλογικών ενοτήτων κατά μήκος της σήραγγας και της μεθόδου κατασκευής της σήραγγας. Συγκεκριμένα στο κεφάλαιο 2, γίνεται αναφορά στους γεωλογικούς σχηματισμούς της ευρύτερης περιοχής, που εντάσσονται στην γεωλογική ζώνη Ωλονού- Πίνδου, στο γεωμορφολογικό καθεστώς της περιοχής, τις επικρατούσες υδρογεωλογικές συνθήκες και την έντονη τεκτονική δραστηριότητα της περιοχής. Επίσης γίνεται εκτενής αναφορά, στο κατολισθητικό φαινόμενο που συνέβη στην περιοχή της Παναγοπούλας το 1971 και επηρέασε σημαντικά την χάραξη της σήραγγας, με σκοπό την αποφυγή δυσμενών σχηματισμών, κατά την διάνοιξη της.

Στο κεφάλαιο 3, γίνεται αναφορά στο σύνολο των ερευνητικών γεωτεχνικών εργασιών, που πραγματοποιήθηκαν για την μελέτη των γεωτεχνικών συνθηκών στην περιοχή της σήραγγας. Στη συνέχεια γίνεται λεπτομερής παράθεση των μηχανικών χαρακτηριστικών, που προέκυψαν από τις εργαστηριακές δοκιμές, για κάθε θέση της σήραγγας.

Στο κεφάλαιο 4, γίνεται αναφορά στον τρόπο κατασκευής της σήραγγας και συγκεκριμένα στα τεχνικά εισόδου και εξόδου της σήραγγας και στην υπόγεια διάνοιξη της σήραγγας. Μεγάλη έμφαση δίνεται στο τμήμα της υπόγειας διάνοιξης της σήραγγας, όπου γίνεται περιγραφή των μεθόδων διάνοιξης, (συμβατική- χρήση εκρηκτικών υλών) καθώς και αναλυτική παρουσίαση της εφαρμογής των προσωρινών μέτρων υποστήριξης.

Στο κεφάλαιο 5, γίνεται αναφορά στο πρόγραμμα γεωμηχανικής παρακολούθησης της σήραγγας και παρουσιάζονται οι επιτρεπόμενες παραμορφώσεις στα μέτρα προσωρινής υποστήριξης, ανάλογα με την κατηγορία εκσκαφής.

Η δεύτερη ενότητα, βασίζεται σε στοιχεία που προέκυψαν από την φάση κατασκευής σε συνδυασμό με αναλύσεις που έγιναν σε κώδικα πεπερασμένων στοιχείων. Συγκεκριμένα στο κεφάλαιο 6, γίνεται παρουσίαση των αποτελεσμάτων, που προέκυψαν από τις αναλύσεις και γίνεται σύγκριση των τιμών με αυτών της μελέτης.

Στην συνέχεια, στο κεφάλαιο 7, γίνεται παραμετρική ανάλυση σε ορισμένες μηχανικές ιδιότητες της βραχώμαζας, όπως είναι το μέτρο ελαστικότητας E , ο συντελεστής πλευρικών ωθήσεων ν , η συνοχή c , η γωνία εσωτερικής τριβής ϕ και εξετάζεται κατά πόσο η μεταβολή των τιμών τους, επιδρά στα μέτρα προσωρινής υποστήριξης και πως μπορούν να μεταβληθούν αυτά, ώστε να μην αστοχούν.

Τέλος, στο κεφάλαιο 8, παρατίθενται συμπεράσματα σχετικά με τις αναλύσεις που έγιναν στα κεφάλαια 6 και 7.

1.2. Σκοπός του έργου

Η σιδηροδρομική σήραγγα Παναγοπούλας βρίσκεται 21km βορειοανατολικά της Πάτρας και ανήκει στη χάραξη του τμήματος Ροδοδάφνη- Ψαθόπυργος, της νέας σιδηροδρομικής γραμμής Κορίνθου- Πάτρας.

Η χάραξη του έργου ξεκινάει από τον σιδηροδρομικό σταθμό Ροδοδάφνης και τελειώνει στον σιδηροδρομικό σταθμό Ψαθόπυργος (Χάρτης 1.1).



Χάρτης 1.1

Το τμήμα αυτό της νέα σιδηροδρομικής γραμμής, έχει μήκος 21.5km και περιλαμβάνει:

- 1 σιδηροδρομική σήραγγα στην περιοχή Παναγοπούλας, μήκους 4.800m
- 3 σιδηροδρομικές γέφυρες
- 4 οδικές γέφυρες
- 27 ανισόπεδες διαβάσεις

- 4 σιδηροδρομικοί σταθμοί: Ροδοδάφνη, Σελιανίτικα, Καμάρες, Ψαθόπυργος

Για τις ανάγκες γεωγραφικής παρακολούθησης του Έργου από την ΕΡΓΑ ΟΣΕ Α.Ε., το σύνολο της χάραξης, έχει διαχωριστεί σε τρία τμήματα :

- 1^ο Τμήμα :Χ.Θ. 91+500 – 100+000
- 2^ο Τμήμα :Χ.Θ. 100+000 – 106+000
- 3^ο Τμήμα :Χ.Θ. 106+000 – 113+000

Η ταχύτητα μελέτης, στο υφιστάμενο τμήμα, είναι περί τα 100-150km/h. Το έργο θα περιλαμβάνει σηματοδότηση- τηλεδιοίκηση, τηλεπικοινωνίες και ηλεκτροκίνηση.

Στο ανοιχτό τμήμα της νέας σιδηροδρομικής γραμμής, η αξονική απόσταση μεταξύ των δυο κλάδων έχει μήκος 4,20m. Ο κάθε κλάδος θα φέρει σιδηροτροχιές κανονικού εύρους (1,435mm) Σε απόσταση 5,10m εκατέρωθεν του κεντρικού άξονα χάραξης προβλέπεται θέση στύλων ηλεκτροκίνησης ενώ το συνολικό πλάτος του καταστρώματος της υποδομής, θα είναι 13,00m.

Ο κύριος του έργου είναι η ΕΡΓΟΣΕ Α.Ε, ενώ η κατασκευή χρηματοδοτήθηκε από το ΕΣΠΑ 2007-2013 με κόστος 315 εκ. ευρώ. Ύστερα από δημοπράτηση, την κατασκευή του έργου ανέλαβε το Μάιο του 2012 η κοινοπραξία ΑΚΤΩΡ- J&P ΑΒΑΞ- INTRAKAT. Το έργο βρίσκεται σε φάση κατασκευής (Ιούλιος 2015).

1.3. Σήραγγα Παναγοπούλας

Η δίδυμη σιδηροδρομική σήραγγα Παναγοπούλας, βρίσκεται στην περιοχή της Παναγοπούλας Αχαΐας (Χάρτης 1.2).

Στην περιοχή αυτή, αποφασίστηκε η κατασκευή σήραγγας, με σκοπό να αποφευχθεί ο ορεινός όγκος της Παναγοπούλας και ο μικρός ελεύθερος χώρος που υπάρχει στην περιοχή (Εικόνα 1.1), ο οποίος εμποδίζει την κατασκευή σιδηροδρομικής γραμμής υψηλών ταχυτήτων, καθώς επίσης και η κατολίσθηση που βρίσκεται στην περιοχή, η οποία δημιουργεί δυσμενής γεωτεχνικές συνθήκες.



Εικόνα 1.1

Επίσης στην ίδια περιοχή ευρίσκοντο και οι οδικές σήραγγες T24-T26 (Εικόνα 1.2), της νέας εθνικής οδού Κορίνθου- Πατρών. Για τον λόγο αυτό η σιδηροδρομική σήραγγα, διέρχεται σε χαμηλότερο υψόμετρο από αυτό των οδικών.



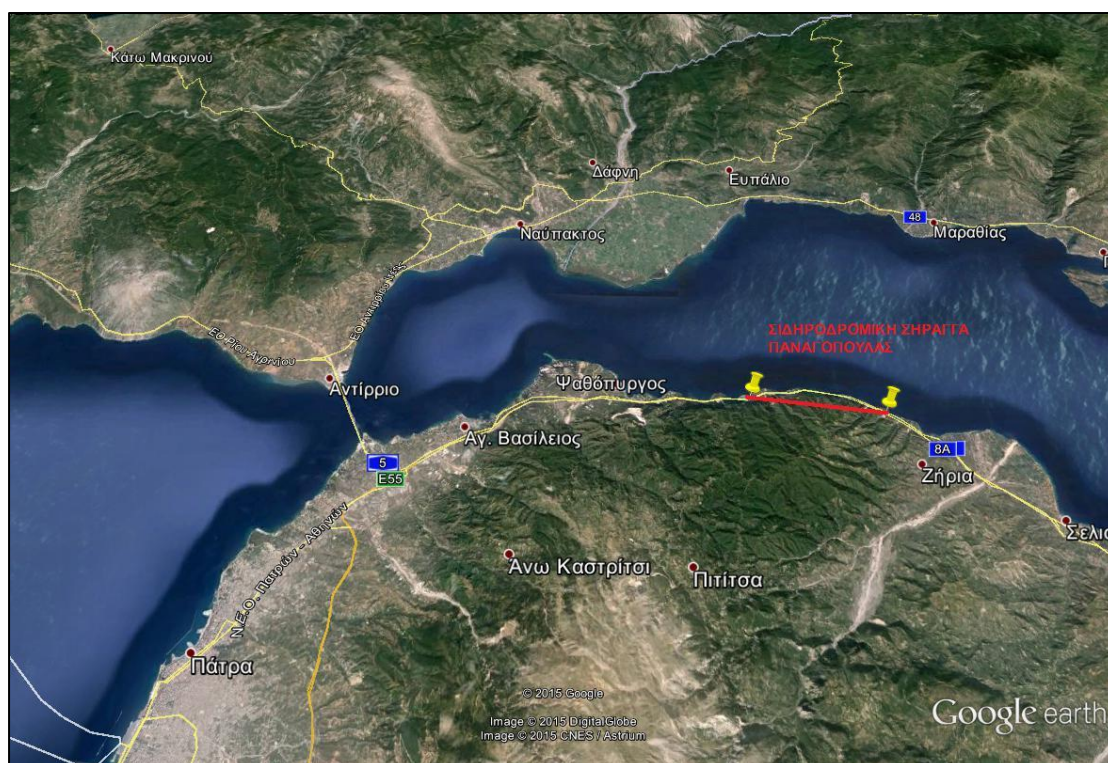
Εικόνα 1.2

Το τεχνικό έργο της σήραγγας Παναγοπούλας βρίσκεται μεταξύ των Χ.Θ. 101+000 και 106+000 και για την κατασκευή του εξετάστηκαν οι ακόλουθες περιπτώσεις - λύσεις:

Α) Δίδυμη σήραγγα με ενδιάμεσους συνδετήριους διαδρόμους, από δύο κλάδους, όπου κάθε ένας θα περιλαμβάνει μια σιδηροδρομική γραμμή.

Β) Μονή σήραγγα με κάθετες σήραγγες διαφυγής, διπλού κλάδου με δύο σιδηροδρομικές γραμμές, μια ανά κατεύθυνση.

Τελικά επιλέχθηκε η περίπτωση Α.



Χάρτης 1.2

1.3.1. Διατομή σήραγγας³

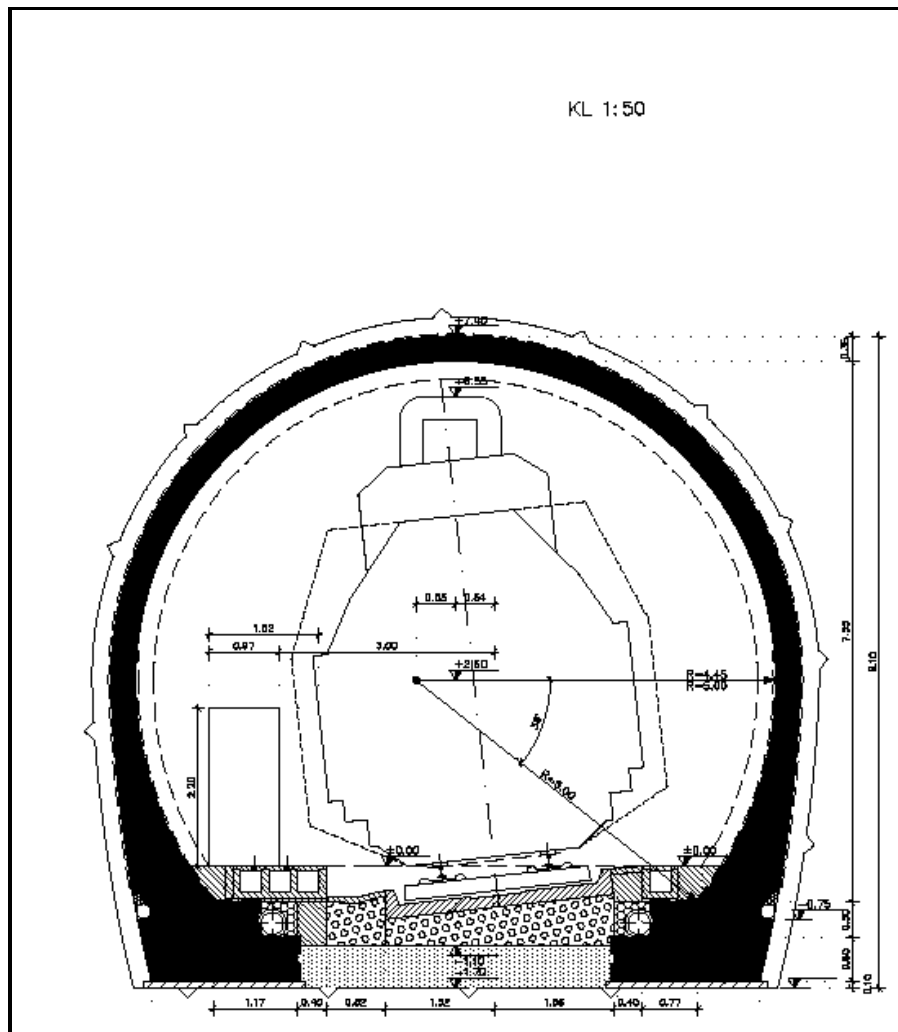
Η ΕΡΓΟΣΕ Α.Ε στο σχεδιασμό των σηράγγων, χρησιμοποιεί τις προδιαγραφές των γερμανικών κανονισμών και συγκεκριμένα την προδιαγραφή (Ril 853, 2002).

Στο σχεδιασμό της διατομής λήφθηκε υπόψη ως μέγιστη επιτρεπόμενη ταχύτητα τα 160km/h. Η διατομή της κάθε σήραγγας έχει ελεύθερο πλάτος 8,90 m και ελεύθερο ύψος από 7,50 έως 9,20 m ανάλογα τον τύπο της διατομής. Το ελεύθερο ύψος πάνω από το άνω άκρο της σιδηροτροχιάς είναι 7,05 m.

Κάθε κλάδος της σήραγγας έχει πλάτος καταστρώματος υποδομής 4,40m και προβλέπεται μονό πεζοδρόμιο. Επίσης προβλέπεται επισφαλής περιοχή 3,0m,

ασφαλής περιοχή (είτε διάδρομος προσωπικού υπηρεσίας) 0,83m και πρόσθετος χώρος 0,25m για μελλοντική χρήση από την υπηρεσία (περιλαμβάνει 5cm κατασκευαστική ανοχή της μόνιμης επένδυσης).

Η διατομή χρήσης και το πειριτύπωμά τους συρμού για τον κάθε κλάδο της σήραγγας, φαίνεται στο ΣΧΗΜΑ 1.1.



Σχήμα 1.1

1.4. Οριζοντιογραφία

Στην οριζοντιογραφία της σήραγγας (Παράρτημα Α/Χάρτης 1.3-1.5), αποτυπώνεται η χάραξη των δύο κλάδων της σιδηροδρομικής σήραγγας Παναγοπούλας, η θέση έναρξης και πέρατος της υπόγειας διάνοιξης (μοβ χρώμα), οι θέσεις των cut&cover εισόδου και εξόδου, οι οδικές σήραγγες T24-T26 (γκρι χρώμα) που διέρχονται από την περιοχή, καθώς και η γεωμορφολογία της περιοχής.

1.5. Συνοδά έργα³

- **Σήραγγα ενδιάμεσης προσβολής**

Στα πλαίσια κατασκευής των δύο κλάδων της σήραγγας, προβλέπεται η κατασκευή μία στοιά ενδιάμεσης προσβολής, μήκους 550m. Η διατομή της στοιάς έχει ελεύθερο πλάτος 6,80m και ελεύθερο ύψος 5,10m.

Για τη διάνοιξη της σήραγγας ενδιάμεσης προσβολής, απαιτείται η κατασκευή εργοταξιακού δρόμου παράλληλα της Ν.Ε.Ο. και ανάντη αυτής. Η εργοταξιακή οδός, λόγω του έντονου ανάγλυφου της περιοχής, είναι ελαχίστου πλάτους 5m και χρησιμοποιείτε μόνο από τα φορτηγά και τα μηχανήματα για την κατασκευή της σήραγγας διαφυγής. Λόγω της παραπάνω ιδιαιτερότητας, η οδός μηκοτομικά ακουμπά στο φυσικό έδαφος για την αποφυγή διατάραξης του ορεινού όγκου και εξυπηρετεί βαρέα οχήματα που κινούνται με χαμηλές ταχύτητες δίχως, εν γένει, να επιτρέπεται η προσπέραση.

Η οδός έχει μήκος 626m και η αρχή της βρίσκεται στη Χ.Θ. 0+632,34 της σήραγγας διαφυγής. Η συγκεκριμένη θέση διαμορφώθηκε κατάλληλα ώστε να δημιουργηθεί χώρος αναμονής και ελιγμών των φορτηγών.

Για τα πρώτα 105m η οδός κινείται σε ευθυγραμμία ακολουθώντας το ανάγλυφο της περιοχής όσο γίνεται περισσότερο ώστε να αποφεύγονται τα ορύγματα ανάντη και τα επιχώματα κατάντη λόγω του υφιστάμενου τοίχου της Ν.Ε.Ο. Στη συνέχεια κινείται ακολουθώντας πορεία γειτνίασης με τον υφιστάμενο τοίχο της Ν.Ε.Ο. Ακολούθως απομακρύνεται από την Ν.Ε.Ο. περνώντας πάνω από ρέμα στη Χ.Θ. 0+250,49. Από τη Χ.Θ. 0+255 έως τη Χ.Θ. 0+305 περίπου διαμορφώνεται ανάντη χώρος αναμονής των φορτηγών. Στη συνέχεια η οδός γειτνιάζει με υφιστάμενο τοίχο της Ν.Ε.Ο. Από τη Χ.Θ. 0+438 έως τη Χ.Θ. 0+468 στην ανάντη πλευρά προβλέπεται η κατασκευή τοίχου μήκους 30m και μέσου ύψους 2,0 m. Τα τελευταία 60m η οδός κατεβαίνει υψομετρικά περίπου 4,50m για να συμβάλει στην υφιστάμενη κάτω διάβαση της Ν.Ε.Ο. πλάτους 4,00m και ύψους 3,00m.

- **Συνδετήριες σήραγγες**

Σύμφωνα με την μελέτη της σήραγγας, προβλέπεται η κατασκευή συνδετήριων στοών για τους κλάδους της κύριας σήραγγας κάθε 500m περίπου. Η διατομή της κάθε στοιάς έχει ελεύθερο πλάτος 5,50m και ελεύθερο ύψος 4,50m.

1.6. Η/Μ και υδραυλικά σήραγγας³

- **Πυρόσβεση**

Τοποθετείται πυροσβεστικό δίκτυο νερού, που περιλαμβάνει κατάλληλους πυροσβεστικούς κρουνοί στην μία πλευρά της σήραγγας. Το πυροσβεστικό δίκτυο κατασκευάζεται με σωλήνες από πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας (HIGH DENSITY) 10atm, που τοποθετούνται υπόγεια κάτω από το πεζοδρόμιο της σήραγγας.

- **Η/Μ σήραγγας**

Στα Η/Μ της σήραγγας, προβλέπεται η κατασκευή και τοποθέτηση των απαραίτητων σωληνώσεων, καναλιών και οχετών καλωδίων που εξυπηρετούν τις Η/Μ εγκαταστάσεις ισχυρών και ασθενών ρευμάτων. Συγκεκριμένα

- ✓ **Εξωτερικός φωτισμός**

Κατασκευάζονται φρεάτια 40x40cm και σωλήνες πολυαιθυλενίου PE-HD Φ110mm εγκιβωτισμένες σε σκυρόδεμα των εγκαταστάσεων οδοφωτισμού των προβλητών στις εισόδους και εξόδους των σηράγγων.

- ✓ **Παροχή μέσης και χαμηλής τάσης στις σήραγγες**

Κατασκευάζονται φρεάτια διακλαδώσεως υπογείων καλωδίων διαστάσεων 100X100cm, και σωλήνες πολυαιθυλενίου PE-HD Φ110mm εγκιβωτισμένες σε σκυρόδεμα για την παροχέτευση των δικτύων μέσης και χαμηλής τάσης στις σήραγγες.

- ✓ **Υποδομή για την διασύνδεση συνδετήριων διαδρομών και σηράγγων**

Κατασκευάζονται σωληνώσεις διασύνδεσης των συνδετήριων διαδρόμων με τις παρειές των κυρίων σηράγγων και τα κανάλια που τις διατρέχουν καθώς και των καναλιών μεταξύ τους για την διέλευση κάθε είδους καλωδίων. Η σωλήνωση αποτελείται από σωλήνες πολυαιθυλένιο (PE - HD), Φ110mm, πίεσης λειτουργίας 6atm.

- ✓ **Γειώσεις – ισοδύναμη προστασία σήραγγας**

Εγκαθίσταται η γείωση όπου απαιτείται στην σήραγγα για την ηλεκτροκίνηση των συρμών. Το σύστημα αυτό περιλαμβάνει:

- Δύο χαλύβδινες, θερμά επιψευδαργυρωμένες λάμες γείωσης, κάθε μία διαστάσεων 30 x 3,5mm, που τοποθετούνται σ' όλο το μήκος, και στις δύο πλευρές, της σήραγγας, χαμηλά στα πέδιλα.

- Δύο ζεύγη χαλύβδινων, θερμά επιψευδαργυρωμένων ράβδων Φ16mm, που τοποθετούνται σ' όλο το μήκος, και στις δύο πλευρές της σήραγγας σε ύψος 70cm από το πεζοδρόμιο και στην άκρη του καναλιού καλωδίων.
- Γεφυρώσεις των παραπάνω στοιχείων μεταξύ τους πλησίον των αρμών, στην αρχή και το τέλος κάθε τμήματος 12,5m, με θερμά επιψευδαργυρωμένη ράβδο Φ16mm (ή ταινία 30 x 3,5mm) που τοποθετείται εγκάρσια, παράλληλα με τους αρμούς και περιμετρικά στην διατομή της σήραγγας στον θόλο και κάτωθεν της γραμμής.
- Γεφύρωση των ράβδων οπλισμού της σήραγγας στο θόλο και κάτωθεν της γραμμής με πυκνότητα ανά 2m και με τους εγκάρσιους αγωγούς γείωσης της σημ. (γ), (2 συνδέσεις σε κάθε τμήμα σκυροδέτησης μήκους 12,5m στην αρχή και στο τέλος).
- Τέσσερεις (4) αναμονές από μπάρα χαλκού επικασσιτερωμένη σε κάθε τμήμα σκυροδέτησης 12,5m με αγωγό Cu 70 mm².
- Εύκαμπτους αγωγούς διασύνδεσης (2 σε κάθε αρμό) των παραπάνω αναμονών (ε) με αγωγό Cu 70 mm².
- Με αγωγό Cu 70 mm² γείωσης συνδέονται τοπικά και οι ακροδέκτες γείωσης όλων των Ανεμιστήρων Jet – Fans, οι υποπίνακες τα μεταλλικά κανάλια των ηλεκτρικών καλωδίων και γενικώς κάθε μεταλλικό αντικείμενο.
- Γεφύρωση των σιδηροτροχιών με τους αγωγούς γείωσης ανά 100m με ταινία ή ράβδο χαλύβδινη θερμά επιψευδαργυρωμένη Φ16mm.

- **Υδραυλικά σήραγγας**

Σε κάθε πλευρά της διατομής της σήραγγας, κάτω από τα πεζοδρόμια, τοποθετούνται οι αγωγοί διέλευσης καλωδίων. Στο κάτω μέρος των φρεατίων καλωδιώσεων και από τις δύο πλευρές της σήραγγας κατασκευάζονται συλλεκτήριοι αγωγοί αποχέτευσης οι οποίοι συνδέονται με σωλήνες αποστράγγισης κάθε 50m μέσω επίπεδων φρεατίων ελέγχου και διοχετεύουν τα ύδατα στις εξόδους της σήραγγας.

Κατά μήκος των σιδηροτροχιών κάθε 125m εκατέρωθεν τοποθετούνται ερμάρια, ενώ κάθε 50m εκατέρωθεν κατασκευάζεται φρεάτιο επίσκεψης για τον σωλήνα αποχέτευσης και τον σωλήνα αποστράγγισης.

2. ΓΕΩΛΟΓΙΑ

2.1. Γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής του έργου¹

Η ευρύτερη περιοχή της Παναγοπούλας, εντάσσεται στην περιοχή των νοτίων ακτών του Κορινθιακού κόλπου, όπου καθορίστηκαν κυρίως από την τεκτονική δραστηριότητα και τις ιζηματογενείς διεργασίες αλλά και από τη δράση των εξωτερικών παραγόντων της διάβρωσης. Η διαμόρφωση του σημερινού ανάγλυφου είναι αποτέλεσμα της ανταγωνιστικής δράσης των παραπάνω παραγόντων.

Ο κυριότερος ορεινός όγκος στην περιοχή της ΒΔ Πελοποννήσου είναι το Όρος Παναχαϊκό (+1926) και στην ευρύτερη περιοχή του έργου, το μέγιστο υψόμετρο συναντάται στην κορυφή του Προφήτη Ηλία (+754). Μεταξύ του ορεινού όγκου του Παναχαϊκού και της ακτογραμμής της Βόρειας Πελοποννήσου παρεμβάλλεται μια στενή ζώνη ηπιότερου ανάγλυφου που δομείται από Πλειο-Τεταρτογενείς αποθέσεις. Η ζώνη αυτή αποτελεί τμήμα της ευρύτερης ρηξιγενούς ζώνης Κορίνθου – Πάτρας η οποία έχει διεύθυνση ανάπτυξης Α-Δ, μήκος περί τα 140km και πλάτος περί τα 40km και διαχωρίζει τους αλπικούς σχηματισμούς της Στερεάς Ελλάδας και της Πελοποννήσου, μέσω μια σειράς από τεκτονικές τάφρους (graben), της Κορίνθου στο ανατολικό τμήμα, του Ρίου στο κεντρικό και της Πάτρας στο δυτικό.

Η ευρύτερη περιοχή του έργου οριοθετείται στα ανατολικά από τον ποταμό Φοίνικα όπου συναντώνται οι οικισμοί Σελιανίτικα, Καμάρες και Λαμπίρι και στα δυτικά από τον ποταμό Βολιναίο και τους οικισμούς Ψαθόπυργος και Αραχωβίτικα.

Η κυρίαρχη τεκτονική δομή του ρήγματος της Ροδινής – Ψαθόπυργου στην ευρύτερη περιοχή, καθόρισε τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά αυτής. Η ρηξιγενής αυτή ζώνη, στο ανατολικό της άκρο, αναπτύσσεται στην περιοχή της Παναγοπούλας και διαχωρίζει την στενή παράκτια ζώνη, υποοριζόντιας μορφολογίας από τη λοφώδη έως ημιορεινή στο νότο.

Το υδρογραφικό δίκτυο χαρακτηρίζεται από κλάδους Β-Ν διεύθυνσης που τέμνουν εγκάρσια τη ρηξιγενή ζώνη. Η διευθέτηση του προσανατολισμού των κλάδων του υδρογραφικού δικτύου είναι αποτέλεσμα της τεκτονικής δράσης, καθώς οι κλάδοι ακολουθούν τα εγκάρσια ως προς το κύριο ρήγμα δευτερεύοντα ρήγματα μετασχηματισμού. Οι κλάδοι του δικτύου παρουσιάζουν σημαντική στερεοπαροχή,

έντονη κατά βάθος διάβρωση δίδοντας απότομα πρανή και σχηματίζοντας ζώνες αστάθειας και καταπτώσεων κατά μήκος τους.

Στην ευρύτερη περιοχή του έργου διακρίνονται τρεις γεωμορφολογικές ενότητες. Η πρώτη παράκτια ενότητα χαρακτηρίζεται από χαμηλά, πεδινά υποοριζόντια ανάγλυφα και συναντάται κυρίως στις περιοχές των οικισμών Σελιανίτικα, Καμάρες και Λαμπίρι στα ανατολικά και Ψαθόπυργου και Αραχωβίτικων στα δυτικά. Η ενότητα αυτή αναπτύσσεται παράλληλα με την γενικότερη ΒΔ-ΝΑ διεύθυνση της ακτογραμμής, μεταξύ των υψομέτρων ± 0 και +20, με ήπιες μορφολογικές κλίσεις της τάξεως του 5% προς Β, ΒΒΔ και ΒΒΑ. Παρουσιάζει το μεγαλύτερο εύρος ανάπτυξης στις περιοχές των εκβολών των ποταμών Φοίνικα και Βολιναίο καθώς η διαμόρφωση αυτής της ενότητας συνδέεται με τις αλλουβιακές αποθέσεις των κυριότερων κλάδων του υδρογραφικού δικτύου

Η δεύτερη λοφώδης έως ημιορεινή ενότητα αναπτύσσεται στις βόρειες παρειές του ορεινού όγκου του Παναχαϊκού και χαρακτηρίζεται από απότομες κλίσεις πρανών προς Β.

Τέλος, η τρίτη ορεινή ενότητα χαρακτηρίζεται από το απότομο υψηλό τοπογραφικό ανάγλυφο, με υψόμετρα που φτάνουν τα 300m στην περιοχή της μελέτης και τα ξεπερνούν νοτιότερα αυτής, καθώς και το πυκνότερο υδρογραφικό δίκτυο και συναντάται στο κεντρικό και νότιο τμήμα της περιοχής της μελέτης.

2.2. Στρωματογραφία της περιοχής

Το γεωλογικό υπόβαθρο της περιοχής, σύμφωνα με το γεωλογικό χάρτη του Ι.Γ.Μ.Ε, φύλλο Ναύπακτος (Παράρτημα Α/ Χάρτης 2.1), δομείται από νεογενείς σχηματισμούς της οπισθοχώρας του σημερινού Ελληνικού τόξου και από προγενέστερους αλπικούς σχηματισμούς της γεωτεκτονικής ενότητας Ωλονού - Πίνδου. Οι σχηματισμοί του νεογενούς βρίσκονται σε ασυμφωνία με τους υποκείμενους αλπικούς σχηματισμούς και προέρχονται από την απόθεση ιζημάτων κατά την διάρκεια του Νεογενούς και του Τεταρτογενούς στη νότια πλευρά της νεοτεκτονικής τάφρου (graben) της Κορίνθου, που διαχωρίζει τη βορειοανατολική Πελοπόννησο από την ανατολική Στερεά Ελλάδα.

Η τάφρος αυτή, εκτείνεται σε μήκος, περίπου 100-130km, κατά μήκος των βόρειων ακτών της Πελοποννήσου και 20-40km κατά πλάτος οριοθετώντας τον Κορινθιακό

κόλπο με μέγιστο βάθος 900m. Επίσης διέρχεται λοξά από τις αλπικές γεωτεκτονικές ζώνες των Ελληνίδων και αποτελεί το ανατολικό τμήμα μιας ευρύτερης ηπειρωτικής ρηξιγενούς ζώνης που διαχωρίζει την Πελοπόννησο από τη Στερεά Ελλάδα. Ο σχηματισμός της ξεκίνησε κατά το Μειόκαινο.

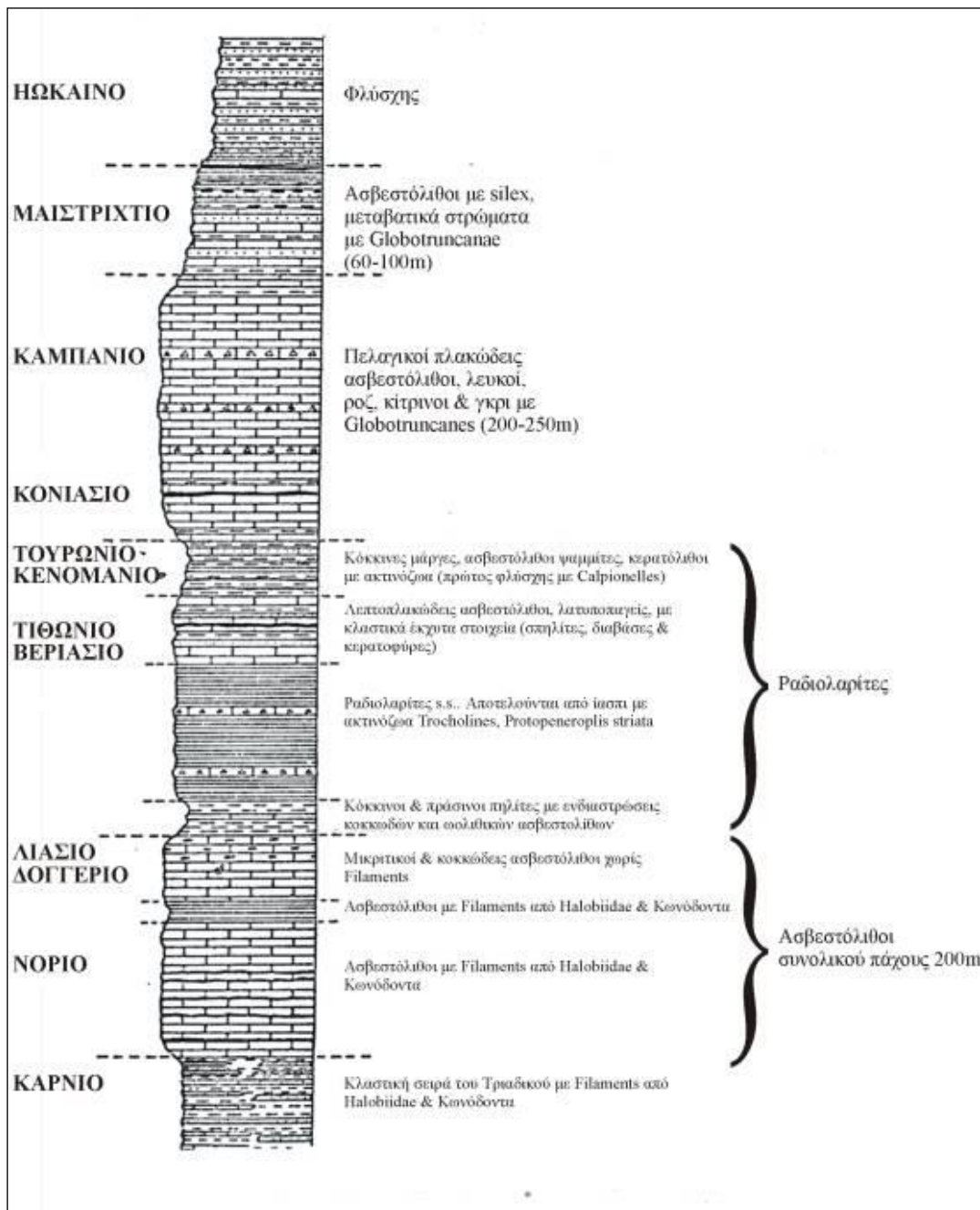
Η λιθοστρωματογραφία των νεογενών σχηματισμών κατά μήκος του ανατολικού τμήματος της ρηξιγενούς ζώνης συνδέεται άμεσα με τη νεοτεκτονική εξέλιξη της Κορινθιακής τάφρου και χαρακτηρίζεται από ιζήματα διαφορετικών φάσεων που αντιστοιχούν σε διαφορετικά παλαιογεωγραφικά περιβάλλοντα απόθεσης.

Στον ευρύτερο χώρο της νότιας πλευράς της τάφρου, συναντώνται οι παρακάτω ιζηματολογικές φάσεις (Poulimenos, G. Albers & T. Doutsos, *Neotectonic evolution of the Central Section of the Corinth Grabben*, Z. dt. Geol. Ges., 173-182, Hanover 1989):

- **Λιμναία φάση:** συναντάται στη βάση της λιθοστρωματογραφικής ακολουθίας και αποτελείται από εναλλαγές αργιλούχων ιλύων και ιλυωδών άμμων, καθώς και ενστρώσεις άμμου. Τα λεπτομερέστερα υλικά συναντώνται στο κέντρο των λεκανών απόθεσης, ενώ στα όρια των παλαιογεωγραφικών λεκανών συναντώνται και αμμώδη κροκαλοπαγή ποτάμιας προέλευσης, με προσφορά υλικού από τα ΝΝΔ. Η απόθεση έλαβε χώρα είτε σε ρηχές λίμνες είτε σε εγκολπώσεις κατά μήκος των παλαιοακτών.
- **Παράκτια φάση:** συναντάται τοποθετημένη σε στρωματογραφική συμφωνία πάνω στην λιμναία φάση και αποτελείται από εναλλαγές στρωμάτων άμμου, ιλυώδους άμμου και αμμώδους ιλύος. Στη βάση τους συναντώνται αδρομερείς αποθέσεις θαλάσσιας κατάκλισης, που αποτελούν ενδείξεις συνιζηματογενούς τεκτονισμού.
- **Ποτάμια φάση:** συναντάται τοποθετημένη σε συμφωνία πάνω στις αποθέσεις της λιμναίας φάσης και χρονοστρωματογραφικά είναι όμοια με τις αποθέσεις της παράκτιας φάσης. Αποτελείται από μια υποφάση εναλλαγών οριζόντων άμμων και ιλύων με κροκαλοπαγή και μια υποφάση από λατύπες και παιπάλες με αμμώδεις φακούς.
- **Φάση αλλουβιακών ριπιδίων:** πρόκειται για συμπαγείς αποθέσεις κροκαλοπαγών, που διακρίνονται σε δύο υποφάσεις. Η πρώτη περιλαμβάνει χερσαίες αποθέσεις αλλουβιακών ριπιδίων από αδρομερή υλικά πτωχής ταξινόμησης, που προέρχονται από τις απόκρημνες κλιτύες των ορίων του

ανυψωμένου προνεογενούς υποβάθρου. Η δεύτερη υποφάση περιλαμβάνει τις δελταϊκές αποθέσεις αλλουβιακών ριπιδίων.

Στην στρωματογραφία της περιοχής (Εικόνα 2.1), διακρίνονται δύο κύκλοι ιζηματογένεσης οι οποίοι συνδέονται άμεσα με την τεκτονική εξέλιξη του χώρου: ο πρώτος κύκλος συνδέεται με τη βύθιση κατά μήκος της ρηξιγενούς ζώνης και τη δημιουργία κανονικών ρηγμάτων κατά το Ανώτερο Πλειόκαινο και ο δεύτερος με τις ανοδικές κινήσεις του χώρου κατά το Τεταρτογενές.



Εικόνα 2.1

Στον **πρώτο κύκλο ιζηματογένεσης** στη βάση των ιζημάτων συναντώνται αποθέσεις συμπαγών στρωμάτων ιλύος με ενδιαστρώσεις άμμων και μαργών και λιγνιτικούς φακούς, που ανήκουν στην προαναφερθείσα λιμναία φάση. Σε πολλές θέσεις διακρίνεται μια πλευρική μετάβαση σε κροκαλοπαγή της ποτάμιας φάσης που υποδηλώνει την ύπαρξη ενός ποτάμιου παλαιοπεριβάλλοντος περιμετρικά των λιμναίων λεκανών.

Στο **δεύτερο κύκλο ιζηματογένεσης**, διακρίνονται οι αποθέσεις της ποτάμιας φάσης και οι φάσεις των αλλουβιακών ριπιδίων χερσαίας και δελταϊκής προέλευσης που διαμορφώθηκαν λόγω των έντονων διαβρωτικών διεργασιών και της αυξημένης προσφοράς κλαστικού υλικού.

Στο νοτιότερο τμήμα της τάφρου, τα χερσαία κροκαλοπαγή της φάσης των αλλουβιακών ριπιδίων είναι τοποθετημένα είτε επί του αλπικού υποβάθρου είτε επί των σχηματισμών της λιμναίας φάσης. Βορειότερα, τα χερσαία κροκαλοπαγή επίκεινται ή εναλλάσσονται με ριπίδια δελταϊκών αποθέσεων ή με σκληρές στρωσιγενείς λεπτοστρωματώδεις μάργες, που κατά θέσεις εναλλάσσονται με ενστρώσεις ψαμμιτών και ιλυόλιθων. Τα κροκαλοπαγή των δελταϊκών ριπιδίων οριοθετούνται στη νότια πλευρά τους από τα κανονικά ρήγματα της τάφρου, ενώ παρουσιάζουν αύξηση του πάχους τους προς βορρά και είναι τοποθετημένα επί των μαργών. Αυτή η σφηνοειδής αποθετική γεωμετρία των κροκαλοπαγών αποθέσεων οφείλεται στην τεκτονική κίνηση των κανονικών ρηγμάτων, πολλά εκ των οποίων είναι λιστρωτά ως προς τη μορφή της επιφάνειας ολίσθησής τους.

Σύμφωνα με την αποτύπωση των γεωλογικών σχηματισμών στα φύλλα των γεωλογικών χαρτών του Ι.Γ.Μ.Ε., η λιθοστρωματογραφική διάρθρωση της ενότητας της Πίνδου από τους αρχαιότερους προς τους νεότερους σχηματισμούς η εξής:

- **Ασβεστόλιθοι με ιάσπιδες (Αν. Τριαδικό):** τεφροί ή πράσινοι, μικροκρυσταλλικοί, ασβεστόλιθοι σε εναλλαγές με υποπράσινους αργλικούς σχιστόλιθους, πρασινωπές μάργες και ερυθρούς ραδιολαρίτες.
- **Ασβεστόλιθοι Δρυμού (Ιουρασικό – Κ. Κρητιδικό):** ερυθρίζοντες, λευκοί, ωολιθικοί με τρηματοφόρα και ασβεστοφύκη ασβεστόλιθοι με παρεμβολές ερυθρών κερατόλιθων και ραδιολαρίτες.
- **Ραδιολαρίτες (Κερατόλιθοι και Ασβεστόλιθοι) (Κατώτερο Κρητιδικό-Κονιάσιο):** ερυθρού, πράσινου και ιώδους χρώματος ραδιολαρίτες με

παρεμβολές ενστρώσεων πηλιτών και ασβεστολίθων. Στα κατώτερα μέλη επικρατούν ερυθροί κερατόλιθοι με παρεμβολές αργιλικών σχιστόλιθων και μαργών αλλά και πηλίτες με παρεμβολές ψευδοωολιθικών ασβεστολίθων, ενώ στα ανώτερα επικρατούν πολυγενείς μικρολατυποπαγείς ασβεστόλιθοι με θραύσματα ρουδιστών και τρηματοφόρα.

- **«Πρώτος Φλύσχης» (Αν. Κενομάνιο – Κατ. Κονιάσιο):** εναλλαγές ερυθρών αργιλικών υλικών, ψαμμιτών και μικρολατυποπαγών ασβεστολίθων, ερυθρού χρώματος. Οι μικρολατυποπαγείς ασβεστόλιθοι περιέχουν κομμάτια από πρασινόλιθους, ραδιολαρίτες και ρουδιστές.
- **Ασβεστόλιθοι (Κονιάσιο – Μαιστρίχτιο):** εναλλαγές λεπτοπλακωδών έως μεσοστρωματώδων πελαγικών ασβεστόλιθων με τεφρούς έως υπόλευκους κονδύλους και λεπτές ενστρώσεις κερατόλιθων. Στα μεσαία και ανώτερα μέλη μεταπίπτουν σε μικρολατυποπαγείς ασβεστόλιθους με ρουδιστές, επίσης σε αυτά παρουσιάζουν ψαμμίτες και αργιλικούς σχιστόλιθους με κερατόλιθους.
- **Φλύσχης (Μαιστρίχτιο – Παλαιόκαινο):** εναλλαγές ψαμμιτών με παρεμβολές λεπτοπλακωδών πελαγικών ασβεστολίθων και μαργών με τρηματοφόρα.

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί που συναντώνται στη στενή περιοχή του έργου, διακρίνονται στους σχηματισμούς του αλπικού υποβάθρου που εντάσσονται στην γεωτεκτονική ενότητα Ωλονού - Πίνδου, στις νεογενείς πλειο-πλειστοκαινικές αποθέσεις των κροκαλοπαγών και των εναλλαγών μαργών-κροκαλοπαγών και στις νεότερες ολοκαινικές προσχωματικές αποθέσεις του υδρογραφικού συστήματος και των κλιτύων.

- **Αλπικό Υπόβαθρο - Ενότητα Πίνδου**
- ✓ **Ραδιολαρίτες:** (Εικόνα2.2) πρόκειται για εναλλαγές στρώσεων ερυθρών και πράσινων κερατόλιθων με ερυθρούς, λεπτοπλακώδεις ασβεστόλιθους με πυριτόλιθους, πάχους 2cm έως 27cm, μέσου πάχους 9cm. Παρατηρούνται ενδιαστρώσεις ερυθρών πηλιτών, σχετικά εύθρυπτων, πάχους στρώσης λίγων χιλιοστών. Διακρίνονται αποκολληθέντα τεμάχια μεγέθους από 4x2x2cm έως 63x30x18cm, μέσου μεγέθους 11x10x5cm. Ο σχηματισμός επιφανειακά εμφανίζεται αποσαθρωμένος χωρίς χαρακτηριστικές τομές ή σε μικρές εμφανίσεις όπου διακρίνονται μόνο ορισμένα από τα μέλη του.



Εικόνα 2.2

- ✓ **Ασβεστόλιθοι Κρητιδικού:** (Εικόνα 2.3) αποτελούνται από εναλλαγές τεφρών-τεφρόλευκων και ερυθρών λεπτοστρωματωδών ασβεστολίθων, με μέσο πάχος στρώσης 4-7cm και μέγιστο 15-20cm, με ασβεστολιθικούς πάγκους, μέγιστου πάχους 50-60cm. Κατά θέσεις περιέχουν ενστρώσεις και κονδύλους κερατολίθων των οποίων η συχρότητα ελαττώνεται στα ανώτερα μέλη του σχηματισμού.



Εικόνα 2.3

- ✓ **Μεταβατικά στρώματα φλύσχη:** αποτελούνται από εναλλαγές στρώσεων, μέσου πάχους 40-50cm, υπόλευκων πλακωδών ασβεστολίθων με γκρι-τεφρά, εύθρυπτα και ευκολοδιάβρωτα ασβεστομαργαϊκά υλικά καθώς και με στρώσεις ιλυολίθων. Σπανιότερα συναντώνται εμφανίσεις μεγάλου πάχους, άστρωτων λατυποπαγών ασβεστολίθων με χαρακτηριστικό, καθοδηγητικό μαύρο ορίζοντα πυριτιολίθων.
- ✓ **Φλύσχη:** (Εικόνα 2.4) αποτελείται από εναλλαγές στρώσεων, τεφροκάστανων έως τεφροπράσινων λεπτόκοκκων ψαμμιτών, ψαμμιτικών ιλυολίθων και ιλυολίθων, μέγιστου πάχους 17cm και μέσου 5cm, καθώς και λεπτοπλακωδών ασβεστολίθων με ενστρώσεις πυριτικού υλικού, κυρίως στους κατώτερους ορίζοντες του σχηματισμού. Ο σχηματισμός εμφανίζεται αποσαθρωμένος υπό τη μορφή τεφρής-κυανής και καστανής έως καστανοπράσινης, αργιλώδους ιλύος έως άμμου με τεμάχια και λατύπες, μεγέθους από 4x3x2cm έως 48x43x17cm, μέσου μεγέθους 20x18x5cm, ιλυολιθικής και ψαμμιτικής προέλευσης.



Εικόνα 2.4

- **Πλειο-Πλειστόκαινο**

- ✓ **Κροκαλοπαγή:** (Εικόνα 2.5) πρόκειται για πολύευκτα, κροκαλοπαγή που αποτελούνται από κροκάλες, μεγέθους από 3x2,5x1,5cm έως 34x20x13cm, μέσου μεγέθους 11x9x5cm, κυρίως ασβεστολιθικής, ψαμμιτικής, κερατολιθικής και ιλυολιθικής προέλευσης που εμφανίζονται μέτρια έως

ισχυρά συγκολλημένα σε καστανό με κατά θέσεις καστανότεφρη ή ερυθροκάστανη χροιά, ψαμμιτικό, αμμώδες και ασβεστοψαμμιτικό σπανιότερα, υλικό σύνδεσης.



Εικόνα 2.5

- ✓ **Εναλλαγές στρώσεων μαργών - κροκαλοπαγών:** αποτελούνται από υποκίτρινες ιλυώδεις έως ιλυοαμμώδεις Μάργες με ενδιαστρώσεις κίτρινων Άμμων, κυρίως λεπτόκοκκων και σπανιότερα χονδρόκοκκων, με ψηφίδες πάχους από 2cm έως 26cm, μέσο πάχος στρώσης 6cm. Διακρίνονται ενδιαστρώσεις πολύ μικρού πάχους, με μέγιστο πάχος 7cm, από συσσωματώματα λευκόχρωμου ασβεστομαργαϊκού υλικού. Σπανιότερα συναντώνται ενδιαστρώσεις κροκαλοπαγών, μικρού βαθμού συγκόλλησης, μέγιστου πάχους 12cm, από κροκάλες ποικίλης λιθολογικής σύστασης, μέγιστου μεγέθους 7x5x5cm, με μαργαϊκό συνδετικό υλικό.
- **Ολόκαινο**
- ✓ **Αλλουβιακά ριπίδια:** (Εικόνα 2.6) αποτελούνται από καστανότεφρα έως καστανέρυθρα αργιλοϊλυώδη έως αργιλοαμμώδη υλικά με κροκάλες και τεμάχια, μέτρια έως καλά αποστρογγυλεμένα, κυρίως ασβεστολιθικής, κερατολιθικής και ψαμμιτικής προέλευσης. Πρόκειται για προσχωσιγενείς

αποθέσεις, μέτρια έως καλά συγκολλημένες που σχηματίζουν ευσταθή, υψηλά φυσικά πρανή με ελάχιστες αστοχίες λόγω υποσκαφών.



Εικόνα 2.6

- ✓ **Σύγχρονες αποθέσεις στενής κοίτης ποταμού:** αποτελούνται σε μεγάλο ποσοστό, από κροκάλες, ασβεστολιθικής, ψαμμιτικής και κερατολιθικής προέλευσης, μέσου μεγέθους 13x10x6cm και τεμάχια, ασβεστολιθικής και ψαμμιτικής προέλευσης, μέσου μεγέθους 39x26x24cm, καλά στρογγυλεμένα, καθώς και ογκολίθους κυρίως στα ανάντη του ποταμού, ασβεστολιθικής προέλευσης. Στο σχηματισμό περιέχονται φακοειδείς ενστρώσεις άμμων και εμφανίζεται βαθμιαία μείωση των μεγεθών των αδρομερών υλικών προς τα κατάντη τμήματα του.
- ✓ **Σχηματισμός αργιλικών κορημάτων:** πρόκειται για προϊόντα αποσάθρωσης των μαργών με μεγάλη περιεκτικότητα λεπτόκοκκων υλικών και πολύ μικρό ποσοστό αδρομερούς κλάσματος. Ο σχηματισμός παρουσιάζει περιορισμένη ανάπτυξη και το πάχος του δεν υπερβαίνει τα 5m.
- ✓ **Πλευρικά κορήματα:** (Εικόνα 2.7) αποτελούνται από καστανή, με κατά θέσεις καστανότεφρη ή ερυθροκάστανη χροιά, αργιλώδη Ιλύ με κυμαινόμενο ποσοστό χαλίκων, κροκάλων και λατύπων, μέσου μεγέθους 11x9x6cm, αλλά και τεμάχων, μέσου μεγέθους 20x17x16cm, ποικίλης λιθολογικής σύστασης. Σε περιοχές ανάπτυξης του ασβεστολιθικού υποβάθρου, περιέχουν σε πολύ

μεγάλο ποσοστό ασβεστολιθικές λατύπες, μέσου μεγέθους 12x6x5cm και σε μικρότερο ποσοστό γωνιώδη τεμάχια, μέσου μεγέθους 40x35x15cm και ογκολίθους με καστανό έως καστανέρυθρο αργιλικό ή αργιλοϊλυώδες συνδετικό υλικό. Στις περιοχές ανάπτυξης των κροκαλοπαγών σχηματισμών οι πλευρικές αποθέσεις αποτελούνται από πολύμεικτες κροκάλες του αλπικού υποβάθρου και άμμους έως αργιλώδεις άμμους, τεφρού έως καστανότεφρου χρώματος.



Εικόνα 2.7

- ✓ **Υλικά κατολισθήσεων:** (Εικόνα 2.8) αποτελούνται από καστανή, με κατά θέσεις καστανότεφρη ή καστανέρυθρη χροιά, αργιλώδη Ιλύ έως Άμμο με χαλίκια, μέσου μεγέθους 3x2x1,5cm. Πρόκειται για ετερογενή, αναμοχλευμένα, χαλαρής δομής, αργιλομαργαϊκά υλικά, που περιέχουν κροκαλοπαγή γωνιώδη τεμάχια, μέσου μεγέθους 18x9x6cm, μέγιστου 48x40x37cm και ογκολίθους, ασβεστολιθικής και κερατολιθικής σύστασης. Έχουν σχηματισθεί είτε κατά τη διάρκεια πρόσφατων κατολισθητικών φαινομένων κατά μήκος των απότομων κλιτύων, είτε τη διάρκεια παλαιότερων κατολισθητικών φαινομένων, όποτε χαρακτηρίζονται από έντονη ανομοιομορφία και μικρή συνεκτικότητα, χωρίς πολλές φορές να διατηρούν τη χαρακτηριστική μορφολογία μιας κατολισθαίνουσας μάζας.

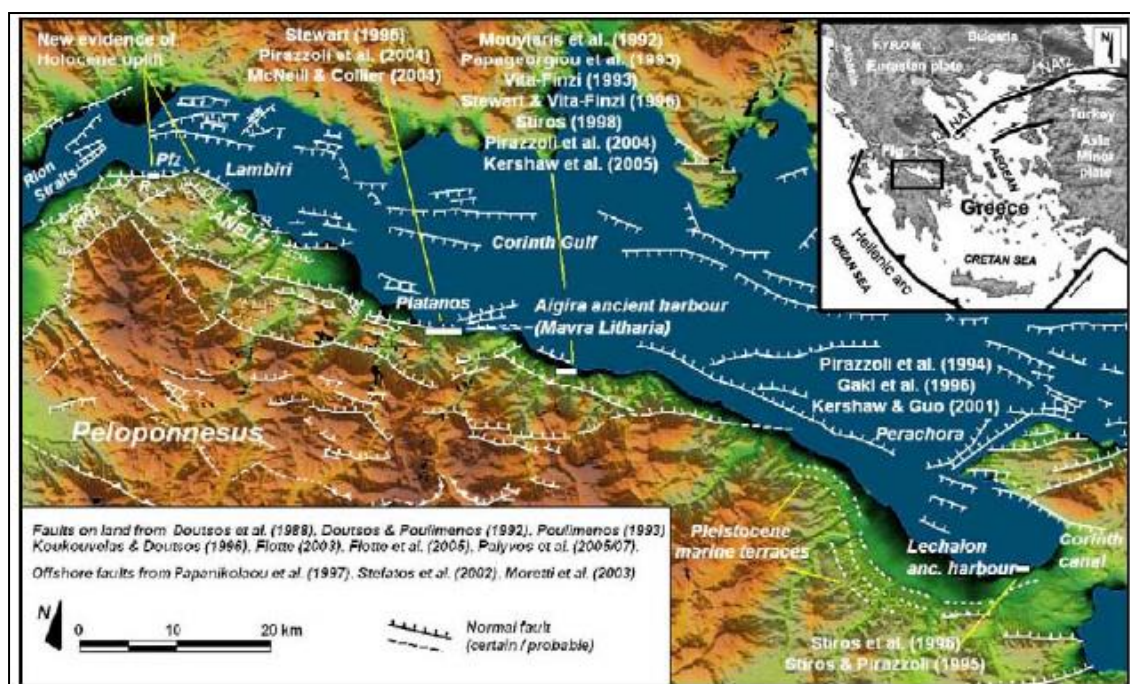


Εικόνα 2.8

2.3. Τεκτονική της περιοχής

Οι νότιες ακτές του Κορινθιακού κόλπου, είναι μία περιοχή που παραμορφώνεται από εφελκυστικές τάσεις διεύθυνσης περίπου B-N (από BBΔ-NNA έως BBA-NNΔ). Με βάση τις αναλύσεις παραμορφώσεων από μετρήσεις GPS αναφέρεται ότι η Πελοπόννησος κινείται με 30mm/yr προς B215° σε σχέση με μία σταθερή Ευρώπη. Ο εφελκυσμός εντοπίζεται στη στενή ζώνη του Κόλπου και του οποίου οι ρυθμοί αυξάνουν από τα ανατολικά προς τα δυτικά και είναι της τάξεως των 11mm/yr στο Ευλόκαστρο και 16mm/yr κοντά στο Αίγιο. Και οι δύο πλευρές της τάφρου συμπεριφέρονται σαν τεμάχια που περιστρέφονται δεξιόστροφα με ρυθμό $7\pm 0,5^\circ/\text{Myr}$ και $2,8\pm 0,8^\circ/\text{Myr}$, αντιστοίχως για τα βόρεια και νότια τεμάχια (Avallone et al. 2004). Η συγκέντρωση παραμορφώσεων κατά μήκος των κυρίων ρηγμάτων της νότιας ακτής του Κόλπου είναι μικρότερη από 1mm/yr, που αφήνει να υποτεθεί μεγάλη περίοδο επανάληψης ισχυρών σεισμών (M_s 6.5-7) στα ρήγματα αυτά, 500 – 1000 χρόνια ή περισσότερο. Οι μικρότερες δομές όπως αυτές του Αιγίου (ρήγμα 1995), διαχειρίζονται το μεγαλύτερο μέρος της επέκτασης του Κόλπου, πιθανώς με συχνότερους σεισμούς μικρότερου μεγέθους (M_s 5.5 – 6.5) (Avallone et al. 2004). Τούτο πιθανώς να συμβαίνει και στην περιοχή του έργου, που οι ρυθμοί παραμορφώσεων εκτιμώνται μεγαλύτεροι.

Ένας αριθμός ρηγμάτων με μέση διεύθυνση Α-Δ (B 80°-110°) και κλίση 50°-60° προς Β (στα ανώτερα τουλάχιστον τμήματα) (Χάρτης 2.2) επηρεάζει το υπόβαθρο αλλά και τους πρόσφατους σχηματισμούς στην περιοχή του αυτοκινητοδρόμου, με σημαντικότερες δομές τα ενεργά ρήγματα Ξυλοκάστρου, Δερβενίου, Ανατολικής Ελίκης (ρηξιγενής ζώνη που περιλαμβάνει τα ρήγματα Πλατάνου και Ακράτας ή Αιγείρας), Δυτικής Ελίκης, Αιγίου και Ψαθόπυργου καθώς και άλλα δευτερεύοντα, όπως τα ρήγματα Καμαρών και Λαμπιρίου, το τελευταίο θεωρείται συνέχεια του ρήγματος του Αιγίου.



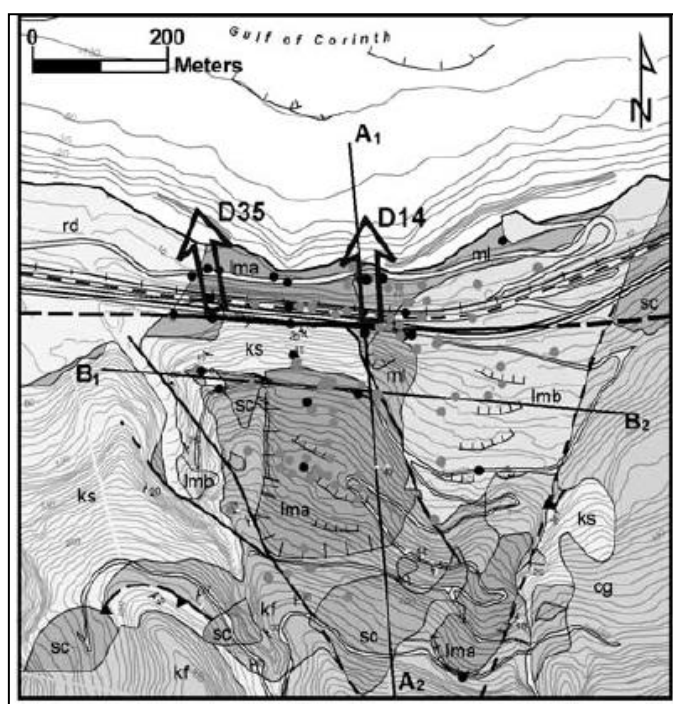
Χάρτης 2.2

Σημειώνεται⁵ ότι τα ρήγματα που επηρεάζουν την περιοχή του έργου, λόγω του ενεργού ή δυνητικώς ενεργού χαρακτήρα τους έχουν διευθύνσεις που κυμαίνονται περί την Α-Δ (από ΔΒΔ-ΑΝΑ έως ΑΒΑ-ΔΝΔ). Θεωρείται ότι, όπως είναι φυσικό, οι ενεργές τάσεις της περιοχής εκτονώνονται στα μεγάλα ρήγματα με αυτή τη διεύθυνση.

Σημειώνεται επίσης η ύπαρξη εγκαρσίων ρηγμάτων με διευθύνσεις ΒΒΔ-ΝΝΑ και ΒΒΑ-ΝΝΔ που σε ορισμένες περιπτώσεις τμηματοποιούν τα προηγούμενα. Αυτά, σύμφωνα με το ενεργό τασικό πεδίο της περιοχής, σε περίπτωση ανάδρασης τους θα έχουν κίνηση οριζόντιας ολίσθησης. Πιθανώς έδρασαν σε ένα πρώτο στάδιο της νεοτεκτονικής εξέλιξης της περιοχής κατά την διαμόρφωση της δομικής της

γεωμετρίας. Στην στενή περιοχή της Παναγοπούλας δεν παρατηρούνται τέτοια ρήγματα.

Η ευρύτερη περιοχή του έργου, ευρίσκεται δίπλα στο ενεργό ρήγμα του Ψαθόπυργου, το οποίο μεταξύ των ρηγμάτων του Κορινθιακού κόλπου θεωρείται από ορισμένους ερευνητές ότι έχει την μεγαλύτερη πιθανότητα μελλοντικής σεισμικής ανάδρασης. Οι Koukis et al. (2009) επισημαίνουν τη σύνδεση μεταξύ των κανονικών ρηγμάτων και της συχνότητας εκδήλωσης κατολισθητικών φαινομένων στην περιοχή του Κορινθιακού (Χάρτης 2.3), γεγονός που ισχύει και για την περίπτωση της κατολίσησης της Παναγοπούλας, η οποία θεωρούν ότι είναι ακόμη ενεργή, τουλάχιστον στο τμήμα μεταξύ της Εθνικής Οδού και της ακτής.



Χάρτης 2.3

Στα Πλειο-τεταρτογενή ιζήματα της Κορινθιακής τάφρου αναγνωρίστηκαν δύο ορθογώνια συστήματα ρηγμάτων, ένα κύριο σύστημα ΔΒΔ κανονικών ρηγμάτων και ΒΒΑ ρηγμάτων μετασχηματισμού και ένα δευτερεύον σύστημα ΑΒΑ κανονικών ρηγμάτων και ΒΒΔ ρηγμάτων μετασχηματισμού. Τα ΔΒΔ ρήγματα είναι λιστρωτής γεωμετρίας με κανονικό έως πλάγιο χαρακτήρα κίνησης και συνοδεύονται από μικρότερα αντιθετικά ρήγματα με νότιες διευθύνσεις κλίσης διαμορφώνοντας μικρής κλίμακας ασύμμετρες τάφρους. Τα ΒΒΑ ρήγματα μετασχηματισμού παρουσιάζουν κανονικό έως πλάγιο χαρακτήρα κίνησης και τροποποιούν το περιβάλλον απόθεσης των Πλειο-τεταρτογενών ιζημάτων.

Από την τεκτονική ανάλυση των συστημάτων ασυνεχειών στα Πλειοπλειστοκαινικά ιζήματα στην περιοχή Κ. Σελμενικού – Λόγγου, προέκυψαν τρία κύρια συστήματα με διευθύνσεις $B70^{\circ}-80^{\circ}A$, $B40^{\circ}-60^{\circ}\Delta$ και $B40^{\circ}-60^{\circ}A$ και ένα δευτερεύον σύστημα με διεύθυνση $B20^{\circ}-30^{\circ}\Delta$. Το πρώτο σύστημα περιλαμβάνει κανονικά ρήγματα της παράκτιας περιοχής με ισχυρές κλίσεις προς βορρά. Το δεύτερο και το τρίτο κύριο σύστημα αποτελούν ορθογώνια συστήματα που σχετίζονται με την προς δυτικά μετανάστευση της επέκτασης του Αιγιακού τόξου. Τα ρήγματα του τρίτου συστήματος λειτουργούν ως μεταθετικά ανακόπτοντας τη συνέχεια των προϋπαρχόντων ρηγμάτων ABA διεύθυνσης και σχηματίζουν την λεκάνη Ρίου-Αντιρρίου.

Η ρηξιγενής ζώνη Ροδινής – Ψαθόπυργου αναπτύσσεται σε μήκος 7Km κατά μήκος της ακτογραμμής και αποτελείται από σειρά ρηγμάτων $A-\Delta$ διεύθυνσης ανάπτυξης, τα οποία αναπτύσσονται σε μια ζώνη από +50 έως +400. Στο δυτικό του άκρο η ρηξιγενής ζώνη στρέφεται προς τα $\Delta N\Delta$ στο τμήμα του ρήματος του Ψαθόπυργου.

Κατά μήκος της ρηξιγενούς ζώνης (Εικόνα 2.9) συναντάται μια σειρά κατολισθήσεων, στην περιοχή της Παναγοπούλας, της Ροδινής και κατά μήκος του ρήματος του Ψαθόπυργου. Η προβλεπόμενη χάραξη συναντά την ρηξιγενή ζώνη στην περιοχή της εξόδου της σήραγγας περί τη Χ.Θ. 105+650.



Εικόνα 2.9

Τα γεωμετρικά στοιχεία του ρήγματος της Ροδινής – Ψαθόπυργου είναι ως εξής: διεύθυνση N85°E, κλίση 35°±5° προς βορρά, μήκος ρήγματος 12Km, από την περιοχή Αραχωβίτικα στα δυτικά έως τον υποθαλάσσιο χώρο βόρεια από το Λαμπίρι – Λόγγο στα ανατολικά, άλμα ρήγματος περί τα 400m στην κατακόρυφη συνιστώσα.

Σύμφωνα με τους συγγραφείς, το τέμαχος που ορίζεται από τα ρήγματα της Ελίκης και της Ροδινής – Ψαθόπυργου έχει περιστραφεί ως προς τον άξονα Α-Δ, με φορά προς το νότο καθώς τα ψαμμιτοκροκαλοπαγή ιζήματα που καλύπτουν ασύμφωνα το αλπικό υποβάθρο, έχουν κλίση 20°-40° προς νότο. Επιπλέον, χαρακτηρίζουν τα ρήγματα της Ροδινής – Ψαθόπυργου και της Ελίκης ως κανονικά ρήγματα μικρής κλίσης καθώς παρουσιάζουν κλίσεις της τάξεως των 30°-45° προς βορρά.

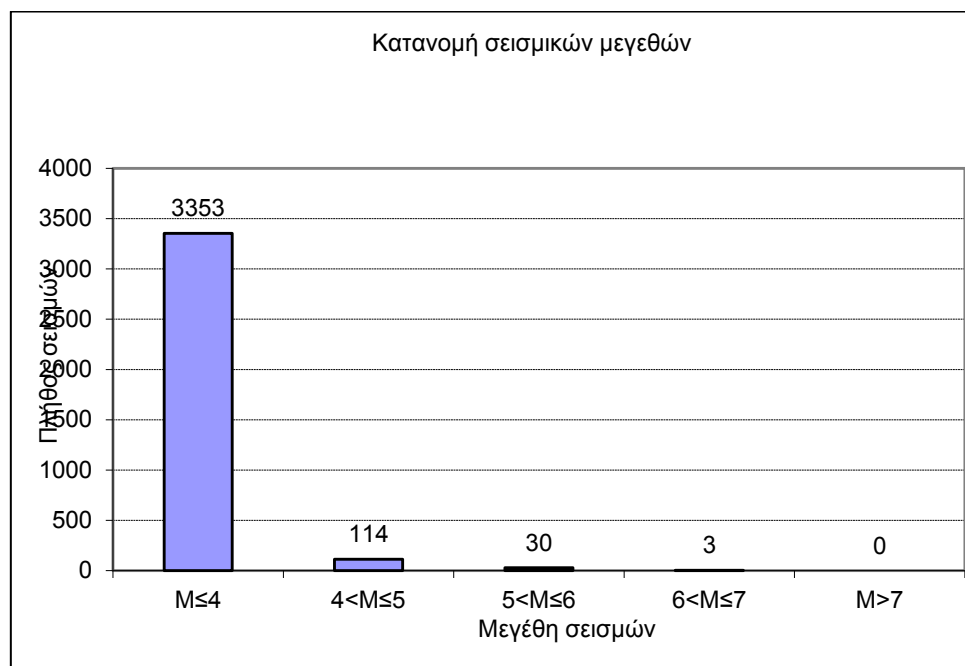
Η ηλικία του ρήγματος εκτιμάται από τους συγγραφείς ως Πλειστοκαινική με βεβαιότητα και ίσως Άνω Πλειοκαινική, δηλαδή περίπου 2-2,5My. Ο ελάχιστος ρυθμός ολίσθησης είναι 0,2mm/yr, αλλά με βάση τη θέση της θαλάσσιας ψαμμιτοκροκαλοπαγούς αναβαθμίδας ο ρυθμός ανύψωσης έχει υπολογιστεί σε 0,7-0,8mm/yr. Η σχέση μεταξύ ρυθμού ανύψωσης στο δάπεδο του ρήγματος και του ρυθμού βύθισης στην οροφή του σύμφωνα με τους Armijo et al. (1996) είναι 1:3,5 και επομένως ο ρυθμός μετατόπισης του ρήγματος είναι από 2,1 έως 3,15mm/yr.

Σε ότι αφορά την τεκτονική δομή του αλπικού υποβάθρου η ζώνη Ωλονού - Πίνδου πτυχώθηκε έντονα κατά τις δύο φάσεις της αλπικής ορογένεσης, που η μεν πρώτη έλαβε χώρα μεταξύ Ανώτερου Ιουρασικού και Κατώτερου Κρητιδικού και πιστοποιείται με την απόθεση του «πρώτου φλύσχη» κατά το Κενομάνιο, η δε δεύτερη και πλέον ισχυρή (παροξυσμική) έλαβε χώρα κατά το τέλος του Ανώτερου Ηωκαίνου. Κατά τις πτυχωσιγενείς αυτές φάσεις τα αλπικά ιζήματα πτυχώθηκαν, εφιππεύθηκαν και επωθήθηκαν από τα ανατολικά προς τα δυτικά. Το κυριότερο χαρακτηριστικό γνώρισμα της ευρύτερης περιοχής μελέτης, από άποψη τεκτονικής δομής, αποτελούν τα αλληπάλληλα τεκτονικά καλύμματα της ζώνης Ωλονού - Πίνδου επωθημένα επάνω στην ζώνη Γαβρόβου – Τριπόλεως, τα οποία παρατηρούνται σε όλη την Πελοπόννησο, με διεύθυνση από τα ανατολικά προς τα δυτικά.

2.4. Σεισμικότητα της περιοχής

Για την σεισμικότητα της περιοχής του έργου, τα δεδομένα των σεισμών, λαμβάνονται με κέντρο τον οικισμό Λαμπίρι και ακτίνα 50km για την χρονική περίοδο από Φεβρουάριο 1950 έως τον Μάιο 2005, όπου υπάρχει πληρότητα

καταλόγου. Το πλήθος των σεισμών στην συγκεκριμένη περιοχή, παρουσιάζεται στο παρακάτω διάγραμμα (Διάγραμμα 2.1):



Διάγραμμα 2.1

Η μελέτη της σεισμικότητας της περιοχής βασίζεται στη μεθοδολογία των σεισμικών πηγών. Ο ελληνικός χώρος έχει χωρισθεί σε 19 σεισμικές πηγές σε ότι αφορά τους επιφανειακούς σεισμούς με εστιακό βάθος μέχρι τα 60 km και σε 6 σεισμικές πηγές σε ότι αφορά τους σεισμούς ενδιάμεσου βάθους με εστιακά βάθη από 60 km έως 180 km (Παπαζάχος Β. & Κ. Παπαζάχου, 1989).

Η περιοχή του έργου, σύμφωνα με τα παραπάνω, σε ότι αφορά τους επιφανειακούς σεισμούς βρίσκεται στην σεισμική πηγή 8a για την οποία δίδονται τα εξής χαρακτηριστικά:

- Εμβαδόν πηγής $S = 0,584 \times 10.000 \text{ km}^2 = 5.840 \text{ km}^2$.
- Τιμή παραμέτρου $b = 1,0$. Αυτή η παράμετρος υποδηλώνει την μηχανική ομοιογένεια και τις τεκτονικές τάσεις που επικρατούν στο χώρο της σεισμικής πηγής. Έχει αποδειχθεί ότι μεγάλη τιμή της παραμέτρου συνδέεται με σχετικά μεγάλο αριθμό σεισμών μικρού μεγέθους, ήτοι με μεγάλο αριθμό σεισμικών ρηγμάτων μικρού μήκους. Για τον ελληνικό χώρο οι τιμές της παραμέτρου είναι 1,0 – 0,8 – 0,6.
- Τιμή παραμέτρου $a = 4,66$ και $a^* = 4,89$ όπου a αφορά τον ετήσιο αριθμό σεισμών μεγέθους M ή μεγαλύτερου σε μια περιοχή εμβαδού S και συνδέεται

με την παράμετρο a_t με την σχέση $a = a_t - \log t$ και a^* αφορά τον αριθμό σεισμών ανά μονάδα επιφάνειας και συνδέεται με την παράμετρο a_t με την σχέση: $a^* = a_t - \log S \cdot t$

- Το μέγιστο μέγεθος που έχει παρατηρηθεί είναι 7,1.
- Ο ετήσιος αριθμός σεισμών με μέγεθος ίσο ή μεγαλύτερο του 5,0 είναι 0,46.
- Η μέση περίοδος επανάληψης για σεισμούς μεγέθους 6,30 είναι 44 έτη.
- Το πιθανότερο μέγιστο μέγεθος ανά μονάδα επιφάνειας σε χρονικό διάστημα 70 ετών είναι 6,7.
- Η τιμή του ρυθμού της ετήσιας σεισμικής ροπής ανά 10.000 km² είναι 6,39 x 1024 dyn x cm/yr.
- Το μέγεθος του σεισμού, του οποίου η σεισμική ροπή θα ήταν ίση με τον παραπάνω ρυθμό σεισμικής ροπής, είναι 5,90.

Σε ότι αφορά τους σεισμούς ενδιάμεσου βάθους (60km-180km), η περιοχή της μελέτης εντάσσεται στην σεισμική πηγή 1a, για την οποία δίδονται τα εξής χαρακτηριστικά:

- Εμβαδόν πηγής $S = 3,456 \times 10.000 \text{ km}^2 = 34.560 \text{ km}^2$. Το εμβαδόν της πηγής έχει υπολογιστεί πάνω στην ζώνη Benioff και όχι στην επιφάνεια της γης.
- Τιμή παραμέτρου $b = 0,56$.
- Τιμή παραμέτρου $a = 2,33$ και $a^* = 1,79$ για επιφάνεια 10.000 km².
- Το μέγιστο μέγεθος που έχει παρατηρηθεί είναι 7,9.
- Ο ετήσιος αριθμός σεισμών με μέγεθος ίσο ή μεγαλύτερο του 5,0 είναι 0,34.
- Η μέση περίοδος επανάληψης για σεισμούς μεγέθους 6,30 είναι 39 έτη.
- Το πιθανότερο μέγιστο μέγεθος ανά μονάδα επιφάνειας σε χρονικό διάστημα 70 ετών είναι 6,5 για επιφάνεια 10.000 km².
- Η τιμή του ρυθμού της ετήσιας σεισμικής ροπής ανά 10.000 km² είναι 7,08 x 1024 dyn x cm/yr.
- Το μέγεθος του σεισμού, του οποίου η σεισμική ροπή θα ήταν ίση με τον παραπάνω ρυθμό σεισμικής ροπής, είναι 5,9.

Η περιοχή διέλευσης της χάραξης εντάσσεται στη Ζώνη II του αναθεωρημένου χάρτη σεισμικής επικινδυνότητας του Ελληνικού Αντισεισμικού Κανονισμού ΕΑΚ-2000

(Υπ. Αποφ. Δ17α/115/9/ΦΝ275/7.8.03, ΦΕΚ/1154/β/12.8.03). Σε αυτή τη ζώνη η τιμή της σεισμικής επιτάχυνσης του εδάφους είναι $A=0,24 \text{ xg}$ (g: επιτάχυνση βαρύτητας) με πιθανότητα υπέρβασης 10% σε χρονικό διάστημα 50 ετών.

2.5. Υδρογεωλογικό καθεστώς¹

Η ευρύτερη περιοχή της μελέτης υπόκειται σε πολλές βροχοπτώσεις ενώ στο νοτιότερο ορεινό της τμήμα υπόκειται και σε πολλές χιονοπτώσεις. Λαμβάνοντας υπόψη το ορεινό και απότομο γεωμορφολογικό ανάγλυφο, συμπεραίνεται ότι η πλημμυρική απορροή και η μεταφορική ικανότητα των ποταμών και των υδατορεμάτων της περιοχής πρέπει να είναι ιδιαίτερα ισχυρές.

Οι αδρομερείς αποθέσεις στις κοίτες των ποταμών και των υδατορεμάτων από κροκάλες και φακοειδής ενστρώσεις άμμων είναι κατά κανόνα υδατοπερατές και αναμένεται σε αυτές να αναπτύσσεται υψηλός φρεάτιος ορίζοντας, ο οποίος φτάνει κοντά στην επιφάνεια του εδάφους, ιδιαίτερα κατά τη χειμερινή περίοδο.

Οι προσχωματικές αποθέσεις των αλλουβιακών ριπιδίων, οι οποίες αποτελούνται κυρίως από αργιλοϊλυώδη έως αργιλοαμμώδη υλικά με κροκάλες και τεμάχια, θεωρούνται ως μέτρια υδατοπερατός σχηματισμός. Λόγω της λιθολογικής ετερογένειας τους η περατότητα τους ποικίλλει κατά θέσεις. Στις προσχώσεις αυτές ενδέχεται να αναπτύσσεται τοπικά αβαθής φρεάτιος ορίζοντας, η στάθμη του οποίου εποχιακά συμπίπτει με το φυσικό έδαφος.

Οι συγκεντρώσεις των πλευρικών αποσαθρωμάτων θεωρούνται γενικά ημιπερατές. Στις αδρομερείς φάσεις του σχηματισμού με σημαντικό πάχος ενδέχεται η εμφάνιση ασθενών επικρεμάμενων οριζόντων, οι οποίοι θα επηρεάσουν σημαντικά την ευστάθεια τους.

Τα ιζήματα του Νεογενούς αποτελούνται κυρίως από συμπαγή κροκαλοπαγή έως χαλαρά ή ασθενώς συγκολλημένα κροκαλοπαγή. Η υδρολογική συμπεριφορά τους παρουσιάζει αντίστοιχες διακυμάνσεις από μέτρια υδατοπερατά έως υδατοπερατά, με την υδροφορία να αναμένεται κυρίως στους οριζόντες που επικρατούν οι αδρομερείς φάσεις όπως χαλαροί άμμοι και κροκάλες ή χάλικες.

Οι σχηματισμοί της ζώνης Ωλονού-Πίνδου που συναντώνται στην ευρύτερη περιοχή του έργου, αποτελούνται από τους σχηματισμούς των κερατολίθων, των Κρητιδικών

ασβεστολίθων, των μεταβατικών στρωμάτων και του φλύσχη και εμφανίζονται με τη μορφή συνεχών πτυχώσεων και λεπιώσεων-εφιπτεύσεων. Το γεγονός της εναλλαγής μεταξύ διαπερατών σχηματισμών, όπως οι ασβεστόλιθοι και πρακτικά αδιαπέρατων σχηματισμών όπως κερατόλιθοι και φλύσχη, δημιουργεί ευνοϊκές συνθήκες για την εμφάνιση πηγών επαφής.

Οι ασβεστολιθικοί σχηματισμοί αναμένονται περατοί έως ημιπερατοί κυρίως λόγω του δευτερογενούς πορώδους, το οποίο σε περιοχές έντονης τεκτονικής καταπόνησης λόγω ρηξιγενούς ή και πτυχογόνου τεκτονισμού αναμένεται να είναι αυξημένο.

Οι μεταβατικοί σχηματισμοί από εναλλαγές ασβεστολίθων και ιλυολίθων αναμένεται να παρουσιάζουν μέτρια έως μικρή περατότητα. Τέλος, οι σχηματισμοί του φλύσχη και των ραδιολαριτών-κερατόλιθων θεωρούνται ως σχηματισμοί πολύ μικρής περατότητας έως πρακτικά αδιαπέρατοι.

Στην ευρύτερη περιοχή του έργου, πραγματοποιήθηκε ένα σύνολο γεωτρήσεων (Πίνακας 2.1) σε συγκεκριμένες θέσεις (Παράρτημα Α/ Χάρτης 1.3-1.5), όπου εκτελέστηκαν εντός αυτών επί τόπου δοκιμές περατότητας.

Γεώτρηση	Είδος Δοκιμής	Βάθος εκτέλεσης (m)	Περατότητα (cm/sec)	Γεωλογικός σχηματισμός
ΠΓ4	LUGEON	26,0-30,5	$5,82 \times 10^{-6}$	Κροκαλολατυποπαγές
	LUGEON	30,0-35,0	$4,95 \times 10^{-6}$	Κροκαλολατυποπαγές
	LUGEON	34,5-39,5	$5,90 \times 10^{-6}$	Κροκαλολατυποπαγές
	LUGEON	40,5-45,5	$3,39 \times 10^{-6}$	Κροκαλολατυποπαγές
	LUGEON	45,0-50,0	$1,44 \times 10^{-6}$	Κροκαλολατυποπαγές
Γ261	LEFRANC	170,0-171,0	$1,80 \times 10^{-4}$	Κροκαλολατυποπαγές
	LEFRANC	182,0-183,0	$1,50 \times 10^{-4}$	Κροκαλολατυποπαγές
ΣΔ3Γ2	MAAG	184,6-189,6	$5,20 \times 10^{-6}$	Κερατόλιθος, Αργ. Σχιστόλιθος
	MAAG	195,7	$1,00 \times 10^{-6}$	Κερατόλιθος, Αργ. Σχιστόλιθος
	MAAG	195,7-200,0	$4,50 \times 10^{-6}$	Κερατόλιθος, Αργ. Σχιστόλιθος
Γ262	LUGEON	154,4	$5,20 \times 10^{-6}$	Κερατόλιθος-Σχιστοκερατόλιθος

Γεώτρηση	Είδος Δοκιμής	Βάθος εκτέλεσης (m)	Παρατότητα (cm/sec)	Γεωλογικός σχηματισμός
	LUGEON	162,0	$2,0 \times 10^{-8}$	Κερατόλιθος- Σχιστοκερατόλιθος
	LUGEON	164,4	$2,06 \times 10^{-8}$	Κερατόλιθος- Σχιστοκερατόλιθος
	LUGEON	170,0	$2,56 \times 10^{-6}$	Κερατόλιθος- Σχιστοκερατόλιθος
	LUGEON	175,0	$1,38 \times 10^{-6}$	Κερατόλιθος- Σχιστοκερατόλιθος
ΠΓ6	MAAG	151,7-157,0	$9,00 \times 10^{-7}$	Κερατόλιθος, Πηλίτες, Αργ. Σχιστόλιθοι, Πυριτόλιθοι
	MAAG	157,0-161,0	$1,70 \times 10^{-6}$	Κερατόλιθος, Πηλίτες, Αργ. Σχιστόλιθοι, Πυριτόλιθοι
	MAAG	162,0-167,4	$1,40 \times 10^{-6}$	Κερατόλιθος, Πηλίτες, Αργ. Σχιστόλιθοι, Πυριτόλιθοι
ΠΓ9	LUGEON	170,5-175,5	$7,20 \times 10^{-5}$	Ασβεστόλιθος
	LUGEON	175,0-179,5	Ολικές Απώλειες	Ασβεστόλιθος
	LUGEON	180,5-186,0	$2,50 \times 10^{-4}$	Ασβεστόλιθος
	LUGEON	185,5-190,5	Ολικές Απώλειες	Ασβεστόλιθος
	LUGEON	190,0-194,5	$5,58 \times 10^{-5}$	Ασβεστόλιθος
Γ266	MAAG	5,0	$3,6 \times 10^{-5}$	Κερατολιθικοί χάλικες
	MAAG	10,0	$2,7 \times 10^{-5}$	Ιλύλιθος
	MAAG	15,0	$5,44 \times 10^{-5}$	Κερατόλιθος, Ασβεστόλιθος
	MAAG	21,0	$3,37 \times 10^{-5}$	Κερατόλιθος, Ασβεστόλιθος
	LEFRANC	28,0	Ολικές Απώλειες	Κερατόλιθος, Ασβεστόλιθος

Πίνακας 2.1

2.6. Κατολίσθηση Παναγοπούλας

Στην περιοχή της Παναγοπούλας, κατά το παρελθόν εκδηλώθηκαν κατολισθητικά φαινόμενα, με εντονότερο αυτό που εκδηλώθηκε το 1971. Για τον λόγο αυτό η σχεδίαση τόσο του αυτοκινητοδρόμου όσο και του σιδηροδρόμου, διέρχεται με

σήραγγες πίσω από την επιφάνεια ολίσθησης της κατολίσθησης, ώστε να αποφευχθούν φαινόμενα αστοχίας στα έργα.

Συγκεκριμένα⁶, στα τέλη της δεκαετίας του 60' κατασκευάστηκα η Νέα Εθνική Οδός Πατρών - Κορίνθου και δημιουργήθηκαν νέα πρανή στην περιοχή της Παναγοπούλας. Τον Μάρτιο του 1970 παρατηρήθηκε μία σχετικά περιορισμένη ολίσθηση του ανάντη πρανούς της οδού με διαμόρφωση αναβαθμού (στα +75m). Παράλληλα σημειώνονται διάφορες θραύσεις κατά μήκος του ανάντη πρανούς. Τον Απρίλιο του 1971 (24.4.1971) σημειώθηκε η μεγάλη κατολίσθηση της Παναγοπούλας που είχε σαν αποτέλεσμα τον αποκλεισμό των συγκοινωνιακών αξόνων (Νέα Εθνική Οδός, Παλαιά Εθνική Οδός, Σιδηροδρομική Γραμμή) για αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα και τη συνέχιση την συγκοινωνίας μέσω μικρής θαλάσσιας παράκαμψης με χρήση πλωτών μέσων, από μόλους που κατασκευάστηκαν για αυτό τον σκοπό (Εικόνα 2.10).



Εικόνα 2.10

Το άνω όριο της κατολίσθησης (κεφαλή) ήταν στα 350m περίπου ανάντη του οδικού άξονα της ΝΕΟ. Εκτιμάται ότι το επίπεδο της ολίσθησης επεκτεινόταν πάνω από την

Εθνική Οδό και περιλάμβανε μόνο τα ανάντη πρανή ενώ το μέγιστο βάθος εκτιμάται στα 20m. Τον Μάιο του ίδιου έτους σημειώθηκε μία δεύτερη σημαντική κατολίσθηση στο Ανατολικό άκρο της προηγούμενης μικρότερης έκτασης και συγκεκριμένα περίπου 60m ανάντη του άξονα της ΝΕΟ και άλμα περίπου 3m. Για τη βελτίωση των συνθηκών ευστάθειας και την αποκατάσταση της ζώνης, εκτελέστηκαν μία σειρά από έργα που περιελάμβαναν: (α) εργασίες διαμόρφωσης των ανάντη της ΝΕΟ πρανών, (β) αποστραγγιστικά έργα και (γ) αποκατάσταση των Εθνικών οδών και της Σιδηροδρομικής γραμμής και την κατασκευή νέων επιχωμάτων. Έκτοτε, έχουν σημειωθεί πολλές καθιζήσεις του οδοστρώματος και στις δύο Εθνικές οδούς και μικρές ολισθήσεις ανάντη της ΝΕΟ. Τον Φεβρουάριο του 1983 παρατηρήθηκαν ρωγμές στο οδόστρωμα και μικρές μετατοπίσεις στον τοίχο αντιστήριξης μεταξύ της Νέας και της Παλαιάς Εθνικής Οδού. Τον Φεβρουάριο του 1994 μετά από βροχοπτώσεις 56mm σε διάστημα πέντε ημερών, αποκλισιόμετρο που είχε τοποθετηθεί από το ΚΕΔΕ επί της ΝΕΟ σημείωσε μετακίνηση της τάξης των 5mm σε βάθος 8m το οποίο στη συνέχεια καταστράφηκε λόγω μετακινήσεων. Μία σειρά επιπλέον μέτρων αντιστήριξης και προστασίας πραγματοποιήθηκε, ενώ τον Οκτώβριο του 1994 πραγματοποιήθηκαν δειγματοληπτικές γεωτρήσεις με εγκατάσταση αποκλισιομετρικών σωλήνων και πιεζομέτρων για την διερεύνηση των συνθηκών της συνεχιζόμενης κινητικότητας και αστάθειας. Τον Σεπτέμβριο του 1997 παρατηρήθηκαν νέες ρωγμές στη ΝΕΟ, κάτι που οδήγησε σε περαιτέρω έρευνες και κυρίως λεπτομερής βυθομετρική αποτύπωση και γεωφυσική διερεύνηση των υποστρωμάτων του πυθμένα (ΕΚΘΕ, Ιανουάριος 1998) ώστε να διερευνηθεί η πιθανότητα επέκτασης των κατολισθητικών φαινομένων στον υποθαλάσσιο χώρο. Τα συνοπτικά συμπεράσματα της υποθαλάσσιας έρευνας ήταν:

- Μέχρι το βάθος των 150m από την επιφάνεια της θάλασσας, η μορφολογία του υποθαλάσσιου πρανούς είναι παρόμοια με το χερσαίο (50 - 60%) αλλά στη συνέχεια οι κλίσεις μειώνονται σημαντικά (μεταξύ των ισοβαθών 150 - 200m είναι 20-35% και στη συνέχεια 4 - 10%).
- Το ανώτερο στρώμα του πυθμένα που αποτελείται από πρόσφατες αποθέσεις, όσο και το κατώτερο που αποτελείται από μετακίνηση κορημάτων από την ξηρά, παρουσιάζουν δομές παραμόρφωσης και επιφάνειες ολίσθησης. Οι δομές αυτές είναι αποτέλεσμα της γενικότερης μετακίνησης που φαίνεται να

γίνεται κατά μήκος της επαφής των δύο στρωμάτων με τον υποκείμενο ασβεστόλιθο.

- Είναι πολύ δύσκολο να γίνει σύνδεση των επιφανειών ολίσθησης στο υποθαλάσσιο πρανές με τις μετρήσεις των αποκλισιομέτρων που μετρώνται στη χέρσο.

Το πλέον μεγάλο τεχνικό έργο που κατασκευάστηκε για την σταθεροποίηση των πρανών ήταν ένα διάφραγμα έγχυτων πασσάλων αντιστήριξης στο κάτω άκρο της ΝΕΟ, συνολικού μήκους 440m. Οι 296 πάσσαλοι κατασκευάστηκαν σε δύο σειρές, η διάμετρός τους ήταν 150mm σε αξονική απόσταση 3m και 2.5m μεταξύ τους, κατά τη διαμήκη και εγκάρσια διεύθυνση αντίστοιχα και βάθους 20 - 30m (Koukis G. et al. 2008).

Σήμερα γίνεται συστηματική παρακολούθηση της περιοχής της κατολίσθησης, μέσω μιας σειράς γεωτρήσεων, εντός των οποίων έχουν τοποθετηθεί αποκλισιόμετρα.

3. ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ

Για την καταγραφή των τεχνικογεωλογικών συνθηκών στην περιοχή του έργου, πραγματοποιήθηκαν ερευνητικές δειγματοληπτικές γεωτρήσεις κατά μήκος του άξονα των σηράγγων (Πίνακας 3.1) σε επιλεγμένες θέσεις (Παράρτημα Α/ Χάρτης 1.3-1.5). Στα δείγματα που λήφθηκαν από κάθε γεώτρηση, πραγματοποιήθηκαν εργαστηριακές δοκιμές βραχομηχανικής και εδαφομηχανικής. Συγκεκριμένα πραγματοποιήθηκαν οι ακόλουθες δοκιμές:

- ✓ Προσδιορισμός πορώδους και πυκνότητας
- ✓ Προσδιορισμός φυσικής υγρασίας
- ✓ Δοκιμές μονοαξονικής φόρτισης για τον προσδιορισμό της αντοχής σε ανεμπόδιστη θλίψη, με τον προσδιορισμό του μέτρου ελαστικότητας και του λόγου Poisson
- ✓ Δοκιμές σημειακής φόρτισης
- ✓ Δοκιμές θλίψης κατά γενέτειρα (Braziliantest) για τον προσδιορισμό της αντοχής σε εφέλκυσμό
- ✓ Δοκιμές προσδιορισμού της διατμητικής αντοχής ασυνεχειών
- ✓ Προσδιορισμός δείκτη φθοράς

Επίσης σε ορισμένα εδαφικά δείγματα, πραγματοποιήθηκαν δοκιμές εδαφομηχανικής, ενώ σε ορισμένα δείγματα πραγματοποιήθηκαν ορυκτολογικές και πετρογραφικές αναλύσεις.

Α/Α	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΒΑΘΟΣ ΕΡΕΥΝΑΣ (m)	ΧΙΛΙΟΜΕΤΡΙΚΗ ΘΕΣΗ (Χ.Ο.)	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ		ΥΨΟΜΕΤΡΟ ΕΛΑΦΟΥΣ (απόλυτο m)	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΟΥ ΟΡΓΑΝΟΥ
				X	Y		
1.	ΣΓ1	30,40	101+251	322638	4242868	+33,71	ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΟ
2.	ΣΓ4	248,20	103+418	320501	4243201	+229,27	—
3.	ΣΓ5	170,00	104+312	319612	4243291	+181,19	—
4.	ΣΓ6	25,70	105+647	318288	4243466	+31,23	ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΟ
5.	A22	180,00	104+315	319616	4243384	+213	

6.	ΓΤΕ1	25,00	101+069	323246	4243657	+24,00	
7.	ΓΤΕ2	25,40	101+124	323196	4243679	+27,00	ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΟ
8.	ΓΤΕΞ1	40,00	105+729	318206	4243469	+29,00	—
9.	Γ261	195,00	103+806	320129	4243358	+217,00	ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΟ
10.	Γ262	180,00	104+103	319819	4243268	+208,00	ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΟ
11.	Γ263	200,00	104+578	315988	4243509	+231,00	ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΟ
12.	Γ264	273,00	104+695	319210	4243190	+304,00	
13.	Γ265	185,00	105+304	318608	4243279	+210,00	ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΟ
14.	Γ266	30,00	105+675	318259	4243454	+35,00	ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΟ
15.	ΠΓ4	55,00	101+917	321987	4242987	+73,0	ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΟ
16.	ΠΓ9	200,80	104+921	319008	4243368	+215,0	ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΟ
17.	ΣΔ2Γ2	220,50	103+052	320860	4243118	+241,0	ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΟ
18.	ΠΓ6	210,2	104+230	319696,03	4243263,95	+193,96	ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΟ
19.	ΠΓ8	210,1	104+590	319336,09	4243305,55	+234,59	ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΟ
20.	ΣΔ3Γ2	250,9	103+985	319944,80	4243278,87	+213,63	ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΟ

Πίνακας 3.1

Για την οριστική γεωτεχνική μελέτη του έργου, κρίθηκε σκόπιμο να πραγματοποιηθούν, άλλες οκτώ (8) δειγματοληπτικές γεωτρήσεις (Πίνακας 3.2).

Α/Α	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΒΑΘΟΣ ΕΡΕΥΝΑΣ (m)	ΧΛΙΟΜΕΤΡΙΚΗ ΘΕΣΗ (Χ.Ο.)	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ		ΥΨΟΜΕΤΡΟ ΕΛΑΦΟΥΣ (απόλυτο m)	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΟ Υ ΟΡΓΑΝΟΥ
				X	Y		
1.	ΠΓ3	64.4	Χ.Θ.101+700	322231.3	4242982.7	55,40	ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΟ
2.	ΠΓ5	273.73	Χ.Θ. 102+680	321222.14	4243040.85	255,00	ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΟ
3.	ΠΓ9Α	85.29	Χ.Θ. 105+040	318877.75	4243419.628	85,00	ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΟ
4.	ΠΓ10Α	43,06	Χ.Θ.105+520	318414,3	4243457,0	40,00	ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΟ
5.	ΒΗ3	63.69	Χ.Θ.101+360	322540.35	4242910.37	55,0	ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΟ
6.	ΒΗ4	210.17	Χ.Θ. 102+193	321755.55	4242977.28	200,2	ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΟ
7.	ΒΗ7	159.03	Χ.Θ.103+223	320690.10	4243163.01	150,2	ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΟ
8.	ΒΗ8	224,09	Χ.Θ. 103+464	320256,14	4243207,54	210,0	ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΟ

Πίνακας 3.2

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των γεωλογικών και γεωτεχνικών ερευνών που εκτελέστηκαν, οι σχηματισμοί που αναμένεται να συναντηθούν στο τμήμα της σήραγγας χαρακτηρίζονται από χαλαροί έως ασθενώς συγκολλημένοι εδαφικοί, ημιβραχώδεις και βραχώδεις.

Το σύνολο των παραπάνω γεωλογικών σχηματισμών εντάσσονται στις παρακάτω τεχνικογεωλογικές ενότητες¹:

- **Τεχνικογεωλογική ενότητα ΤΕ-1**

Σε αυτή περιλαμβάνονται οι εδαφικοί σχηματισμοί των αλλουβιακών ριπιδίων, των πλευρικών κορημάτων, των υλικών πρόσφατων και παλαιότερων κατολισθήσεων, πρόκειται για επιφανειακά ασύνδετα έως ασθενώς συγκολλημένα υλικά που κοκκομετρικά χαρακτηρίζονται ως αμμόδεις άργιλοι και αργιλώδεις άμμοι με περιεκτικότητα σε κυμαινόμενο ποσοστό, μεγάλο στον σχηματισμό των αλλουβιακών ριπιδίων, χαλίκων κακής διαβάθμισης καθώς και κροκάλων και λατύπων ασβεστολιθικής, κερατολιθικής και ψαμμιτικής προέλευσης.

- **Τεχνικογεωλογική ενότητα ΤΕ-2**

Σε αυτή περιλαμβάνεται η εδαφική φάση των πλειο-πλειστοκαινικών κροκαλοπαγών που εμφανίζονται ασύνδετα έως ασθενώς συγκολλημένα με τη μορφή εδαφικού αργιλικού υλικού με λεπτά χαλίκια ή αμμοχάλικου. Ο σχηματισμός αποτελείται από ιλυώδεις άμμους με κυμαινόμενο ποσοστό χαλίκων ή αμμόδης αργίλου, ισχνής έως σκληρής που περιέχει σε κυμαινόμενο ποσοστό χάλικες και λατύπες.

- **Τεχνικογεωλογική ενότητα ΤΕ-3**

Σε αυτή περιλαμβάνεται η ημιβραχώδης έως βραχώδης φάση των πλειο-πλειστοκαινικών κροκαλοπαγών, τα οποία εμφανίζονται με τη μορφή μέτρια έως ισχυρά συγκολλημένων σχηματισμών με παρεμβολές ασθενώς συγκολλημένων ζωνών. Αποτελούνται από χαλίκια, λατύπες και τεμάχια ασβεστολίθων, κερατολίθων και ψαμμιτών σε ιλυοαμμώδες συνδετικό υλικό. Ο δείκτης ποιότητας του πετρώματος RQD κυμαίνεται μεταξύ 0-25% σε ποσοστό 46%, μεταξύ 25-50% σε ποσοστό 12% και μεταξύ 50-100% σε ποσοστό 42%. Ο γεωλογικός δείκτης αντοχής GSI κυμαίνεται μεταξύ 20-35 σε ποσοστό 11%, μεταξύ 30-45 σε ποσοστό 60% και μεταξύ 40-50 σε ποσοστό 29%.

- **Τεχνικογεωλογική ενότητα ΤΕ-4**

Σε αυτή περιλαμβάνονται ο σχηματισμός του φλύσχη από έντονα κερματισμένους και αποσαθρωμένους ψαμμίτες, ψαμμιτικούς ιλυόλιθους και ιλυόλιθους σε εναλλαγές που εμφανίζονται υπό μορφή ιλυοαργιλωδών και αργιλωδών άμμων με χαλίκια σε κυμαινόμενο ποσοστό και κατά θέσεις τεμάχια ασβεστολιθικής και ψαμμιτικής

σύστασης. Επίσης σε αυτή την ενότητα περιλαμβάνεται ο σχηματισμός των ραδιολαριτών-κερατολίθων, έντονα κερματισμένων, θρυμματισμένων, αποσαθρωμένων και εδαφοποιημένων σε τέτοιο βαθμό ώστε κατά τμήματα να παρουσιάζονται υπό μορφή εδαφικών ενστρώσεων. Ο σχηματισμός στα εδαφοποιημένα τμήματα του εμφανίζεται ως καστανέρυθρου χρώματος αργιλώδης άμμος με χαλίκια ασθενώς διαβαθμισμένα και λατύπες σε κυμαινόμενο ποσοστό.

- **Τεχνικογεωλογική ενότητα ΤΕ-5**

Σε αυτή περιλαμβάνονται οι σχηματισμοί των έντονα κερματισμένων έως θρυμματισμένων, ραδιολαριτών-κερατολίθων, ασβεστολίθων του Κρητιδικού και μεταβατικών στρωμάτων, με δείκτη ποιότητας πετρώματος RQD μικρότερο ή ίσο του 25%. Ο γεωλογικός δείκτης αντοχής GSI κυμαίνεται μεταξύ 25-40 και κατά θέσεις μεταξύ 35-50 ή και μεταξύ 15-30.

- **Τεχνικογεωλογική ενότητα ΤΕ-6**

Σε αυτή περιλαμβάνονται οι σχηματισμοί των κερματισμένων έως μέτρια κερματισμένων, ραδιολαριτών-κερατολίθων, ασβεστολίθων του Κρητιδικού, μεταβατικών στρωμάτων και φλύσχη, με δείκτη ποιότητας πετρώματος RQD που κυμαίνεται μεταξύ 25% και 50%. Ο γεωλογικός δείκτης αντοχής GSI κυμαίνεται μεταξύ 40-55 και κατά θέσεις μεταξύ 30-40.

- **Τεχνικογεωλογική ενότητα ΤΕ-7**

Σε αυτή περιλαμβάνονται οι σχηματισμοί των ραδιολαριτών-κερατολίθων, ασβεστόλιθων του Κρητιδικού, μεταβατικών στρωμάτων και φλύσχη ελαφρά κερματισμένων έως συμπαγών με δείκτη ποιότητας πετρώματος RQD μεγαλύτερου ή ίσου του 50%. Ο γεωλογικός δείκτης αντοχής GSI κυμαίνεται μεταξύ 25-40 και κατά θέσεις μεταξύ 45-60 ή και μεταξύ 40-50.

3.1. Ταξινόμηση γεωτεχνικών ενοτήτων

Σύμφωνα με τις εργαστηριακές δοκιμές που πραγματοποιηθήκαν, οι γεωτεχνικές ενότητες που διακρίθηκαν, ταξινομήθηκαν με βάση τα μηχανικά τους χαρακτηριστικά, ως εξής¹:

- **Τεταρτογενή(0)**

- **Ασβεστολιθικά Κορήματα (0α)**

- Αλουβιακό Ριτίδιο **(0β)**
- Υλικά πρόσφατων κατολισθήσεων **(0γ)**
- Υλικά παλαιών κατολισθήσεων **(0δ)**
- Κροκαλοπαγές- Λατυποπαγές(I)
 - Κροκαλοπαγές (εδαφική φάση) **(Iα)**
 - ◆ Κροκαλοπαγές (εδαφική φάση- χονδρόκοκκο κλάσμα) **(Iα-1)**
 - ◆ Κροκαλοπαγές (εδαφική φάση- λεπτόκοκκο κλάσμα) **(Iα-2)**
 - Κροκαλοπαγές (βραχώδης φάση) **(Iβ)**
- Φλύσχη(II)
 - Φλύσχη (εδαφική φάση- χονδρόκοκκο κλάσμα) **(IIα)**
 - Φλύσχη (εδαφική φάση- λεπτόκοκκο κλάσμα) **(IIβ)**
 - Φλύσχη (βραχώδης φάση) **(IIγ)**
- Ασβεστόλιθοι του Κρητιδικού(III)
 - Κρητιδικοί ασβεστόλιθοι **(IIIα)**
 - ◆ Κερματισμένοι ασβεστόλιθοι **(IIIα-1)**
 - ◆ Ελαφρά- μέτρια κερματισμένοι ασβεστόλιθοι **(IIIα-2)**
 - Μεταβατικά στρώματα προς φλύσχη **(IIIβ)**
 - ◆ Κερματισμένα Μεταβατικά στρώματα προς φλύσχη **(IIIβ-1)**
 - ◆ Ελαφρά- μέτρια κερματισμένα Μεταβατικά στρώματα προς φλύσχη **(IIIβ-2)**
- Ραδιολαρίτες- Κερατόλιθοι(IV)
 - Κερματισμένοι Ραδιολαρίτες- Κερατόλιθοι **(IVα)**
 - Ελαφρά- μέτρια κερματισμένοι Ραδιολαρίτες- Κερατόλιθοι **(IVβ)**

3.2. Περιοχή cut & cover εισόδου (Χ.Θ. 101+041,50- Χ.Θ. 101+255,00)

Στη περιοχή αυτή¹ αναμένεται να συναντηθούν και συναντήθηκαν τα κροκαλοπαγή του πλειο-πλειστοκαίνου, τα αλλουβιακά ριπίδια και ο σχηματισμός του φλύσχη. Επιφανειακά οι σχηματισμοί καλύπτονται από πλευρικά κορήματα. Στην περιοχή αυτή, δεν διαπιστώθηκε μικρής ή μεγάλης κλίμακας τεκτονική δομή, ενώ η στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα στις ερευνητικές - δειγματοληπτικές γεωτρήσεις, κυμάνθηκε σε απόλυτα υψόμετρα από +7,14 έως +15,71. Η στάθμη αυτή βρίσκεται σε βάθη κάτω από την ερυθρά της σήραγγας, ενώ ο υδροφόρος ορίζοντας αναπτύσσεται στον σχηματισμό των κροκαλοπαγών του νεογενούς, η διαπερατότητα του οποίου εξαρτάται από την επικράτηση των αδρομερών του φάσεων και σε θέσεις όπου κάτω από τα κροκαλοπαγή αναπτύσσεται ο πρακτικά αδιαπέρατος σχηματισμός του φλύσχη.

Στην περιοχή αυτή, έχει εκτελεστεί επί του άξονα της χάραξης της Ν.Σ.Γ. η γεώτρηση *ΓΤΕ2* (Εικόνα 3.1) και η γεώτρηση *ΣΓ1* (Εικόνα 3.2).



Εικόνα 3.1



Εικόνα 3.2

Και στις δύο γεωτρήσεις συναντήθηκαν οι σχηματισμοί των αλλουβιακών ριπιδίων και των πλευρικών κορημάτων, των πλειο-πλειστοκαινικών κροκαλοπαγών και ο σχηματισμός του φλύσχη.

3.3. Περιοχή κυρίως σήραγγας (Χ.Θ. 101+255,00 - Χ.Θ. 105+620,00)

Στην περιοχή αυτή¹ αναπτύσσονται κυρίως οι σχηματισμοί των κροκαλοπαγών και λιγότερο των εναλλαγών κροκαλοπαγών – μαργών του νεογενούς αλλά και οι νεώτεροι τεταρτογενείς σχηματισμοί των αλλουβιακών ριπιδίων, των πλευρικών κορημάτων, των αργιλικών πλευρικών κορημάτων, των σύγχρονων αποθέσεων της στενής κοίτης των ποταμών και των χειμάρρων καθώς και τα υλικά των πρόσφατων και των παλαιών κατολισθήσεων.

Στο τμήμα αυτό συναντάται η προέκταση της ρηξιγενούς ζώνης Ροδινής – Ψαθόπυργου στην περιοχή της Παναγοπούλας, η οποία αναπτύσσεται κατά μήκος της παράκτιας ζώνης και εκτείνεται υποθαλάσσια στον Κορινθιακό κόλπο. Οι ρηξιγενείς δομές που συναντώνται, είναι μεγάλης κλίμακας με διευθύνσεις Α-Δ, ΝΝΔ-ΒΒΑ, ΝΑ-ΒΔ από κανονικά ρήγματα καθώς και επιπεύσεις σχηματισμών της ενότητας της Πίνδου.

- **Τμήμα μεταξύ των Χ.Θ. 101+300 έως Χ.Θ. 102+000**

Στο τμήμα αυτό της σήραγγας αναμένεται να διατρηθούν και συναντήθηκαν, οι κροκαλοπαγείς σχηματισμοί του πλειο-πλειστοκαίνου. Αυτό το συμπέρασμα προκύπτει από την επιφανειακή γεωλογική χαρτογράφηση και τις γεωερευνητικές εργασίες στο τμήμα, καθώς οι αλπικοί σχηματισμοί που εμφανίζονται κατάντη της χάραξης και κατά μήκος των πρανών της Ν.Ε.Ο. δεν συναντώνται στους σχηματισμούς που διατρήθηκαν από τις γεωερευνητικές εργασίες. Στην περιοχή περί τη Χ.Θ. 101+900 εκτελέστηκε η γεώτρηση ΠΓ-4 (Εικόνα 3.3). Στη θέση αυτή το υπερκείμενο της σήραγγας είναι 44,93m και η διέλευση της χάραξης συναντά κροκαλοπαγείς σχηματισμούς. Ο δείκτης RQD κυμαίνεται μεταξύ 0-35%, ενώ το GSI εκτιμήθηκε μεταξύ 30-40. Η αντοχή σε ανεμπόδιση θλίψη κυμαίνεται από 2,76MPa έως 7,05MPa.



Εικόνα 3.3

Η στάθμη του υπογείου υδροφόρου ορίζοντα στο τμήμα αυτό βρίσκεται πάνω από το επίπεδο της ερυθράς, ενώ δεν αναμένεται ενιαίος υδροφόρος ορίζοντας, αλλά τοπικοί επικρεμάμενοι υδροφόροι ορίζοντες.

Η κατανομή των τεχνικογεωλογικών ενοτήτων που συναντήθηκε στο τμήμα αυτό, είναι η ακόλουθη:

- ✓ Τεχνικογεωλογική ενότητα ΤΕ-2 σε ποσοστό 80%.
- ✓ Τεχνικογεωλογική ενότητα ΤΕ-3 σε ποσοστό 20%.

- **Τμήμα μεταξύ των Χ.Θ. 102+000 έως Χ.Θ. 103+950**

Στο τμήμα αυτό της σήραγγας αναμένεται να διατηρηθούν οι κροκαλοπαγείς σχηματισμοί του πλειο-πλειστοκαιίνου. Στην περιοχή αυτή, πραγματοποιήθηκε η γεώτρηση ΣΔ2Γ2, περί τη Χ.Θ. 103+10, η γεώτρηση ΣΓ4, περί τη Χ.Θ. 103+400 και σε απόσταση περίπου 40m κατάντη της χάραξης και η γεώτρηση Γ261 περί τη Χ.Θ. 103+800 και σε απόσταση 150m περίπου κατάντη της χάραξης. Στη θέση της γεώτρησης ΣΔ2Γ2(Εικόνα 3.4), το υπερκείμενο της σήραγγας είναι 202,2m και η διέλευση της χάραξης συναντά τους κροκαλοπαγείς σχηματισμούς της τεχνικογεωλογικής ενότητας TE-3, με το RQD να παίρνει τιμές από 0-22% και το GSI τιμές μεταξύ 20-35. Η αντοχή σε ανεμπόδιστη θλίψη κυμαίνεται από 3,85Μpa έως 4,81ΜPa. Στη θέση της γεώτρησης ΣΓ4(Εικόνα 3.5), αναμένεται να συναντηθούν πλειο-πλειστοκαινικά κροκαλοπαγή της τεχνικογεωλογικής ενότητας TE-2. Στη θέση της γεώτρησης Γ261(Εικόνα 3.6), αναμένεται να συναντηθούν πλειο-πλειστοκαινικά κροκαλοπαγή της τεχνικογεωλογικής ενότητας TE-2.



Εικόνα 3.4



Εικόνα 3.5



Εικόνα 3.6

Η στάθμη του υπογείου υδροφόρου ορίζοντα στο τμήμα αυτό βρίσκεται πάνω από το επίπεδο της ερυθράς. Δεν αναμένεται ενιαίος υδροφόρος ορίζοντας αλλά τοπικοί επικρεμάμενοι υδροφόροι ορίζοντες.

Στη περιοχή μεταξύ των Χ.Θ. 103+900 έως Χ.Θ. 103+950 αναμένεται να συναντηθεί ζώνη τεκτονικού λατυποπαγούς που ανήκει σε ρήγμα μεγάλης κλίμακας στην επαφή μεταξύ των κροκαλοπαγών του πλειο-πλειστοκαίνου και των αλπικών σχηματισμών των κερατολίθων-ραδιολαριτών.

Η εκτιμώμενη κατανομή των τεχνικογεωλογικών ενοτήτων που αναμένεται να διατηρηθούν στο τμήμα αυτό και εφόσον δεν συναντηθεί το αλπικό υπόβαθρο, είναι η ακόλουθη:

- ✓ Τεχνικογεωλογική ενότητα ΤΕ-2 σε ποσοστό 85%.
- ✓ Τεχνικογεωλογική ενότητα ΤΕ-3 σε ποσοστό 15%.

- **Τμήμα μεταξύ των Χ.Θ. 103+950 έως Χ.Θ. 104+350**

Στο τμήμα αυτό της σήραγγας αναμένεται να διατηρηθούν σχηματισμοί των κερατολίθων – ραδιολαριτών, όπως προκύπτει από τα ευρήματα των ερευνητικών γεωτρήσεων που εκτελέστηκαν σε αυτό.

Συγκεκριμένα, στην περιοχή περί τη Χ.Θ. 104+000 εκτελέστηκε η γεώτρηση **ΣΔ3Γ2**, 50m κατάντη του άξονα, η γεώτρηση **Γ262** περί τη Χ.Θ. 104+100, η γεώτρηση

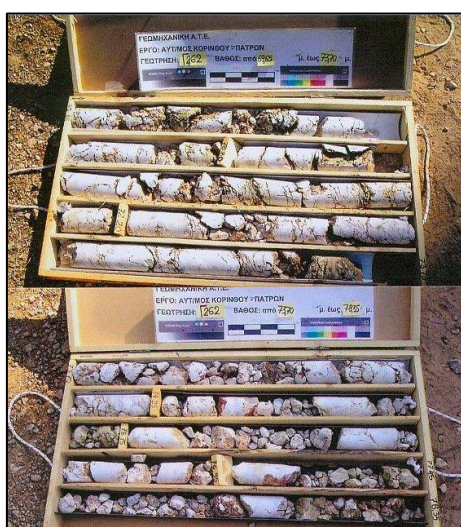
ΠΓ6περί τη Χ.Θ. 104+250, η γεώτρηση **ΣΓ5** περί τη Χ.Θ. 104+250 και η γεώτρηση **A22** περί τη Χ.Θ. 104+350 ανάντη του άξονα.

Στην θέση της γεώτρησης ΣΔ3Γ2(Εικόνα 3.7), το υπερκείμενο της σήραγγας είναι 220,46m και η διέλευση της χάραξης συναντά τους κερατόλιθους και αργιλικούς σχιστόλιθους της τεχνικογεωλογικής ενότητας TE-4 ισχυρά αποσαθρωμένους (βαθμό αποσάθρωσης IV-V) έως εδαφοποιημένους, με το RQD να παίρνει τιμή 0% και το εκτιμώμενο GSI να παίρνει τιμές μεταξύ 15-25.



Εικόνα 3.7

Στην θέση της γεώτρησης Γ262(Εικόνα 3.8), το υπερκείμενο της σήραγγας είναι 190,6m και η διέλευση της χάραξης συναντά τους ραδιολαρίτες της τεχνικογεωλογικής ενότητας TE-4 ισχυρά αποσαθρωμένους και εδαφοποιημένους και μόνο στο κατώτερο τμήμα της σε ασβεστόλιθους του Κρητιδικού, με RQD 28% (τεχνικογεωλογική ενότητα TE-6) και το εκτιμώμενο σε αυτό GSI κυμαίνεται μεταξύ 15-25.



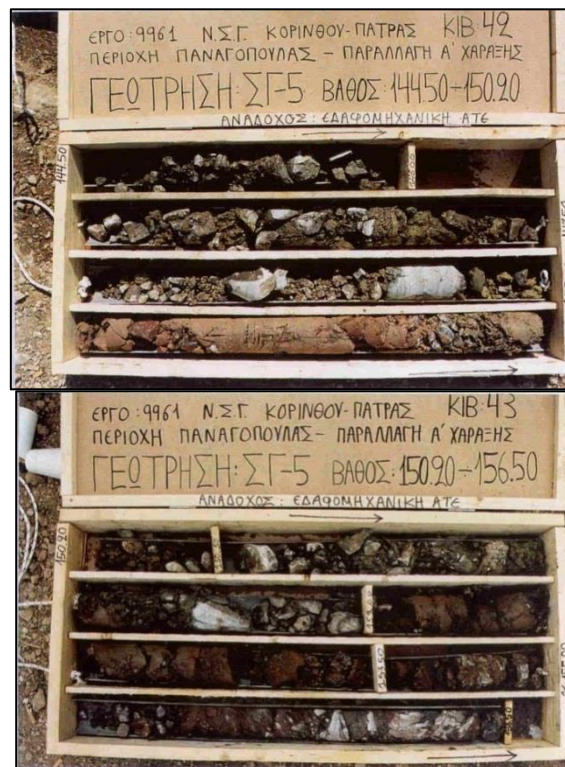
Εικόνα 3.8

Στην θέση της γεώτρησης ΠΓ6(Εικόνα 3.9), το υπερκείμενο της σήραγγας είναι 166,8m και η διέλευση της χάραξης συναντά τους ισχυρά αποσαθρωμένους και εδαφοποιημένους ραδιολαρίτες-κερατόλιθους της τεχνικογεωλογικής ενότητας TE-4.



Εικόνα 3.9

Στην θέση της γεώτρησης ΣΓ5(Εικόνα 3.10),το υπερκείμενο της σήραγγας είναι 161,2m και η διέλευση της χάραξης συναντά τους ραδιολαρίτες της τεχνικογεωλογικής ενότητας TE-5 το RQD παίρνει τιμές από 0% και το GSI εκτιμάται ότι παίρνει τιμές μεταξύ 15-25.



Εικόνα 3.10

Στην θέση της γεώτρησης A22, το υπερκείμενο της σήραγγας είναι 183,4m και στο επίπεδο διέλευσης της χάραξης από τους Κρητιδικούς ασβεστόλιθους (τεχνικογεωλογική ενότητα TE-6) το RQD παίρνει τιμές από 40-50% με εκτιμώμενο γεωλογικό δείκτη αντοχής GSI μεταξύ 35-45.

Σε όλο αυτό το τμήμα, η στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα στις ερευνητικές-δειγματοληπτικές γεωτρήσεις βρέθηκε σε απόλυτο υψόμετρο που κυμάνθηκε από +40,7 έως +42,5, ελαφρά πάνω από την ερυθρά της σήραγγας. Ο αδιαπέρατος χαρακτήρας των εδαφοποιημένων σχηματισμών του τμήματος αυτού εξασφαλίζει την απουσία μόνιμης υδροφορίας στο επίπεδο της σήραγγας και μόνο εποχιακές κατεισδύσεις είναι δυνατόν να την επηρεάσουν.

Στη περιοχή μεταξύ των Χ.Θ. 104+300 και 104+400 αναμένεται να συναντηθεί ρήγμα μεγάλης κλίμακας που διαχωρίζει τους ασβεστόλιθους του Κρητιδικού από τους κερατόλιθους της ενότητας των ραδιολαριτών. Πρόκειται για κανονικό ρήγμα με κλίση της τάξεως των 70°-80° προς ΒΔ που οροθετεί το πέρας αυτού του τμήματος. Η εκτιμώμενη κατανομή των τεχνικογεωλογικών ενοτήτων που αναμένεται να διατηρηθούν στο τμήμα αυτό είναι η ακόλουθη:

- ✓ Τεχνικογεωλογική ενότητα TE-4 σε ποσοστό 85%.
- ✓ Τεχνικογεωλογική ενότητα TE-5 σε ποσοστό 10%.
- ✓ Τεχνικογεωλογική ενότητα TE-6 σε ποσοστό 5%.

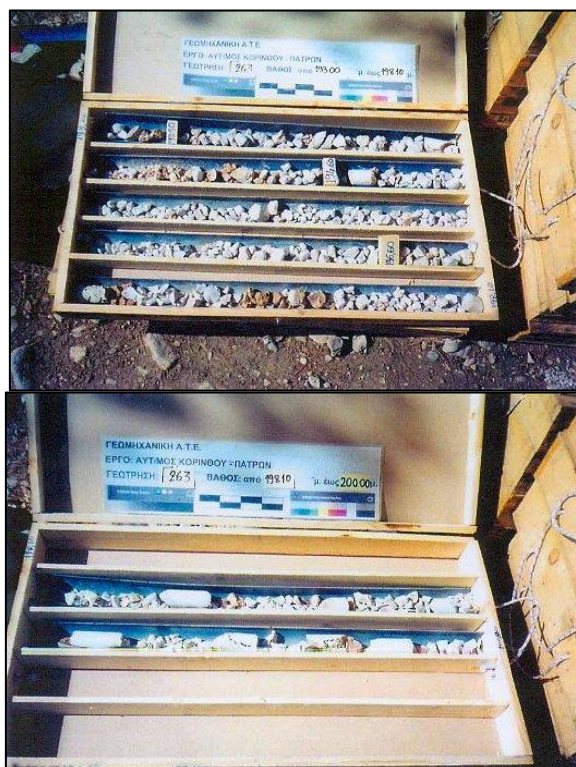
• **Τμήμα μεταξύ των Χ.Θ. 104+350 έως Χ.Θ. 105+550**

Στο τμήμα αυτό της σήραγγας αναμένεται να διατηρηθούν και συναντήθηκαν οι σχηματισμοί των Κρητιδικών ασβεστολίθων της ενότητας της Πίνδου.

Συγκεκριμένα, στην περιοχή 104+600 εκτελέστηκε η γεώτρηση **G263**, η γεώτρηση **ΠΓ8** περί τη Χ.Θ. 104+600, η γεώτρηση **G264** περί τη Χ.Θ. 104+700, η γεώτρηση **ΠΓ9** περί τη Χ.Θ. 104+950 και η γεώτρηση **G265** ανάντη της χάραξης περί τη Χ.Θ. 105+350.

Στην θέση της γεώτρησης G263(Εικόνα 3.11), το υπερκείμενο της σήραγγας είναι 207,49m και στο επίπεδο διέλευσης της χάραξης από τους Κρητιδικούς ασβεστολίθους το RQD παίρνει τιμή 0% (τεχνικογεωλογική ενότητα TE-5) και το εκτιμώμενο GSI τιμές μεταξύ 20-25. Ο δείκτης σημειακής φόρτισης έλαβε τιμή 3,5MPa. Σύμφωνα με την γεωμηχανική ταξινόμηση κατά Bieniawski (1989), στο

τμήμα αυτό η βραχώμαζα χαρακτηρίζεται μέτρια (fair) καθώς το RMR έλαβε τιμή 56 σε στεγνές συνθήκες διάνοιξης.



Εικόνα 3.11

Στην θέση της γεώτρησης ΠΓ8(Εικόνα 3.12), το υπερκείμενο της σήραγγας είναι 207,49m και στο επίπεδο διέλευσης της χάραξης από τους Κρητιδικούς ασβεστολίθους το RQD παίρνει τιμές από 45-85% με μέση τιμή 65% και το GSI τιμές μεταξύ 50-65. Η αντοχή σε ανεμπόδιστη θλίψη κυμαίνεται από 16,72MPa έως 27,23MPa. Ο δείκτης σημειακής φόρτισης κυμαίνεται από 3,7MPa έως 5,3MPa. Σύμφωνα με την γεωμηχανική ταξινόμηση κατά Bieniawski (1989), στο τμήμα αυτό η βραχώμαζα χαρακτηρίζεται μέτρια (fair) έως καλή (good) καθώς το RMR κυμαίνεται μεταξύ 49-68 σε στεγνές συνθήκες διάνοιξης.



Εικόνα 3.12

Στην θέση της γεώτρησης Γ264(Εικόνα 3.13), το υπερκείμενο της σήραγγας είναι 207,41m και στο επίπεδο διέλευσης της χάραξης στους Κρητιδικούς ασβεστόλιθους το RQD παίρνει τιμές από 51-92% με μέση τιμή 68% και το GSI τιμές μεταξύ 45-55. Η αντοχή σε ανεμπόδιστη θλίψη κυμαίνεται από 16,05Μρα έως 51,35ΜΡα. Ο δείκτης σημειακής φόρτισης έλαβε τιμή 3,57ΜΡα. Σύμφωνα με την γεωμηχανική ταξινόμηση κατά Bieniawski (1989), στο τμήμα αυτό η βραχώμαζα χαρακτηρίζεται μέτρια (fair) έως καλή (good) καθώς το RMR κυμαίνεται μεταξύ 58-70 σε στεγνές συνθήκες διάνοιξης.



Εικόνα 3.13

Στην θέση της γεώτρησης ΠΓ9(Εικόνα 3.14), το υπερκείμενο της σήραγγας είναι 197,44m και στο επίπεδο διέλευσης της σήραγγας στους Κρητιδικούς ασβεστόλιθους, το RQD παίρνει τιμές από 10-68% με μέση τιμή 45% και το GSI τιμές μεταξύ 35-50. Η αντοχή σε ανεμπόδιστη θλίψη κυμαίνεται από 31,99Μρα έως 33,03ΜΡα. Ο δείκτης σημειακής φόρτισης κυμαίνεται από 1,62Μρα έως 2,09ΜΡα. Σύμφωνα με την γεωμηχανική ταξινόμηση κατά Bieniawski (1989), στο τμήμα αυτό η βραχώμαζα

χαρακτηρίζεται μέτρια (fair) καθώς το RMR κυμαίνεται μεταξύ 41-54 σε στεγνές συνθήκες διάνοιξης.



Εικόνα 3.14

Στην θέση της γεώτρησης Γ265(Εικόνα 3.15), το υπερκείμενο της σήραγγας είναι 106,8m και στο επίπεδο διέλευσης της σήραγγας από τους Κρητιδικούς ασβεστολίθους, το RQD παίρνει τιμές από 0-89% με μέση τιμή 16% και το GSI τιμές μεταξύ 25-35 και κατά θέσεις μεταξύ 35-40. Ο δείκτης σημειακής φόρτισης έλαβε τιμή 5,09MPa. Σύμφωνα με την γεωμηχανική ταξινόμηση κατά Bieniawski (1989), στο τμήμα αυτό η βραχώμαζα χαρακτηρίζεται μέτρια (fair) καθώς το RMR κυμαίνεται μεταξύ 45-59 σε στεγνές συνθήκες διάνοιξης.



Εικόνα 3.15

Στο τμήμα της σήραγγας που θα διανοιχθεί σε ασβεστολιθικούς σχηματισμούς η στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα στις ερευνητικές - δειγματοληπτικές γεωτρήσεις βρέθηκε σε απόλυτο υψόμετρο που κυμάνθηκε από +9,43 έως +20,0. Η στάθμη αυτή βρίσκεται χαμηλότερα από το επίπεδο της ερυθράς. Λόγω της μέτριας έως υψηλής διαπερατότητας των ασβεστολίθων δεν αναμένεται δυσμενείς συνθήκες διάνοιξης

αλλά λόγω της διήθησης των υπογείων υδάτων διαμέσου του δευτερογενούς πορώδους πιθανώς θα απαιτηθεί η εφαρμογή αποστραγγιστικών οπών κατά θέσεις.

Η κατανομή των τεχνικογεωλογικών ενότητων στο τμήμα αυτό, είναι η ακόλουθη:

- ✓ Τεχνικογεωλογική ενότητα TE-5 σε ποσοστό 45%.
- ✓ Τεχνικογεωλογική ενότητα TE-6 σε ποσοστό 15%.
- ✓ Τεχνικογεωλογική ενότητα TE-7 σε ποσοστό 40%.

3.4. Περιοχή cut & cover εξόδου (X.Θ. 105+620- X.Θ. 105+805)

Στη περιοχή αυτή¹ αναμένεται να συναντηθούν, τα μεταβατικά προς φλύσχη στρώματα, οι ασβεστόλιθοι του Κρητιδικού και ο σχηματισμός των ραδιολαριτών. Επίσης η χάραξη αναμένεται να συναντήσει και τις αποθέσεις των αλλουβιακών ριπιδίων.

Στην περιοχή της εισόδου της σήραγγας διαπιστώθηκαν μεγάλης κλίμακας τεκτονικές δομές, οι οποίες επηρεάζουν την διέλευση της χάραξης. Συγκεκριμένα, εγκάρσια ρήγματα μετασχηματισμού τέμνονται από την χάραξη της Ν.Σ.Γ. περί τις Χ.Θ. 105+615, 105+700 και 105+830. Πρόκειται για κανονικά ρήγματα μεγάλης κλίσης προς ΒΔ τα οποία διαμορφώνουν υψηλά απότομα πρανή τα οποία διακόπτουν τη συνέχεια των προς Β κλυτίων του λοφώδους ανάγλυφου, ενώ κατά μήκος των ρηγμάτων αυτών διευθετούνται οι κοίτες των χειμάρρων. Κυρίαρχη τεκτονική δομή είναι η ρηξιγενής ζώνη της Ροδινής – Ψαθόπυργου η οποία εντείνεται κατά μήκος της χάραξης της Ν.Σ.Γ. αναπτυσσόμενη σε διεύθυνση Α-Δ ενώ περί τη Χ.Θ. 105+650 στρέφεται προς τα ΒΑ.

Στην (Χ.Θ. 105+653), πραγματοποιήθηκε η γεώτρηση ΣΓ6(Εικόνα 3.16), η οποία συνάντησε ενστρώσεις, οι οποίες εντάσσονται στον σχηματισμό των ασβεστολίθων του Κρητιδικού.



Εικόνα 3.16

Στην (X.Θ. 105+680), πραγματοποιήθηκε η γεώτρηση Γ266, η οποία συνάντησε κερατόλιθους με ενστρώσεις ασβεστόλιθου και ιλύολίθου που ανήκουν στους ασβεστόλιθους του Κρητιδικού.

Στην (X.Θ. 105+735), πραγματοποιήθηκε η γεώτρηση ΓΤΕΞ1, η οποία συνάντησε σχηματισμούς των μεταβατικών στρωμάτων υπό μορφή αποσαθρωμένου ιλύολίθου και μαργαϊκού ασβεστολίθου έντονα αποσαθρωμένου και εδαφοποιημένου, ενώ σε μεγαλύτερο βάθος συνάντησε μαργαϊκούς ασβεστολίθους με φλέβες ασβεστίτη που ανήκουν στο σχηματισμό των Κρητιδικών ασβεστολίθων.

Στην (X.Θ. 105+723), πραγματοποιήθηκε η γεώτρηση ΓΤΕΞ2, η οποία συνάντησε εναλλαγές μαργαϊκού ασβεστολίθου με ιλύολίθο που ανήκουν στον σχηματισμό των μεταβατικών στρωμάτων.

Στην (X.Θ. 105+616), πραγματοποιήθηκε η γεώτρηση ΓΤΕΞ3, η οποία συνάντησε σχηματισμούς των αλλουβιακών ριπιδίων.

Στην (X.Θ. 105+976), πραγματοποιήθηκε η γεώτρηση ΓΡ1, η οποία συνάντησε τον σχηματισμό των αλλουβιακών ριπιδίων από χαλίκια, λατύπες και μικρά τεμάχια τεφρού έως υπόλευκου ασβεστολίθου με ερυθροκάστανο έως σκούρο καστανό αργιλοαμμώδες υλικό.

Στην εμφάνιση των ασβεστολιθικών σχηματισμών, η στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα στις ερευνητικές - δειγματοληπτικές γεωτρήσεις κυμάνθηκε σε απόλυτα υψόμετρα από +7,40 έως +9,43, χαμηλότερα από το επίπεδο της ερυθράς. Στις περιοχές των αδιαπέρατων ραδιολαριτών και των μεταβατικών προς φλύσχη στρωμάτων εκτιμάται ότι είναι πιθανή η εμφάνιση επικρεμάμενων υδροφόρων οριζόντων. Στο τμήμα που θα συναντηθούν τα αλλουβιακά ριπίδια λόγω της λιθολογικής ετερογένειας τους η περατότητα τους ποικίλλει κατά θέσεις. Η στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα στις ερευνητικές - δειγματοληπτικές γεωτρήσεις βρέθηκε σε απόλυτο υψόμετρο +2,78 χαμηλότερα από το επίπεδο της σήραγγας. Εκτιμάται ότι ενδέχεται να αναπτυχθεί τοπικά αβαθής εποχιακός φρεάτιος ορίζοντας, η στάθμη του οποίου εποχιακά συμπίπτει με το φυσικό έδαφος.

4. ΜΕΘΟΔΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Η κατασκευή της σιδηροδρομικής σήραγγας Παναγοπούλας³, περιλαμβάνει την κατασκευή ενός τεχνικού cut&cover στην περιοχή εισόδου της σήραγγας (Χ.Θ. 101+041,50- Χ.Θ. 101+255,00), μήκους 161,07m για τον δεξιό κλάδο και μήκους 248,82m για τον αριστερό κλάδο. Στην συνέχεια προβλέπεται η διάνοιξη δίδυμης σήραγγας (Χ.Θ. 101+255,00 - Χ.Θ. 105+620,00), με μήκους υπόγειου τμήματος για τον δεξιό κλάδο 4.365m και 4.394,67m για τον αριστερό κλάδο. Τέλος στην περιοχή εξόδου της σήραγγας (Χ.Θ. 105+620- Χ.Θ. 105+805), προβλέπεται η κατασκευή τεχνικού cut&cover και cover&cut, μήκους 205,04m για τον δεξιό κλάδο και 170,97m για τον αριστερό κλάδο.

4.1. Κατασκευή Cut & Cover εισόδου

Με την διαμόρφωση των στομίων εισόδου της υπόγειας εκσκαφής, προβλέπεται η κατασκευή τεχνικού cut&cover. Ο φορέας του cut & cover εισόδου και για τους δύο κλάδους συνιστάται από κλειστό πλαίσιο θολωτής μορφής στη στέψη. Το ελάχιστο πάχος του θόλου είναι 0,70m, ενώ το πάχος των τοιχωμάτων στη βάση φτάνει μέχρι 1,70m στην θέση του κατασκευαστικού αρμού. Το πάχος της πλάκας έδρασης στις θέσεις των τοιχωμάτων είναι 1,30m, ενώ στο μέσον είναι 0,80m. Το εσωράχιο του φορέα έχει την ίδια ακριβώς γεωμετρία με αυτή του εσωραχίου της σήραγγας έτσι ώστε να εφαρμοσθεί ο ίδιος μεταλλότυπος. Η ποιότητα του σκυροδέματος για τον φορέα του Cut & Cover είναι κατηγορίας C30/37.

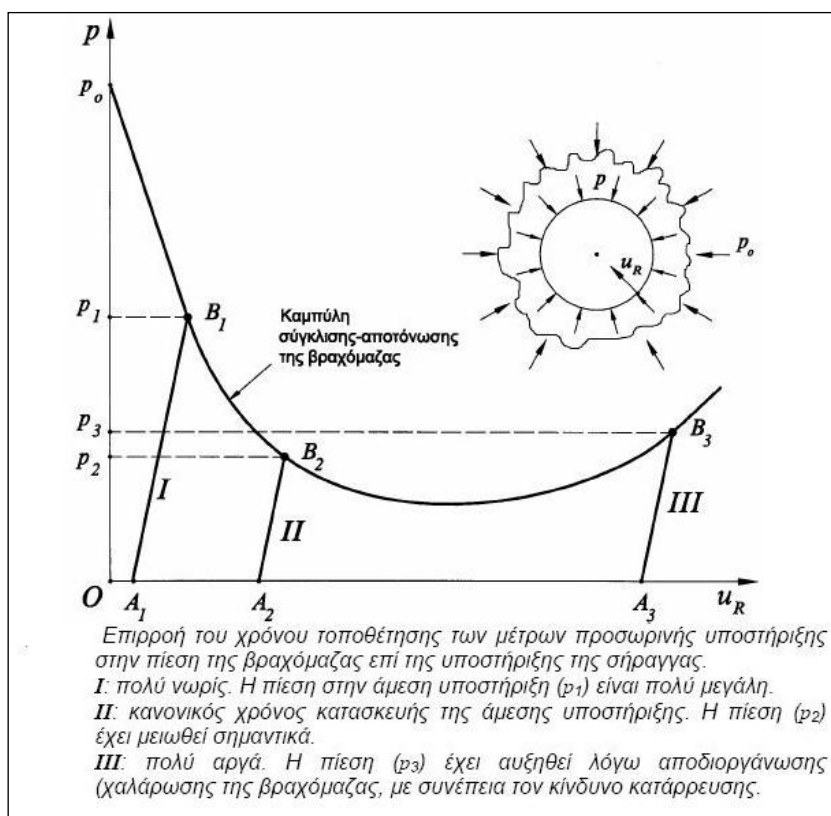
4.2. Υπόγεια διάνοιξη

Η υπόγεια διάνοιξη της σήραγγας Παναγοπούλας, περιλαμβάνει την διάνοιξη διδύμων σηράγγων μήκους ~4.400m από την Χ.Θ. 101+255,00 - Χ.Θ. 105+620,00, την κατασκευή συνδετήριων σηράγγων ανά 500m, καθώς και την κατασκευή μία σήραγγας ενδιάμεσης προσβολής μήκους 550m, η οποία τέμνει τον δεξιό κλάδο της κύριας σήραγγας στην Χ.Θ. 103+055.

Η διάνοιξη της σήραγγας, γίνεται με την Νέα Αυστριακή Μέθοδο διάνοιξης σηράγγων (NATM). Η συνήθης εφαρμογή της μεθόδου NATM είναι η διάνοιξη της διατομής της σήραγγας σε μια ή περισσότερες φάσεις και η άμεση υποστήριξη του τοιχώματος με εκτοξευμένο σκυρόδεμα (απλό, ινοπλισμένο, οπλισμένο με χαλύβδινο πλέγμα ή ενισχυόμενο με χαλύβδινες νευρώσεις από ράβδους ή διατομές I)

και αγκύρια (παθητικά ή προεντεταμένα). Σημειώνεται ότι η υποστήριξη του τοιχώματος της σήραγγας μόνο με αγκύρια χωρίς εκτοξευόμενο σκυρόδεμα υπάγεται επίσης στην κατηγορία της μεθόδου NATM. Τέλος, κατά τη μέθοδο NATM η ως άνω άμεση υποστήριξη συνήθως ακολουθείται σε μεταγενέστερο χρόνο από την κατασκευή της "τελικής επένδυσης" της σήραγγας η οποία θεωρείται ως φέρον στοιχείο (σε ορισμένες περιπτώσεις δεν κατασκευάζεται τελική επένδυση αλλά η άμεση υποστήριξη σχεδιάζεται ώστε να αναλάβει το σύνολο των φορτίων της περιβάλλουσας βραχώμαζας).

Η βασική αρχή της μεθόδου NATM⁷ είναι ότι η διάνοιξη της σήραγγας και η κατασκευή της άμεσης υποστήριξης γίνονται κατά τρόπο ώστε να ενεργοποιηθεί η αντοχή της περιβάλλουσας βραχώμαζας (μέσω της ελεγχόμενης σύγκλισης του τοιχώματος της σήραγγας) σε ικανό βαθμό ώστε να μειωθούν αρκετά οι πιέσεις επί της άμεσης υποστήριξης, αλλά όχι τόσο ώστε να προκληθεί αποδιοργάνωση της βραχώμαζας με συνέπεια την αύξηση των πιέσεων στην άμεση υποστήριξη και τελικώς την κατάρρευση της διατομής της σήραγγας (Σχήμα 4.1).



Σχήμα 4.1

Σύμφωνα με την NATM, η διάνοιξη της σήραγγας γίνεται ως εξής:

- Η εκσκαφή της διατομής της σήραγγας συνήθως γίνεται σε περισσότερες της μιας φάσης. Με τον τρόπο αυτό μειώνεται η επιφάνεια του μετώπου της εκσκαφής κάθε φάσης και συνεπώς μειώνεται η συνολική σύγκλιση του τοιχώματος (σε σχέση με την εκσκαφή της διατομής σε μια φάση) και βελτιώνεται η ευστάθεια της διατομής αποφεύγοντας την αποδιοργάνωση της περιβάλλουσας βραχώμαζας.
- Κατασκευή της άμεσης υποστήριξης της διατομής σε μικρή απόσταση από το μέτωπο της εκσκαφής ώστε να περιορισθεί η περαιτέρω σύγκλιση του τοιχώματος της σήραγγας και να αποφευχθεί η αποδιοργάνωση της δομής της βραχώμαζας. Τούτο επιτυγχάνεται με την προώθηση της κάθε φάσης εκσκαφής σε μικρά βήματα της τάξεως των 1-2m, αναλόγως της ποιότητας της βραχώμαζας. Το μήκος του βήματος εκσκαφής μειώνεται όσο πτωχότερη είναι η ποιότητα της βραχώμαζας (επειδή στις περιπτώσεις αυτές η αποδιοργάνωση της δομής της βραχώμαζας είναι ταχύτερη).
- Η άμεση υποστήριξη της διατομής θα πρέπει να αναλάβει φορτία κατά το δυνατόν ταχύτερα ώστε να περιορισθεί η περαιτέρω σύγκλιση του τοιχώματος της σήραγγας και συνεπώς η αποδιοργάνωση της δομής της βραχώμαζας. Το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πλεονεκτεί ως προς την άποψη αυτή επειδή βρίσκεται σε απόλυτη επαφή με την περιβάλλουσα βραχώμαζα (και συνεπώς η παραμικρή σύγκλιση του τοιχώματος προκαλεί τη φόρτισή του) και επιπλέον έχει μικρό χρόνο πήξεως (μερικές ώρες). Η χρήση αγκυρίων βράχου σε κανονικό κάναβο οπλίζει την περιβάλλουσα βραχώμαζα και συντελεί στην καλύτερη ανάπτυξη της λειτουργίας τόξου στη βραχώμαζα. Πράγματι, η τάση της βραχώμαζας να παραμορφωθεί διατμητικά προκαλεί (μέσω της διασταλτικότητας) την ανάπτυξη εφελκυσμού στα αγκύρια και συνεπώς θλίψης στη βραχώμαζα. Η θλίψη της βραχώμαζας αυξάνει την αντοχή της και μειώνει την παραμορφωσιμότητά της λόγω εγκιβωτισμού .
- Ολοκλήρωση του δακτυλίου του εκτοξευμένου σκυροδέματος στο σύνολο της διατομής (δηλαδή και στο δάπεδο). Με τον τρόπο αυτό δημιουργείται ένας κλειστός δακτύλιος με πολύ μικρή παραμορφωσιμότητα ώστε να περιορίζονται οι περαιτέρω συγκλίσεις του τοιχώματος. Η δημιουργία κλειστού δακτυλίου με την ταχεία σκυροδέτηση του δαπέδου (early invert

closure) συντελεί τα μέγιστα στη μείωση της σύγκλισης του τοιχώματος της σήραγγας και στην ευστάθεια της διατομής. Στην περίπτωση βραχόμαζας με καλά μηχανικά χαρακτηριστικά συχνά δεν είναι απαραίτητο να ολοκληρώνεται ο δακτύλιος του εκτοξευμένου σκυροδέματος.

- Στην περίπτωση διάνοιξης σηράγγων σε βραχόμαζα με πολύ πτωχά μηχανικά χαρακτηριστικά ή σε εδαφικούς σχηματισμούς, είναι συνήθης η εμφάνιση φαινομένων αστάθειας του μετώπου της εκσκαφής (face instability). Τα φαινόμενα αυτά προκαλούν αύξηση της σύγκλισης και αποδιοργάνωση της δομής της βραχόμαζας με πιθανή κατάληξη την κατάρρευση της σήραγγας. Σε τέτοιες περιπτώσεις μπορούν να ληφθούν μέτρα βελτίωσης της ευστάθειας του μετώπου, όπως αύξηση του αριθμού των φάσεων εκσκαφής (ώστε να μειωθούν οι διαστάσεις του μετώπου), διαμόρφωση του μετώπου με κλίση ως προς την κατακόρυφο (δηλαδή αφήνοντας έναν εδαφικό τάκο στον πόδα του μετώπου), ενίσχυση του μετώπου με αγκύρια, ενίσχυση της οροφής με ράβδους (spiles) ή δοκούς προπορείας (forepoling), κατασκευή τσιμεντενέσεων, επένδυση του μετώπου με εκτοξευμένο σκυρόδεμα κλπ.
- Η πυκνότητα των μέτρων άμεσης υποστήριξης προσαρμόζεται στις επιτόπου συνθήκες. Ειδικότερα, η μέθοδος NATM βασίζεται σε μετρήσεις της συμπεριφοράς του τμήματος της σήραγγας που έχει ήδη διανοιχθεί (όπως μετρήσεις της σύγκλισης του τοιχώματος, της πίεσης της βραχόμαζας στο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, της θλιπτικής τάσης στο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα κλπ). Με τον τρόπο αυτό, οποιαδήποτε απόκλιση από την προηγούμενη συμπεριφορά θα πρέπει να αξιολογείται και να ερμηνεύεται, στη συνέχεια δε να αντιμετωπίζεται με κατάλληλη προσαρμογή των μέτρων άμεσης υποστήριξης.

4.2.1. Κατηγορίες Εκσκαφής

Η υπόγεια εκσκαφή ξεκίνησε από τα μέτωπα εισόδου (Εικόνα 4.1) και εξόδου της κύριας σήραγγας, με ταυτόχρονες εργασίες διάνοιξης και στους δυο κλάδους του κάθε μετώπου, ενώ ταυτόχρονα ξεκίνησε η υπόγεια εκσκαφή για τη στοά ενδιάμεσης προσβολής (Εικόνα 4.2).



Εικόνα 4.1



Εικόνα 4.2

Συγκεκριμένα για την έναρξη των εργασιών στα μέτωπα εξόδου της σήραγγας, κατασκευάστηκε ένα τεχνικό cover & cut, περί την Χ.Θ. 105+500 (Εικόνα 4.3), το οποίο ενώνεται με τον δεξιό κλάδο της σήραγγας και από την θέση αυτή ξεκίνησαν οι εργασίες της υπόγειας διάνοιξης. Η κατασκευή του τεχνικού αυτού,

πραγματοποιήθηκε ώστε να μην επηρεαστεί η Ν.Ε.Ο Κορίνθου- Πατρών, από τις εργασίες διάνοιξης.



Εικόνα 4.3

Με την ολοκλήρωση της υπόγειας εκσκαφής της σήραγγας ενδιάμεσης προσβολής, ξεκίνησαν εργασίες διάνοιξης της υπόγειας εκσκαφής για τους κλάδους της κύριας σήραγγας και προς βορρά και προς νότο.

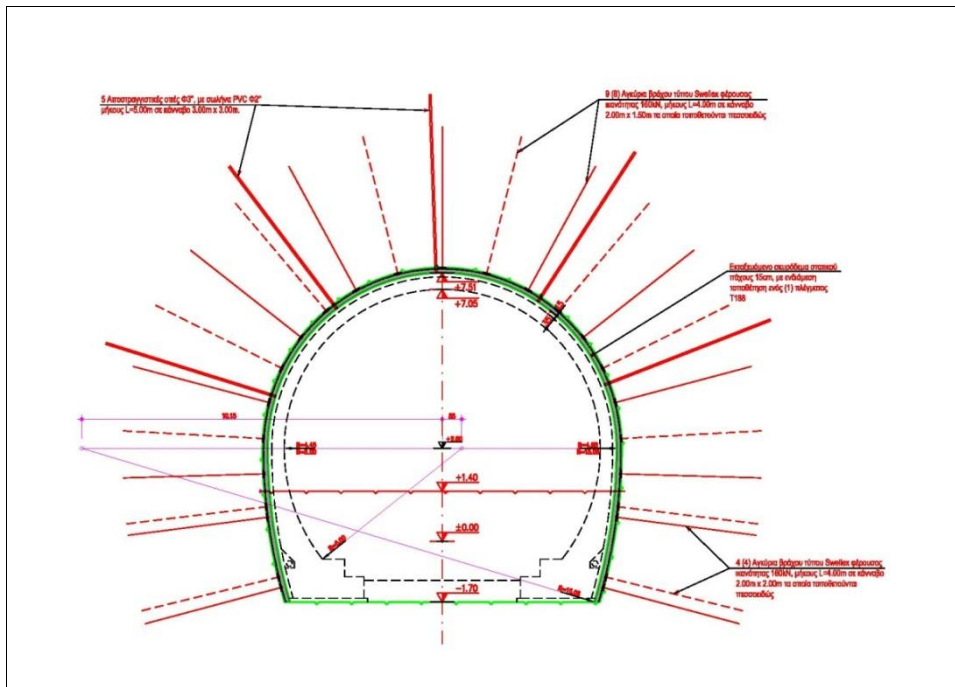
Συνολικά μετά την έναρξη της υπόγειας εκσκαφής για την κύρια σήραγγα και από τη στοά ενδιάμεσης προσβολής, εκτελούνται ταυτόχρονες εργασίες σε 8 μέτωπα.

- **Κατηγορία Εκσκαφής Α**

- Γεωτεχνικά Χαρακτηριστικά

Η συγκεκριμένη κατηγορία εκσκαφής, πρόκειται να εφαρμοστεί σε περιοχές με συμπαγείς έως κερματισμένους ασβεστόλιθους (IIIα-1, IIIα-2), όπου αναμένονται καλύτερα χαρακτηριστικά και υψηλότερες τιμές γεωτεχνικών παραμέτρων. Η ελαφρά έως μέτρια αποσαθρωμένη, ελαφρά έως μέτρια κερματισμένη περιβάλλουσα βραχώμαζα είναι ευσταθής και δεν αναμένεται χαλάρωση του βράχου κατά την εκσκαφή της σήραγγας. Για την εφαρμογή αυτή της κατηγορίας, θα πρέπει το μέτρο ελαστικότητας της βραχώμαζας να είναι $E \geq 1200\text{MPa}$, η αντοχή σε μονοαξονική θλίψη να είναι $UCS \geq 25\text{MPa}$, ενώ ο δείκτης GSI να είναι ≥ 30 και το ύψος των υπερκειμένων να είναι $< 180\text{m}$

➤ Διατομή



➤ Φάσεις εκσκαφής-Μέτρα άμεσης υποστήριξης

Η εκσκαφή γίνεται σε δύο φάσεις (άνω και κάτω τμήμα της διατομής), με την μέθοδο διατρήματα και ανατινάξεις.

Τύπος εκσκαφής	Εκσκαφή	Βήμα προχώρησης	Στατικό πάχος εκτο/μενου σκυρ/ματος	Πλαίσια	Αγκύρια	Μόνιμη επένδυση	Αγκύρια fiberglass μετώπου	Προϋποστήριξη οροφής
Ανοικτή	Τμηματική σε 2 φάσεις	3.00m	0.15m	-	12τεμ./βήμα L=4.00m	0.35m	-	-

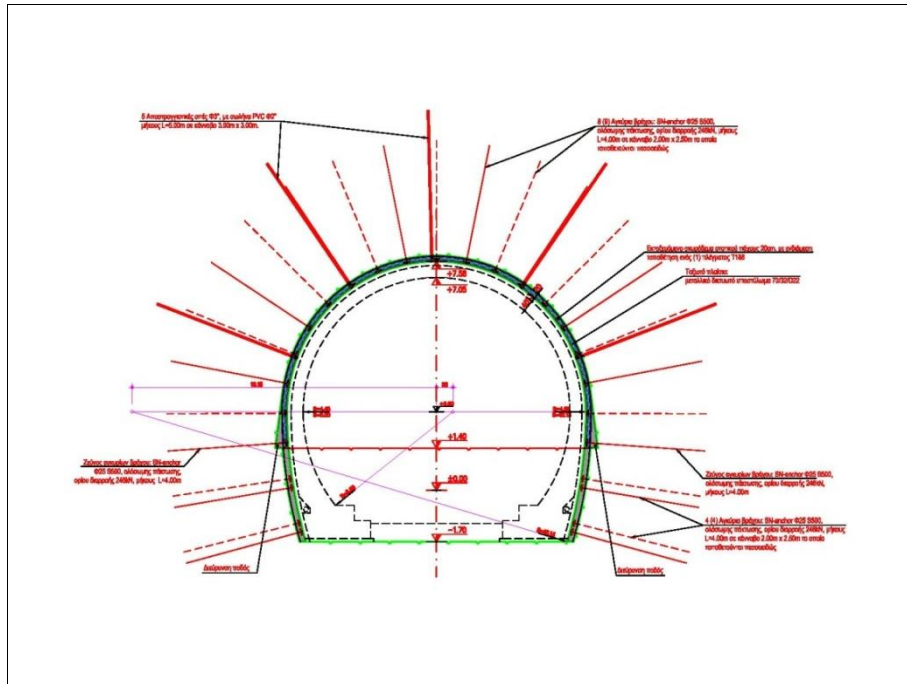
• Κατηγορία Εκσκαφής Β

➤ Γεωτεχνικά Χαρακτηριστικά

Η συγκεκριμένη κατηγορία εκσκαφής, πρόκειται να εφαρμοστεί σε περιοχές με συμπαγείς έως κερματισμένους ασβεστόλιθους (IIIα-1, IIIα-2), όπου αναμένονται καλύτερα χαρακτηριστικά και υψηλότερες τιμές γεωτεχνικών παραμέτρων. Η ελαφρά έως μέτρια αποσαθρωμένη, ελαφρά έως μέτρια κερματισμένη περιβάλλουσα βραχώμαζα είναι ευσταθής και δεν αναμένεται χαλάρωση του βράχου κατά την εκσκαφή της σήραγγας. Για την εφαρμογή αυτή της κατηγορίας, θα πρέπει το μέτρο

ελαστικότητας της βραχώμαζας να είναι $E \geq 1200\text{MPa}$, η αντοχή σε μονοαξονική θλίψη να είναι $UCS \geq 25\text{MPa}$, ενώ ο δείκτης GSI να είναι ≥ 30 και το ύψος των υπερκειμένων να είναι $< 180\text{m}$.

➤ Διατομή



➤ Φάσεις εκσκαφής-Μέτρα άμεσης υποστήριξης

Η εκσκαφή γίνεται σε δύο φάσεις (άνω και κάτω τμήμα της διατομής), με την μέθοδο διατηρήματα και ανατινάξεις.

Τύπος εκσκαφής	Εκσκαφή	Βήμα προχώρησης	Στατικό πάχος εκτο/μενου σκυρ/ματος	Πλαίσια	Αγκύρια	Μόνιμη επένδυση	Αγκύρια fiberglass μετόπου	Προϋποστήριξη οροφής
Ανοικτή	Τμηματική σε 2 φάσεις	2.50m	0.20m	Lattice Girder 70/22/D22/ βήμα	14τεμ./βήμα L=4.00m	0.40m	-	-

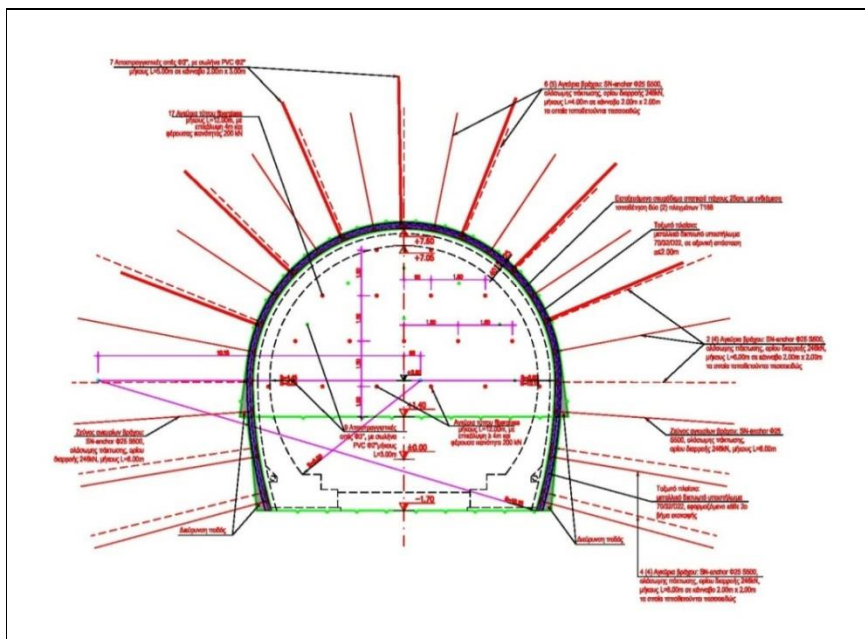
- **Κατηγορία Εκσκαφής C**

- Γεωτεχνικά Χαρακτηριστικά

Η συγκεκριμένη κατηγορία εκσκαφής, πρόκειται να εφαρμοστεί σε περιοχές με:

- ◆ Κερματισμένους ασβεστόλιθους (IIIα-1, IIIα-2) με σημαντικό αριθμό ασυνεχειών, μέτρια έως πολύ αποσαθρωμένων, μέτρια έως ισχυρά κερματισμένων. Σε κροκαλοπαγή βραχώδους φάσης (Iβ), ισχυρά έως μέτρια συγκολλημένα με λίγες ζώνες ασθενούς συγκολλημένου βράχου. Για την εφαρμογή αυτή της κατηγορίας, θα πρέπει το μέτρο ελαστικότητας της βραχώμαζας να είναι $E \geq 500\text{MPa}$, η αντοχή σε μονοαξονική θλίψη να είναι $UCS \geq 12\text{MPa}$, ενώ ο δείκτης GSI να είναι ≥ 20 και το ύψος των υπερκειμένων να είναι $< 130\text{m}$.
- ◆ Κερματισμένους ασβεστόλιθους (IIIα-1, IIIα-2), όπου παρουσιάζονται οι χαρακτηριστικές και οι μέγιστες τιμές των γεωτεχνικών παραμέτρων. Ελαφρά έως μέτρια αποσαθρωμένη, ελαφρά έως μέτρια κερματισμένη βραχώμαζα και η βραχώμαζα γύρω από την εκσκαφή είναι σταθερή και δεν αναμένεται χαλάρωση της βραχώμαζας κατά την εκσκαφή. Για την εφαρμογή αυτή της κατηγορίας, θα πρέπει το μέτρο ελαστικότητας της βραχώμαζας να είναι $E \geq 1200\text{MPa}$, η αντοχή σε μονοαξονική θλίψη να είναι $UCS \geq 25\text{MPa}$, ενώ ο δείκτης GSI να είναι ≥ 30 και το ύψος των υπερκειμένων να κυμαίνεται από 180-200m.

- Διατομή



➤ Φάσεις εκσκαφής-Μέτρα άμεσης υποστήριξης

Η εκσκαφή γίνεται σε δύο φάσεις (άνω και κάτω τμήμα της διατομής), με την μέθοδο διατρήματα και ανατινάξεις.

Τύπος εκσκαφής	Εκσκαφή	Βήμα προχώρησης	Στατικό πάχος εκτο/μενου σκυρ/ματος	Πλαίσια	Αγκύρια	Μόνιμη επένδυση	Αγκύρια fiberglass μετόπου	Προϋποστήριξη οροφής
Ανοικτή	Τμηματική σε 2 φάσεις	2.00m	0.25m	Lattice Girder 70/22/D22/ βήμα	14τεμ./βήμα L=4.00m και L=6.00m	0.40m	17τεμ/ L=12m/ επικαλ. 4m	-

• **Κατηγορία Εκσκαφής D1**

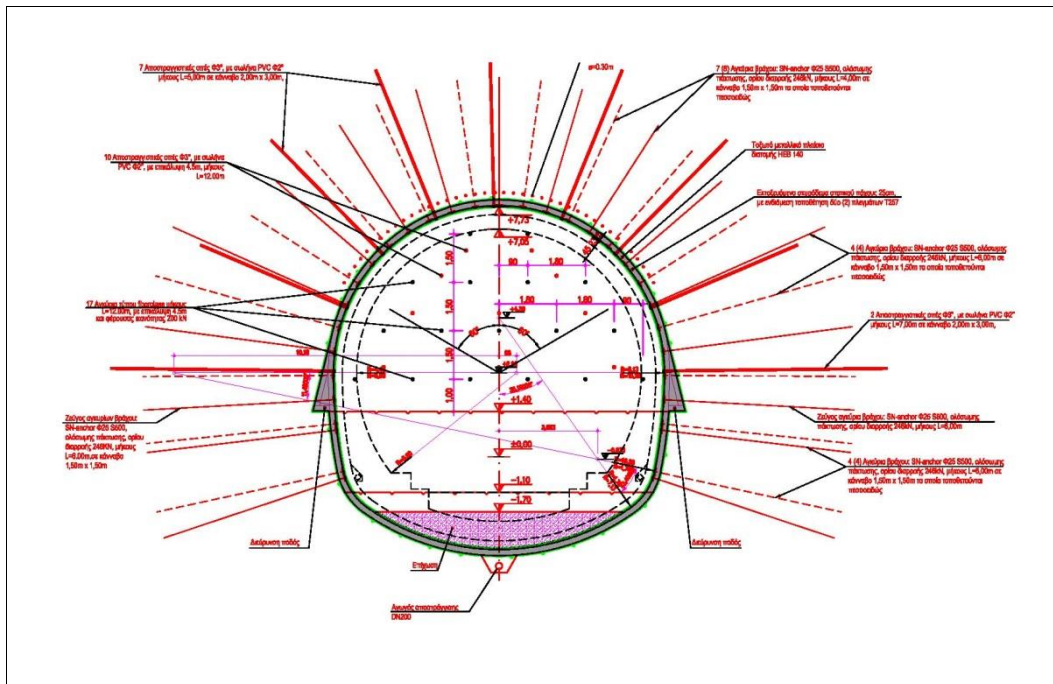
➤ Γεωτεχνικά Χαρακτηριστικά

Η συγκεκριμένη κατηγορία εκσκαφής, πρόκειται να εφαρμοστεί σε περιοχές με:

- ◆ Κερματισμένους ασβεστόλιθους (IIIα-1) ή μεταβατικά στρώματα φλύσχη (IIIβ) με σημαντικό αριθμό ασυνεχειών, πολύ αποσαθρωμένων και ισχυρά κερματισμένων.
- ◆ Εναλλασσόμενα στρώματα κροκαλοπαγών βραχώδους και εδαφικής φάσης (Iβ, Ia), ισχυρά έως μέτρια συγκολλημένα με ζώνες ασθενώς συγκολλημένου βράχου.

Για την εφαρμογή αυτή της κατηγορίας, θα πρέπει το μέτρο ελαστικότητας της βραχώμαζας να είναι $E \geq 250\text{MPa}$, η αντοχή σε μονοαξονική θλίψη να είναι $\text{UCS} \geq 7\text{MPa}$, ενώ ο δείκτης GSI να είναι ≥ 15 και το ύψος των υπερκειμένων να είναι $< 110\text{m}$.

➤ Διατομή



➤ Φάσεις εκσκαφής-Μέτρα άμεσης υποστήριξης

Η εκσκαφή γίνεται σε δύο φάσεις (άνω και κάτω τμήμα της διατομής), με την μέθοδο διατρήματα και ανατινάξεις, είτε με μηχανική όρυξη με την χρήση σφύρας όπου απαιτείται. Επίσης κατά την προχώρηση, γίνεται αποστράγγιση όπου απαιτείται.

Τύπος εκσκαφής	Εκσκαφή	Βήμα προχώρησης	Στατικό πάχος εκτο/μενου σκυρ/ματος	Πλαίσια	Αγκύρια	Μόνιμη επένδυση	Αγκύρια fiberglass μετόπου	Προϋποστήριξη ορφής
Κλειστή	Τμηματική σε 2 φάσεις	1.50m	0.25m	IPB 140/ βήμα	20τεμ./βήμα L=4.00m και L=6.00m	0.45m	17τεμ/ L=12m/ επικαλ. 4m	40 Spilles Φ28/ L=4.00m/ a=0.30m

• Κατηγορία Εκσκαφής D2

➤ Γεωτεχνικά Χαρακτηριστικά

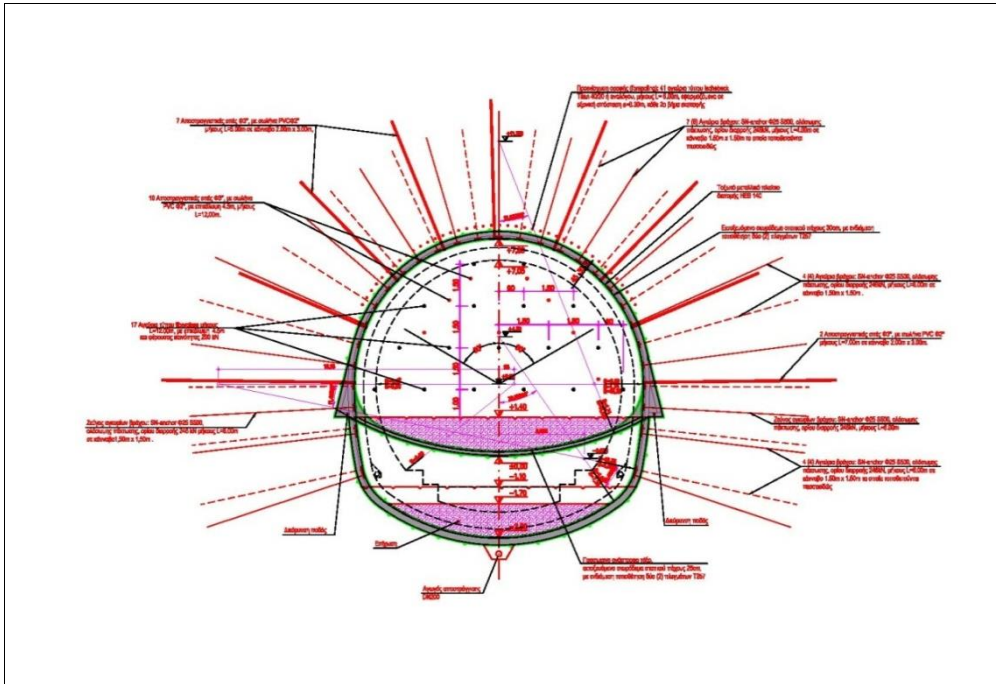
Η συγκεκριμένη κατηγορία εκσκαφής, πρόκειται να εφαρμοστεί σε περιοχές με:

- ◆ Κερματισμένους ασβεστόλιθους (IIIα-1) ή μεταβατικά στρώματα φλύσχη (IIIβ) ή σε ελαφριά έως μετρία κερματισμένους ραδιολαρίτες- κερατόλιθους (IVβ) με σημαντικό αριθμό ασυνεχειών, πολύ αποσαθρωμένων και ισχυρά

κερματισμένων. Σε εναλλασσόμενα στρώματα κροκαλοπαγών βραχώδους και εδαφικής φάσης (Iβ, Ia), ισχυρά έως μέτρια συγκολλημένα με ζώνες ασθενώς συγκολλημένου βράχου. Για την εφαρμογή αυτή της κατηγορίας, θα πρέπει το μέτρο ελαστικότητας της βραχώμαζας να είναι $E \geq 150\text{MPa}$, η αντοχή σε μονοαξονική θλίψη να είναι $UCS \geq 1.5\text{MPa}$ και το ύψος των υπερκειμένων να είναι $< 110\text{m}$.

- ◆ Κερματισμένους ασβεστόλιθους (IIIα-1, IIIα-2) με μεγάλο αριθμό ασυνεχειών, μέτρια έως πολύ αποσαθρωμένους και μέτρια έως ισχυρά κερματισμένους. Σε κροκαλοπαγή βραχώδους φάσης (Iβ), ισχυρά έως μέτρια συγκολλημένα με μικρές ζώνες ασθενώς συγκολλημένου βράχου. Για την εφαρμογή αυτή της κατηγορίας, θα πρέπει το μέτρο ελαστικότητας της βραχώμαζας να είναι $E \geq 500\text{MPa}$, η αντοχή σε μονοαξονική θλίψη να είναι $UCS \geq 12\text{MPa}$, ο δείκτης GSI να είναι ≥ 20 και το ύψος των υπερκειμένων να κυμαίνεται από 130-160m.
- ◆ Κερματισμένους ασβεστόλιθους (IIIα-1) ή μεταβατικά στρώματα προς φλύσχη (IIIβ) με μεγάλο αριθμό ασυνεχειών, πολύ αποσαθρωμένων και ισχυρά κερματισμένων. Σε εναλλασσόμενα στρώματα κροκαλοπαγών βραχώδους και εδαφικής φάσης (Iβ- Ia), ισχυρά έως μέτρια συγκολλημένα με ζώνες ασθενώς συγκολλημένου βράχου. Για την εφαρμογή αυτή της κατηγορίας, θα πρέπει το μέτρο ελαστικότητας της βραχώμαζας να είναι $E \geq 250\text{MPa}$, η αντοχή σε μονοαξονική θλίψη να είναι $UCS \geq 7\text{MPa}$, ο δείκτης GSI να είναι ≥ 15 και το ύψος των υπερκειμένων να κυμαίνεται από 110 - 130m.

➤ Διατομή



➤ Φάσεις εκσκαφής-Μέτρα άμεσης υποστήριξης

Η εκσκαφή γίνεται σε δύο φάσεις (άνω και κάτω τμήμα της διατομής). Συγκεκριμένα για την περίπτωση που το μέτρο ελαστικότητας είναι $E \geq 12\text{MPa}$, η εκσκαφή γίνεται με την μέθοδο διατρήματα και ανατινάξεις, ενώ στις άλλες δύο περιπτώσεις, γίνεται μηχανική όρυξη με την χρήση σφύρας όπου απαιτείται. Επίσης κατά την προχώρηση, γίνεται αποστράγγιση όπου απαιτείται.

Τύπος εκσκαφής	Εκσκαφή	Βήμα προχώρησης	Στατικό πάχος εκτο/μενου σκυρ/ματος	Πλαίσια	Αγκύρια	Μόνιμη επένδυση	Αγκύρια fiberglass μετώπου	Προϋποστήριξη οροφής
Κλειστή	Τμηματική σε 2 φάσεις	1.50m	0.25m-0.30m	IPB 140/βήμα	20τεμ./βήμα	0.45m	17τεμ/ L=12m/ επικαλ. 4.5m	41 Forepolling Ischebeck Titan 40/20/ L=6.00m/ a=0.30m
					L=4.00m και L=6.00m			

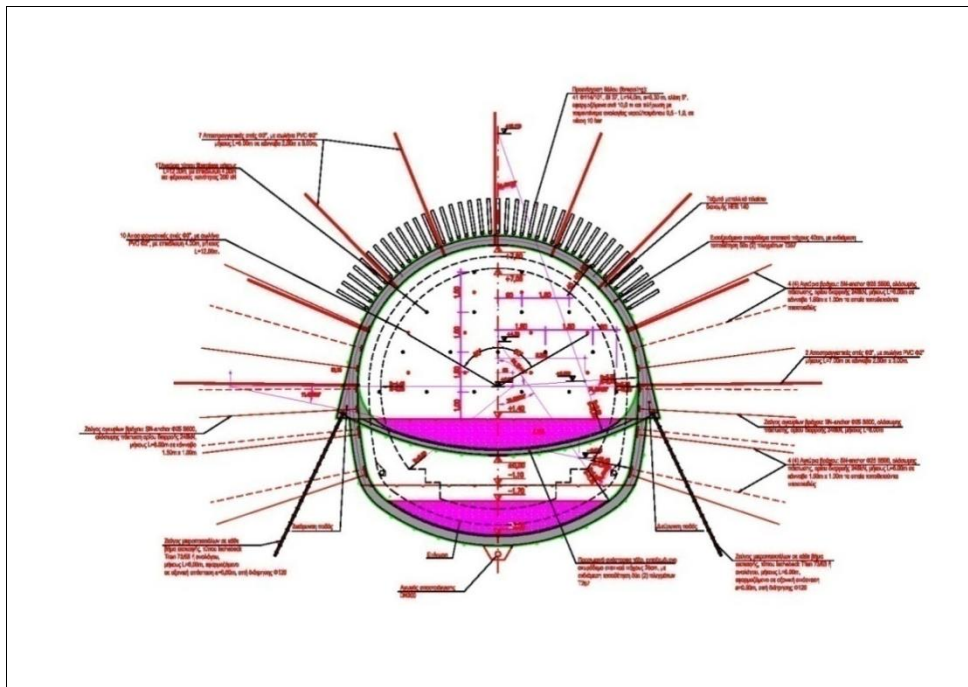
- **Κατηγορία Εκσκαφής E1**

- Γεωτεχνικά Χαρακτηριστικά

Η συγκεκριμένη κατηγορία εκσκαφής, πρόκειται να εφαρμοστεί σε περιοχές με:

- ◆ Κερματισμένους ασβεστόλιθους (IIIα-1) ή μεταβατικά στρώματα φλύσχη (IIIβ-1) ή σε ελαφριά έως μετρία κερματισμένους ραδιολαρίτες-κερατόλιθους (IVβ) με σημαντικό αριθμό ασυνεχειών, πολύ αποσαθρωμένων και ισχυρά κερματισμένων. Σε εναλλασσόμενα στρώματα κροκαλοπαγών βραχώδους και εδαφικής φάσης (Iβ-Iα), ισχυρά έως μέτρια συγκολλημένα με ζώνες ασθενώς συγκολλημένου βράχου. Για την εφαρμογή αυτή της κατηγορίας, θα πρέπει το μέτρο ελαστικότητας της βραχόμαζας να είναι $E \geq 150\text{MPa}$, η αντοχή σε μονοαξονική θλίψη να είναι $UCS \geq 1.5\text{MPa}$ και το ύψος των υπερκειμένων να είναι $< 140\text{m}$.
- ◆ Κερματισμένους ασβεστόλιθους (IIIα-1, IIIα-2) με μεγάλο αριθμό ασυνεχειών, μέτρια έως πολύ αποσαθρωμένους και μέτρια έως ισχυρά κερματισμένους. Σε κροκαλοπαγή βραχώδους φάσης (Iβ), ισχυρά έως μέτρια συγκολλημένα με μικρές ζώνες ασθενώς συγκολλημένου βράχου. Για την εφαρμογή αυτή της κατηγορίας, θα πρέπει το μέτρο ελαστικότητας της βραχόμαζας να είναι $E \geq 500\text{MPa}$, η αντοχή σε μονοαξονική θλίψη να είναι $UCS \geq 12\text{MPa}$, ο δείκτης GSI να είναι ≥ 20 και το ύψος των υπερκειμένων να κυμαίνεται από 160-200m.
- ◆ Κερματισμένους ασβεστόλιθους (IIIα-1) ή μεταβατικά στρώματα προς φλύσχη (IIIβ) με μεγάλο αριθμό ασυνεχειών, πολύ αποσαθρωμένων και ισχυρά κερματισμένων. Σε εναλλασσόμενα στρώματα κροκαλοπαγών βραχώδους και εδαφικής φάσης (Iβ-Iα), ισχυρά έως μέτρια συγκολλημένα με ζώνες ασθενώς συγκολλημένου βράχου. Για την εφαρμογή αυτή της κατηγορίας, θα πρέπει το μέτρο ελαστικότητας της βραχόμαζας να είναι $E \geq 250\text{MPa}$, η αντοχή σε μονοαξονική θλίψη να είναι $UCS \geq 7\text{MPa}$, ο δείκτης GSI να είναι ≥ 15 και το ύψος των υπερκειμένων να κυμαίνεται από 130 - 180m.

➤ Διατομή



➤ Φάσεις εκσκαφής-Μέτρα άμεσης υποστήριξης

Η εκσκαφή γίνεται σε δύο φάσεις (άνω και κάτω τμήμα της διατομής). Συγκεκριμένα για την περίπτωση που το μέτρο ελαστικότητας είναι $E \geq 12\text{MPa}$, η εκσκαφή γίνεται με την μέθοδο διατρήματα και ανατινάξεις, ενώ στις άλλες δύο περιπτώσεις, γίνεται μηχανική όρυξη με την χρήση σφύρας όπου απαιτείται. Επίσης κατά την προχώρηση, γίνεται αποστράγγιση όπου απαιτείται.

Τύπος εκσκαφής	Εκσκαφή	Βήμα προχώρησης	Στατικό πάχος εκτο/μενου σκυρ/ματος	Πλαίσια	Αγκύρια	Μόνιμη επένδυση	Αγκύρια fiberglass μετώπου	Προϋποστήριξη οροφής
Κλειστή	Τμηματική σε 2 φάσεις	1.00m	0.25m-0.45m	IPB 140/βήμα	14τεμ./βήμα	0.45m(θόλος)/0.60m(πυθμένας)	17τεμ/ L=12m/ επικαλ. 4.00m	41 Forepolling Φ114/101/ L=14.00m/ a=0.30m/ φ=5° / επικαλ. 4.00m
					L=6.00m			

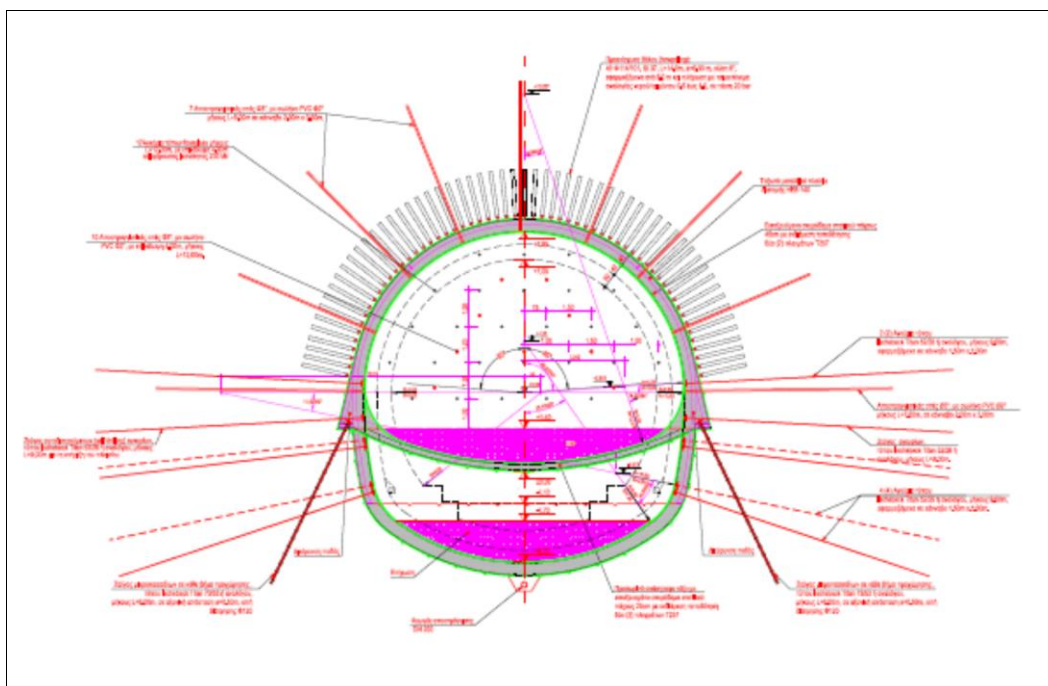
- **Κατηγορία Εκσκαφής E2**

- Γεωτεχνικά Χαρακτηριστικά

Η συγκεκριμένη κατηγορία εκσκαφής, πρόκειται να εφαρμοστεί σε περιοχές με:

- ◆ Κερματισμένους ραδιολαρίτες- κερατόλιθους (IVα) με σημαντικό αριθμό ασυνεχειών, πολύ αποσαθρωμένων και ισχυρά κερματισμένων. Εναλλασσόμενα στρώματα κροκαλοπαγών βραχώδους και εδαφικής φάσης (Iβ-Iα). Κροκαλοπαγή εδαφικής φάσης (Iα). Για την εφαρμογή αυτή της κατηγορίας, θα πρέπει το μέτρο ελαστικότητας της βραχόμαζας να είναι $E \geq 150\text{MPa}$ και το ύψος των υπερκειμένων να είναι $< 200\text{m}$.
- ◆ Κερματισμένους ασβεστόλιθους (IIIα-1) ή μεταβατικά στρώματα προς φλύσχη (IIIβ) με μεγάλο αριθμό ασυνεχειών, πολύ αποσαθρωμένων και ισχυρά κερματισμένων. Σε εναλλασσόμενα στρώματα κροκαλοπαγών βραχώδους και εδαφικής φάσης (Iβ-Iα), ισχυρά έως μέτρια συγκολλημένα με ζώνες ασθενώς συγκολλημένου βράχου. Για την εφαρμογή αυτή της κατηγορίας, θα πρέπει το μέτρο ελαστικότητας της βραχόμαζας να είναι $E \geq 250\text{MPa}$, η αντοχή σε μονοαξονική θλίψη να είναι $UCS \geq 7\text{MPa}$, ο δείκτης GSI να είναι ≥ 15 και το ύψος των υπερκειμένων να κυμαίνεται από 180 - 200m.
- ◆ Κροκαλοπαγή ασθενώς συγκολλημένα. Ραδιολαρίτες- κερατόλιθοι πολύ αποσαθρωμένοι και κερματισμένοι. Για την εφαρμογή αυτή της κατηγορίας, θα πρέπει το μέτρο ελαστικότητας της βραχόμαζας να είναι $E \geq 50\text{MPa}$ και το ύψος των υπερκειμένων να είναι 50m.

➤ Διατομή



➤ Φάσεις εκσκαφής-Μέτρα άμεσης υποστήριξης

Η εκσκαφή γίνεται σε δύο φάσεις (άνω και κάτω τμήμα της διατομής), με μηχανική όρυξη και με την χρήση σφύρας όπου απαιτείται. Επίσης κατά την προχώρηση, γίνεται αποστράγγιση όπου απαιτείται.

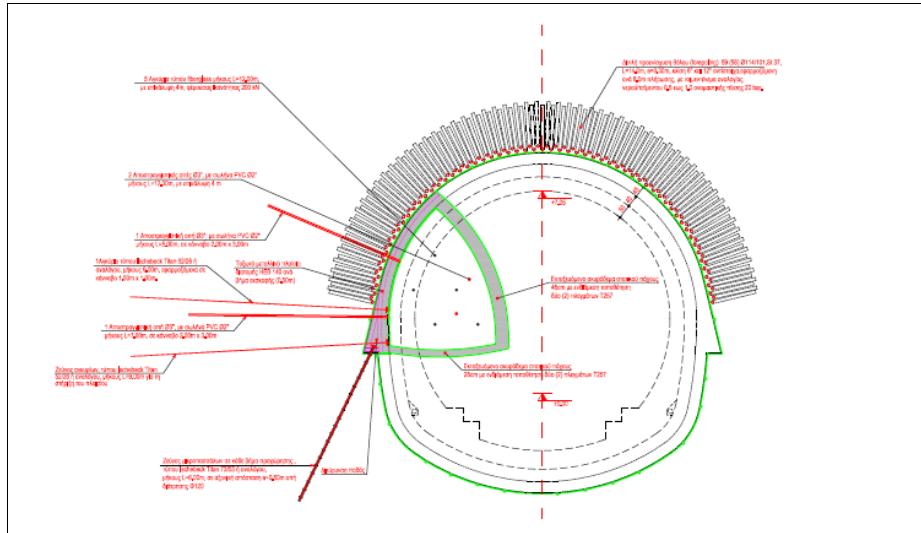
Τύπος εκσκαφής	Εκσκαφή	Βήμα προχώρησης	Στατικό πάχος εκτο/μενου σκυρ/ματος	Πλάισια	Αγκύρια	Μόνιμη επένδυση	Αγκύρια fiberglass μετώπου	Προϋποστήριξη οροφής
Κλειστή	Τμηματική σε 2 φάσεις	1.00m	0.25m-0.45m	IPB 140/βήμα	14τεμ./βήμα L=6.00m	0.50m(θόλος)/ 0.60m(πυθμέννας)	17τεμ/ L=12m/ επικαλ. 4.00m	41 Forepolling Φ114/101/ L=14.00m/ a=0.30m/ φ=6° / επικαλ. 6.00m

- **Κατηγορία Εκσκαφής Ε2Ι**

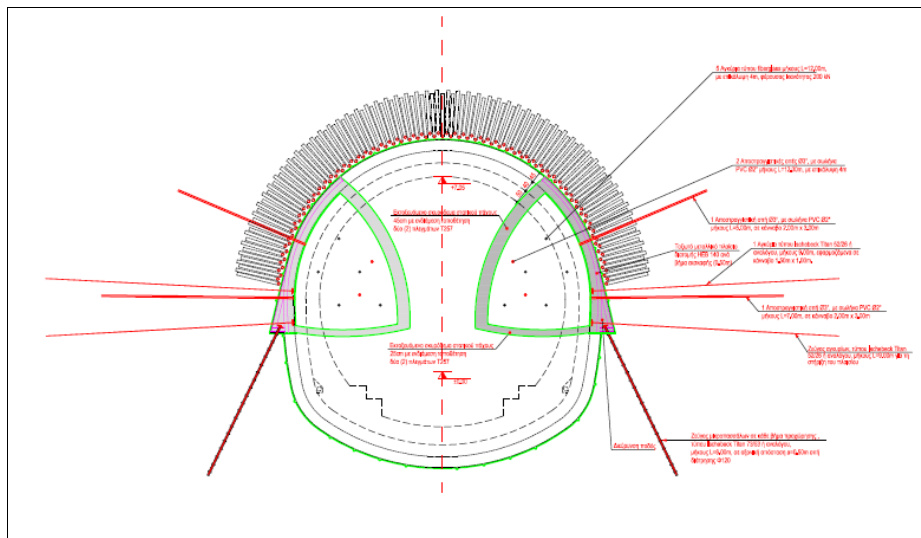
- Γεωτεχνικά Χαρακτηριστικά

Η συγκεκριμένη κατηγορία εκσκαφής, πρόκειται να εφαρμοστεί στην περιοχή διασταύρωσης της οδικής και σιδηροδρομικής σήραγγας Παναγοπούλας (Χ.Θ 103+900- 104+250). Στην περιοχή αυτή το ύψος υπερκειμένων είναι ~8m.

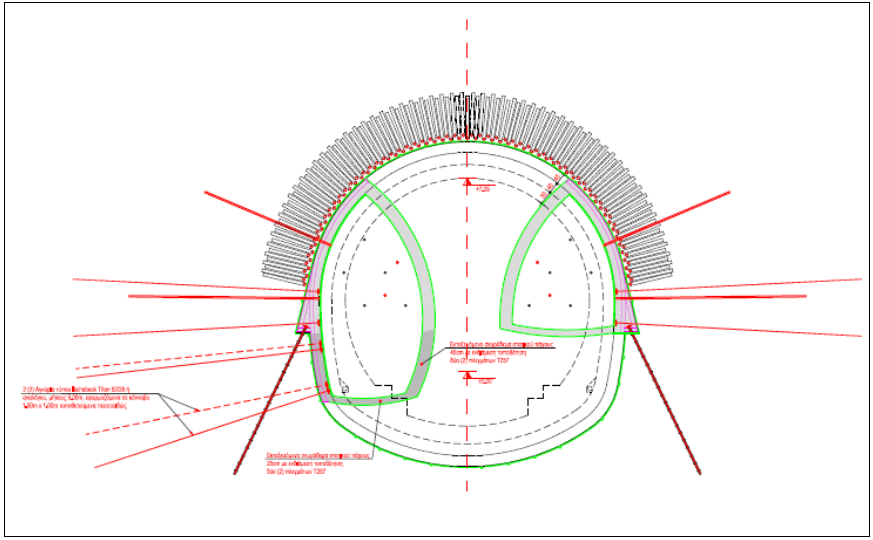
- Διατομή



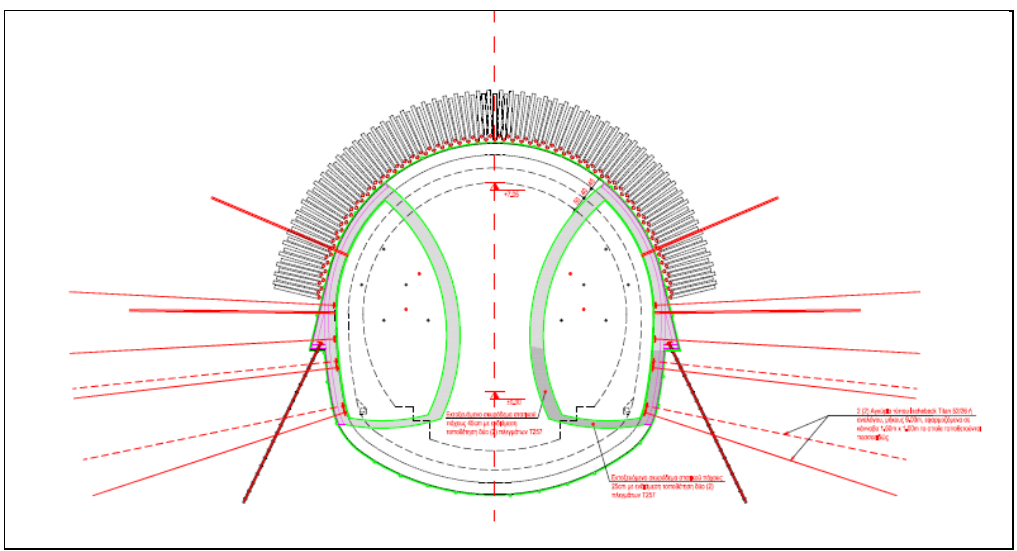
ΦΑΣΗ Ι



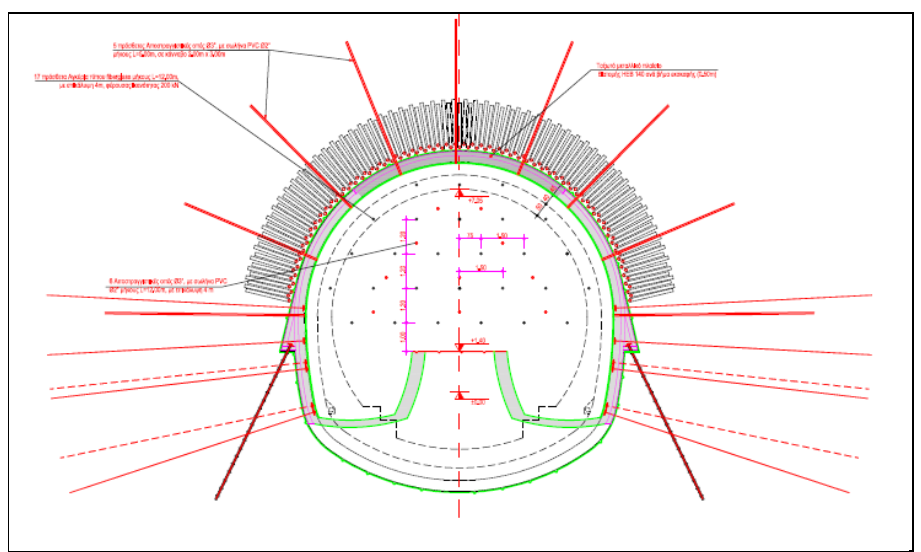
ΦΑΣΗ ΙΙ



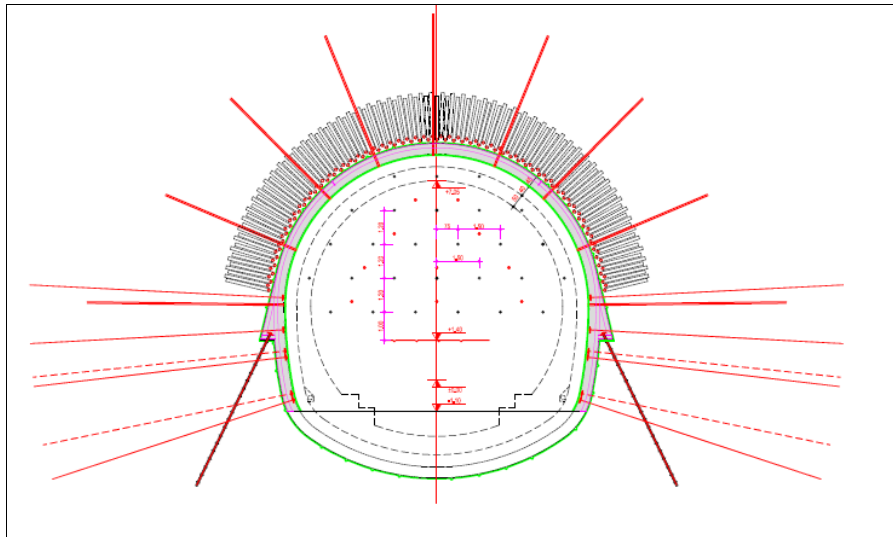
ΦΑΣΗ III



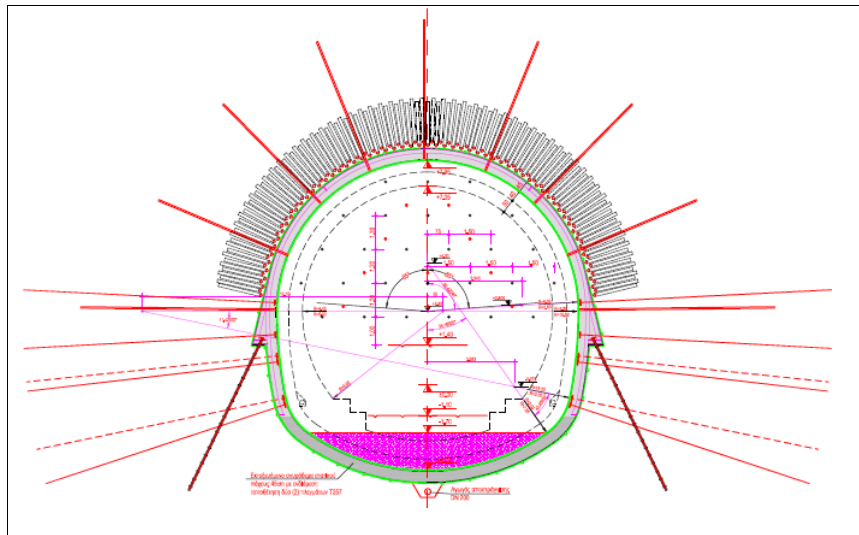
ΦΑΣΗ IV



ΦΑΣΗ V



ΦΑΣΗ VI



ΦΑΣΗ VII

➤ Φάσεις εκσκαφής-Μέτρα άμεσης υποστήριξης

Η εκσκαφή γίνεται σε επτά φάσεις, με μηχανική όρυξη και με την χρήση υδραυλικής σφύρας όπου απαιτείται. Επίσης κατά την προχώρηση, γίνεται αποστράγγιση όπου απαιτείται.

Τύπος εκσκαφής	Εκσκαφή	Βήμα προχώρησης	Στατικό πάχος εκτο/μενου σκυρ/ματος	Πλαίσια	Αγκύρια	Μόνιμη επένδυση	Αγκύρια fiberglass μετώπου	Προϋποστήριξη οροφής
Κλειστή	Τμηματική σε 7 φάσεις	0.50m	0.25m-0.45m	IPB 140/βήμα	14τεμ./βήμα	0.50m(θόλος)/0.60m(πυθμένας)	17τεμ/ L=12m/ επικαλ. 4.00m	Διπλό (59) Forepolling Φ114/101/ L=14.00m/ a=0.30m/ φ=6° / φ=12° / επικαλ. 6.00m
					L=6.00m			

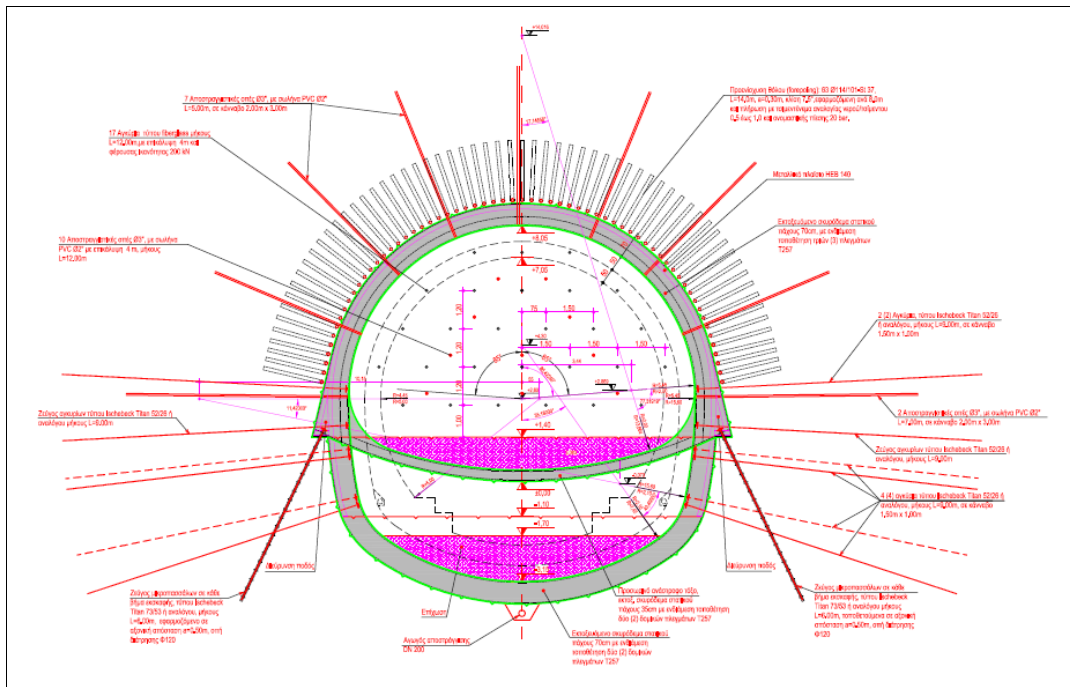
- **Κατηγορία Εκσκαφής E3**

- Γεωτεχνικά Χαρακτηριστικά

Η συγκεκριμένη κατηγορία εκσκαφής, πρόκειται να εφαρμοστεί σε περιοχές με:

- ◆ Κερματισμένους ραδιολαρίτες- κερατόλιθους (IVα) με σημαντικό αριθμό ασυνεχειών, πολύ αποσαθρωμένων και ισχυρά κερματισμένων. Εναλλασσόμενα στρώματα κροκαλοπαγών βραχώδους και εδαφικής φάσης (Iβ-Iα). Κροκαλοπαγή εδαφικής φάσης (Iα). Για την εφαρμογή αυτή της κατηγορίας, θα πρέπει το μέτρο ελαστικότητας της βραχώμαζας να είναι $E=50\text{MPa}$ και το ύψος των υπερκειμένων να είναι 200m.
- ◆ Κερματισμένους ραδιολαρίτες- κερατόλιθους (IVα) με σημαντικό αριθμό ασυνεχειών, πολύ αποσαθρωμένων και ισχυρά κερματισμένων. Εναλλασσόμενα στρώματα κροκαλοπαγών βραχώδους και εδαφικής φάσης (Iβ-Iα). Κροκαλοπαγή εδαφικής φάσης (Iα). Για την εφαρμογή αυτή της κατηγορίας, θα πρέπει το μέτρο ελαστικότητας της βραχώμαζας να είναι $E \geq 50\text{MPa}$ και το ύψος των υπερκειμένων να είναι $> 200\text{m}$.

➤ Διατομή



➤ Φάσεις εκσκαφής-Μέτρα άμεσης υποστήριξης

Η εκσκαφή γίνεται σε τρεις φάσεις, με μηχανική όρυξη και με την χρήση σφύρας όπου απαιτείται. Επίσης κατά την προχώρηση, γίνεται αποστράγγιση όπου απαιτείται.

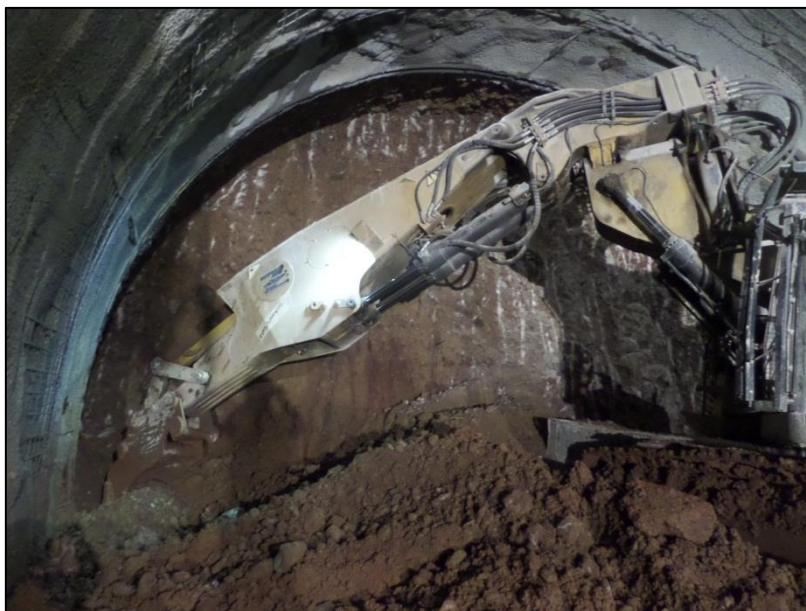
Τύπος εκσκαφής	Εκσκαφή	Βήμα προχώρησης	Στατικό πάχος εκτο/μενου σκυρ/ματος	Πλαίσια	Αγκύρια	Μόνιμη επένδυση	Αγκύρια fiberglass μετώπου	Προϋποστήριξη οροφής
Κλειστή	Τμηματική σε 3 φάσεις	1.00m	0.35m-0.70m	IPB 140/ βήμα	19τεμ./βήμα L=6.00m και L=9.00m	0.50m(θόλος)/ 0.60m(πυθμέννας)	17τεμ/ L=12m/ επικαλ. 4.00m	63 Forepolling Φ114/101/ L=14.00m/ a=0.30m/ φ=7.5° / επικαλ. 6.00m

4.2.2. Μέθοδοι εκσκαφής και προσωρινής υποστήριξης

4.2.2.1. Εκσκαφή με μηχανικά μέσα

Η εκσκαφή με μηχανικά μέσα, γίνεται σε θέσεις εμφάνισης κροκαλοπαγών ή ραδιολαριτών. Σε περιοχές όπου συναντώνται ισχυρά συγκολλημένα κροκαλοπαγή ή έντονα κερματισμένος ασβεστόλιθος, η εκσκαφή γίνεται με την χρήση υδραυλικής σφύρας

Τα μηχανικά μέσα που χρησιμοποιούνται, είναι υδραυλικοί εκσκαφείς υπογείων έργων, όπου στην άκρη του φέρουν αποξεστήρα (δράκο) (Εικόνα 4.4), ή υδραυλική σφύρα (Εικόνα 4.5). Με την ολοκλήρωση της εκσκαφής, τα προϊόντα της εξόρυξης φορτώνονται με φορτωτές υπογείων έργων (Εικόνα 4.6) σε φορτηγά και απομακρύνονται από τον χώρο της σήραγγας.



Εικόνα 4.4



Εικόνα 4.5



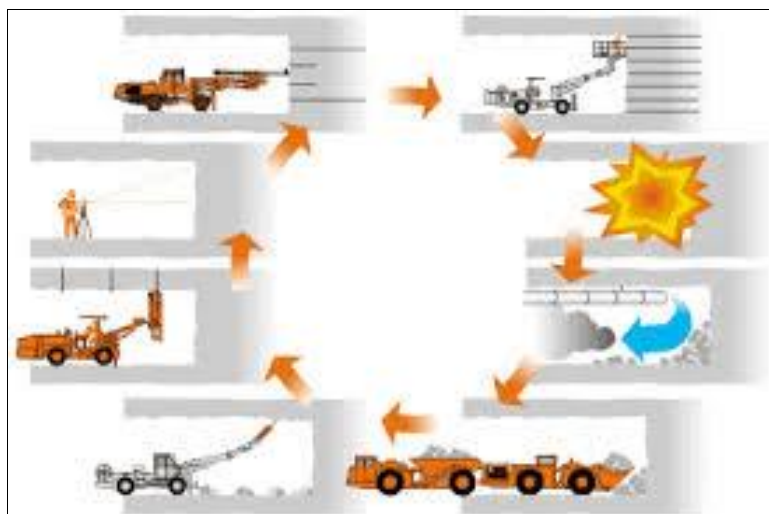
Εικόνα 4.6

4.2.2.2. Εκσκαφή με διατρήματα και ανατινάξεις¹⁵

Σε περιοχές, όπου συναντώνται ασβεστολιθικοί σχηματισμοί και συγκεκριμένα κρητιδικοί ασβεστόλιθοι καθώς και μεταβατικά στρώματα φλύσχη με καλά μηχανικά χαρακτηριστικά (Χ.Θ 104+250- Χ.Θ105+450), η διάνοιξη της σήραγγας γίνεται με την μέθοδο των διατρημάτων και ανατινάξεων.

Ο κύκλος εργασιών αυτής της μεθόδου (Σχήμα 4.2), ξεκινάει α)με την όρυξη των διατρημάτων, β)γόμωση των διατρημάτων και ανατίναξη, γ)απομάκρυνση των

αερίων της έκρηξης, δ) αποκόλληση επισφαλών όγκων (ξεσκάρωμα)- απομάκρυνση μπαζών, ε)υποστήριξη του πετρώματος.

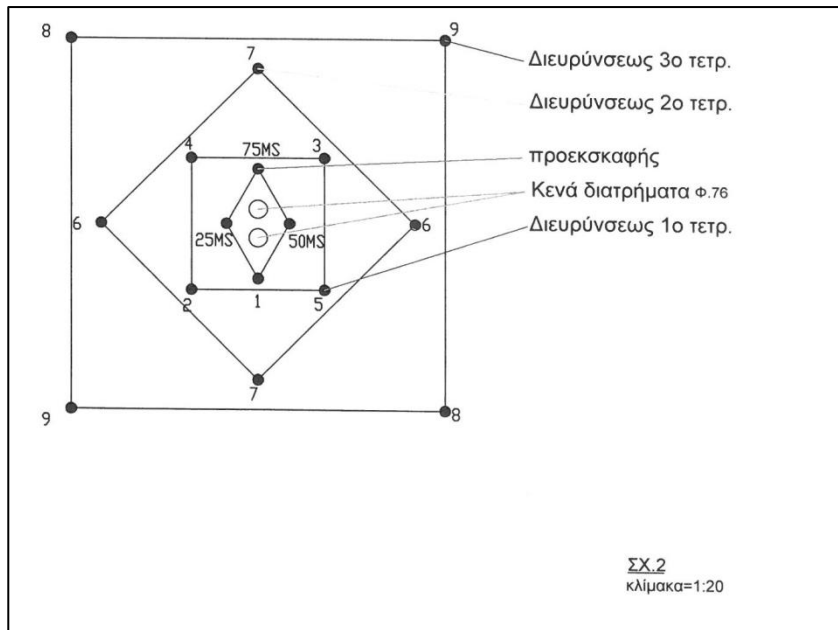


Σχήμα 4.2

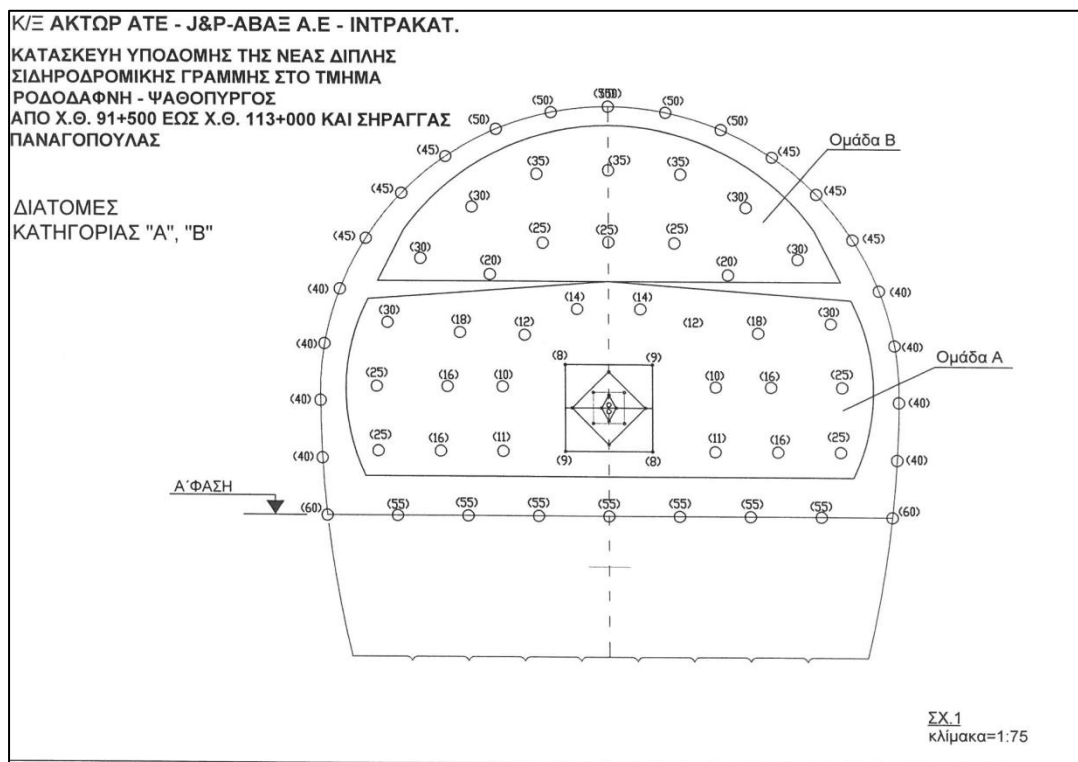
Η μέθοδος της διάτρησης, ακολουθεί το πρότυπο του σταυρού, με τον κánaβο διάτρησης, να περιλαμβάνει την διάτρηση δύο κενών διατρημάτων προεκσκαφής στο κέντρο και την ανάπτυξη των υπόλοιπων διατρημάτων περιμετρικά.

Συγκεκριμένα η διάμετρος των διατρημάτων προεκσκαφής είναι 76mm, ενώ των γομωμένων είναι 45mm. Το βάθος διάτρησης των διατρημάτων, είναι 3.2m, ενώ μετά την ανατίναξη, επιταχύνεται προχώρηση 90% του βάθους διάτρησης. Ο συνολικός αριθμός των διατρημάτων ανά κύκλο ανατίναξης, είναι 76.

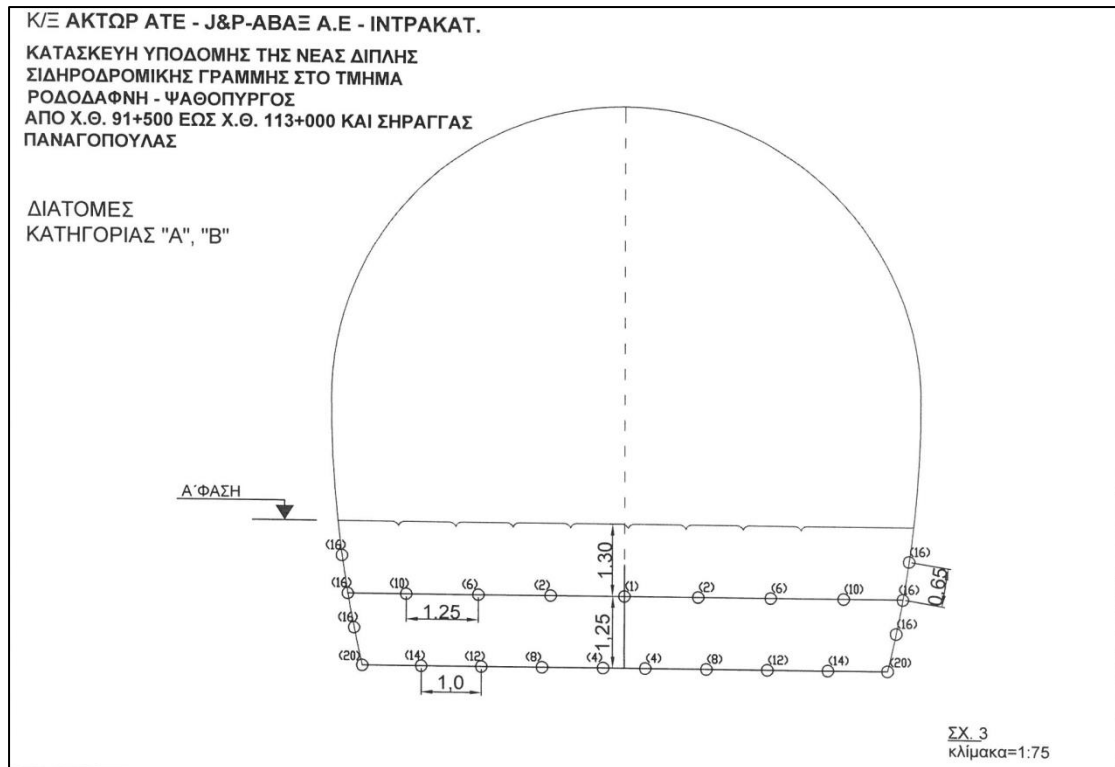
Ο κánaβος διάτρησης, αποτελείται από τα διατρήματα προεκσκαφής (Σχήμα 4.3), τα διατρήματα της Α' φάσης εκσκαφής (Σχήμα 4.4) και τα διατρήματα της Β' φάσης εκσκαφής (Σχήμα 4.5).



Σχήμα 4.3



Σχήμα 4.4



Σχήμα 4.5

Οι εργασίες διάτρησης, διενεργούνται με διατρητικά φορεία, τύπου JUMBOSANDVIKDT 820-SC και JUMBOPARA 206-90, με δύο τηλεσκοπικούς βραχίονες διατρητικών στηλών και ένα τηλεσκοπικό βραχίονα με καλάθι για την εκτέλεση εργασιών σε ύψος.

Η γόμωση των διατρημάτων (Εικόνα 4.7) γίνεται με εκρηκτικά γαλακτώματα νέα γενιάς (emulsion explosives), πυκνότητας $1,2 \text{ gr/cm}^3$, σχετική κ/β ισχύ 80% και ταχύτητα έκρηξης 5.600 m/sec . Σε περίπτωση που το πέτρωμα έχει πιο ισχυρά μηχανικά χαρακτηριστικά, χρησιμοποιείται ζελατοδυναμίτιδα πυκνότητας $1,5 \text{ gr/cm}^3$, σχετική κ/β ισχύ 85% και ταχύτητα έκρηξης 6.000 m/sec . Η συνολική ποσότητα εκρηκτικής ύλης για κάθε κύκλο ανατίναξης στην Α' φάση εκσκαφής είναι $155,14 \text{ kg}$, ενώ στην Β' φάση εκσκαφής είναι $83,50 \text{ kg}$.



Εικόνα 4.7

Ως μέσω έναυσης των γομωμένων διατρημάτων, χρησιμοποιείται το σύστημα μη ηλεκτρικής πυροδότησης NonelLP, που αποτελείται από μια σειρά πυροκροτητών τύπου NPED και σωλήνα τύπου Nonel. Για την ανατίναξη χρησιμοποιούνται 25 διαφορετικοί χρόνοι επιβράδυνσης, ενώ οι έναυση των καψυλλίων Nonel, γίνεται με την βοήθεια ακαριαίας θρυαλλίδας, ηλεκτρικού καψυλλίου και συστήματος ηλεκτρικής πυροδότησης.

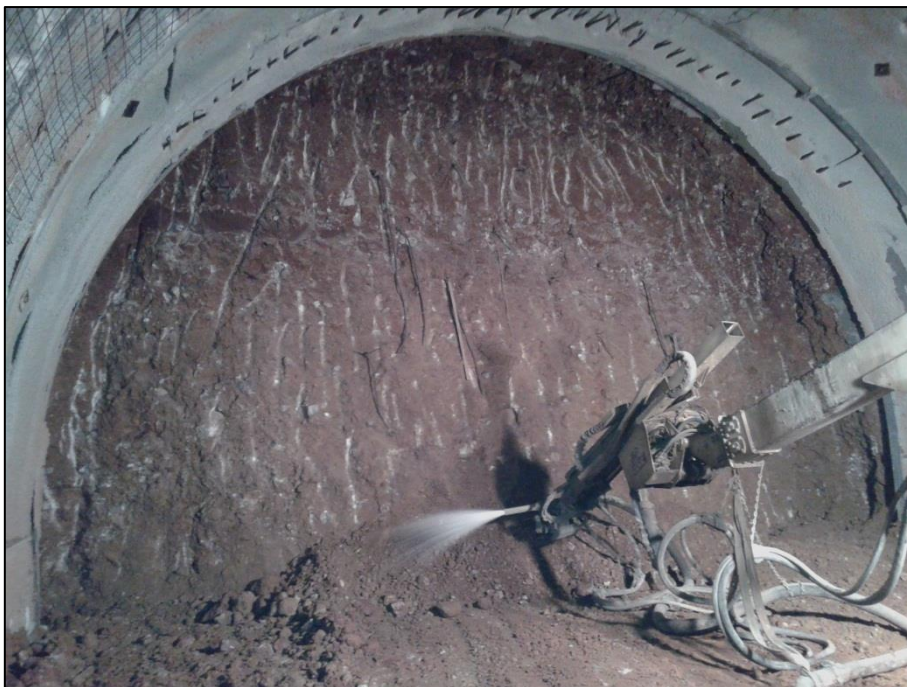
4.2.2.3. Τοποθέτηση προσωρινής υποστήριξης

- Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα (guniting)

Κατά τις εργασίες διάνοιξης της σήραγγας χρησιμοποιείται εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, όπου επενδύει τόσο τις παρειές και την οροφή της σήραγγας, όσο και το μέτωπο της εκσκαφής και το ανάστροφο τόξο (Εικόνα 4.8) σε ορισμένες κατηγορίες εκσκαφής. Η ποιότητα του σκυροδέματος που χρησιμοποιείται, είναι C30/37, ενώ χρησιμοποιούνται κατάλληλες ποσότητες υδράλου, για την άμεση στερεοποίηση του σκυροδέματος. Η εκτόξευση του εκτοξευόμενου σκυροδέματος, γίνεται με την χρήση ρομποτικής πρέσας (Εικόνα 4.9).



Εικόνα 4.8



Εικόνα 4.9

- Δομικό πλέγμα

Στις περισσότερες κατηγορίες εκσκαφής της σήραγγας, χρησιμοποιείται μία ή περισσότερες στρώσεις δομικού πλέγματος, ποιότητας T188 ή T257, το οποίο ενσωματώνεται στην στρώση του εκτοξευόμενου σκυροδέματος (Εικόνα 4.10).



Εικόνα 4.10

- Μεταλλικά πλαίσια

Για την άμεση υποστήριξη της σήραγγας, χρησιμοποιούνται μεταλλικά πλαίσια, τύπου IPB 140 (Εικόνα 4.11) ή τοξωτά δικτυωτά πλαίσια LatticeGirder 70/22/D22. Τα πλαίσια αποτελούνται από περισσότερα του ενός τμήματος και τα οποία συνδέονται μεταξύ τους εντός της σήραγγας και τοποθετούνται στην τελική τους θέση. Τα περισσότερα από αυτά φέρουν ειδικά διαμορφωμένο elephantfoot, ώστε να μπορεί να θεμελιωθεί προσωρινά κατά την διάνοιξη της Α' φάσης εκσκαφής και στη συνέχεια να μπορέσει να προσαρμοστεί η συνέχεια του πλαισίου κατά την διάνοιξη της Β' φάσης εκσκαφής.



Εικόνα 4.11

- Αγκύρια

Για την συγκράτηση επικρεμάμενων όγκων βραχομάζας, την ενίσχυση της βραχομάζας περιμετρικά της σήραγγας καθώς και την σύνδεση των μεταλλικών πλαισίων με την βραχομάζα, χρησιμοποιούνται μεταλλικά αγκύρια. Τα αγκύρια που χρησιμοποιούνται είναι τύπου SN-anchor $\Phi 25$ S500, ολόσωμης πάκτωσης με όριο διαρροής 246kN ή τύπου IschebeckTitan 73/53. Το μήκος των αγκυρίων κυμαίνεται από 4.00 έως 9.00m και εξαρτάται από την κατηγορία της εκσκαφής. Για την τοποθέτηση των αγκυρίων, αρχικά διανοίγονται διατρήματα με την χρήση διατρητικού φορείου Jumbo (Εικόνα 4.12), σε κάναβο ανάλογα με την μελέτη. Στην συνέχεια τοποθετείται τσιμεντένεμα εντός των διατρημάτων και μετά τοποθετείται το αγκύριο. Μετά την τοποθέτηση του αγκυρίου, προσαρμόζεται ειδική πλάκα πάκτωσης στην άκρη του.



Εικόνα 4.12

- Αγκύρια μετώπου fiberglass

Για την συγκράτηση του μετώπου της εκσκαφής, εκτός του εκτοξευόμενου σκυροδέματος, τοποθετούνται αγκύρια τύπου fiberglass (Εικόνα 4.13). Τα αγκύρια αυτά φέρουν μεγάλη εφελκυστική αντοχή, ώστε να συγκρατούν το μέτωπο εκσκαφής. Τα αγκύρια που χρησιμοποιούνται είναι μήκους 12m, φέρουσας ικανότητας 200kN και τοποθετούνται μεταξύ του με επικάλυψη 4.00m.

Για την τοποθέτησή τους, αρχικά διανοίγονται διατρήματα με διατρητικό φορείο τύπου Jumbo. Στην συνέχεια τοποθετείται τσιμεντένεμα εντός των διατρημάτων και μετά τοποθετούνται τα αγκύρια. Τα αγκύρια αυτά φέρουν μεγάλη εφελκυστική αντοχή, αλλά μικρή θλιπτική αντοχή, με αποτέλεσμα να μπορεί να το κόψει ο εκσκαφέας κατά την εκσκαφή του μετώπου.



Εικόνα 4.13

- Προενίσχυση οροφής (spiles & forepolling)

Για την προενίσχυση της οροφής, χρησιμοποιούνται δοκοί spilles και δοκοί προπορείας (forepolling), σε ορισμένες κατηγορίες εκσκαφής, ανάλογα με την μελέτη.

Οι δοκοί spilles (Εικόνα 4.14) που χρησιμοποιούνται, έχουν διάμετρο $\Phi 28$, μήκος 4.00m και τοποθετούνται σε αξονική απόσταση 0,30m. Για την τοποθέτησή τους ανοίγονται διατρήματα με διατρητικό φορέιο Jumbo, τοποθετείται τσιμεντένεμα και μετά μπαίνουν οι δοκοί. Στην συνέχεια με την εκσκαφή κάθε νέου βήματος, τα μεταλλικά πλαίσια στηρίζονται πάνω στους δοκούς spilles.



Εικόνα 4.14

Οι δοκοί προπορείας (forerolling) που χρησιμοποιούνται (Εικόνα 4.15), είναι μεταλλικοί σωλήνες St-37, με εξωτερική διάμετρο $\Phi 114$ και εσωτερική διάμετρο $\Phi 101$. Το μήκος τους είναι 14.00m, τοποθετούνται σε αξονική απόσταση 0,30m, με κλίση $6-8^\circ$, ενώ τοποθετούνται με τέτοιο τρόπο ώστε κάθε ομπρέλα δοκών προπορείας να έχει αλληλοεπικάλυψη με την επόμενη ομπρέλα, 6.00m. Για την τοποθέτηση τους διανοίγονται διατρήματα με ειδικό διατρητικό φορείο τύπου Casagrande (Εικόνα 4.16), τοποθετούνται οι σωλήνες, ταπώνονται στο ελεύθερο άκρο με ειδική τάπα που φέρει σωλήνα και στην συνέχεια εισπνέζεται ένεμα εντός αυτών με αναλογία νερού/τσιμέντου 0,5-1 με πίεση 20 bar. Στην συνέχεια με κάθε βήμα εκσκαφής, αποκαλύπτονται οι σωλήνες του forerolling και στερεώνονται πάνω σε αυτούς τα μεταλλικά πλαίσια.



Εικόνα 4.15



Εικόνα 4.16

4.3. Κατασκευή Cut & Cover εξόδου

Το συνολικό μήκος των τεχνικών εξόδου είναι 170,97m για τον αριστερό κλάδο και 205,04m για τον δεξιό κλάδο. Η κατασκευή του θα αρχίσει μετά την ολοκλήρωση της διαμόρφωσης των στομίων εξόδου. Το cut&cover εξόδου, θα κατασκευαστεί σε τρία

στάδια, διότι θα διέλθει από την υπάρχουσα Ε.Ο Κορίνθου- Πατρών και απαιτείται προσωρινή μεταφορά της, κατά την φάση κατασκευής.

- **Στάδιο 1^ο**

Κατασκευή διπλού τεχνικού cover & cut, από Χ.Θ. 105+688.72 έως τη Χ.Θ. 105+699.54 του αριστερού κλάδου και από Χ.Θ. 105+620.04 έως τη Χ.Θ. 105+708.80 του δεξιού κλάδου.

Για κάθε έναν από του δύο κλάδους, πρώτα γίνεται η κατασκευή της πασσαλοτοιχία, από πασσάλους διαμέτρου 1,20m και συνολικό μήκος 15,00m. Μπροστά από τους πασσάλους κατασκευάζεται πέτασμα πάχους 15cm και συνολικού πάχους 0,38m. Στη συνέχεια, γίνεται η σκυροδέτηση της πλάκας επί εδάφους, η οποία έχει πάχος 0,70m στο μέσον ενώ διαμορφώνεται πασσαλόδεσμος πάνω από την κεφαλή των πασσάλων με ύψος 1,65m ο οποίος συνδέεται με την πλάκα με ενίσχυση με κλίση 1:1. Στην συνέχεια ακολουθεί η επανεπίχωση της πλάκας και γίνεται η εκσκαφή στο εσωτερικό του τεχνικού.

Συγκεκριμένα, για τον αριστερό κλάδο, από Χ.Θ. 105+644.83 έως τη Χ.Θ.: Χ.Θ. 105+688.72, διαμορφώνεται ειδικό cover&cut για τον αριστερό κλάδο, διότι λόγω της ύπαρξης τεχνικών αντιστήριξης της Ν.Ε.Ο Κορίνθου- Πατρών, δεν υπάρχει δυνατότητα εκσκαφών. Το τεχνικό αυτό, αποτελείται από δύο σειρές πασσάλων διαμέτρου 1,20m με μεταβλητό μήκος, την άνω πλάκα πάχους 0.50m η οποία συνδέει τους πασσαλοδέσμους των πασσάλων, την ενδιάμεση πλάκα πάχους 0.50m και την πλάκα επί εδάφους πάχους επίσης 0.50m. Μπροστά από τους πασσάλους κατασκευάζεται πέτασμα πάχους 15cm και συνολικού πάχους 0,38m ενδιάμεσα. Το καθαρό πλάτος του μονούcover&cut είναι 7,44m. Η ποιότητα του σκυροδέματος για τις πλάκες είναι κατηγορίας C30/37 ενώ για τους πασσάλους C20/25.

- **Στάδιο 2^ο**

Κατασκευή διπλού τεχνικού cover & cut, από Χ.Θ. 105+699.54 έως τη Χ.Θ. 105+743.09 του αριστερού κλάδου και από Χ.Θ. 105+708.80 έως τη Χ.Θ. 105+752.33 του δεξιού κλάδου.

Αποτελεί συνέχεια του τεχνικού του Σταδίου 1, με μόνη διαφορά το μεταβλητό πλάτος του πασσαλοδέσμου της μεσαίας σειράς των πασσάλων μέχρι οι δύο κλάδοι να ενωθούν σε έναν διπλό κλάδο. Η ποιότητα του σκυροδέματος για την άνω πλάκα είναι κατηγορίας C30/37 ενώ για τους πασσάλους C20/25.

- **Στάδιο 3^ο**

Κατασκευή μονού τεχνικού cut & cover , από Χ.Θ. 105+743.09 έως τη Χ.Θ. 105+815.80 του αριστερού κλάδου και από Χ.Θ. 105+752.33 έως τη Χ.Θ. 105+825.08 του δεξιού κλάδου.

Το τεχνικό, είναι πλαίσιο ορθογωνικής διατομής διπλού κλάδου αποτελούμενο από την πλάκα οροφής πάχους 1,10m στο μέσον και ενισχύσεις στα άκρα συνδεδεμένη ολόσωμα με ακραία τοιχώματα πάχους 1,20m. Το καθαρό πλάτος του τεχνικού μεταβάλλεται από 15,04m μέχρι 11,60m. Η θεμελίωση του τεχνικού γίνεται μέσω δύο σειρών πασσάλων ανά πλευρά διαμέτρου 1,20m σε αξονική απόσταση 3,0m κατά πλάτος, 2,45m κατά μήκος και μήκους που διαφέρει ανάλογα με την γεωλογία της περιοχής διάτρησης. Στην στέψη των πασσάλων κατασκευάζεται πασσαλόδεσμος διαστάσεων 4,50m x 1,60m.

5. ΓΕΩΜΗΧΑΝΙΚΗ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΤΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ

Κατά την διάρκεια κατασκευής της σήραγγας, είναι απαραίτητη η γεωμηχανική ενόργανη παρακολούθηση της, με σκοπό την παρακολούθηση της συμπεριφοράς της βραχώμαζας γύρω από την εκσκαφή και την συγκέντρωση των απαιτήτων στοιχείων και μετρήσεων, με σκοπό την ορθή επιλογή των κατάλληλων μεθόδων εκσκαφής και υποστήριξης.

Σύμφωνα με την μελέτη³, κατά την διαδικασία διάνοιξης της σήραγγας, θα πρέπει να εκτελεστούν όλες οι εργασίες για τη γεωμηχανική παρακολούθηση του περιβάλλοντος του έργου, των κατασκευών της ζώνης επιρροής, των προσωρινών και μόνιμων κατασκευών, καθώς και η γεωλογική παρακολούθηση όλων των εκσκαφών.

Στη διάρκεια της υπόγειας εκσκαφής όλων των σιράγγων, αλλά και αργότερα κατά την κατασκευή των τεχνικών στις περιοχές εισόδου και εξόδου και την τελική διαμόρφωση των περιοχών αυτών, λειτουργεί ένα εκτεταμένο πρόγραμμα παρακολούθησης σε συνδυασμό με back-analysis, από την κατασκευάστρια κοινοπραξία, όπου όλες οι μετρήσεις συγκεντρώνονται, ταξινομούνται και αξιολογούνται, ώστε να γίνεται η σωστή επιλογή των μέτρων προσωρινής υποστήριξης.

5.1. Πρόγραμμα γεωμηχανικής παρακολούθησης (ΓΠ)

Σύμφωνα με την μελέτη³ του έργου, για την γεωμηχανική παρακολούθηση του έργου, περιλαμβάνει τις ακόλουθες ενέργειες:

- Την οργάνωση υπηρεσίας ΓΠ
- Τη σύνταξη και υποβολή Μεθοδολογίας ΓΠ για κάθε τμήμα του έργου, στην οποία θα καθορίζονται όρια επιφυλακής και συναγερμού όχι μεγαλύτερα από τα συμβατικά οριζόμενα
- Τη σύνταξη και υποβολή για έγκριση πιστοποιητικών των οργάνων
- Τη διενέργεια των μετρήσεων αναφοράς των οργάνων

- Τη διενέργεια μετρήσεων σε συχνότητα και διάρκεια όπως ορίζεται στη μεθοδολογία της ΓΠ με ελάχιστες απαιτήσεις όπως αυτές αναφέρονται στην Εγκεκριμένη Οριστική Μελέτη και τις Τεχνικές Προδιαγραφές, καθώς και την επεξεργασία και αξιολόγηση αυτών
- Την παρουσίαση, διαβίβαση και υποβολή των αποτελεσμάτων των μετρήσεων σε μορφή διαγραμμάτων, πινάκων, χαρτών και εκθέσεων προς τα εμπλεκόμενα μέρη (ΕΡΓΑ ΟΣΕ Α.Ε. κλπ)
- Την εγκατάσταση λειτουργία και ενημέρωση Βάσης Δεδομένων Γεωμηχανικής Παρακολούθησης (ΒΔΓΠ) όλων των στοιχείων, στην οποία θα εκτελούνται επεξεργασίες πρωτογενών μετρήσεων, έλεγχοι, παραγωγή εκθέσεων και ηλεκτρονικών αρχείων. Η ΒΔΓΠ θα διαθέτει σύστημα ασφάλειας πρόσβασης, επίπεδα διαχείρισης χρηστών και σε αυτήν εκτός των μετρήσεων θα καταχωρούνται στοιχεία γεωμετρικά και γεωλογικά του Έργου, στοιχεία προόδου και παραμέτρων κατασκευής για κάθε είδος εκσκαφής
- Την τήρηση Ακολουθίας Διαδικασιών για τις μετρήσεις ΓΠ, την παρουσίαση των αποτελεσμάτων σε οριζοντιογραφίες, διαγράμματα, καμπύλες, χαρακτηριστικές διατομές, πίνακες κλπ
- Τη διενέργεια αξιολόγησης των μετρήσεων καθώς και τη συναξιολόγηση αυτών με γεωλογικά και κατασκευαστικά στοιχεία του Έργου
- Τη διενέργεια εβδομαδιαίων συσκέψεων ενημέρωσης και προγραμματισμού με τους αντίστοιχους υπεύθυνους του Κυρίου του Έργου
- Την εκπαίδευση προσωπικού του Κυρίου του Έργου και οποιονδήποτε αυτός υποδείξει για τη συνέχιση των μετρήσεων
- Την υποβολή και έγκριση προδιαγραφών για κάθε είδος οργάνου και μέθοδο μέτρησης με τις αντίστοιχες ακρίβειες και απαιτήσεις μεθόδων μέτρησης

5.2. Ενόργανη γεωμηχανική παρακολούθηση

Τα όργανα τα οποία πρόκειται να εγκατασταθούν για την γεωτεχνική παρακολούθηση του έργου, έχουν ως στόχο την εκτέλεση μετρήσεων. Οι μετρήσεις που πραγματοποιούνται, είναι:

- Τοπογραφικές μετρήσεις ολικών μετακινήσεων (3D)
- Συστήματα μέτρησης ρωγμών

- Μετρήσεις μετακινήσεων σε βάθος με εκτασιόμετρα
- Μετρήσεις μετακινήσεων σε βάθος με κλισιόμετρα
- Μετρήσεις στάθμης υπογείων υδάτων με πιεζόμετρα ανοικτού τύπου και μετρήσεις πιέσεων υπογείων υδάτων με πιεζόμετρα παλλόμενης χορδής
- Κυψέλες μέτρησης φορτίου αγκυρίων και δείκτες φορτίου αγκυρίων
- Κυψέλες πίεσης προσωρινής επένδυσης – εδάφους και προσωρινής – μόνιμης επένδυσης
- Συστήματα μέτρησης εισροής υπογείων υδάτων με χρήση δεξαμενών σχισμής (V-notch)
- Παραμορφωσίμετρα (straingauges)
- Δοκιμές αγκυρίων
- Δοκιμές φόρτισης πλάκας
- Δοκιμές πλακοειδούς γρύλου
- Μετρήσεις πιέσεων διόγκωσης
- Τακτική δειγματοληψία για εργαστηριακές δοκιμές
- Χημικές αναλύσεις υδάτων
- Οποιοδήποτε άλλο όργανο απαιτείται από την Οριστική Μελέτη για επιβεβαίωση των παραδοχών
- Ποιοτικός έλεγχος υλικών

5.3. Θέσεις λήψης μετρήσεων

Σύμφωνα με την μελέτη³ του έργου, οι θέσεις στις οποίες πραγματοποιούνται μετρήσεις κατά την γεωμηχανική παρακολούθηση του έργου, είναι οι ακόλουθες:

- Επιφάνεια του εδάφους, περιβάλλον εδάφους των κατασκευών, κτήρια, κατασκευές της ζώνης επιρροής του Έργου
- Σύστημα άμεσης υποστήριξης σηράγγων υπόγειας διάνοιξης με συμβατικά μηχανικά μέσα
- Τελική επένδυση σηράγγων υπόγειας διάνοιξης με συμβατικά μηχανικά μέσα
- Πρανή ανοικτών ορυγμάτων (προσωρινά και μόνιμα)
- Σε επιφάνειες κατά την εκτέλεση επιχώσεων καθώς και στην τελική επιφάνεια επιχωμάτων

5.4. Επιτρεπόμενες συγκλίσεις κατά την διάνοιξη της σήραγγας

Σύμφωνα με την μελέτη³, ανάλογα με την κατηγορία εκσκαφής της σήραγγας, υπάρχουν κάποιες επιτρεπόμενες τιμές μετακινήσεων, που πρέπει να μετρηθούν κατά την γεωμηχανική παρακολούθηση, στον δακτύλιο της προσωρινής επένδυσης. Επίσης ορίζεται ως όριο συναγερού το 75% των μέγιστων μετακινήσεων που υπολογίστηκαν στην μελέτη. Συγκεκριμένα:

- **Κατηγορία Α:**

Οριακές παραμορφώσεις στον δακτύλιο της προσωρινής επένδυσης	Υπολογισμένες οριακές παραμορφώσεις Smax		Παραμορφώσεις επιπέδου προειδοποίησης 75% Smax		Ρυθμός παραμορφώσεων επιπέδου προειδοποίησης ανά ημέρα (mm)
	στέψη (κατακόρυφα) (mm)	Βάση άνω ημιδιατομής (κατακόρυφα/οριζόντια) (mm)	στέψη (κατακόρυφα) (mm)	Βάση άνω ημιδιατομής (κατακόρυφα/οριζόντια) (mm)	
Φάση άνω ημιδιατομής	17	21/21	13	16/16	5
Φάση βαθμίδας	27	34/54	20	26/41	5

- **Κατηγορία Β:**

Οριακές παραμορφώσεις στον δακτύλιο της προσωρινής επένδυσης	Υπολογισμένες οριακές παραμορφώσεις Smax		Παραμορφώσεις επιπέδου προειδοποίησης 75% Smax		Ρυθμός παραμορφώσεων επιπέδου προειδοποίησης ανά ημέρα (mm)
	στέψη (κατακόρυφα) (mm)	Βάση άνω ημιδιατομής (κατακόρυφα/οριζόντια) (mm)	στέψη (κατακόρυφα) (mm)	Βάση άνω ημιδιατομής (κατακόρυφα/οριζόντια) (mm)	
Φάση άνω ημιδιατομής	17	21/21	13	16/16	5
Φάση βαθμίδας	27	34/54	20	26/41	5

- **Κατηγορία C:**

Οριακές παραμορφώσεις στον δακτύλιο της προσωρινής επένδυσης	Υπολογισμένες οριακές παραμορφώσεις Smax		Παραμορφώσεις επιπέδου προειδοποίησης 75% Smax		Ρυθμός παραμορφώσεων επιπέδου προειδοποίησης ανά ημέρα (mm)
	στέψη (κατακόρυφα) (mm)	Βάση άνω ημιδιατομής (κατακόρυφα/οριζόντια) (mm)	στέψη (κατακόρυφα) (mm)	Βάση άνω ημιδιατομής (κατακόρυφα/οριζόντια) (mm)	
Φάση άνω ημιδιατομής	39	47/54	29	35/41	10
Φάση βαθμίδας	60	94/120	45	71/90	10

- **Κατηγορία D1:**

Οριακές παραμορφώσεις στον δακτύλιο της προσωρινής επένδυσης	Υπολογισμένες οριακές παραμορφώσεις Smax		Παραμορφώσεις επιπέδου προειδοποίησης 75% Smax		Ρυθμός παραμορφώσεων επιπέδου προειδοποίησης ανά ημέρα (mm)
	στέψη (κατακόρυφα) (mm)	Βάση άνω ημιδιατομής (κατακόρυφα/οριζόντια) (mm)	στέψη (κατακόρυφα) (mm)	Βάση άνω ημιδιατομής (κατακόρυφα/οριζόντια) (mm)	
Φάση άνω ημιδιατομής	67	98/88	50	74/66	14
Φάση βαθμίδας	73	111/117	55	83/88	14

- **Κατηγορία D2:**

Οριακές παραμορφώσεις στον δακτύλιο της προσωρινής επένδυσης	Υπολογισμένες οριακές παραμορφώσεις Smax		Παραμορφώσεις επιπέδου προειδοποίησης 75% Smax		Ρυθμός παραμορφώσεων επιπέδου προειδοποίησης ανά ημέρα (mm)
	στέψη (κατακόρυφα) (mm)	Βάση άνω ημιδιατομής (κατακόρυφα/οριζόντια) (mm)	στέψη (κατακόρυφα) (mm)	Βάση άνω ημιδιατομής (κατακόρυφα/οριζόντια) (mm)	
Φάση άνω ημιδιατομής, εφαρμογή ανάστροφου	19	7/9	-	-	15

τόξου το αργότερο 7 βήματα πίσω από το μέτωπο					
Φάση άνω ημιδιατομής, μετά την εφαρμογή του προσωρ. ανάστροφου τόξου	32	12/15	24	9/11	15
Φάση βαθμίδας/ ανάστροφου τόξου	46	22/43	35	35/32	10

- **Κατηγορία E1:**

Οριακές παραμορφώσεις στον δακτύλιο της προσωρινής επένδυσης	Υπολογισμένες οριακές παραμορφώσεις Smax		Παραμορφώσεις επιπέδου προειδοποίησης 75% Smax		Ρυθμός παραμορφώσεων επιπέδου προειδοποίησης ανά ημέρα (mm)
	στέψη (κατακόρυφα) (mm)	Βάση άνω ημιδιατομής (κατακόρυφα/οριζόντια) (mm)	στέψη (κατακόρυφα) (mm)	Βάση άνω ημιδιατομής (κατακόρυφα/οριζόντια) (mm)	
Φάση άνω ημιδιατομής, εφαρμογή ανάστροφου τόξου το αργότερο 7 βήματα πίσω από το μέτωπο	21	9/9	-	-	20
Φάση άνω ημιδιατομής, μετά την εφαρμογή του προσωρ. ανάστροφου τόξου	35	15/15	26	11/11	20
Φάση βαθμίδας/ ανάστροφου τόξου	50	35/62	38	26/4	15

- **Κατηγορία E2:**

Οριακές παραμορφώσεις στον δακτύλιο της προσωρινής επένδυσης	Υπολογισμένες οριακές παραμορφώσεις S _{max}		Παραμορφώσεις επιπέδου προειδοποίησης 75% S _{max}		Ρυθμός παραμορφώσεων επιπέδου προειδοποίησης ανά ημέρα (mm)
	στέψη (κατακόρυφα) (mm)	Βάση άνω ημιδιατομής (κατακόρυφα/ οριζόντια) (mm)	στέψη (κατακόρυφα) (mm)	Βάση άνω ημιδιατομής (κατακόρυφα/ οριζόντια) (mm)	
Φάση άνω ημιδιατομής, εφαρμογή ανάστροφου τόξου το αργότερο 7 βήματα πίσω από το μέτωπο	32 16(h=50m)	9/9 8/8(h=50m)	-	-	25
Φάση άνω ημιδιατομής, μετά την εφαρμογή του προσωρ. ανάστροφου τόξου	54 26(h=50m)	15/15 13/13(h=50m)	41	11/11	25
Φάση βαθμίδας/ ανάστροφου τόξου	75 28(h=50m)	27/48 8/27(h=50m)	56	20/36	15

- **Κατηγορία E2I:**

Οριακές παραμορφώσεις στον δακτύλιο της προσωρινής επένδυσης	Υπολογισμένες οριακές παραμορφώσεις S _{max}		Παραμορφώσεις επιπέδου προειδοποίησης 75% S _{max}		Ρυθμός παραμορφώσεων επιπέδου προειδοποίησης ανά ημέρα (mm)
	στέψη (κατακόρυφα) (mm)	Βάση άνω ημιδιατομής (κατακόρυφα/ οριζόντια) (mm)	στέψη (κατακόρυφα) (mm)	Βάση άνω ημιδιατομής (κατακόρυφα/ οριζόντια) (mm)	
Φάση άνω ημιδιατομής, εφαρμογή ανάστροφου τόξου το αργότερο 7 βήματα πίσω από το μέτωπο	21	9/9	-	-	20
Φάση άνω ημιδιατομής,	35	15/15	26	11/11	20

μετά την εφαρμογή του προσωρ. ανάστροφου τόξου					
Φάση βαθμίδας/ ανάστροφου τόξου	50	35/62	38	26/41	15

- **Κατηγορία E3:**

Οριακές παραμορφώσεις στον δακτύλιο της προσωρινής επένδυσης	Υπολογισμένες οριακές παραμορφώσεις S _{max}		Παραμορφώσεις επιπέδου προειδοποίησης 75% S _{max}		Ρυθμός παραμορφώσεων επιπέδου προειδοποίησης ανά ημέρα (mm)
	στέψη (κατακόρυφα) (mm)	Βάση άνω ημιδιατομής (κατακόρυφα/ οριζόντια) (mm)	στέψη (κατακόρυφα) (mm)	Βάση άνω ημιδιατομής (κατακόρυφα/οριζόντια) (mm)	
Φάση άνω ημιδιατομής, εφαρμογή ανάστροφου τόξου το αργότερο 7 βήματα πίσω από το μέτωπο	83	20/23	-	-	-
Φάση άνω ημιδιατομής, μετά την εφαρμογή του προσωρ. ανάστροφου τόξου	139	34/38	104	26/29	-
Φάση βαθμίδας/ ανάστροφου τόξου	152	69/72	114	52/54	-

6. ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΕΚΣΚΑΦΗΣ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Οι προσομοιώσεις των εκσκαφών, αποφασίστηκε να πραγματοποιηθούν σε βασικές θέσεις του έργου, ανάλογα με τον γεωλογικό σχηματισμό και το υπερκείμενο υψόμετρο. Τελικά αποφασίστηκε να πραγματοποιηθεί μία προσομοίωση στην περιοχή των κροκαλοπαγών (Χ.Θ. 101+460), μία στην περιοχή του κρητιδικού ασβεστολίθου (Χ.Θ. 105+100) και μία στην περιοχή με το μεγαλύτερο υπερκείμενο (Χ.Θ. 102+920).

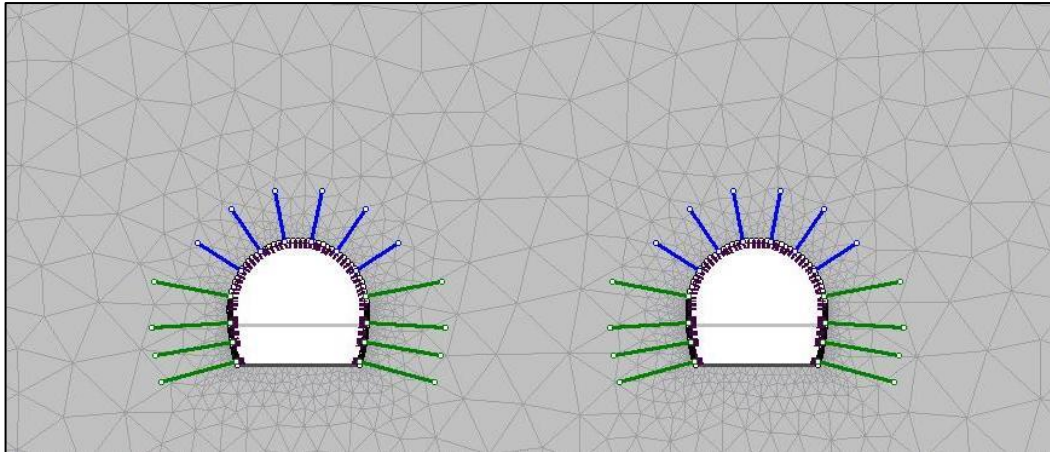
6.1. Προσομοίωμα πεπερασμένων στοιχείων

Ο κώδικας πεπερασμένων στοιχείων που χρησιμοποιήθηκε για τις αναλύσεις, είναι το Phase2 (έκδοση 9.0) της www.roscience.com. Αποτελεί ένα ισχυρό λογισμικό πεπερασμένων στοιχείων για 2D ανάλυση τάσεων σε υπόγειες ή επιφανειακές εκσκαφές σε βράχο ή έδαφος. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ένα ευρύ φάσμα έργων και περιλαμβάνει την δυνατότητα σχεδιασμού της υποστήριξης, ανάλυση μέσω πεπερασμένων στοιχείων της ευστάθειας πρανών και διαρροή υπόγειων υδάτων.

6.2. Βασικές παράμετροι σχεδιασμού

Στις προσομοιώσεις που πραγματοποιήθηκαν, χρησιμοποιήθηκαν ορισμένες βασικές παράμετροι για την υλοποίησή τους.

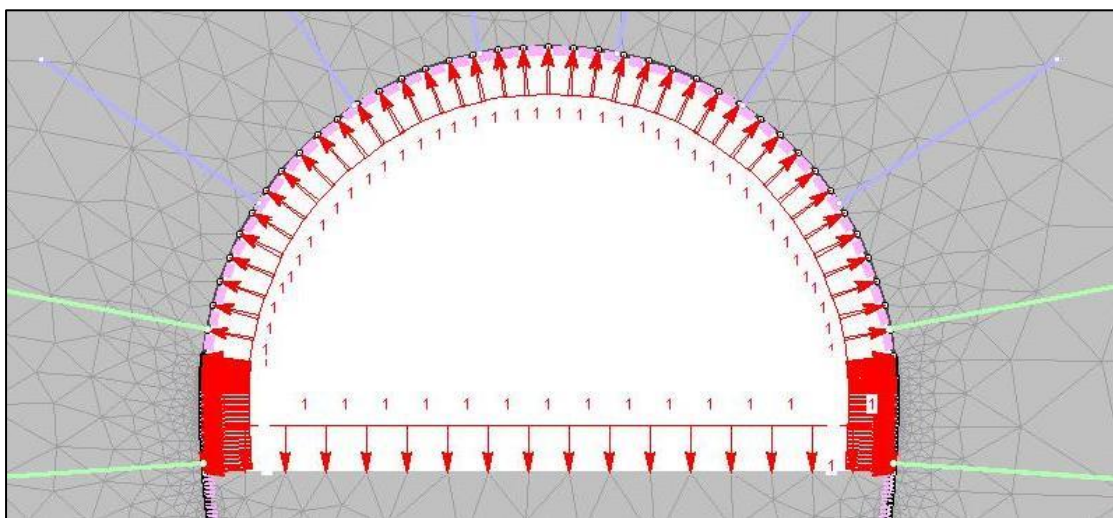
Αρχικά, θεωρούμε πως η διάνοιξη του κάθε κλάδου της σήραγγας λειτουργεί ως μεμονωμένη εκσκαφή, διότι σύμφωνα με τις εξισώσεις του Kirsch, η ζώνη επιρροής της εκσκαφής είναι 6 ακτίνες της σήραγγας και συνεπώς η διάνοιξη του ενός κλάδου δεν θα επηρεάσει την διάνοιξη του άλλου κλάδου, διότι ο ένας κλάδος προηγείται του άλλου κατά ελάχιστο 50m. Για την επαλήθευση αυτής της παραδοχής, στην προσομοίωση λαμβάνουμε υπόψη την διάνοιξη και των δύο κλάδων (Εικόνα 6.1). Συγκεκριμένα, στο μοντέλο θεωρούμε πως η διάνοιξη του αριστερού κλάδου της σήραγγας, προηγείται έναντι του δεξιού.



Εικόνα 6.1

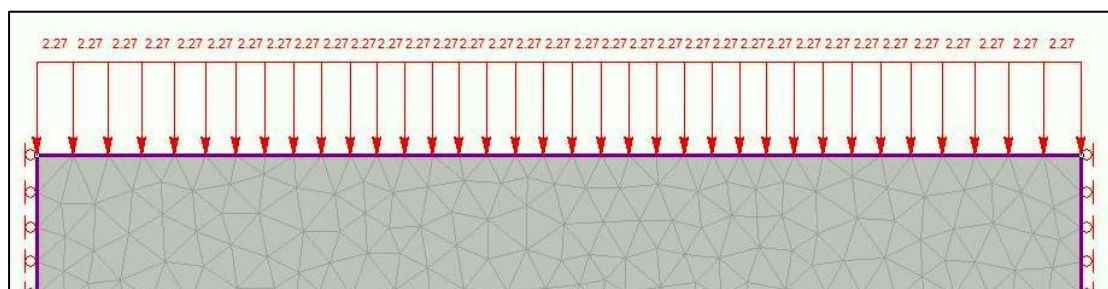
Στις προσομοιώσεις που κάνουμε, ορίζουμε το εξωτερικό όριο της εκσκαφής μας, να είναι ίσο με 4 διαμέτρους της σήραγγας, απόσταση μεγαλύτερη από την μέγιστη ζώνη επιρροής ($6 \cdot D$), σύμφωνα με τον Kirsch. Επίσης θεωρούμε πως η βραχόμαζα δεν περιορίζεται μόνο στο όριο της εκσκαφής, αλλά συνεχίζεται και γύρω από αυτό και για αυτό τον λόγο στις συνοριακές μας συνθήκες (BoundaryConditions), τοποθετούμε κυλίσεις.

Στην συνέχεια, λαμβάνουμε υπόψη, ότι προτού τοποθετηθεί η προσωρινή υποστήριξη, γίνεται αποτόνωση της βραχόμαζας. Για την προσομοίωση της αποτόνωσης, τοποθετείται δύναμη p_i , αντίθετη της δύναμης που ασκεί το εντατικό πεδίο στην περίμετρο της εκσκαφής, όπου το μέτρο της δύναμης αυτής, εξαρτάται από την αποτόνωση που γίνεται κάθε φορά, σύμφωνα με την σχέση: $p_i = (1 - \lambda) \cdot p_o$, όπου λ = συντελεστή αποτόνωσης και p_o = εντατικό πεδίο (Εικόνα 6.2).



Εικόνα 6.2

Για την προσομοίωση του εντατικού πεδίου στο επίπεδο της εκσκαφής, θεωρούμε βαρυτικό πεδίο σε συνδυασμό με ομοιόμορφα κατανομημένο φορτίο οφειλόμενο στα υπερκείμενα που δεν έχουν περιληφθεί στο προσομοίωμα. (Εικόνα 6.3).



Εικόνα 6.3

Επειδή σε όλες τις κατηγορίες εκσκαφής, γίνεται αποστράγγιση, μέσω της χρήσης αποστραγγιστικών οπών, θεωρούμε πως οι συνθήκες της βραχύμαζας είναι ξηρές και για τον λόγο αυτό δεν συνυπολογίζουμε την επίδραση του υδροφόρου οριζοντα.

Τέλος στις προσομοιώσεις, χρησιμοποιούμε διαφορετικά στάδια, που αντιπροσωπεύουν τα πραγματικά στάδια εκσκαφής των δύο κλάδων της σήραγγας. Συγκεκριμένα το κάθε στάδιο αντιπροσωπεύει το στάδιο εκσκαφής του κάθε κλάδου, όπως φαίνεται στον (Πίνακα 6.1).

Στις περιπτώσεις, όπου η κατηγορία εκσκαφής περιλαμβάνει ράβδους προαγκύρωσης (spilling) ή δοκούς προπορείας (forepoling), εισάγουμε το αντίστοιχο στάδιο τοποθέτησης τους, για κάθε κλάδο πριν το στάδιο της αποτόνωσης της Α φάσης.

Στάδιο	Περιγραφή
1 ^ο	Γεωστατικό πεδίο
2 ^ο	Αποτόνωση Α φάσης αριστερού κλάδου
3 ^ο	Εκσκαφή και τοποθέτηση προσωρινής υποστήριξης Α φάσης αριστερού κλάδου
4 ^ο	Αποτόνωση Α φάσης δεξιού κλάδου
5 ^ο	Εκσκαφή και τοποθέτηση προσωρινής υποστήριξης Α φάσης δεξιού κλάδου
6 ^ο	Αποτόνωση Β φάσης αριστερού κλάδου
7 ^ο	Εκσκαφή και τοποθέτηση προσωρινής υποστήριξης Β φάσης αριστερού κλάδου

8°	Αποτόνωση Β φάσης δεξιού κλάδου
9°	Εκσκαφή και τοποθέτηση προσωρινής υποστήριξης Β φάσης δεξιού κλάδου

Πίνακας 6.1

6.3. Παράμετροι βραχόμαζας και προσωρινών μέτρων υποστήριξης

6.3.1. Παράμετροι βραχόμαζας

Για την προσομοίωση των γεωτεχνικών συνθηκών της βραχόμαζας, χρησιμοποιούμε το κριτήριο αστοχίας Hoek-Brown. Οι παράμετροι του κριτηρίου Hoek-Brown, λαμβάνονται από την μελέτη², σε συνδυασμό με τις τιμές των μηχανικών παραμέτρων της βραχόμαζας που προέκυψαν από της εργαστηριακές δοκιμές, από δείγματα γεωτρήσεων στο βάθος της σήραγγας.

Στις αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν, θεωρούμε πως η βραχόμαζα συμπεριφέρεται πλαστικά και οι παράμετροι της βραχόμαζας που χρησιμοποιήθηκαν στο κριτήριο Hoek-Brown, είναι:

- Εφελκυστική αντοχή (MPa)
- Αντοχή σε εφελκυσμό- Brazilian test (MPa)
- Γωνία τριβής (°)
- Συνοχή (MPa)
- Λόγος Poisson
- Συντελεστής πλευρικών ωθήσεων
- Ειδικό βάρος βραχόμαζας (MN/m³)

6.3.2. Παράμετροι προσωρινών μέτρων υποστήριξης

Τα μέτρα προσωρινής υποστήριξης, που χρησιμοποιήθηκαν στις αναλύσεις, είναι: αγκύρια, τοξωτά μεταλλικά πλαίσια, εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, ράβδοι ποαγκύρωσης- spilling, δοκοί προπορείας- forepoling και μικροπάσαλοι.

Για κάθε ένα από τα παραπάνω μέτρα προσωρινής υποστήριξης που χρησιμοποιήθηκαν, οι αναλυτικές παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν παρατίθενται παρακάτω.

- Αγκύρια

Τα αγκύρια προσομοιώνονται ως γραμμικά στοιχεία στο πρόγραμμα Phase 2.9, μέσω της επιλογής support-bolts. Στις αναλύσεις, οι παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν για την προσομοίωση των αγκυρίων, είναι το είδος τους, το μέτρο ελαστικότητας E=

200GPa, η φέρουσα ικανότητα των αγκυρίων που εξαρτάται από τον τύπο του αγκυρίου και το μήκος τους, που εξαρτάται από την κατηγορία εκσκαφής.

- Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα

Η προσομοίωση του εκτοξευόμενου σκυροδέματος στις αναλύσεις, έγινε μέσω της επιλογής liner, όπου οι παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν είναι το πάχος του, η αντοχή σε μονοαξονική θλίψη, μειωμένη με συντελεστή ασφαλείας σκυροδέματος $\gamma_c=1,5$ και το μέτρο ελαστικότητας που σύμφωνα με την μελέτη⁴, είναι $E=15.000 \text{ MN/m}^2$. Στις περιπτώσεις, όπου τοποθετείται δομικό πλέγμα μαζί με το σκυρόδεμα, ορίζεται αντοχή του εκτοξευόμενου σκυροδέματος σε εφελκυσμό, $\sigma_t= 3\text{MPa}$. Για την προσομοίωση το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, θεωρήθηκε ότι συμπεριφέρεται πλαστικά.

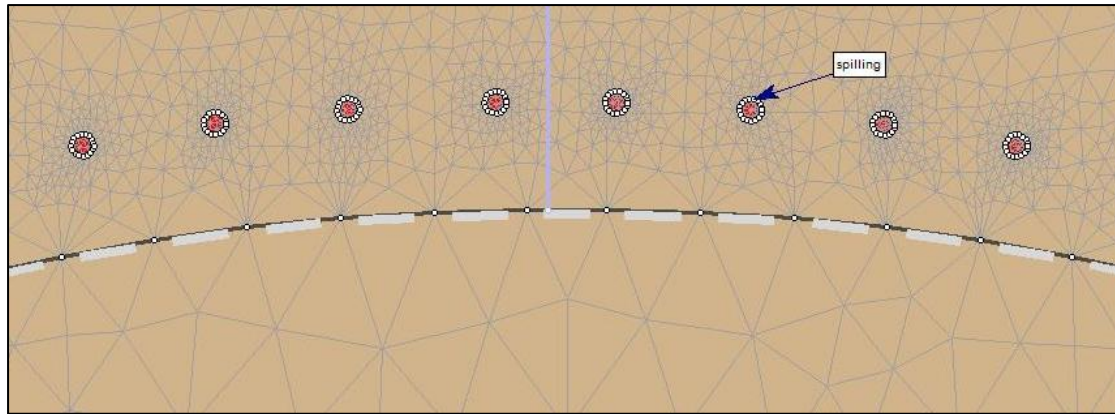
- Τοξωτά μεταλλικά πλαίσια

Τα τοξωτά μεταλλικά πλαίσια, προσομοιώνονται στις αναλύσεις μέσω τις επιλογής liner και οι παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν, είναι η απόσταση εφαρμογής κάθε πλαισίου και το είδος του. Για την προσομοίωση τα τοξωτά μεταλλικά πλαίσια, θεωρήθηκαν ότι συμπεριφέρονται πλαστικά.

- Ράβδοι προαγκύρωσης- *spilling*

Για την προσομοίωση των ράβδων προαγκύρωσης, στον κώδικα πεπερασμένων στοιχείων, υπάρχει η δυνατότητα προσομοίωσης τους ως ζώνη με σύμμικτα χαρακτηριστικά της βραχομάζας και με τα χαρακτηριστικά του χάλυβα των δοκών προαγκύρωσης, ή ως κύκλων που περιέχουν υλικό με τα χαρακτηριστικά των ράβδων προαγκύρωσης. Τελικά επιλέχθηκε η δεύτερη περίπτωση, όπου οι κύκλοι βρίσκονται πάνω από τον θόλο της εκσκαφής (Εικόνα 6.4) με διάμετρο ίση με την διάμετρο των spiles και μέσα τους τοποθετήθηκε υλικό με τις εξής ιδιότητες:

Σύμφωνα με την βιβλιογραφία ο χάλυβας ST-37, έχει ειδικό βάρος $0,0785 \text{ MN/m}^3$. Επίσης για το κριτήριο Hoek-Brown, για χάλυβα ST-37, η αντοχή σε εφελκυσμό είναι 360 MPa , η γωνία τριβής 34° , η συνοχή $154,7 \text{ MPa}$ και θεωρούμε πως το υλικό συμπεριφέρεται ελαστικά, λόγω της παρουσίας του χάλυβα.



Εικόνα 6.4

- Δοκοί προπορείας- forepoling

Όπως και με του ράβδους προαγκύρωσης, οι δοκοί προπορείας, προσομοιώθηκαν ως κύκλοι πάνω από τον θόλο της εκσκαφής (Εικόνα 6.5). Συγκεκριμένα κάθε κύκλος έχει διάμετρο ίση με την εξωτερική διάμετρο του σωλήνα –forepoling και στο εσωτερικό κάθε κύκλου, τοποθετήθηκε υλικό με τις ιδιότητες τόσο του χαλύβδινου σωλήνα, όσο και του σκυροδέματος ενεμάτωσης.

Αναλυτικά δοκοί προπορείας- forepoling, χρησιμοποιήθηκαν στην ανάλυση της κατηγορίας εκσκαφής E3. Κάθε κύκλος έχει διάμετρο 114mm, ενώ το υλικό εντός των κύκλων υπολογίστηκε ως εξής:

Κάθε χαλύβδινος σωλήνας, έχει εξωτερική διάμετρο 114mm και εσωτερική διάμετρο 101mm. Το εμβαδόν της επιφάνειας του χαλύβδινου σωλήνα, είναι: $A_{steel} = \frac{\pi * (d_{ext}^2 - d_{int}^2)}{4} = \frac{\pi * ((114mm)^2 - (101mm)^2)}{4} = 2.195,188mm^2$

Το εσωτερικό κάθε σωλήνα πληρώνεται με ένεμα, όπου το εμβαδό του είναι: $A_{conc} = \frac{\pi * d_{int}^2}{4} = \frac{\pi * (101mm)^2}{4} = 8.011,846mm^2$

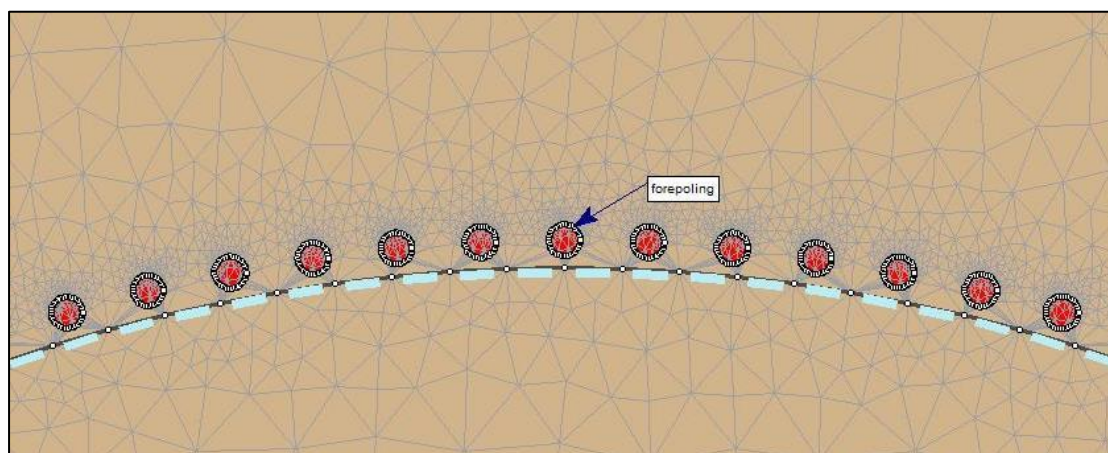
Ο χάλυβας των σωλήνων έχει μέτρο ελαστικότητας $E_{steel} = 200GPa$, ενώ το ένεμα εντός των σωλήνων είναι ποιότητας C16/20, με μέτρο ελαστικότητας $E_{conc} = 24,6GPa$.

Συνεπώς το μέτρο ελαστικότητας του υλικού που προσομοιώνει τους δοκούς προπορείας, είναι:

$$E_{eq} = \frac{E_{steel} * A_{steel} + E_{conc} * A_{conc}}{A_{steel} + A_{conc}}$$

$$= \frac{200GPa * 2.195,188mm^2 + 24,6GPa * 8.011,846mm^2}{2.195,188mm^2 + 8.011,846mm^2} = 62,322GPa$$

Συνεπώς το υλικό προσομοίωσης των δοκών προπορείας έχει μέτρο ελαστικότητας $E=62,322 \text{ GPa}$, λόγο Poisson $\nu=0,3$ και τις υπόλοιπες μηχανικές ιδιότητες του κριτηρίου Hoek-Brown, που έχει η βραχόμαζα στην περιοχή.



Εικόνα 6.5

- Μικροπάσσαλοι

Οι μικροπάσσαλοι, χρησιμοποιήθηκαν στην προσομοίωση της κατηγορίας εκσκαφής E3 και προσομοιώθηκαν ως μέτρο υποστήριξης linear (Εικόνα 6.6), πάχους όσο η διάμετρος της οπής και με μηχανικές ιδιότητες, όπως υπολογίστηκαν παρακάτω:

Κάθε χαλύβδινος σωλήνας *IschebeckTitan*, έχει εξωτερική διάμετρο 52mm και εσωτερική διάμετρο 26mm. Το εμβαδόν της επιφάνειας του χαλύβδινου σωλήνα, είναι: $A_{steel} = \frac{\pi \cdot (d_{ext}^2 - d_{int}^2)}{4} = \frac{\pi \cdot ((75\text{mm})^2 - (52\text{mm})^2)}{4} = 2.292,985\text{mm}^2$

Το εσωτερικό κάθε σωλήνα πληρώνεται με ένεμα, όπου το εμβαδό του είναι: $A_{conc} = \frac{\pi \cdot d_{int}^2}{4} = \frac{\pi \cdot (52\text{mm})^2}{4} = 2.122,64\text{mm}^2$

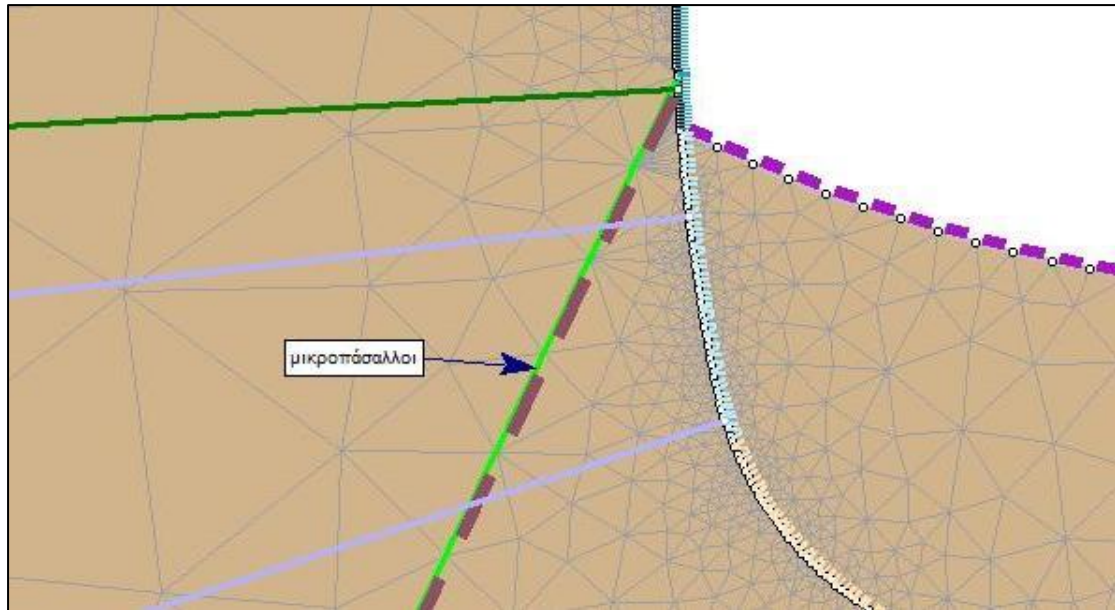
Ο χάλυβας των σωλήνων έχει μέτρο ελαστικότητας $E_{st}=200\text{GPa}$, ενώ το ένεμα εντός των σωλήνων είναι ποιότητας C16/20, με μέτρο ελαστικότητας $E_{conc}=24,6\text{GPa}$.

Συνεπώς το μέτρο ελαστικότητας του υλικού που προσομοιώνει τους δοκούς προπορείας, είναι:

$$E_{eq} = \frac{E_{st} \cdot A_{steel} + E_{conc} \cdot A_{conc}}{A_{steel} + A_{conc}}$$

$$= \frac{200\text{GPa} \cdot 2.292,985\text{mm}^2 + 24,6\text{GPa} \cdot 2.122,64\text{mm}^2}{2.292,985\text{mm}^2 + 2.122,64\text{mm}^2} = 115,682\text{Pa}$$

Στην προσομοίωση ο λόγος Poisson που χρησιμοποιήθηκε είναι $\nu=0,2$ και θεωρήθηκε ότι το υλικό συμπεριφέρεται ελαστικά.

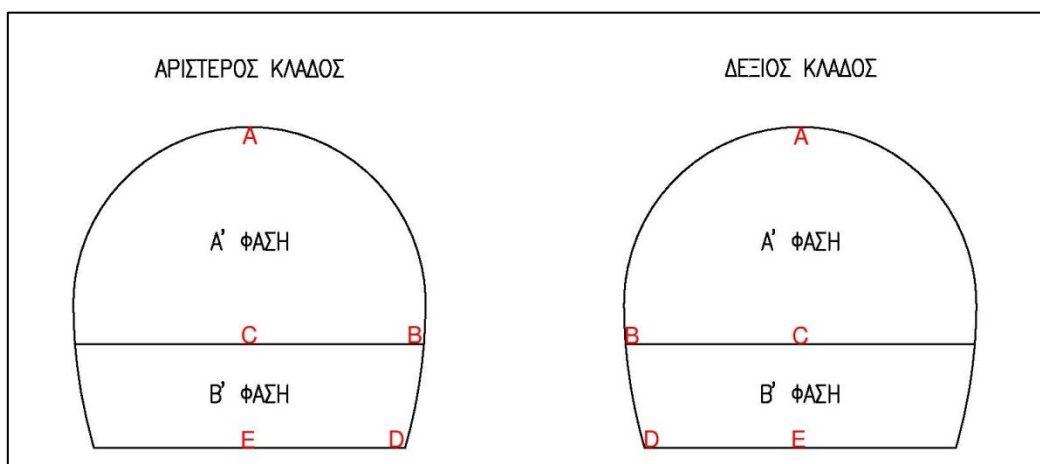


Εικόνα 6.6

6.4. Λήψη μετρήσεων

Σε κάθε ανάλυση που πραγματοποιήθηκε, μετρήθηκαν και στους δύο κλάδους σε κάθε στάδιο, κατακόρυφες μετακινήσεις (vertical displacements), οριζόντιες μετακινήσεις (horizontal displacements) και μέγιστες ορθές τάσεις (σ_1).

Συγκεκριμένα οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν, στην στέψη της σήραγγας, στις παρειές της άνω ημιδιατομής, στο κέντρο του δαπέδου της άνω ημιδιατομής, στις παρειές του δαπέδου της κάτω ημιδιατομής και στο κέντρο του δαπέδου της κάτω ημιδιατομής (Εικόνα 6.7).



Εικόνα 6.7

6.5. Προσομοίωση Χ.Θ. 101+460

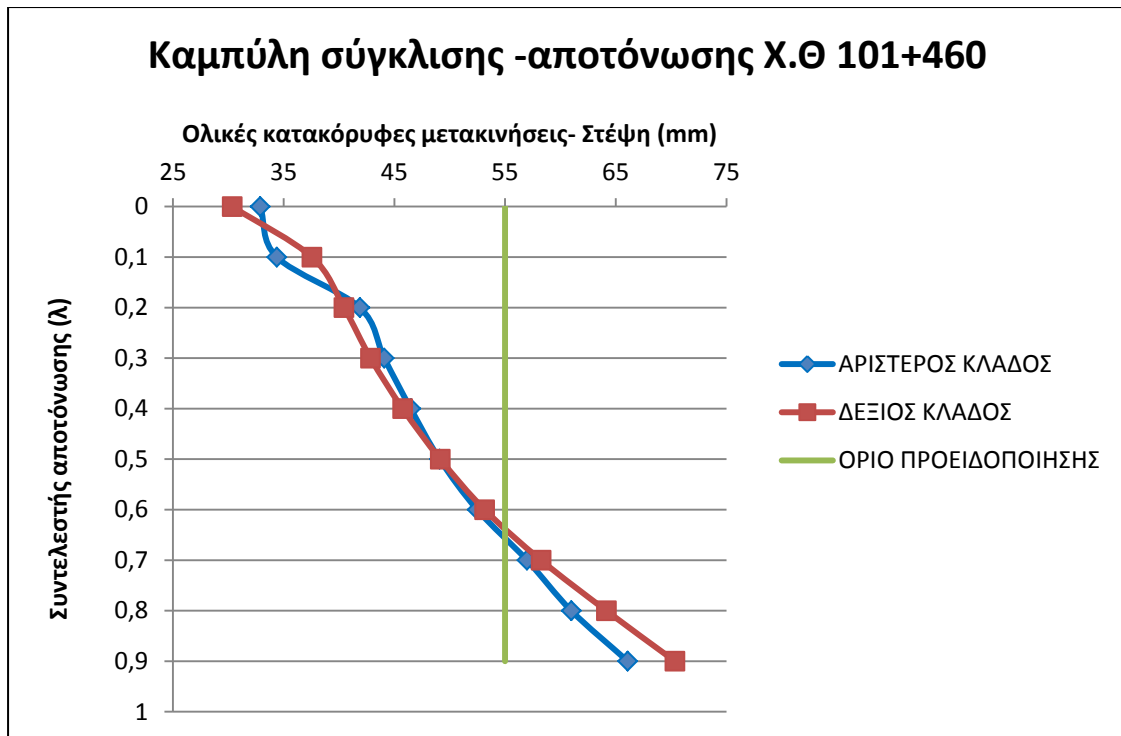
Στην συγκριμένη θέση, το απόλυτο υψόμετρο της ερυθράς είναι +21,79m, ενώ το απόλυτο υψόμετρο του εδάφους είναι +73,52m (υπερκείμενο 51,73m). Σύμφωνα με τα στοιχεία της μελέτης², στην περιοχή αυτή συναντάται ο γεωλογικός σχηματισμός των κροκαλοπαγών και συγκεκριμένα κροκαλοπαγή που ανήκουν στην τεχνικογεωλογική ενότητα Ιβ (Ia-1), δηλαδή κροκαλοπαγή βραχώδους και εδαφικής φάσης. Επίσης στην περιοχή αυτή βρίσκεται η δειγματοληπτική γεώτρηση bH3, όπου λαμβάνοντας τα στοιχεία των εργαστηριακών δοκιμών της γεώτρησης αυτής σε αυτό το βάθος και τα δεδομένα της μελέτης², αλλά και τα δεδομένα από την κατασκευάστρια κοινοπραξία, όπου στην θέση αυτή συναντήθηκαν κροκαλοπαγή κυρίως της βραχώδους φάσης, καταλήγουμε πως οι μηχανικές παράμετροι για την προσομοίωση, είναι οι ακόλουθοι:

σ_t	1,42 MPa
c	0,08 MPa
φ	32°
E	350 MPa
γ	0,024 MN/m ³
ν	0,19
k_0	0,44
Material type	Plastic

Σύμφωνα με την κατασκευάστρια κοινοπραξία, στην συγκριμένη θέση εφαρμόστηκε η κατηγορία εκσκαφής D1 (βλέπε 4.2.1), η οποία και χρησιμοποιήθηκε στην προσομοίωση.

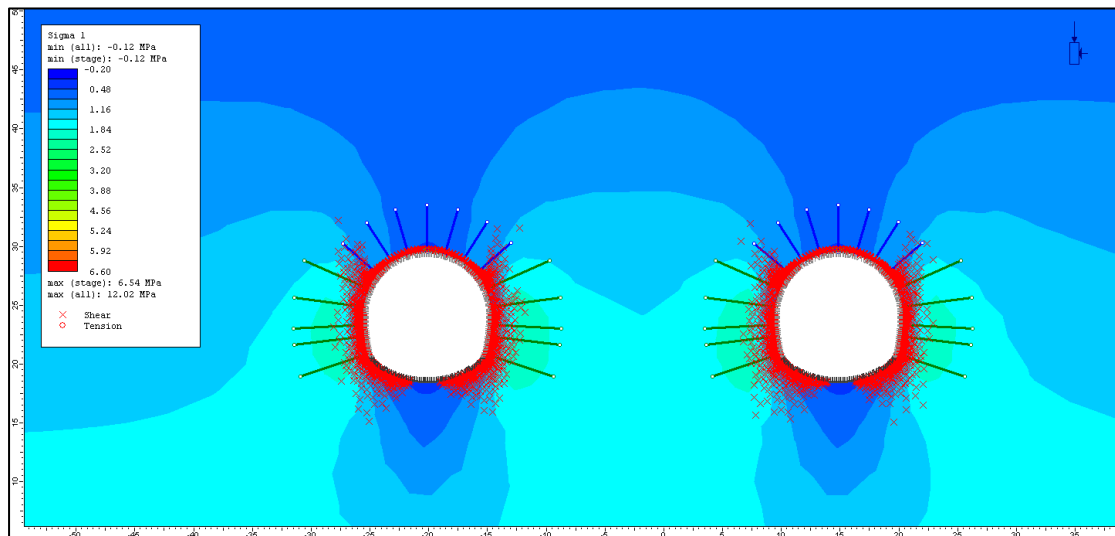
6.5.1. Αποτελέσματα

Με βάση τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν (Παράρτημα Β/ Πίνακας 6.2), για συντελεστή αποτόνωσης της βραχώμαζας $\lambda=0-0,9$, προκύπτει η αντίστοιχη καμπύλη σύγκλισης- αποτόνωσης (Διάγραμμα 6.5.1), για τις ολικές κατακόρυφες μετακινήσεις στην στέψη στο στάδιο της τοποθέτησης της προσωρινής υποστήριξης στην φάση της βαθμίδας.



6.5.2. Συμπεράσματα

Παρατηρούμε στην (Εικόνα 6.8), ότι δημιουργείται πλαστική ζώνη περιμετρικά της εκσκαφής, η οποία είναι πιο έντονη στην περιοχή των παρειών της σήραγγας.



6.6. Προσομοίωση Χ.Θ. 105+100

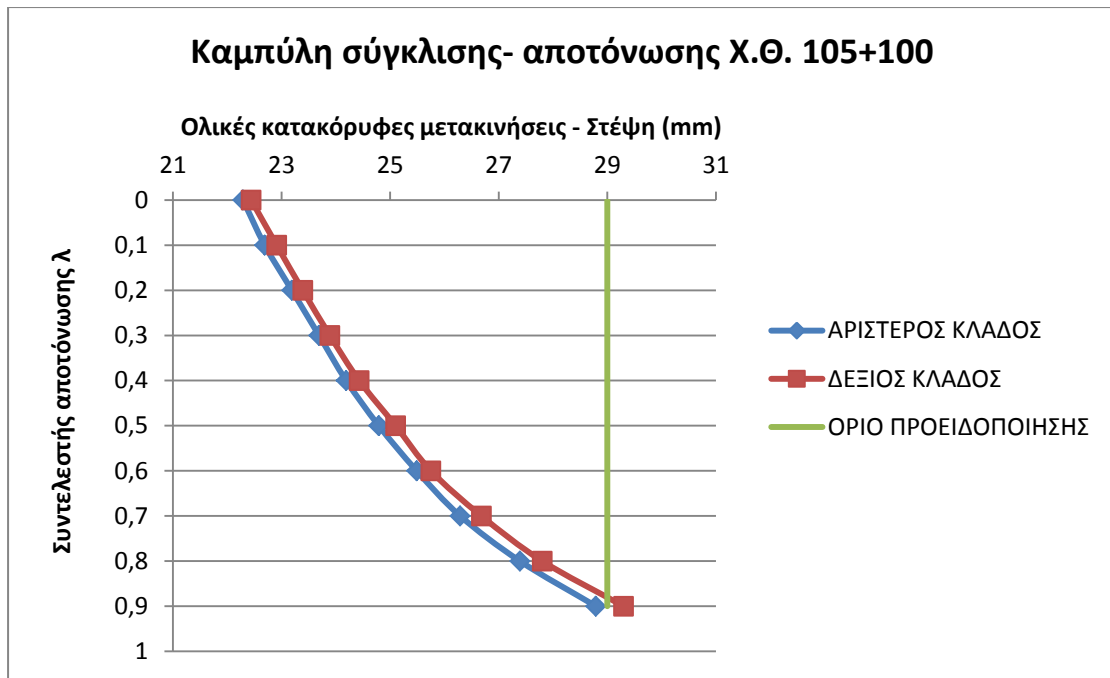
Στην συγκριμένη θέση, το απόλυτο υψόμετρο της ερυθράς είναι +25,51m, ενώ το απόλυτο υψόμετρο του εδάφους είναι +154,69m (υπερκείμενο 129,18m). Σύμφωνα με τα στοιχεία της μελέτης², στην περιοχή αυτή συναντάται ο γεωλογικός σχηματισμός των κρητιδικών ασβεστολίθων και συγκεκριμένα ανήκουν στην τεχνικογεωλογική ενότητα Πα-2, δηλαδή ελαφρά- μέτρια κερματισμένοι ασβεστόλιθοι. Επίσης στην περιοχή αυτή βρίσκεται η δειγματοληπτική γεώτρηση ΠΓ9Α, όπου λαμβάνοντας τα στοιχεία των εργαστηριακών δοκιμών της γεώτρησης αυτής σε αυτό το βάθος και τα δεδομένα της μελέτης², αλλά και τα δεδομένα από την κατασκευάστρια κοινοπραξία, καταλήγουμε πως οι μηχανικές παράμετροι για την προσομοίωση, είναι οι ακόλουθοι:

σ_t	4,25 MPa
c	0,5 MPa
φ	40 ⁰
E	1200 MPa
γ	0,0267 MN/m ³
ν	0,14
k_o	0,41
Material type	Plastic

Σύμφωνα με την κατασκευάστρια κοινοπραξία, στην συγκριμένη θέση εφαρμόστηκε η κατηγορία εκσκαφής C (βλέπε 4.2.1), η οποία και χρησιμοποιήθηκε στην προσομοίωση.

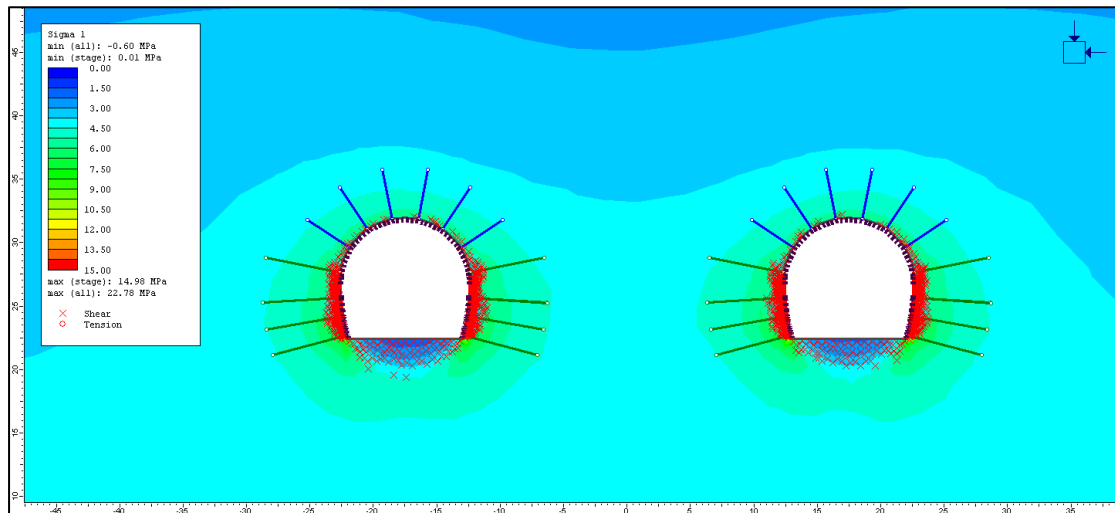
6.6.1. Αποτελέσματα

Με βάση της μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν(Παράρτημα Β/ Πίνακας 6.3), για συντελεστή αποτόνωσης της βραχώμαζας $\lambda=0-0,9$, προκύπτει η αντίστοιχη καμπύλη σύγκλισης- αποτόνωσης (Διάγραμμα 6.6.1), για τις ολικές κατακόρυφες μετακινήσεις στην στέψη στο στάδιο της τοποθέτησης της προσωρινής υποστήριξης στην φάση της βαθμίδας.



6.6.2. Συμπεράσματα

Σύμφωνα με την (Εικόνα 6.9), παρατηρούμε ότι δημιουργείται πλαστική ζώνη μόνο στην περιοχή των παρειών της σήραγγας και είναι πιο έντονη στην παρειές μεταξύ Α και Β φάσης.



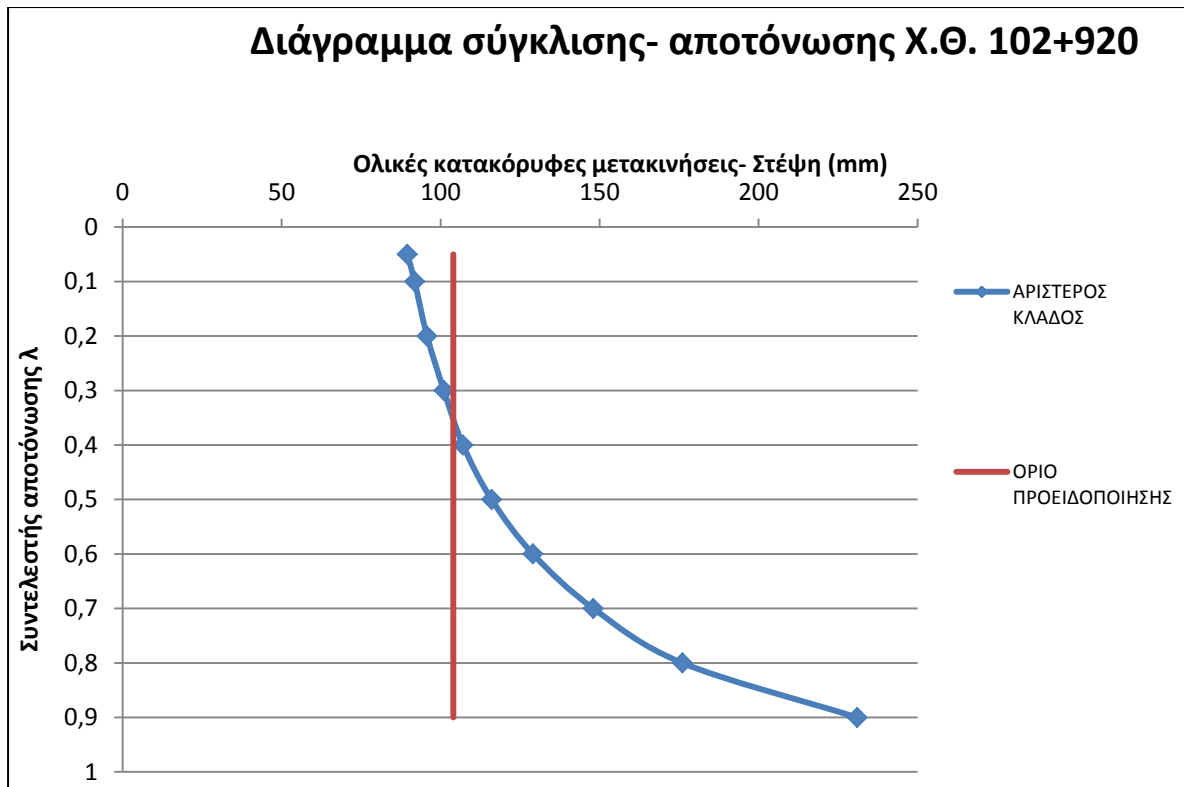
6.7. Προσομοίωση Χ.Θ. 102+920

Η συγκριμένη προσομοίωση, αποφασίστηκε να πραγματοποιηθεί στην θέση με τα πιο δυσμενή χαρακτηριστικά, όσον αφορά το υψόμετρο και τα μηχανικά χαρακτηριστικά της βραχώμαζας. Η θέση αυτή, είναι η Χ.Θ 102+920. Στην συγκριμένη θέση, το απόλυτο υψόμετρο της ερυθράς είναι +30,92m, ενώ το απόλυτο υψόμετρο του εδάφους είναι +295,00m (υπερκείμενο 264,08m). Στην θέση αυτή, η ανάλυση έγινε με την κατηγορία εκσκαφής E3 (βλέπε 4.2.1). Στην περιοχή αυτή συναντάται ο γεωλογικός σχηματισμός των κροκαλοπαγών και συγκεκριμένα της τεχνικογεωλογικής ενότητας Ιβ (Ια-1), δηλαδή κροκαλοπαγή βραχώδους και εδαφικής φάσης. Επίσης στην περιοχή αυτή βρίσκεται η δειγματοληπτική γεώτρηση ΣΔ2Γ2, όπου λαμβάνοντας τα στοιχεία των εργαστηριακών δοκιμών της γεώτρησης αυτής σε αυτό το βάθος και τα δεδομένα της μελέτης², καταλήγουμε πως οι μηχανικοί παράμετροι για την προσομοίωση, είναι οι ακόλουθοι:

σ_t	0,73 MPa
c	0,05 MPa
φ	34°
E	407 MPa
γ	0,0237 MN/m ³
ν	0,3
k_0	0,6
Material type	Plastic

6.7.1. Αποτελέσματα

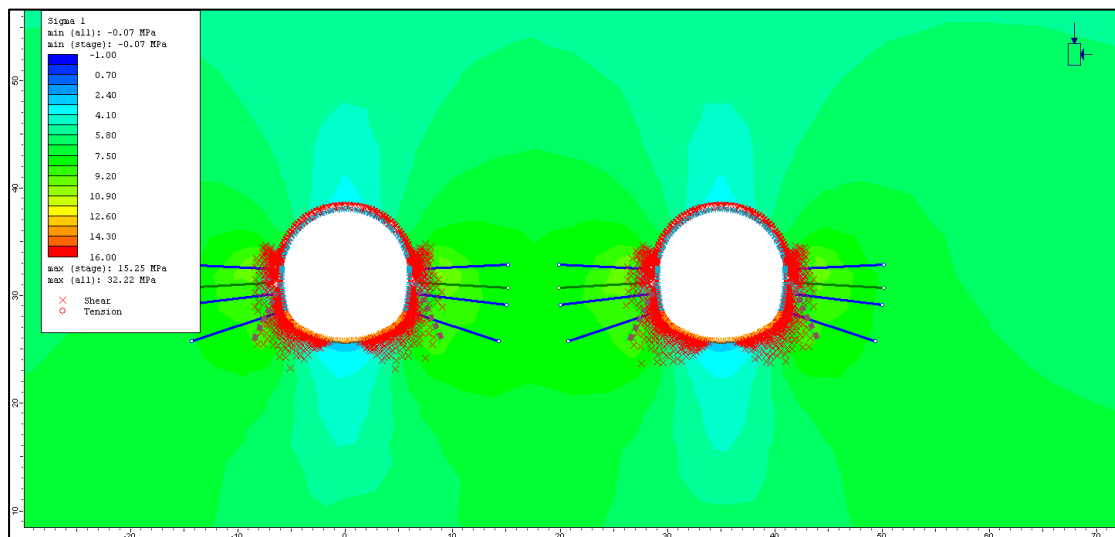
Από τις δύο προηγούμενες προσομοιώσεις που έγιναν, παρατηρούμε πως οι μετακινήσεις μεταξύ του αριστερού και του δεξιού κλάδου, δεν διαφέρουν. Για τον λόγο αυτό, στην συγκεκριμένη προσομοίωση, οι μετρήσεις έγιναν, μόνο στον αριστερό κλάδο. Με βάση της μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν (Παράρτημα Β/ Πίνακας 6.4), για συντελεστή αποτόνωσης της βραχώμαζας $\lambda=0-0,9$, προκύπτει η αντίστοιχη καμπύλη σύγκλισης- αποτόνωσης (Διάγραμμα 6.7.1), για τις ολικές κατακόρυφες μετακινήσεις στην στέψη στο στάδιο της τοποθέτησης της προσωρινής υποστήριξης στην φάση της άνω ημιδιατομής.



Διάγραμμα 6.7.1

6.7.2. Συμπεράσματα

Σύμφωνα με την (Εικόνα 6.10), παρατηρούμε ότι δημιουργείται μία έντονη πλαστική ζώνη περιμετρικά της εκσκαφής, η οποία έχει μεγάλο πάχος περιμετρικά των παρειών της σήραγγας..



Εικόνα 6.10

6.8. Συσχέτιση συντελεστή αποτόνωσης με την διαμήκη παραμόρφωση της σήραγγας

Η διαμήκης παραμόρφωση της σήραγγας¹⁴ (LDP) είναι η γραφική παράσταση της ακτινικής μετατόπισης κατά μήκος του άξονα της σήραγγας που δεν υποστηρίζεται, για τα τμήματα που βρίσκονται μπροστά και πίσω από το μετώπου εκσκαφής. Η αλληλεπίδραση της υποστήριξης με τη περιβάλλουσα βραχώμαζα που περιβάλλουν είναι στενά συνδεδεμένη με την προήγηση του μετώπου εκσκαφής και τον χρόνο απόκρισης της περιβάλλουσας βραχώμαζας, ανάλογα με συνθήκες ερπυσμού, καιρικές συνθήκες, συνθήκες εξυγίανσης και παρόμοια φαινόμενα.

Ερευνητές, όπως Panet and Guenot (1982), Panet (1993, 1995), Chernet al. (1998), Carranza-Torres and Fairhurst (2000), Unlu and Gerçek (2003), Vlachopoulos and Diederichs (2009), έχουν προτείνει ελαστικές ή ελαστοπλαστικές σχέσεις για το LDP.

Οι σχέσεις αυτές είναι:

➤ Εξίσωση Panet and Guenot: $\frac{U}{U_{\infty}} = 0.28 + 0.72 \left[1 - \left(\frac{0.84}{0.84 + \frac{x}{R}} \right)^2 \right]$

➤ Εξίσωση Corbeta: $\frac{U}{U_{\infty}} = 0.29 + 0.71 \left[1 - \exp(-1.5 \left(\frac{x}{R} \right)^{0.7}) \right]$

Με βάση τις παραπάνω σχέσεις, θα υπολογίσουμε το βήμα προχώρησης για κάθε συντελεστή αποτόνωσης.

• X.Θ. 101+460

λ	<i>Εξίσωση Panet and Guenot (x)</i>	<i>Εξίσωση Corbeta (x)</i>
0,1	-0,58	0,00
0,2	-0,28	0,00
0,3	0,08	0,01
0,4	0,52	0,28
0,5	1,09	0,81
0,6	1,87	1,64
0,7	3,00	2,94
0,8	4,90	5,10
0,9	9,19	9,52

Πίνακας 6.5

Με βάση την μελέτη⁴, για την κατηγορία εκσκαφής D1 το βήμα προχώρησης εκσκαφής, ορίζεται $A=1,5m$, όπου σύμφωνα με τον (Πίνακα 6.5) το πετυχαίνουμε για συντελεστή αποτόνωσης $\lambda=0,5-0,6$, οπότε στις αναλύσεις μας χρησιμοποιούμε για τη Χ.Θ.101+460, $\lambda=0,5$.

- **X.Θ. 105+100**

λ	<i>Εξίσωση Panet and Guenot (x)</i>	<i>Εξίσωση Corbeta (x)</i>
0,1	-0,42	0,00
0,2	-0,21	0,00
0,3	0,06	0,01
0,4	0,38	0,20
0,5	0,80	0,59
0,6	1,37	1,21
0,7	2,20	2,16
0,8	3,60	3,75
0,9	6,75	6,99

Πίνακας 6.6

Με βάση την μελέτη⁴, για την κατηγορία εκσκαφής C το βήμα προχώρησης εκσκαφής, ορίζεται $A=2m$, όπου σύμφωνα με τον (Πίνακα 6.6) το πετυχαίνουμε για συντελεστή αποτόνωσης $\lambda=0,6$, οπότε στις αναλύσεις μας χρησιμοποιούμε για τη Χ.Θ.105+100, $\lambda=0,6$.

- **X.Θ. 102+920**

λ	<i>Εξίσωση Panet and Guenot (x)</i>	<i>Εξίσωση Corbeta (x)</i>
0,1	-0,66	0,00
0,2	-0,32	0,00
0,3	0,09	0,01
0,4	0,60	0,33
0,5	1,25	0,93
0,6	2,14	1,88
0,7	3,44	3,37
0,8	5,62	5,85
0,9	10,53	-

Πίνακας 6.7

Με βάση την μελέτη⁴, για την κατηγορία εκσκαφής E3 το βήμα προχώρησης εκσκαφής, ορίζεται $A=1m$, όπου σύμφωνα με τον (Πίνακα 6.7) το πετυχαίνουμε για συντελεστή αποτόνωσης $\lambda=0,4$. Όμως σύμφωνα με το (Διάγραμμα 6.7.1), για συντελεστή αποτόνωσης $\lambda=0,4$, είμαστε πάνω από το όριο προειδοποίησης, οπότε στις αναλύσεις μας χρησιμοποιούμε για τη X.Θ.105+100, $\lambda=0,3$.

7. ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής, γίνεται διερεύνηση της επιρροής των μηχανικών χαρακτηριστικών της βραχόμαζας, στα απαιτούμενα μέτρα προσωρινής υποστήριξης. Για τον λόγο αυτό θα γίνει διερεύνηση της επιρροής που έχει η μεταβολή των μηχανικών χαρακτηριστικών της βραχόμαζας στις Χ.Θ. 101+460 και Χ.Θ. 105+100, στα αντίστοιχα μέτρα προσωρινής υποστήριξης που έχουν εφαρμοστεί και θα ελεγχθεί ποιό από τα μέτρα υποστήριξης θα μεταβληθεί ώστε να μην αστοχήσει.

Οι μηχανικές παράμετροι της βραχόμαζας που εξετάζονται στις παραμετρικές αναλύσεις¹¹, είναι:

- Μέτρο ελαστικότητας **E**
- Συντελεστής πλευρικών ωθήσεων **k**
- Συνοχή **c**
- Γωνία τριβής **φ**

Ο έλεγχος των μέτρων προσωρινής υποστήριξης, έγινε με βάση τους Carranza-Torres & Diederichs **Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής..**

7.1. Μέτρο ελαστικότητας

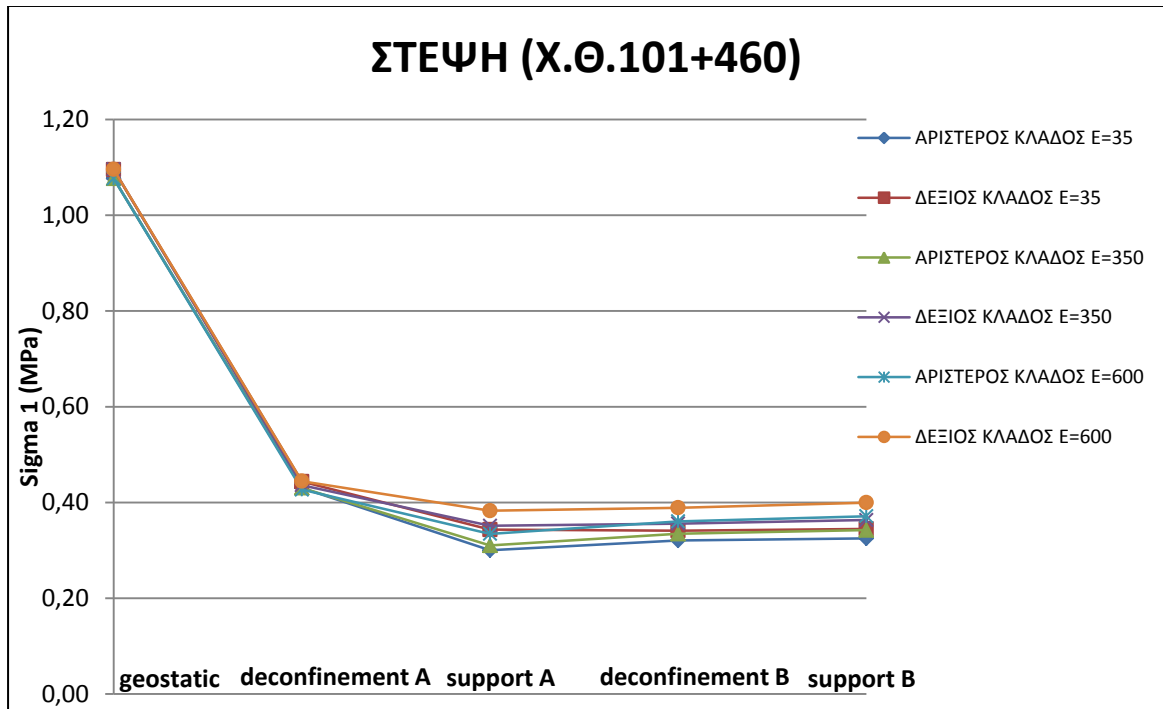
Το μέτρο ελαστικότητας του Young, εκφράζει¹² την σκληρότητα ή την ακαμψία ενός υλικού, παρόμοια με την ακαμψία ενός ελατηρίου, όταν αυτό συμπιέζεται ή εκτείνεται.

7.1.1. Χ.Θ. 101+460

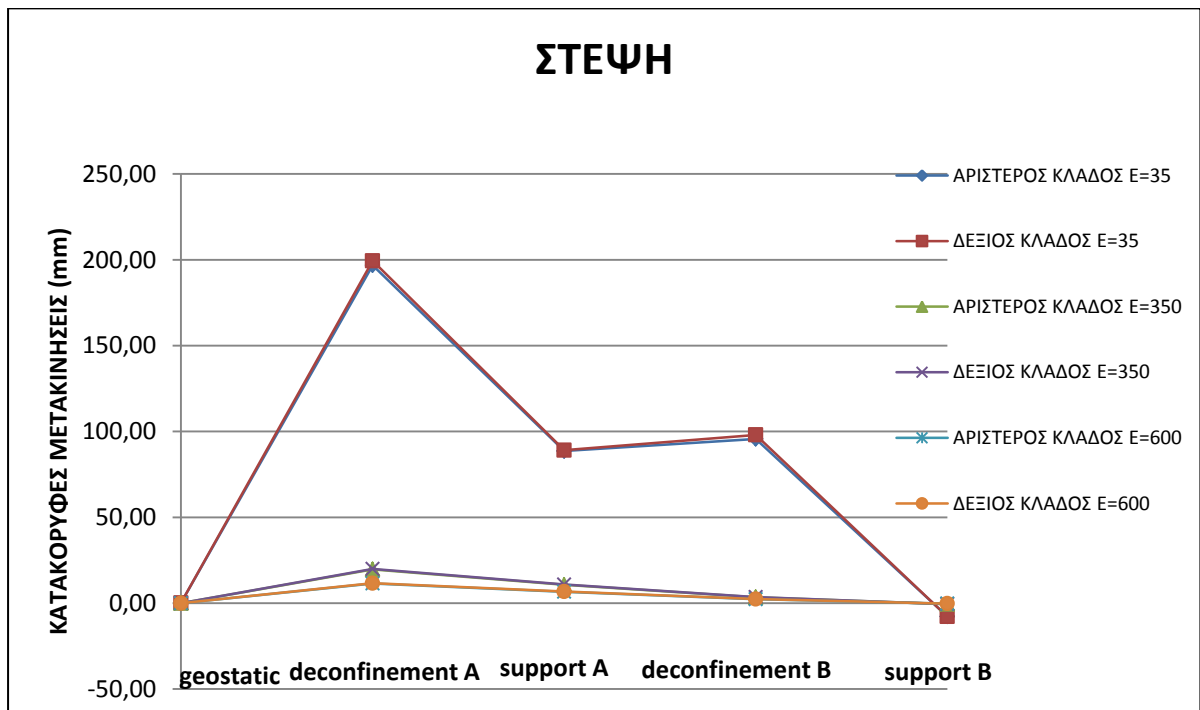
7.1.1.1. Αποτελέσματα

Στην συγκεκριμένη θέση, στην προσομοίωση που έχει γίνει, έχει χρησιμοποιηθεί η τιμή $E=350$ MPa. Σύμφωνα με την μελέτη², στην περιοχή αυτή το μέτρο ελαστικότητας, κυμαίνεται από 35-600 MPa. Πραγματοποιήθηκαν τρεις παραμετρικές αναλύσεις, με μέτρα ελαστικότητας $E=35$ MPa, 350 MPa και 600 MPa.

Σύμφωνα με τις μετρήσεις που έγιναν (Παράρτημα Β/ Πίνακας 7.1-7.3), προκύπτουν τα παρακάτω διαγράμματα:



Διάγραμμα 7.1.1

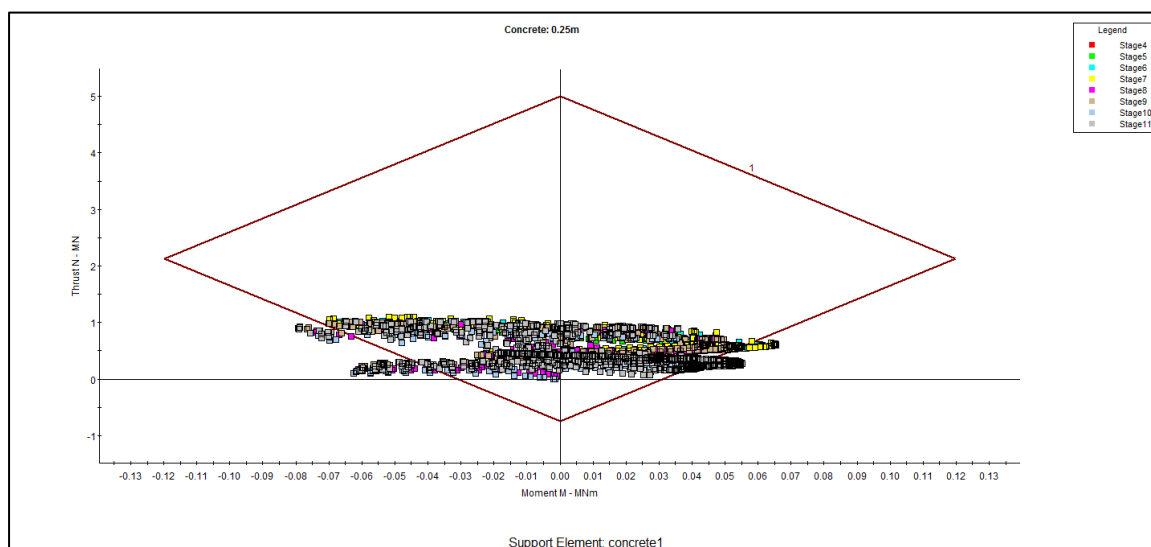


Διάγραμμα 7.1.2

Σύμφωνα με το (Διάγραμμα 7.1.1), παρατηρούμε μια απότομη μείωση των κατακόρυφων τάσεων στο στάδιο της αποτόνωσης της Α φάσης εκσκαφής και μετά μια ομαλή σταθεροποίηση τους, σε όλα τα επόμενα στάδια, ανεξάρτητα της τιμής του μέτρου ελαστικότητας. Στο (Διάγραμμα 7.1.2), παρατηρούμε πως η μεταβολή του μέτρου ελαστικότητας, επηρεάζει τις κατακόρυφες μετακινήσεις και συγκεκριμένα, όσο πιο ασθενή μηχανικά χαρακτηριστικά έχει η βραχώμαζα, δηλαδή χαμηλό μέτρο ελαστικότητας, τόσο μεγαλύτερες είναι οι μετακινήσεις, με μεγαλύτερες μεταβολές να έχουμε στο στάδιο της αποτόνωσης της Α φάσης..

7.1.1.2. Ευαισθησία μέτρων υποστήριξης

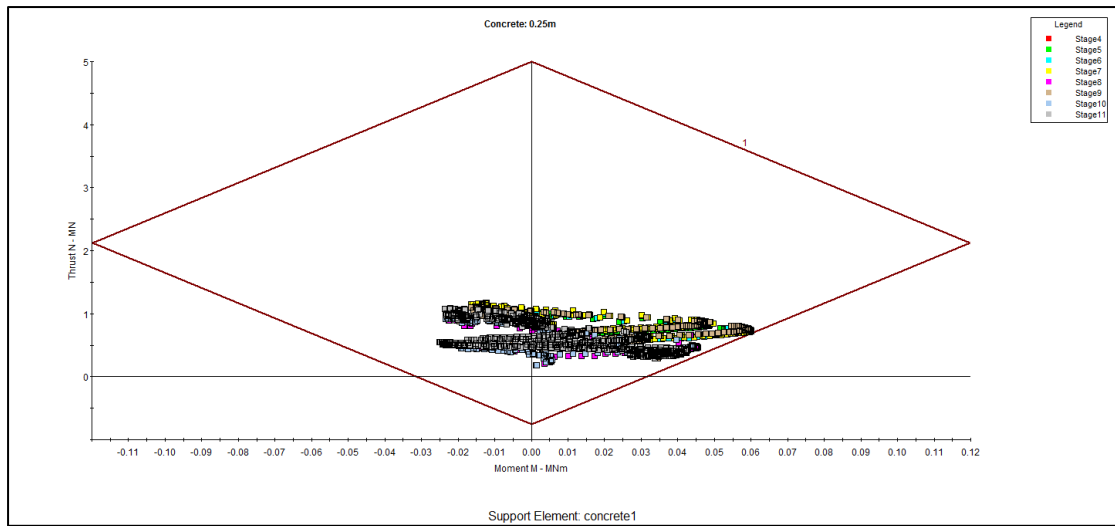
Με βάση τον έλεγχο ευαισθησίας και για συντελεστή ασφαλείας $S.F.=1$, παρατηρούμε σύμφωνα με το διάγραμμα αλληλεπίδρασης της αξονικής δύναμης N και της καμπτικής ροπής M , για το σκυρόδεμα (Εικόνα 7.1), ότι η υποστήριξη είναι ανεπαρκής για μέτρο ελαστικότητας $E=35\text{MPa}$.



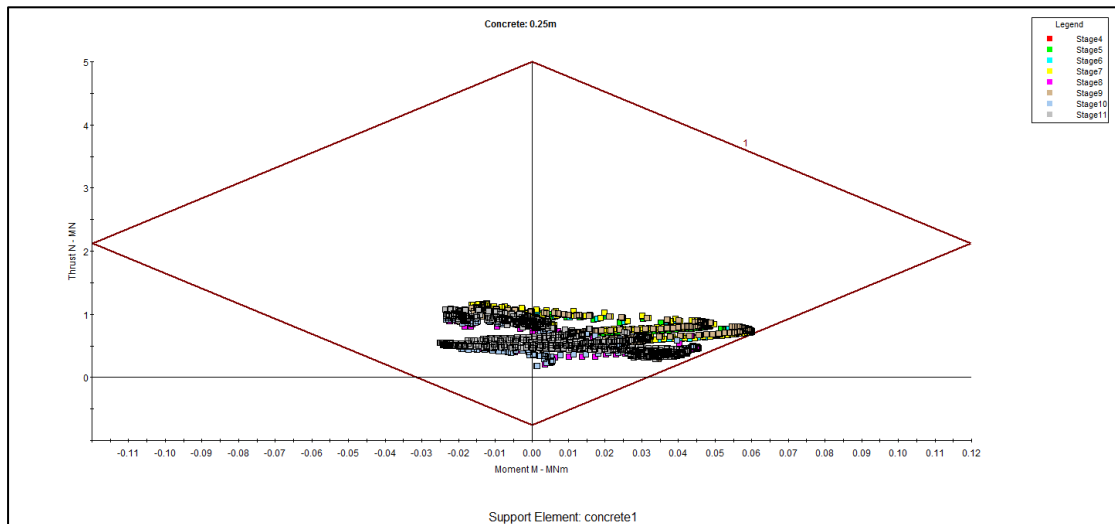
Εικόνα 7.1

Για μέτρο ελαστικότητας $E=350\text{MPa}$ (Εικόνα 7.2) και μέτρο ελαστικότητας $E=600\text{MPa}$ (Εικόνα 7.3), η υποστήριξη είναι επαρκής.

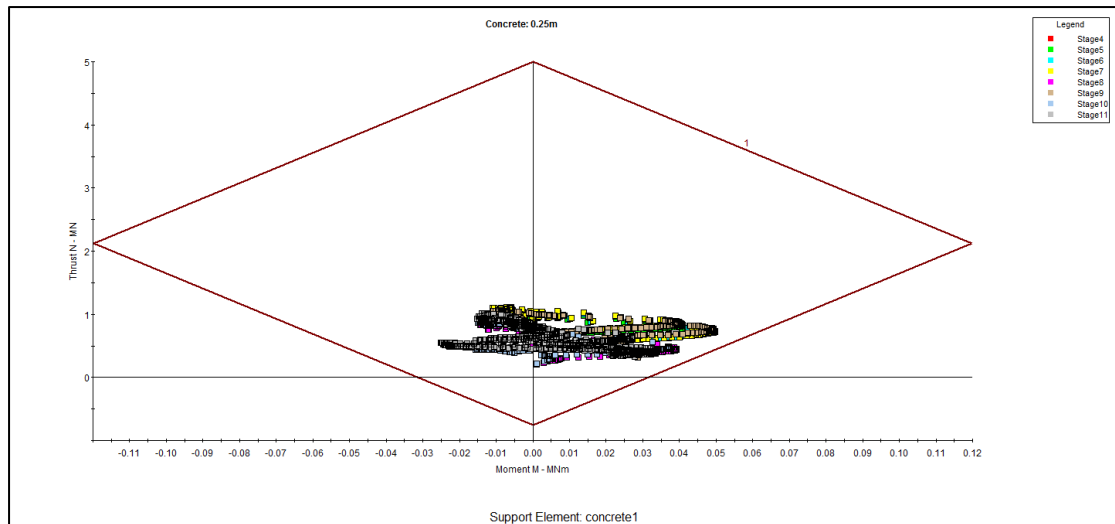
Η αστοχία της υποστήριξης για $E=35\text{MPa}$, είναι αποδεκτή, διότι η συγκεκριμένη κατηγορία, μπορεί να εφαρμοστεί για $E \geq 250\text{MPa}$, όπου και δεν αστοχεί (Εικόνα 7.1.A).



Εικόνα 7.1.A



Εικόνα 7.2



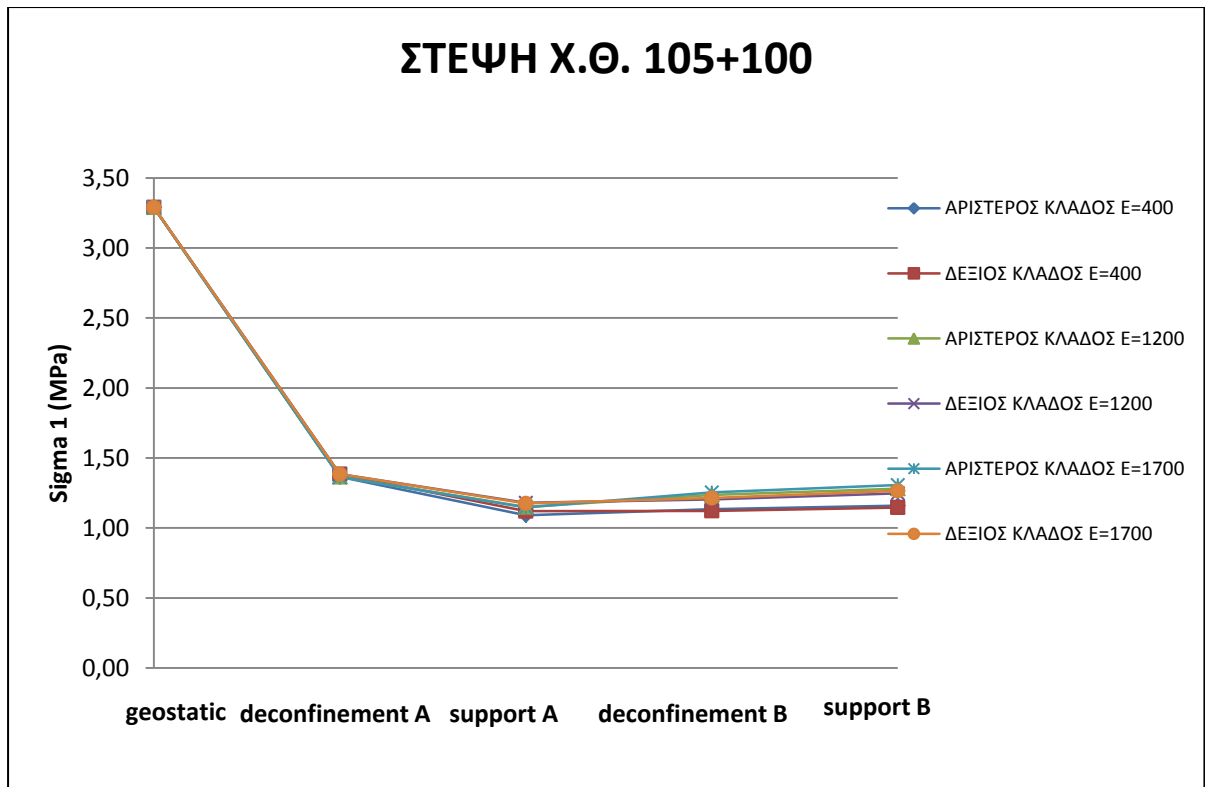
Εικόνα 7.3

7.1.2. Χ.Θ. 105+100

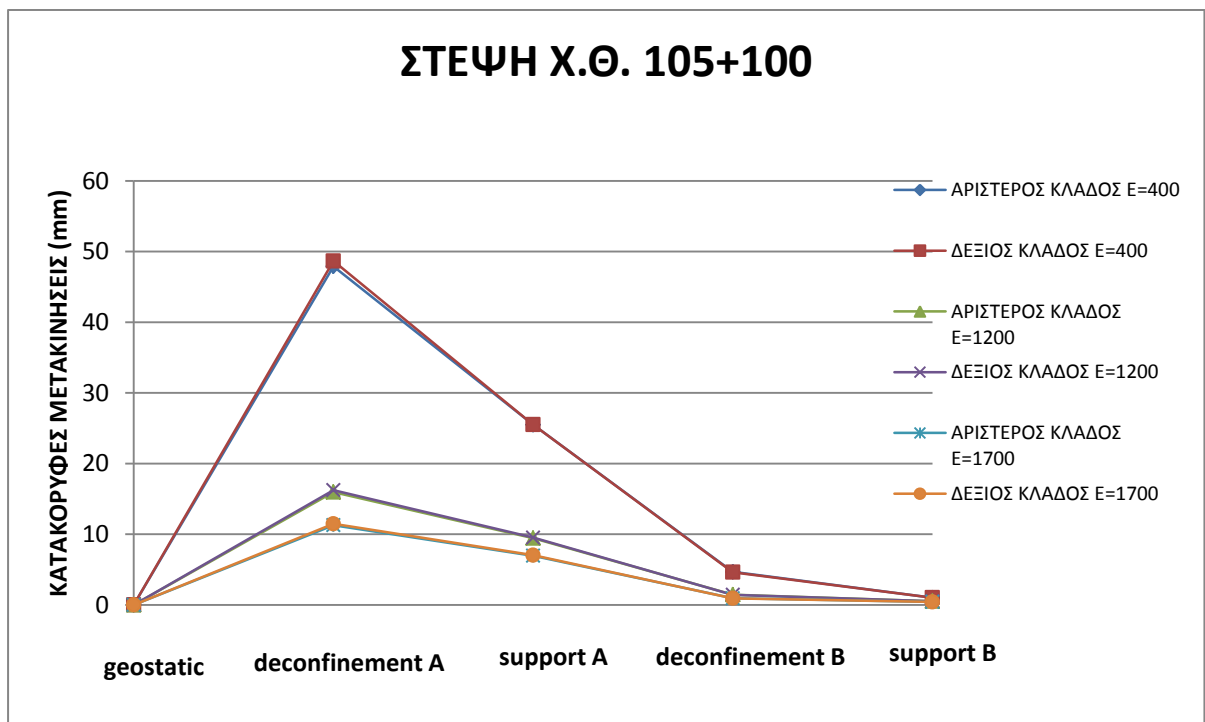
7.1.2.1. Αποτελέσματα

Στην συγκεκριμένη θέση, στην προσομοίωση που έχει γίνει, έχει χρησιμοποιηθεί η τιμή $E=1500\text{MPa}$. Σύμφωνα με την μελέτη², στην περιοχή αυτή το μέτρο ελαστικότητας, κυμαίνεται από 400-1700 MPa. Πραγματοποιήθηκαν τρεις παραμετρικές αναλύσεις, με μέτρα ελαστικότητας $E=400\text{MPa}$, 1500MPa και 1700MPa .

Σύμφωνα με τις μετρήσεις που έγιναν (Παράρτημα Β/ Πίνακας 7.4-7.6), προκύπτουν τα παρακάτω διαγράμματα:



Διάγραμμα 7.1.3



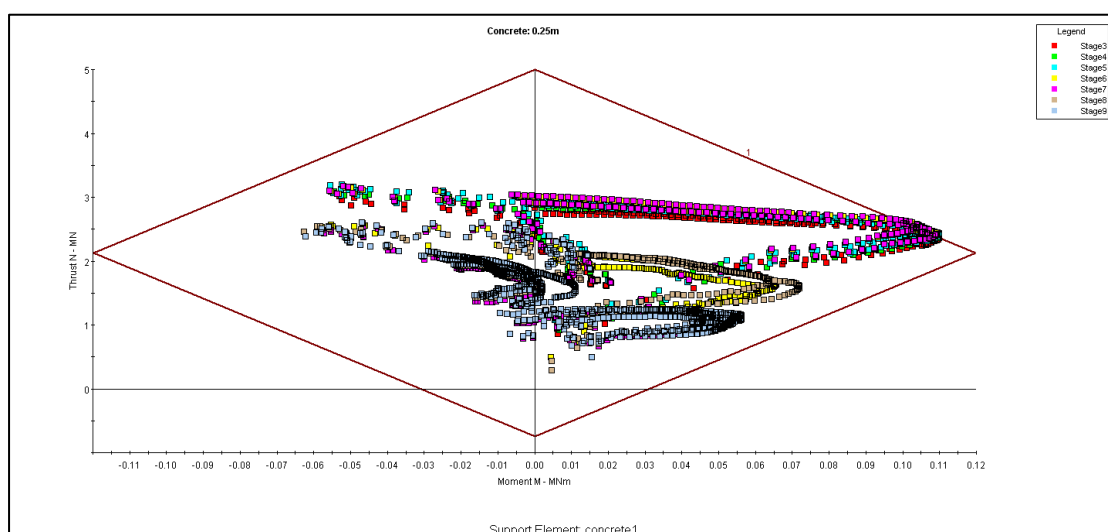
Διάγραμμα 7.1.4

Όπως και στην Χ.Θ. 101+460, έτσι και στην Χ.Θ. 105+100, παρατηρούμε σύμφωνα με το (Διάγραμμα 7.1.3, Διάγραμμα 7.1.4), μία απότομη μεταβολή των τιμών στο

στάδιο της αποτόνωσης της Α φάσης, τόσο για τις κατακόρυφες τάσεις όσο και για τις κατακόρυφες μετακινήσεις. Ενδιαφέρον παρουσιάζει στο (Διάγραμμα 7.1.4), η έντονη διαφορά μεταξύ των τιμών στις κατακόρυφες μετακινήσεις, μεταξύ ασθενούς βραχόμαζας ($E=400\text{MPa}$) και πιο ισχυρής βραχόμαζας ($E=1700\text{MPa}$).

7.1.2.2. Ευαισθησία μέτρων υποστήριξης

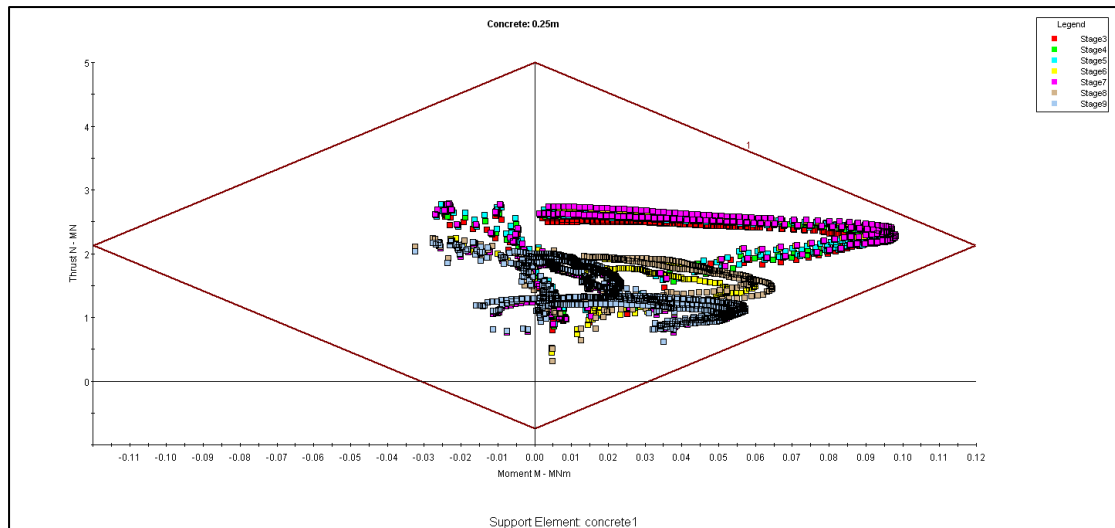
Με βάση τον έλεγχο ευαισθησίας και για συντελεστή ασφαλείας $S.F.=1$, παρατηρούμε σύμφωνα με το διάγραμμα αλληλεπίδρασης της αξονικής δύναμης N και της καμπτικής ροπής M , για το σκυρόδεμα (Εικόνα 7.4), ότι η υποστήριξη είναι ανεπαρκής, για μέτρο ελαστικότητας $E=400\text{MPa}$.



Εικόνα 7.4

Για μέτρο ελαστικότητας $E=1200\text{MPa}$ (Παράρτημα Γ/ Εικόνα 7.5) και μέτρο ελαστικότητας $E=1700\text{MPa}$ (Παράρτημα Γ/ Εικόνα 7.6), η υποστήριξη δεν αστοχεί.

Η αστοχία της υποστήριξης για $E=400\text{MPa}$, είναι αποδεκτή, διότι η συγκεκριμένη κατηγορία, μπορεί να εφαρμοστεί για $E \geq 500\text{MPa}$, όπου και δεν αστοχεί (Εικόνα 7.4.A).



Εικόνα 7.4.A

7.2. Συντελεστής πλευρικών ωθήσεων

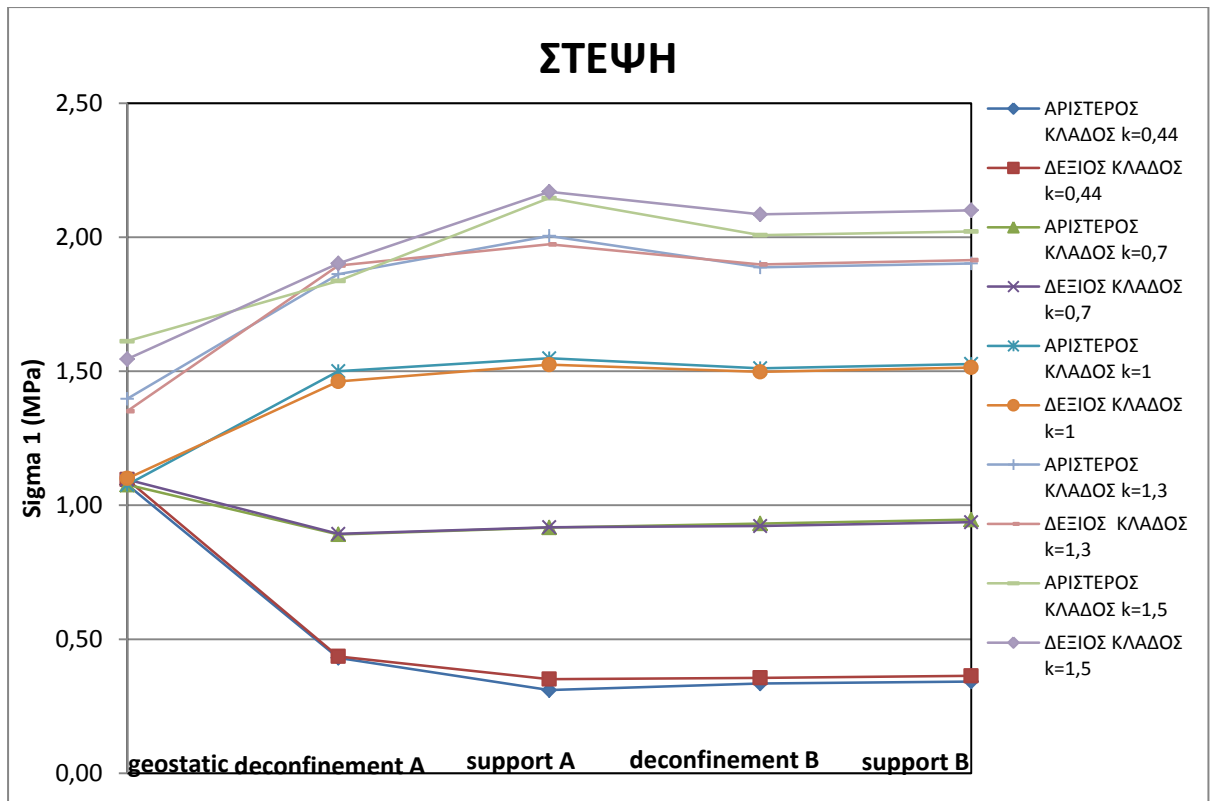
Ο συντελεστής πλευρικών ωθήσεων ko^{12} , ορίζεται ως ο λόγος των ενεργών οριζόντιων ως προς των ενεργών κατακόρυφων τάσεων, όπου $ko = \frac{\sigma'_h}{\sigma'_v}$.

7.2.1. Χ.Θ. 101+460

7.2.1.1. Αποτελέσματα

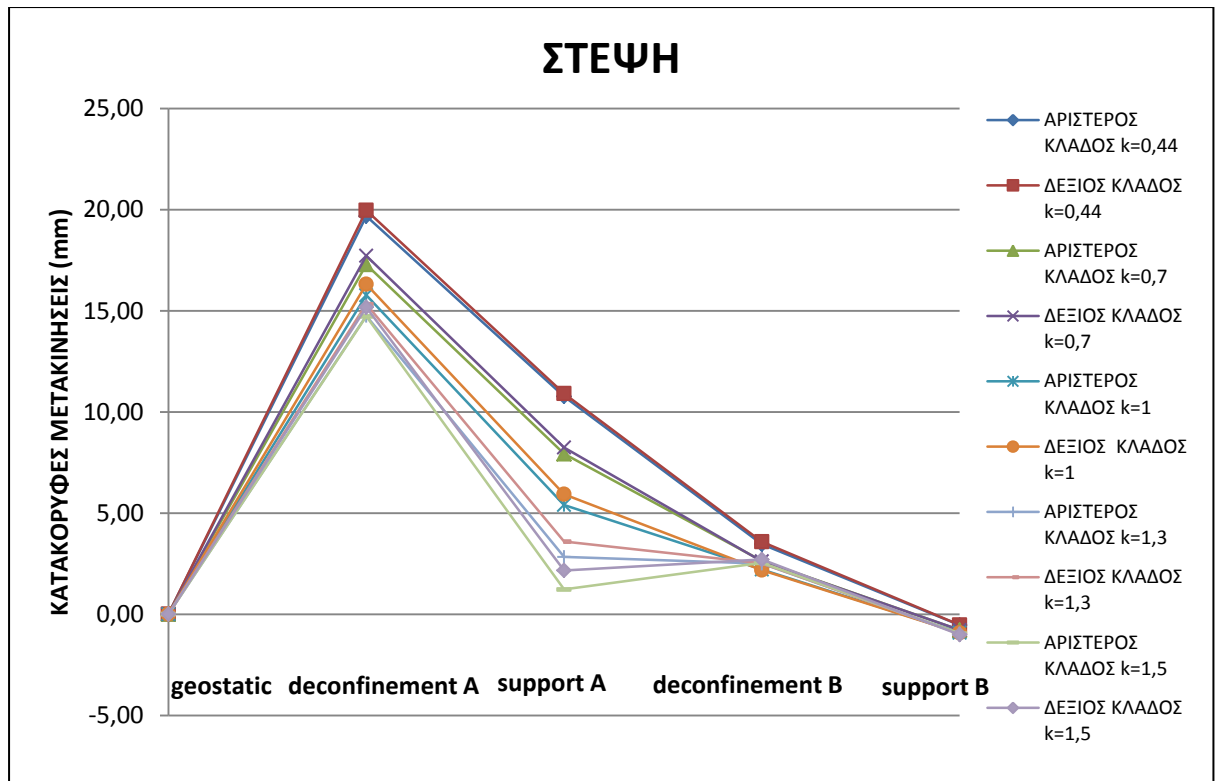
Στην συγκεκριμένη θέση, στην προσομοίωση που έχει γίνει, έχει χρησιμοποιηθεί η τιμή $ko=0,44$. Πραγματοποιήθηκαν πέντε παραμετρικές αναλύσεις, κάθε μία, με συντελεστή πλευρικών ωθήσεων $ko=0,44$, $ko=0,7$, $ko=1$, $ko=1,3$ και $ko=1,5$.

Σύμφωνα με τις μετρήσεις που έγιναν (Παράρτημα Β/ Πίνακας 7.7-7.11), προκύπτουν τα παρακάτω διαγράμματα:



Διάγραμμα 7.2.1

Σύμφωνα με το (Διάγραμμα 7.2.1), παρατηρούμε πως για συντελεστή πλευρικών ωθήσεων $k_o=0,44-0,7$, οι κατακόρυφες τάσεις μειώνονται έως το στάδιο της αποτόνωσης της Α φάσης εκσκαφής και μετά σταθεροποιούνται, ενώ για $k_o \geq 0,7$, οι κατακόρυφες τάσεις αυξάνονται έως το στάδιο της αποτόνωσης της Α φάσης εκσκαφής και μετά σταθεροποιούνται.



Διάγραμμα 7.2.2

Σύμφωνα με το (Διάγραμμα 7.2.2), παρατηρούμε πως καθώς αυξάνεται ο συντελεστής πλευρικών ωθήσεων, έχουμε μείωση στις κατακόρυφες μετακινήσεις. Ενδιαφέρον, παρουσιάζουν οι μετακινήσεις για συντελεστή $k \geq 1$, όπου μέχρι το στάδιο της υποστήριξης της A φάσης εκσκαφής είναι μικρότερες από τις μετακινήσεις για $k \leq 1$, μετά το στάδιο αυτό οι μετακινήσεις, είναι ίσες με τις μετακινήσεις για $k \leq 1$.

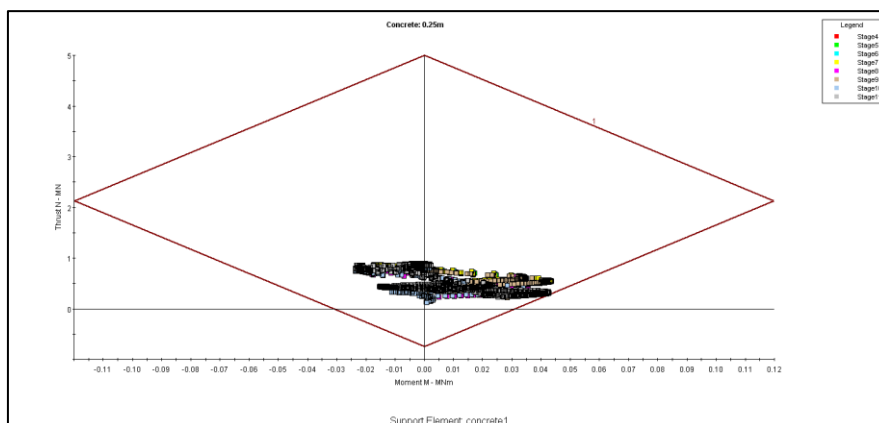
7.2.1.1. Ευαισθησία μέτρων υποστήριξης

Με βάση τον έλεγχο ευαισθησίας και για συντελεστή ασφαλείας $S.F.=1$, παρατηρούμε σύμφωνα με το διάγραμμα αλληλεπίδρασης της αξονικής δύναμης N και της καμπτικής ροπής M , για το σκυρόδεμα, προκύπτουν τα παρακάτω:

Για $k=0,44$ είναι επαρκής (Παράρτημα Γ/ Εικόνα 7.7), για $k=0,7$ δεν είναι επαρκής (Παράρτημα Γ/ Εικόνα 7.8), για $k=1$ δεν είναι επαρκής (Παράρτημα Γ/ Εικόνα 7.9), για $k=1,3$ δεν είναι επαρκής (Παράρτημα Γ/ Εικόνα 7.10) και για $k=1,5$ δεν είναι επαρκής (Παράρτημα Γ/ Εικόνα 7.11)

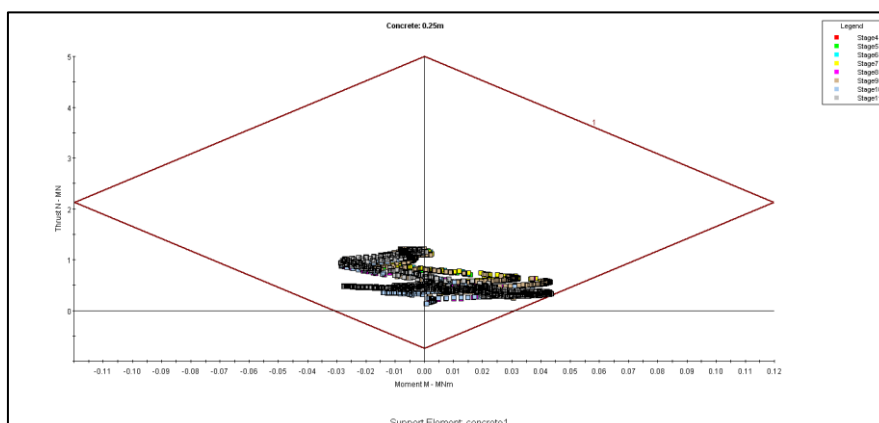
Συγκεκριμένα για να αντιμετωπιστούν οι παραπάνω αστοχίες στην προσωρινή υποστήριξη, χρειάστηκε να μεταβληθούν κάποια στοιχεία της ώστε να μην αστοχεί:

- Για $k_0=0,7$ (Εικόνα 7.8.A), χρειάστηκε να τοποθετηθούν πλαίσια HEB 200 αντί HEB 140 και το βήμα προχώρησης και τοποθέτησης της προσωρινής υποστήριξης να γίνει $A=0,5m$, αντί για $A=1,5m$.



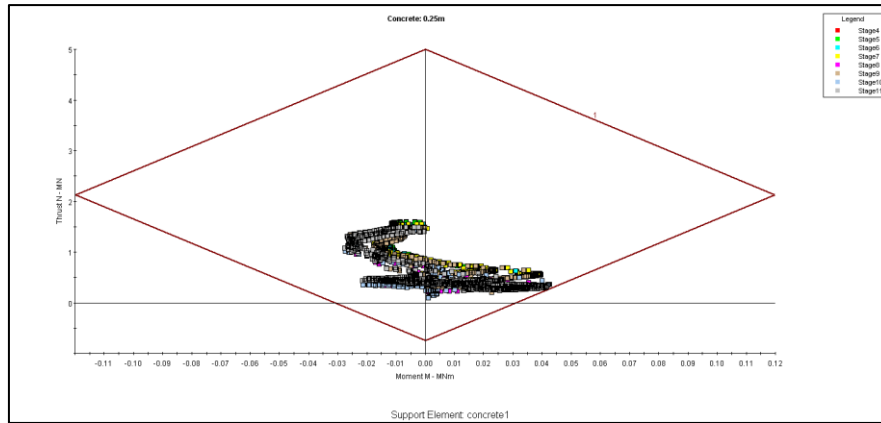
Εικόνα 7.8.A

- Για $k_0=1$ (Εικόνα 7.9.A), χρειάστηκε να τοποθετηθούν πλαίσια HEB 200 αντί HEB 140 και το βήμα προχώρησης και τοποθέτησης της προσωρινής υποστήριξης να γίνει $A=0,5m$, αντί για $A=1,5m$.



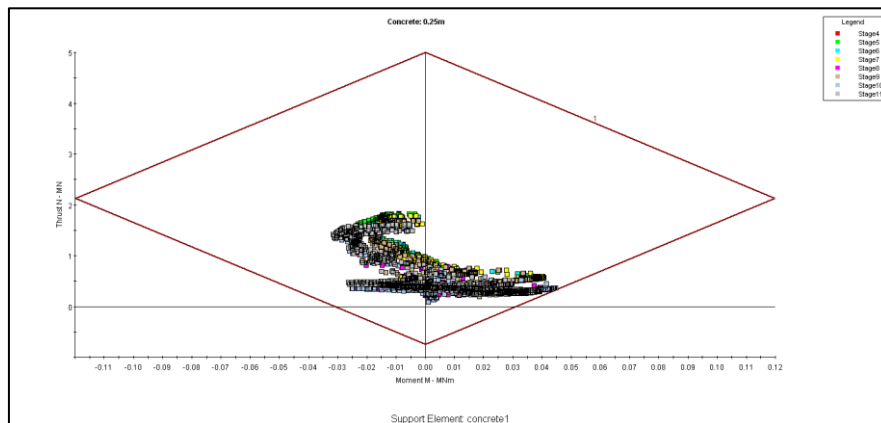
Εικόνα 7.9.A

- Για $k_0=1,3$ (Εικόνα 7.10.A), χρειάστηκε να τοποθετηθούν πλαίσια HEB 200 αντί HEB 140 και το βήμα προχώρησης και τοποθέτησης της προσωρινής υποστήριξης να γίνει $A=0,5m$, αντί για $A=1,5m$.



Εικόνα 7.10.A

- Για $k_0=1,5$ (Εικόνα 7.11.A), χρειάστηκε να τοποθετηθούν πλαίσια HEB 200 αντί HEB 140 και το βήμα προχώρησης και τοποθέτησης της προσωρινής υποστήριξης να γίνει $A=0,5m$, αντί για $A=1,5m$.



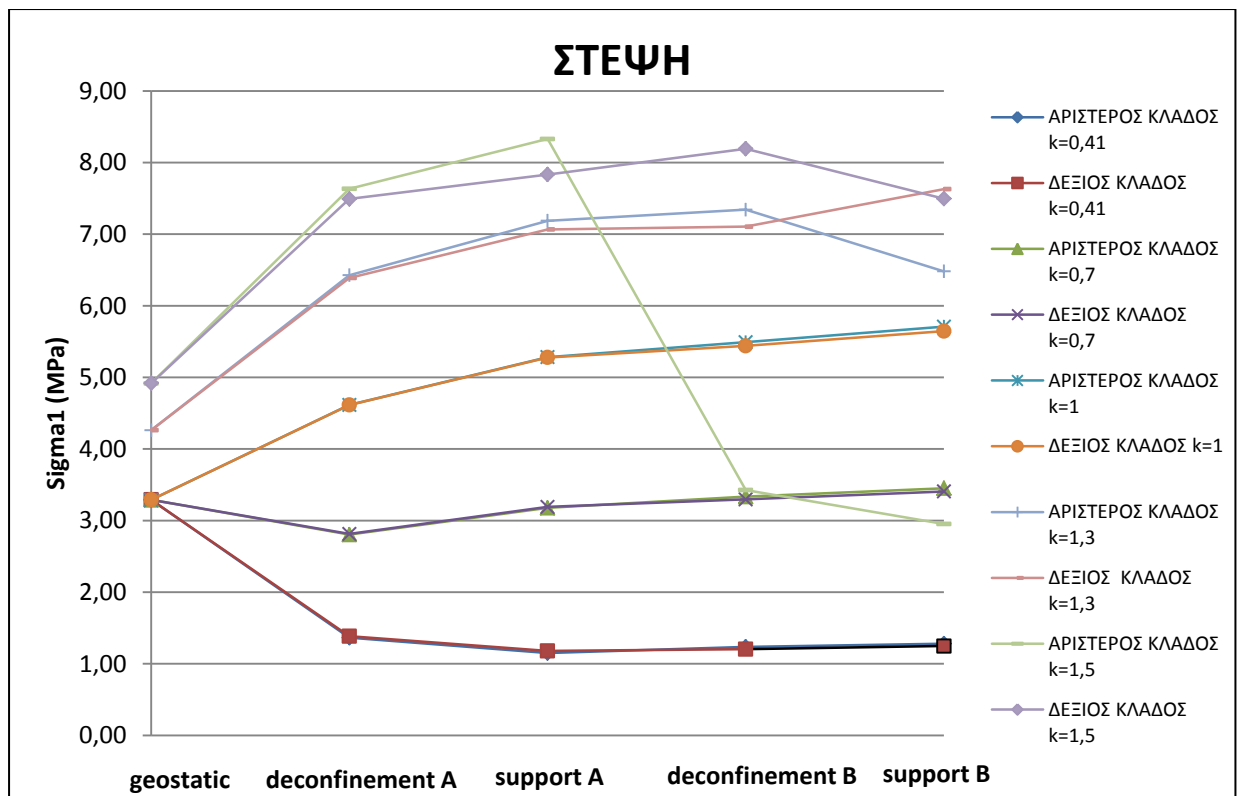
Εικόνα 7.11.A

7.2.2. Χ.Θ. 105+100

7.2.2.1. Αποτελέσματα

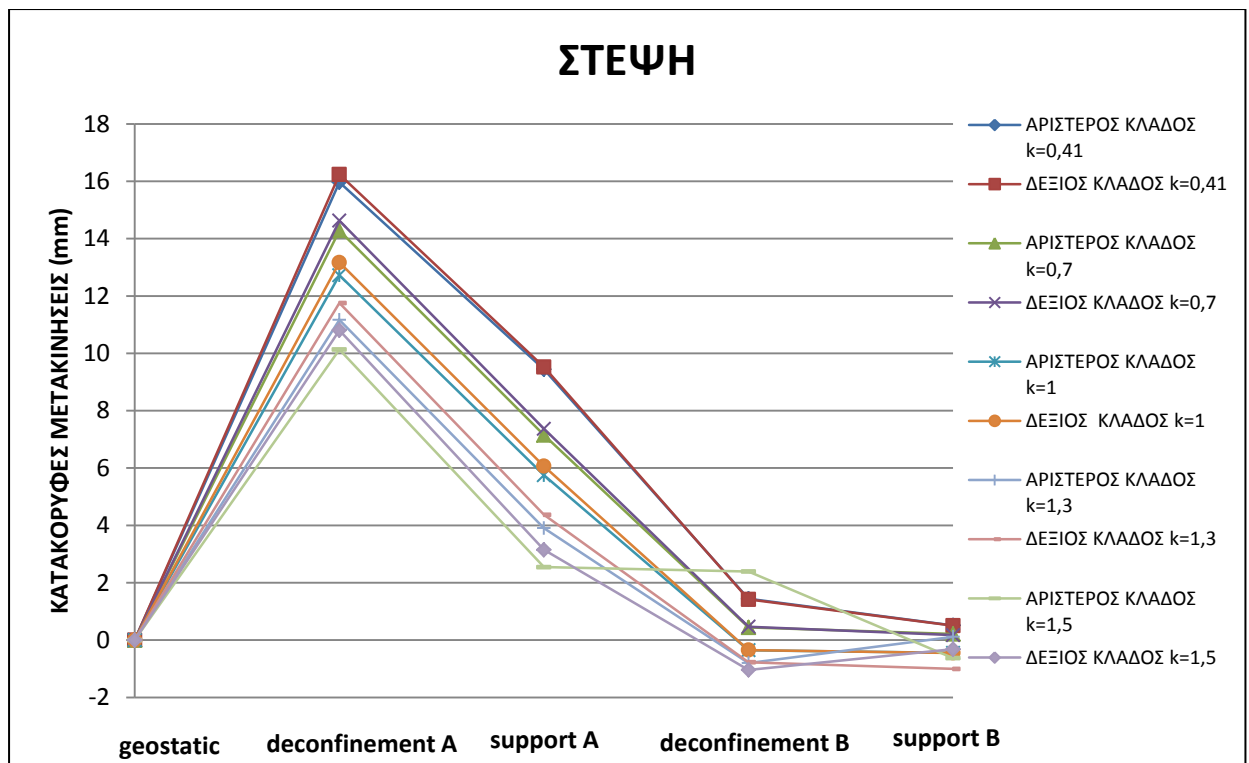
Στην συγκεκριμένη θέση, στην προσομοίωση που έχει γίνει, έχει χρησιμοποιηθεί η τιμή $k_0=0,41$. Πραγματοποιήθηκαν πέντε παραμετρικές αναλύσεις, κάθε μία, με συντελεστή πλευρικών ωθήσεων $k_0=0,41$, $k_0=0,7$, $k_0=1$, $k_0=1,3$ και $k_0=1,5$.

Σύμφωνα με τις μετρήσεις που έγιναν (Παράρτημα Β/ Πίνακας 7.12-7.16), προκύπτουν τα παρακάτω διαγράμματα:



Διάγραμμα 7.2.3

Σύμφωνα με το (Διάγραμμα 7.2.3), παρατηρούμε πως για συντελεστή πλευρικών ωθήσεων $k_0=0,44- 0,7$, οι κατακόρυφες τάσεις μειώνονται έως το στάδιο της αποτόνωσης της Α φάσης εκσκαφής και μετά σταθεροποιούνται, ενώ για $k_0 \geq 0,7$, οι κατακόρυφες τάσεις αυξάνονται έως το στάδιο της αποτόνωσης της Α φάσης εκσκαφής και μετά σταθεροποιούνται.



Διάγραμμα 7.2.4

Σύμφωνα με το (Διάγραμμα 7.2.4), παρατηρούμε πως καθώς αυξάνεται ο συντελεστής πλευρικών ωθήσεων, έχουμε μείωση στις κατακόρυφες μετακινήσεις, έως το στάδιο της αποτόνωσης της Β φάσης εκσκαφής και στην συνέχεια σταθεροποίησή τους.

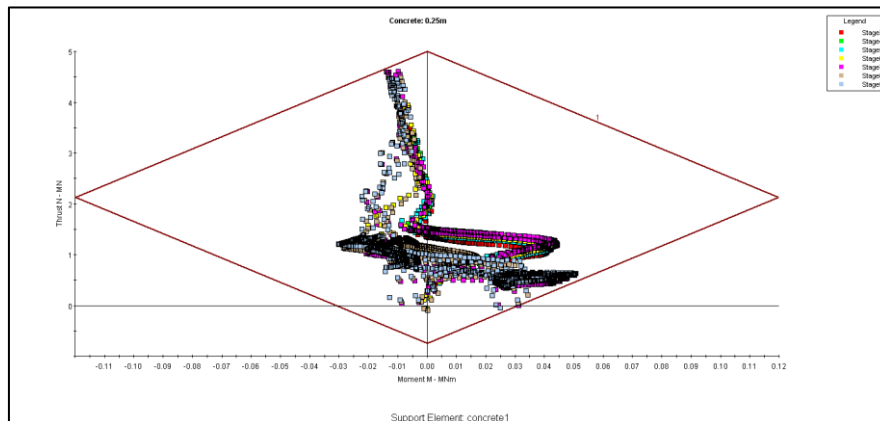
7.2.2.2. Ευαισθησία μέτρων υποστήριξης

Με βάση τον έλεγχο ευαισθησίας και για συντελεστή ασφαλείας $S.F.=1$, παρατηρούμε σύμφωνα με το διάγραμμα αλληλεπίδρασης της αξονικής δύναμης N και της καμπτικής ροπής M , για το σκυρόδεμα, προκύπτουν τα παρακάτω:

Για $k_0=0,41$ είναι επαρκής (Παράρτημα Γ/ Εικόνα 7.12), για $k_0=0,7$ είναι επαρκής (Παράρτημα Γ/ Εικόνα 7.13), για $k_0=1$ είναι επαρκής (Παράρτημα Γ/ Εικόνα 7.14), για $k_0=1,3$ είναι επαρκής (Παράρτημα Γ/ Εικόνα 7.15) και για $k_0=1,5$ δεν είναι επαρκής (Παράρτημα Γ/ Εικόνα 7.16)

Συγκεκριμένα για να αντιμετωπιστούν οι παραπάνω αστοχίες στην προσωρινή υποστήριξη, χρειάστηκε να μεταβληθούν κάποια στοιχεία της ώστε να μην αστοχεί:

- Για $k_0=1,5$ (Εικόνα 7.16.A), χρειάστηκε να τοποθετηθούν πλαίσια HEB 200 αντί Lattice girder 3-bar 70/32/D22, το βήμα προχώρησης και τοποθέτησης της προσωρινής υποστήριξης να γίνει $A=0,5m$, αντί για $A=2m$ και τα αγκύρια να γίνουν SN-anchor $\Phi 25$ S500 σε κάναβο $1m \times 1m$, αντί για SN-anchor $\Phi 25$ S500 σε κάναβο $2m \times 2m$.



Εικόνα 7.16.A

7.3. Συνοχή

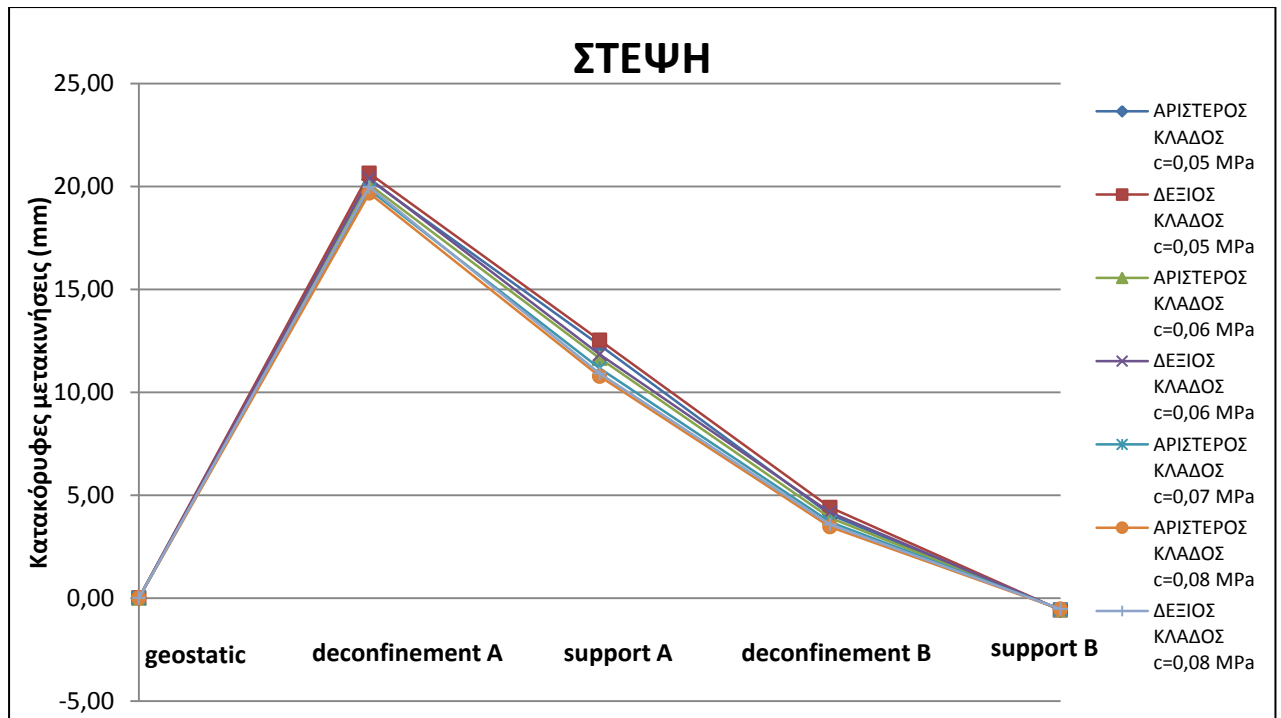
Η συνοχή¹², είναι μια πολύ σημαντική ιδιότητα των υλικών, η οποία συμβάλει στην αύξηση της διατμητικής αντοχής ενός υλικού και ουσιαστικά εκφράζει την ικανότητα ενός υλικού να ανθίσταται στις διατμητικές δυνάμεις. Στα εδαφικά υλικά, η συνοχή εξαρτάται από την περιεκτικότητά τους σε νερό, την πυκνότητα και την πλαστικότητα του εδάφους. Στα πετρώματα, η συνοχή εξαρτάται από την υγρασία τους και την πυκνότητά τους.

7.3.1. Χ.Θ. 101+460

7.3.1.1. Αποτελέσματα

Στην συγκεκριμένη θέση, στην προσομοίωση που έχει γίνει, έχει χρησιμοποιηθεί η τιμή $c=0,08$ MPa. Πραγματοποιήθηκαν τέσσερις παραμετρικές αναλύσεις, για τιμές $c=0,05$ MPa, $c=0,06$ MPa, $c=0,07$ MPa και $c=0,08$ MPa.

Σύμφωνα με τις μετρήσεις που έγιναν (Παράρτημα Β/ Πίνακας 7.17), προκύπτει το παρακάτω διάγραμμα:



Διάγραμμα 7.3.1

Σύμφωνα με το (Διάγραμμα 7.3.1), παρατηρούμε πως η μεταβολή του παράγοντα της συνοχής δεν επιφέρει κάποια μεταβολή στις κατακόρυφες μετακινήσεις.

7.3.1.2. Ευαισθησία μέτρων υποστήριξης

Με βάση τον έλεγχο ευαισθησίας και για συντελεστή ασφαλείας $S.F.=1$, παρατηρούμε σύμφωνα με το διάγραμμα αλληλεπίδρασης της αξονικής δύναμης N και της καμπτικής ροπής M , για το σκυρόδεμα, προκύπτουν τα παρακάτω:

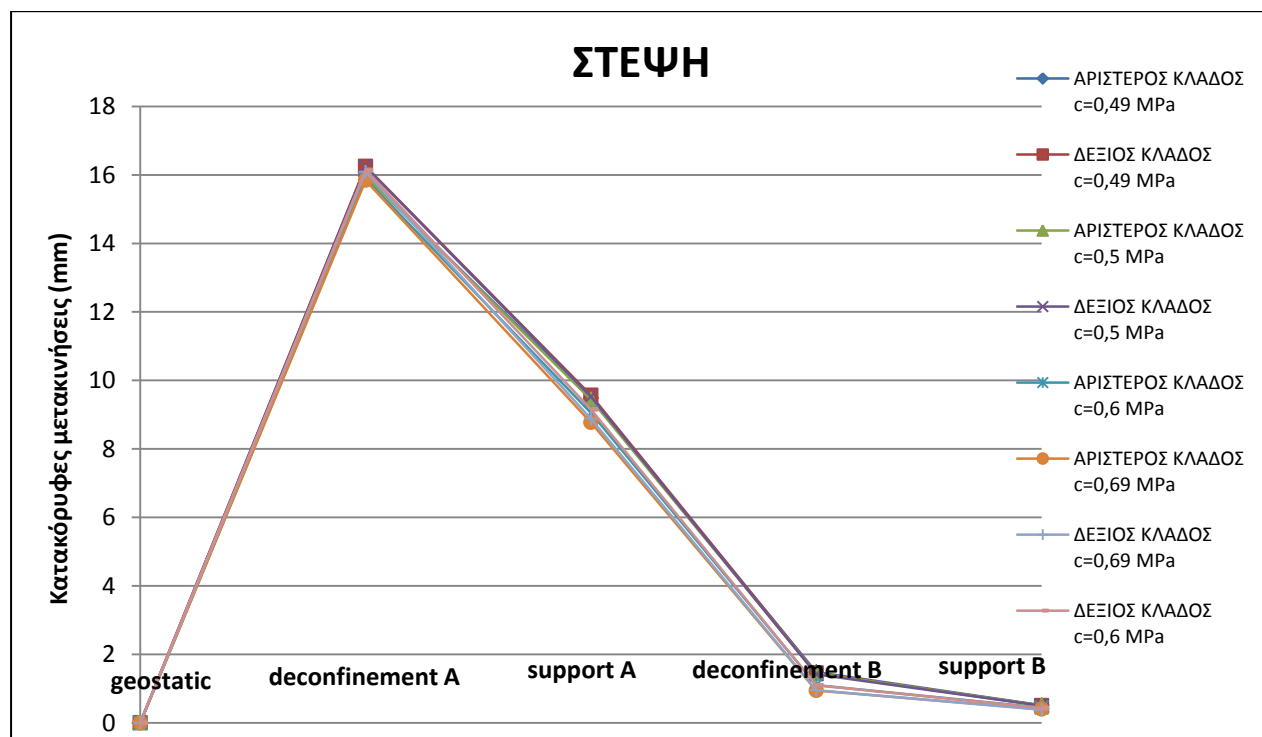
Για $c=0,05$ MPa είναι επαρκής (Παράρτημα Γ/ Εικόνα 7.17), για $c=0,06$ MPa είναι επαρκής (Παράρτημα Γ/ Εικόνα 7.18), για $c=0,07$ MPa είναι επαρκής (Παράρτημα Γ/ Εικόνα 7.19) και για $c=0,08$ MPa είναι επαρκής (Παράρτημα Γ/ Εικόνα 7.20).

7.3.2. Χ.Θ. 105+100

7.3.2.1. Ανάλυση

Στην συγκεκριμένη θέση, στην προσομοίωση που έχει γίνει, έχει χρησιμοποιηθεί η τιμή $c=0,5$ MPa. Πραγματοποιήθηκαν τέσσερις παραμετρικές αναλύσεις, για τιμές $c=0,49$ MPa, $c=0,5$ MPa, $c=0,6$ MPa και $c=0,69$ MPa.

Σύμφωνα με τις μετρήσεις που έγιναν (Παράρτημα Β/ Πίνακας 7.18), προκύπτει το παρακάτω διάγραμμα:



Διάγραμμα 7.3.2

Σύμφωνα με το (Διάγραμμα 7.3.2), παρατηρούμε πως η μεταβολή του παράγοντα της συνοχής δεν επιφέρει κάποια μεταβολή στις κατακόρυφες μετακινήσεις.

7.3.2.2. Ευαισθησία μέτρων υποστήριξης

Με βάση τον έλεγχο ευαισθησίας και για συντελεστή ασφαλείας $S.F.=1$, παρατηρούμε σύμφωνα με το διάγραμμα αλληλεπίδρασης της αξονικής δύναμης N και της καμπτικής ροπής M , για το σκυρόδεμα, προκύπτουν τα παρακάτω:

Για $c=0,49$ MPa είναι επαρκής (Παράρτημα Γ/ Εικόνα 7.21), για $c=0,5$ MPa είναι επαρκής (Παράρτημα Γ/ Εικόνα 7.22), για $c=0,6$ MPa είναι επαρκής (Παράρτημα Γ/ Εικόνα 7.23) και για $c=0,69$ MPa είναι επαρκής (Παράρτημα Γ/ Εικόνα 7.24).

7.4. Γωνία εσωτερικής τριβής

Η γωνία εσωτερικής τριβής¹², στα εδάφη εκφράζει ουσιαστικά ένα μέτρο της γωνίας φυσικής απόθεσης ενός εδάφους. Για παράδειγμα στην περίπτωση της ξηρής άμμου,

η γωνία αυτή είναι περίπου 30° , ενώ μέτριας ή μεγάλης πλαστικότητας εδαφικά υλικά εμφανίζουν γωνία εσωτερικής τριβής της τάξης των 15° .

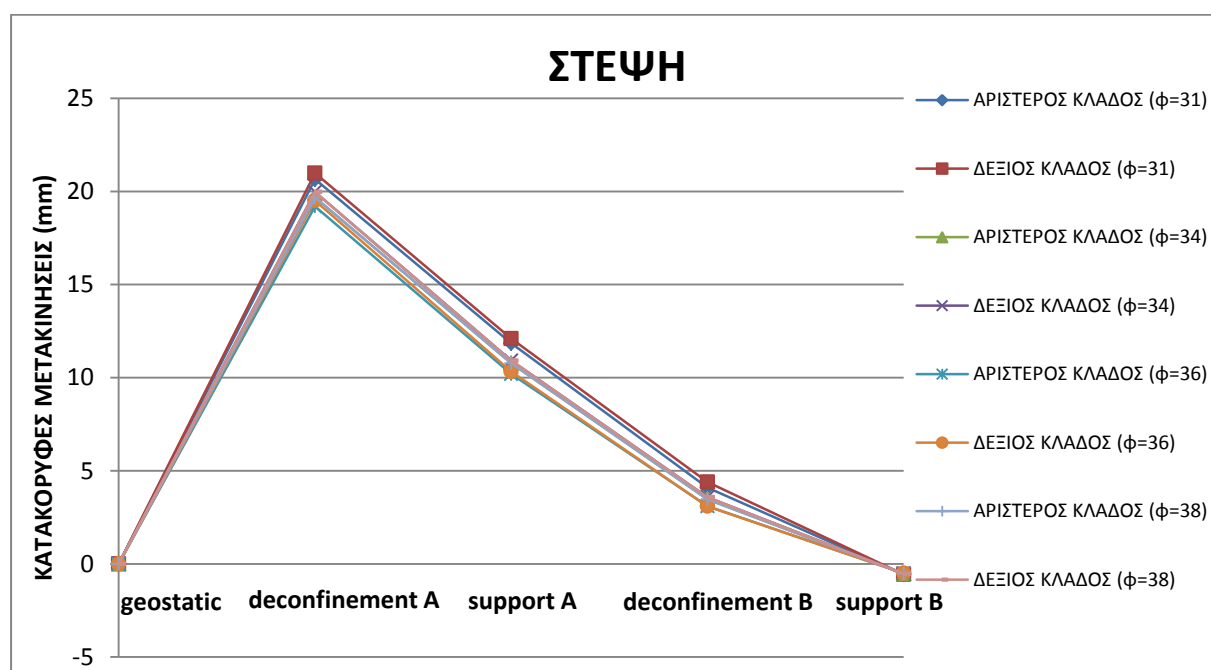
Στα πετρώματα, την γωνία εσωτερικής τριβής, εκφράζει η τριβή μεταξύ των παρειών μεταξύ μιας ασυνέχειας όταν το υλικό καταπονείται σε διάτμηση, καθώς και μεταξύ των κόκκων του υλικού, όταν το υλικό υφίσταται διατρητική αστοχία.

7.4.1. Χ.Θ. 101+460

7.4.1.1. Ανάλυση

Στην συγκεκριμένη θέση, στην προσομοίωση που έχει γίνει, έχει χρησιμοποιηθεί η τιμή $\phi=34^\circ$. Πραγματοποιήθηκαν τέσσερις παραμετρικές αναλύσεις, για τιμές $\phi=31^\circ$, $\phi=34^\circ$, $\phi=36^\circ$ και $\phi=38^\circ$.

Σύμφωνα με τις μετρήσεις που έγιναν (Παράρτημα Β/ Πίνακας 7.19), προκύπτει το παρακάτω διάγραμμα:



Διάγραμμα 7.4.1

Σύμφωνα με το (Διάγραμμα 7.4.1), παρατηρούμε πως η μεταβολή του παράγοντα της γωνίας εσωτερικής τριβής δεν επιφέρει κάποια μεταβολή στις κατακόρυφες μετακινήσεις.

7.4.1.2. Ευαισθησία μέτρων υποστήριξης

Με βάση τον έλεγχο ευαισθησίας και για συντελεστή ασφαλείας $S.F.=1$, παρατηρούμε σύμφωνα με το διάγραμμα αλληλεπίδρασης της αξονικής δύναμης N και της καμπτικής ροπής M , για το σκυρόδεμα, προκύπτουν τα παρακάτω:

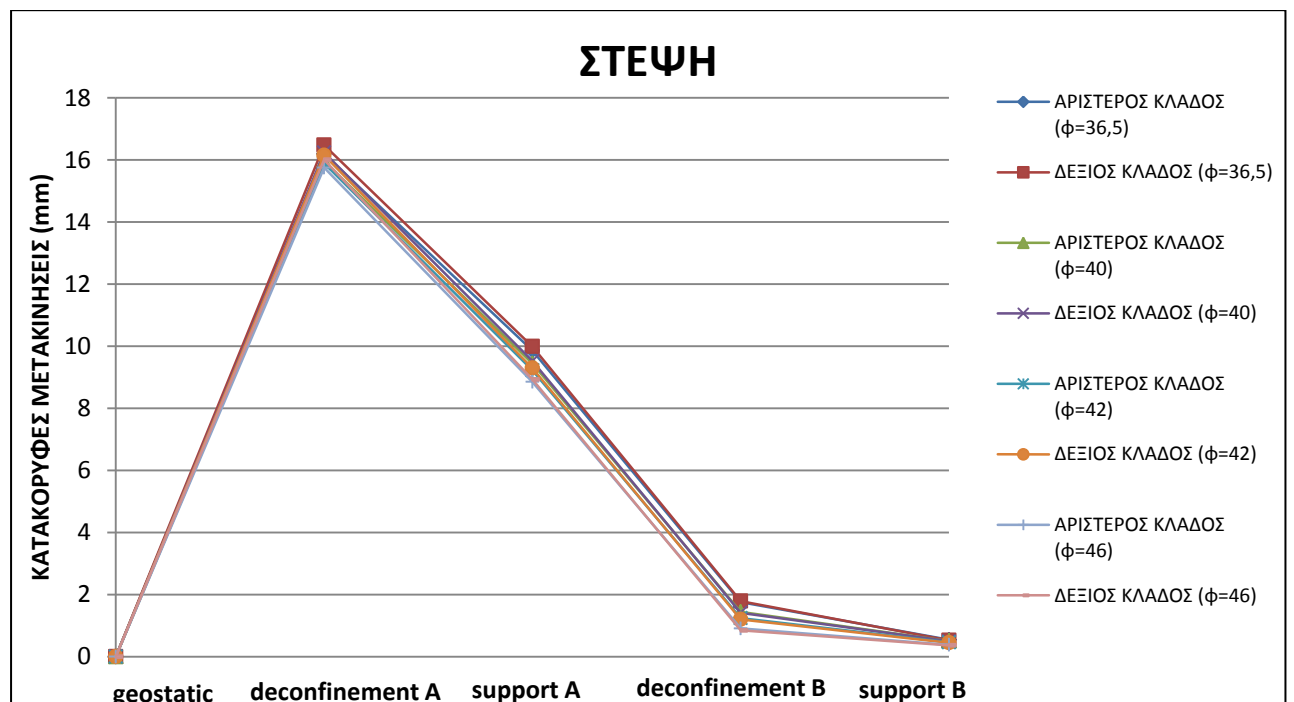
Για $\phi=31^\circ$ είναι επαρκής (Παράρτημα Γ/ Εικόνα 7.25), για $\phi=34^\circ$ είναι επαρκής (Παράρτημα Γ/ Εικόνα 7.26), για $\phi=36^\circ$ είναι επαρκής (Παράρτημα Γ/ Εικόνα 7.27) και για $\phi=38^\circ$ είναι επαρκής (Παράρτημα Γ/ Εικόνα 7.28).

7.4.2. Χ.Θ. 105+100

7.4.2.1. Αποτελέσματα

Στην συγκεκριμένη θέση, στην προσομοίωση που έχει γίνει, έχει χρησιμοποιηθεί η τιμή $\phi=40^\circ$. Πραγματοποιήθηκαν τέσσερις παραμετρικές αναλύσεις, για τιμές $\phi=36,5^\circ$, $\phi=40^\circ$, $\phi=42^\circ$ και $\phi=46^\circ$.

Σύμφωνα με τις μετρήσεις που έγιναν (Παράρτημα Β/ Πίνακας 7.20), προκύπτει το παρακάτω διάγραμμα:



Διάγραμμα 7.4.2

Σύμφωνα με το (Διάγραμμα 7.4.2), παρατηρούμε πως η μεταβολή του παράγοντα της γωνίας εσωτερικής τριβής δεν επιφέρει κάποια μεταβολή στις κατακόρυφες μετακινήσεις.

7.4.2.2. Ευαισθησία μέτρων υποστήριξης

Με βάση τον έλεγχο ευαισθησίας και για συντελεστή ασφαλείας $S.F.=1$, παρατηρούμε σύμφωνα με το διάγραμμα αλληλεπίδρασης της αξονικής δύναμης N και της καμπτικής ροπής M , για το σκυρόδεμα, προκύπτουν τα παρακάτω:

Για $\varphi=36,5^\circ$ είναι επαρκής (Παράρτημα Γ/ Εικόνα 7.29), για $\varphi=40^\circ$ είναι επαρκής (Παράρτημα Γ/ Εικόνα 7.30), για $\varphi=24^\circ$ είναι επαρκής (Παράρτημα Γ/ Εικόνα 7.31) και για $\varphi=46^\circ$ είναι επαρκής (Παράρτημα Γ/ Εικόνα 7.32).

8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με βάση τις αναλύσεις που έγιναν με τον κώδικα πεπερασμένων στοιχείων στο κεφάλαιο 6, όσο και τις παραμετρικές αναλύσεις για την επίδραση των μηχανικών χαρακτηριστικών της βραχώμαζας στην προσωρινή υποστήριξη στο κεφάλαιο 7, μπορούμε να εξάγουμε βασικά συμπεράσματα για την σημασία των μηχανικών παραμέτρων στην προσωρινή υποστήριξη. Από τα προηγούμενα κεφάλαια, παρατηρήσαμε ότι οι σημαντικότερες μεταβολές συμβαίνουν στο στάδιο της τοποθέτησης της υποστήριξης στην Α φάση εκσκαφής, όπου και για αυτό το λόγο επιλέγουμε αυτό το στάδιο για τις αναφορές μας στα συμπεράσματα.

8.1. Επίδραση του συντελεστή αποτόνωσης λ

Σημαντική είναι η επίδραση των μηχανικών χαρακτηριστικών της βραχώμαζας, στην αποτόνωσή της, όπου παρατηρείται ότι όσο πιο ισχυρή είναι η βραχώμαζα τόσο μικρότερο ρόλο παίζει ο συντελεστής αποτόνωσης στην σύγκλιση της σήραγγας. Συγκεκριμένα σε περιοχές με ισχυρή βραχώμαζα (Χ.Θ. 105+100), όσο αυξάνεται η αποτόνωση, ο ρυθμός αύξησης των συγκλίσεων είναι μικρός, σε σχέση με περιοχές ασθενούς βραχώμαζας (Χ.Θ. 101+460, Χ.Θ. 105+100), όπου εκεί ο ρυθμός αύξησης των συγκλίσεων είναι πολύ μεγάλος όσο αυξάνεται η αποτόνωση (βλέπε Διάγραμμα 6.5.1, 6.6.1, 6.7.1).

8.2. Επίδραση του υπερκείμενου υψομέτρου

Όσον αφορά την περιοχή των κροκαλοπαγών (Χ.Θ. 101+460, Χ.Θ. 102+920), παρατηρούμε ότι ο παράγοντας του υπερκείμενου υψομέτρου, επιδρά σημαντικά στην σύγκλιση της σήραγγας. Συγκεκριμένα αν και υπάρχουν μικρές διαφορές στα μηχανικά χαρακτηριστικά των δύο θέσεων, (Χ.Θ. 101+460) με υπερκείμενο 74m και (Χ.Θ. 102+920) με υπερκείμενο 264m, μπορούμε με βάση το (Διάγραμμα 8.2.1), να εξάγουμε το συμπέρασμα πως όσο μεγαλύτερο είναι το υπερκείμενο, τόσο μεγαλύτερες είναι οι συγκλίσεις στην σήραγγα.

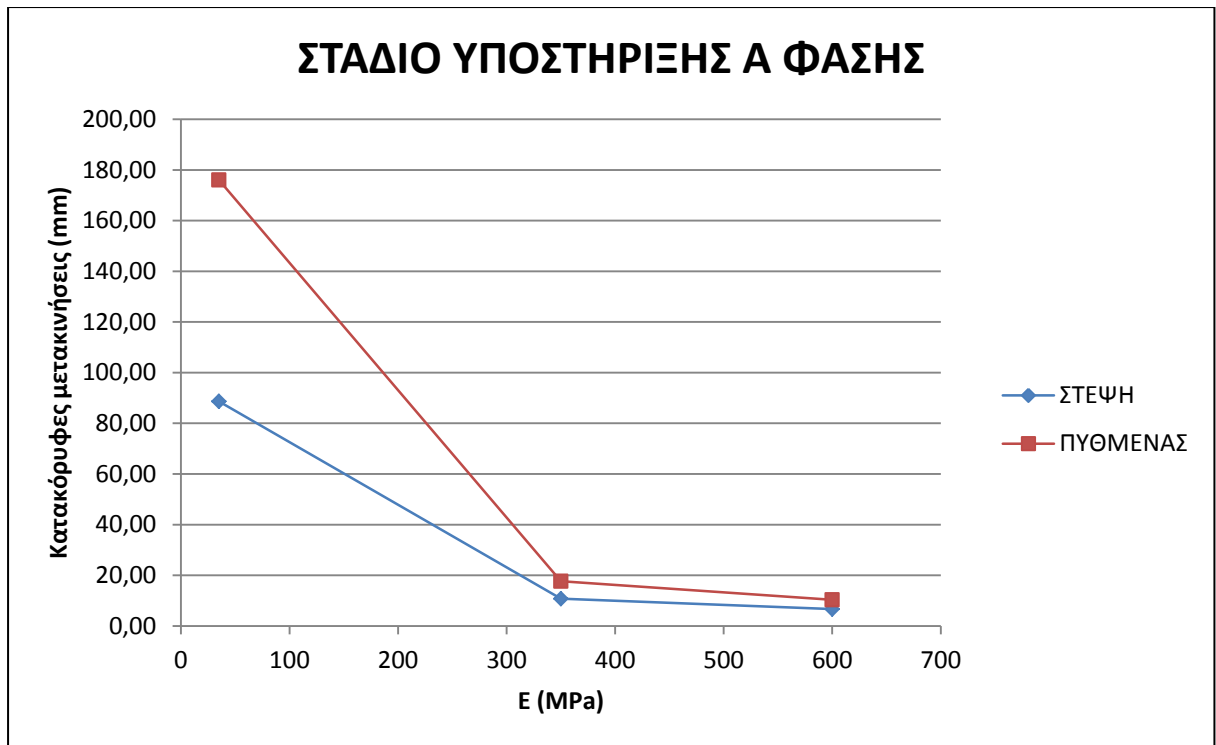


Διάγραμμα 8.2.1

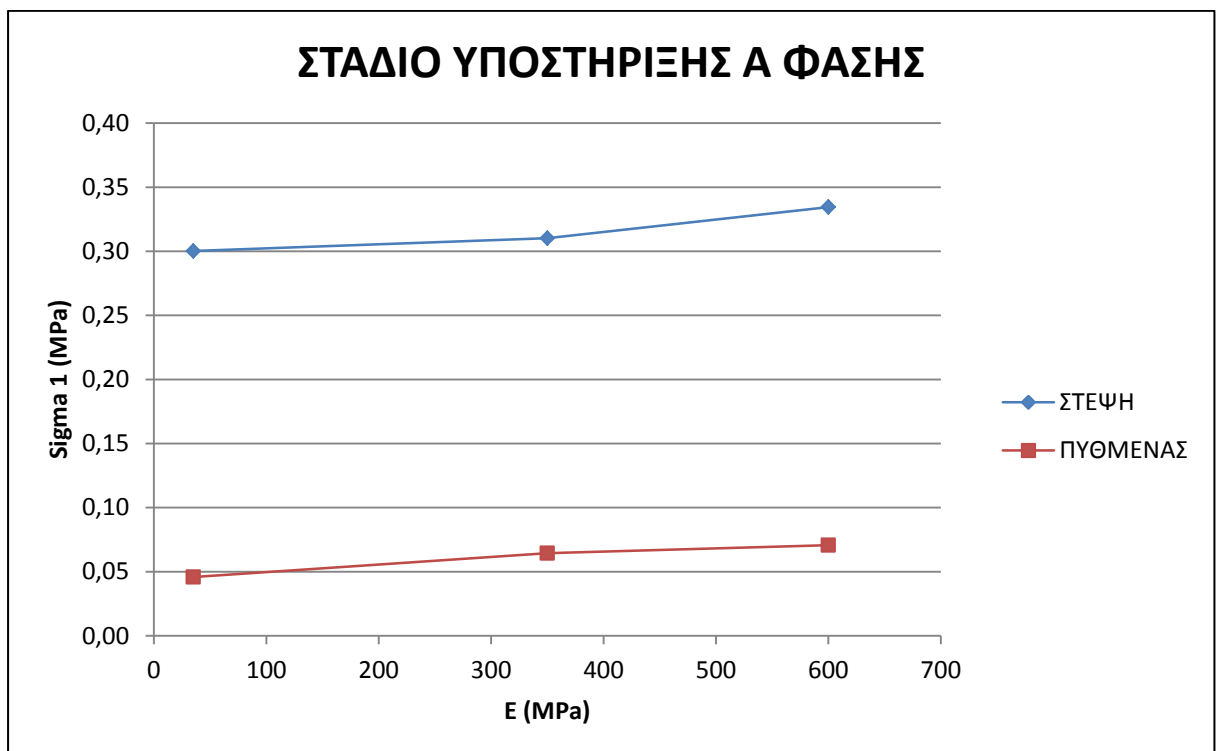
8.3. Επίδραση του μέτρου ελαστικότητας E

Με βάση τις αναλύσεις που έγιναν στα προηγούμενα κεφάλαια, παρατηρούμε πως η μεταβολή του παράγοντα του μέτρου ελαστικότητας, έχει επίδραση στα μέτρα υποστήριξης. Συγκεκριμένα:

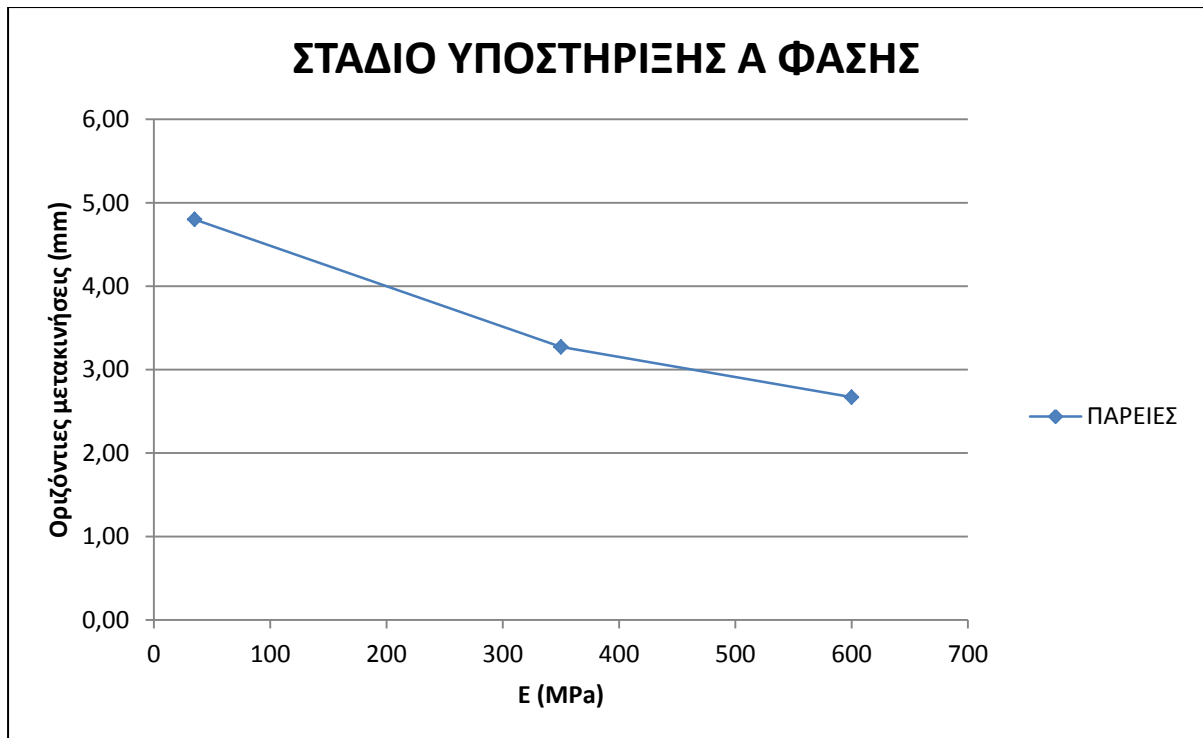
Στην περιοχή των κροκαλοπαγών (Χ.Θ. 101+460), παρατηρείται (Διάγραμμα 8.3.1) ότι όσο μειώνεται το μέτρο ελαστικότητας, τόσο πιο μεγάλες είναι οι συγκλίσεις που θα συμβούν στην στέψη της σήραγγας. Ακόμα εντονότερη είναι η αύξηση των κατακόρυφων μετακινήσεων στον πυθμένα, με την μείωση του μέτρου ελαστικότητας. Το ακριβώς αντίθετο συμβαίνει με τις κατακόρυφες τάσεις (Διάγραμμα 8.3.2), οι οποίες αυξάνονται με την αύξηση του μέτρου ελαστικότητας. Τέλος με την αύξηση του μέτρου ελαστικότητας, παρατηρείται (Διάγραμμα 8.3.3) μια μικρή μείωση στις οριζόντιες μετατόπισες στην θέση των παρειών.



Διάγραμμα 8.3.1



Διάγραμμα 8.3.2

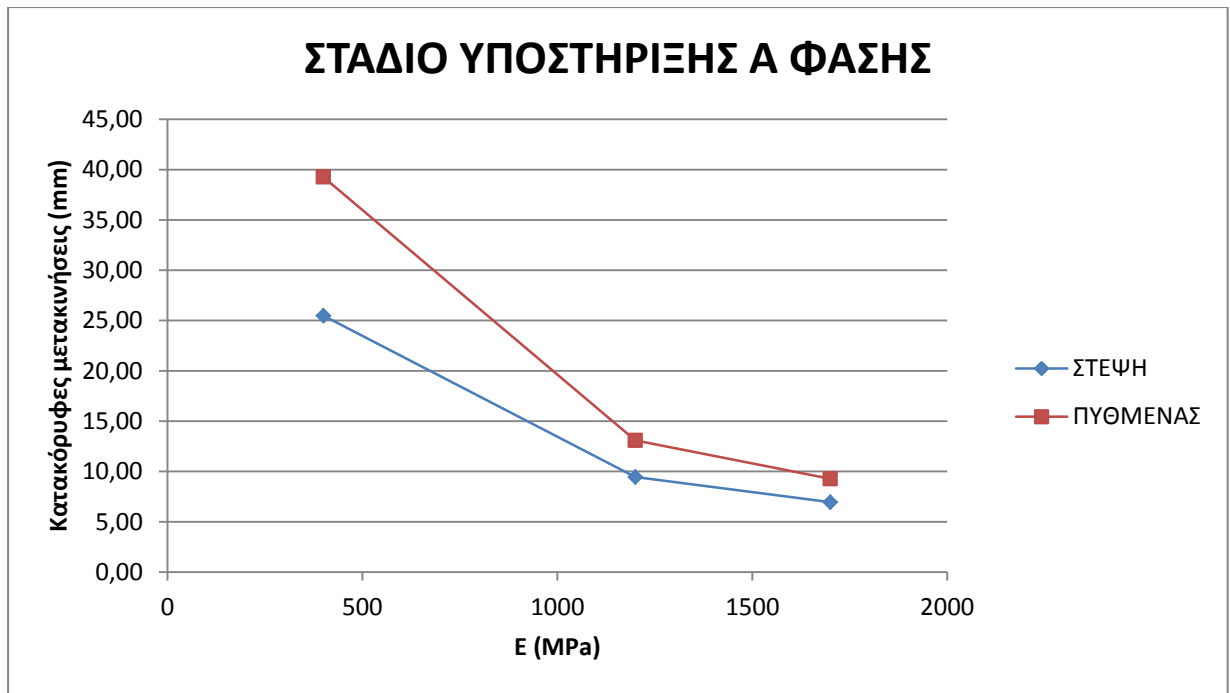


Διάγραμμα 8.3.3

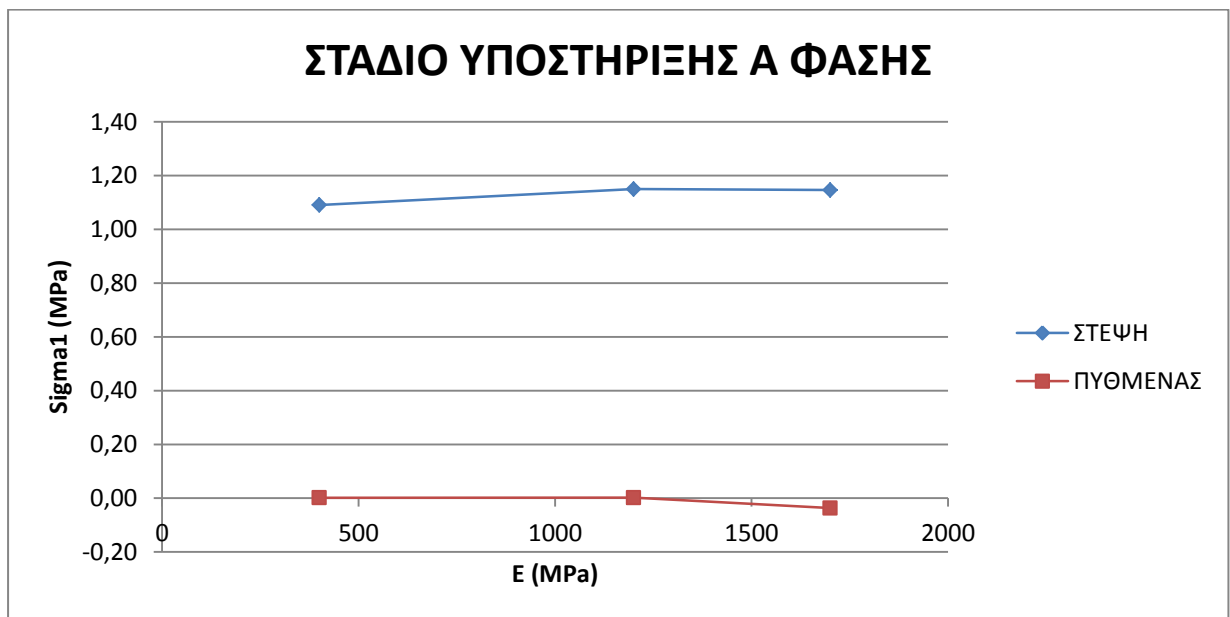
Στην περιοχή του κρητιδικού ασβεστολίθου (Χ.Θ. 105+100), παρατηρείται στο (Διάγραμμα 8.3.4) ότι καθώς βελτιώνονται τα μηχανικά χαρακτηριστικά της βραχώμαζας (αύξηση μέτρου ελαστικότητας), μειώνονται και οι κατακόρυφες μετακινήσεις τόσο στην στέψη όσο και στο πυθμένα της σήραγγας.

Όσον αφορά της κατακόρυφες τάσεις, παρατηρούμε στο (Διάγραμμα 8.3.5) ότι με την αύξηση του μέτρου ελαστικότητας, επέρχεται μία μικρή αύξηση και στην συνέχεια σταθεροποίηση τους στην στέψη της σήραγγας, ενώ στον πυθμένα παρατηρείται μια σταθεροποίηση των τιμών από $E=400\text{MPa}$ - $E=1200\text{ MPa}$, ενώ στην συνέχεια οι τάσεις παίρνουν αρνητικές τιμές.

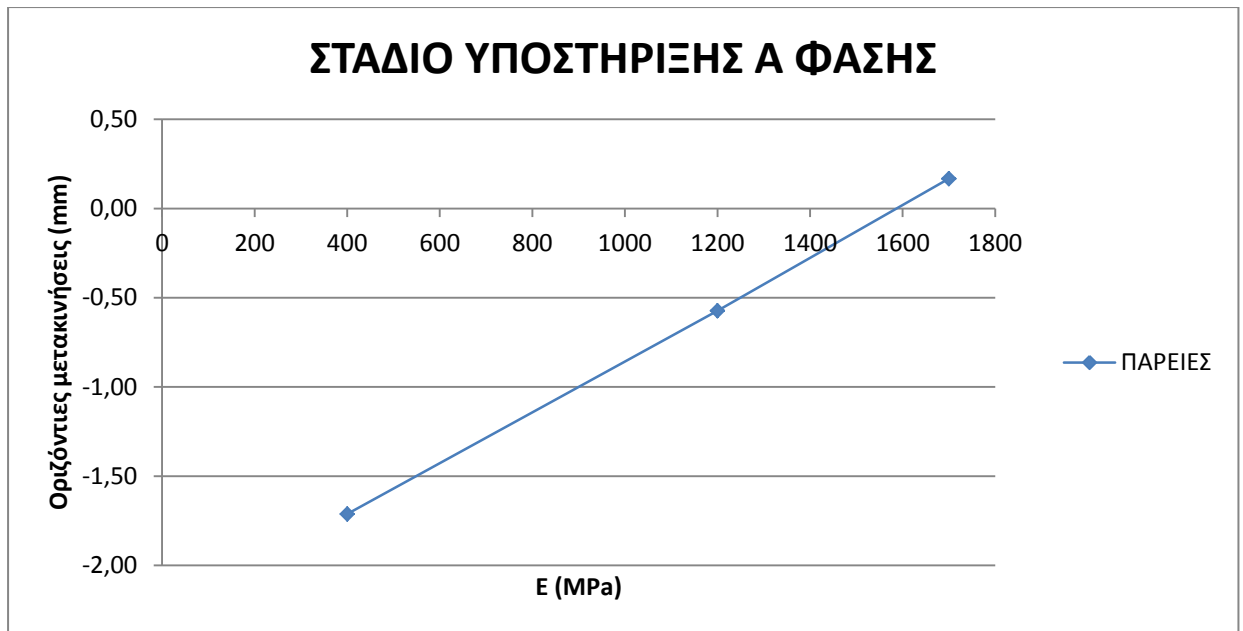
Τέλος με την αύξηση του μέτρου ελαστικότητας, παρατηρείται στο (Διάγραμμα 8.3.6) μια γραμμική αύξηση στις οριζόντιες μετατόπισες στην θέση των παρειών. Ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι αρνητικές τιμές των μετατοπίσεων για $E \leq 1600\text{ MPa}$, όπου δηλώνουν πως η διατομή ανοίγει.



Διάγραμμα 8.3.4



Διάγραμμα 8.3.5



Διάγραμμα 8.3.6

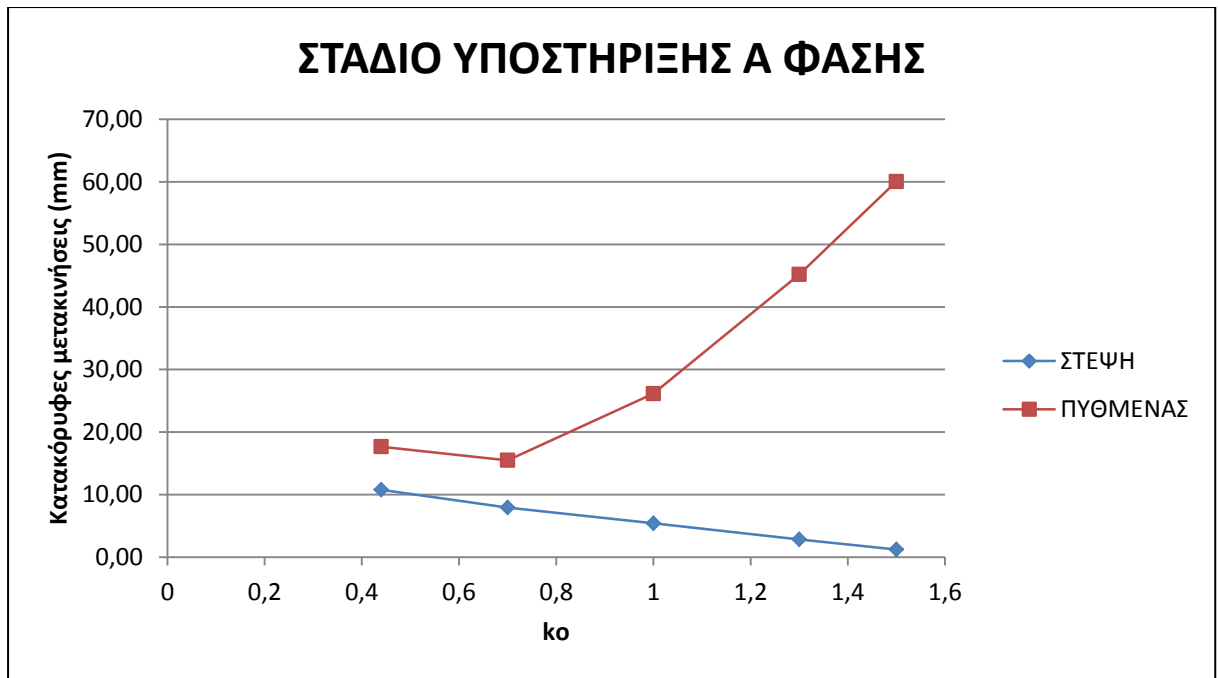
8.4. Επίδραση του συντελεστή πλευρικών ωθήσεων k_0

Με βάση τις παραμετρικές αναλύσεις του κεφαλαίου 7, παρατηρούμε πως ο συντελεστής πλευρικών ωθήσεων, αποτελεί σημαντικό παράγοντα στη επίδραση της βραχόμαζας στην προσωρινή υποστήριξη. Συγκεκριμένα:

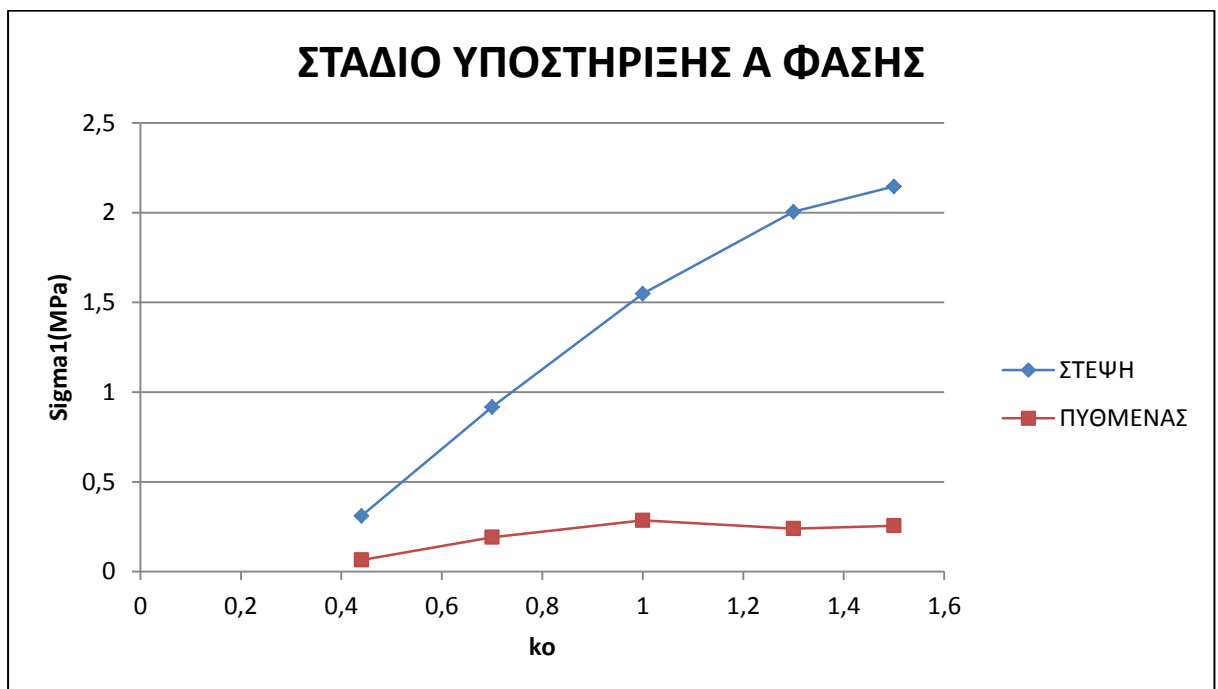
- Στην περιοχή των κροκαλοπαγών (Χ.Θ. 101+460), παρατηρούμε στο (Διάγραμμα 8.4.1), ότι καθώς αυξάνεται ο συντελεστής πλευρικών ωθήσεων, έχουμε μικρή ελάττωση των κατακόρυφων μετακινήσεων στην στέψη. Αντίθετα στον πυθμένα, καθώς αυξάνεται ο συντελεστής πλευρικών ωθήσεων, έχουμε μεγάλη αύξηση στις κατακόρυφες μετακινήσεις του πυθμένα για $k_0 \geq 0,7$.

Όσον αφορά της κατακόρυφες τάσεις, παρατηρούμε στο (Διάγραμμα 8.4.2) ότι με την αύξηση του συντελεστή πλευρικών ωθήσεων, επέρχεται μεγάλη αύξηση στην τιμή τους στην περιοχή της στέψης της σήραγγας, ενώ στην περιοχή του πυθμένα παρατηρούμε αρχικά μία μικρή αύξηση στις τάσεις καθώς το k_0 αυξάνει έως την τιμή 1 και μετά παρατηρείται μια σταθεροποίηση.

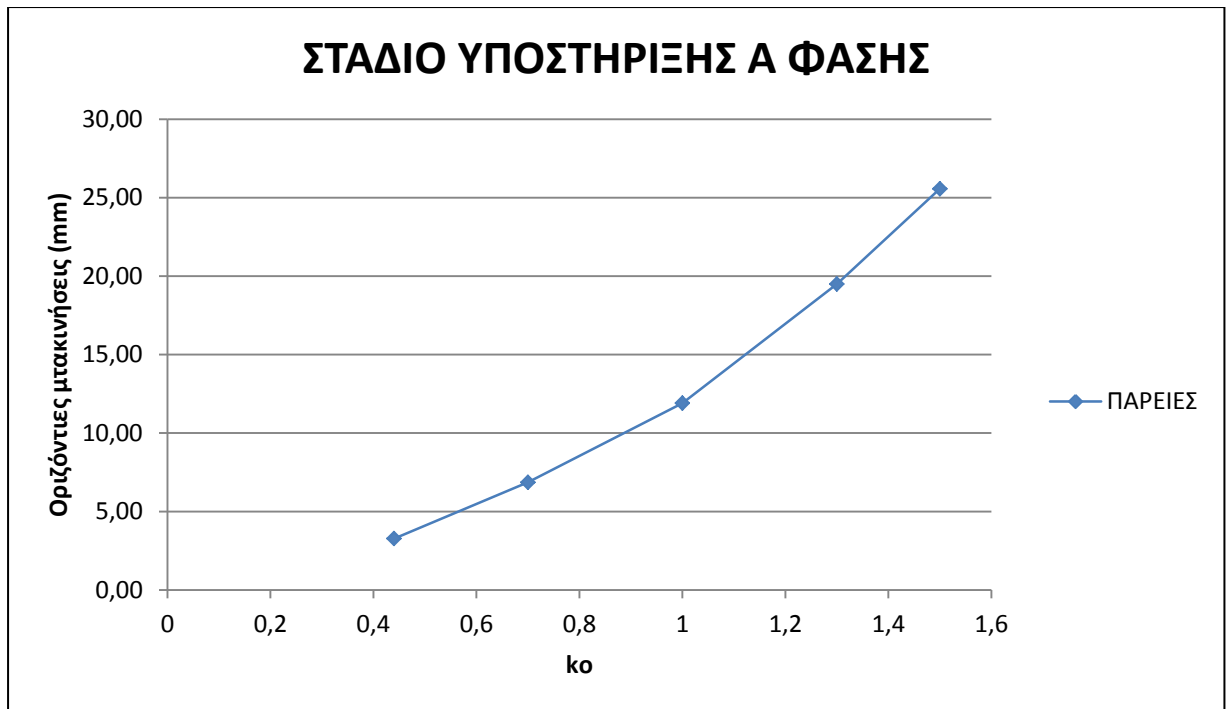
Τέλος καθώς αυξάνεται ο συντελεστής πλευρικών ωθήσεων, έχουμε αύξηση και στις οριζόντιες μετατοπίσεις (Διάγραμμα 8.4.3) στις παρειές της σήραγγας, όπου δηλώνουν πως η διατομή συγκλίνει.



Διάγραμμα 8.4.1



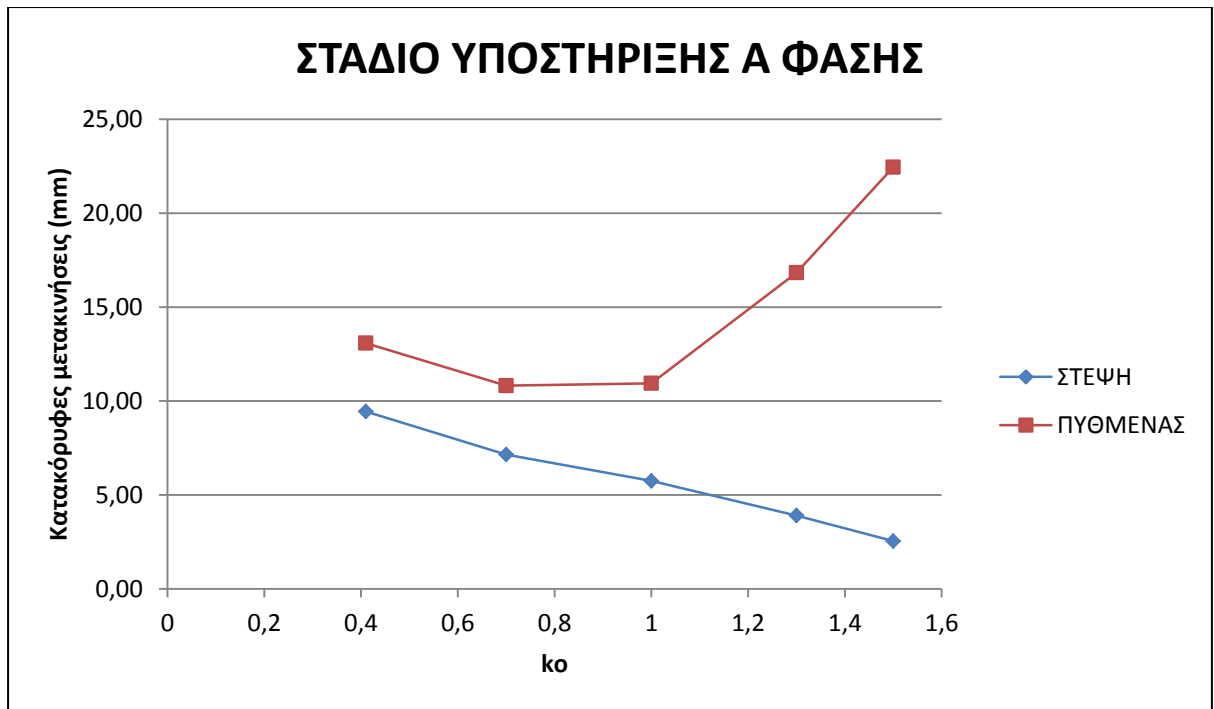
Διάγραμμα 8.4.2



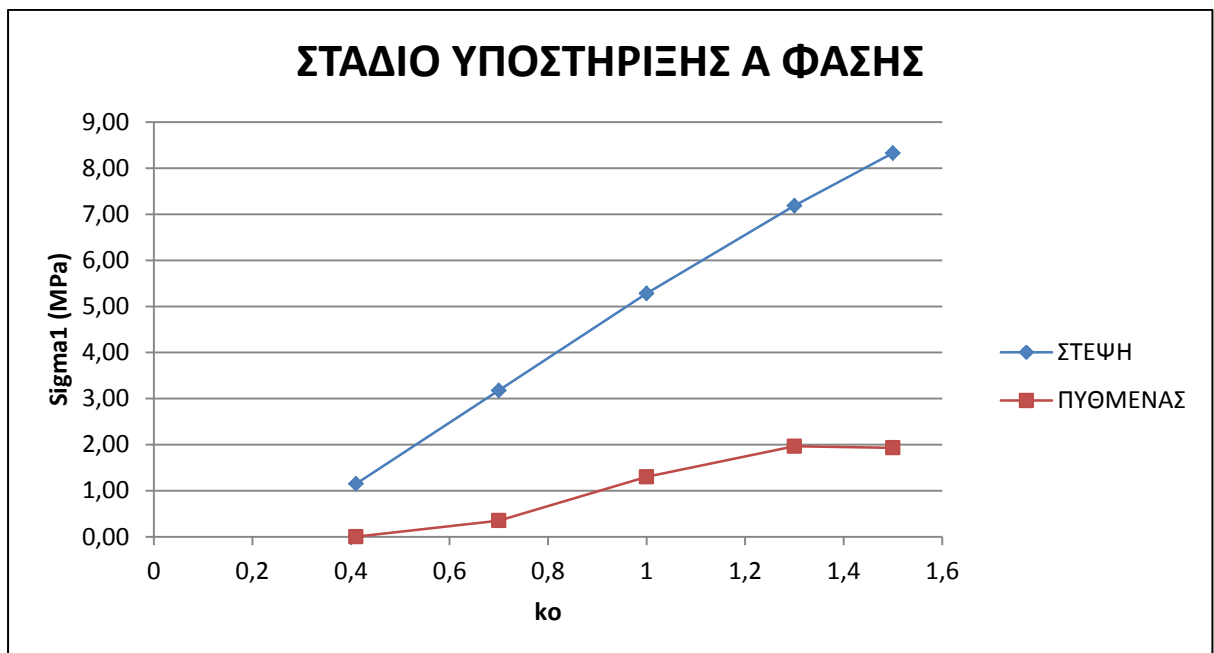
Διάγραμμα 8.4.3

- Στην περιοχή του κρητιδικού ασβεστολίθου (Χ.Θ. 105+100), παρατηρούμε στο (Διάγραμμα 8.4.4), όπως και στα κροκαλοπαγή στο (Διάγραμμα 8.4.1), ότι καθώς αυξάνεται ο συντελεστής πλευρικών ωθήσεων, έχουμε μικρή ελάττωση των κατακόρυφων μετακινήσεων στην στέψη. Αντίθετα στον πυθμένα, καθώς αυξάνεται ο συντελεστής πλευρικών ωθήσεων, έχουμε αρχικά μία μικρή μείωση στις κατακόρυφες μετακινήσεις έως $k=0,7$, στην συνέχεια σταθεροποιούνται έως $k=1$ και μετά παρατηρείται μία απότομη αύξησή τους. Όσον αφορά της κατακόρυφες τάσεις, παρατηρούμε στο (Διάγραμμα 8.4.5), όπως και στα κροκαλοπαγή στο (Διάγραμμα 8.4.2) ότι με την αύξηση του συντελεστή πλευρικών ωθήσεων, επέρχεται μεγάλη αύξηση στην τιμή τους στην περιοχή της στέψης της σήραγγας, ενώ στην περιοχή του πυθμένα παρατηρούμε αρχικά μία μικρή αύξηση στις τάσεις καθώς το k_0 αυξάνει έως την τιμή 1,3 και μετά παρατηρείται μια σταθεροποίηση.

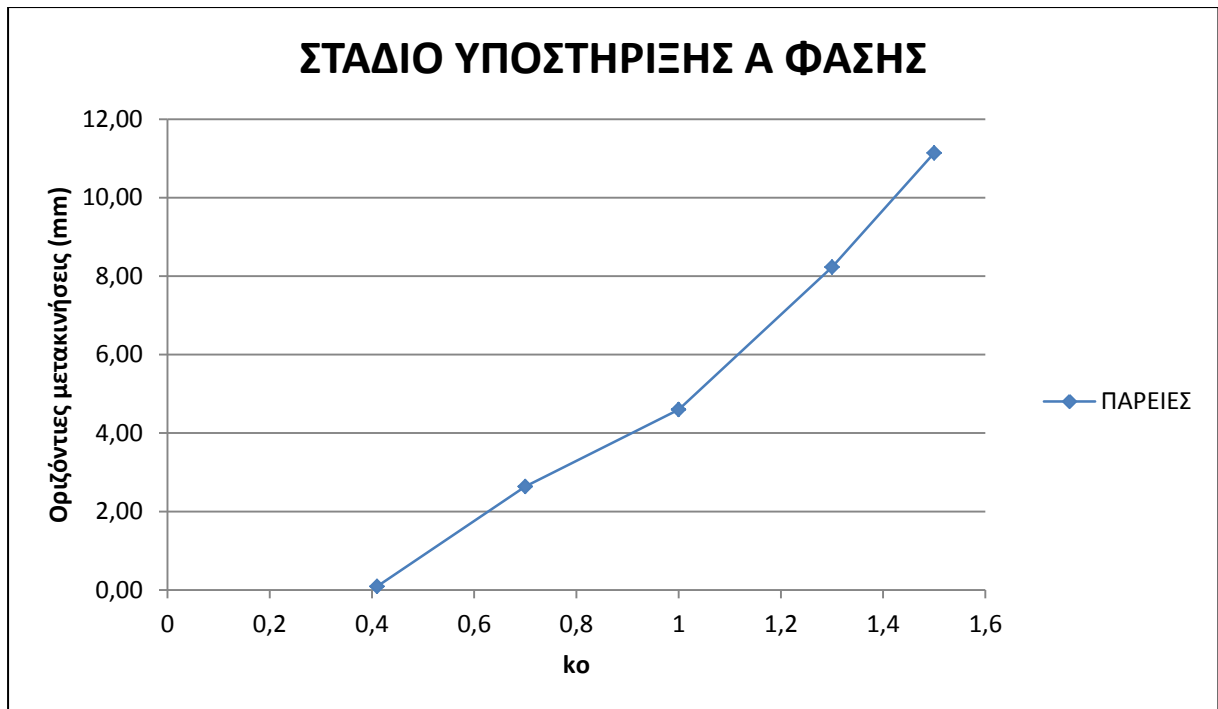
Τέλος καθώς αυξάνεται ο συντελεστής πλευρικών ωθήσεων, έχουμε αύξηση και στις οριζόντιες μετατοπίσεις (Διάγραμμα 8.4.6) στις παρειές της σήραγγας, όπου δηλώνουν πως η διατομή συγκλίνει.



Διάγραμμα 8.4.4



Διάγραμμα 8.4.5



Διάγραμμα 8.4.6

8.5. Επίδραση της συνοχής c και της γωνίας εσωτερικής τριβής φ

Η επίδραση της συνοχής και της γωνίας εσωτερικής τριβής στην προσωρινή υποστήριξη, εξετάζονται μαζί, διότι λειτουργούν αλληλένδετα μεταξύ τους.

Όπως παρατηρήσαμε στο κεφάλαιο 7 στο (Διάγραμμα 7.3.1-7.3.4, Διάγραμμα 7.4.1-7.4.2), η μεταβολή τόσο της συνοχής όσο και της γωνίας εσωτερικής τριβής δεν προκαλούν σπουδαία μεταβολή στα χαρακτηριστικά της σήραγγας και τελικά δεν επιφέρουν κάποια αστοχία στην υποστήριξη της σήραγγας.

8.6. Γενικό συμπέρασμα

Με βάση όλες τις παραμετρικές αναλύσεις που πραγματοποιήσαμε, παρατηρούμε πως την σημαντικότερη επίδραση στα μέτρα προσωρινής υποστήριξης, για τους συγκριμένους γεωλογικούς σχηματισμούς, επιφέρει η μεταβολή του συντελεστή πλευρικών ωθήσεων, διότι οι μεταβολές στις μετακινήσεις είναι μεγάλες, καθώς και η μεταβολή του συντελεστή επιφέρει αστοχία στην υποστήριξη. Επίσης σημαντική είναι και η επίδραση του μέτρου ελαστικότητας, αλλά σε μικρότερο βαθμό από τον συντελεστή πλευρικών ωθήσεων, ενώ η συνοχή και η γωνία εσωτερικής τριβής, δείχνουν να μην επιδρούν στην προσωρινή υποστήριξη.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

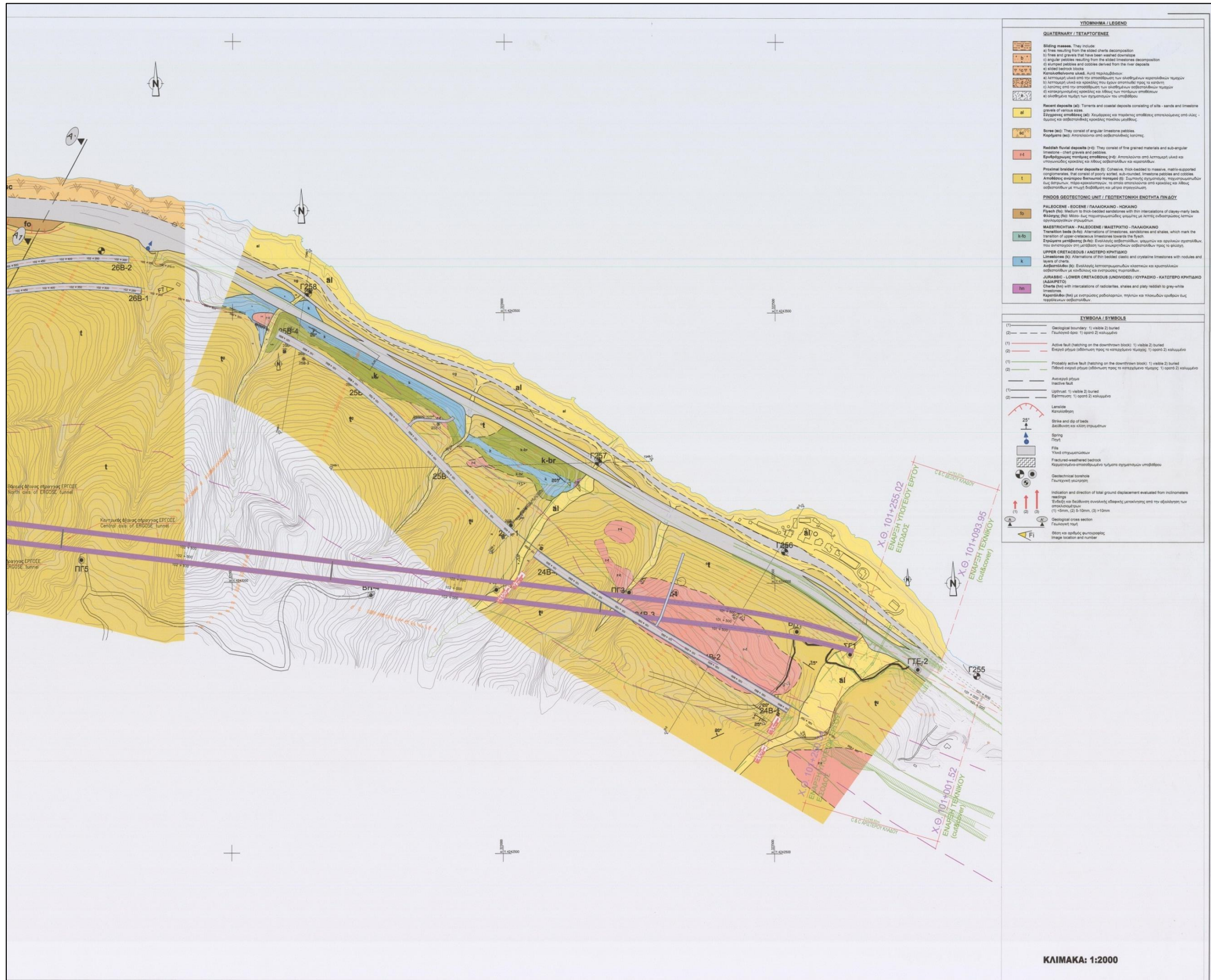
1. Οριστική Γεωλογική Μελέτη Σήραγγας Παναγοπούλας, ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ, ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΚΕΣ, ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΚΑΙ ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΝΕΑ ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΗ ΓΡΑΜΜΗ ΚΟΡΙΝΘΟΣ- ΠΑΤΡΑ, ΕΡΓΑ ΟΣΕ Α.Ε
2. Έκθεση Συμπληρωματικής Γεωτεχνικής Αξιολόγησης για την Σήραγγα Παναγοπούλας, ΥΠΟΛΕΙΠΟΜΕΝΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ ΤΗΣ ΝΕΑΣ ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΚΑΝΟΝΙΚΟΥ ΕΥΡΟΥΣ ΜΕΤΑΞΥ ΚΟΡΙΝΘΟΥ- ΠΑΤΡΩΝ ΣΤΟ ΤΜΗΜΑ ΑΠΟ ΧΛΜ 91,5 ΕΩΣ ΧΛΜ 113,6 (Σ.Σ. ΡΟΔΟΔΑΦΝΗΣ- Σ.Σ. ΔΡΕΠΑΝΟΥ), ΕΡΓΑ ΟΣΕ Α.Ε
3. Τεχνική Περιγραφή(Α.Δ.579), ΤΕΥΧΟΣ 1 ΑΠΟ 2, ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΥΠΟΔΟΜΗΣ ΤΗΣ ΝΕΑΣ ΔΙΠΛΗΣ ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΣΤΟ ΤΜΗΜΑ ΡΟΔΟΔΑΦΝΗ – ΨΑΘΟΠΥΡΓΟΣ ΑΠΟ Χ.Θ. 91+500 ΕΩΣ Χ.Θ. 113+000 ΚΑΙ ΣΗΡΑΓΓΑΣ ΠΑΝΑΓΟΠΟΥΛΑΣ,ΕΡΓΑ ΟΣΕ Α.Ε
4. Οριστική Μελέτη Σήραγγας Παναγοπούλας – Μελέτη Προσωρινής Υποστήριξης, ΥΠΟΛΕΙΠΟΜΕΝΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ ΤΗΣ ΝΕΑΣ ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΚΑΝΟΝΙΚΟΥ ΕΥΡΟΥΣ ΜΕΤΑΞΥ ΚΟΡΙΝΘΟΥ- ΠΑΤΡΩΝ ΣΤΟ ΤΜΗΜΑ ΑΠΟ ΧΛΜ 91,5 ΕΩΣ ΧΛΜ 113,6 (Σ.Σ. ΡΟΔΟΔΑΦΝΗΣ- Σ.Σ. ΔΡΕΠΑΝΟΥ), ΕΡΓΑ ΟΣΕ Α.Ε, Ν.ΛΟΥΚΑΤΟΣ & ΣΥΝΕΡΓΑΤΕΣ Α.Ε.Μ.-IMM ΚΓ-Α.ΓΕΡΓΙΟΥ & ΣΥΝΕΡΓΑΤΕΣ Ε.Ε.-TRADEMCO Α.Ε.-PRESSPALI SpA
5. Αξιολόγηση Ενεργών Ρηγμάτων σε σχέση με τις Σήραγγες Παναγοπούλας του ΑυτοκινητοδρόμουΚορίνθου-Πατρών
6. Κατολισθήσεις στο Νομό Αχαΐας: Ανάπτυξη Μοντέλου Επικινδυνότητας, ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ‘ΓΕΩΕΠΙΣΤΗΜΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ’,

ΚΑΒΟΥΡΑ ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ- ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ, ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΣΧΟΛΗΣ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΠΑΤΡΩΝ

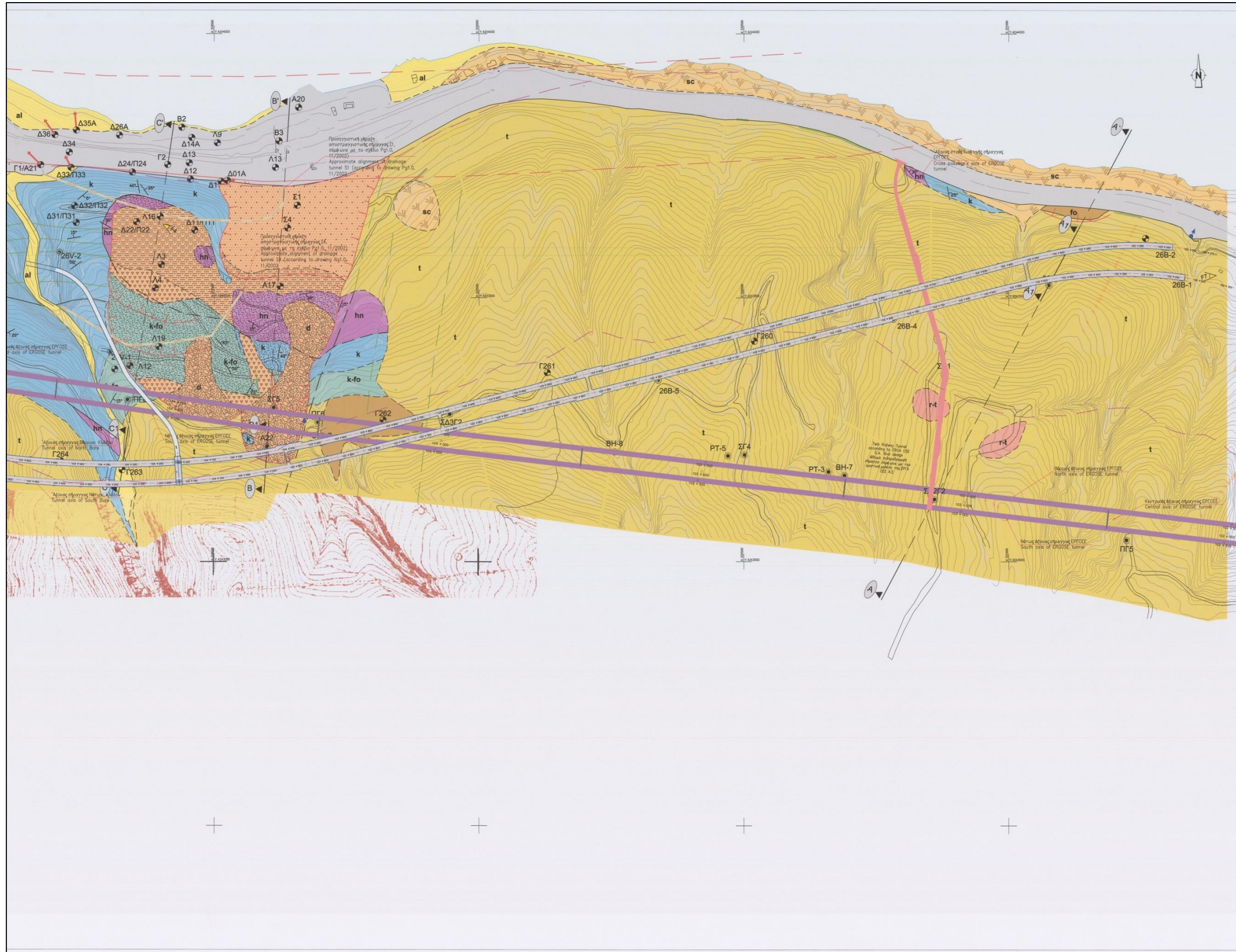
7. Κεφάλαιο 5, Διάνοιξη Σηράγγων με την ‘Μέθοδο Ν.Α.Τ.Μ.’, Μ. ΚΑΒΒΑΔΑΣ, Ε.Μ.Π., 3/5/2004
8. Υποστήριξη Υπογείων Έργων, Α.Ι. ΣΟΦΙΑΝΟΣ, ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΕΜΠ
9. Τεχνικές Διάνοιξης Σηράγγων, Α.Ι. ΣΟΦΙΑΝΟΣ, ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΕΜΠ
10. Modelling composite sections (e.g., steel sets and shotcrete) with FLAC and Phase 2, CARLOS CARRANZA- TORRES, TURIN, 21 FEBRUARY 2004
11. Tunnel Design and Sensitivity Analysis, P. ΥΙΟΥΤΑ- ΜΙΤΡΑ, Ρ.Ρ. ΝΟΜΙΚΟΣ, Ε. ΜΕΡΤΙΡΙ, Α.Ι.
12. Στοιχεία Γεωμηχανικής- Μηχανική πετρωμάτων, ΖΑΧΑΡΙΑΣ Γ. ΑΓΙΟΥΤΑΝΤΗΣ, ΕΚΔΟΣΕΙΣ ‘ΙΩΝ’
13. Hoek-Brown failure criterion – 2002 Edition, E. Hoek, C. Carranza-Torres and B. Corkum, www.rocscience.com
14. Longitudinal Deformation Profile of a Tunnel driven within a Burger Rock Mass, P. ΥΙΟΥΤΑ- ΜΙΤΡΑ, Α.Ι. ΣΟΦΙΑΝΟΣ, Ρ. ΡΑΗΜΑΝΝΕΪΑΔ
15. Εκσκαφή Σήραγγας Παναγοπούλας με την Χρήση Εκρηκτικών Υλών, ΑΝΤΩΝΗΣ ΚΑΡΙΜΑΛΗΣ- ΜΙΧΑΛΗΣ ΠΑΠΑΔΑΚΗΣ, ΙΟΥΛΙΟΣ 2014

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

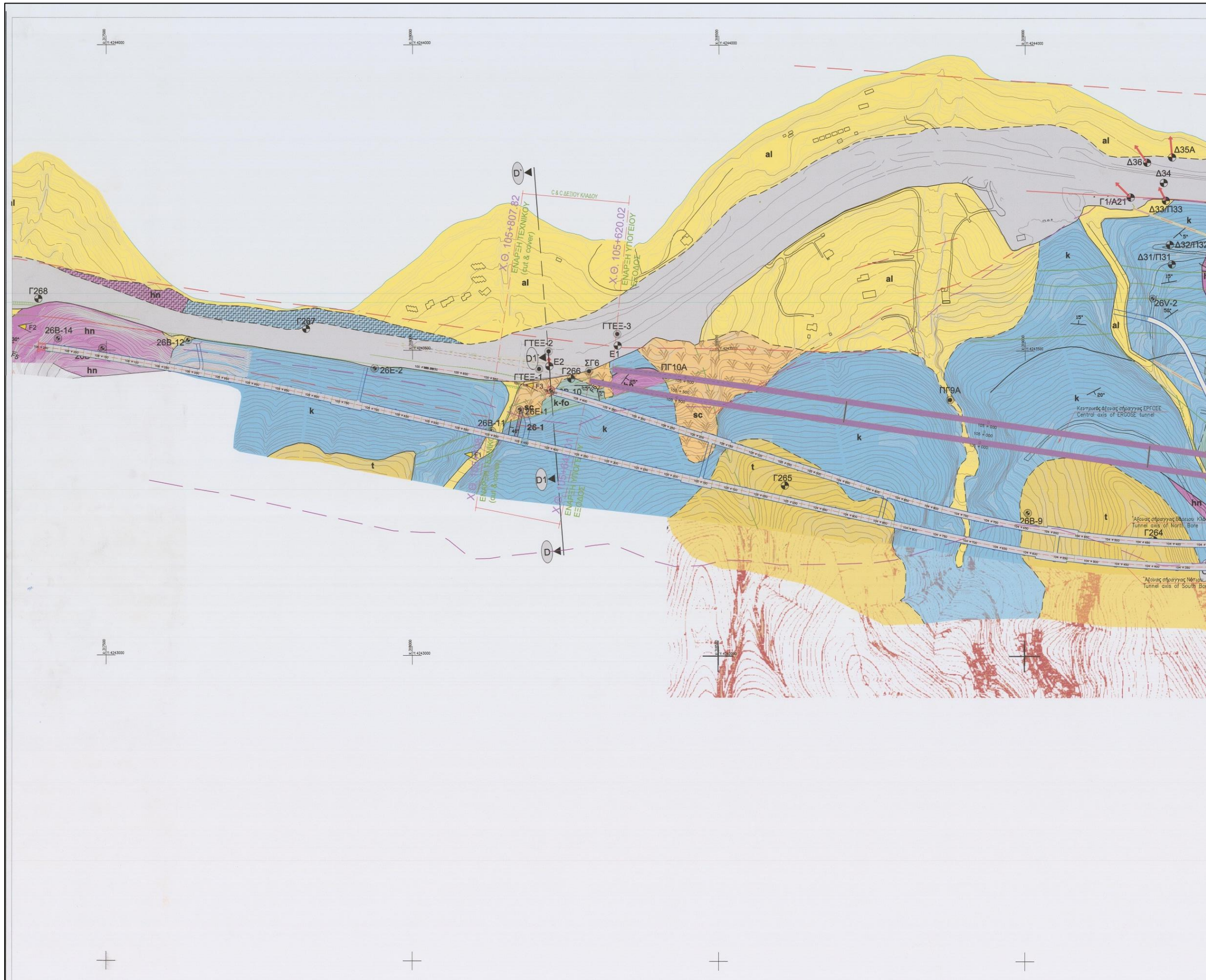
ΧΑΡΤΕΣ- ΣΧΕΔΙΑ



Χάρτης 1.3 (X.Θ. 101+255~ X.Θ. 102+800)



Χάρτης 1.4 (X.Θ. 102+800~ X.Θ. 104+600)



Χάρτης 1.5 (X.Θ. 104+600- X.Θ. 105+650)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

ΠΙΝΑΚΕΣ

ΘΕΣΗ Α- ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ						
Total Uy (mm)						
λ	geostatic	spilling	deconfinement A	support A	deconfinement B	support B
0	0,304	0,316	0,316	31,6	35,1	33,2
0,1	0,304	0,316	3,33	32,1	36,4	34,7
0,2	0,304	0,316	6,36	33,1	43,7	42,2
0,3	0,304	0,316	9,53	33,1	45,7	44,4
0,4	0,304	0,316	9,53	33,8	47,8	46,8
0,5	0,304	0,316	17,1	34,7	50,4	49,4
0,6	0,304	0,316	21,7	36	53,6	52,8
0,7	0,304	0,316	27,6	38,3	57,8	57,3
0,8	0,304	0,316	42,3	38,3	61,7	61,3
0,9	0,304	0,316	46,7	49,8	66,6	66,4
ΘΕΣΗ Α- ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ						
Total Uy (mm)						
λ	geostatic	spilling	deconfinement A	support A	deconfinement B	support B
0	0,304	2,95	2,95	35,2	35,1	33,3
0,1	0,304	2,95	6,05	35,3	42,3	40,5
0,2	0,304	2,95	9,21	36,3	45	43,4
0,3	0,304	2,95	12,4	37	47,2	45,8
0,4	0,304	2,95	16	37,2	49,8	48,7
0,5	0,304	2,95	20,1	38,2	53	52,1
0,6	0,304	2,95	25	39,7	56,9	56,1
0,7	0,304	2,95	31,1	42,1	61,8	61,2
0,8	0,304	2,95	39,4	46,6	67,4	67,1
0,9	0,304	2,95	52	55,2	73,5	73,3

Πίνακας 6.2

ΘΕΣΗ Α- ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ						
Total Uy (mm)						
λ	geostatic	spilling	deconfinement A	support A	deconfinement B	support B
0	1,61	1,61	23,9	26	26,7	1,61
0,1	1,61	4,24	24,3	26,7	27,4	1,61
0,2	1,61	6,86	24,8	27,5	28,1	1,61
0,3	1,61	9,49	25,3	28,3	28,9	1,61
0,4	1,61	12,1	25,8	29,1	29,7	1,61
0,5	1,61	14,8	26,4	30	30,5	1,61
0,6	1,61	17,6	27,1	30,8	31,3	1,61
0,7	1,61	20,6	27,9	31,7	32,1	1,61
0,8	1,61	23,9	29	33,1	33,3	1,61
0,9	1,61	27,7	30,4	33,1	33,3	1,61
ΘΕΣΗ Α- ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ						
Total Uy (mm)						
λ	geostatic	spilling	deconfinement A	support A	deconfinement B	support B
0	3,46	3,46	25,9	26,3	27	3,46
0,1	3,49	6,15	26,4	27,1	27,8	3,49
0,2	3,51	8,85	26,9	27,9	28,6	3,51
0,3	3,51	11,5	27,4	28,8	29,4	3,51
0,4	3,57	14,3	28	29,7	30,2	3,57
0,5	3,6	17	28,7	30,5	31,1	3,6
0,6	3,65	19,9	29,4	31,4	31,9	3,65
0,7	3,72	23	30,4	32,4	32,8	3,72
0,8	3,8	26,5	31,6	33,9	34,2	3,8
0,9	3,9	30,5	33,2	35,7	35,8	3,9

Πίνακας 6.3

ΘΕΣΗ Α- ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ				
Total Uy (mm)				
λ	geostatic	spilling	deconfinement A	support A
0	0,967	0,967	8,45	90,5
0,1	0,967	0,967	16	92,8
0,2	0,967	0,967	31,1	96,7
0,3	0,967	0,967	46,3	102
0,4	0,967	0,967	62,1	108
0,5	0,967	0,967	79,7	117
0,6	0,967	0,967	100	130
0,7	0,967	0,967	127	149
0,8	0,967	0,967	164	177
0,9	0,967	0,967	228	232

Πίνακας 6.4

	ΘΕΣΗ Α						
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U_y (mm)	U_x(mm)	S1(MPa)	U_y (mm)	U_x(mm)
E=35 MPa	<i>Geostatic</i>	1,08	0,00	0,00	1,08	0,00	0,00
	<i>Spilling left</i>	1,08	0,11	0,00	1,08	0,01	0,01
	<i>Deconfinement left A</i>	0,43	196,81	0,41	1,09	13,52	4,24
	<i>Support left A</i>	0,30	88,63	1,26	1,09	8,79	4,01
	<i>Spilling right</i>	0,30	0,08	0,00	1,10	0,12	0,00
	<i>Deconfinement right A</i>	0,32	15,20	1,31	0,44	199,40	0,20
	<i>Support right A</i>	0,33	9,75	3,87	0,34	89,08	0,00
	<i>Deconfinement left B</i>	0,32	95,69	-1,34	0,36	13,23	3,32
	<i>Support left B</i>	0,32	-7,74	0,61	0,35	-0,83	-0,74
	<i>Deconfinement right B</i>	0,34	11,65	3,78	0,34	98,01	2,43
	<i>Support right B</i>	0,34	-0,77	-0,74	0,34	-7,78	0,58
E=35 MPa	ΘΕΣΗ Β						
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U_y (mm)	U_x(mm)	S1(MPa)	U_y (mm)	U_x(mm)
	<i>Geostatic</i>	1,21	0,00	0,00	1,21	0,00	0,00
	<i>Spilling left</i>	1,22	0,08	0,01	1,21	0,02	0,01
	<i>Deconfinement left A</i>	1,05	2,68	51,39	1,23	14,92	5,94
	<i>Support left A</i>	0,80	69,65	4,80	1,24	10,11	6,22
	<i>Spilling right</i>	0,80	0,10	0,06	1,24	0,09	-0,01
	<i>Deconfinement right A</i>	0,74	20,12	8,00	1,13	9,26	55,38
	<i>Support right A</i>	0,67	13,07	7,44	0,88	81,85	6,89
	<i>Deconfinement left B</i>	0,26	175,85	182,92	0,84	17,30	5,29
<i>Support left B</i>	0,24	-5,85	9,85	0,84	-1,46	-1,18	
<i>Deconfinement right B</i>	0,24	13,82	4,21	-0,11	173,79	170,65	
<i>Support right B</i>	0,24	-1,30	-1,14	-0,12	-5,80	8,67	
E=35 MPa	ΘΕΣΗ Γ						
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U_y (mm)	U_x(mm)	S1(MPa)	U_y (mm)	U_x(mm)
	<i>Geostatic</i>	1,23	2,12	0,00	1,23	0,00	0,00
	<i>Spilling left</i>	1,23	0,08	0,01	1,23	0,01	0,01
	<i>Deconfinement left A</i>	0,48	205,86	2,23	1,24	12,82	4,57
	<i>Support left A</i>	0,05	176,03	0,53	1,25	8,50	5,13
	<i>Spilling right</i>	-	-	-	1,25	0,09	0,00
<i>Deconfinement right A</i>	-	-	-	0,49	165,44	-3,95	
<i>Support right A</i>	-	-	-	0,05	178,60	0,36	
E=35MPa	ΘΕΣΗ Δ						
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U_y (mm)	U_x(mm)	S1(MPa)	U_y (mm)	U_x(mm)
	<i>Geostatic</i>	1,30	0,00	0,00	1,30	0,00	0,00
	<i>Deconfinement left B</i>	0,64	72,74	80,57	0,99	-12,33	2,59
	<i>Support left B</i>	0,72	2,57	-2,46	0,99	1,21	-1,28
<i>Deconfinement right B</i>	-	-	-	0,188668	69,23	86,50	
<i>Support right B</i>	-	-	-	0,191477	2,81	-1,88	
E=35MPa	ΘΕΣΗ Ε						
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U_y (mm)	U_x(mm)	S1(MPa)	U_y (mm)	U_x(mm)
	<i>Geostatic</i>	1,35	0,00	0,00	1,35	0,00	0,00
	<i>Deconfinement left B</i>	0,38	82,87	-1,23	0,49	-6,83	0,85
	<i>Support left B</i>	0,35	14,29	0,36	0,49	0,63	-1,22
<i>Deconfinement right B</i>	-	-	-	0,38	83,63	-2,71	
<i>Support right B</i>	-	-	-	0,35	14,49	0,31	

Πίνακας 7.1

	ΘΕΣΗ Α						
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U_y (mm)	U_x(mm)	S1(MPa)	U_y (mm)	U_x(mm)
E=350 MPa	<i>Geostatic</i>	1,08	0,00	0,00	1,08	0,00	0,00
	<i>Spilling left</i>	1,08	0,01	0,00	1,08	0,00	0,00
	<i>Deconfinement left A</i>	0,43	19,68	0,04	1,09	1,36	0,43
	<i>Support left A</i>	0,31	10,77	0,27	1,10	0,96	0,50
	<i>Spilling right</i>	0,31	0,01	0,00	1,10	0,01	0,00
	<i>Deconfinement right A</i>	0,32	1,57	-0,13	0,44	19,97	0,12
	<i>Support right A</i>	0,33	1,10	0,51	0,35	10,91	-0,04
	<i>Deconfinement left B</i>	0,33	3,46	0,21	0,35	0,85	-0,18
	<i>Support left B</i>	0,34	-0,53	0,06	0,35	-0,03	-0,09
	<i>Deconfinement right B</i>	0,34	0,72	-0,15	0,36	3,58	0,18
	<i>Support right B</i>	0,34	-0,03	-0,09	0,36	-0,52	0,05
	E=350 MPa	ΘΕΣΗ Β					
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		
ΣΤΑΔΙΟ		S1 (MPa)	U_y (mm)	U_x(mm)	S1(MPa)	U_y (mm)	U_x(mm)
<i>Geostatic</i>		1,22	0,00	0,00	1,22	0,00	0,00
<i>Spilling left</i>		1,22	0,01	0,00	1,22	0,00	0,00
<i>Deconfinement left A</i>		1,07	2,43	4,05	1,24	1,48	0,59
<i>Support left A</i>		0,41	4,38	3,27	1,25	1,10	0,72
<i>Spilling right</i>		0,40	0,03	0,02	1,25	0,01	0,00
<i>Deconfinement right A</i>		0,42	2,01	0,74	1,10	-1,51	4,61
<i>Support right A</i>		0,43	1,46	0,85	0,52	9,79	3,81
<i>Deconfinement left B</i>		0,39	6,26	6,75	0,53	0,91	-0,15
<i>Support left B</i>		0,33	-0,49	1,82	0,53	-0,08	-0,13
<i>Deconfinement right B</i>	0,34	0,65	-0,22	0,55	6,32	6,15	
<i>Support right B</i>	0,34	-0,09	-0,13	0,50	-0,46	1,56	
E=350 MPa	ΘΕΣΗ Γ						
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U_y (mm)	U_x(mm)	S1(MPa)	U_y (mm)	U_x(mm)
	<i>Geostatic</i>	1,24	0,00	0,21	1,24	0,21	0,00
	<i>Spilling left</i>	1,24	0,01	0,00	1,24	0,00	0,00
	<i>Deconfinement left A</i>	0,49	20,59	0,25	1,25	1,26	0,44
	<i>Support left A</i>	0,06	17,65	-0,21	1,25	0,91	0,57
	<i>Spilling right</i>	-	-	-	1,26	0,01	0,00
	<i>Deconfinement right A</i>	-	-	-	0,50	16,49	0,03
	<i>Support right A</i>	-	-	-	0,06	17,93	-0,20
E=350MPa	ΘΕΣΗ Δ						
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U_y (mm)	U_x(mm)	S1(MPa)	U_y (mm)	U_x(mm)
	<i>Geostatic</i>	1,30	0,20	0,00	1,30	0,20	0,00
	<i>Deconfinement left B</i>	0,63	4,73	6,49	1,04	-0,50	-0,22
	<i>Support left B</i>	0,83	0,20	0,20	1,04	0,09	-0,14
	<i>Deconfinement right B</i>	-	-	-	0,63	4,77	7,25
<i>Support right B</i>	-	-	-	0,75	0,22	0,27	
E=350MPa	ΘΕΣΗ Ε						
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U_y (mm)	U_x(mm)	S1(MPa)	U_y (mm)	U_x(mm)
	<i>Geostatic</i>	1,35	0,19	0,00	1,35	0,19	0,00
	<i>Deconfinement left B</i>	0,34	6,75	-0,08	0,49	-0,29	-0,18
	<i>Support left B</i>	0,33	1,64	0,04	0,49	0,04	0,13
	<i>Deconfinement right B</i>	-	-	-	0,33	6,94	-0,02
<i>Support right B</i>	-	-	-	0,32	1,66	-0,03	

Πίνακας 7.2

E=600 MPa	ΘΕΣΗ Α							
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U _y (mm)	U _x (mm)	S1(MPa)	U _y (mm)	U _x (mm)	
	<i>Geostatic</i>	1,08	0,14	0,00	1,08	0,14	0,00	
	<i>Spilling left</i>	1,08	0,01	0,00	1,08	0,00	0,00	
	<i>Deconfinement left A</i>	0,43	11,48	0,01	1,09	0,79	0,25	
	<i>Support left A</i>	0,33	6,66	0,12	1,10	0,58	0,29	
	<i>Spilling right</i>	0,33	0,01	0,00	1,10	0,01	0,00	
	<i>Deconfinement right A</i>	0,35	0,94	0,04	0,44	11,64	0,02	
	<i>Support right A</i>	0,36	0,70	0,30	0,38	6,77	-0,05	
	<i>Deconfinement left B</i>	0,36	2,34	0,11	0,38	0,52	-0,07	
	<i>Support left B</i>	0,37	-0,23	0,05	0,38	0,01	-0,05	
	<i>Deconfinement right B</i>	0,37	0,46	-0,05	0,39	2,43	0,09	
	<i>Support right B</i>	0,37	0,00	-0,05	0,40	-0,23	0,03	
E=600 MPa	ΘΕΣΗ Β							
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U _y (mm)	U _x (mm)	S1(MPa)	U _y (mm)	U _x (mm)	
		<i>Geostatic</i>	1,22	0,13	0,00	1,22	0,13	0,00
		<i>Spilling left</i>	1,22	0,00	0,00	1,22	0,00	0,00
		<i>Deconfinement left A</i>	1,06	0,68	2,74	1,23	0,87	0,34
		<i>Support left A</i>	0,15	4,04	2,67	1,25	0,67	0,42
		<i>Spilling right</i>	0,15	0,02	0,01	1,25	0,01	0,00
		<i>Deconfinement right A</i>	0,15	1,16	0,45	1,10	-0,45	2,91
		<i>Support right A</i>	0,14	0,90	0,51	0,36	5,73	2,97
		<i>Deconfinement left B</i>	0,03	6,26	4,49	0,36	0,58	-0,03
		<i>Support left B</i>	-0,01	-0,49	1,26	0,36	-0,02	-0,07
		<i>Deconfinement right B</i>	-0,01	0,65	-0,08	0,38	4,41	4,19
	<i>Support right B</i>	0,00	-0,03	-0,08	0,34	-0,20	1,07	
E=600 MPa	ΘΕΣΗ Γ							
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U _y (mm)	U _x (mm)	S1(MPa)	U _y (mm)	U _x (mm)	
		<i>Geostatic</i>	1,23	0,12	0,00	1,23	0,12	0,00
		<i>Spilling left</i>	1,23	0,00	0,00	1,23	0,00	0,00
		<i>Deconfinement left A</i>	0,48	12,01	0,13	1,24	0,75	0,27
		<i>Support left A</i>	0,07	10,33	0,03	1,25	0,56	0,34
		<i>Spilling right</i>	-	-	-	1,25	0,01	0,00
		<i>Deconfinement right A</i>	-	-	-	0,49	9,52	-0,26
	<i>Support right A</i>	-	-	-	0,07	10,51	0,01	
E=600MPa	ΘΕΣΗ Δ							
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U _y (mm)	U _x (mm)	S1(MPa)	U _y (mm)	U _x (mm)	
		<i>Geostatic</i>	1,31	0,11	0,00	1,31	0,11	0,00
		<i>Deconfinement left B</i>	0,61	3,46	2,98	0,94	-0,23	-0,09
		<i>Support left B</i>	0,78	0,10	0,16	0,94	0,03	-0,08
	<i>Deconfinement right B</i>	-	-	-	0,64	3,97	2,25	
	<i>Support right B</i>	-	-	-	0,80	0,16	0,13	
E=600MPa	ΘΕΣΗ Ε							
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U _x (mm)	U _y (mm)	S1(MPa)	U _x (mm)	U _y (mm)	
		<i>Geostatic</i>	1,35	0,11	0,00	1,35	0,11	0,00
		<i>Deconfinement left B</i>	0,35	4,00	-0,11	0,49	-0,19	-0,11
		<i>Support left B</i>	0,35	1,03	0,05	0,49	0,01	-0,03
	<i>Deconfinement right B</i>	-	-	-	0,33	4,13	0,03	
	<i>Support right B</i>	-	-	-	0,33	1,06	-0,02	

Πίνακας 7.3

E=400 MPa	ΘΕΣΗ Α						
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U _y (mm)	U _x (mm)	S1(MPa)	U _y (mm)	U _x (mm)
	<i>Geostatic</i>	3,29	1,48	0,00	3,29	1,48	0,00
	<i>Deconfinement left A</i>	1,36	47,90	0,12	3,32	3,52	1,40
	<i>Support left A</i>	1,09	25,48	0,10	3,35	2,45	1,07
	<i>Deconfinement right A</i>	1,11	3,91	1,13	1,38	48,66	0,34
	<i>Support right A</i>	1,13	2,60	1,14	1,12	25,50	0,06
	<i>Deconfinement left B</i>	1,13	4,67	0,29	1,12	1,06	-0,23
	<i>Support left B</i>	1,16	1,01	0,15	1,12	0,54	-0,30
	<i>Deconfinement right B</i>	1,16	0,98	-0,20	1,12	4,61	0,18
	<i>Support right B</i>	1,16	0,46	-0,28	1,15	1,02	0,12
E=400 MPa	ΘΕΣΗ Β						
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U _y (mm)	U _x (mm)	S1(MPa)	U _y (mm)	U _x (mm)
	<i>Geostatic</i>	3,44	1,31	0,00	3,44	1,31	0,00
	<i>Deconfinement left A</i>	4,73	0,24	4,72	3,49	3,56	1,97
	<i>Support left A</i>	3,99	16,20	-1,71	3,52	2,54	1,62
	<i>Deconfinement right A</i>	3,93	4,56	-2,14	4,88	0,85	-3,56
	<i>Support right A</i>	3,87	3,04	0,00	3,45	16,10	2,70
	<i>Deconfinement left B</i>	2,67	8,56	8,15	3,45	0,98	-0,22
	<i>Support left B</i>	2,46	2,57	6,92	3,44	0,43	-0,39
	<i>Deconfinement right B</i>	2,47	0,86	-0,25	2,54	8,87	7,95
	<i>Support right B</i>	2,47	0,33	-0,41	2,26	2,46	5,89
E=400 MPa	ΘΕΣΗ Γ						
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U _y (mm)	U _x (mm)	S1(MPa)	U _y (mm)	U _x (mm)
	<i>Geostatic</i>	3,46	1,28	0,00	3,46	1,28	0,00
	<i>Deconfinement left A</i>	1,42	47,34	1,22	3,49	3,11	1,60
	<i>Support left A</i>	0,00	39,27	0,19	3,51	2,20	1,33
	<i>Deconfinement right A</i>	-	-	-	1,45	37,38	-1,55
	<i>Support right A</i>	-	-	-	0,01	39,28	-0,82
E=400 MPa	ΘΕΣΗ Δ						
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U _y (mm)	U _x (mm)	S1(MPa)	U _y (mm)	U _x (mm)
	<i>Geostatic</i>	3,53	1,21	0,00	3,53	1,21	0,00
	<i>Deconfinement left B</i>	3,33	-0,06	5,12	4,15	-0,63	-0,12
	<i>Support left B</i>	2,75	-2,53	4,64	4,15	-0,21	0,34
	<i>Deconfinement right B</i>	-	-	-	3,23	0,46	4,35
	<i>Support right B</i>	-	-	-	2,49	-2,46	3,89
E=400 MPa	ΘΕΣΗ Ε						
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U _x (mm)	U _y (mm)	S1(MPa)	U _x (mm)	U _y (mm)
	<i>Geostatic</i>	3,55	1,19	0,00	3,55	1,19	0,00
	<i>Deconfinement left B</i>	0,36	12,29	-1,04	1,08	-0,41	-0,17
	<i>Support left B</i>	0,03	7,73	-0,76	1,08	-0,12	-0,27
	<i>Deconfinement right B</i>	-	-	-	0,36	12,56	-0,90
	<i>Support right B</i>	-	-	-	0,04	7,77	-0,54

Πίνακας 7.4

E=1200 MPa	ΘΕΣΗ Α						
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U_y (mm)	U_x (mm)	S1(MPa)	U_y (mm)	U_x (mm)
	<i>Geostatic</i>	3,29	0,49	0,00	3,29	0,49	0,00
	<i>Deconfinement left A</i>	1,36	15,97	0,04	3,32	1,17	0,47
	<i>Support left A</i>	1,15	9,44	0,03	3,35	0,86	0,32
	<i>Deconfinement right A</i>	1,19	1,34	0,40	1,38	16,24	0,11
	<i>Support right A</i>	1,21	0,97	0,36	1,18	9,52	0,04
	<i>Deconfinement left B</i>	1,24	1,44	0,09	1,18	0,36	-0,07
	<i>Support left B</i>	1,28	0,51	0,05	1,17	0,21	-0,09
	<i>Deconfinement right B</i>	1,28	0,34	-0,06	1,20	1,42	0,05
	<i>Support right B</i>	1,27	0,19	-0,08	1,25	0,50	0,04
E=1200 MPa	ΘΕΣΗ Β						
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U_y (mm)	U_x(mm)	S1(MPa)	U_y (mm)	U_x (mm)
	<i>Geostatic</i>	3,44	0,43	0,00	3,44	0,44	0,00
	<i>Deconfinement left A</i>	4,74	-0,27	1,08	3,49	1,19	0,66
	<i>Support left A</i>	3,67	4,45	-0,57	3,52	0,88	0,49
	<i>Deconfinement right A</i>	3,70	1,49	0,74	4,89	0,05	-0,99
	<i>Support right A</i>	3,72	1,05	0,54	3,76	4,47	1,72
	<i>Deconfinement left B</i>	2,65	3,14	2,60	3,76	0,33	-0,06
	<i>Support left B</i>	2,34	1,06	2,26	3,77	0,17	-0,11
	<i>Deconfinement right B</i>	2,36	0,29	-0,07	3,20	3,31	2,61
	<i>Support right B</i>	2,36	0,14	-0,11	2,82	1,02	2,14
E=1200 MPa	ΘΕΣΗ Γ						
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U_y (mm)	U_x (mm)	S1(MPa)	U_y (mm)	U_x (mm)
	<i>Geostatic</i>	3,46	0,43	0,00	3,46	0,43	0,00
	<i>Deconfinement left A</i>	1,42	15,78	0,41	3,50	1,02	0,52
	<i>Support left A</i>	0,00	13,08	0,04	3,52	0,75	0,39
	<i>Deconfinement right A</i>	-	-	-	1,44	12,53	0,17
	<i>Support right A</i>	-	-	-	0,01	13,14	0,00
E=1200 MPa	ΘΕΣΗ Δ						
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U_y (mm)	U_x (mm)	S1(MPa)	U_y (mm)	U_x (mm)
	<i>Geostatic</i>	3,53	0,40	0,00	3,53	1,21	0,00
	<i>Deconfinement left B</i>	3,19	0,24	1,05	4,29	-0,21	-0,07
	<i>Support left B</i>	2,04	-0,71	1,32	4,29	-0,10	-0,09
	<i>Deconfinement right B</i>	-	-	-	3,03	0,48	0,92
	<i>Support right B</i>	-	-	-	2,29	-0,69	0,91
E=1200 MPa	ΘΕΣΗ Ε						
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U_x (mm)	U_y (mm)	S1(MPa)	U_x (mm)	U_y (mm)
	<i>Geostatic</i>	3,55	0,40	0,00	3,55	1,19	0,00
	<i>Deconfinement left B</i>	0,37	0,24	-0,36	1,11	-0,13	-0,05
	<i>Support left B</i>	0,03	-0,71	-0,25	1,10	-0,07	-0,07
	<i>Deconfinement right B</i>	-	-	-	0,36	4,19	-0,29

Πίνακας 7.5

E=1700 MPa	ΘΕΣΗ Α						
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U_y (mm)	U_x(mm)	S1(MPa)	U_y (mm)	U_x(mm)
	<i>Geostatic</i>	3,29	0,35	0,00	3,29	0,35	0,00
	<i>Deconfinement left A</i>	1,36	11,27	0,03	3,32	0,83	0,33
	<i>Support left A</i>	1,15	6,95	0,02	3,35	0,63	0,22
	<i>Deconfinement right A</i>	1,18	0,96	0,29	1,38	11,47	0,08
	<i>Support right A</i>	1,21	0,72	0,26	1,17	7,03	0,03
	<i>Deconfinement left B</i>	1,25	0,93	0,06	1,17	0,25	-0,05
	<i>Support left B</i>	1,31	0,42	0,04	1,16	0,16	-0,06
	<i>Deconfinement right B</i>	1,30	0,24	-0,05	1,21	0,93	0,04
	<i>Support right B</i>	1,30	0,15	-0,05	1,27	0,41	0,03
E=1700 MPa	ΘΕΣΗ Β						
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U_y (mm)	U_x(mm)	S1(MPa)	U_y (mm)	U_x(mm)
	<i>Geostatic</i>	3,44	0,31	0,00	3,44	0,31	0,00
	<i>Deconfinement left A</i>	4,76	0,30	0,67	3,49	0,84	0,47
	<i>Support left A</i>	3,33	2,93	0,17	3,52	0,64	0,34
	<i>Deconfinement right A</i>	3,34	1,04	0,53	4,87	0,36	-0,65
	<i>Support right A</i>	3,36	0,77	0,39	3,36	2,93	1,57
	<i>Deconfinement left B</i>	1,78	2,17	1,72	3,36	0,23	-0,05
	<i>Support left B</i>	1,60	0,86	1,41	3,36	0,13	-0,07
	<i>Deconfinement right B</i>	1,62	0,20	-0,06	1,89	2,32	1,77
	<i>Support right B</i>	1,63	0,11	-0,07	1,63	0,82	1,39
E=1700 MPa	ΘΕΣΗ Γ						
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U_y (mm)	U_x(mm)	S1(MPa)	U_y (mm)	U_x(mm)
	<i>Geostatic</i>	3,46	0,30	0,00	3,46	0,30	0,00
	<i>Deconfinement left A</i>	1,38	11,19	0,20	3,49	0,73	0,38
	<i>Support left A</i>	-0,04	9,27	0,21	3,52	0,56	0,28
	<i>Deconfinement right A</i>	-	-	-	1,45	8,73	-0,37
<i>Support right A</i>	-	-	-	0,02	9,30	-0,19	
E=1700 MPa	ΘΕΣΗ Δ						
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U_y (mm)	U_x(mm)	S1(MPa)	U_y (mm)	U_x(mm)
	<i>Geostatic</i>	3,53	0,28	0,00	3,53	0,28	0,00
	<i>Deconfinement left B</i>	3,25	0,09	0,86	4,30	-0,14	-0,05
	<i>Support left B</i>	2,22	-0,41	1,00	4,30	-0,08	-0,05
	<i>Deconfinement right B</i>	-	-	-	3,16	0,11	1,11
<i>Support right B</i>	-	-	-	2,30	-0,37	0,95	
E=1700 MPa	ΘΕΣΗ Ε						
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U_x (mm)	U_y (mm)	S1(MPa)	U_x (mm)	U_y (mm)
	<i>Geostatic</i>	3,54	0,28	0,00	3,54	1,19	0,00
	<i>Deconfinement left B</i>	0,33	2,88	0,06	1,03	-0,08	-0,04
	<i>Support left B</i>	0,04	1,96	0,04	1,03	-0,06	-0,04
	<i>Deconfinement right B</i>	-	-	-	0,33	2,94	0,11
<i>Support right B</i>	-	-	-	0,03	1,96	0,09	

Πίνακας 7.6

ko=0,44	ΘΕΣΗ Α						
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U_y (mm)	U_x (mm)	S1(MPa)	U_y (mm)	U_x(mm)
	<i>Geostatic</i>	1,08	0,00	0,00	1,08	0,00	0,00
	<i>Spilling left</i>	1,08	0,01	0,00	1,08	0,00	0,00
	<i>Deconfinement left A</i>	0,43	19,68	0,04	1,09	1,36	0,43
	<i>Support left A</i>	0,31	10,77	0,27	1,10	0,96	0,50
	<i>Spilling right</i>	0,31	0,01	0,00	1,10	0,01	0,00
	<i>Deconfinement right A</i>	0,32	1,57	-0,13	0,44	19,97	0,12
	<i>Support right A</i>	0,33	1,10	0,51	0,35	10,91	-0,04
	<i>Deconfinement left B</i>	0,33	3,46	0,21	0,35	0,85	-0,18
	<i>Support left B</i>	0,34	-0,53	0,06	0,35	-0,03	-0,09
	<i>Deconfinement right B</i>	0,34	0,72	-0,15	0,36	3,58	0,18
<i>Support right B</i>	0,34	-0,03	-0,09	0,36	-0,52	0,05	
ko=0,44	ΘΕΣΗ Β						
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U_y (mm)	U_x(mm)	S1(MPa)	U_y (mm)	U_x(mm)
	<i>Geostatic</i>	1,22	0,00	0,00	1,22	0,00	0,00
	<i>Spilling left</i>	1,22	0,01	0,00	1,22	0,00	0,00
	<i>Deconfinement left A</i>	1,07	2,43	4,05	1,24	1,48	0,59
	<i>Support left A</i>	0,41	4,38	3,27	1,25	1,10	0,72
	<i>Spilling right</i>	0,40	0,03	0,02	1,25	0,01	0,00
	<i>Deconfinement right A</i>	0,42	2,01	0,74	1,10	-1,51	4,61
	<i>Support right A</i>	0,43	1,46	0,85	0,52	9,79	3,81
	<i>Deconfinement left B</i>	0,39	6,26	6,75	0,53	0,91	-0,15
	<i>Support left B</i>	0,33	-0,49	1,82	0,53	-0,08	-0,13
	<i>Deconfinement right B</i>	0,34	0,65	-0,22	0,55	6,32	6,15
<i>Support right B</i>	0,34	-0,09	-0,13	0,50	-0,46	1,56	
ko=0,44	ΘΕΣΗ Γ						
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U_y (mm)	U_x(mm)	S1(MPa)	U_y (mm)	U_x(mm)
	<i>Geostatic</i>	1,24	0,00	0,21	1,24	0,21	0,00
	<i>Spilling left</i>	1,24	0,01	0,00	1,24	0,00	0,00
	<i>Deconfinement left A</i>	0,49	20,59	0,25	1,25	1,26	0,44
	<i>Support left A</i>	0,06	17,65	-0,21	1,25	0,91	0,57
	<i>Spilling right</i>	-	-	-	1,26	0,01	0,00
	<i>Deconfinement right A</i>	-	-	-	0,50	16,49	0,03
<i>Support right A</i>	-	-	-	0,06	17,93	-0,20	
ko=0,44	ΘΕΣΗ Δ						
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U_y (mm)	U_x(mm)	S1(MPa)	U_y (mm)	U_x (mm)
	<i>Geostatic</i>	1,30	0,20	0,00	1,30	0,20	0,00
	<i>Deconfinement left B</i>	0,63	4,73	6,49	1,04	-0,50	-0,22
	<i>Support left B</i>	0,83	0,20	0,20	1,04	0,09	-0,14
<i>Deconfinement right B</i>	-	-	-	0,63	4,77	7,25	
<i>Support right B</i>	-	-	-	0,75	0,22	0,27	
ko=0,44	ΘΕΣΗ Ε						
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U_y (mm)	U_x(mm)	S1(MPa)	U_y (mm)	U_x(mm)
	<i>Geostatic</i>	1,35	0,19	0,00	1,35	0,19	0,00
	<i>Deconfinement left B</i>	0,34	6,75	-0,08	0,49	-0,29	-0,18
	<i>Support left B</i>	0,33	1,64	0,04	0,49	0,04	0,13
<i>Deconfinement right B</i>	-	-	-	0,33	6,94	-0,02	
<i>Support right B</i>	-	-	-	0,32	1,66	-0,03	

Πίνακας 7.7

k₀=0,7	ΘΕΣΗ Α						
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U_y (mm)	U_x (mm)	S1(MPa)	U_y (mm)	U_x(mm)
	<i>Geostatic</i>	1,08	0,25	0,00	1,08	0,25	0,00
	<i>Spilling left</i>	1,08	0,01	0,00	1,08	0,00	0,00
	<i>Deconfinement left A</i>	0,89	17,29	0,25	1,09	1,33	0,19
	<i>Support left A</i>	0,92	7,93	-0,02	1,10	0,89	0,12
	<i>Spilling right</i>	0,92	0,01	0,00	1,10	0,01	0,00
	<i>Deconfinement right A</i>	0,92	1,67	-0,13	0,89	17,73	-0,21
	<i>Support right A</i>	0,92	1,16	-0,09	0,92	8,25	-0,10
	<i>Deconfinement left B</i>	0,93	2,64	0,20	0,91	0,98	0,61
	<i>Support left B</i>	0,95	-0,78	0,10	0,91	0,03	0,20
	<i>Deconfinement right B</i>	0,94	0,84	-0,04	0,92	2,62	-0,28
	<i>Support right B</i>	0,94	0,02	0,19	0,94	-0,77	-0,09
k₀=0,7	ΘΕΣΗ Β						
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U_y (mm)	U_x(mm)	S1(MPa)	U_y (mm)	U_x(mm)
	<i>Geostatic</i>	1,21	0,22	0,00	1,21	0,22	0,00
	<i>Spilling left</i>	1,21	0,01	0,00	1,21	0,00	0,00
	<i>Deconfinement left A</i>	1,54	1,43	5,57	1,23	1,32	0,20
	<i>Support left A</i>	0,44	7,92	6,86	1,24	0,90	0,12
	<i>Spilling right</i>	0,44	0,01	0,01	1,24	0,01	0,00
	<i>Deconfinement right A</i>	0,39	1,81	-0,06	1,52	0,46	4,89
	<i>Support right A</i>	0,35	1,31	0,02	0,49	8,06	6,78
	<i>Deconfinement left B</i>	0,00	6,23	6,31	0,47	0,90	-0,79
	<i>Support left B</i>	-0,01	-0,60	1,63	0,47	-0,05	-0,29
	<i>Deconfinement right B</i>	-0,01	0,60	-0,94	0,34	5,98	6,68
	<i>Support right B</i>	0,00	-0,08	-0,30	0,27	-0,62	1,94
k₀=0,7	ΘΕΣΗ Γ						
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U_y (mm)	U_x(mm)	S1(MPa)	U_y (mm)	U_x(mm)
	<i>Geostatic</i>	1,23	0,21	0,00	1,23	0,21	0,00
	<i>Spilling left</i>	1,23	0,01	0,00	1,23	0,00	0,00
	<i>Deconfinement left A</i>	0,50	19,63	0,02	1,24	1,17	0,18
	<i>Support left A</i>	0,19	15,47	0,30	1,25	0,79	0,11
	<i>Spilling right</i>	-	-	-	1,25	0,01	0,00
	<i>Deconfinement right A</i>	-	-	-	0,51	16,01	0,13
	<i>Support right A</i>	-	-	-	0,19	15,87	-0,10
k₀=0,7	ΘΕΣΗ Δ						
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U_y (mm)	U_x(mm)	S1(MPa)	U_y (mm)	U_x(mm)
	<i>Geostatic</i>	1,30	0,20	0,00	1,30	0,20	0,00
	<i>Deconfinement left B</i>	0,90	5,08	7,80	1,68	-0,32	-0,85
	<i>Support left B</i>	1,10	0,21	0,51	1,67	0,11	-0,29
	<i>Deconfinement right B</i>	-	-	-	0,91	4,21	8,58
<i>Support right B</i>	-	-	-	1,08	0,28	0,77	
k₀=0,7	ΘΕΣΗ Ε						
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U_y (mm)	U_x(mm)	S1(MPa)	U_y (mm)	U_x(mm)
	<i>Geostatic</i>	1,35	0,19	0,00	1,35	0,19	0,00
	<i>Deconfinement left B</i>	0,78	6,38	-0,16	0,92	-0,21	0,72
	<i>Support left B</i>	0,62	1,43	-0,08	0,92	0,05	0,25
	<i>Deconfinement right B</i>	-	-	-	0,76	6,45	-0,26
<i>Support right B</i>	-	-	-	0,60	1,39	-0,10	

Πίνακας 7.8

k₀=1	ΘΕΣΗ Α						
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U_y (mm)	U_x (mm)	S1(MPa)	U_y (mm)	U_x(mm)
	<i>Geostatic</i>	1,08	0,25	0,00	1,08	0,25	0,00
	<i>Spilling left</i>	1,08	0,01	0,00	1,08	0,00	0,00
	<i>Deconfinement left A</i>	1,50	15,77	0,49	1,09	1,41	0,80
	<i>Support left A</i>	1,55	5,40	0,24	1,10	1,16	1,13
	<i>Spilling right</i>	1,55	0,01	0,00	1,10	0,01	0,00
	<i>Deconfinement right A</i>	1,53	1,88	-0,72	1,46	16,32	-0,33
	<i>Support right A</i>	1,49	1,69	1,03	1,52	5,93	-0,33
	<i>Deconfinement left B</i>	1,51	2,22	-0,26	1,49	1,24	1,09
	<i>Support left B</i>	1,53	-0,91	-0,11	1,48	0,04	0,24
	<i>Deconfinement right B</i>	1,52	1,10	1,07	1,50	2,19	-0,47
	<i>Support right B</i>	1,51	0,03	0,25	1,51	-0,92	-0,10
k₀=1	ΘΕΣΗ Β						
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U_y (mm)	U_x(mm)	S1(MPa)	U_y (mm)	U_x(mm)
	<i>Geostatic</i>	1,22	0,22	0,00	1,22	0,22	0,00
	<i>Spilling left</i>	1,22	0,01	0,00	1,22	0,00	0,00
	<i>Deconfinement left A</i>	2,03	0,15	7,22	1,23	1,28	0,97
	<i>Support left A</i>	0,13	7,82	11,90	1,25	0,98	1,51
	<i>Spilling right</i>	0,13	0,02	0,02	1,25	0,01	0,00
	<i>Deconfinement right A</i>	0,11	1,76	-0,90	1,99	0,88	2,46
	<i>Support right A</i>	0,09	1,49	-1,39	0,52	8,07	11,63
	<i>Deconfinement left B</i>	-0,01	6,73	8,52	0,52	0,97	-1,61
	<i>Support left B</i>	-0,04	-0,74	2,19	0,52	-0,07	-0,37
	<i>Deconfinement right B</i>	-0,04	0,67	-1,80	0,52	6,21	8,10
	<i>Support right B</i>	-0,04	-0,08	-0,40	0,42	-0,71	1,96
k₀=1	ΘΕΣΗ Γ						
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U_y (mm)	U_x(mm)	S1(MPa)	U_y (mm)	U_x(mm)
	<i>Geostatic</i>	1,24	0,21	0,00	1,24	0,21	0,00
	<i>Spilling left</i>	1,24	0,01	0,00	1,24	0,00	0,00
	<i>Deconfinement left A</i>	0,87	19,07	0,44	1,25	1,15	0,78
	<i>Support left A</i>	0,29	26,14	0,55	1,26	0,90	1,21
	<i>Spilling right</i>	-	-	-	1,26	0,01	0,00
	<i>Deconfinement right A</i>	-	-	-	0,84	15,34	-0,35
	<i>Support right A</i>	-	-	-	0,29	25,51	-0,44
k₀=1	ΘΕΣΗ Δ						
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U_y (mm)	U_x(mm)	S1(MPa)	U_y (mm)	U_x(mm)
	<i>Geostatic</i>	1,30	0,20	0,00	1,30	0,20	0,00
	<i>Deconfinement left B</i>	1,01	3,53	10,73	1,93	-0,32	-1,62
	<i>Support left B</i>	1,24	0,37	0,70	1,92	0,11	-0,36
	<i>Deconfinement right B</i>	-	-	-	1,02	2,91	10,94
<i>Support right B</i>	-	-	-	1,13	0,44	1,01	
k₀=1	ΘΕΣΗ Ε						
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U_y (mm)	U_x(mm)	S1(MPa)	U_y (mm)	U_x(mm)
	<i>Geostatic</i>	1,35	0,19	0,00	1,35	0,19	0,00
	<i>Deconfinement left B</i>	0,74	10,13	0,30	1,30	-0,18	1,33
	<i>Support left B</i>	0,71	1,86	0,00	1,30	0,06	0,31
	<i>Deconfinement right B</i>	-	-	-	0,75	9,73	-0,61
<i>Support right B</i>	-	-	-	0,70	1,83	-0,15	

Πίνακας 7.9

ko=1,3	ΘΕΣΗ Α						
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U_y (mm)	U_x (mm)	S1(MPa)	U_y (mm)	U_x(mm)
	<i>Geostatic</i>	1,40	0,25	0,00	1,40	0,25	0,00
	<i>Spilling left</i>	1,40	0,01	0,00	1,40	0,00	0,00
	<i>Deconfinement left A</i>	1,86	14,75	0,74	1,38	1,55	1,41
	<i>Support left A</i>	2,00	2,84	0,49	1,35	1,65	2,67
	<i>Spilling right</i>	2,00	0,01	0,00	1,35	0,01	0,00
	<i>Deconfinement right A</i>	1,97	2,12	-1,20	1,89	15,33	-2,05
	<i>Support right A</i>	1,89	2,51	2,36	1,97	3,60	-1,04
	<i>Deconfinement left B</i>	1,89	2,50	-0,50	1,91	1,63	1,62
	<i>Support left B</i>	1,90	-0,94	-0,11	1,90	0,02	0,25
	<i>Deconfinement right B</i>	1,88	1,49	1,63	1,90	2,52	-0,90
<i>Support right B</i>	1,87	0,03	0,26	1,91	-0,97	-0,12	
ko=1,3	ΘΕΣΗ Β						
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U_y (mm)	U_x(mm)	S1(MPa)	U_y (mm)	U_x(mm)
	<i>Geostatic</i>	1,58	0,22	0,00	1,58	0,22	0,00
	<i>Spilling left</i>	1,58	0,01	0,00	1,58	0,00	0,00
	<i>Deconfinement left A</i>	1,98	0,41	10,37	1,56	1,27	1,71
	<i>Support left A</i>	0,28	9,20	19,50	1,52	1,19	3,56
	<i>Spilling right</i>	0,28	0,03	0,02	1,52	0,01	0,00
	<i>Deconfinement right A</i>	0,29	1,71	-1,72	2,04	0,62	-0,61
	<i>Support right A</i>	0,31	1,79	-3,47	0,65	8,83	18,23
	<i>Deconfinement left B</i>	0,33	8,12	10,13	0,67	1,10	-2,51
	<i>Support left B</i>	0,27	-0,76	1,60	0,67	-0,09	-0,39
	<i>Deconfinement right B</i>	0,27	0,83	-2,77	0,78	7,60	10,16
<i>Support right B</i>	0,27	-0,09	-0,43	0,64	-0,76	1,77	
ko=1,3	ΘΕΣΗ Γ						
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U_y (mm)	U_x(mm)	S1(MPa)	U_y (mm)	U_x(mm)
	<i>Geostatic</i>	1,60	0,21	0,00	1,60	0,21	0,00
	<i>Spilling left</i>	1,60	0,01	0,00	1,60	0,00	0,00
	<i>Deconfinement left A</i>	1,33	18,72	0,48	1,59	1,18	1,39
	<i>Support left A</i>	0,24	45,19	1,20	1,55	1,16	2,92
	<i>Spilling right</i>	-	-	-	1,55	0,01	0,00
	<i>Deconfinement right A</i>	-	-	-	1,24	14,53	-0,41
	<i>Support right A</i>	-	-	-	0,25	42,46	-1,05
ko=1,3	ΘΕΣΗ Δ						
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U_y (mm)	U_x(mm)	S1(MPa)	U_y (mm)	U_x(mm)
	<i>Geostatic</i>	1,68	0,20	0,00	1,68	0,20	0,00
	<i>Deconfinement left B</i>	1,10	1,84	13,26	1,99	-0,43	-2,40
	<i>Support left B</i>	1,06	0,65	1,08	1,98	0,12	-0,37
	<i>Deconfinement right B</i>	-	-	-	1,09	1,61	13,47
<i>Support right B</i>	-	-	-	1,04	0,69	1,32	
ko=1,3	ΘΕΣΗ Ε						
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U_y (mm)	U_x(mm)	S1(MPa)	U_y (mm)	U_x(mm)
	<i>Geostatic</i>	1,75	0,19	0,00	1,75	0,19	0,00
	<i>Deconfinement left B</i>	0,76	17,14	-1,44	1,27	-0,20	1,94
	<i>Support left B</i>	0,73	2,12	-0,23	1,26	0,07	0,31
	<i>Deconfinement right B</i>	-	-	-	0,74	17,12	-0,97
<i>Support right B</i>	-	-	-	0,72	2,04	-0,20	

Πίνακας 7.10

k0=1,5	ΘΕΣΗ Α						
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U_y (mm)	U_x (mm)	S1(MPa)	U_y (mm)	U_x(mm)
	<i>Geostatic</i>	1,61	0,25	0,00	1,61	0,25	0,00
	<i>Spilling left</i>	1,61	0,01	0,00	1,61	0,00	0,00
	<i>Deconfinement left A</i>	1,84	14,73	1,00	1,59	1,62	1,82
	<i>Support left A</i>	2,15	1,23	0,58	1,55	2,06	3,82
	<i>Spilling right</i>	2,15	0,01	0,00	1,55	0,01	0,00
	<i>Deconfinement right A</i>	2,11	2,28	-1,50	1,90	15,18	-0,64
	<i>Support right A</i>	2,02	3,20	3,41	2,17	2,17	-0,99
	<i>Deconfinement left B</i>	2,01	2,54	-0,96	2,12	1,90	1,99
	<i>Support left B</i>	2,02	-0,95	-0,10	2,11	0,02	0,24
	<i>Deconfinement right B</i>	2,00	1,78	2,09	2,09	2,71	-1,35
<i>Support right B</i>	1,99	0,03	0,26	2,10	-1,00	-0,10	
k0=1,5	ΘΕΣΗ Β						
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U_y (mm)	U_x(mm)	S1(MPa)	U_y (mm)	U_x(mm)
	<i>Geostatic</i>	1,81	0,22	0,00	1,81	0,22	0,00
	<i>Spilling left</i>	1,81	0,01	0,00	1,81	0,00	0,00
	<i>Deconfinement left A</i>	1,66	1,89	12,56	1,78	1,31	2,25
	<i>Support left A</i>	0,22	11,44	25,57	1,71	1,46	5,24
	<i>Spilling right</i>	0,22	0,04	0,03	1,71	0,01	0,01
	<i>Deconfinement right A</i>	0,24	1,74	-2,25	1,83	2,08	-4,38
	<i>Support right A</i>	0,26	2,10	-5,12	0,52	10,28	23,85
	<i>Deconfinement left B</i>	0,24	8,73	11,27	0,53	1,25	-3,12
	<i>Support left B</i>	0,24	-0,76	1,37	0,53	-0,10	-0,38
	<i>Deconfinement right B</i>	0,24	0,96	-3,55	0,63	8,68	12,00
<i>Support right B</i>	0,24	-0,10	-0,44	0,59	-0,78	1,94	
k0=1,5	ΘΕΣΗ Γ						
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U_y (mm)	U_x(mm)	S1(MPa)	U_y (mm)	U_x(mm)
	<i>Geostatic</i>	1,85	0,21	0,00	1,85	0,21	0,00
	<i>Spilling left</i>	1,85	0,01	0,00	1,85	0,00	0,00
	<i>Deconfinement left A</i>	1,65	18,30	0,61	1,83	1,20	1,79
	<i>Support left A</i>	0,26	60,04	1,35	1,78	1,39	4,18
	<i>Spilling right</i>	-	-	-	1,78	0,01	0,00
	<i>Deconfinement right A</i>	-	-	-	1,52	13,90	-0,58
<i>Support right A</i>	-	-	-	0,25	56,42	-1,34	
k0=1,5	ΘΕΣΗ Δ						
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U_y (mm)	U_x(mm)	S1(MPa)	U_y (mm)	U_x(mm)
	<i>Geostatic</i>	1,95	0,20	0,00	1,95	0,20	0,00
	<i>Deconfinement left B</i>	0,92	3,51	14,46	1,95	-0,34	-2,89
	<i>Support left B</i>	1,09	0,55	0,42	1,95	0,12	-0,37
	<i>Deconfinement right B</i>	-	-	-	0,97	4,04	14,65
<i>Support right B</i>	-	-	-	1,11	0,51	0,54	
k0=1,5	ΘΕΣΗ Ε						
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U_y (mm)	U_x(mm)	S1(MPa)	U_y (mm)	U_x(mm)
	<i>Geostatic</i>	2,02	0,19	0,00	2,02	0,19	0,00
	<i>Deconfinement left B</i>	0,73	22,59	-0,56	1,25	-0,20	2,32
	<i>Support left B</i>	0,71	2,23	-0,17	1,24	0,07	0,31
	<i>Deconfinement right B</i>	-	-	-	0,74	22,90	-0,36
<i>Support right B</i>	-	-	-	0,72	2,09	-0,14	

Πίνακας 7.11

K₀=0,41	ΘΕΣΗ Α						
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U_y (mm)	U_x (mm)	S1(MPa)	U_y (mm)	U_x (mm)
	<i>Geostatic</i>	3,29	0,49	0,00	3,29	0,49	0,00
	<i>Deconfinement left A</i>	1,36	15,97	0,04	3,32	1,17	0,47
	<i>Support left A</i>	1,15	9,44	0,03	3,35	0,86	0,32
	<i>Deconfinement right A</i>	1,19	1,34	0,40	1,38	16,24	0,11
	<i>Support right A</i>	1,21	0,97	0,36	1,18	9,52	0,04
	<i>Deconfinement left B</i>	1,24	1,44	0,09	1,18	0,36	-0,07
	<i>Support left B</i>	1,28	0,51	0,05	1,17	0,21	-0,09
	<i>Deconfinement right B</i>	1,28	0,34	-0,06	1,20	1,42	0,05
	<i>Support right B</i>	1,27	0,19	-0,08	1,25	0,50	0,04
K₀=0,41	ΘΕΣΗ Β						
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U_y (mm)	U_x(mm)	S1(MPa)	U_y (mm)	U_x (mm)
	<i>Geostatic</i>	3,44	0,43	0,00	3,44	0,00	0,00
	<i>Deconfinement left A</i>	4,74	-0,27	3,00	3,49	1,19	0,65
	<i>Support left A</i>	3,67	4,45	0,09	3,52	0,88	0,49
	<i>Deconfinement right A</i>	3,70	1,49	-0,67	4,89	0,05	0,01
	<i>Support right A</i>	3,72	1,05	-0,49	3,76	4,47	-0,39
	<i>Deconfinement left B</i>	2,65	3,14	-0,24	3,76	0,33	0,06
	<i>Support left B</i>	2,34	1,06	3,82	3,77	0,17	0,11
	<i>Deconfinement right B</i>	2,36	0,29	-0,06	3,20	3,31	1,50
	<i>Support right B</i>	2,36	0,14	-0,11	2,82	1,02	3,38
K₀=0,41	ΘΕΣΗ Γ						
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U_y (mm)	U_x (mm)	S1(MPa)	U_y (mm)	U_x (mm)
	<i>Geostatic</i>	3,46	0,43	0,00	3,46	0,00	0,00
	<i>Deconfinement left A</i>	1,42	15,78	0,41	3,50	1,02	0,52
	<i>Support left A</i>	0,00	13,08	0,04	3,52	0,75	0,39
	<i>Deconfinement right A</i>	-	-	-	1,44	12,53	0,17
	<i>Support right A</i>	-	-	0,01	13,14	0,00	
K₀=0,41	ΘΕΣΗ Δ						
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U_y (mm)	U_x (mm)	S1(MPa)	U_y (mm)	U_x (mm)
	<i>Geostatic</i>	3,53	0,40	0,00	3,53	0,40	0,00
	<i>Deconfinement left B</i>	3,19	0,24	1,05	4,29	-0,21	-0,07
	<i>Support left B</i>	2,04	-0,71	1,32	4,29	-0,10	-0,09
	<i>Deconfinement right B</i>	-	-	-	3,03	0,48	0,92
	<i>Support right B</i>	-	-	2,29	-0,69	0,91	
K₀=0,41	ΘΕΣΗ Ε						
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U_x (mm)	U_y (mm)	S1(MPa)	U_x (mm)	U_y (mm)
	<i>Geostatic</i>	3,55	0,40	0,00	3,55	0,40	0,00
	<i>Deconfinement left B</i>	0,37	0,24	-0,36	1,11	-0,13	-0,05
	<i>Support left B</i>	0,03	-0,71	-0,25	1,10	-0,07	-0,07
	<i>Deconfinement right B</i>	-	-	-	0,36	4,19	-0,29
	<i>Support right B</i>	-	-	0,04	2,72	-0,17	

Πίνακας 7.12

K₀=0,7	ΘΕΣΗ Α						
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U_y (mm)	U_x (mm)	S1(MPa)	U_y (mm)	U_x (mm)
	<i>Geostatic</i>	3,29	0,49	0,00	3,29	0,00	0,00
	<i>Deconfinement left A</i>	2,80	14,28	0,06	3,33	1,15	0,01
	<i>Support left A</i>	3,18	7,15	0,04	3,35	0,66	0,02
	<i>Deconfinement right A</i>	3,19	1,40	0,06	2,81	14,63	0,13
	<i>Support right A</i>	3,19	0,82	0,01	3,19	7,37	0,12
	<i>Deconfinement left B</i>	3,33	0,44	0,12	3,17	0,41	-0,17
	<i>Support left B</i>	3,45	0,21	0,12	3,15	0,32	0,31
	<i>Deconfinement right B</i>	3,43	0,40	-0,38	3,30	0,47	-0,12
	<i>Support right B</i>	3,41	0,28	0,19	3,41	0,17	-0,09
K₀=0,7	ΘΕΣΗ Β						
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U_y (mm)	U_x(mm)	S1(MPa)	U_y (mm)	U_x (mm)
	<i>Geostatic</i>	3,44	0,44	0,00	3,44	0,00	0,00
	<i>Deconfinement left A</i>	6,30	0,62	1,19	3,49	1,10	0,06
	<i>Support left A</i>	4,18	2,49	2,64	3,52	0,64	0,02
	<i>Deconfinement right A</i>	4,15	1,39	0,17	6,47	0,79	1,15
	<i>Support right A</i>	4,02	0,80	0,09	4,19	2,74	2,83
	<i>Deconfinement left B</i>	3,31	2,43	4,44	4,12	0,29	-0,51
	<i>Support left B</i>	2,81	1,32	3,06	4,09	0,22	-0,43
	<i>Deconfinement right B</i>	2,83	0,23	-0,63	3,28	2,45	4,40
	<i>Support right B</i>	2,85	0,16	-0,46	2,71	1,13	2,74
K₀=0,7	ΘΕΣΗ Γ						
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U_y (mm)	U_x (mm)	S1(MPa)	U_y (mm)	U_x (mm)
	<i>Geostatic</i>	3,46	0,43	0,00	3,46	0,00	0,00
	<i>Deconfinement left A</i>	1,41	15,13	0,31	3,50	0,95	0,04
	<i>Support left A</i>	0,35	10,82	0,18	3,52	0,55	0,02
	<i>Deconfinement right A</i>	-	-	-	1,44	12,16	0,76
	<i>Support right A</i>	-	-	-	0,45	10,91	0,52
K₀=0,7	ΘΕΣΗ Δ						
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U_y (mm)	U_x (mm)	S1(MPa)	U_y (mm)	U_x (mm)
	<i>Geostatic</i>	3,53	0,40	0,00	3,53	0,40	0,00
	<i>Deconfinement left B</i>	4,75	-1,25	2,41	4,86	-0,12	-0,51
	<i>Support left B</i>	2,21	-0,76	2,69	4,86	-0,11	-0,38
	<i>Deconfinement right B</i>	-	-	-	4,73	-0,94	2,14
	<i>Support right B</i>	-	-	-	2,90	-0,55	2,00
K₀=0,7	ΘΕΣΗ Ε						
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U_x (mm)	U_y (mm)	S1(MPa)	U_x (mm)	U_y (mm)
	<i>Geostatic</i>	3,54	0,40	0,00	3,54	0,40	0,00
	<i>Deconfinement left B</i>	1,69	4,18	0,13	2,49	-0,06	0,39
	<i>Support left B</i>	1,04	3,02	0,14	2,47	-0,06	0,29
	<i>Deconfinement right B</i>	-	-	-	1,72	4,17	-0,84
	<i>Support right A</i>	-	-	-	1,12	2,85	0,14

Πίνακας 7.13

K₀=1	ΘΕΣΗ Α						
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U_y (mm)	U_x (mm)	S1(MPa)	U_y (mm)	U_x (mm)
	<i>Geostatic</i>	3,29	0,49	0,00	3,29	0,00	0,00
	<i>Deconfinement left A</i>	4,61	12,72	0,16	3,33	1,15	0,49
	<i>Support left A</i>	5,28	5,75	0,13	3,36	0,65	0,36
	<i>Deconfinement right A</i>	5,27	1,49	-0,19	4,61	13,17	-0,31
	<i>Support right A</i>	5,25	0,87	0,30	5,28	6,06	-0,20
	<i>Deconfinement left B</i>	5,49	-0,35	-0,19	5,24	0,46	0,69
	<i>Support left B</i>	5,71	-0,44	-0,21	5,20	0,46	0,70
	<i>Deconfinement right B</i>	5,67	0,46	0,65	5,44	-0,35	-0,19
	<i>Support right B</i>	5,63	0,41	0,63	5,65	-0,45	-0,19
K₀=1	ΘΕΣΗ Β						
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U_y (mm)	U_x(mm)	S1(MPa)	U_y (mm)	U_x (mm)
	<i>Geostatic</i>	3,44	0,44	0,00	3,44	0,00	0,00
	<i>Deconfinement left A</i>	5,98	1,19	4,15	3,50	1,05	0,52
	<i>Support left A</i>	4,08	2,38	4,60	3,53	0,59	0,40
	<i>Deconfinement right A</i>	4,11	1,34	-0,47	6,07	1,44	2,31
	<i>Support right A</i>	4,14	0,75	-0,37	3,94	2,72	4,74
	<i>Deconfinement left B</i>	3,27	1,78	5,90	3,96	0,25	-1,02
	<i>Support left B</i>	2,87	1,18	4,83	3,98	0,25	-1,05
	<i>Deconfinement right B</i>	2,90	0,18	-1,15	3,48	1,73	5,67
	<i>Support right B</i>	2,92	0,16	-1,07	3,29	0,91	4,21
K₀=1	ΘΕΣΗ Γ						
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U_y (mm)	U_x (mm)	S1(MPa)	U_y (mm)	U_x (mm)
	<i>Geostatic</i>	3,46	0,43	0,00	3,46	0,00	0,00
	<i>Deconfinement left A</i>	2,37	14,46	0,04	3,50	0,92	0,43
	<i>Support left A</i>	1,30	10,94	0,07	3,53	0,52	0,32
	<i>Deconfinement right A</i>	-	-	-	2,46	11,95	-0,35
	<i>Support right A</i>	-	-	-	1,42	11,21	-0,29
K₀=1	ΘΕΣΗ Δ						
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U_y (mm)	U_x (mm)	S1(MPa)	U_y (mm)	U_x (mm)
	<i>Geostatic</i>	3,53	0,40	0,00	3,53	0,40	0,00
	<i>Deconfinement left B</i>	6,83	-2,55	4,60	5,42	-0,07	-0,92
	<i>Support left B</i>	3,45	-0,62	6,27	5,41	-0,08	-0,94
	<i>Deconfinement right B</i>	-	-	-	6,82	-2,30	4,39
	<i>Support right B</i>	-	-	-	3,69	-0,31	5,12
K₀=1	ΘΕΣΗ Ε						
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U_x (mm)	U_y (mm)	S1(MPa)	U_x (mm)	U_y (mm)
	<i>Geostatic</i>	3,55	0,40	0,00	3,55	0,40	0,00
	<i>Deconfinement left B</i>	3,20	3,72	-0,12	3,78	-0,01	0,75
	<i>Support left B</i>	2,12	5,11	0,08	3,74	-0,02	0,77
	<i>Deconfinement right B</i>	-	-	-	3,11	3,75	-0,18
	<i>Support right A</i>	-	-	-	2,15	4,59	-0,27

Πίνακας 7.14

Κο=1,3	ΘΕΣΗ Α							
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U _y (mm)	U _x (mm)	S1(MPa)	U _y (mm)	U _x (mm)	
	<i>Geostatic</i>	4,26	0,49	0,00	4,26	0,00	0,00	
	<i>Deconfinement left A</i>	6,43	11,17	0,27	4,23	1,15	0,96	
	<i>Support left A</i>	7,19	3,91	0,29	4,19	0,67	1,00	
	<i>Deconfinement right A</i>	7,14	1,58	-0,25	6,39	11,75	-0,42	
	<i>Support right A</i>	7,05	1,02	0,89	7,07	4,37	-0,36	
	<i>Deconfinement left B</i>	7,34	-0,80	-0,23	6,96	0,52	0,89	
	<i>Support left B</i>	6,48	0,11	0,57	6,82	0,75	1,34	
	<i>Deconfinement right B</i>	6,38	0,53	-0,86	7,11	-0,77	-0,22	
	<i>Support right B</i>	6,27	0,59	-0,35	7,63	-1,00	-0,32	
Κο=1,3	ΘΕΣΗ Β							
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U _y (mm)	U _x (mm)	S1(MPa)	U _y (mm)	U _x (mm)	
		<i>Geostatic</i>	4,47	0,43	0,00	4,47	0,00	0,00
		<i>Deconfinement left A</i>	5,99	1,31	6,39	4,43	0,97	1,10
		<i>Support left A</i>	3,86	2,06	8,23	4,37	0,52	1,24
		<i>Deconfinement right A</i>	3,89	1,26	-1,06	6,72	1,06	0,98
		<i>Support right A</i>	3,92	0,68	-1,27	3,92	2,32	7,78
		<i>Deconfinement left B</i>	2,56	1,46	7,34	3,93	0,23	-1,34
		<i>Support left B</i>	1,27	1,20	7,63	3,95	0,33	-1,97
		<i>Deconfinement right B</i>	1,30	0,17	-1,48	2,34	1,43	7,44
	<i>Support right B</i>	1,34	0,19	-1,77	1,68	0,79	6,78	
Κο=1	ΘΕΣΗ Γ							
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U _y (mm)	U _x (mm)	S1(MPa)	U _y (mm)	U _x (mm)	
		<i>Geostatic</i>	4,48	0,43	0,00	4,48	0,00	0,00
		<i>Deconfinement left A</i>	3,66	13,87	0,14	4,45	0,89	0,91
		<i>Support left A</i>	1,96	16,83	-0,04	4,41	0,48	1,02
		<i>Deconfinement right A</i>	-	-	-	3,46	11,52	-0,13
	<i>Support right A</i>	-	-	-	1,93	16,50	-0,20	
Κο=1,3	ΘΕΣΗ Δ							
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U _y (mm)	U _x (mm)	S1(MPa)	U _y (mm)	U _x (mm)	
		<i>Geostatic</i>	4,57	0,40	0,00	4,57	0,40	0,00
		<i>Deconfinement left B</i>	7,19	-2,91	6,42	6,27	-0,04	-1,21
		<i>Support left B</i>	3,52	-0,72	10,05	6,23	-0,07	-1,79
		<i>Deconfinement right B</i>	-	-	-	7,01	-2,88	6,44
	<i>Support right B</i>	-	-	-	3,55	-0,17	8,96	
Κο=1,3	ΘΕΣΗ Ε							
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U _x (mm)	U _y (mm)	S1(MPa)	U _x (mm)	U _y (mm)	
		<i>Geostatic</i>	4,60	0,40	0,00	4,60	0,40	0,00
		<i>Deconfinement left B</i>	3,57	5,36	-0,54	4,82	0,02	0,99
		<i>Support left B</i>	2,12	10,91	0,18	4,74	0,02	1,46
	<i>Deconfinement right B</i>	-	-	-	3,67	5,12	-0,55	
	<i>Support right A</i>	-	-	-	2,13	9,54	-0,60	

Πίνακας 7.15

Κο=1,5	ΘΕΣΗ Α							
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U _y (mm)	U _x (mm)	S1(MPa)	U _y (mm)	U _x (mm)	
	<i>Geostatic</i>	4,92	0,49	0,00	4,92	0,00	0,00	
	<i>Deconfinement left A</i>	7,63	10,13	0,33	4,87	1,16	1,30	
	<i>Support left A</i>	8,33	2,54	0,35	4,80	0,69	1,58	
	<i>Deconfinement right A</i>	8,22	1,67	-0,20	7,49	10,80	-1,54	
	<i>Support right A</i>	8,05	1,16	1,40	7,83	3,15	-0,96	
	<i>Deconfinement left B</i>	3,43	2,39	2,43	7,62	0,79	1,65	
	<i>Support left B</i>	2,95	-0,63	0,57	7,42	0,79	1,47	
	<i>Deconfinement right B</i>	2,85	0,66	1,03	8,19	-1,04	-0,38	
	<i>Support right B</i>	2,71	0,90	1,45	7,50	-0,32	-2,36	
Κο=1,5	ΘΕΣΗ Β							
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U _y (mm)	U _x (mm)	S1(MPa)	U _y (mm)	U _x (mm)	
		<i>Geostatic</i>	5,16	0,43	0,00	5,16	0,00	0,00
		<i>Deconfinement left A</i>	6,20	1,50	6,26	5,10	0,93	1,49
		<i>Support left A</i>	3,67	1,76	11,14	5,01	0,47	1,96
		<i>Deconfinement right A</i>	3,59	1,21	-1,39	7,13	1,18	-0,66
		<i>Support right A</i>	3,58	0,64	-1,99	3,61	2,04	10,67
		<i>Deconfinement left B</i>	2,47	0,86	10,69	3,56	0,21	-2,31
		<i>Support left B</i>	1,63	0,74	9,13	3,55	0,33	-2,22
	<i>Deconfinement right B</i>	1,67	0,15	-1,74	1,55	1,23	8,54	
	<i>Support right B</i>	1,72	0,24	-2,44	-0,48	0,90	8,70	
Κο=1,5	ΘΕΣΗ Γ							
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U _y (mm)	U _x (mm)	S1(MPa)	U _y (mm)	U _x (mm)	
		<i>Geostatic</i>	5,17	0,43	0,00	5,17	0,00	0,00
		<i>Deconfinement left A</i>	4,51	13,48	0,26	5,12	0,86	1,23
		<i>Support left A</i>	1,93	22,45	0,11	5,05	0,45	1,63
		<i>Deconfinement right A</i>	-	-	-	4,26	11,31	-0,27
	<i>Support right A</i>	-	-	-	1,89	21,88	-0,52	
Κο=1,5	ΘΕΣΗ Δ							
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U _y (mm)	U _x (mm)	S1(MPa)	U _y (mm)	U _x (mm)	
		<i>Geostatic</i>	5,28	0,40	0,00	5,28	0,40	0,00
		<i>Deconfinement left B</i>	7,14	-3,37	9,00	6,68	0,06	-2,07
		<i>Support left B</i>	3,50	-0,39	11,59	6,63	-0,04	-2,05
		<i>Deconfinement right B</i>	-	-	-	7,35	-2,85	7,23
	<i>Support right B</i>	-	-	-	3,91	-0,40	10,57	
Κο=1,5	ΘΕΣΗ Ε							
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U _x (mm)	U _y (mm)	S1(MPa)	U _x (mm)	U _y (mm)	
		<i>Geostatic</i>	5,30	0,40	0,00	5,30	0,40	0,00
		<i>Deconfinement left B</i>	3,58	7,48	-0,33	4,68	0,11	1,64
		<i>Support left B</i>	2,12	15,14	0,11	4,59	0,05	1,64
		<i>Deconfinement right B</i>	-	-	-	3,73	6,77	-0,60
	<i>Support right A</i>	-	-	-	2,14	13,69	-0,63	

Πίνακας 7.16

c=0,06 MPa	ΘΕΣΗ Α				
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ	
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U_v (mm)	S1(MPa)	U_v (mm)
	<i>Geostatic</i>	1,08	0,00	1,08	0,00
	<i>Spilling left</i>	1,08	0,01	1,08	0,00
	<i>Deconfinement left A</i>	0,43	20,33	1,09	1,42
	<i>Support left A</i>	0,31	12,30	1,10	1,12
	<i>Spilling right</i>	0,31	0,02	1,10	0,01
	<i>Deconfinement right A</i>	0,32	1,71	0,44	20,64
	<i>Support right A</i>	0,33	1,40	0,36	12,53
	<i>Deconfinement left B</i>	0,34	4,06	0,36	1,11
	<i>Support left B</i>	0,34	-0,57	0,36	-0,03
	<i>Deconfinement right B</i>	0,34	0,90	0,36	4,41
<i>Support right B</i>	0,34	-0,05	0,37	-0,57	
c=0,06 MPa	ΘΕΣΗ Α				
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ	
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U_v (mm)	S1(MPa)	U_v (mm)
	<i>Geostatic</i>	1,08	0,00	1,08	0,00
	<i>Spilling left</i>	1,08	0,01	1,08	0,00
	<i>Deconfinement left A</i>	0,43	20,10	1,09	1,41
	<i>Support left A</i>	0,31	11,66	1,10	1,06
	<i>Spilling right</i>	0,31	0,02	1,10	0,01
	<i>Deconfinement right A</i>	0,32	1,63	0,44	20,39
	<i>Support right A</i>	0,33	1,27	0,35	11,85
	<i>Deconfinement left B</i>	0,34	3,91	0,35	1,02
	<i>Support left B</i>	0,34	-0,56	0,35	-0,03
	<i>Deconfinement right B</i>	0,34	0,83	0,35	4,17
<i>Support right B</i>	0,34	-0,04	0,36	-0,55	
c=0,07MPa	ΘΕΣΗ Α				
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ	
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U_v (mm)	S1(MPa)	U_v (mm)
	<i>Geostatic</i>	1,08	0,00	1,08	0,00
	<i>Spilling left</i>	1,08	0,01	1,08	0,00
	<i>Deconfinement left A</i>	0,43	19,84	1,09	1,38
	<i>Support left A</i>	0,32	11,17	1,10	1,00
	<i>Spilling right</i>	0,32	0,02	1,10	0,01
	<i>Deconfinement right A</i>	0,32	1,64	0,44	20,16
	<i>Support right A</i>	0,33	1,21	0,35	11,33
	<i>Deconfinement left B</i>	0,34	3,70	0,35	0,91
	<i>Support left B</i>	0,34	-0,54	0,35	-0,03
	<i>Deconfinement right B</i>	0,34	0,79	0,36	3,90
<i>Support right B</i>	0,34	-0,04	0,36	-0,54	
c=0,08 MPa	ΘΕΣΗ Α				
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ	
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U_v (mm)	S1(MPa)	U_v (mm)
	<i>Geostatic</i>	1,08	0,00	1,08	0,00
	<i>Spilling left</i>	1,08	0,01	1,08	0,00
	<i>Deconfinement left A</i>	0,43	19,68	1,09	1,37
	<i>Support left A</i>	0,31	10,78	1,10	0,97
	<i>Spilling right</i>	0,31	0,01	1,10	0,01
	<i>Deconfinement right A</i>	0,32	1,59	0,44	19,98
	<i>Support right A</i>	0,33	1,12	0,35	10,92
	<i>Deconfinement left B</i>	0,33	3,46	0,35	0,86
	<i>Support left B</i>	0,34	-0,53	0,35	-0,03
	<i>Deconfinement right B</i>	0,34	0,72	0,35	3,58
<i>Support right B</i>	0,34	-0,03	0,36	-0,52	

Πίνακας 7.17

c=0,49 MPa	ΘΕΣΗ Α				
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ	
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U_v (mm)	S1(MPa)	U_v (mm)
	<i>Geostatic</i>	3,29	0,00	3,29	0,00
	<i>Deconfinement left A</i>	1,36	15,98	3,32	1,17
	<i>Support left A</i>	1,15	9,48	3,35	0,87
	<i>Deconfinement right A</i>	1,18	1,34	1,38	16,25
	<i>Support right A</i>	1,21	0,98	1,18	9,57
	<i>Deconfinement left B</i>	1,23	1,48	1,18	0,36
	<i>Support left B</i>	1,28	0,51	1,17	0,21
	<i>Deconfinement right B</i>	1,28	0,34	1,20	1,45
<i>Support right B</i>	1,27	0,19	1,25	0,50	
c=0,5 MPa	ΘΕΣΗ Α				
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ	
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U_v (mm)	S1(MPa)	U_v (mm)
	<i>Geostatic</i>	3,29	0,00	3,29	0,00
	<i>Deconfinement left A</i>	1,36	15,97	3,32	1,17
	<i>Support left A</i>	1,15	9,44	3,35	0,86
	<i>Deconfinement right A</i>	1,19	1,34	1,38	16,24
	<i>Support right A</i>	1,21	0,97	1,18	9,53
	<i>Deconfinement left B</i>	1,24	1,44	1,18	0,36
	<i>Support left B</i>	1,28	0,51	1,17	0,21
	<i>Deconfinement right B</i>	1,28	0,34	1,20	1,41
<i>Support right B</i>	1,27	0,19	1,25	0,50	
c=0,6 MPa	ΘΕΣΗ Α				
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ	
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U_v (mm)	S1(MPa)	U_v (mm)
	<i>Geostatic</i>	3,29	0,00	3,29	0,00
	<i>Deconfinement left A</i>	1,37	15,89	3,32	1,16
	<i>Support left A</i>	1,15	9,05	3,35	0,79
	<i>Deconfinement right A</i>	1,19	1,33	1,38	16,15
	<i>Support right A</i>	1,21	0,89	1,18	9,15
	<i>Deconfinement left B</i>	1,26	1,10	1,17	0,33
	<i>Support left B</i>	1,30	0,44	1,17	0,19
	<i>Deconfinement right B</i>	1,30	0,32	1,22	1,09
<i>Support right B</i>	1,29	0,18	1,26	0,43	
c=0,69 MPa	ΘΕΣΗ Α				
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ	
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U_v (mm)	S1(MPa)	U_v (mm)
	<i>Geostatic</i>	3,29	0,00	3,29	0,00
	<i>Deconfinement left A</i>	1,37	15,84	3,32	1,16
	<i>Support left A</i>	1,15	8,77	3,34	0,74
	<i>Deconfinement right A</i>	1,18	1,32	1,38	16,09
	<i>Support right A</i>	1,21	0,84	1,18	8,88
	<i>Deconfinement left B</i>	1,27	0,94	1,17	0,32
	<i>Support left B</i>	1,31	0,40	1,17	0,18
	<i>Deconfinement right B</i>	1,31	0,30	1,23	0,95
<i>Support right B</i>	1,30	0,16	1,27	0,38	

Πίνακας 7.18

$\varphi=310$	ΘΕΣΗ Α				
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ	
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U_v (mm)	S1(MPa)	U_v (mm)
<i>Geostatic</i>	1,08	0,00	1,08	0,00	
<i>Spilling left</i>	1,08	0,01	1,08	0,00	
<i>Deconfinement left A</i>	0,43	20,66	1,09	1,46	
<i>Support left A</i>	0,32	11,85	1,10	1,08	
<i>Spilling right</i>	0,32	0,02	1,10	0,01	
<i>Deconfinement right A</i>	0,33	1,75	0,44	20,98	
<i>Support right A</i>	0,34	1,30	0,36	12,10	
<i>Deconfinement left B</i>	0,34	4,09	0,36	1,06	
<i>Support left B</i>	0,35	-0,57	0,36	-0,02	
<i>Deconfinement right B</i>	0,35	0,88	0,37	4,39	
<i>Support right B</i>	0,35	-0,04	0,38	-0,57	
$\varphi=340$	ΘΕΣΗ Α				
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ	
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U_v (mm)	S1(MPa)	U_v (mm)
	<i>Geostatic</i>	1,08	0,00	1,08	0,00
	<i>Spilling left</i>	1,08	0,01	1,08	0,00
	<i>Deconfinement left A</i>	0,43	19,68	1,09	1,37
	<i>Support left A</i>	0,31	10,77	1,10	0,97
	<i>Spilling right</i>	0,31	0,01	1,10	0,01
	<i>Deconfinement right A</i>	0,32	1,59	0,44	19,98
	<i>Support right A</i>	0,33	1,12	0,35	10,92
	<i>Deconfinement left B</i>	0,33	3,47	0,35	0,86
	<i>Support left B</i>	0,34	-0,53	0,35	-0,03
	<i>Deconfinement right B</i>	0,34	0,72	0,35	3,58
	<i>Support right B</i>	0,34	-0,03	0,36	-0,52
$\varphi=360$	ΘΕΣΗ Α				
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ	
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U_v (mm)	S1(MPa)	U_v (mm)
	<i>Geostatic</i>	1,08	0,00	1,08	0,00
	<i>Spilling left</i>	1,08	0,01	1,08	0,00
	<i>Deconfinement left A</i>	0,43	19,20	1,09	1,32
	<i>Support left A</i>	0,31	10,20	1,09	0,90
	<i>Spilling right</i>	0,31	0,01	1,10	0,01
	<i>Deconfinement right A</i>	0,32	1,52	0,44	19,51
	<i>Support right A</i>	0,33	1,03	0,35	10,32
	<i>Deconfinement left B</i>	0,33	3,09	0,35	0,74
	<i>Support left B</i>	0,34	-0,51	0,35	-0,02
	<i>Deconfinement right B</i>	0,34	0,64	0,35	3,09
	<i>Support right B</i>	0,34	-0,03	0,36	-0,50
$\varphi=380$	ΘΕΣΗ Α				
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ	
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U_v (mm)	S1(MPa)	U_v (mm)
	<i>Geostatic</i>	1,08	0,00	1,08	0,00
	<i>Spilling left</i>	1,08	0,01	1,08	0,00
	<i>Deconfinement left A</i>	0,43	19,68	1,09	1,37
	<i>Support left A</i>	0,31	10,77	1,10	0,97
	<i>Spilling right</i>	0,31	0,01	1,10	0,01
	<i>Deconfinement right A</i>	0,32	1,59	0,44	19,98
	<i>Support right A</i>	0,33	1,12	0,35	10,92
	<i>Deconfinement left B</i>	0,33	3,47	0,35	0,86
	<i>Support left B</i>	0,34	-0,53	0,35	-0,03
	<i>Deconfinement right B</i>	0,34	0,72	0,35	3,58
	<i>Support right B</i>	0,34	-0,03	0,36	-0,52

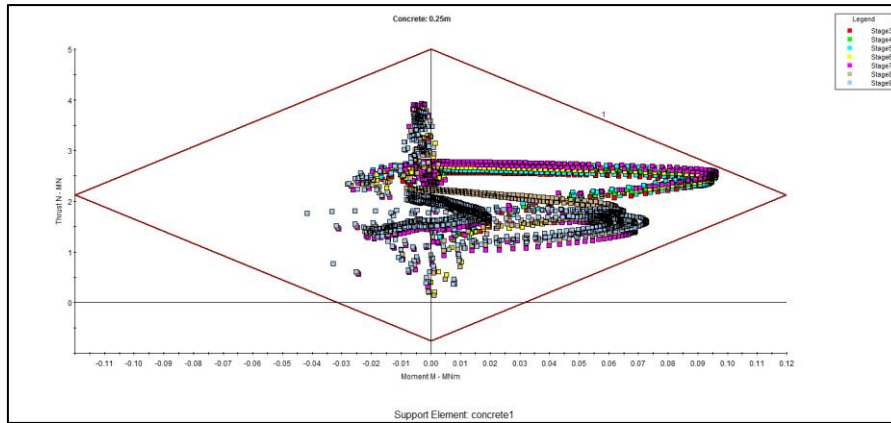
Πίνακας 7.19

$\varphi=36,50$	ΘΕΣΗ Α				
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ	
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U_v (mm)	S1(MPa)	U_v (mm)
	<i>Geostatic</i>	3,29	0,00	3,29	0,00
	<i>Deconfinement left A</i>	1,36	16,19	3,32	1,20
	<i>Support left A</i>	1,14	9,86	3,35	0,93
	<i>Deconfinement right A</i>	1,18	1,39	1,38	16,48
	<i>Support right A</i>	1,21	1,06	1,18	9,99
	<i>Deconfinement left B</i>	1,23	1,76	1,18	0,42
	<i>Support left B</i>	1,28	0,54	1,17	0,23
	<i>Deconfinement right B</i>	1,27	0,39	1,20	1,79
<i>Support right B</i>	1,27	0,20	1,25	0,53	
$\varphi=400$	ΘΕΣΗ Α				
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ	
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U_v (mm)	S1(MPa)	U_v (mm)
	<i>Geostatic</i>	3,29	0,00	3,29	0,00
	<i>Deconfinement left A</i>	1,36	15,97	3,32	1,17
	<i>Support left A</i>	1,15	9,44	3,35	0,86
	<i>Deconfinement right A</i>	1,19	1,34	1,38	16,24
	<i>Support right A</i>	1,21	0,97	1,18	9,53
	<i>Deconfinement left B</i>	1,24	1,44	1,18	0,36
	<i>Support left B</i>	1,28	0,51	1,17	0,21
	<i>Deconfinement right B</i>	1,28	0,34	1,20	1,41
<i>Support right B</i>	1,27	0,19	1,25	0,50	
$\varphi=420$	ΘΕΣΗ Α				
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ	
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U_v (mm)	S1(MPa)	U_v (mm)
	<i>Geostatic</i>	3,29	0,00	3,29	0,00
	<i>Deconfinement left A</i>	1,37	15,89	3,32	1,16
	<i>Support left A</i>	1,15	9,23	3,35	0,83
	<i>Deconfinement right A</i>	1,19	1,32	1,38	16,15
	<i>Support right A</i>	1,21	0,92	1,18	9,30
	<i>Deconfinement left B</i>	1,25	1,24	1,17	0,34
	<i>Support left B</i>	1,29	0,46	1,17	0,20
	<i>Deconfinement right B</i>	1,28	0,32	1,21	1,20
<i>Support right B</i>	1,28	0,18	1,25	0,45	
$\varphi=460$	ΘΕΣΗ Α				
		ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ		ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ	
	ΣΤΑΔΙΟ	S1 (MPa)	U_v (mm)	S1(MPa)	U_v (mm)
	<i>Geostatic</i>	3,29	0,00	3,29	0,00
	<i>Deconfinement left A</i>	1,39	15,75	3,32	1,14
	<i>Support left A</i>	1,18	8,85	3,34	0,76
	<i>Deconfinement right A</i>	1,21	1,32	1,41	16,01
	<i>Support right A</i>	1,23	0,87	1,26	8,93
	<i>Deconfinement left B</i>	1,28	0,91	1,25	0,29
	<i>Support left B</i>	1,32	0,38	1,25	0,17
	<i>Deconfinement right B</i>	1,31	0,28	1,30	0,85
<i>Support right B</i>	1,31	0,16	1,34	0,37	

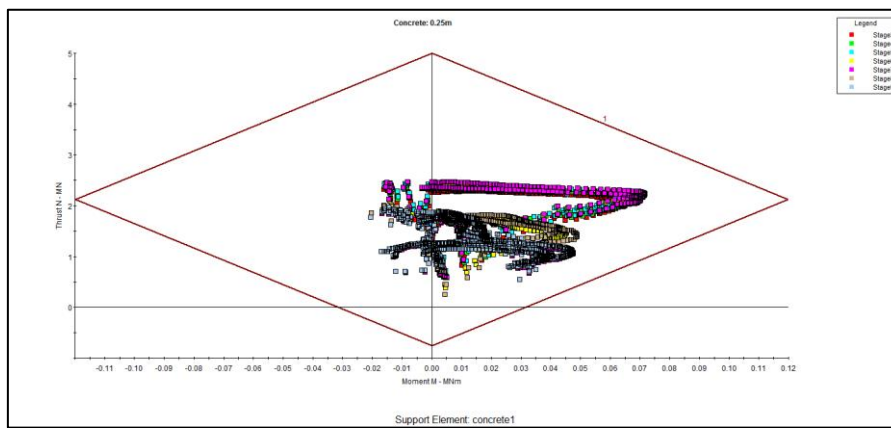
Πίνακας 7.20

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

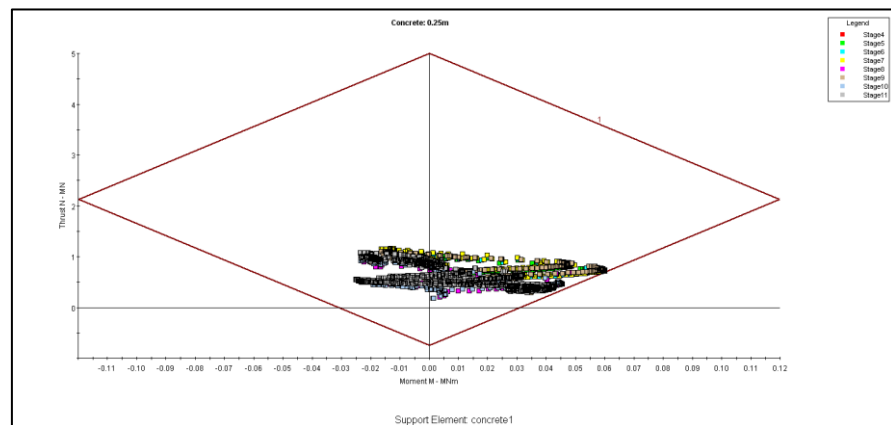
ΕΙΚΟΝΕΣ



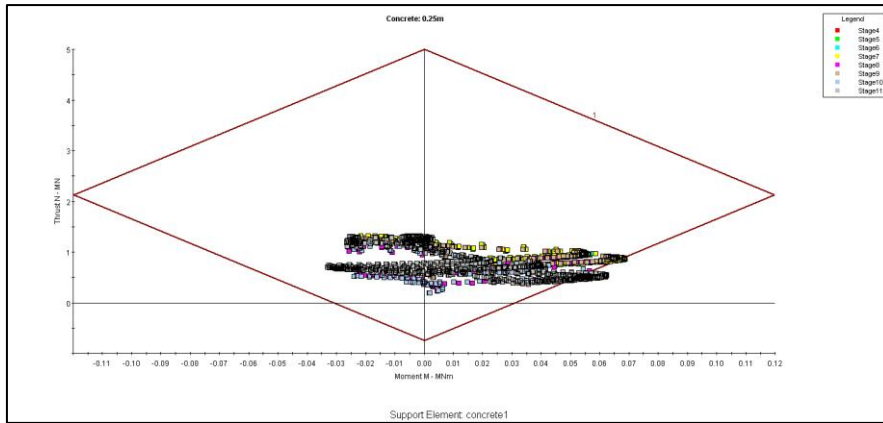
Εικόνα 7.5



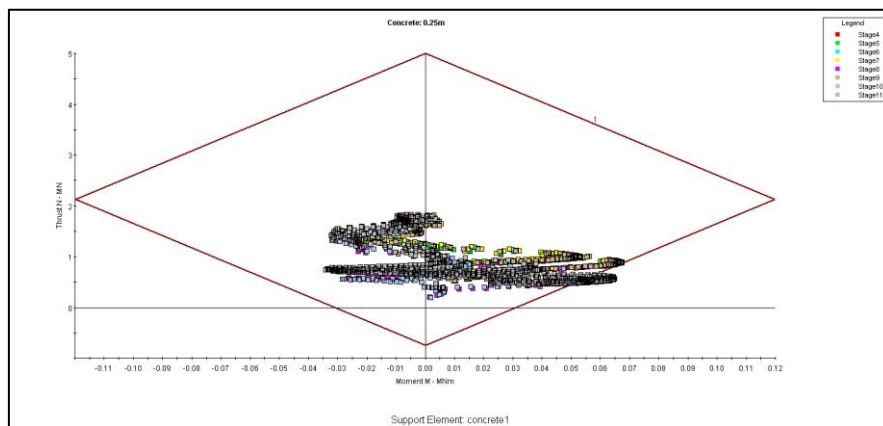
Εικόνα 7.6



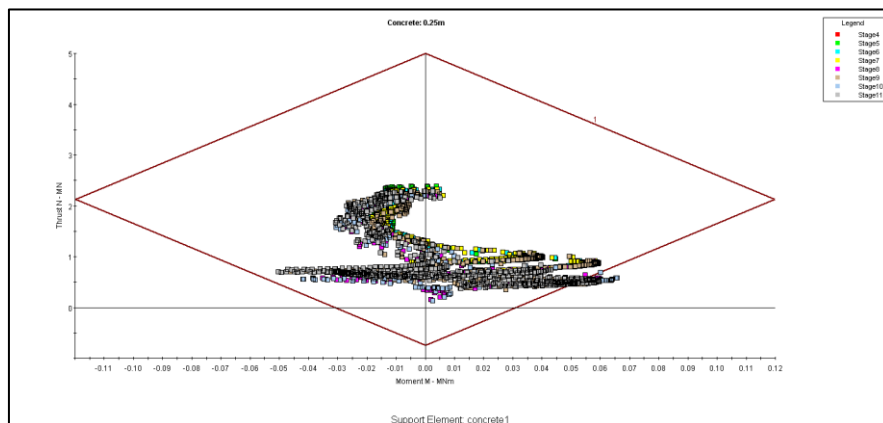
Εικόνα 7.7



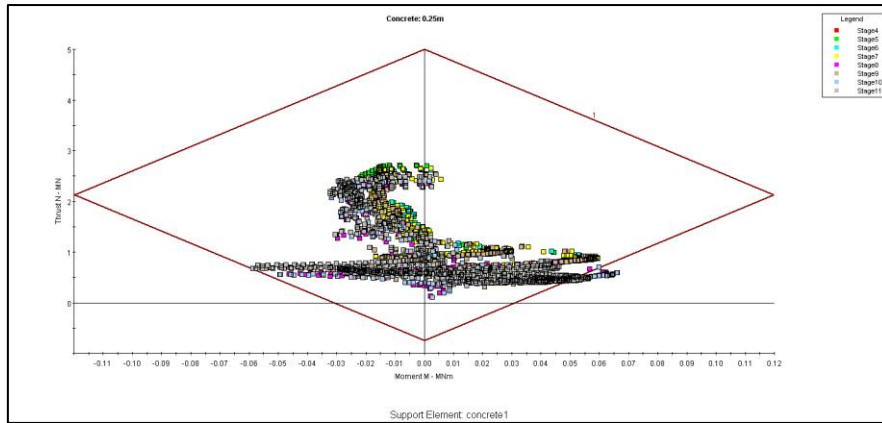
Εικόνα 7.8



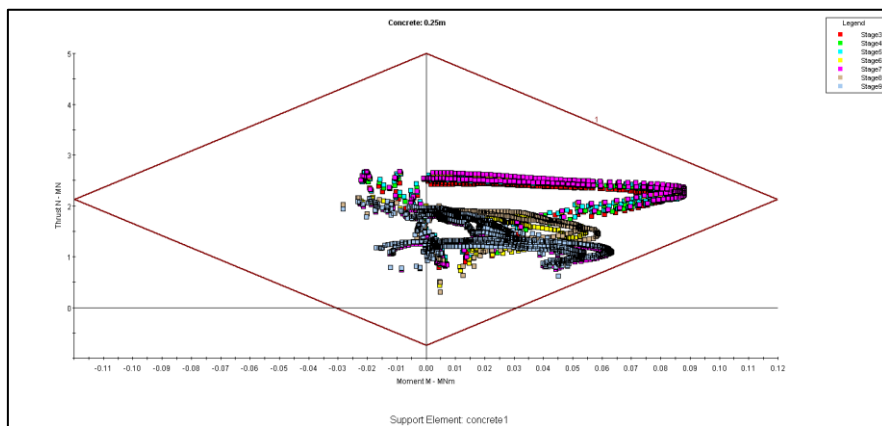
Εικόνα 7.9



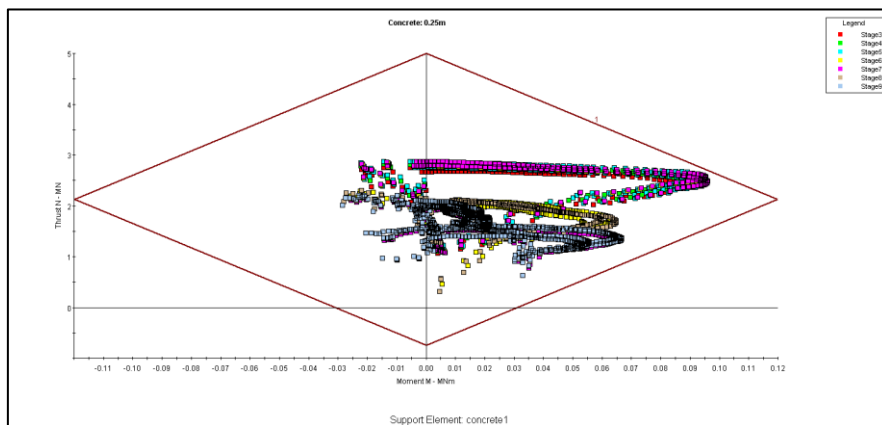
Εικόνα 7.10



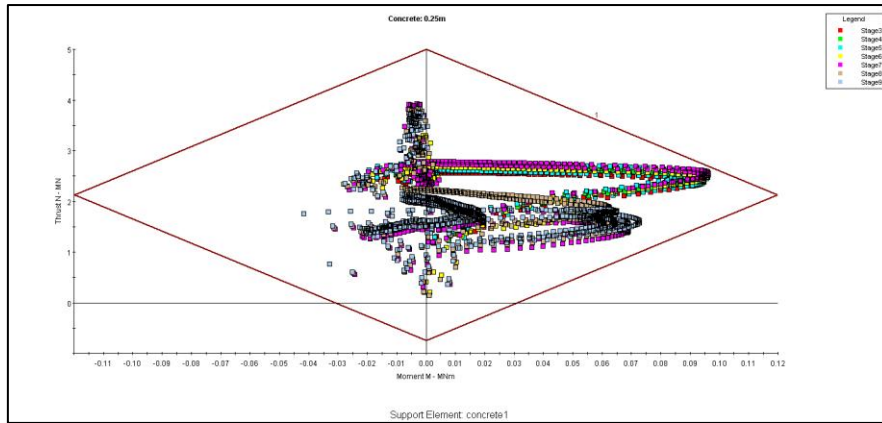
Εικόνα 7.11



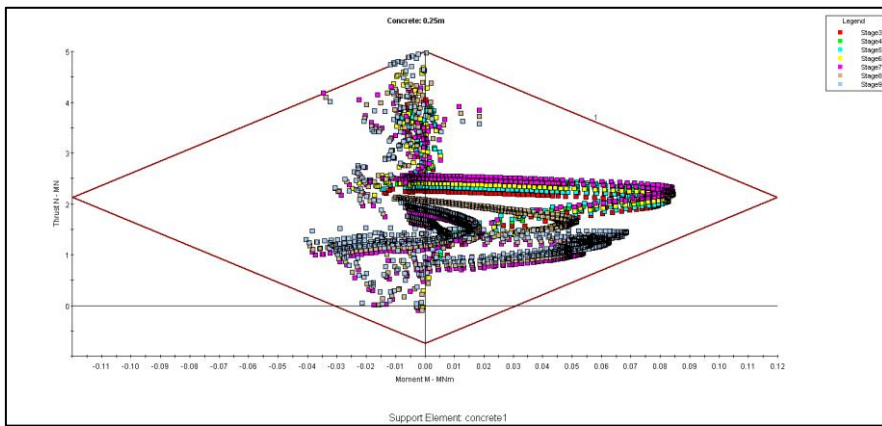
Εικόνα 7.12



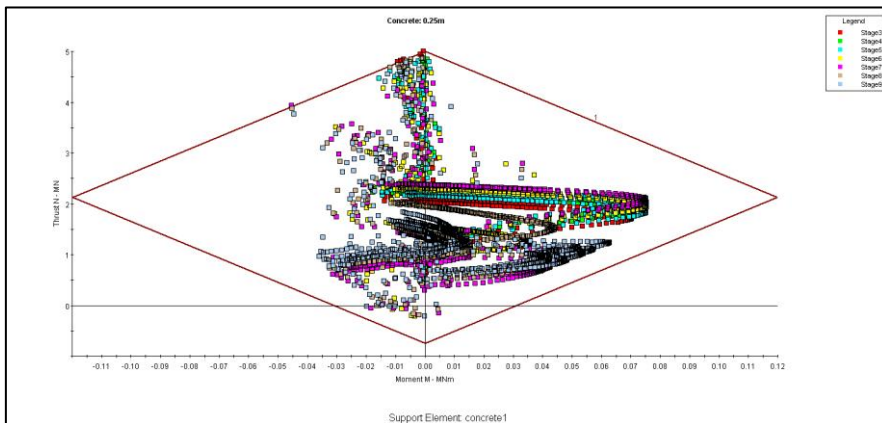
Εικόνα 7.13



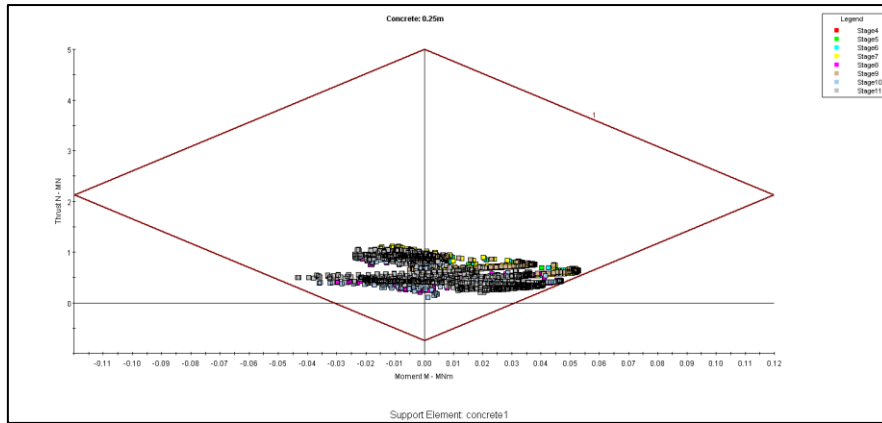
Εικόνα 7.14



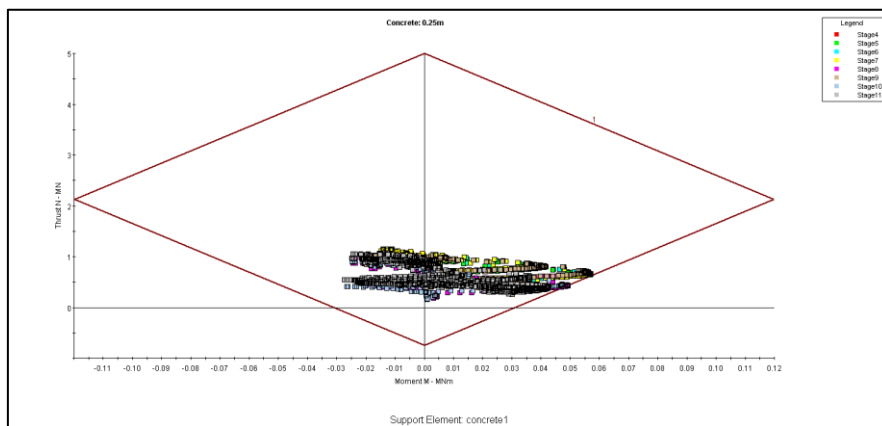
Εικόνα 7.15



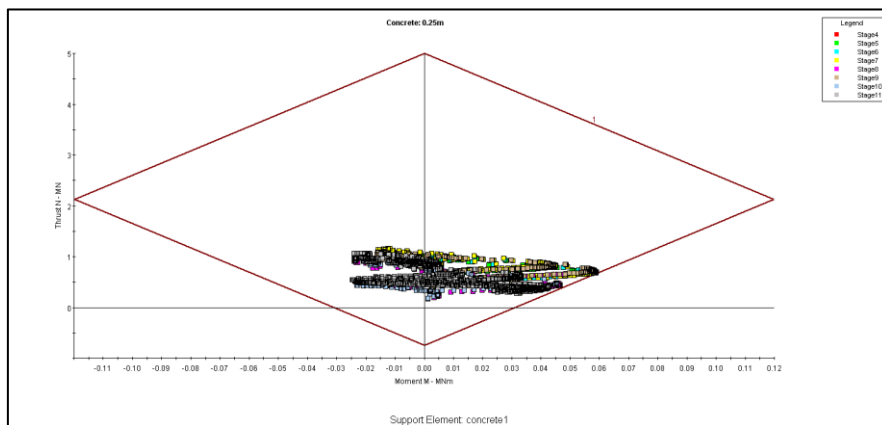
Εικόνα 7.16



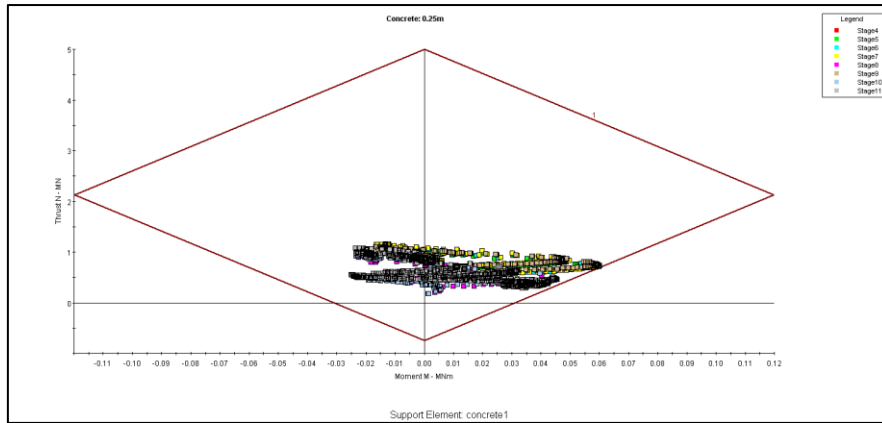
Εικόνα 7.17



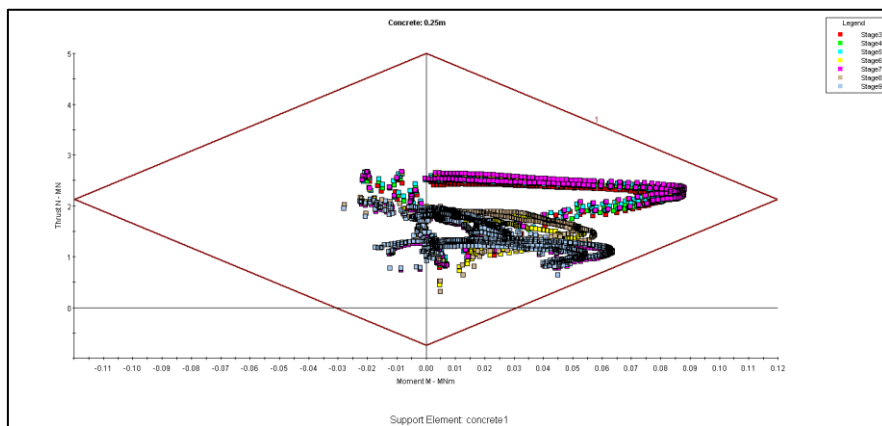
Εικόνα 7.18



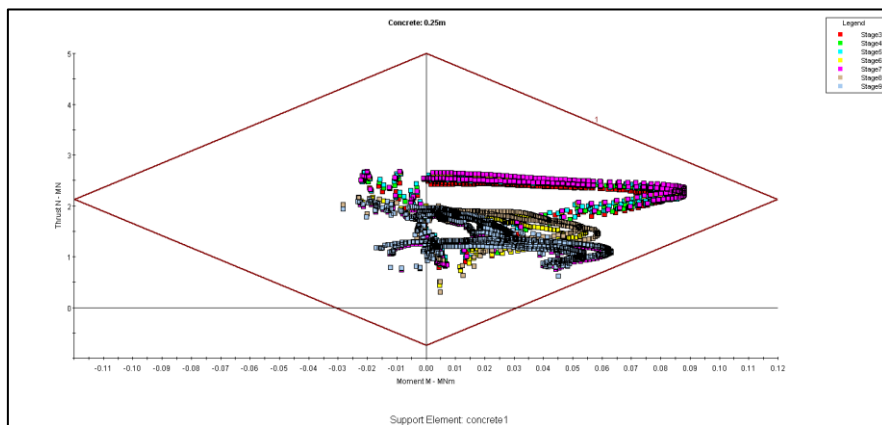
Εικόνα 7.19



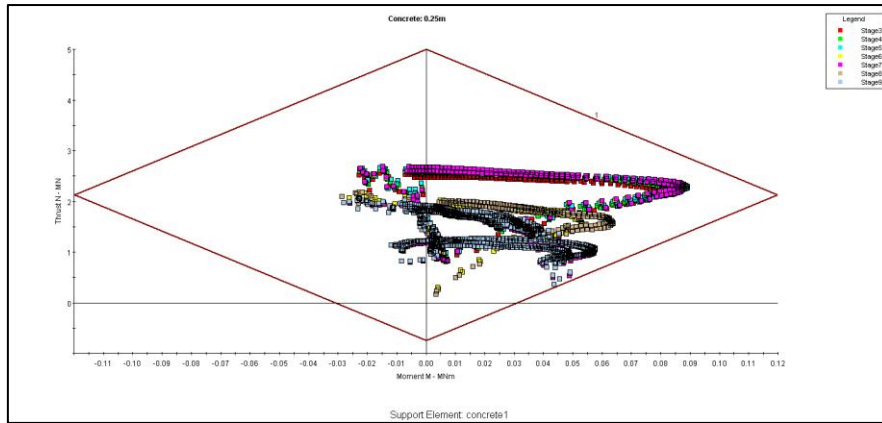
Εικόνα 7.20



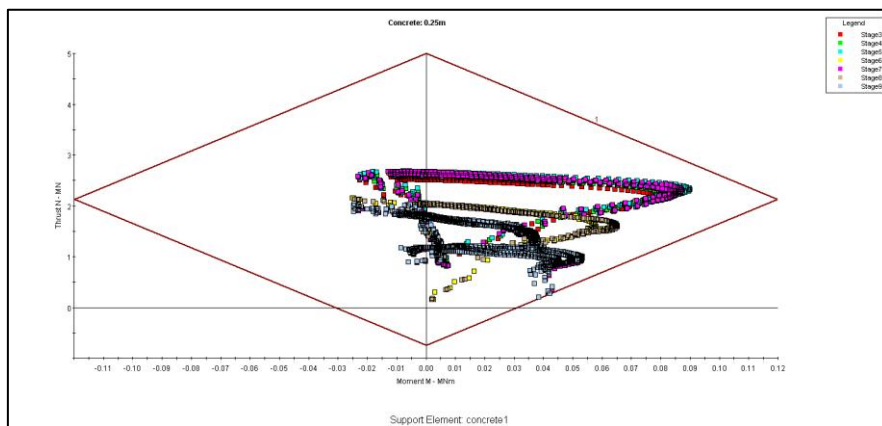
Εικόνα 7.21



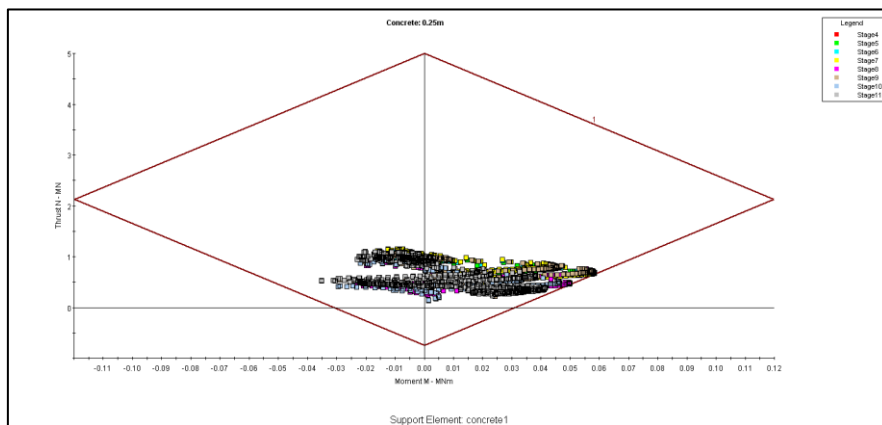
Εικόνα 7.22



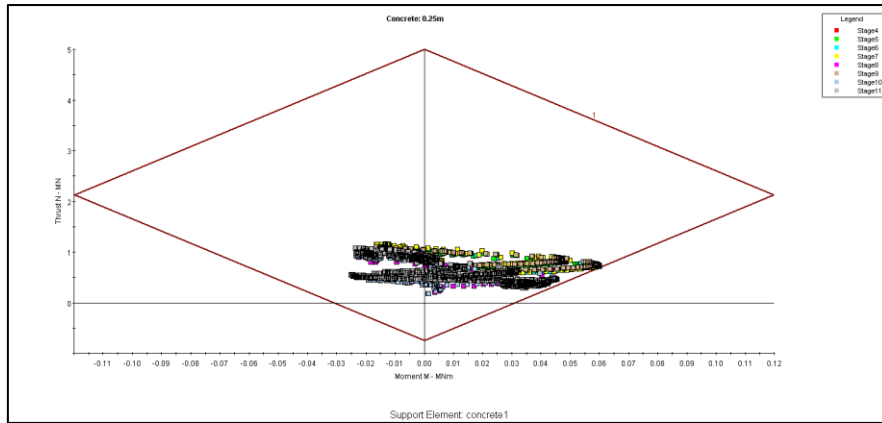
Εικόνα 7.23



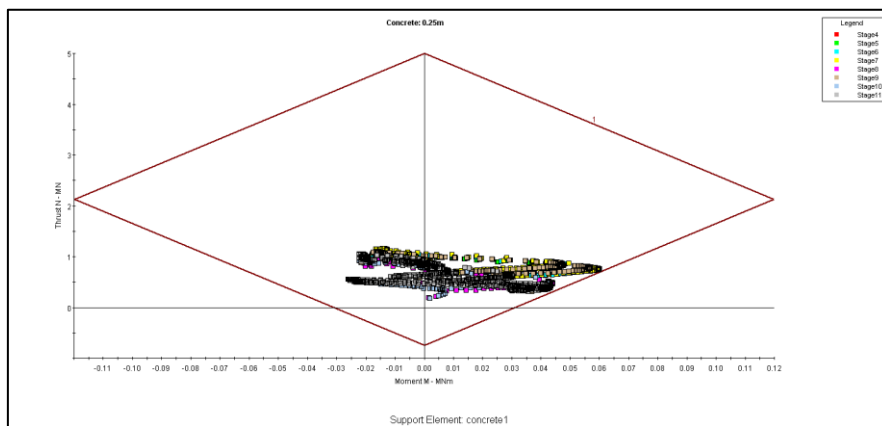
Εικόνα 7.24



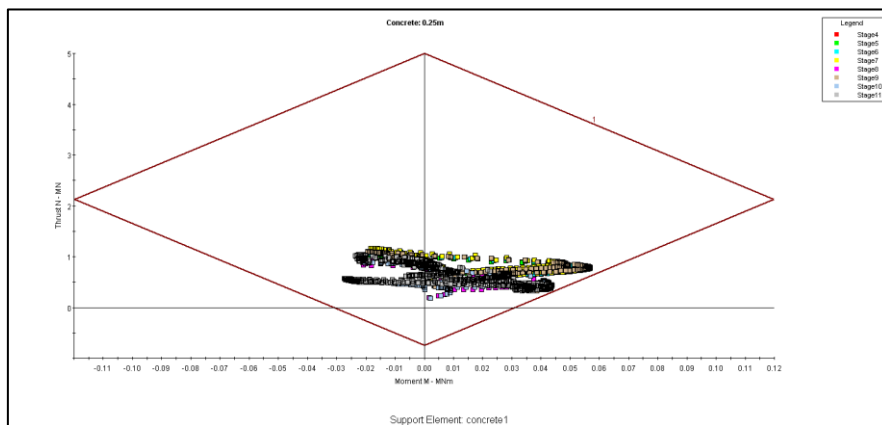
Εικόνα 7.25



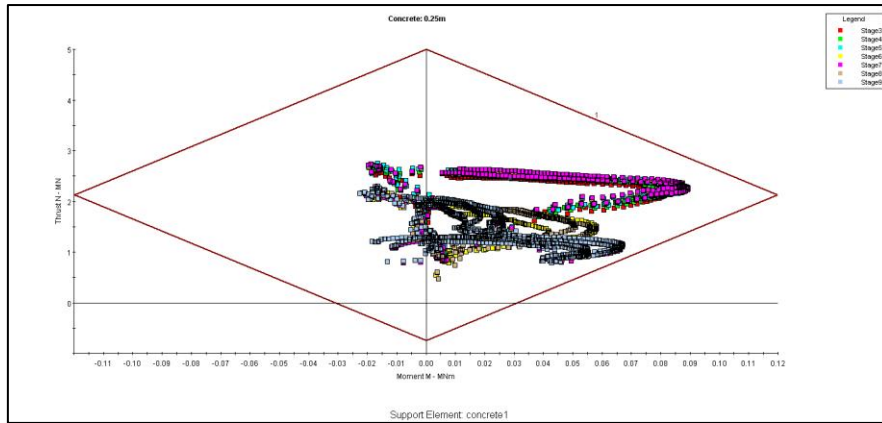
Εικόνα 7.26



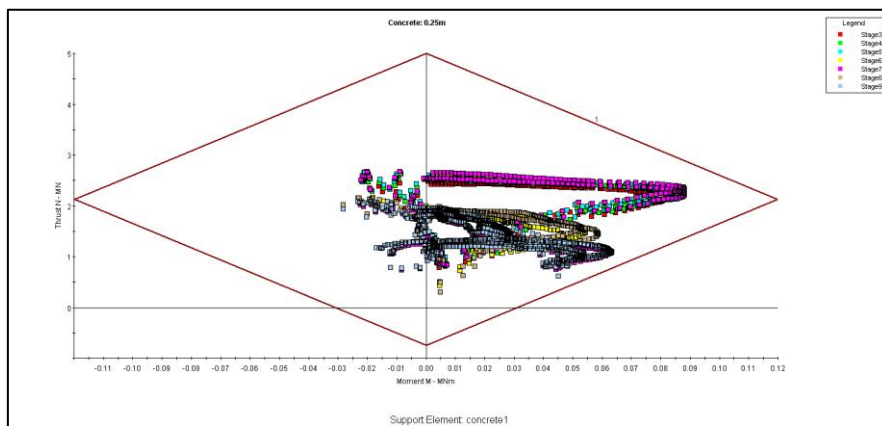
Εικόνα 7.27



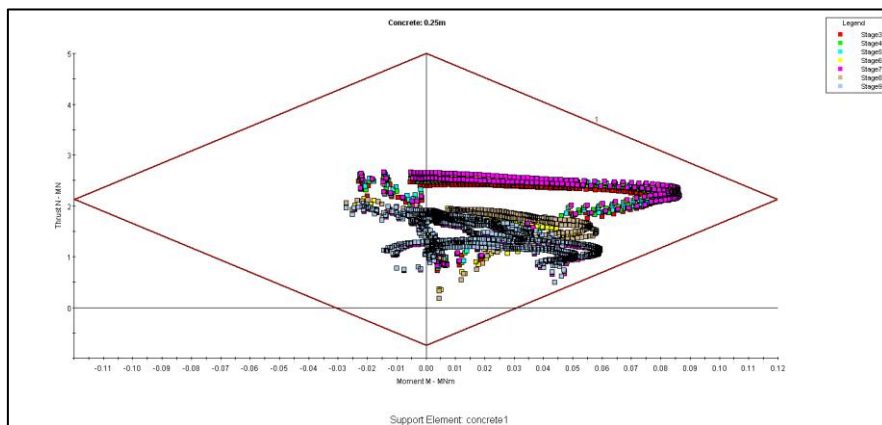
Εικόνα 7.28



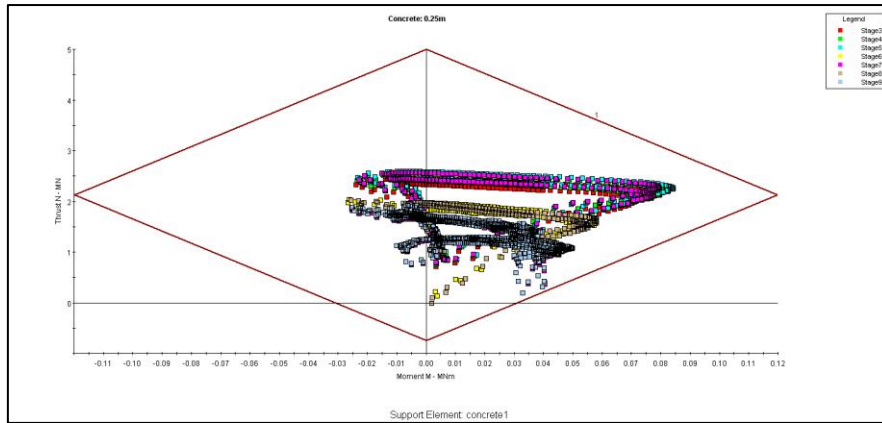
Εικόνα 7.29



Εικόνα 7.30



Εικόνα 7.31



Εικόνα 7.32