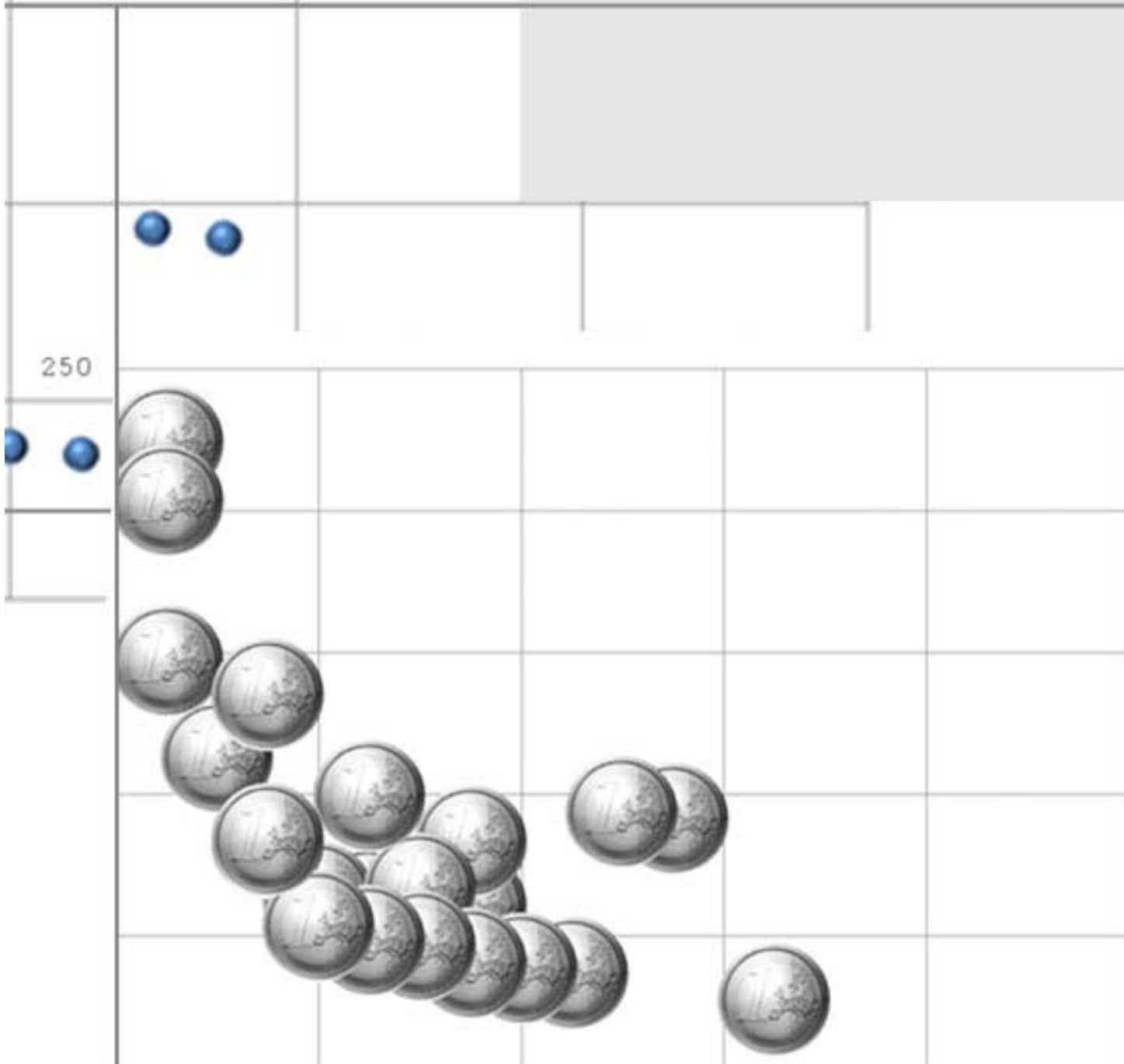




ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ ΕΚΕΚΑΦΗΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΩΡΙΝΗΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ
ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΟΔΙΚΩΝ ΣΗΡΑΓΓΩΝ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



Στην μητέρα μου, Ελισάβετ



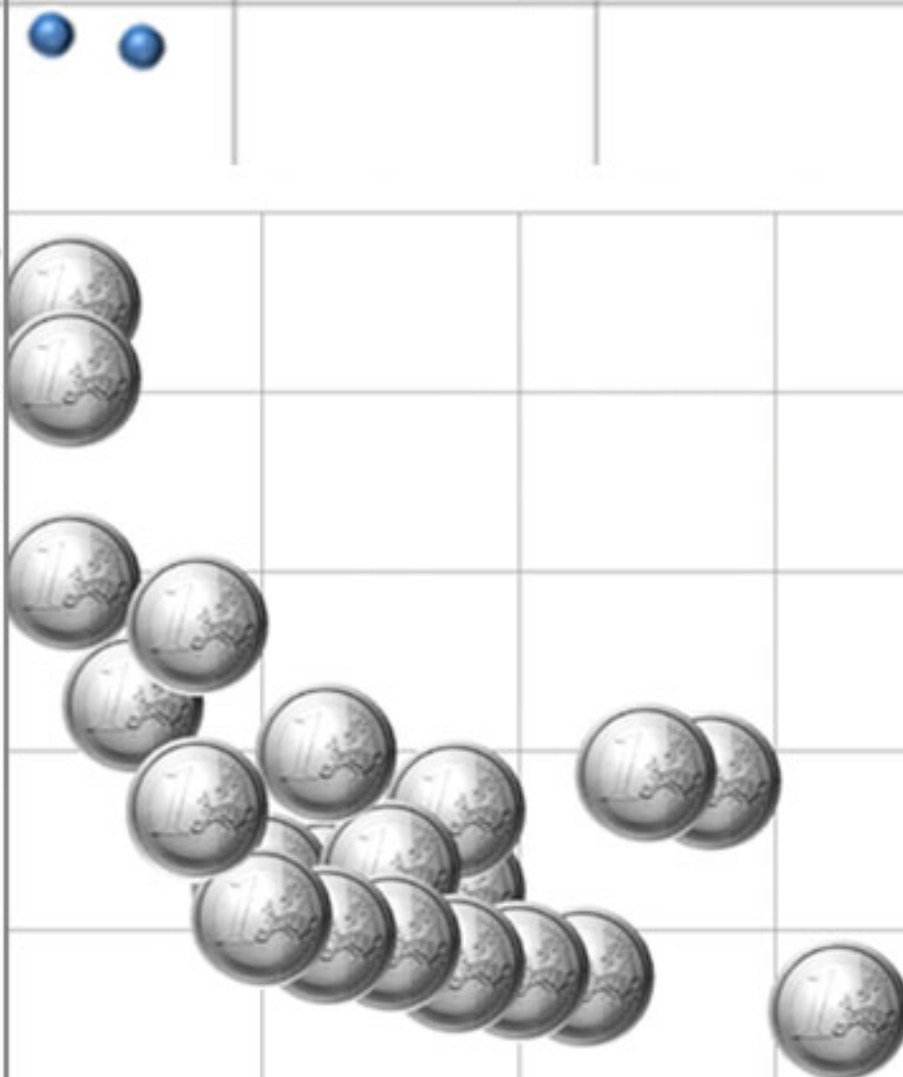
ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ ΕΚΕΚΑΦΗΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΩΡΙΝΗΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ
ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΟΔΙΚΩΝ ΣΗΡΑΓΓΩΝ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΠΑΡΑΣΚΕΥΟΠΟΥΛΟΥ ΧΡΥΣΟΘΕΜΙΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΜΠΕΝΑΡΔΟΣ ΑΝΔΡΕΑΣ, ΔΕΚΤΟΡΑΣ Ε.Μ.Π.

250



ΕΓΚΡΙΘΗΚΕ ΑΠΟ ΤΗΝ ΤΡΙΜΕΛΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΣΤΙΣ __/__/2011

ΔΑΜΙΓΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ, ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Ε.Μ.Π.
ΚΑΛΙΑΜΠΑΚΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ, ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Ε.Μ.Π.
ΜΠΕΝΑΡΔΟΣ ΑΝΔΡΕΑΣ, ΔΕΚΤΟΡΑΣ Ε.Μ.Π.

(ΥΠΟΓΡΑΦΗ)
(ΥΠΟΓΡΑΦΗ)
(ΥΠΟΓΡΑΦΗ)

ΠΡΟΛΟΓΟΣ_

Κάθε τεχνικό έργο αποσκοπεί στην κάλυψη διαφόρων κοινωνικοοικονομικών αναγκών. Είναι γεγονός ότι τα τεχνικά έργα έχουν μπει για τα καλά στην καθημερινότητα των αναπτυγμένων –κυρίως- χώρων σε ευρωπαϊκό και κατ' επέκταση σε παγκόσμιο επίπεδο και αναμφισβήτητα συμβάλλουν στην εξυπηρέτηση τόσο των πολιτών όσο και των διεθνών οικονομιών. Τα τελευταία 60 χρόνια έχουν κατασκευαστεί πολλά οδικά δίκτυα μεταφορών που προσφέρουν τόσο συνεχή ροή μεταφοράς επιβατών και προϊόντων όσο και μείωση του χρόνου μεταφοράς. Το τελευταίο έχει ως συνέπεια τη δημιουργία δικτύων μεταφοράς που διέρχονται από ορεινούς όγκους και αποτελούνται κυρίως από γέφυρες και σήραγγες. Οι σήραγγες και τα υπόγεια έργα κατ' επέκταση, συνήθως αποτελούν μεγάλα και σύνθετα έργα υποδομής, με σημαντικό κόστος κατασκευής. Η σωστή εκτίμηση του κόστους υλοποίησής τους αποτελεί ιδιαίτερα σημαντικό ζήτημα που πολλές φορές κρίνει την υλοποίηση αλλά και την συνολική βιωσιμότητα τους.

Στόχος της κοστολόγησης είναι η σωστή εκτίμηση του κόστους κατασκευής, έτσι ώστε να περατωθεί επιτυχώς το έργο αλλά και ταυτόχρονα να υπάρξει ικανό οικονομικό όφελος από την πλευρά του Αναδόχου. Η κοστολόγηση των έργων είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με τον παράγοντα της αβεβαιότητας εξαιτίας του μικρού αριθμού στοιχείων που συνήθως προκύπτουν από την γεωτεχνική έρευνα κατά τη φάση του σχεδιασμού του έργου, στη διάρκεια της οποίας γίνεται και η προκοστολόγησή του.

Στην ελληνική βιβλιογραφία υπάρχουν περιορισμένες εργασίες - μελέτες που να εξετάζουν το κόστος των οδικών σηράγγων. Πιο συγκεκριμένα υπάρχουν στοιχεία από την Εγνατία Οδό που αφορούν στις σήραγγες της, καθώς επίσης και από άλλους ερευνητές που αποσκοπούν στην ανάλυση κόστους σηράγγων. Όσον αφορά στη διεθνή βιβλιογραφία, οι μελέτες που υπάρχουν αφορούν σε σχετικά μικρό εύρος περιπτώσεων και κυρίως αφορούν περιπτώσεις χωρών, οι οποίες έχουν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά. Συνεπώς, τουλάχιστον στην παρούσα φάση δεν ευνοείται η εξαγωγή γενικών συμπερασμάτων και η *ανάγκη αναλυτικής εξέτασης των παραμέτρων του κόστους κατασκευής* των υπογείων έργων και συγκεκριμένα των σηράγγων είναι επιτακτική τόσο σε ελληνικό όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο.

Σε αυτή την κατεύθυνση στοχεύει το αντικείμενο της παρούσας εργασίας, ενώ παράλληλα αποσκοπεί στην παρουσίαση μιας διαφορετικής οπτικής για την διαμόρφωση του κόστους κατασκευής μιας σήραγγας ώστε να αποτελέσει στο μέλλον υπόβαθρο για περαιτέρω αναλύσεις στο επιστημονικό αυτό πεδίο.

Η παρούσα εργασία προσεγγίζει θέματα κόστους κατασκευής οδικών σηράγγων στον Ελλαδικό χώρο μέσα από τη μελέτη μιας σειράς πραγματικών εκτιμήσεων για το κόστος κατασκευής οδικών σηράγγων που έχουν ολοκληρωθεί την τελευταία 10ετία στη χώρα. Πιο αναλυτικά, πραγματοποιείται η ανάλυση του κόστους κατασκευής που αφορά στην εκοκαφή και την προσωρινή υποστήριξή τους, μια καιρική φάση της συνολικής κατασκευής, η οποία συμμετέχει περίπου στο 60-65% του συνολικού κόστους του έργου. Επιπλέον, γίνεται η συσχέτιση του κόστους με βασικούς γεωτεχνικούς δείκτες ώστε να συμβάλλει σ' έναν γρήγορο και αντιπροσωπευτικό προκαταρκτικό υπολογισμό του κόστους κατασκευής σε αντίστοιχα μελλοντικά έργα.

Στο σημείο αυτό, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κύριο Ανδρέα Μπενάρδο, Λέκτορα Ε.Μ.Π. στη Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων - Μεταλλουργών, ουσιαστικό επιβλέπων της εργασίας, για την πολύτιμη βοήθειά του στην συγγραφή της παρούσας εργασίας και για την ουσιαστική καθοδήγηση του.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω και την οικογένεια μου για την υπομονή, την κατανόηση και την υποστήριξη της κατά το χρονικό διάστημα εκπόνησης της εργασίας. Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω όλους όσους πίστεψαν σε εμένα, δεν θα τους απογοητεύσω το υπόσχομαι...

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι η ανάλυση του κόστους διάνοιξης (εκκαφής και προσωρινής υποστήριξης) ελληνικών οδικών σηράγγων και απαρτίζεται από τα ακόλουθα κεφάλαια:

- Στο Κεφάλαιο_1 γίνεται μία εισαγωγή σχετικά με το κόστος κατασκευής τεχνικών έργων και σηράγγων, δίνονται ορισμοί για τις έννοιες της κοστολόγησης και τιμολόγησης και οι βασικές αρχές οι οποίες τις διέπουν ώστε να γίνει από τον αναγνώστη κατανοητή η διαφορά τους. Επίσης, παρουσιάζονται οι συνήθεις μέθοδοι εκτίμησης του κόστους και τέλος ακολουθεί η σύγκρισή τους.
- Στο Κεφάλαιο_2 αναλύεται το κόστος κατασκευής των τεχνικών έργων, τα στάδια πραγματοποίησής του, δίνοντας έμφαση στο κόστος κατασκευής των σηράγγων. Εν συνεχεία, προσδιορίζονται τα κριτήρια σχεδιασμού και οι τεχνικοί παράγοντες που διέπουν την κατασκευή των σηράγγων. Αναφέρονται οι μέθοδοι κατασκευής των υπογείων έργων και τα μέτρα υποστήριξής τους. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στην τιμολόγηση των ελληνικών δημοσίων έργων δίνοντας παραδείγματα τεχνικών έργων και τέλος παρουσιάζονται αντίστοιχες αναλύσεις κόστους υπογείων έργων που έχουν γίνει σε παγκόσμιο επίπεδο.
- Στο Κεφάλαιο_3 περιγράφονται οι πέντε προς ανάλυση ελληνικές οδικές σήραγγες (Σήραγγα Ραφοματάη, Σήραγγα Άγιου Ηλία, Σήραγγα Αγίας Κυριακής, Σήραγγα ΑΣ1 - Κακιά Σκάλα και Σήραγγα Κνημίδας). Παρουσιάζονται τα στοιχεία κόστους που προήλθαν από τις Οριστικές Μελέτες κατά τη διάρκεια κατασκευής των σηράγγων και πιο συγκεκριμένα αναλύεται το κόστος διάνοιξης (εκκαφής και προσωρινής υποστήριξης) ανά μέτρα μήκους (€/μ.μ.) και ανά κυβικό μέτρο (€/m³).
- Στο Κεφάλαιο_4 γίνεται η ανάλυση κόστους των ελληνικών οδικών σηράγγων με σημερινές τιμές μονάδος (εν έτη 2011) δηλαδή τα κόστη που προέκυψαν στο Κεφάλαιο_3 επαναπροσδιορίζονται - ανάγονται σε σημερινές τιμές, αποσκοπώντας στη δημιουργία κοινού σημείου αναφοράς για όλες τις υπό μελέτη σήραγγες και στην εξαγωγή συμπερασμάτων που αντικατοπτρίζουν την υπάρχουσα ελληνική πραγματικότητα. Τα κόστη που προκύπτουν από την αναθεώρηση εκφράζονται σε κόστος ανά μέτρο μήκους (€/μ.μ.) και κόστος ανά κυβικό (€/m³). Επίσης, γίνεται περαιτέρω ανάλυση των αποτελεσμάτων, συσχετίζοντας το κόστος διάνοιξης με τις γεωλογικές συνθήκες κατηγοριοποιώντας τη βραχώμαζα σε πέντε διακριτές ομάδες που ορίστηκαν (κατηγορίες διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης: Α, Β, Γ, Δ & Ε) ανάλογα με την ποιότητά της (από πολύ καλή έως πτωχή), χρησιμοποιώντας τους RMR και GSI. Εν συνεχεία, πραγματοποιείται συσχέτιση του κόστους διάνοιξης και του μήκους

σήραγγας. Τέλος, επιμερίζεται το κόστος διάνοιξης σε κόστος εκσκαφής και κόστος προσωρινής υποστήριξης και πραγματοποιείται συσχέτιση του επιμέρους κόστους εκσκαφής και του επιμέρους κόστους προσωρινής υποστήριξης με τις διάφορες κατηγορίες διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης.

- Στο Κεφάλαιο_5 παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της εργασίας.

Η ανάλυση που πραγματοποιήθηκε δείχνει τη σημασία του ακριβούς υπολογισμού του κόστους κατασκευής ενός τεχνικού έργου. Σημαντικό στοιχείο της εργασίας πέρα από την αναγωγή του κόστους κατασκευής κάθε υπό μελέτης σήραγγας σε σημερινές τιμές (2011), είναι η συσχέτιση του κόστους κατασκευής με βασικούς δείκτες (RMR και GSI) που αφορούν στις συνθήκες της βραχόμαζας που θα συναντηθούν κατά την εκσκαφή. Λειτουργώντας έτσι, σύμφωνα με τις αρχές της συλλογιστικής βασισμένης σε περιπτώσεις, χρησιμοποιεί τα στοιχεία που υπολογίστηκαν ώστε να συμβάλλει σ' έναν γρήγορο και αντιπροσωπευτικό προκαταρκτικό υπολογισμό του κόστους κατασκευής σε αντίστοιχα μελλοντικά έργα.

ABSTRACT_

The objective of this thesis is to analyze and assess the construction cost (excavation and temporary support) of several Greek road tunnels. It is composed from the following chapters:

- Chapter_1 gives an introduction to the construction cost of public works. The definitions of cost pricing and estimation are presented, as well as, their basic governing principles. Additionally, the principal cost estimation methods are presented and compared.
- Chapter_2 analyzes the construction cost of public works and the stages that lead to its completion, where special emphasis is given to the construction cost of a tunnel. The technical factors, the design criteria, the construction methods and the support measures that are used for tunnel construction are identified. Special emphasis is given to the pricing of Greek public works by offering examples of technical projects. Finally cost analysis examples of foreign underground projects are presented.
- Chapter_3 describes the five Greek road tunnels used in the analysis (Tunnel Rapsomati, St. Elias Tunnel, St. Sunday Tunnel, Tunnel AS1 - Kakia Skala, Tunnel Knimida). The cost figures that were derived by the final studies during the construction of the tunnels are presented and more specifically the tunneling cost (excavation and temporary support) per meter (€/m) and per cubic meter (€/m³) is estimated.
- Chapter_4 presents the cost analysis of the Greek road tunnels according to current unit prices (2011). More specifically, the costs derived from Chapter_3 are adjusted to current prices aiming to establish a common reference point for all the tunnels under study in order to draw conclusions that reflect the current Greek conditions. Further analysis of the results is made by relating the tunneling cost to the geological conditions by establishing a rockmass categorization of five groups (categories of excavation and temporary support A, B, C, D & E) according to their quality (from very good to poor). Furthermore, a relation between tunneling cost and tunnel length is derived. Finally, a distinction is proposed in regards to the cost of tunneling and it is allocated between the excavation and the temporary support measures.
- Chapter 5 presents the conclusions derived from the above analysis.

The analysis illustrates the principal importance of accurate construction cost estimation. In the thesis, besides the construction cost assessment and adjustment to current prices (2011) of the five under investigation tunnels, a relation between the construction cost and the basic geomechanical indexes GSI and RMR is proposed. Thus, according to the basics of CBR method (case based reasoning), the analysis undertaken, uses the compiled data, so as to provide a rapid and representative preliminary construction cost estimation tool in other similar works in Greece.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΚΟΣΤΟΣ.....	1
1.1_Κόστος Κατασκευής - Γενικά Στοιχεία.....	3
1.1.1_Κόστος και Σηράγγες.....	3
1.2_Έννοιες - Ορισμοί.....	3
1.2.1_Κόστος.....	4
1.2.2_Κοστολόγηση.....	4
1.2.2.1_Βασικές Αρχές Κοστολόγησης.....	5
1.2.3_Τιμολόγηση.....	6
1.3_Μέθοδοι Εκτίμησης Κόστους.....	6
1.3.1_Γενικά.....	6
1.3.2_Μόντέλα Εκτίμησης Κόστους.....	7
1.3.3_Σύγκριση των Μεθόδων.....	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΕΡΓΩΝ.....	13
2.1_Κόστος Κατασκευής Τεχνικών Έργων.....	15
2.2_Στάδια πραγματοποίησης τεχνικού έργου.....	16
2.3_Κριτήρια Σχεδιασμού Σηράγγων.....	18
2.3.1_Η Δαπάνη Κατασκευής Σηράγγων.....	20
2.4_Τεχνικοί Παράγοντες.....	21
2.4.1_Καθορισμός Μοντέλου της Βραχόμαζας για τις Ανάγκες Σχεδιασμού και Κατασκευής.....	22
2.4.2_Κριτήρια Αστοχίας.....	26
2.5_Γεωτεχνική - Γεωλογική Έρευνα Συναρτήσει της Αβεβαιότητας και του Κόστους του Έργου.....	28
2.6_Μέθοδοι Κατασκευής Σηράγγων.....	30
2.6.1_Μέθοδος NATM.....	30
2.6.2_Μέθοδος Εκσκαφής και Επανεπίχωσης (Cut & Cover).....	33
2.6.3_Μηχανική Όρυξη.....	34
2.7_Μέτρα Υποστήριξης Σηράγγων.....	36
2.7.1_Αρχές Σχεδιασμού της Τελικής Επένδυσης Σηράγγων.....	37
2.8_Κόστος Κατασκευής Ελληνικών Σηράγγων.....	39
2.8.1_Κατανομή Κόστους Τεχνικών Έργων.....	40
2.9_Τιμολόγηση Ελληνικών Έργων (Δημοσίων).....	41
2.9.1_Το Ενιαίο Τιμολόγιο.....	43
2.9.2_Ασάφειες και Ελλείψεις του Νέου Ενιαίου Τιμολογίου.....	45
2.9.3_Επιδιώξεις Υποψήφιου Αναδόχου.....	52

2.9.4_Παράδειγμα Προϋπολογισμού Έργου Οδοποιίας.....	53
2.9.5_Ανάλυση Κοστολογίου Σηράγγων.....	55
2.10_Πορίσματα Αναλύσεων για το Κόστος των Υπογείων Έργων, που Έχουν γίνει σε Παγκόσμιο Επίπεδο.....	56
2.10.1_Ανάλυση Κόστους Κατασκευής Υπογείων Θαλάμων.....	58

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΟΣΤΟΥΣ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΟΔΙΚΩΝ ΣΗΡΑΓΓΩΝ..... 61

3.1_Εισαγωγή.....	63
3.2_Περιγραφή Ανάλυσης.....	63
3.2.1_Σήραγγα Ραψομάτη (αριστερός κλάδος).....	64
3.2.2_Σήραγγα Άγιου Ηλία.....	78
3.2.3_Σήραγγα Αγίας Κυριακής.....	93
3.2.4_Σήραγγες Π.Α.Θ.Ε.....	103
3.2.4.1_Σήραγγα ΑΣ1, Κακιά Σκάλα.....	103
3.2.4.2_Σήραγγα Κνημίδας, Άγιου Κωνσταντίνου.....	115

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΟΔΙΚΩΝ ΣΗΡΑΓΓΩΝ..... 129

4.1_Εισαγωγή.....	131
4.2_Μελέτη Κόστους Διάνοιξης και Προσωρινής Υποστήριξης.....	131
4.2.1_Συσχέτιση Κόστους Διάνοιξης (Εκσκαφή & Προσωρινή Υποστήριξη) και Γεωλογικών Συνθηκών.....	133
4.3_Ανάλυση Κόστους Διάνοιξης (Εκσκαφής & Προσωρινής Υποστήριξης) με Σημερινές Τιμές Μονάδος (εν έτη 2011).....	140
4.3.1_Σήραγγα Ραψομάτη.....	141
4.3.2_Σήραγγα Άγιου Ηλία.....	144
4.3.3_Σήραγγα Αγίας Κυριακής.....	148
3.4.4_Σήραγγες Π.Α.Θ.Ε.....	150
3.4.4.1_Σήραγγα ΑΣ1, Κακιά Σκάλα.....	150
3.4.4.2_Σήραγγα Κνημίδας, Άγιου Κωνσταντίνου.....	152
4.4_Σύγκριση και Αξιολόγηση Αποτελεσμάτων.....	155
4.4.1_Συσχέτιση Μήκους Σήραγγας με Μέσο Κόστος Διάνοιξης (Εκσκαφής & Προσωρινής Υποστήριξης).....	160
4.4.2_Συσχέτιση Κόστους ανά Κατηγορία Διάνοιξης και Προσωρινής Υποστήριξης.....	162
4.4.3_Συσχέτιση Κόστους και Βραχόμαζας – Γεωλογικών Συνθηκών.....	170
4.4.3.1_Συσχέτιση Κόστους Διάνοιξης (Εκσκαφής και Προσωρινής Υποστήριξης) και Γεωλογικού Δείκτη GSI.....	175
4.4.3.2_Συσχέτιση Κόστους Διάνοιξης (Εκσκαφής και Προσωρινής Υποστήριξης) και RMR.....	176
4.4.4_Συσχέτιση Κόστους Εκσκαφής και Κόστους Υποστήριξης ανά Κατηγορία Διάνοιξης και Προσωρινής Υποστήριξης.....	177

ΚΕΦΑΛΑΙΟ_5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ..... 183

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ_..... 189

ΛΙΣΤΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα_1.1: Μοντέλο παλινδρόμησης (RA)
Εικόνα_1.2: Μοντέλο συλλογιστικής (CBR)
Εικόνα_1.3: Νευρωνικό δίκτυο δύο διαστάσεων (neural network -2D)

Εικόνα_2.1: Εκτίμηση GSI σε ομογενείς βραχώμαζες
Εικόνα_2.2: Μέθοδος NATM που εφαρμόσθηκε στην κατασκευή της σήραγγας Ανθοχωρίου
Εικόνα_2.3: Μηχάνημα Roadheader - σημειακής κοπής
Εικόνα_2.4: Μηχάνημα TBM - ολομέτωπης κοπής που χρησιμοποιήθηκε για τη διάνοιξη του μετρό της Αθήνας
Εικόνα_2.5: Τοποθέτηση μεταλλότυπου για την κατασκευή της τελικής επένδυσης σε σήραγγα του μετρό της Αθήνας

Εικόνα_3.1: Χάρτης της Ελλάδος
Εικόνα_3.2: Νέα Εθνική Οδός Τρίπολη - Καλαμάτα
Εικόνα_3.3: Δίδυμη σήραγγα Ραψομάτη
Εικόνα_3.4: Παραϊόνια Οδός
Εικόνα_3.5: Σήραγγα Αγίου Ηλία
Εικόνα_3.6: Εθνική Οδός Τρικάλων - Άρτας
Εικόνα_3.7: Σήραγγα Αγίας Κυριακής
Εικόνα_3.8: Νέα Εθνική Οδός Αθήνα - Κόρινθος
Εικόνα_3.9: Δίδυμη σήραγγα ΑΣ1
Εικόνα_3.10: Νέα Εθνική Οδός Αθήνα - Λαμία
Εικόνα_3.11: Δίδυμη σήραγγα Κνημίδας

ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας_2.1: Α) Έργα προϋπολογισμού 0 - 1.500.000€
 Πίνακας_2.2: Β) Έργα προϋπολογισμού 1.500.000 - 5.000.000€
 Πίνακας_2.3: Γ) Έργα προϋπολογισμού 5.000.000 - 10.000.000€
 Πίνακας_2.4: Δ) Έργα προϋπολογισμού πάνω από 10.000.000€
 Πίνακας_2.5: Αναλυτικός Προϋπολογισμός βάσει των ΝΕΤ Οδοποιίας
 Πίνακας_2.6: Συνοπτικός Προϋπολογισμός βάσει των ΝΕΤ Οδοποιίας
 Πίνακας_2.7: Εκτιμώμενο κόστος κατασκευής υπόγειου θαλάμου για τις προτεινόμενες δύο θέσεις
 Πίνακας_2.8: Καταλληλότητα και κόστος κατασκευής υπόγειου θαλάμου για τις διάφορες κατηγορίες βραχόμαζας

Πίνακας_3.1: Ταξινόμηση βραχόμαζας
 Πίνακας_3.2: Συσχέτιση κατηγοριών βραχόμαζας
 Πίνακας_3.3: Ποσοστό εκτιμώμενης και πραγματικής εφαρμογής κάθε κατηγορίας
 Πίνακας_3.4: Προϋπολογισμός σήραγγας Ραφιομάτη
 Πίνακας_3.5: Προμετρήσεις ανά μέτρο μήκους για την κατηγορία βραχόμαζας ΙΙα (GSI = 35)
 Πίνακας_3.6: Προμετρήσεις ανά μέτρο μήκους για την κατηγορία βραχόμαζας ΙΙβ (GSI = 25)
 Πίνακας_3.7: Προμετρήσεις ανά μέτρο μήκους για την κατηγορία βραχόμαζας ΙΙγ (GSI = 20)
 Πίνακας_3.8: Προμετρήσεις ανά μέτρο μήκους για την κατηγορία βραχόμαζας ΙΙΙα (GSI = 15)
 Πίνακας_3.9: Μήκη εφαρμογής και χαρακτηριστικά τυπικών διατομών σύμφωνα με την εγκεκριμένη οριστική μελέτης σήραγγας Αγίου Ηλίου
 Πίνακας_3.10: Προϋπολογισμός σήραγγας Αγίου Ηλίου
 Πίνακας_3.11: Προμετρήσεις ανά μέτρο μήκους για την περιοχή των Εβαποριτών
 Πίνακας_3.12: Προμετρήσεις ανά μέτρο μήκους για την κατηγορία διατομής Δ1
 Πίνακας_3.13: Προμετρήσεις ανά μέτρο μήκους για την κατηγορία διατομής Δ5
 Πίνακας_3.14: Προμετρήσεις ανά μέτρο μήκους για την κατηγορία διατομής Δ6
 Πίνακας_3.15: Προμετρήσεις ανά μέτρο μήκους για την κατηγορία διατομής T7-2
 Πίνακας_3.16: Χαρακτηρισμός της βραχόμαζας
 Πίνακας_3.17: Ποσοστά εφαρμογής τυπικών διατομών
 Πίνακας_3.18: Γεωτεχνικές ιδιότητες των κατηγοριών βραχόμαζας σύμφωνα με τις τυπικές διατομές
 Πίνακας_3.19: Μέτρα προσωρινής υποστήριξης ανά σφραγγολογική κατηγορία
 Πίνακας_3.20: Συνολικό κόστος εκσκαφής και προσωρινής υποστήριξης σύμφωνα με τις τυπικές διατομές που εφαρμόστηκαν στην σήραγγα Αγίας Κυριακής
 Πίνακας_3.21: Ταξινόμηση βραχόμαζας
 Πίνακας_3.22: Γεωτεχνικές παράμετροι ανά κατηγορία βραχόμαζας
 Πίνακας_3.23: Μήκη εφαρμογής και χαρακτηριστικά τυπικών διατομών σύμφωνα με την εγκεκριμένη οριστική μελέτης σήραγγας ΑΣ1Δ (Δεξιού κλάδου)
 Πίνακας_3.24: Μήκη εφαρμογής και χαρακτηριστικά τυπικών διατομών σύμφωνα με την εγκεκριμένη οριστική μελέτης σήραγγας ΑΣ1Α (Αριστερού κλάδου)
 Πίνακας_3.25: Προϋπολογισμός σήραγγας ΑΣ1
 Πίνακας_3.26: Προμετρήσεις ανά μέτρο μήκους για την κατηγορία διατομής ΔΑ (ΛΕΑ) -3Α
 Πίνακας_3.27: Προμετρήσεις ανά μέτρο μήκους για την κατηγορία διατομής ΔΑ (ΛΕΑ) -3Β
 Πίνακας_3.28: Προμετρήσεις ανά μέτρο μήκους για την κατηγορία διατομής ΔΑ (ΛΕΑ) -4Α

Πίνακας_3.29: Συνολικά κόστη κατασκευής και ολοκλήρωσης οδικών σηράγγων (ΑΣ1, ΑΣ2, ΑΣ3) της Κακιάς Σκάλας
 Πίνακας_3.30: Ταξινόμηση βραχόμαζας
 Πίνακας_3.31: Εκτιμώμενα ποσοστά συμμετοχής των κατηγοριών στο σύνολο της διάνοιξης
 Πίνακας_3.32: Κατηγορίες ανάλογα με το ύψος των υπερκειμένων
 Πίνακας_3.33: Μήκη εφαρμογής και χαρακτηριστικά τυπικών διατομών
 Πίνακας_3.34: Συνολικό κόστος εκσκαφής και προσωρινής υποστήριξης σύμφωνα με τις τυπικές διατομές που εφαρμόστηκαν στην σήραγγα Κνημίδα

Πίνακας_4.1: Κόστος διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης ελληνικών σηράγγων (χωρίς Φ.Π.Α.)
 Πίνακας_4.2: Κατηγορίες διάνοιξης και άμεσης υποστήριξης ανάλογα με την ποιότητα της βραχόμαζας
 Πίνακας_4.3: Καταγραφή σηράγγων κατηγορίας Α
 Πίνακας_4.4: Καταγραφή σηράγγων κατηγορίας Β
 Πίνακας_4.5: Καταγραφή σηράγγων κατηγορίας Γ
 Πίνακας_4.6: Καταγραφή σηράγγων κατηγορίας Δ
 Πίνακας_4.7: Καταγραφή σηράγγων κατηγορίας Ε
 Πίνακας_4.8: Προμετρήσεις ανά μέτρο μήκους για την κατηγορία βραχόμαζας ΙΙΑ (GSI = 35), με τιμές μονάδος για το έτος 2011
 Πίνακας_4.9: Προμετρήσεις ανά μέτρο μήκους για την κατηγορία βραχόμαζας ΙΙΒ (GSI = 25), με τιμές μονάδος για το έτος 2011
 Πίνακας_4.10: Προμετρήσεις ανά μέτρο μήκους για την κατηγορία βραχόμαζας ΙΙΓ (GSI = 20), με τιμές μονάδος για το έτος 2011
 Πίνακας_4.11: Προμετρήσεις ανά μέτρο μήκους για την κατηγορία βραχόμαζας ΙΙΙΑ (GSI = 15), με τιμές μονάδος για το έτος 2011
 Πίνακας_4.12: Προμετρήσεις ανά μέτρο μήκους για την κατηγορία των Εβαποριτών, με τιμές μονάδος για το έτος 2011
 Πίνακας_4.13: Προμετρήσεις ανά μέτρο μήκους για την κατηγορία διατομής Δ1, με τιμές μονάδος για το έτος 2011
 Πίνακας_4.14: Προμετρήσεις ανά μέτρο μήκους για την κατηγορία διατομής Δ5, με τιμές μονάδος για το έτος 2011
 Πίνακας_4.15: Προμετρήσεις ανά μέτρο μήκους για την κατηγορία διατομής Δ6, με τιμές μονάδος για το έτος 2011
 Πίνακας_4.16: Προμετρήσεις ανά μέτρο μήκους για την κατηγορία διατομής Τ7-2, με τιμές μονάδος για το έτος 2011
 Πίνακας_4.17: Συνολικό κόστος εκσκαφής και προσωρινής υποστήριξης σύμφωνα με τις τυπικές διατομές που εφαρμόστηκαν στην σήραγγα Αγίας Κυριακής, με τις τιμές μονάδος για το έτος 2011
 Πίνακας_4.18: Προμετρήσεις ανά μέτρο μήκους για την κατηγορία διατομής ΔΑ(ΛΕΑ)3Α, με τιμές μονάδος για το έτος 2011
 Πίνακας_4.19: Προμετρήσεις ανά μέτρο μήκους για την κατηγορία διατομής ΔΑ(ΛΕΑ)3Β, με τιμές μονάδος για το έτος 2011
 Πίνακας_4.20: Προμετρήσεις ανά μέτρο μήκους για την κατηγορία διατομής ΔΑ(ΛΕΑ)4Α, με τιμές μονάδος για το έτος 2011
 Πίνακας_4.21: Συνολικό κόστος εκσκαφής και προσωρινής υποστήριξης σύμφωνα με τις τυπικές διατομές που εφαρμόστηκαν στην σήραγγα Κνημίδα, με τις τιμές μονάδος για το έτος 2011
 Πίνακας_4.22.α: Συγκεντρωτικός πίνακας ανάλυσης κόστους ανά κυβικό μέτρο (€/m³) διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης στις 5 υπό μελέτη σήραγγες
 Πίνακας_4.22.β: Συγκεντρωτικός πίνακας ανάλυσης κόστους ανά κυβικό μέτρο (€/m³) διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης στις 5 υπό μελέτη σήραγγες (χωρίς το Ο.Ε. & Γ.Ε. και Φ.Π.Α.)
 Πίνακας_4.23.α: Συγκεντρωτικός πίνακας ανάλυσης κόστους ανά μέτρο μήκους (€/μ.μ.) διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης ανά κατηγορία διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης στις 5 υπό μελέτη σήραγγες

Πίνακας_4.23.β: Συγκεντρωτικός πίνακας ανάλυσης κόστους ανά μέτρο μήκους (€/μ.μ.) διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης ανά κατηγορία διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης στις 5 υπό μελέτη σήραγγες (χωρίς το Ο.Ε. & Γ.Ε. και Φ.Π.Α.)

Πίνακας_4.24: Μέσο Κόστος εκσκαφής και προσωρινής υποστήριξης ανά κατηγορία ανά κυβικό μέτρο (€/m³) και ανά μέτρο μήκους (€/μ.μ.) για κάθε υπό μελέτη σήραγγα

Πίνακας_4.25: Κόστος ανά κυβικό μέτρο (€/m³) διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης ανά κατηγορία διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης στις 5 υπό μελέτη σήραγγες

Πίνακας_4.26: Κόστος ανά μέτρο μήκους (€/μ.μ.) διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης ανά κατηγορία διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης στις 5 υπό μελέτη σήραγγες

Πίνακας_4.27.α: Μέσο Κόστος ανά κυβικό μέτρο (€/m³) διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης ανά κατηγορία διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης στις 5 υπό μελέτη σήραγγες

Πίνακας_4.27.β: Μέσο Κόστος ανά κυβικό μέτρο (€/m³) διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης ανά κατηγορία διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης στις 5 υπό μελέτη σήραγγες (χωρίς του Ο.Ε. & Γ.Ε. και Φ.Π.Α.)

Πίνακας_4.28.α: Μέσο Κόστος ανά μέτρο μήκους (€/μ.μ.) διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης ανά κατηγορία διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης στις 5 υπό μελέτη σήραγγες

Πίνακας_4.28.β: Μέσο Κόστος ανά μέτρο μήκους (€/μ.μ.) διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης ανά κατηγορία διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης στις 5 υπό μελέτη σήραγγες (χωρίς του Ο.Ε. & Γ.Ε. και Φ.Π.Α.)

ΛΙΣΤΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα_2.1: Φάσεις σχεδιασμού σήραγγων
 Σχήμα_2.2: Φάσεις κατασκευής σήραγγας
 Σχήμα_2.3: Τυπικές διαστάσεις περιτυπώματος σήραγγας
 Σχήμα_2.4: Σχέση μεταξύ κόστους απαιτήσεων και λόγου μήκους γεωτρήσεων προς το μήκος σήραγγας
 Σχήμα_2.5: Σχέση μεταξύ κόστους απαιτήσεων και κόστους των εργασιών έρευνας
 Σχήμα_2.6: Απεικόνιση της μεθόδου εκσκαφής και επανεπίχωσης (Cut & Cover)
 Σχήμα_2.7: Διάγραμμα Κατανομής Κόστους σε Σήραγγες με Διάτρηση
 Σχήμα_2.8: Διάγραμμα Κατανομής Συνολικού Κόστους Υλοποίησης Εγνατίας Οδού
 Σχήμα_2.9: Καμπύλη κόστους εκσκαφής ενός θαλάμου για διάφορες διατομές
 Σχήμα_2.10: Δυνατότητες κατασκευής υπόγειων θαλάμων σε σχέση με την ποιότητα της βραχώμαζας

Σχήμα_3.1: Διατομή χρήσης σήραγγας Ραψομάτι
 Σχήμα_3.2: Κατά μήκος γεωλογική τομή της σήραγγας του Ραψομάτι
 Σχήμα_3.3: Ποσοστό ανά κατηγορία βραχώμαζας σύμφωνα με τη μελέτη στις Υψηρεσίας
 Σχήμα_3.4: Ποσοστό ανά κατηγορία βραχώμαζας που συναντήθηκε κατά την εκσκαφή
 Σχήμα_3.5: Κύκλος διάτρησης - ανατίναξης
 Σχήμα_3.6: Διάνοιξη σήραγγας σε βραχώμαζα κατηγορίας ΙΙβ
 Σχήμα_3.7: Κόστος εκσκαφής και άμεσης υποστήριξης σήραγγας ανά κατηγορία βραχώμαζας και ανά μέτρο μήκους για τη σήραγγα
 Σχήμα_3.8: Κόστος εκσκαφής και άμεσης υποστήριξης σήραγγας ανά κατηγορία βραχώμαζας και ανά κυβικό μέτρο για τη σήραγγα Ραψομάτι
 Σχήμα_3.9: Διατομή χρήσης σήραγγας Αγίου Ηλίας
 Σχήμα_3.10: Μήκη εφαρμογών των κατηγοριών προσωρινής υποστήριξης και μόνιμης επένδυσης
 Σχήμα_3.11: Τυπική διατομή κατηγορίας Δ1
 Σχήμα_3.12: Κόστος εκσκαφής και άμεσης υποστήριξης σήραγγας ανά κατηγορία βραχώμαζας και ανά μέτρο μήκους για τη σήραγγα Άγιος Ηλίας
 Σχήμα_3.13: Κόστος εκσκαφής και άμεσης υποστήριξης σήραγγας ανά κατηγορία βραχώμαζας και ανά κυβικό μέτρο για τη σήραγγα Άγιος Ηλίας
 Σχήμα_3.14: Διατομή χρήσης σήραγγας Αγίας Κυριακής
 Σχήμα_3.15: Γεωλογική μηκοτομή σήραγγας Αγίας Κυριακής
 Σχήμα_3.16: Μέτρα προσωρινής υποστήριξης Σηραγγολογικής Κατηγορίας ΙV
 Σχήμα_3.17: Κόστος εκσκαφής και άμεσης υποστήριξης σήραγγας ανά κατηγορία βραχώμαζας και ανά μέτρο μήκους για τη Σήραγγα Αγίας Κυριακής
 Σχήμα_3.18: Κόστος εκσκαφής και άμεσης υποστήριξης σήραγγας ανά κατηγορία βραχώμαζας και ανά κυβικό μέτρο για τη Σήραγγα Αγίας Κυριακής
 Σχήμα_3.19: Διατομή χρήσης οδικής σήραγγας ΑΣ1 (εκτός ζώνης ρήγματος)
 Σχήμα_3.20: Κόστος εκσκαφής και άμεσης υποστήριξης σήραγγας ανά κατηγορία βραχώμαζας και ανά μέτρο μήκους για τη Σήραγγα ΑΣ1 της Κακιάς Εκάλας
 Σχήμα_3.21: Κόστος εκσκαφής και άμεσης υποστήριξης σήραγγας ανά κατηγορία βραχώμαζας και ανά κυβικό μέτρο για τη Σήραγγα ΑΣ1 της Κακιάς Εκάλας
 Σχήμα_3.22: Διατομή χρήσης οδικής σήραγγας Κνημίδας
 Σχήμα_3.23: Γεωλογική μηκοτομή της σήραγγας σημειώνεται η θέση του κύριου ενεργού ρήγματος
 Σχήμα_3.24: Τυπική διατομή Κατηγορίας ΙΙΙ
 Σχήμα_3.25: Τυπική διατομή Κατηγορίας V
 Σχήμα_3.26: Τυπική διατομή Κατηγορίας V
 Σχήμα_3.27: Φάσεις διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης κατηγορίας ΙΙΙ

Σχήμα_3.28: Κόστος εκσκαφής και άμεσης υποστήριξης σήραγγας ανά κατηγορία βραχόμαζας και ανά μέτρο μήκους για τη Σήραγγα Κνημίδας του Άγιου Κωνσταντίνου

Σχήμα_3.29: Κόστος εκσκαφής και άμεσης υποστήριξης σήραγγας ανά κατηγορία βραχόμαζας και ανά κυβικό μέτρο για τη Σήραγγα Κνημίδας του Άγιου Κωνσταντίνου

Σχήμα_4.1: Μέσο κόστος διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης ανά κατηγορία βραχόμαζας

Σχήμα_4.2: Κόστος εκσκαφής και άμεσης υποστήριξης σήραγγας ανά κατηγορία βραχόμαζας και ανά μέτρο μήκους για τη σήραγγα Ραψομάτη

Σχήμα_4.3: Κόστος εκσκαφής και άμεσης υποστήριξης σήραγγας ανά κατηγορία βραχόμαζας και ανά κυβικό μέτρο για τη σήραγγα Ραψομάτη

Σχήμα_4.4: Κόστος εκσκαφής και άμεσης υποστήριξης σήραγγας ανά κατηγορία βραχόμαζας και ανά μέτρο μήκους για τη σήραγγα Άγιος Ηλίας

Σχήμα_4.5: Κόστος εκσκαφής και άμεσης υποστήριξης σήραγγας ανά κατηγορία βραχόμαζας και ανά κυβικό μέτρο για τη σήραγγα Άγιος Ηλίας

Σχήμα_4.6: Κόστος εκσκαφής και άμεσης υποστήριξης σήραγγας ανά κατηγορία βραχόμαζας και ανά μέτρο μήκους για τη σήραγγα Αγίας Κυριακής

Σχήμα_4.7: Κόστος εκσκαφής και άμεσης υποστήριξης σήραγγας ανά κατηγορία βραχόμαζας και ανά κυβικό μέτρο για τη σήραγγα Αγία Κυριακή

Σχήμα_4.8: Κόστος εκσκαφής και άμεσης υποστήριξης σήραγγας ανά κατηγορία βραχόμαζας και ανά μέτρο μήκους για τη σήραγγα ΑΣ1 της Κακίας Σκάλας

Σχήμα_4.9: Κόστος εκσκαφής και άμεσης υποστήριξης σήραγγας ανά κατηγορία βραχόμαζας και ανά κυβικό μέτρο για τη σήραγγα ΑΣ1 της Κακίας Σκάλας

Σχήμα_4.10: Κόστος εκσκαφής και άμεσης υποστήριξης σήραγγας ανά κατηγορία βραχόμαζας και ανά μέτρο μήκους για τη σήραγγα Κνημίδας του Άγιου Κωνσταντίνου

Σχήμα_4.11: Κόστος εκσκαφής και άμεσης υποστήριξης σήραγγας ανά κατηγορία βραχόμαζας και ανά κυβικό μέτρο για τη σήραγγα Κνημίδας του Άγιου Κωνσταντίνου

Σχήμα_4.12: Συσχέτιση κόστους ανά κυβικό μέτρο (€/m^3) και μήκους Σήραγγας (μετά του Ο.Ε. & Γ.Ε. χωρίς Φ.Π.Α.)

Σχήμα_4.13: Συσχέτιση κόστους ανά μέτρο μήκους (€/μ.μ.) και μήκους Σήραγγας (μετά του Ο.Ε. & Γ.Ε. χωρίς Φ.Π.Α.)

Σχήμα_4.14.α: Κόστος ανά κυβικό μέτρο (€/m^3) ανά κατηγορία διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης (μετά του Ο.Ε. & Γ.Ε. χωρίς Φ.Π.Α.)

Σχήμα_4.14.β: Κόστος ανά κυβικό μέτρο (€/m^3) ανά κατηγορία διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης (χωρίς του Ο.Ε. & Γ.Ε. και Φ.Π.Α.)

Σχήμα_4.15.α: Μέσο κόστος ανά μέτρο μήκους (€/μ.μ.) ανά κατηγορία διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης (μετά του Ο.Ε. & Γ.Ε. χωρίς Φ.Π.Α.)

Σχήμα_4.15.β: Μέσο Κόστος ανά μέτρο μήκους ανά κατηγορία διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης (χωρίς Ο.Ε. & Γ.Ε. και Φ.Π.Α.)

Σχήμα_4.16: Εύρος αναθεωρημένου κόστους ανά κυβικό μέτρο (€/m^3) ανά κατηγορία διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης (μετά του Ο.Ε. & Γ.Ε. χωρίς Φ.Π.Α.)

Σχήμα_4.17: Εύρος αναθεωρημένου κόστους ανά μέτρο μήκους (€/μ.μ.) ανά κατηγορία διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης (μετά του Ο.Ε. & Γ.Ε. χωρίς Φ.Π.Α.)

Σχήμα_4.18.α: Κόστος ανά κυβικό μέτρο (€/m^3) - GSI (μετά του Ο.Ε. & Γ.Ε. χωρίς Φ.Π.Α.)

Σχήμα_4.18.β: Κόστος ανά κυβικό μέτρο (€/m^3) - GSI (χωρίς Ο.Ε. & Γ.Ε. και Φ.Π.Α.)

Σχήμα_4.19.α: Κόστος ανά κυβικό μέτρο (€/m^3) - RMR (μετά του Ο.Ε. & Γ.Ε. χωρίς Φ.Π.Α.)

Σχήμα_4.19.β: Κόστος ανά κυβικό μέτρο (€/m^3) - RMR (χωρίς Ο.Ε. & Γ.Ε. και Φ.Π.Α.)

Σχήμα_4.20.α: Κόστος ανά μέτρο μήκους (€/μ.μ.) - GSI (μετά του Ο.Ε. & Γ.Ε. χωρίς Φ.Π.Α.)

Σχήμα_4.20.β: Κόστος ανά μέτρο μήκους (€/μ.μ.) - GSI (χωρίς Ο.Ε. & Γ.Ε. και Φ.Π.Α.)
 Σχήμα_4.21.α: Κόστος ανά μέτρο μήκους (€/μ.μ.) - RMR (μετά του Ο.Ε. & Γ.Ε. χωρίς Φ.Π.Α.)
 Σχήμα_4.21.β: Κόστος ανά μέτρο μήκους (€/μ.μ.) - RMR (χωρίς του Ο.Ε. & Γ.Ε. και Φ.Π.Α.)
 Σχήμα_4.22: Συσχέτιση κόστους ανά κυβικό μέτρο (€/m³) - GSI (μετά του Ο.Ε. & Γ.Ε. χωρίς Φ.Π.Α.)
 Σχήμα_4.23: Συσχέτιση κόστους ανά κυβικό μέτρο (€/m³) - RMR (μετά του Ο.Ε. & Γ.Ε. χωρίς Φ.Π.Α.)
 Σχήμα_4.24.α: Κόστος ανά κυβικό μέτρο (€/m³) - GSI (μετά του Ο.Ε. & Γ.Ε. χωρίς Φ.Π.Α.)
 Σχήμα_4.24.β: Κόστος ανά κυβικό μέτρο (€/m³) - GSI (χωρίς Ο.Ε. & Γ.Ε. και Φ.Π.Α.)
 Σχήμα_4.25.α: Κόστος ανά μέτρο μήκους (€/μ.μ.) - GSI (μετά του Ο.Ε. & Γ.Ε. χωρίς Φ.Π.Α.)
 Σχήμα_4.25.β: Κόστος ανά μέτρο μήκους (€/μ.μ.) - GSI (χωρίς Ο.Ε. & Γ.Ε. και Φ.Π.Α.)

Σχήμα_5.1: Συσχέτιση μεταξύ κόστους κατασκευής (€/m³) και τιμή δείκτη GSI (μετά του Ο.Ε. & Γ.Ε. χωρίς Φ.Π.Α.)
 Σχήμα_5.2: Εύρος κόστους (€/m³) ανά κατηγορία διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης (μετά του Ο.Ε. & Γ.Ε. χωρίς Φ.Π.Α.)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ_1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΚΟΣΤΟΣ

1.1_Κόστος Κατασκευής – Γενικά Στοιχεία

«Ο σκοπός της εκτίμησης του κόστους κατασκευής είναι η παροχή πληροφοριών για την λήψη αποφάσεων στην κατασκευή, συμπεριλαμβανομένων των πεδίων των προμηθειών και την τιμολόγηση των κατασκευών, για τη θέσπιση του προβλεπόμενου ποσού των πληρωμών, και τον έλεγχο των πραγματικών ποσοτήτων»(Bari, 2008).

Η σωστή εκτίμηση του κόστους κατασκευής ενός έργου είναι μία δραστηριότητα που βασίζεται τόσο σε επιστημονικές μεθόδους όσο και στην εμπειρία του μηχανικού και παίζει σημαντικό ρόλο στην αξιολόγηση και πρόβλεψη του συνολικού οικονομικού κόστους των κατασκευαστικών εργασιών. Συνηθέστερα, το κόστος κατασκευής των τεχνικών έργων πρέπει να παρακολουθείται και να μελετάται σε όλα τα στάδια - φάσεις κατασκευής ενός έργου και αποτελεί καθοριστική παράμετρο για την έκβαση του έργου. Το κόστος κατασκευής ενός τεχνικού έργου γενικά διαφοροποιείται ανάλογα με το χρόνο εκτέλεσής του και των εν γένει πόρων (εργασιών, υποδομών κλπ.) που απαιτούνται για την ολοκλήρωσή του.

Στη διεθνή βιβλιογραφία κυρίως και λιγότερο στην ελληνική έχουν αναπτυχθεί πολλά μοντέλα - μέθοδοι εκτίμησης και παρακολούθησης του κόστους ενός τεχνικού έργου. Τα τελευταία χρόνια ωστόσο, για την προκοστολόγηση και την παρακολούθηση ενός έργου γίνεται ευρεία χρήση υπολογιστικών προγραμμάτων που υπάρχουν διαθέσιμα στην αγορά (πχ. για τον υπολογισμό των ΑΤΕΟ, ΑΤΥΕ) και συντελούν στην ταχεία εκτίμηση του κόστους και όχι στον αυτού υπολογισμό του.

1.1.1_Κόστος και Σήραγγες

Οι σήραγγες αποτελούν ένα από τα πιο σημαντικά τεχνικά έργα λόγω του ότι συνδέουν δυσπρόσιτες περιοχές και εξυπηρετούν κυρίως συγκοινωνιακές ανάγκες και δευτερευόντως άλλες χρήσεις (π.χ. μεταφορά νερού, πετρελαίου κλπ.) χωρίς ωστόσο η κατασκευή τους να επιφέρει αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον. Παρουσιάζουν όμως, δυσκολίες όσον αφορά στην κατασκευή εξαιτίας της ετερογένειας και μη προβλεψιμότητας των ιδιοτήτων του εδάφους - βραχώμαζας καθώς και του μεγάλου φορτίου των υπερκειμένων γαιών, που καλούνται να συγκρατήσουν και συνεπώς το υψηλό κόστος κατασκευής οφείλεται κυρίως στον εξειδικευμένο μηχανολογικό εξοπλισμό που απαιτείται για τη διάνοιξη όπως αναφέρει ο Φράγκος (2009).

1.2_Έννοιες – Ορισμοί

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να προσδιοριστούν έννοιες όπως τι είναι το κόστος, η κοστολόγηση και στις αρχές που βασίζεται, τι σημαίνει τιμολόγηση κλπ.

1.2.1_Κόστος

Δύο από τους πολλούς ορισμούς για το κόστος είναι οι παρακάτω:

Κόστος είναι η διάθεση ή η επένδυση αγοραστικής δύναμης για την απόκτηση υλικών ή άυλων αγαθών και υπηρεσιών με σκοπό τη χρησιμοποίησή τους για την πραγματοποίηση εσόδων από πωλήσεις (Ελληνικό Γενικό Λογιστικό Σχέδιο).

Κόστος, σύμφωνα με τον Παυλάτο (2006) είναι ένα αριθμητικό μέγεθος που αντιπροσωπεύει τα ποσά που επενδύθηκαν για την απόκτηση υλικών ή άυλων αγαθών και υπηρεσιών με σκοπό την χρησιμοποίηση για την πραγματοποίηση εσόδων από πωλήσεις ή για την κάλυψη κοινωνικών αναγκών.

1.2.2_Κοστολόγηση

Έχουν δοθεί αρκετοί ορισμοί για την έννοια της κοστολόγησης μερικοί απ' αυτούς παρατίθενται παρακάτω.

Κοστολόγηση είναι η διαδικασία με την οποία υπολογίζεται το κόστος παραγωγής ενός προϊόντος, δηλαδή κοστολόγηση είναι μια λογιστική κατάσταση στην οποία καταχωρούνται, κατατάσσονται κατ' είδος και απεικονίζονται οι δαπάνες που προσδιορίζουν το κόστος παραγωγής των προϊόντων/διαδικασιών (Μπενάρδος & Καλιαμπάκος, 2010).

Κοστολόγηση είναι το σύνολο των συστηματικών εργασιών που αποβλέπουν στο να συγκεντρώσουν, να κατατάξουν, να καταγράψουν και να επιμερίσουν κατάλληλα τις δαπάνες, έτσι ώστε να προσδιοριστεί το κόστος των υπηρεσιών, των διαδικασιών, κτλ. μίας επιχείρησης (Χαραλαμπίδης, 2009).

Σύμφωνα με τα παραπάνω, **κοστολόγηση** είναι η διαδικασία που οδηγεί στον προσδιορισμό του κόστους μιας λειτουργίας, μιας δραστηριότητας ενός προϊόντος ή υπηρεσίας κλπ. Στην πρώτη περίπτωση έχουμε την **εσωλογιστική κοστολόγηση**. Στην εσωλογιστική κοστολόγηση, η απόκτηση των στοιχείων του κόστους, όπως τα αποθέματα και τα οργανικά έξοδα κατ' είδος, παρακολουθούνται εσωλογιστικά με ημερολογιακές εγγραφές και καταχωρήσεις δεδομένων τους σε λογαριασμούς του καθολικού. Στην **εξωλογιστική κοστολόγηση** μόνο οι αγορές των αποθεμάτων και η αρχική και τελική τους απογραφή, καθώς και τα πραγματοποιούμενα έξοδα κατ' είδος παρακολουθούνται εσωλογιστικά με ημερολογιακές εγγραφές και καταχωρήσεις των δεδομένων τους, στη χρέωση οικείων λογαριασμών (Παυλάτος, 2006).

1.2.2.1_Βασικές Αρχές Κοστολόγησης

Οι βασικές αρχές που διέπουν τη διαδικασία της κοστολόγησης παρουσιάζονται παρακάτω.

Το κόστος πρέπει να σχετίζεται όσο το δυνατόν περισσότερο με τις αιτίες που το δημιουργούν δηλαδή:

- μια δαπάνη θα πρέπει να καταλογίζεται μόνο αφού έχει συμβεί.
- όλα τα κόστη ανεξάρτητα από το μέγεθος τους πρέπει να λαμβάνονται υπόψη.
- το έκτακτο ή μη κανονικό κόστος δεν πρέπει να συμπεριλαμβάνεται στη κοστολόγηση.
- ένα παρελθόν κόστος δεν πρέπει να επιβαρύνει ποτέ μία μελλοντική περίοδο.

Αντικείμενο της κοστολόγησης ανεξαρτήτως της φύσεως της επιχείρησης είναι (Χαραλαμπίδης, 2009):

- παρακολούθηση των σταδίων της παραγωγής και της διάθεσης των προϊόντων.
- καταλογισμό των άμεσων εξόδων κατά τμήμα και προϊόν.
- επιμερισμό των έμμεσων, εξόδων κατά τη θέση και προϊόν.
- υπολογισμό του κόστους των πρώτων υλών, των ημικατεργασμένων και των έτοιμων προϊόντων.
- υπολογισμό του κόστους των συμπαραγωγών προϊόντων.
- υπολογισμό του κόστους των υποπαραγωγών, ελαττωματικών και ακατάλληλων προϊόντων.

Τα **τέσσερα** βασικά επιμέρους **κόστη** μιας εργασίας είναι :

- υλικά
- εργατικά
- μηχανήματα
- υπερβολάβοι

Επιπρόσθετα, μπορούμε να καθορίσουμε αγοραστική αξία υλικών (αν αναφέρεται στο δελτίο ποσοτήτων ή τις προδιαγραφές) και ένα επιπλέον κόστος για διάφορα άλλα έξοδα τα οποία δεν μπορούν να τοποθετηθούν στα πιο πάνω επιμέρους κόστη (π.χ. γενικά έξοδα για ασφάλειες κλπ.)

Τέλος, ο **σκοπός** της κοστολόγησης, όπως αναφέρουν οι Μπενάρδος et al. (2010), είναι η παροχή κάθε χρήσιμης πληροφορίας ώστε να αναγνωριστούν:

- ο έλεγχος της αποτελεσματικότητας της παραγωγικής διαδικασίας,
- η εξεύρεση του βαθμού της παραγωγικής δραστηριότητας στον οποίο η επιχείρηση επιτυγχάνει τον ευνοϊκότερο κόστος
- η άσκηση τιμολογιακής πολιτικής

1.2.3_Τιμολόγηση

Πρέπει να δίνεται προσοχή στη διάκριση μεταξύ εκτίμησης κόστους δηλαδή κοστολόγησης και τιμολόγησης (pricing). Η εκτίμηση κόστους περιλαμβάνει την ανάπτυξη μιας αξιολόγησης του πιθανότερου ποσοστικού αποτελέσματος - πόσο ένα προϊόν ή μια υπηρεσία σε αυτόν που την δημιουργεί / εκτελεί. Αντίθετα, η **τιμολόγηση** αφορά μια **επιχειρηματική απόφαση**, δηλαδή στο πόσο θα χρεώσει ο ανάδοχος οργανισμός για τη δημιουργία του προϊόντος ή για την εκτέλεση της υπηρεσίας. Η τιμολόγηση χρησιμοποιεί την εκτίμηση κόστους ως ένα από τα πολλά κριτήρια εισαγωγής για τη λήψη της απόφασης (Μπενάρδος & Καλιαμπάκος, 2010).

Ο σκοπός της **κοστολόγησης/τιμολόγησης** είναι η εκτίμηση του κόστους μονάδος μιας εργασίας του δελτίου και ο καθορισμός τελικής τιμής μονάδος. Οι τελικές τιμές μονάδος είναι οι τιμές οι οποίες εισάγονται στο ΔΠ ως τιμές προσφοράς και οι οποίες αναμένεται να περιέχουν το κόστος και ένα αναμενόμενο κέρδος, δηλαδή:

$$\text{Τελική τιμή μονάδος εργασίας} = \text{κόστος μονάδος} + \text{κέρδος} + \text{γενικά έξοδα}$$

1.3_Μέθοδοι Εκτίμησης Κόστους

1.3.1_Γενικά

Η σωστή - έγκυρη εκτίμηση του κόστους κατασκευής ενός τεχνικού έργου είναι καθοριστικός παράγοντας για την ομαλή έκβαση στη φάση προγραμματισμού αλλά κυρίως στη φάση κατασκευής του έργου. Ύψιστης σημασίας λοιπόν, είναι τα μοντέλα εκτίμησης κόστους τα οποία δύνανται να προσεγγίσουν ικανοποιητικά το κόστος κατασκευής του έργου αξιοποιώντας όσο το δυνατόν λιγότερα δεδομένα, όσον αφορά στο στάδιο της προμελέτης. Συμπεραίνεται λοιπόν, ότι η διαδικασία εκτίμησης του κόστους δεν είναι ούτε απλή ούτε εύκολη υπόθεση εξαιτίας της έλλειψης πληροφοριών κυρίως στα πρώτα στάδια της μελέτης. Για τούτο το λόγο έχουν αναπτυχθεί πολλά μοντέλα εκτίμησης κόστους μερικά από τα οποία αναφέρονται παρακάτω και διακρίνονται σε τρεις γενιές:

- Παραδοσιακά μοντέλα (traditional models)
- Μη παραδοσιακά μοντέλα (non-traditional models)
- Σύγχρονα μοντέλα (new wave models)

Η **επιλογή** των μοντέλων εκτίμησης, αναφέρει ο Γίτοσης (2011), θα πρέπει να επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες όπως:

- τον διαθέσιμο χρόνο και τις διαθέσιμες πληροφορίες,
- την εμπειρία του εκτιμητή,
- το ύψος και η μορφή των στοιχείων κόστους,
- τον σκοπό των εκτιμήσεων και
- τις γνώσεις του εκτιμητή και τεχνολογικές γνώσεις που πρέπει να χρησιμοποιηθούν.

1.3.2_Μόντέλα Εκτίμησης Κόστους

Οι πιο συνηθισμένες **μέθοδοι εκτίμησης κόστους**, οι μέθοδοι ανάλυσης παλινδρόμησης (regression analysis - RA), συλλογιστικής βασισμένης σε περιπτώσεις (case based reasoning - CBR) και νευρωνικών δικτύων (neural networks - NN) αναλύονται στη συνέχεια. Τα μοντέλα εκτίμησης κόστους διακρίνονται σε **παραδοσιακά, μη παραδοσιακά και νέου κύματος**.

Τα **παραδοσιακά μοντέλα** εκτίμησης κόστους έχουν ως τον βασικότερο εκπρόσωπο τους την εκτίμηση του κόστους των τεχνικών έργων με μεθόδους **προμετρήσεων**. Είναι η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη μέθοδος στην **ελληνική πραγματικότητα** με διάφορες εκφάνσεις. Επίσης, είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι πάνω σε μεθόδους προμετρητικές βασίζεται και η επίσημα νομοθετημένη προκοστολόγηση των δημοσίων τεχνικών έργων σε διάφορες μορφές (όπως παλαιότερα τα αναλυτικά τιμολόγια, αλλά και τώρα οι Νέα Ενιαία Τιμολόγια). Επιπλέον, πρέπει να αναφερθεί ότι συνήθως τα προγράμματα λογισμικού που χρησιμοποιούνται στην Ελλάδα (όπως για παράδειγμα το πακέτο ERGA της εταιρείας 4M, MyMANAGER της Qualisis Software, Costos της Nomitech), ακόμη και για ιδιωτικά έργα, χρησιμοποιούν ως βάση τους μεθόδους προμετρήσεων.

Φυσικά αναλόγως με τον τρόπο, την διαφορετική μεθοδολογία, τα διαφορετικά στοιχεία που θα επιλεγούν αλλά και την επεξεργασία των αποτελεσμάτων των προμετρήσεων η ακρίβεια και η αποτελεσματικότητα των διαφορετικών μεθόδων ποικίλει.

Για την άρτια εκτίμηση του κόστους ενός τεχνικού έργου ο κοστολόγος καταρτίζει τον προϋπολογισμό κατασκευής τεχνικού έργου χρησιμοποιώντας στοιχεία:

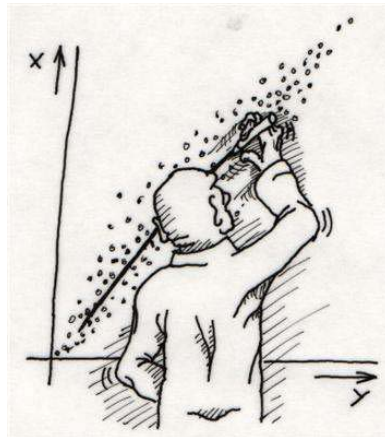
- από τη μελέτη, όπως είναι η **προμέτρηση** των ποσοτήτων και το περιγραφικό τιμολόγιο των εργασιών, ο χρονικός προγραμματισμός, οι τεχνικές προδιαγραφές των εργασιών κλπ.
- από το αρχείο της εργολαβικής επιχείρησης σχετικά με αποδόσεις προσωπικού, υπερβολάβων, μηχανημάτων, **τις τιμές μονάδος** παρόμοιων εργασιών κλπ.

Ο κοστολόγος, προσθέτει ο Καστρινάκης (2002), πρέπει να βασίζεται στις πραγματικές δυνατότητες της επιχείρησης και όχι σε θεωρητικές εκτιμήσεις.

Τα μη παραδοσιακά μοντέλα εκτίμησης κόστους συναντώνται στην βιβλιογραφική μας ανασκόπηση κυρίως με δυο βασικές μορφές.

1. Μοντέλα ανάλυσης παλινδρόμησης (regression analysis)

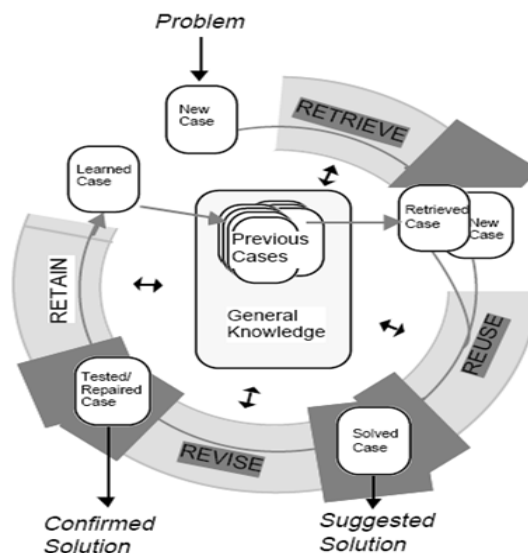
Τα μοντέλα αυτά (Εικόνα_1.1), χρησιμοποιούν κάθε είδους στατιστικές τεχνικές για την μοντελοποίηση και ανάλυση πολλών μεταβλητών. Συνηθέστερα, χρησιμοποιούν μεθόδους παλινδρόμησης ώστε με τη βοήθεια κάποιων ανεξάρτητων μεταβλητών (συνήθως στην περίπτωση της εκτίμησης κόστους οικονομικών δεικτών) να προσδιορίσουν την τιμή μιας εξαρτημένης από αυτές μεταβλητής, το κόστος των τεχνικών έργων.



Εικόνα_1.1: Μοντέλο παλινδρόμησης (RA)
 (http://www.vias.org/science_cartoons/regression.html)

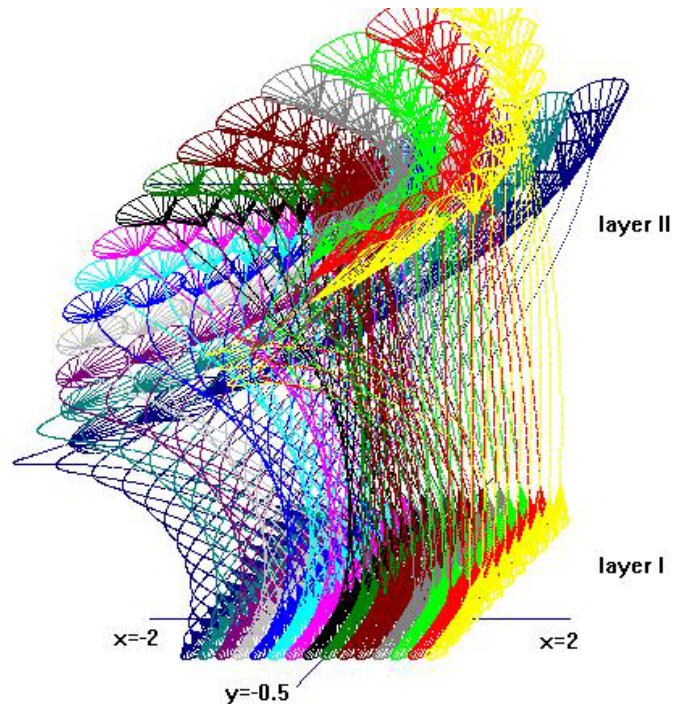
2. Μοντέλα συλλογιστικής βασισμένης σε περιπτώσεις (case based reasoning):

Στα μοντέλα αυτά (Εικόνα_1.2), η μέθοδος επίλυσης των προβλημάτων βασίζεται σε στοιχεία και λύσεις του παρελθόντος. Στις μεθόδους αυτές είναι πολύ σημαντική η σωστή εκτίμηση της ομοιότητας μιας νέας περίπτωσης με μια παλαιότερη και σαν αποτέλεσμα η σωστή επιλογή συντελεστών βαρύτητας για κάθε εξεταζόμενο στοιχείο ομοιότητας.



Εικόνα_1.2: Μοντέλο συλλογιστικής (CBR)
 (<http://omarsbrain.wordpress.com/2010/02/09/>)

Στα **μοντέλα νέου κόματος** εντάσσονται τα μοντέλα εκτιμήσεως κόστους που χρησιμοποιούν μεθόδους συστημάτων τεχνητής νοημοσύνης. Κυριότερος εκπρόσωπος της κατηγορίας αυτής είναι τα μοντέλα νευρωνικών δικτύων (neural networks). Τα νευρωνικά δίκτυα (Εικόνα_1.3) χρησιμοποιούν ένα μαθηματικό μοντέλο για την επεξεργασία πληροφοριών που προσεγγίζει την υπολογιστική και αναπαραστατική δυνατότητα μέσω συνάψεων.



Εικόνα_1.3: Νευρωνικό δίκτυο δύο διαστάσεων (neural network -2D)
 (<http://www.fractal.org/Life-Science-Technology/Publications/Fractal-Neural-Networks.html>)

Για την ανάπτυξη μοντέλων νευρωνικών δικτύων είναι απαραίτητη η χρήση του κατάλληλου λογισμικού. Γενικά ένα δίκτυο σχεδιάζεται για μία συγκεκριμένη ομάδα εισόδων (εισαγόμενων πληροφοριών) και εξόδων (αποτελεσμάτων). Ο αριθμός των εισόδων και εξόδων δεν είναι περιορισμένος, κάτι που είναι ένα πλεονέκτημα των μοντέλων νευρωνικών δικτύων. Στη συνέχεια καθορίζεται ο αριθμός των κρυφών στρωμάτων και ο αριθμός των κρυφών νευρώνων. Η διαδικασία του καθορισμού του αριθμού των νευρώνων αυτών είναι χρονοβόρα, κάτι που είναι ένα από τα μειονεκτήματα των NN, γιατί απαιτεί μερικές διαδικασίες δοκιμής και λάθους (trial and error) (Kim et al., 2004).

1.3.3_Σύγκριση των Μεθόδων

Συμπερασματικά, τα **μοντέλα νευρωνικών δικτύων** παρέχουν τα ακριβέστερα αποτελέσματα στις εκτιμήσεις κόστους από τις **παραδοσιακές** αλλά και **μη παραδοσιακές** μεθόδους σύμφωνα με τους (Kim et al., 2004), η δυσκολία τους στην κατανόηση, τη χρήση αλλά και το ότι αποτελούν μια ιδιαίτερα χρονοβόρα μέθοδο χωρίς παροχή των ελάχιστων βοηθητικών επεξηγήσεων τα καθιστά λιγότερο χρηστικά από αυτά της συλλογιστικής βασισμένης σε περιπτώσεις.

Τα **μοντέλα συλλογιστικής βασισμένης σε περιπτώσεις** με τη σειρά τους εκτός του ότι παρέχουν πιο ακριβή αποτελέσματα από αυτά της ανάλυσης παλινδρόμησης είναι πιο εύκολα στην κατανόηση, χρήση αλλά και παρέχουν πολύ πιο σαφείς επεξηγήσεις στα αποτελέσματα τους, καθιστώντας έτσι μια πληρέστατη και ακριβή μέθοδο για την εκτίμηση κόστους κατασκευών όπως αναφέρονται από τους Kim et al. (2004). Έχουν αναπτυχθεί και χρησιμοποιούνται πολλά μοντέλα εκτίμησης κόστους με τη μέθοδο της συλλογιστικής βασισμένης σε περιπτώσεις. Για την ανάκτηση μιας υπόθεσης παρόμοιας με μια νέα περίπτωση, γνώση του πεδίου είναι απαραίτητη για να εξηγήσει γιατί οι δύο περιπτώσεις είναι παρόμοιες, πόσο ισχυρή είναι η ομοιότητα, και ποια χαρακτηριστικά έχουν μεγαλύτερη επιρροή στην ομοιότητα, διότι η ιδιότητες είναι οι βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν την ακρίβεια την εκτίμηση του κόστους κατασκευής.

Οι κυριότερες διαφορές των διαφόρων **μεθόδων CBR** (συλλογιστικής βασισμένης σε περιπτώσεις) βρίσκονται στην μέθοδο που το καθένα από αυτά χρησιμοποιεί για να εκτιμήσει το βαθμό ομοιότητας της νέας υπόθεσης με κάποια ή κάποιες από τις παλαιότερες γνωστές (αποθηκευμένες σε κάποια βάση δεδομένων). Συνήθως αυτό γίνεται με κάποιες εξισώσεις ομοιότητας στις οποίες δίνοντας στοιχεία για την ζητούμενη υπόθεση και τις παλαιότερες (συγκρινόμενες) με αυτήν υποθέσεις παίρνουμε τον ζητούμενο συντελεστή (ποσοστό) ομοιότητας. Πολύ βασικό ρόλο στο σωστό υπολογισμό του βαθμού ομοιότητας, αναφέρει ο Γίτσης (2011), παίζει επίσης η σωστή επιλογή του συντελεστή βαρύτητας κάθε εξεταζόμενου στοιχείου ομοιότητας (πχ τοποθεσία κατασκευής, είδος θεμελίωσης κλπ).

Τα **μοντέλα ανάλυσης παλινδρόμησης** σε συγκριτική έρευνα των (Kim et al., 2004) αξιολογούνται ως λιγότερο ακριβή από αυτά των νευρωνικών δικτύων και της συλλογιστικής βασισμένης σε περιπτώσεις.

Τέλος, η απλότητα στην κατανόηση και χρήση των μεθόδων βασισμένων σε **προμετρήσεις**, η ταχύτητα τους αλλά φυσικά και το γεγονός ότι δεν απαιτούν, όπως οι υπόλοιπες μέθοδοι, την ύπαρξη στοιχείων από προηγούμενες περιπτώσεις εξηγεί το πόσο δημοφιλείς είναι ακόμα και σήμερα, (Fortune & Lees, 1996), παρά την ύπαρξη όλων των άλλων πιο σύγχρονων και ακριβέστερων μεθόδων.

Πρέπει να σημειωθεί ότι στην **παρούσα εργασία** η εκτίμηση του κόστους διάνοιξης (εκσκαφής και προσωρινής υποστήριξης) των ελληνικών οδικών σηράγγων έγινε με τη **μέθοδο CBR** αφού βασίστηκε σε προμετρήσεις που είχαν γίνει για το κόστος κατασκευής των σηράγγων και εν συνεχεία έγινε η ανάλυση στο Κεφάλαιο_4.

Έχει διαπιστωθεί επίσης ότι τα **παραδοσιακά μοντέλα** είναι ακόμα τα πιο ευρέως χρησιμοποιούμενα κάτι που όπως αναφέρει συμφωνεί και με αποτελέσματα ερευνών από το Ηνωμένο Βασίλειο, το Χονγκ Κονγκ, Αυστραλία και Νιγηρία (Bari, 2008). Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας του οι βασικότεροι λόγοι είναι :

- η έλλειψη εξοικείωσης με τις νεότερες τεχνικές,
- ο περιορισμός χρόνου, καθώς η έλλειψη πληροφόρησης και γνώσης,
- αμφιβολίες κατά πόσον οι τεχνικές αυτές είναι δυνατό να εφαρμοστούν σε άλλα έργα,

- τα περισσότερα έργα κατασκευής δεν είναι αρκετά μεγάλα ώστε να δικαιολογούν τη χρησιμοποίηση αυτών των τεχνικών ή σχετικής έρευνας για αυτές,
- ο βαθμός πολυπλοκότητας θεωρείται υπερβολικός για τον μέσο όρο των έργων,
- η συντριπτική πλειοψηφία των κινδύνων είναι συμβατικές ή κατασκευαστικές και είναι τόσο υποκειμενικές ώστε να μπορούν να αντιμετωπιστούν καλύτερα βάσει της προσωπικής εμπειρίας ή βάσει προηγούμενων συμβάσεων από τις εταιρείες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ_2: ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΕΡΓΩΝ

2.1_Κόστος Κατασκευής Τεχνικών Έργων

Το κόστος κατασκευής των τεχνικών έργων επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες και απαρτίζεται από πολλά επιμέρους κόστη, τα σημαντικότερα εκ των οποίων αναλύονται στη συνέχεια.

Παράγοντες που επιδρούν στη διαμόρφωση του κόστους και αφορούν τον κατασκευαστή είναι:

- η Διεύθυνση του εργοταξίου, η οργάνωση, ο προγραμματισμός και η εποπτεία των εργασιών.
- οι ικανότητες του χρησιμοποιούμενου προσωπικού (συνειρεία, εξειδίκευση, αποδοτικότητα κλπ.).
- τα είδη και οι ποιότητες χρησιμοποιούμενων υλικών.
- η κατάλληλη επιλογή: τύπου, αριθμού, μεγέθους μηχανικού εξοπλισμού.
- οι τοπικές συνθήκες εργασίας, η περιοχή του έργου, η πρόσβαση σε αυτό, η διάταξη του εργοταξίου.
- οι δυνατότητες χρηματοδότησης.

Υπάρχουν και άλλοι σοβαροί παράγοντες που επιδρούν στη διαμόρφωση του κόστους. Η εκτίμηση της επιρροής αυτών των παραγόντων γίνεται με πιθανότητες.

- Καιρικές συνθήκες: επηρεάζουν το βαθμό απασχόλησης όπως και τον προγραμματισμό των εργασιών.
- Η διαθεσιμότητα προσωπικού, μηχανημάτων και υπεργολάβων: επηρεάζουν σημαντικά τον προγραμματισμό.
- Ο πληθωρισμός, που επηρεάζει σοβαρότατα τις τιμές προσωπικού, υλικών και μηχανημάτων.

Τις ουσιαστικές δυσχέρειες που συναντούμε όταν θέλουμε να υπολογίσουμε το κόστος κατασκευής σε συνθήκες πληθωρισμού αντιμετωπίζουμε:

- με τον καθορισμό του προβλεπόμενου κόστους κάθε εργασίας όχι ως σταθερού αλλά ως μεταβαλλόμενου χρονικά, σε συνάρτηση με την προβλεπόμενη αύξηση του κόστους μονάδας όλων των μέσων (εργατικών, υλικών, μηχανημάτων) που θα χρησιμοποιήσουμε σε όλη τη διάρκεια της κατασκευής.
- με ανάλογο καθορισμό των προβλεπόμενων συντελεστών αναθεώρησης των τιμών των κονδυλίων της μελέτης. Στα δημόσια έργα υπάρχει νομοθετημένη διαδικασία ενώ στα ιδιωτικά αποτελεί αντικείμενο διαπραγμάτευσης με τον κύριο του έργου.

Τέλος, το κόστος κατασκευής ενός τεχνικού έργου, προκειμένου να δοθεί οικονομική προσφορά, αναφέρει ο Καστρινάκης (2002), αναλύεται από τον κοστολόγο της εργολαβικής επιχείρησης, οπότε έχουμε:

- άμεσο κόστος (προσωπικού, υλικών, μηχανικού εξοπλισμού, υπεργολαβιών).
- έμμεσο κόστος (έργου και εργοταξίου, εργολαβικής επιχείρησης).
- κέρδος αναδόχου.

Είδη κόστους κατασκευής

Τα βασικά είδη του κόστους των κατασκευών είναι:

1. Αρχικό κόστος κεφαλαίου:

- απόκτηση έκτασης
- προκαταρκτικές μελέτες και μελέτες σκοπιμότητας
- αρχιτεκτονικού στατικού και μηχανολογικού σχεδιασμού
- κατασκευή, συμπεριλαμβανομένων των υλικών, του εξοπλισμού και της εργασίας
- ασφάλισης και φόρων κατά την διάρκεια της κατασκευής

2. Κόστος λειτουργίας και συντήρησης:

- προσωπικό λειτουργίας
- εργατικά και υλικά για τη συντήρηση και επισκευές
- περιοδικές ανακαινίσεις
- ασφάλισης και φόρων

3. Απρόβλεπτο κόστος κατά τη διάρκεια της κατασκευής:

- σχεδιαστικές αλλαγές κατά την κατασκευή του έργου
- αλλαγές στο πρόγραμμα του έργου
- γενικές διοικητικές αλλαγές

Είδη εκτιμήσεων κόστους κατασκευής

1. Εκτιμήσεις σχεδιασμού

- εκτιμήσεις μεγέθους κατασκευής
- προκαταρκτικές εκτιμήσεις
- λεπτομερείς εκτιμήσεις (ή οριστικές εκτιμήσεις)

2. Εκτιμήσεις προσφοράς

Ως ανάδοχος, μια εκτίμηση - προσφορά υποβάλλεται στον ιδιοκτήτη είτε για τις ανταγωνιστικές προσφορές ή για διαπραγμάτευση.

3. Εκτιμήσεις ελέγχου

Εκτιμώμενο κόστος για την ολοκλήρωση κατά τη διάρκεια της προόδου του κατασκευής.

2.2_Στάδια πραγματοποίησης τεχνικού έργου

Κανόνας που διέπει την κατασκευή ενός τεχνικού έργου:

«Για την κατασκευή ενός τεχνικού έργου πρέπει υπάρχει μια ανάγκη που να επιβάλλει την εκτέλεση του.»

Αφού αποφασιστεί λοιπόν, η ανάγκη κατασκευής ενός έργου γίνεται ο προγραμματισμός του, ενώ για να γίνει η εκτέλεση θα πρέπει να προηγηθούν οι παρακάτω εργασίες:

- ο προγραμματισμός του έργου
- η ανάθεση της μελέτης,

- η εκπόνηση της μελέτης (προκαταρκτική μελέτη, προμελέτη, οριστική μελέτη, μελέτη εφαρμογής),
- η ανάδειξη εργολάβου,
- η ανάθεση της εργολαβίας,
- η κατασκευή του έργου,
- η επίβλεψη της κατασκευής και
- η παραλαβή του έργου.

Ο **προϋπολογισμός** ενός έργου πρέπει να δίνεται πρώτα **στη φάση του σχεδιασμού** (της σύνταξης της μελέτης) από τον **μελετητή** και στη συνέχεια **στη φάση της εκτέλεσης** από τον **ανάδοχο - κατασκευαστή**.

Το κόστος ενός έργου **στη φάση του σχεδιασμού** δίνεται σε επίπεδο:

- προγράμματος
- προμελέτης
- οριστικής μελέτης και
- μελέτης εφαρμογής.

Το κόστος ενός έργου **στη φάση της εκτέλεσης** από τον ανάδοχο κατασκευαστή δίνεται σε επίπεδο:

- προσφοράς
- κοστολόγησης εφαρμογής
- κοστολόγησης νέων εργασιών
- απολογιστικού κόστους

Η εξασφάλιση μιας **αξιόπιστης οικονομικής έρευνας** του έργου σημαίνει σύμφωνα με τη Μουτσοπούλου (2008):

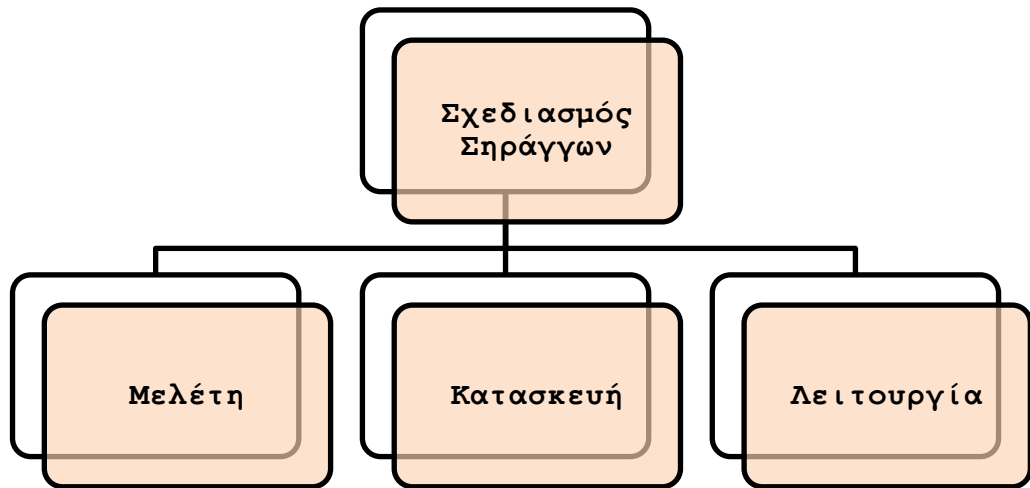
- τεκμηριωμένη και ρεαλιστική κοστολόγηση του έργου, σε όλες τις φάσεις της μελέτης του και ειδικότερα στη μελέτη εφαρμογής.
- τεκμηριωμένη και ρεαλιστική κοστολόγηση του έργου από τον εργολάβο.
- δυνατότητα ελέγχου των προσφορών και επιλογής αναδόχου με ασφαλή και αντικειμενικά κριτήρια.
- δυνατότητα συνεχούς ελέγχου και παρακολούθησης των εργασιών κατασκευής και του πραγματοποιούμενου κόστους.
- έλεγχο των πιστοποιήσεων και επιμετρήσεων και
- φύλαξη και στατιστική αξιολόγηση όλων των χρήσιμων στοιχείων του απολογιστικού κόστους των έργων, για τη χρησιμοποίησή τους σε μελλοντικά έργα.

Τα στάδια που προηγούνται της έναρξης των εργασιών - φάση κατασκευής, αναφέρει η Μουτσοπούλου (2008), είναι τα ακόλουθα:

- **Προγραμματισμός:** στο στάδιο αυτό εξετάζονται η απογραφή αναγκών, το νομοθετικό πλαίσιο, **τα οικονομικά περιθώρια που υπάρχουν και η ικανότητα του τεχνικού προσωπικού** της περιοχής που πρόκειται να εκτελεσθεί το έργο (ικανότητα μελέτης και ικανότητα κατασκευής). Βάσει των προαναφερθέντων λαμβάνεται η **απόφαση για η κατασκευή** ή όχι εκείνου του τεχνικού έργου που θεωρείται ότι εξυπηρετεί περισσότερο τις ανάγκες ή μεγαλύτερες ανάγκες ή είναι πιο αποδοτικό από τα άλλα. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στα υπάρχοντα οικονομικά και τα τεχνικά περιθώρια κατασκευής του.
- **Προκαταρκτική Μελέτη:** περιλαμβάνει τη σύλληψη της ιδέας, την **σκοπιμότητα** του έργου, την πρώτη διερεύνηση των συνθηκών πραγματοποίησής του καθώς και στοιχεία τοπογραφικά, γεωλογικά κλπ που είναι απαραίτητα για την προώθηση της μελέτης στα επόμενα στάδια της.
- **Προμελέτη:** περιλαμβάνει εκείνα τα στοιχεία που είναι απαραίτητα προκειμένου να εγκριθούν οι βασικές ιδέες και λύσεις για τη λειτουργία, τη μορφή και τη δαπάνη του έργου. Τα στοιχεία αυτά είναι: η τεχνική έκθεση, τα προσχέδια και η σύνταξη προσεγγιστικού προϋπολογισμού δαπάνης του έργου με βάση την έκταση ή τον όγκο του και με τιμές μονάδας που λαμβάνονται από στατιστικά στοιχεία κόστους παρομοίων έργων.
- **Οριστική Μελέτη:** περιλαμβάνει εκείνα τα στοιχεία που μας δίνουν πλήρη εικόνα της λειτουργίας, δομής και της μορφής του έργου καθώς επίσης και της προβλεπόμενης δαπάνης εκτέλεσης του έργου.
- **Μελέτη Εφαρμογής:** περιλαμβάνει εκείνα τα στοιχεία που μας είναι απαραίτητα για την με κάθε λεπτομέρεια κατασκευή του έργου σύμφωνα με τη μελέτη καθώς επίσης και τον αναλυτικό προϋπολογισμό της μελέτης.

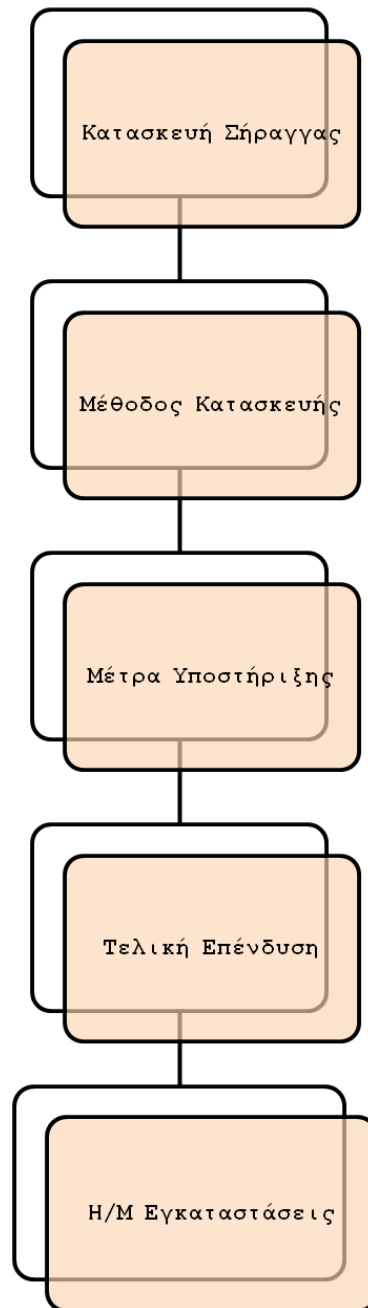
2.3_Κριτήρια Σχεδιασμού Σηράγγων

Ο σχεδιασμός σηράγγων μπορεί να βασιστεί σε ένα πλήθος κριτηρίων που προέρχονται τόσο από τις μελετητικές όσο και από τις κατασκευαστικές ανάγκες ενός τέτοιου έργου. Κατά τον σχεδιασμό κάθε σήραγγας πρέπει να ληφθούν υπόψη τρεις κύριοι άξονες που αλληλοσυνδέονται - αλληλοεπηρεάζονται και περιλαμβάνουν τη μελέτη, την κατασκευή και τη λειτουργία του έργου (Σχήμα_2.1). *Ωστόσο, ένας σωστός, σύγχρονος και ολοκληρωμένος σχεδιασμός αντιμετωπίζει ενιαία και τις τρεις αυτές πλευρές του έργου και λαμβάνει ες' αρχής τα απαιτούμενα μέτρα προκειμένου να προληφθούν προβλήματα σε οποιαδήποτε φάση.*



Σχήμα_2.1: Φάσεις σχεδιασμού σηράγγων

Από την άλλη μεριά, η κατασκευή ενός υπογείου έργου πχ. μιας σήραγγας αποτελείται από τέσσερις παράγοντες-κλειδιά: τη μέθοδο κατασκευής, τα μέτρα υποστήριξης, την τελική επένδυση που καλείται να παραλάβει τα φορτία και τις Η/Μ εγκαταστάσεις. Όλα αυτά επηρεάζουν καθοριστικά τη λειτουργικότητα του έργου και την ποιότητα χρήσης του (Σχήμα_2.2).



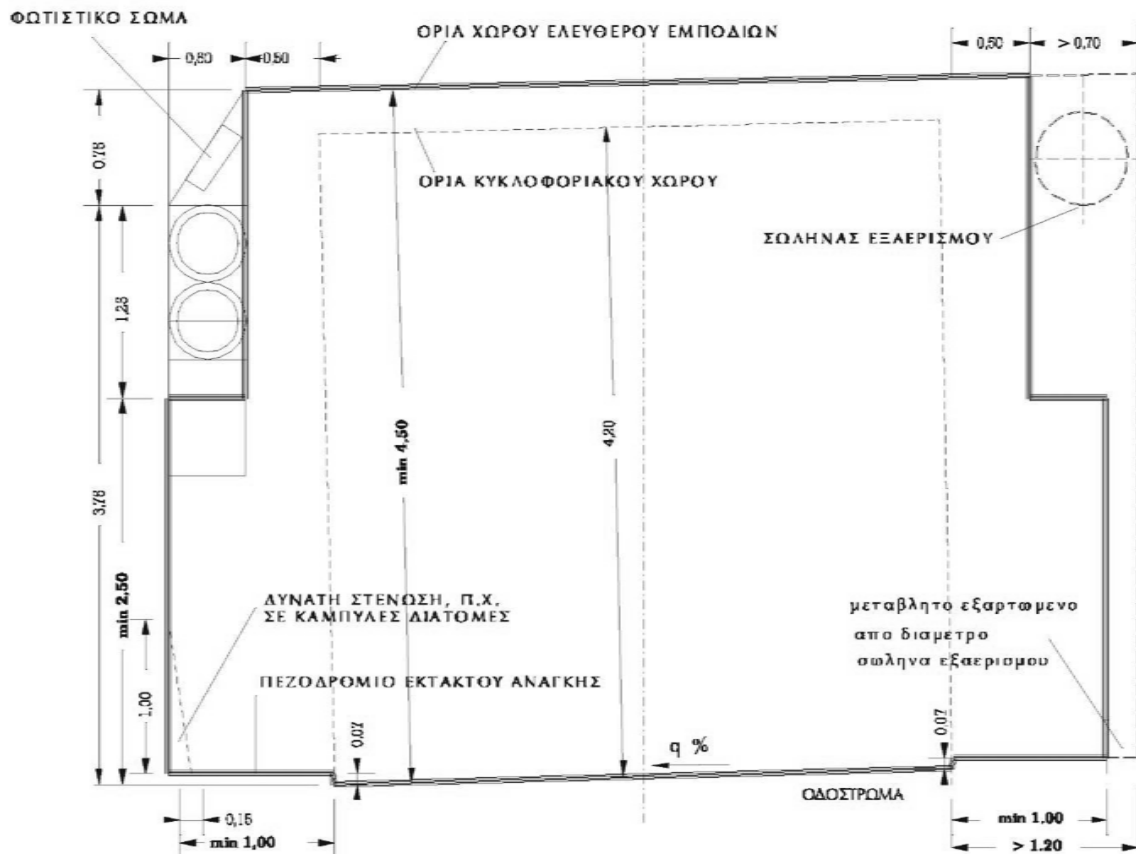
Σχήμα_2.2:Φάσεις κατασκευής σήραγγας

2.3.1_Η Δαπάνη Κατασκευής Σηράγγων

Η δαπάνη κατασκευής των οδικών σηράγγων, όπως έχει ήδη αναφερθεί, εξαρτάται κυρίως από:

- το γεωλογικό σχηματισμό ή το σύστημα των γεωλογικών σχηματισμών μέσα στους οποίους θα διανοιχθεί η σήραγγα,

- τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της διατομής (πλάτος, αριθμός λωρίδων κυκλοφορίας, το πλάτος των πεζοδρομίων και το ελάχιστό απαιτούμενο ελεύθερο ύψος και η κατά μήκος κλίση) (Σχήμα_2.3) και
- το μήκος της σήραγγας.



Σχήμα_2.3: Τυπικές διαστάσεις περιτυπώματος σήραγγας (ΟΜΟΕ - Τεύχος Οδικών Σηράγγων: Έργα Πολιτικού Μηχανικού, 2002)

Οι πιο **κρίσιμοι παράγοντες** για τον προσδιορισμό του κόστους (ανά μέτρο μήκους σήραγγας) των εργασιών διάνοιξης - εκκαφής και προσωρινής υποστήριξης για μικρού μήκους σηράγγων είναι οι δύο πρώτοι **γεωλογία και γεωμετρικά** χαρακτηριστικά. Ωστόσο, μόνο η κατασκευή μεγάλου μήκους σηράγγων και κυρίως διδύμων επηρεάζει τόσο το κόστος της διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης (κατασκευή σηράγγων διαφυγής, παρκινγκ) όσο και το κόστος των ηλεκτρομηχανολογικών εργασιών (εγκαταστάσεις αερισμού, φωτισμού κλπ.)

2.4_Τεχνικοί Παράγοντες

Το γεωλογικό μέσο μέσα στο οποίο θα κατασκευαστεί ένα υπόγειο έργο είναι ύψιστης σημασίας γιατί αυτό καθορίζει τη μέθοδο κατασκευής και κατ' επέκταση το κόστος κατασκευής. Πρέπει λοιπόν, να είναι γνωστές οι φυσικές ιδιότητες του γεωλογικού μέσου - βραχώμαζας όπως η αντοχή σ_c , το μέτρο ελαστικότητας E , το ειδικό βάρος γ κλπ. Σημαντικό ρόλο επίσης, παίζει και η δομή της βραχώμαζας στο χώρο δηλαδή αν

αποτελείται από ασυνέχειες καθώς επίσης πρέπει να είναι γνωστό το υδρογεωλογικό καθεστώς της περιοχής μελέτης. Τέλος, σημαντικό ρόλο διαδραματίζουν τα κριτήρια αστοχίας και στα οποία βασίζεται ο σχεδιασμός ενός υπογείου έργου. Όλα τα προηγούμενα, περιγράφονται αναλυτικά στις παραγράφους 2.4.1 & 2.4.2

2.4.1_Καθορισμός Μοντέλου της Βραχώμαζας για τις Ανάγκες Σχεδιασμού και Κατασκευής

Όπως έχει ήδη ειπωθεί η επιρροή των γεωτεχνικών συνθηκών σε οποιοδήποτε υπό κατασκευή έργο και ειδικότερα στις σήραγγες είναι καθοριστικής σημασίας.

Βραχώμαζα είναι ένα ασυνεχές στερεό μέσο το οποίο αποτελείται από βραχώδες υλικό που διατέμνεται από γεωλογικές ασυνέχειες και αποτελεί τη φυσική κατάσταση ενός πετρώματος, όπως αυτό συναντάται επιτόπου και σε μεγάλη έκταση (Κούκης & Σαμπατάκης, 2007). Με το γενικό όρο ασυνέχεια ορίζεται οποιαδήποτε μηχανική διακοπή στη συνέχεια του. Πρακτικά περιλαμβάνει τις διακλάσεις (επιφάνεια αποχωρισμού τεμαχίων τεκτονικής προέλευσης (ρωγμάτωση) πάνω στην οποία δεν παρατηρείται σχετική μετακίνηση των παρειών), τις ασθενείς διαστρώσεις (επιφάνεια αποχωρισμού παράλληλη με την αρχική επιφάνεια ιζηματογένεσης του υλικού, που διαχωρίζει τα διάφορα στρώματα του υλικού), τα ασθενή επίπεδα σχιστότητας (επιφάνεια που προήλθε από παράλληλο προσανατολισμό φυλλωδών ορυκτών των μεταμορφωμένων πετρωμάτων), τις ασθενείς ζώνες και τις μεταπτώσεις.

Η προϊστορία της φόρτισης παίζει σημαντικό ρόλο στη μελέτη της βραχώμαζας. Ο χρόνος ως παράγοντας που επηρεάζει τη βραχώμαζα έχει μεγάλη σημασία, αφού η γεωλογική δραστηριότητα συνεχίζεται εσαεί αν και στο χρόνο ζωής ενός τεχνικού έργου οι τεκτονικές δραστηριότητες θεωρούνται αμελητέες. Φαινόμενα όμως όπως ο ερπυσμός (η συνεχόμενη αύξηση της παραμόρφωσης με σταθερή τάση) και της χαλάρωσης (η συνεχόμενη μείωση της παραμόρφωσης με σταθερή τάση) έχουν χρονική διάσταση σε αντίθεση με τη θεωρία ελαστικότητας -τη βάση της μηχανικής και κατ' επέκταση και της βραχομηχανικής- που είναι αμετάβλητη χρονικά. Ένα υπόγειο έργο καλείται να ανακατανεύσει τις υπάρχουσες τάσεις του βραχώδους υλικού κατά τρόπο ώστε να είναι εφικτή η παραμονή του μέσα στη βραχώμαζα τόσο κατά τη διάρκεια κατασκευής όσο και κατά τη διάρκεια λειτουργίας του έργου. Η **παρουσία του υπόγειου νερού** έχει επίσης μεγάλη σημασία αν και οι πιέσεις των πόρων δε λαμβάνονται υπόψη γιατί ο βράχος θεωρείται συμπαγές υλικό στο οποίο έχει επίδραση η υδραυλική του αγωγιμότητα μόνο μέσω των ασυνεχειών (Κούκης & Σαμπατάκης, 2007).

Ο σχεδιασμός ενός τεχνικού έργου σε βραχώδεις γεωλογικούς σχηματισμούς προϋποθέτει τη διερεύνηση όλων των παραγόντων εκείνων που επηρεάζουν άμεσα τη μηχανική συμπεριφορά της βραχώμαζας. Μία **συστηματική ταξινόμηση** της βραχώμαζας μπορεί να δώσει αρκετά ικανοποιητική πληροφόρηση με την ανάπτυξη κατάλληλων κριτηρίων, ώστε να επιτυγχάνεται η συστηματική κατάταξη της βραχώμαζας σε συγκεκριμένες κατηγορίες και ομάδες που κάθε μια να έχει παρόμοια μηχανική συμπεριφορά, οπότε και να απαιτεί ενιαία αντιμετώπιση (π.χ. αντιστήριξη). Η ανάπτυξη μιας τέτοιας ταξινόμησης και η συσχέτιση των κατασκευαστικών απαιτήσεων του έργου με τις επιμέρους κατηγορίες της ταξινόμησης προϋποθέτει την ύπαρξη ενός σημαντικού δείγματος πραγματικών περιστατικών τα οποία να πιστοποιούν την εφαρμοσιμότητά της. Σήμερα οι ταξινομήσεις

της βραχόμαζας αποτελούν τη βάση του εμπειρικού σχεδιασμού τεχνικών έργων σε βραχώδεις σχηματισμούς, ενώ η **αξιοπιστία** τους θεωρείται συνήθως **δεδομένη** εφόσον βασίζεται στην αποκτηθείσα εμπειρία από προηγούμενα έργα. Αν και η εφαρμογή των συστημάτων ταξινόμησης είναι ιδιαίτερα ελκυστική δεν πρέπει να υποκαθιστά τη γεωλογική και την τεχνική κρίση στην εκτίμηση της συμπεριφοράς της βραχόμαζας.

Η χρησιμοποίηση των συστημάτων ταξινόμησης της βραχόμαζας έχουν τους παρακάτω βασικούς στόχους:

- να ταξινομηθεί η βραχόμαζα σε επιμέρους κατηγορίες που η κάθε μία να χαρακτηρίζεται από παρόμοια μηχανική συμπεριφορά οπότε να απαιτεί και ενιαία αντιμετώπιση.
- να διευκολυνθεί ο σχεδιασμός τεχνικών έργων στο βράχο δίνοντας ποιοτικά και ποσοτικά στοιχεία και παραμέτρους της βραχόμαζας που απαιτούνται στην επίλυση των τεχνικών προβλημάτων σχεδιασμού.
- να αποτελεί μια κοινή βάση συνεννόησης μεταξύ των επιστημονικών ειδικοτήτων που ασχολούνται με τα γεωτεχνικά προβλήματα.

Σύστημα RMR

Είναι γνωστό σαν «Σύστημα Bieniawski», προτάθηκε αρχικά το 1973 ενώ πήρε την τελική του μορφή το 1989. Περιλαμβάνει **τρία** στάδια.

Στο **πρώτο** στάδιο η περιοχή για την οποία θα γίνει η ταξινόμηση διαχωρίζεται σε επιμέρους ζώνες και σε καθεμία από τις ζώνες αυτές τα κύρια χαρακτηριστικά της βραχόμαζας (λιθολογική σύσταση, προσανατολισμός και απόσταση ασυνεχειών, φυσική κατάσταση γεωλογικού σχηματισμού) φαίνονται μακροσκοπικά παρόμοια. Τα όρια των ζωνών αυτών οριοθετούνται συνήθως από τις διάφορες γεωλογικές δομές (π.χ. ρήγματα, ζώνες διάτμησης ή από τις μεταβολές της λιθολογικής σύστασης των γεωλογικών σχηματισμών).

Στο **δεύτερο** στάδιο γίνεται για κάθε ζώνη, με συστηματική εργασία υπαίθρου ή λεπτομερή εξέταση δειγμάτων από δειγματοληπτικές γεωτρήσεις, προσδιορισμός ορισμένων κριτηρίων τα οποία είναι:

- αντοχή σε ανεμπόδιστη (μονοαξονική) θλίψη του βραχώδους υλικού,
- δείκτης ποιότητας πετρώματος (RQD): εκτιμάται από μετρήσεις σε βραχώδη δείγματα γεωτρήσεων ή με συστηματικές μετρήσεις της απόστασης των ασυνεχειών και τον υπολογισμό του δείκτη J_v (συνολικό άθροισμα της επιμέρους πυκνότητας των κυρίων συστημάτων ασυνεχειών) με χρήση της σχέσης του Palmstrom (1982): $RQD=115-3.3J_v$ ($RQD=100$ για $J_v<4.5$),
- απόσταση μεταξύ ασυνεχειών: εκτιμάται από μετρήσεις υπαίθρου και στατιστική επεξεργασία των μετρήσεων της απόστασης για κάθε σύστημα ασυνεχειών χωριστά,
- κατάσταση ασυνεχειών: εκτιμάται από μετρήσεις υπαίθρου της τραχύτητας, του ανοίγματος, της αποσάθρωσης των τοιχωμάτων και του υλικού πλήρωσης των ασυνεχειών. Κατόπιν γίνεται στατιστική επεξεργασία όλων των μετρήσεων για συγκεκριμένο σύστημα ασυνεχειών για την εκτίμηση των επικρατέστερων στατιστικά τιμών,
- υδρογεωλογικές συνθήκες: εκφράζεται ποιοτικά με την ύπαρξη ή όχι υπόγειου νερού και ποσοτικά με την εκτίμηση των υδροστατικών πιέσεων που αναπτύσσονται στις ασυνέχειες,

- προσανατολισμός των ασυνεχειών σε σχέση με τη γεωμετρία του τεχνικού έργου: γίνεται αρχικά προσδιορισμός των κυρίων συστημάτων ασυνεχειών τα οποία διατέμνουν τη βραχόμαζα και στη συνέχεια συγκρίνεται ο προσανατολισμός των κυρίων συστημάτων ασυνεχειών με τον προσανατολισμό και τα χαρακτηριστικά των κυρίων γεωμετρικών στοιχείων του τεχνικού έργου.

Το τελικό αποτέλεσμα είναι η τελική βαθμονόμηση της βραχόμαζας (RMR) και η ταξινόμησή της σε μια από τις πέντε (5) κατηγορίες.

Στο **τρίτο** στάδιο η ολοκλήρωση της κατάταξης της βραχόμαζας έχει σαν αποτέλεσμα τον καθορισμό της μηχανικής συμπεριφοράς της και την ποσοτική εκτίμηση των μηχανικών παραμέτρων της και των απαιτήσεων υποστήριξής της.

Το σύστημα **RMR** είναι ένα πολύ **καλό σύστημα ταξινόμησης** με ευρεία εφαρμογή για σήραγγες. Τα σοβαρότερα **μειονεκτήματα** (Κούκης & Σαμπατάκης, 2007) είναι ότι έχει περιορισμένη αξιοπιστία σε πολύ πτωχής ποιότητας βραχόμαζες και μαλακά πετρώματα. Δεν εφαρμόζεται σε όλες τις δυνατές εντατικές καταστάσεις της βραχόμαζας σε μια σήραγγα. Ζώνες διαταραγμένες από ρήγματα με έντονες πτυχώσεις δεν καλύπτονται από τις παραμέτρους βαθμονόμησης. Η βαθμονόμηση δεν είναι αρκετά ευαίσθητη στις μεταβολές των επιμέρους παραμέτρων που τη συνθέτουν.

Σύστημα Q

Βασίζεται στον ποσοτικό προσδιορισμό του δείκτη ποιότητας της βραχόμαζας Q που δίνεται από τη σχέση:

$$Q = \left(\frac{RQD}{J_n} \right) \left(\frac{J_r}{J_a} \right) \left(\frac{J_w}{SRF} \right)$$

Όπου:

RQD: ο δείκτης ποιότητας πετρώματος

J_n: αριθμητικός παράγοντας του πλήθους των συστημάτων ασυνεχειών

J_r: αριθμητικός παράγοντας της τραχύτητας των ασυνεχειών

J_a: αριθμητικός παράγοντας του βαθμού αποσάθρωσης των τοιχωμάτων των ασυνεχειών

J_w: συντελεστής απομείωσης λόγω ύπαρξης νερού στις ασυνέχειες

SRF: συντελεστής απομείωσης λόγω των επιτόπου τάσεων

Ο λόγος (RQD/J_n) αντιπροσωπεύει την υφή της βραχόμαζας.

Ο λόγος (J_r/J_a) αντιπροσωπεύει την τραχύτητα και τα χαρακτηριστικά τριβής των τοιχωμάτων των ασυνεχειών ή του υλικού πλήρωσης και αποτελεί ένα συγκριτικό μέτρο της διατμητικής αντοχής των βραχωδών τεμαχών.

Ο λόγος (J_w/SRF) αποτελεί ένα συνδυασμό της επίδρασης α) των υδροστατικών πιέσεων που επηρεάζουν τη διατμητική αντοχή των ασυνεχειών προκαλώντας μείωση της ορθής ενεργής τάσης ή ακόμα απόπλυση του υλικού πλήρωσης και β) των επιτόπου τάσεων που έχουν προκαλέσει σύνθλιψη του πετρώματος.

Η μεθοδολογία για την ταξινόμηση είναι αντίστοιχη με αυτή που περιγράφεται για το σύστημα RMR με τρία βασικά στάδια και με μόνη διαφορά τις παραμέτρους.

Σύστημα RMI

Ο δείκτης RMI εκφράζει την αντοχή της βραχόμαζας ουσιαστικά σε ανεμπόδιστη (μονοαξονική) θλίψη και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διάφορους υπολογισμούς όπως για

υποστηρίξεις υπόγειων έργων, για την επίλυση του κριτηρίου θραύσης Hoek-Brown για τη βραχώμαζα, καθώς και για την εκτίμηση της ικανότητας διάτρησης των μηχανημάτων ολομέτωπης διάνοιξης σηράγγων.

Σύστημα GSI

Το σύστημα GSI είναι ένα σύστημα ταξινόμησης που εκτιμά την αντοχή της βραχώμαζας για διαφορετικές γεωλογικές συνθήκες και βασίζεται σε παρατηρήσεις υπαίθρου. Τόσο η υφή του πετρώματος όσο και η επιφάνεια των ασυνεχειών λαμβάνονται υπόψη και οδηγούν στον υπολογισμό της τιμής του GSI (Geological Strength Index - Δείκτης Γεωλογικής Αντοχής). Γίνεται διάκριση για ομογενείς και ετερογενείς βραχώμαζες οι οποίες εμφανίζουν διαφορετική συμπεριφορά. Πιο συγκεκριμένα, ο γεωλογικός δείκτης αντοχής GSI εισήχθη από τους Hoek E. και Marinos P. το 2001 και παρέχει ένα σύστημα για την εκτίμηση της μείωσης της αντοχής της βραχώμαζας για διαφορετικές γεωλογικές συνθήκες. Το σύστημα GSI βασίζεται στην οπτική παρατήρηση και συναξιολόγηση των παρακάτω παραμέτρων:

- της δομής της βραχώμαζας, η οποία χαρακτηρίζει το βαθμό αλληλεμπλοκής των βραχωδών τεμαχών και
- της κατάστασης των επιφανειών των ασυνεχειών, η οποία χαρακτηρίζει το μέγεθος της διατμητικής αντοχής τους.

Το σύστημα GSI προϋποθέτει ότι η βραχώμαζα συμπεριφέρεται ισοτροπικά και δεν υπάρχουν προτιμητέες διευθύνσεις αστοχίας. Μπορεί όμως να εφαρμοστεί με παραδεκτή ανοχή και σε ανισότροπα μέσα αν η θραύση δεν ελέγχεται από την ανισοτροπία. Πάντως στην περίπτωση όπου η βραχώμαζα είναι έντονα διακλασμένη και η συνέχεια των εμμενουσών ασυνεχειών είναι διαταραγμένη, η βραχώμαζα μπορεί να συμπεριφέρεται ισοτροπικά.

Το σύστημα GSI σχεδιάστηκε ώστε να είναι συμβατό με το σύστημα RMR για βραχώμαζες με $RMR > 40$, δηλαδή οι τιμές του δείκτη GSI είναι περίπου ίσες με τις αντίστοιχες του δείκτη RMR. Για βραχώμαζες με $RMR < 40$, το σύστημα GSI πλεονεκτεί γιατί παρέχει καλύτερη διακριτοποίηση, χωρίς απότομες μεταβολές του δείκτη, ενώ ταυτόχρονα παραμένει συμβατό με το σύστημα RMR. Οι μηχανικοί έκαναν προσπάθεια να συσχετίσουν τα συστήματα ταξινόμησης RMR και Q με το GSI και ο τύπος που προτάθηκε είναι $GSI = RMR - Q$. Ωστόσο, σύμφωνα με τους Marinos, Marinos & Hoek (2001) η συσχέτιση είναι επιτυχής για βραχώμαζες καλύτερης ποιότητας αλλά δεν συνίσταται η χρήση της για ασθενείς και ετερογενείς βραχώμαζες.

Το σύστημα GSI εφαρμόζεται σε βραχώμαζες με αλληλεμπλοκή μεταξύ των βραχωδών τεμαχών δηλαδή σε βραχώμαζες με μικρή συμμετοχή του εδαφικού υλικού σε ποσοστό μικρότερο του 20% του συνολικού όγκου της βραχώμαζας. Η χρήση του στηρίζεται στον πίνακα (Εικόνα 2.1).

ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΔΕΙΚΤΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΣΕ ΡΗΓΜΑΤΩΣΜΕΝΟΥΣ ΒΡΑΧΟΥΣ (Hoek and Marinos, 2000)
 Βασίζονται στην εμφάνιση της βραχώδους (περιγραφή δομής και κατάσταση επιφανείας ασυνεχειών) εκτιμήστε τη μέση τιμή του GSI, χωρίς υποχρεωτικά μεγάλη ακρίβεια. Το να επιλέξετε ένα εύρος τιμών από 33 ως 37 είναι πιο ρεαλιστικό από το να δηλώσετε ότι GSI=35. Επιμηνύεται ότι ο Πίνακας δεν εφαρμόζεται σε κλιμακικά εξαχθέντες αστάθειες. Στην περίπτωση που οι ασθένεις επιπέδες επιφάνειες έχουν μη ευνοϊκό προσανατολισμό σε σχέση με το πρηνές εκσκαφής, τότε αυτές καθορίζουν την συμπεριφορά της βραχώδους. Η διαμητική αντοχή επιφανειών σε βράχους που υπόκεινται σε εξασθένηση λόγω διακύμανσης της περιεκτικότητας σε υγρασία, είναι περισσότερο μειωμένη όταν υπάρχει νερό. Όταν οι βραχώδεις ανήκουν στις μέτριες έως πτωχές κατηγορίες και υπάρχει νερό τότε μετακινούσατε προς τα δεξιά. Η υδροστατική πίεση λαμβάνεται υπόψη με την ανάλογη ενεργών τάσεων.

ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΑΣΥΝΕΧΕΙΑΣ

ΠΟΛΥ ΚΑΛΗ Πολύ τραχείες, μη αποσπασθριμένες επιφάνειες

ΚΑΛΗ Τραχείες, ελαφρά αποσπασθριμένες και εδαφωμένες επιφάνειες

ΜΕΤΡΙΑ Λείες, μέτριως αποσπασθριμένες και εδαφωμένες επιφάνειες

ΠΤΩΧΗ Επιφανείες ολισθήρας, πολύ αποσπασθριμένες με σημαντική επιφλοκώματα ή υλικό πλήρωσης με γωνιακή βραχώδους

ΠΟΛΥ ΠΤΩΧΗ Επιφανείες ολισθήρας, πολύ αποσπασθριμένες με μαλακό οργανικό υλικό πλήρωσης

ΔΟΜΗ

ΜΕΙΟΥΜΕΝΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ

ΔΟΜΗ	ΠΟΛΥ ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΠΤΩΧΗ	ΠΟΛΥ ΠΤΩΧΗ
INTACT OR MASSIVE - Άρρηκτα βραχώδη τεμάχια ή άσπρωτος βράχος με λίγες ασυνέχειες σε μεγάλη απόσταση	90	80	70	N/A	N/A
BLOCKY - Αδιάτρακτη βραχώδους με πολύ καλό αλληλοκλείδωμα που αποτελείται από κυβικά τεμάχια οριζόμενα από τρεις ορθογώνια τεμνόμενες οικογένειες ασυνεχειών		70	60		
VERY BLOCKY - Μερκώς διαταραγμένη βραχώδους με πολύπλευρα γωνιακά τεμάχια (blocks) που σχηματίζονται από τέσσερις ή περισσότερες οικογένειες ασυνεχειών			50		
BLOCKY/DISTURBED/SEAMY Πυκνωμένη με γωνιακά τεμάχια που σχηματίζονται από πολλές αλληλοτεμνόμενες οικογένειες ασυνεχειών. Εμφανή στρώσης ή σχιστότητας			40	30	
DISINTEGRATED - Ισχυρά κερματισμένη βραχώδους με πτωχό αλληλοκλείδωμα και με ταυτόχρονη παρουσία γωνιακών και αποσπασθριμένων τεμαχίων				20	
LAMINATED/SHEARED - Φυλλώδης ή σχιστοποιημένη και τεκτονικώς διαμημένη ασθενής βραχώδους. Η σχιστότητα επικρατεί έναντι οποιαδήποτε άλλης οικογένειας ασυνεχειών εμποδίζοντας την διαμετακίνηση υλικού τεταμένου	N/A	N/A		10	

ΜΕΙΟΥΜΕΝΟ ΑΝΗΛΟΓΙΚΟ ΚΕΙΜΕΝΟ ΤΩΝ ΒΡΑΧΩΔΩΝ ΤΕΜΑΧΙΩΝ

Εικόνα 2.1: Εκτίμηση GSI σε ομογενείς βραχώδους (Hoek & Marinos, 2001)

2.4.2_Κριτήρια Αστοχίας

Τα **κριτήρια αστοχίας** της βραχώδους μπορούν να μας δώσουν επιπλέον πληροφορίες για την ποιότητα του βραχώδους υλικού και τις απαιτήσεις του έργου.

Από το κριτήριο **Mohr-Coulomb** είναι εμφανής η σημασία του συντελεστή και της γωνίας εσωτερικής τριβής του γαιώδους υλικού. Όσο πιο μικρή είναι η εσωτερική τριβή, τόσο πιο χαλαρό είναι το υλικό και επομένως είναι χαμηλότερες οι απαιτούμενες τάσεις για την αστοχία του υλικού. Βέβαια από κατασκευαστικής άποψης όσο πιο χαλαρό είναι το υλικό τόσο πιο εύκολη και γρήγορη είναι η εκσκαφή του δυσχεραίνει όμως την υποστήριξη του. Ακόμα, η ετερογένεια του βραχώδους υλικού σε συνδυασμό με τη χαλαρότητα οδηγεί σε υπερεκσκαφές και αποτμήσεις βραχώδους ή εδαφικού υλικού με αποτέλεσμα τελικά να είναι πιο αργή η προχώρηση της σήραγγας. Γενικά προτιμώνται ομογενείς και συμπαγείς βραχώδους χωρίς πολλά κενά και ανομοιογένειες που μπορεί να καθυστερήσουν δραματικά την εκτέλεση του έργου.

Το κριτήριο **Hoek-Brown** καταδεικνύει τη σημασία της δομής της βραχώδους και της κατάστασης των ασυνεχειών. Όσο πιο αποσπασθριμένη και κατακερματισμένη είναι η βραχώδους, τόσο πιο χαμηλός είναι ο δείκτης γεωλογικής αντοχής (GSI) και αντίστοιχα μικρότερες είναι οι τάσεις αστοχίας του βράχου.

Η θεωρία του **Griffith** υπερτονίζει τη σημασία της ύπαρξης ρωγμών των οποίων το μήκος και η ευκολία σχηματισμού οδηγεί σε όλο και πιο ταχεία αστοχία του υλικού.

Οι θεωρίες ανάλυσης των σήραγγων μπορούν να δώσουν νέα στοιχεία στην προσπάθεια αξιολόγησης του γεωτεχνικού μοντέλου της περιοχής του έργου. Όσο μεγαλύτερη είναι η διάμετρος της διατομής της σήραγγας τόσο πιο αυξημένες είναι οι προκύπτουσες τάσεις και τόσο δυσχερέστερη είναι προφανώς η διάνοιξη. Η σημασία των γεωτεχνικών παραμέτρων (c , ϕ) είναι **καθοριστική**.

Για τις σήραγγες (**βαθείς**) οι οποίες κατασκευάζονται εξ' ολοκλήρου μέσα στη βραχώμαζα ισχύουν όλα τα παραπάνω συμπεράσματα με έμφαση στο επιπλέον αναλαμβανόμενο βάρος των υπερκειμένων γαιών. Σημαντικός είναι ο κίνδυνος διαρροών υπόγειου νερού που μπορεί να δημιουργήσει υδροστατικές τάσεις και να καταστρέψει ακόμα και το μηχανολογικό εξοπλισμό.

Ξεκινώντας από το σύστημα RMR που λαμβάνει ως κύρια κριτήρια αξιολόγησης της βραχώμαζας, την αντοχή σε θλίψη του βραχώδους υλικού, καθώς και το μήκος, την απόσταση, την αποσάθρωση των τοιχωμάτων, την τραχύτητα, το άνοιγμα, το υλικό πλήρωσης και τον προσανατολισμό των ασυνεχειών, όπως επίσης και την ύπαρξη υπόγειου νερού. Το σύστημα Q προσθέτει στις ιδιότητες της βραχώμαζας, την ύπαρξη νερού στις ασυνέχειες. Το σύστημα RMi επιβεβαιώνει αυτές τις ιδιότητες. Το σύστημα GSI δίνει βάρος στη δομή της βραχώμαζας και στην κατάσταση των ασυνεχειών.

Από τα παραπάνω γίνεται φανερό ότι η αντοχή του συμπαγούς και αδιάρρηκτου βραχώδους υλικού που μπορεί να προκύψει από πειράματα, η κατάσταση και η πυκνότητα των ασυνεχειών που προκύπτει οπτικά και η ύπαρξη υπόγειου νερού στην περιοχή του έργου που ανιχνεύεται από τις γεωτρήσεις και την πορεία του έργου αποτελούν βασικούς παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα της βραχώμαζας και καθιστούν εύκολη ή δυσχερή τη διάνοιξη ενός υπόγειου έργου.

Συμπερασματικά προκύπτουν οι εξής πληροφορίες:

- η ταχύτητα προχώρησης αυξάνει όσο πιο ομοιογενείς είναι οι γεωτεχνικές συνθήκες κατά τον άξονα της σήραγγας,
- η διάνοιξη παρουσιάζει προβλήματα σε περίπτωση αστάθειας, δηλαδή για εδάφη μικρής αντοχής και συνεκτικότητας, όπως είναι οι άμμοι που συναντώνται κατά κόρον στις αβαθείς σήραγγες,
- η εισροή νερού θεωρείται σοβαρό τεχνικό πρόβλημα που δημιουργεί επιπλέον υδροστατικές πιέσεις και ενδεχόμενα προβλήματα στο μηχανολογικό εξοπλισμό,
- η αλληλεπίδραση με παράπλευρες κατασκευές λόγω των παραγόμενων δονήσεων είναι σημαντικό πρόβλημα στις σήραγγες σε αστικές περιοχές.

Τα μέτρα υποστήριξης της σήραγγας απαιτούν κατασκευαστικά σχέδια και επιτόπου παρακολούθηση του έργου και έχουν μικρό ενδιαφέρον σε μια μελέτη τεχνικής εφικτότητας που δεν μπορεί ακόμη να προσδιορίσει επακριβώς τις τεχνικές ανάγκες ενός τόσο σύνθετου έργου όπως η διάνοιξη μιας σήραγγας.

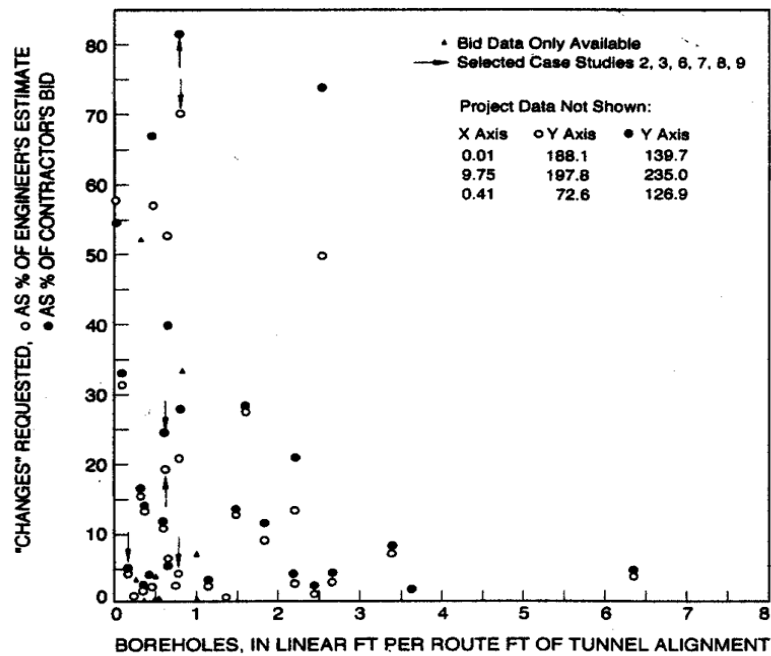
2.5_Γεωτεχνική - Γεωλογική Έρευνα Συναρτήσει της Αβεβαιότητας και του Κόστους του Έργου

Το κόστος της γεωλογικής έρευνας εκφράζεται συνήθως ως ένα ποσοστό του συνολικού κόστους του έργου και οι τιμές που λαμβάνει δίνονται από τη βιβλιογραφία (Hunt, 1984), σε ένα εύρος που κυμαίνεται από 0,5 έως 3% του συνολικού προϋπολογισμού. Ίσως η πιο ολοκληρωμένη μελέτη που είχε γίνει μέχρι το 2001 για την εξακρίβωση του βέλτιστου εύρους της γεωλογικής/γεωτεχνικής έρευνας είναι αυτή που πραγματοποιήθηκε από την Εθνική Επιτροπή Τεχνολογίας Σηράγγων των Η.Π.Α. (U.S. National Committee on Tunnelling Technology - USNC/TT) το 1984, κατά την οποία εξετάστηκαν 84 έργα σηράγγων.

Η επιτροπή βρήκε ότι, ως γενικός κανόνας, η εκτέλεση μεγαλύτερης κλίμακας ερευνητικών εργασιών μπορεί να οδηγήσει στη μείωση της αβεβαιότητας και επομένως σε σημαντική βελτίωση των προσφορών κατασκευής των έργων από τους αναδόχους.

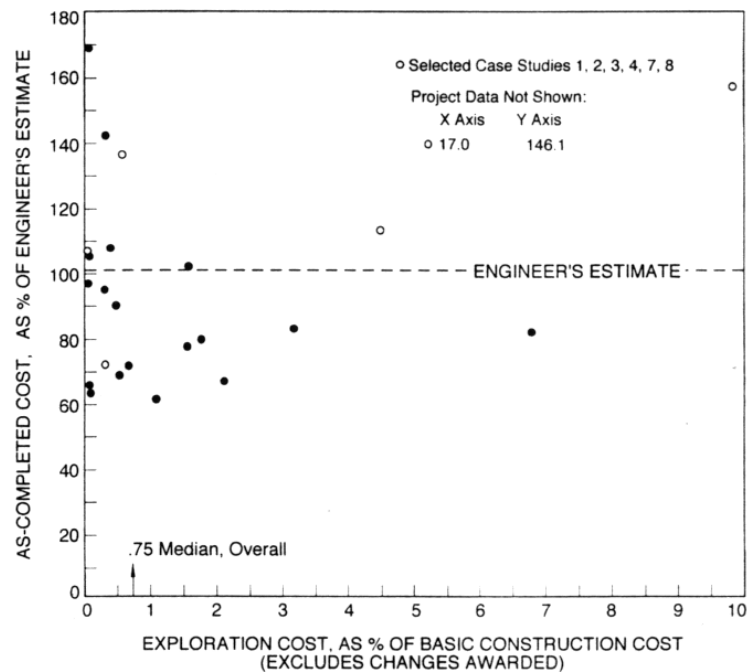
Παράλληλα με τις διαπιστώσεις αυτές, όμως, έγινε σαφές ότι τα τελικά κατασκευαστικά μεγέθη που προέκυψαν στο μεγαλύτερο μέρος των εξεταζόμενων έργων ήταν σημαντικά διαφοροποιημένα από αυτά που είχαν οριστεί αρχικά. Πιο συγκεκριμένα, σε 49 έργα (ποσοστό 60%) υπήρξαν προβλήματα κατά την κατασκευή, που μεταφράστηκαν σε σημαντικές απαιτήσεις (claims), από τις οποίες, ένα ποσοστό 95% αφορούσε στην πληρωμή αρκετά μεγάλων ποσών, όπως χαρακτηριστικά αναφέρεται. Για 32 από τα έργα αυτά, το κόστος κατασκευής τους ήταν \$US 1.346,8 εκατομμύρια, ενώ το συνολικό ποσό των διαφόρων απαιτήσεων έφτανε τα \$US 253,7 εκατομμύρια, δηλαδή ποσοστό 18,5%. Η ανάλυση έδειξε ότι το τελικό κόστος κατασκευής συμπεριλαμβανομένων των διαφόρων απαιτήσεων (as-completed cost), μπορεί να διαφέρει σε ποσοστό έως και 50% από τις αρχικές προβλέψεις, όταν τα κονδύλια και το εύρος της έρευνας κινούνται σε χαμηλά επίπεδα.

Στα Σχήματα_2.4 και 2.5 δίνονται δύο χαρακτηριστικά παραδείγματα της σχέσης μεταξύ του κόστους κατασκευής και του βαθμού έρευνας. Στο Σχήμα_2.4, παρουσιάζεται η σχέση μεταξύ του μήκους των ερευνητικών γεωτρήσεων ανά μήκος σήραγγας και των απαιτήσεων (claims requested) που ζητήθηκαν από τον κατασκευαστή, ως ποσοστό του αρχικού κόστους. Για τα εξεταζόμενα έργα, φαίνεται ότι ο μέσος όρος του λόγου μήκος γεωτρήσεων προς μήκος σήραγγας, ήταν 0,42. Παρατηρείται ότι μέχρι την τιμή λόγου ίση με 0,6 περίπου, υπήρξαν αρκετά υψηλές απαιτήσεις, από εκεί και πέρα όμως, η αύξηση του λόγου συνδυαζόταν με μια σημαντικότερη πτώση στο ποσοστό των διεκδικήσεων, το οποίο φτάνει τελικά σε ποσοστό μικρότερο του 10% του αρχικού προϋπολογισμού, όταν η τιμή του λόγου ξεπερνούσε το 1,5 περίπου.



Σχήμα_2.4: Σχέση μεταξύ κόστους απαιτήσεων και λόγου μήκους γεωτρήσεων προς το μήκος σήραγγας (USNC/TT, 1984)

Αντίστοιχα, στο Σχήμα_2.5 παρουσιάζεται η σχέση κόστους μεταξύ της έρευνας, ως ποσοστό του αρχικού προϋπολογισμού του έργου, και των αποκλίσεων του τελικού από το αρχικά εκτιμώμενο κόστος. Η διάμεσος τιμή του κόστους έρευνας ήταν 0,75% του συνολικού κόστους, ενώ φάνηκε ότι η αύξηση του κόστους πάνω από 3%, οδηγεί σε αποκλίσεις μικρότερες του 20%, μεταξύ αρχικού και τελικού κόστους.



Σχήμα_2.5: Σχέση μεταξύ κόστους απαιτήσεων και κόστους των εργασιών έρευνας (USNC/TT, 1984)

Πέρα από τα παραπάνω, κρίσιμης σημασίας για το έργο είναι η ακριβής ενημέρωση των κατασκευαστών από προτυποποιημένες γεωτεχνικές μελέτες (geotechnical baseline report) αλλά και η προετοιμασία ολοκληρωμένων μελετών και εκθέσεων μετά το πέρας κατασκευής του έργου (as-build report). Ιδιαίτερα το τελευταίο εμφανίζεται να είναι ιδιαίτερα σημαντικό σε μεγάλα υπόγεια έργα (π.χ. υπόγειους σιδηρόδρομους), για τα οποία οι επόμενες επεκτάσεις τους μπορούν να επωφεληθούν από τις πληροφορίες που συγκεντρώθηκαν ενώ επίσης θα μπορούν να δοθούν πληροφορίες για την υλοποίηση άλλων κατασκευών κοντά ή πάνω από το υφιστάμενο υπόγειο έργο (Μπενάρδος, 2001).

2.6_Μέθοδοι Κατασκευής Σηράγγων

Η επιλογή της μεθόδου κατασκευής ενός υπογείου έργου είναι μεγάλης σημασίας μιας και διαφοροποιεί την εργασία πχ. την προχώρηση και συνεπώς είναι άμεσα συνδεδεμένη με τη διαμόρφωση του συνολικού κόστους κατασκευής του έργου. Στις παραγράφους που ακολουθούν αναλύονται οι μέθοδοι κατασκευής ενός υπογείου έργου.

2.6.1_Μέθοδος NATM

Η **μέθοδος NATM** βασίζεται στην αρχή της ενεργοποίησης της αντοχής της περιβάλλουσας της εκσκαφής ώστε να περιοριστεί στο ελάχιστο η χαλάρωσή της βραχόμαζας. Η ενεργοποίηση της βραχόμαζας επιτυγχάνεται με την τοποθέτηση άμεσης υποστήριξης κυρίως από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα και αγκύρια που ενισχύουν την περιβάλλουσα βραχόμαζα και συμβάλλουν στην πίεση σταθεροποίησης που προκύπτει από το φαινόμενο του θόλου (της θολωτής δράσης).

Ο **σχεδιασμός της διάνοιξης** εξαρτάται από την επιφάνεια της τελικής διατομής και από την ποιότητα της βραχόμαζας και συνήθως γίνεται εκσκαφή που πραγματοποιείται σε **δύο ή τρεις** φάσεις από πάνω προς τα κάτω (Εικόνα_2.2).

- Η **πρώτη φάση εκσκαφής** περιλαμβάνει το θόλο ή την τοξωτή άνω ημιδιατομή η οποία μπορεί να εκσκάπτεται και σε περισσότερες υποφάσεις κατά πλάτος της σήραγγας.
- Η **δεύτερη φάση** γίνεται στο υπόλοιπο τμήμα παραλληλόγραμμου σχήματος εάν έχει προβλεφθεί από τη μελέτη σχεδιασμού που εξαρτάται από τις ιδιότητες της βραχόμαζας, διαφορετικά η δεύτερη φάση περιλαμβάνει την εκσκαφή του υπόλοιπου τμήματος της διατομής.
- Η **τρίτη φάση** περιλαμβάνει το ανεστραμμένο τόξο.

Είναι επίσης δυνατή η εκσκαφή με πλευρικές στοές η οποία εφαρμόζεται σε περιπτώσεις έργων μεγάλων διαστάσεων ή μεγάλης διατομής σήραγγες που κατασκευάζονται σε βραχόμαζα χαμηλής ποιότητας. Στόχος βέβαια είναι η διάνοιξη της διατομής σε μία φάση, το οποίο υποδηλώνει και την καλή ποιότητα της προς εκσκαφής βραχόμαζας και συνεπώς το κόστος και ο χρόνος κατασκευής βελτιστοποιείται.



Εικόνα_2.2: Μέθοδος NATM που εφαρμόστηκε στην κατασκευή της σήραγγας Ανθοχωρίου
(Τεχνικά Χρονικά, 2004)

Ο κύκλος εργασιών που ακολουθείται είναι:

- (α) Διαμόρφωση των μετώπων στα στόμια με την τοποθέτηση προπλαισίων καθώς και μέτρων προστασίας από καταπτώσεις βραχωδών τεμαχίων στα πρηνή των στομιών.
- (β) Τοπογραφική χάραξη της γραμμής ελάχιστης εκσκαφής.
- (γ) Εξόρυξη βράχου με μηχανική εκσκαφή ή χρήση εκρηκτικών.

Τα βήματα που ακολουθούνται κατά την προσχώρηση της εκσκαφής είναι η απομάκρυνση επισφαλών όγκων αμέσως μετά την εξόρυξη, η αποκομιδή των προϊόντων εκσκαφής και η γεωλογική αποτύπωση του μετώπου και των τοιχωμάτων της εκσκαφής με βάση τα διάφορα συστήματα ταξινόμησης.

Τα μέτρα άμεσης υποστήριξης αποτελούνται από αγκύρια, εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, μεταλλικά πλαίσια, δοκοί και ράβδοι προπορείας κ.ά.

Η μόνιμη επένδυση κατασκευάζεται από οπλισμένο σκυρόδεμα, συνήθως μετά την ολοκλήρωση της διάνοιξης και της άμεσης υποστήριξης του συνόλου του μήκους της σήραγγας, οπότε και έχουν ολοκληρωθεί οι μετακινήσεις-παραμορφώσεις στη βραχώμαζα και έχει επέλθει μερική ή ολική ισορροπία των επιτόπου τάσεων.

Η ιδιαιτερότητα της μεθόδου NATM περιλαμβάνει τη διάνοιξη σηράγγων με :

- ελεύθερο μέτωπο εκσκαφής, δηλαδή χωρίς πίεση στο μέτωπο με μηχανικά μέσα (δηλαδή όχι χρήση TBM)
- άμεση υποστήριξη του τοιχώματος της σήραγγας με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα ή και αγκύρια βράχου, χωρίς άμεση υποστήριξη με μεταλλικό κέλυφος (ασπίδα) και

χωρίς άμεση εφαρμογή τελικής επένδυσης από προκατασκευασμένα στοιχεία ή έγχυτο σκυρόδεμα.

Η επιτυχής διάνοιξη και προσωρινή υποστήριξη σήραγγων με τη μέθοδο NATM βασίζεται σε σημαντικό βαθμό στη συστηματική παρακολούθηση της συμπεριφοράς της σήραγγας και στη συνεχή προσαρμογή των χαρακτηριστικών της διάνοιξης και υποστήριξης με βάση τα αποτελέσματα της παρακολούθησης (π.χ. τροποποίηση του βήματος εκσκαφής και της διαδικασίας τοποθέτησης των μέτρων προσωρινής υποστήριξης, πύκνωση ή αραιώση των μέτρων προσωρινής υποστήριξης, τροποποίηση του πάχους του εκτοξευόμενου σκυροδέματος, τροποποίηση του μήκους των αγκυριών, προσθήκη αγκυριών σε χαρακτηριστικές θέσεις κλπ).

Η παρακολούθηση της συμπεριφοράς της σήραγγας γίνεται μέσω συστηματικών μετρήσεων και κατάλληλης αξιολόγησής των. Κατά τη διάνοιξη και υποστήριξη σήραγγων συνήθως μετρούνται τα εξής (Καββαδάς, 2005):

- Μετακινήσεις: του τοιχώματος της σήραγγας, της βραχόμαζας που περιβάλλει τη σήραγγα και της επιφάνειας του εδάφους.
- Πιέσεις: της βραχόμαζας στο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, υδατικές πιέσεις στο έδαφος που περιβάλλει τη σήραγγα.
- Δυνάμεις: εφελκυσμός στα αγκύρια, θλίψη/κάμψη στα χαλύβδινα πλαίσια.
- Παροχή υπογείων υδάτων.

Η μέθοδος NATM **πλεονεκτεί** σε σχέση με άλλες μεθόδους στα εξής:

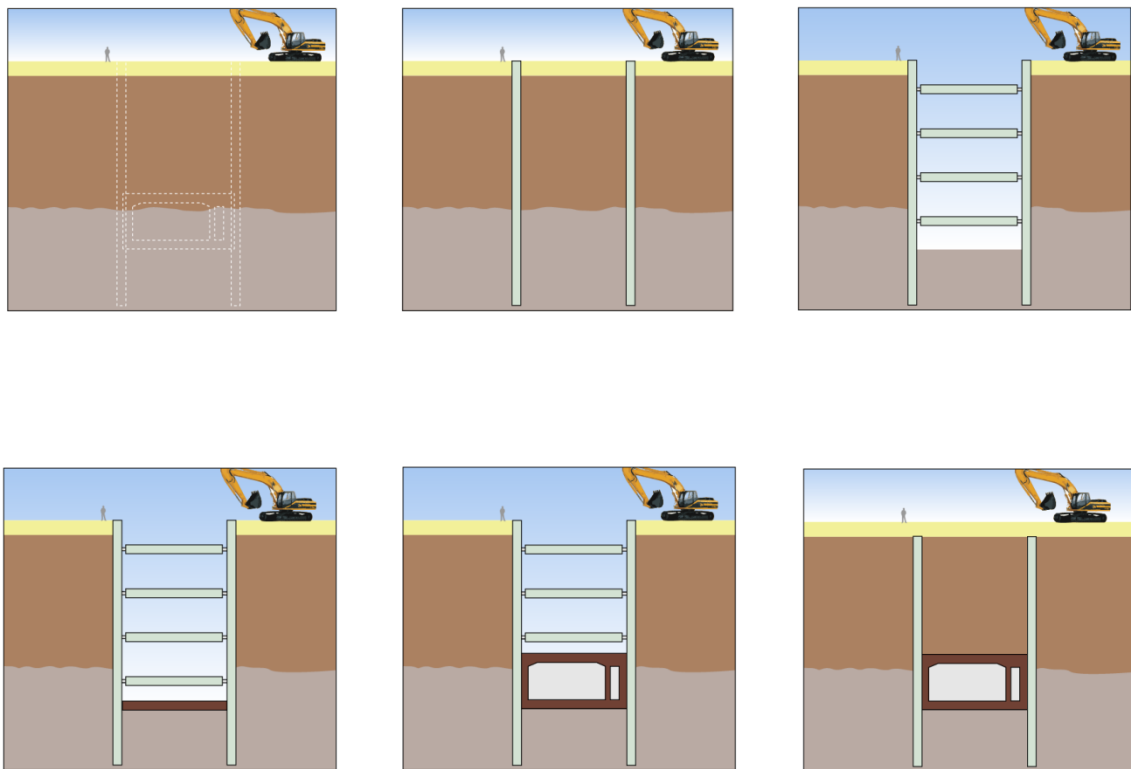
- προσαρμόζεται εύκολα σε μεταβαλλόμενες γεωτεχνικές συνθήκες. Συνεπώς δύσκολα αποτυγχάνει ακόμη και σε περιπτώσεις όπου οι παραδοχές της μελέτης διαφέρουν σημαντικά από τις επιτόπου συνθήκες.
- προσαρμόζεται εύκολα σε μεταβολές της γεωμετρίας της διατομής (π.χ. διευρύνσεις της διατομής).
- είναι κατάλληλη σε έντονα διογκούμενα εδάφη όπου η μηχανική διάνοιξη (TBM) μπορεί να αποτύχει πλήρως.
- είναι κατάλληλη σε διατομές μεγάλου μεγέθους (πολλαπλές φάσεις).
- μπορεί να εφαρμοσθεί και στη διάνοιξη μη - κυκλικών διατομών.
- επιτρέπει ευκολότερη στεγάνωση της σήραγγας με συνθετική μεμβράνη (που τοποθετείται μεταξύ της άμεσης και της τελικής επένδυσης).
- περιλαμβάνει μηχανικό εξοπλισμό σχετικώς μικρού κόστους και συνεπώς πλεονεκτεί οικονομικά σε σήραγγες μικρού μήκους.
- δεν απαιτεί μεγάλη αρχική οικονομική επένδυση, αλλά έχει υψηλό κόστος προσωπικού.
- είναι κατάλληλη σε ομοιογενείς γεωτεχνικές συνθήκες επιτυγχάνουν ταχύτερους ρυθμούς διάνοιξης.
- ελέγχει καλύτερα το μέτωπο εκσκαφής σε περιπτώσεις αστάθειας (π.χ. εδάφη μικρής αντοχής, άμμοι) ή λόγω έντονης εισροής νερού μέσω της εφαρμογής αντιπίεσης και της "κλειστής" κεφαλής.

2.6.2_Μέθοδος Εκσκαφής και Επανεπίχωσης (Cut & Cover)

Η **μεθοδολογία** της εκσκαφής και επανεπίχωσης είναι **απλή** ως σύλληψη. Αρχικά σκάβεται το όρυγμα και αντιστηρίζονται τα πρανή του καταλλήλως. Ακολούθως «κτιζείται» ο μόνιμος φορέας του υπογείου έργου ξεκινώντας από τη θεμελίωση προς τα επάνω δηλαδή ως μια συνήθης οικοδομή. Τέλος, γίνεται επικάλυψη της κατασκευής με επίχωση ως την επιφάνεια του εδάφους και αποκαθίσταται η περιοχή. Αναλυτικότερα τα στάδια (Σχήμα_2.6) έχουν ως εξής:

- Εκτελείται γεωτεχνική/γεωλογική έρευνα και δοκιμές (επί τόπου και εργαστηριακές) για τον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών του εδάφους στην περιοχή όπου έχει σχεδιασθεί να γίνει η κατασκευή μας.
- Πριν την έναρξη των κυρίως εργασιών εκτελούνται οι απαιτούμενες αρχαιολογικές έρευνες στη περιοχή όπου θα εκτελεσθούν οι εκσκαφές, απομακρύνονται όλοι οι αγωγοί κοινής ωφελείας (ύδρευσης, ηλεκτρισμού, τηλεφώνου, κλπ) και πραγματοποιούνται οι ενδεχόμενες κυκλοφοριακές παρακάμψεις.
- Η προσωρινή αντιστήριξη της εκσκαφής αποτελείται συνήθως από πασσάλους σκυροδέματος, κυκλικής διατομής με διάμετρο της τάξεως 0.80-1.00m, που τοποθετούνται ανά αποστάσεις μεταξύ τους 1.50-2.50m περιμετρικά της προβλεπόμενης εκσκαφής προτού αυτή αρχίσει. Η πασσαλοστοιχία συνδέεται στην κορυφή της με ισχυρή δοκό σκυροδέματος. Η εκσκαφή πραγματοποιείται με συμβατικά μηχανικά μέσα (εκσκαφείς, σφύρες, κλπ) έως ένα καθορισμένο βάθος, π.χ. 3.5m, και στη συνέχεια τοποθετούνται αγκύρια σε οπές που διανοίγονται στο έδαφος μέσω των πασσάλων. Τα αγκύρια αυτά έχουν μεγάλο μήκος (της τάξεως 15-25m) και προεντείνονται με την προβλεπόμενη από τη μελέτη, δύναμη. Κατόπιν εφαρμόζεται δομικό πλέγμα σε όλη την περιμετρική επιφάνεια του σκάμματος και τοποθετείται εκτοξευόμενο σκυρόδεμα. Μετά από αυτά, συνεχίζεται η εκσκαφή ως την επόμενη στάθμη και τοποθετείται και προεντείνεται άλλη μια σειρά αγκυρίων. Ο κύκλος αυτός συνεχίζεται έως την τελική στάθμη εκσκαφής όπου θα θεμελιωθεί η κατασκευή. Εάν υπάρχει παρουσία υπογείων υδάτων στις επιφάνειες του σκάμματος, αυτά εκτονώνονται με συστηματικά διατρήματα / σωληνώσεις βάθους συνήθως 3-4m επί της αντιστήριξης / εκσκαφής και απομακρύνονται με κατάλληλο σύστημα αποστράγγισης.
- Το σύστημα υδατοστεγάνωσης της κατασκευής τοποθετείται στον πυθμένα και στις περιμετρικές επιφάνειες του σκάμματος και αποτελείται συνήθως από γεωφάσματα, μεμβράνη υδατοστεγάνωσης και υδατοφραγμούς.
- Η κατασκευή του φέροντος οργανισμού γίνεται κατά φάσεις αρχίζοντας από την θεμελίωση, ακολουθούν τα τοιχία και κατόπιν η πλάκα οροφής εάν πρόκειται για την περίπτωση σήραγγας, ενώ για τους σταθμούς γίνεται, επιπλέον, και η κατασκευή ενδιάμεσων επιπέδων πλακών και τοιχιών. Η κατασκευή αρχίζει με την

τοποθέτηση των σιδηρών οπλισμών της πλάκας θεμελίωσης (ή γενικής κοιτόστρωσης). Κατόπιν γίνεται η έγχυση του σκυροδέματος, κατηγορίας αντοχής C25/30, κατά φάσεις κατά το μήκος της κατασκευής με πρόβλεψη καταλλήλων αρμών. Παρομοίως γίνεται και η κατασκευή των υπολοίπων στοιχείων της μόνιμης κατασκευής.



Σχήμα_2.6: Απεικόνιση της μεθόδου εκσκαφής και επανεπίχωσης (Cut & Cover) (<http://www.docstoc.com/docs/27446464/Cut-and-Cover-Tunnel-Construction>)

2.6.3_Μηχανική Όρυξη

Υπάρχουν **δύο** κύριες κατηγορίες μηχανημάτων εκσκαφής σήραγγων και κατ' επέκταση υπογείων έργων:

(α) Τα μηχανήματα **σημειακής κοπής** (Εικόνα_2.3) που προσβάλλουν ένα περιορισμένο τμήμα του μετώπου εκσκαφής και χρησιμοποιούνται σε σήραγγες μη κυκλικής διατομής με ενδεικτική ταχύτητα προσχώρησης 8-10m την ημέρα.



Εικόνα_2.3: Μηχάνημα Roadheader
- σημειακής κοπής

(β) Τα μηχανήματα **ολομέτωπης εκοκαφής** (Εικόνα_2.4) που προσβάλλουν όλη την έκταση του μετώπου εκοκαφής και εκοκάπτουν μόνο κυκλικές διατομές. Αποτελούνται από την κεφαλή κοπής, το σύστημα προώθησης της κοιπτικής κεφαλής και της ασπίδας μαζί με το σύστημα μετάδοσης της κίνησης περιστροφής της κοιπτικής κεφαλής, καθώς και το σύστημα μεταφοράς και αποκομιδής των προϊόντων εκοκαφής και την ασπίδα.



Εικόνα_2.4: Μηχάνημα TBM - ολομέτωπης κοπής που χρησιμοποιήθηκε για τη διάνοιξη του μετρό της Αθήνας
(<http://www.ametro.gr/page/default.asp?la=1&id=26>)

Υπάρχουν οι εξής τύποι TBM **ολομέτωπης εκοκαφής**:

- TBM ανοικτού τύπου χωρίς ασπίδα για προσωρινή συγκράτηση των τοιχωμάτων, κατάλληλο για καλής ποιότητας βραχώμαζες
- TBM με απλή ή διπλή ασπίδα για μέτρια και πτωχής ποιότητας βραχώμαζες
- TBM με ασπίδα εξισορρόπησης της πίεσης εδάφους για ασταθείς εδαφικές καταστάσεις με εφαρμογή σε μαλακά και πλαστικά γεωυλικά

- TBM κλειστού μετώπου όπου η υποστήριξη του μετώπου γίνεται με τη βοήθεια μπετονίτη και χρησιμοποιείται σε αμμώδη και χαλικώδη εδάφη

Τα **πλεονεκτήματα** της χρήσης μηχανημάτων ολομέτωπης εκσκαφής είναι:

- η υψηλή ταχύτητα προχώρησης σε σχέση με τις κλασσικές μεθόδους εξόρυξης,
- η μικρή διαταραχή της βραχώμαζας,
- οι μειωμένες δονήσεις,
- η διαμόρφωση ομοιόμορφης διατομής,
- η σημαντική μείωση των υπερεκσκαφών,
- η τοποποίηση της υποστήριξης και η αυξημένη ασφάλεια των εργαζομένων.

Τα **μειονεκτήματα** είναι το υψηλό κόστος, οι μειωμένες επιδόσεις εξαιτίας μη προβλεπόμενης εδαφικής ετερογένειας και η προβληματική συμπεριφορά σε δύσκολες γεωλογικές συνθήκες.

Αν και υπάρχουν μηχανήματα (TBM) πρακτικώς για όλους τους τύπους των εδαφών η μέθοδος είναι ακατάλληλη σε περιπτώσεις μεταβαλλόμενων γεωτεχνικών συνθηκών. Αντιθέτως, σε ομοιογενείς γεωτεχνικές συνθήκες και σήραγγες μεγάλου μήκους επιτυγχάνουν μικρότερο λειτουργικό κόστος αφού έχουν μικρό κόστος προσωπικού, αλλά υψηλή αρχική επένδυση.

2.7_ Μέτρα Υποστήριξης Σηράγγων

Τα μέτρα υποστήριξης των σηράγγων μπορούν να παίξουν καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση του κόστους διάνοιξης μιας και συμπεριλαμβάνουν τον παράγοντα της αβεβαιότητας. Κατά τη φάση του σχεδιασμού γίνεται πρόβλεψη των ποσοτήτων των μέτρων υποστήριξης, προσωρινής κυρίως, που τις περισσότερες φορές αποκλίνει από την πραγματικότητα έχοντας αντίκτυπο στον προϋπολογισμό του έργου. Αυτό συμβαίνει γιατί τα μέτρα υποστήριξης που τελικώς θα τοποθετηθούν επιλέγονται κατά τη κατασκευή και πιο συγκεκριμένα κατά την προχώρηση και επηρεάζονται από τις εκάστοτε γεωλογικές συνθήκες. Παρακάτω αναλύονται τα μέτρα υποστήριξης των υπογείων έργων.

Τα μέτρα προσωρινής υποστήριξης διακρίνονται σε μόνιμα και προσωρινά.

Διάνοιξη και προσωρινή υποστήριξη: σκοπός της είναι η προσωρινή ευστάθεια της διατομής και περιορισμός των παραμορφώσεων (σύγκλιση τοιχώματος, καθιζήσεις εδάφους)

Τελική επένδυση: σκοπός της είναι η ανάληψη μακροχρόνιων και υδραυλικών φορτίων, στεγανότητα και αισθητική του εσωραχίου.

Τα **μέτρα βελτίωσης της ευστάθειας του μετώπου** αποσκοπούν στη(ν):

- διαμόρφωση του μετώπου με κλίση ως προς την κατακόρυφο (εδαφικός τάκος)
- ενίσχυση του μετώπου με αγκύρια (συνήθως fiberglass)
- ενίσχυση της οροφής με ράβδους ή δοκούς προπορείας (spiles, forepoling)
- κατασκευή τοιμεντενέσεων στο μέτωπο (σε διαπερατούς σχηματισμούς)

- προσωρινή κάλυψη του μετώπου με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα (σε περιπτώσεις διακοπής των εργασιών διάνοιξης)

Η χρήση **μεταλλικού πλέγματος** πλεονεκτεί στο δάπεδο της σήραγγας (λόγω κόστους) και όπου αναμένεται πιθανή ρηγματώση του εκτοξευόμενου σκυροδέματος (καλύτερος έλεγχος κατάρρευσης).

Αγκύρια βράχου: διακρίνονται σε δυο κατηγορίες:

α) προεντεταμένα αγκύρια (tensioned cables): αποτελούνται από χαλύβδινους τένοντες (strands) και βασίζονται στην ενεργητική φόρτιση της βραχόμαζας λόγω της προέντασης.
 Β) αυτοδιατρηόμενα αγκύρια (self-drilling)
 γ) παθητικά αγκύρια (rock-bolts): η λειτουργία τους βασίζεται στη φόρτιση λόγω της παραμόρφωσης της βραχόμαζας και διακρίνονται σε:

- αγκύρια συνεχούς πρόσφυσης (fully bonded)
 - οι ηλώσεις βράχου (grouted nails) είναι συνήθως προσωρινές, μπορούν όμως να λειτουργήσουν και ως μόνιμες με κατάλληλη προστασία από τη διάβρωση.
 - οι ηλώσεις χωρίς ενεμάτωση τύπου Swellex ή τύπου Split - Set και πλεονεκτούν στο ότι αναλαμβάνουν φορτία πολύ γρήγορα επειδή δεν απαιτούν την πήξη του ενέματος για την επίτευξη πρόσφυσης.
- άμεσης πρόσφυσης (Swellex, Split-set, κλπ)

Χαλύβδινα πλαίσια: λειτουργούν κυρίως ως οπλισμός του εκτοξευόμενου σκυροδέματος για την αύξηση της δυσκαμψίας και της πλαστιμότητάς του αλλά και για τη βελτίωση της δυνατότητας ανάληψης φορτίων και είναι συνήθως τυποποιημένες διατομές, συνήθως HEB 100-160 και δικτυωτά πλαίσια (lattice girders).

Επικρατεί η θεώρηση ότι τα **μέτρα προσωρινής υποστήριξης** παύουν να αναλαμβάνουν **φορτία** με την πάροδο του χρόνου μετά την κατασκευή της τελικής επένδυσης, για τους κάτωθι λόγους:

- το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα της προσωρινής υποστήριξης έχει μεγαλύτερο ερπυσμό από το έγχυτο σκυρόδεμα της τελικής επένδυσης.
- τα χαλύβδινα πλαίσια συνήθως δεν έχουν την απαραίτητη επικάλυψη και διαβρώνονται.
- τα αγκύρια διαβρώνονται και έρπουν λόγω παρεμπόδισης της μετακίνησης της κεφαλής τους.

2.7.1_Αρχές Σχεδιασμού της Τελικής Επένδυσης Σηράγγων

Η τελική επένδυση αναλαμβάνει μέρος (ή το σύνολο) των φορτίων της περιβάλλουσας βραχόμαζας (συνήθως θεωρείται ότι η προσωρινή υποστήριξη καθίσταται ανενεργή στην μόνιμη κατάσταση της σήραγγας). Η τελική επένδυση συνήθως κατασκευάζεται μετά την ολοκλήρωση της διάνοιξης και άμεσης υποστήριξης του συνόλου του μήκους της σήραγγας αλλά οπωσδήποτε αφού η σήραγγα ισορροπήσει με την άμεση υποστήριξη (Εικόνα_2.5).

Η τελική επένδυση σχεδιάζεται να αναλάβει τα εξής φορτία:

- το φορτίο των προσωρινών αγκυριών (σε βραχόμαζα με έντονα ερπυστική συμπεριφορά, ή πιθανότητα διάβρωσης των αγκυριών).
- το φορτίο των χαλύβδινων πλαισίων σε περίπτωση που έχουν ανεπαρκή επικάλυψη και μπορούν να διαβρωθούν
- το φορτίο του εκτοξευόμενου σκυροδέματος σε περίπτωση που έχει έντονο ερπυσμό (π.χ. λόγω των προσμίκτων).
- μέρος του φορτίου του εκτοξευόμενου σκυροδέματος, ώστε το απομένον φορτίο του εκτοξευόμενου σκυροδέματος να ικανοποιεί τις απαιτήσεις ασφαλείας μόνιμου έργου (κατά την άμεση υποστήριξη της σήραγγας το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα μπορεί να λειτουργεί με μειωμένο συντελεστή ασφαλείας).
- τυχόν αυξημένα μακροχρόνια φορτία της βραχόμαζας λόγω ερπυσμού.
- τυχόν υδατικές πιέσεις λόγω πλημμελούς αποστράγγισης ή απρόβλεπτης απόφραξης του συστήματος αποστράγγισης.
- τυχόν φορτία από μελλοντικές κατασκευές που φορτίζουν τη σήραγγα.
- τυχόν σεισμική επιφόρτιση της σήραγγας.



Εικόνα_2.5: Τοποθέτηση μεταλλότυπου για την κατασκευή της τελικής επένδυσης σε σήραγγα του μετρό της Αθήνας
(<http://www.ametro.gr/page/default.asp?la=2&Id=61>)

Η διαδικασία εκσκαφής και βαθμιαίας υποστήριξης της σήραγγας επιτρέπει την ελεγχόμενη αποτόνωση της βραχόμαζας (μέσω της σύγκλισης του τοιχώματος). Έτσι αναπτύσσεται το «φαινόμενο θόλου» στη βραχόμαζα και μειώνεται η πίεση στην άμεση υποστήριξη.

Η ανάλυση της διάνοιξης και άμεσης υποστήριξης πρέπει να προσομοιώνει όλες τις φάσεις διάνοιξης και υποστήριξης της σήραγγας. Ειδικότερα απαιτείται η προσομοίωση:

1. της σύγκλισης της βραχόμαζας πριν από την τοποθέτηση των μέτρων άμεσης υποστήριξης. Η σύγκλιση αυτή συμβαίνει:

- πριν το μέτωπο εκοκαφής φθάσει στη συγκεκριμένη θέση
- στο διάστημα που μεσολαβεί μεταξύ της εκοκαφής και της τοποθέτησης των μέτρων άμεσης υποστήριξης.

*Τα ανωτέρω μπορούν να προσομοιωθούν είτε μέσω του συντελεστή αποτόνωσης των τάσεων (λ) (καμπύλες *Rapnet*) είτε μέσω μιας ισοδύναμης απομείωσης του μέτρου ελαστικότητας ($E/E_0 < 1$)*

2. της βαθμιαίας ενεργοποίησης των μέτρων άμεσης υποστήριξης, π.χ. της βαθμιαίας αύξησης του μέτρου ελαστικότητας του εκτοξευόμενου σκυροδέματος, της βαθμιαίας αύξησης της συνάφειας των αγκυρίων πλήρους πάκτωσης με τοιμεντένεμα, της ατελούς επαφής των χαλύβδινων πλαισίων με τη βραχόμαζα κλπ.

2.8_Κόστος Κατασκευής Ελληνικών Σηράγγων

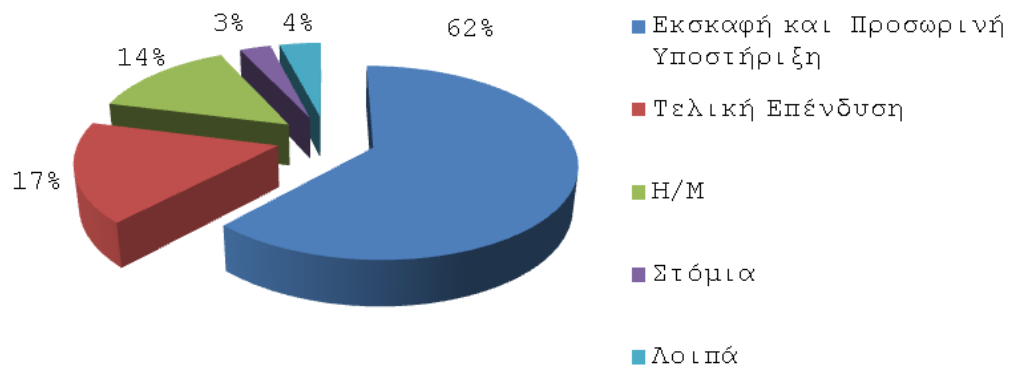
Το κόστος σηράγγων και των λοιπών υπογείων έργων είναι γινόμενο πολλών παραμέτρων **ενδογενών** όπως είναι το είδος και των διαστάσεων του έργου, των τεχνικογεωλογικών συνθηκών, της ύπαρξης οδών πρόσβασης για τη μεταφορά των υλικών και των προϊόντων εκοκαφής και του συνολικού μήκους μεταφοράς, των περιβαλλοντικών περιορισμών και **εξωγενών** παραγόντων που αφορά κυρίως στα μεγάλα δημόσια έργα καθώς και στο είδος και το μέγεθος των συμβάσεων (ποσοστό συμμετοχής των υπογείων έργων στο συνολικό προϋπολογισμό της κατασκευής).

Το κόστος των σηράγγων εξαρτάται από την μέθοδο διάνοιξης της σήραγγας δηλαδή είτε με διάτρηση είτε με μηχανικά μέσα, που επηρεάζεται από τα γεωτεχνικά χαρακτηριστικά των σχηματισμών της περιοχής που θα ορυχθούν και κατ' επέκταση τη γεωλογία της περιοχής. Πιο συγκεκριμένα, κυρίαρχος παράγοντας για τη διαμόρφωση και εκτίμηση του κόστους κατασκευής παίζει η μορφολογία του εδάφους. Όπως είναι λογικό, σε πεδινά τμήματα το κόστος είναι αρκετά χαμηλότερο από ότι στα ορεινά τμήματα τα οποία συνήθως συνοδεύονται από την κατασκευή σηράγγων και γεφυρών.

Το κόστος εκοκαφής και προσωρινής υποστήριξης μεταβάλλεται ανάλογα με την ποιότητα της βραχόμαζας. Η διάνοιξη διακρίνεται συνήθως σε δύο φάσεις (α' και β') ανάλογα με τις διαστάσεις της προς όρυξη διατομής. Σε γενικές γραμμές ο ρυθμός παραγωγής της β' φάσης είναι διπλάσιος και πολλές φορές γίνεται παράλληλη διάνοιξη και των δύο φάσεων. Τέλος, είναι λογικό ανάλογα με την κατηγορία της βραχόμαζας και πιο συγκεκριμένα οι πτωχές βραχόμαζες είναι συνήθως και πιο δαπανηρές μιας και απαιτούνται περισσότερα μέτρα προσωρινής υποστήριξης (αγκύρια, πλαίσια, εκτοξευόμενο σκυρόδεμα).

Όσον αφορά στο κόστος κατασκευής σηράγγων που κατασκευάζονται με τη μέθοδο NATM και συγκεκριμένα με διάτρηση - ανατίναξη διαμορφώνεται από τις γεωλογικές - γεωτεχνικές και γεωμηχανικές συνθήκες. Στο Σχήμα_2.7 παρουσιάζεται η κατανομή του

κόστους κατασκευής σηράγγων όπου το κόστος διάνοιξης (εκσκαφή και προσωρινή υποστήριξη) αποτελεί το 62% του συνολικού κόστους διάτρησης, το κόστος της τελική επένδυσης το 17%, το κόστος εγκατάστασης των ηλεκτρομηχανολογικών και τηλεματικών συστημάτων το 14%, το κόστος διαμόρφωσης των στομιών το 3% καθώς και τα λοιπά κόστη που περιλαμβάνουν κόστη κατασκευής συνδετήριων στοών, φρέατα εξαερισμού, ασφαλιστικές εργασίες κλπ. αποτελούν το 4% του συνολικού κόστους.

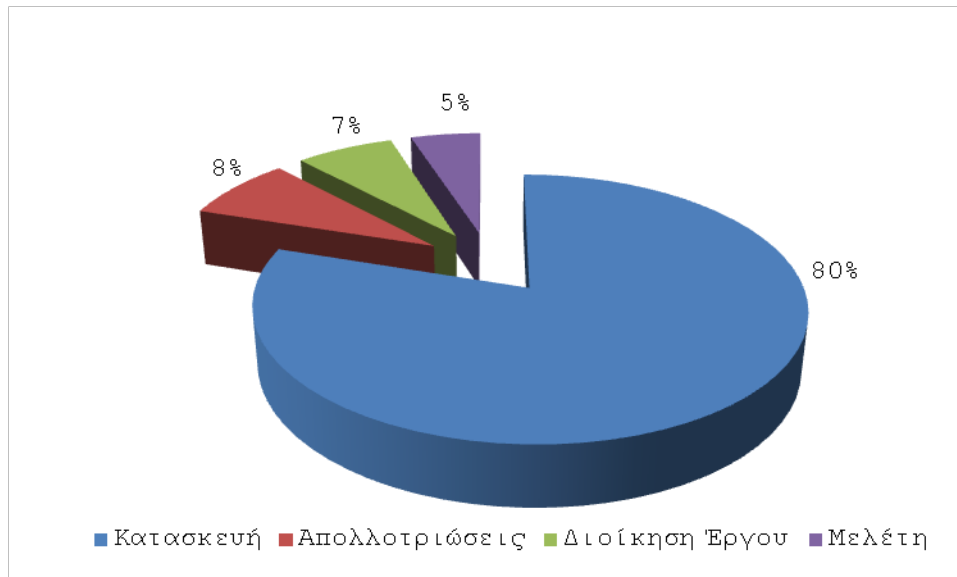


Σχήμα_2.7: Διάγραμμα Κατανομής Κόστους σε Σήραγγες με Διάτρηση (Λαμπρόπουλος et al., 2005)

Επομένως, το **κόστος διάνοιξης της σήραγγας** (εκσκαφή και προσωρινή υποστήριξη) που καλύπτει περίπου **το 65% του συνολικού κόστους** ενώ σε πολύ κακής ποιότητα βραχόμαζα μπορεί να φθάσει μέχρι και το 75% (Λαμπρόπουλος et al., 2005).

2.8.1_Κατανομή Κόστους Τεχνικών Έργων

Βάσει αναλύσεων που έγιναν από τους Λαμπρόπουλος et al. (2005) κατά την περίοδο κατασκευής των σηράγγων της Εγνατίας Οδού προέκυψε ότι το **κόστος κατασκευής** καταλαμβάνει το **80% του συνολικού κόστους του έργου**, καθότι το κόστος μετατοπίσεων των δικτύων ΟΚΩ, μαζί με το κόστος των αρχαιολογικών ερευνών αποτελεί μόλις το 1% του συνολικού κόστους και συμπεριλαμβάνεται στο κόστος κατασκευής. Τέλος, το εναπομείναν 20% καταμερίζεται στο κόστος της μελέτης, της διοίκησης του έργου και στις απαλλοτριώσεις αντίστοιχα, όπως φαίνεται στο Σχήμα_2.8.



Σχήμα_2.8: Διάγραμμα Κατανομής Συνολικού Κόστους Υλοποίησης Εγνατίας Οδού (Λαμπρόπουλος et al., 2005)

2.9_Τιμολόγηση Ελληνικών Έργων (Δημοσίων)

Η προκοστολόγηση των Δημοσίων Έργων για την κατάρτιση των προϋπολογισμών δημοπράτησης βασίσθηκε στην χώρα μας, επί σειρά ετών, σε διάφορα συστήματα Αναλύσεων Τιμών με τυποποιημένες περιγραφές των επιμέρους εργασιών και σταθερούς συντελεστές απόδοσης / απασχόλησης / ενσωμάτωσης των πόρων ανά εργασία (μηχανικός εξοπλισμός / εργατοτεχνικό προσωπικό / υλικά).

Η μεθοδολογία της ανάλυσης των έργων σε επί μέρους κατασκευαστικές δραστηριότητες αυτοτελώς προμετρούμενες και επιμετρούμενες (διεθνώς αποδίδεται με τον όρο WBS: Works Break-down System), αποτέλεσε και εξακολουθεί να αποτελεί τον συνήθη τρόπο δημοπράτησης των Δημοσίων, αλλά και αρκετών Ιδιωτικών Έργων (Αναγνωστόπουλος, 2009).

Με το «παλιό» σύστημα προκοστολόγησης, αναλύσεις τιμών συντάσσον και οι Μελετητές - όταν στο αντικείμενο της σύμβασής τους περιλαμβάνονταν η σύνταξη Τευχών Δημοπράτησης - για την κάλυψη αντικειμένων εργασιών που δεν κάλυπταν οι θεσμοθετημένες Αναλύσεις Τιμών. Είναι προφανές λοιπόν, ότι οι αναλύσεις αυτές διέφεραν από μελέτη σε μελέτη και από Υπηρεσία σε Υπηρεσία. Κάποιες φορές οι αποκλίσεις αυτές στόχευαν στην αύξηση της αμοιβής των Μελετητών, ιδιαίτερα στις περιπτώσεις που με τις παλαιές διατάξεις η αμοιβή προέκυπτε με βάση τον προϋπολογισμό των έργων (εξαιρέση αποτελούσαν οι μελέτες οδοποιίας, των οποίων η αμοιβή υπολογιζόταν από παλιά, σύμφωνα με τις διατάξεις του ΠΔ 696/74, με βάση το φυσικό αντικείμενο).

Οι θεσμοθετημένες Αναλύσεις Τιμών χρονολογούνται από την δεκαετία του '70. Η μόνη ουσιαστική επέμβαση που είχε γίνει έκτοτε είναι η αναμόρφωση της Ανάλυσης Τιμών Έργων Οδοποιίας κατά το 1994. Χαρακτηριστικό της Νέας ΑΤΕΟ ήταν ο αναλυτικός

προσδιορισμός της ημερησίας δαπάνης μηχανημάτων έργων. Το **θεματολόγιο** της όμως παρέμεινε **αμετάβλητο** και **ελλιπές**.

Οι προϋπολογισμοί των δημοπρατούμενων έργων πολύ συχνά δεν ήταν βασισμένοι αποκλειστικά στα άρθρα των εγκεκριμένων Αναλύσεων τιμών, ιδιαίτερα μάλιστα στα μεγάλα έργα (Εγνατία Οδός, ΠΑΘΕ κλπ.) και στα έργα των Ο.Κ.Ω. (ΕΥΔΑΠ κλπ.), ενώ συχνά περιελάμβαναν σύνθετα άρθρα δηλαδή που περιλαμβάνουν παραπάνω από της μία εργασίας (π.χ. κατασκευή στρώσεων οδοστρωσίας με την μεταφορά των αδρανών υλικών επί τόπου του έργου από οποιαδήποτε απόσταση, εκσκαφή χανδάκων υποδοχής υπογείων δικτύων συμπεριλαμβανομένης της αντιστηρίξεως των παρειών και της επανεπίχωσης, εκσκαφή σε πάσης φύσεως έδαφος με την φορτοεκφόρτωση και μεταφορά των προϊόντων εκσκαφών σε οποιαδήποτε απόσταση κ.ο.κ.). Η μεθόδευση αυτή απλοποιούσε μεν τις διαδικασίες των επιμετρήσεων, αλλά καθιστούσε **υποκειμενική** την **προκοστολόγηση** και δεν επέτρεπε την άμεση σύγκριση των τιμών δημοπράτησης ομοειδών εργασιών.

Υπήρχαν βέβαια περιπτώσεις, κατά τις οποίες η κατ' άρθρο ανάλυση των εργασιών ήταν λεπτομερέστερη της αντίστοιχης των εγκεκριμένων αναλύσεων τιμών (π.χ. τα τιμολόγια της ΕΥΔΕ/ΠΑΘΕ περιελάμβαναν 15 άρθρα κατασκευών από σκυρόδεμα, έναντι των 8 άρθρων της ΑΤΕΟ).

Επιπλέον κατά κανόνα, τα περισσότερα έργα περιλαμβάνουν αρκετές εργασίες που δεν εμπεριέχονται στις θεσμοθετημένες Αναλύσεις Τιμών. Τελείως ενδεικτικά αναφέρονται εδώ μερικές από τις εργασίες αυτές: κατασκευή αντιολισθηρού τάπητα, μεταλλικά στηθαία ασφαλείας, γεωφάσματα στραγγιστηρίων, γεωφάσματα διαχωρισμού, πινακίδες σήμανσης, δίκτυα από σωλήνες πολυαιθυλενίου, δίκτυα από σωλήνες ελατού χυτοσιδήρου (ductile iron), ελαστομεταλλικά εφέδρανα γεφυρών κ.α.

Από τα παραπάνω φαίνονται οι αδυναμίες και οι ελλείψεις του παλαιού «συστήματος» προκοστολόγησης και τιμολόγησης των εργασιών, στο οποίο θα πρέπει να αποδοθεί μέρος της ευθύνης για την στρέβλωση του ανταγωνισμού και την εμφάνιση του φαινομένου των αδικαιολογήτως υψηλών εκπτώσεων που ήταν δυσμενέστερες τόσο για τις Δημοπρατούσες Αρχές, όσο και για τις Εργοληπτικές Επιχειρήσεις.

Πιο συγκεκριμένα, οι Αιτιολογήσεις Προσφορών, αναφέρει ο Αναγνωστόπουλος (2009), παρά το γεγονός ότι συνιστούν επιστημονικώς ορθή μεθοδολογία, λόγω έλλειψης εμπειρίας των στελεχών της Δημόσιας Διοίκησης που εκκαλούντο να τις αξιολογήσουν αλλά και λόγω ελλείψεως επαρκούς πλαισίου οδηγιών και επισήμων κοστολογικών δεδομένων (αποδόσεων εξοπλισμού, προσωπικού κλπ.), κατέληξαν να είναι μια χρονοβόρος, γραφειοκρατική και δαπανηρή διαδικασία, πηγή αντεγκλήσεων, διαφωνιών και, τελικώς, καθυστερήσεων στην ανάθεση των έργων.

Τέλος, ο «μαθηματικός τύπος», ένα περίεργο κατασκευάσμα, περιόρισε μεν το ύψος των εκπτώσεων, αλλά οδήγησε σε σειρά άλλων προβλημάτων και δυσλειτουργιών («ομαδοποιήσεις» προσφορών, πρακτικές καθοδήγησης της εύλογης έκπτωσης σε συγκεκριμένο ποσοστό, στέρηση δυνατοτήτων ανάληψης έργων από κατασκευαστικές εταιρείες με καλή οργάνωση και χαμηλό κοστολόγιο κλπ.), και τελικά «καταδικάστηκε» από την Ευρωπαϊκή Ένωση, ως σύστημα που αντιβαίνει προς τις αρχές της Ενιαίας Εσωτερικής Αγοράς. (Αναγνωστόπουλος, 2009)

2.9.1_Το Ενιαίο Τιμολόγιο

Το Υ.ΠΟ.ΜΕ.ΔΙ (Υπουργείο Υποδομών Μεταφορών και Δικτύων - τέως Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ.), ως λύση ανάγκης για την μείωση των προβλημάτων προώθησε την έκδοση Τιμολογίων Εργασιών. Έτσι, από τον Οκτώβριο του 2004 με την απόφαση Αρ.Δ17α/01/93/ΦΝ.437 που δημοσιεύθηκε στο ΦΕΚ 1556 Β' / 18.10.2004, το Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ., κατ' εξουσιοδότηση του Ν. 3263/2004 (άρθρο 8) ενέκρινε και εξέδωσε Ενιαία Τιμολόγια Εργασιών για τις δημοπρατήσεις έργων Οδοποιίας, Υδραυλικών, Λιμενικών και Πρασίνου.

Με τον Ν.3263/2004 καταργήθηκε το σύστημα του «μαθηματικού τύπου» και επανήλθε το σύστημα ανάθεσης των έργων με βάση την χαμηλότερη οικονομική προσφορά (ανάθεση στον φυσικό μειοδότη). Ο Ν.3263/04, προέβλεπε μεταξύ άλλων την κατάρτιση Νέων Ενιαίων Τιμολογίων για την σύνταξη των προϋπολογισμών των δημοπρατούμενων έργων και την **υποχρέωση κατάθεσης εγγυητικών επιστολών κλιμακωμένου ύψους** από ένα ποσοστό εκπτώσεως και άνω (μέτρο για τον περιορισμό των μεγάλων εκπτώσεων).

Τα **Ενιαία Τιμολόγια Εργασιών** έχουν **υποχρεωτική εφαρμογή** για τις δημοπρατήσεις των έργων από όλους τους φορείς που κατασκευάζουν δημόσια έργα ώστε να καλύψουν μεγαλύτερη πληρότητα τις διάφορες εργασίες και να ελαχιστοποιούν την ανάγκη σύνταξης νέων τιμών κατά την εκτέλεση των έργων.

Στόχος των Νέων Ενιαίων Τιμολογίων (NET) ήταν η κατά ενιαίο τρόπο κατάρτιση των προϋπολογισμών των έργων σε ολόκληρη την επικράτεια. Οι τιμές των NET δεν βασίστηκαν σε κάποιο σύστημα αναλύσεων τιμών, αλλά προσδιορίστηκαν από Επιτροπή Διευθυντών Κατασκευαστικών Διευθύνσεων του ΥΠΕΧΩΔΕ, με βάση στοιχεία τιμών προσφοράς δημοπρατηθέντων έργων, έρευνα αγοράς και υπολογισμούς. Οι τιμές αυτές προσδιορίστηκαν κατ' αρχήν το 2004 (κατά την αρχική έκδοση των NET) και στην συνέχεια επικαιροποιήθηκαν ορισμένες εξ αυτών κατά τις βελτιώσεις - συμπληρώσεις των NET που έγιναν τον Αύγουστο του 2007 (όλων των κατηγοριών έργων), τον Μάιο του 2008 (ΟΔΟ) και τον Φεβρουάριο του 2009 (ΥΔΡ, ΛΙΜ).

Στο σημείο αυτό πρέπει να γίνει σημειωθεί ότι οι τιμές των NET (με εξαίρεση τα έργα Οδοποιίας και από το 2009 και τα Υδραυλικά έργα) είναι ανεξάρτητες του μεγέθους των έργων. Επίσης, είναι ανεξάρτητες της γεωγραφικής θέσεως του έργου και των τοπικών κλι. συνθηκών εκτέλεσης. Παρέχεται όμως η δυνατότητα στις Δημοπρατούσες Αρχές να αναπροσαρμόζουν τις τιμές μονάδος, όταν τούτο απαιτείται από τις τοπικές συνθήκες του Έργου.

Η κατασκευή των σηράγγων κατατάσσεται κυρίως στα έργα Οδοποιίας και στα Υδραυλικά έργα, έτσι η τιμολόγηση των εργασιών μέχρι την ολοκλήρωση του έργου γίνεται σύμφωνα με τα Ενιαία Τιμολόγια Οδοποιίας και Υδραυλικών έργων τα οποία αναθεωρούνται κάθε εξάμηνο και κατατάσσονται τα έργα ανάλογα με το μέγεθος τους σε κατηγορίες:

- Α) Έργα προϋπολογισμού 0 - 1.500.000 €
- Β) Έργα προϋπολογισμού 1.500.000 - 5.000.000 €
- Γ) Έργα προϋπολογισμού 5.000.000 - 10.000.000 €
- Δ) Έργα προϋπολογισμού πάνω από 10.000.000 €

Το Ενιαίο Τιμολόγιο Υδραυλικών έργων περιλαμβάνει μόνο τις τρεις πρώτες κατηγορίες (Α, Β, Γ), δηλαδή στην κατηγορία Γ εντάσσονται έργα προϋπολογισμού άνω των 5.000.000€. Αντιθέτως, το Τιμολόγιο Οδοποιίας περιλαμβάνει και τις τέσσερις (Α,Β,Γ,Δ) Επομένως, το Ενιαίο Τιμολόγιο Οδοποιίας περιλαμβάνει τέσσερις πίνακες τιμών που αντιστοιχούν στις παραπάνω κατηγορίες.

Αξιίζει να σημειωθεί ότι οι προτεινόμενες τιμές προέρχονται από αυτές που έχουν χρησιμοποιηθεί για μεγάλα έργα όπως ΠΑΘΕ, ΕΓΝΑΤΙΑ, ΑΤΤΙΚΗ ΟΔΟΣ, ΕΡΓΟΣΕ κ.α. συνεπώς για παρόμοιας κλίμακας έργα θεωρούνται «δοκιμασμένες». Ενώ για μικρής κλίμακας έργα Οδοποιίας ανάλογα με την κατηγορία στην οποία ανήκουν γίνεται προσαύξηση των τιμών μονάδος. Η προσαύξηση των τιμών των κατηγοριών μεγάλου σχετικά προϋπολογισμού δηλ. Γ και Δ είναι της τάξης του 0 - 5% ενώ των τιμών των κατηγοριών μικρού σχετικά προϋπολογισμού δηλ. Α και Β είναι της τάξης του 10 - 25%, αφού τα μικρά έργα παρουσιάζουν μεγαλύτερα λειτουργικά έξοδα.

Έτσι προκύπτουν τα εξής:

Α) Έργα προϋπολογισμού 0 - 1.500.000 €	126% της βασικής τιμής
Β) Έργα προϋπολογισμού 1.500.000 - 5.000.000 €	110% της βασικής τιμής
Γ) Έργα προϋπολογισμού 5.000.000 - 10.000.000 €	105% της βασικής τιμής
Δ) Έργα προϋπολογισμού πάνω από 10.000.000 €	εφαρμογή της βασικής τιμής

Το Ενιαίο Τιμολόγιο Οδοποιίας περιλαμβάνει τα εξής τεύχη:

- Περιγραφικό Τιμολόγιο με πλήρη περιγραφή όλων των άρθρων του τιμολογίου, ενιαίο και για τις τέσσερις κατηγορίες τιμών.
- Τεχνική Συγγραφή Υποχρεώσεων και για τις τέσσερις κατηγορίες, η οποία συμπληρώνει το Περιγραφικό Τιμολόγιο και στην οποία παραπέμπουν όλες οι αναφορές του Περιγραφικού Τιμολογίου.
- Πίνακες τιμών για καθεμία από τις τέσσερις κατηγορίες ανάλογα με το μέγεθος του προϋπολογισμού τους).

Όπως προαναφέρθηκε αντίστοιχα Ενιαία Τιμολόγια υπάρχουν για Υδραυλικά Έργα, τα Λιμενικά Έργα και τα Έργα Πρασίνου.

Συμπερασματικά, το **Νέο Ενιαίο Τιμολόγιο Εργασιών** δημοπράτησης δημοσίων έργων ενοποίησε και άλλαξε τη μέθοδο με την οποία οι διάφοροι κοστολογούσαν και δημοπρατούσαν τα έργα ο καθένας με τον τρόπο του και πολλές φορές με ανεξέλεγκτα τιμολόγια, που συνήθως οδηγούσαν στην παράταση του χρόνου περαίωσης των δημοσίων έργων.

Η καθιέρωση του Ενιαίου Τιμολογίου επιδιώκει την κοστολόγηση των εργασιών με τον ίδιο τρόπο από όλους τους φορείς παραγωγής των δημοσίων έργων. Τα ενιαία τιμολόγια βασίζονται στη χρήση σύγχρονων υλικών και μηχανημάτων σύμφωνα με διεθνείς προδιαγραφές καλύπτοντας τομείς στους οποίους δεν υπάρχουν ελληνικές προδιαγραφές και βελτιώνοντας αυτές όπου θεωρείται αναγκαίο.

Πάντως, η Τιμαριθμική συνεχίζει να εκδίδεται και οι Τιμές Εφαρμογής των παλαιών Αναλύσεων Τιμών εξακολουθούν να υπολογίζονται από την Δ/νση Πληροφορικής του Υπουργείου, αλλά μόνον για τον υπολογισμό της αναθεώρησης των εργασιών, περί της οποίας ισχύουν ακόμη οι παλαιές διατάξεις (Ν. 1418/84, ΠΔ 609/85). Κάθε άρθρο των ΝΕΤ φέρει αντιστοιχηση με κάποιο από τα άρθρα των παλαιών Αναλύσεων Τιμών για τον υπολογισμό της αναθεώρησης. Δηλαδή, παρόλο που η τιμολόγηση βασίζεται πάνω σε

σύγχρονα δεδομένα, η αναθεώρηση των άρθρων του ενιαίου τιμολογίου, ανά τρίμηνο, γίνεται βάσει παλαιών άρθρων ενώ παράλληλα μερικά άρθρα του τιμολογίου ομαδοποιούν τις διάφορες επιμέρους εργασίες και έτσι η τιμολόγηση ανάγεται σε σύνολα παρόμοιων - συναφών εργασιών. Με λίγα λόγια, αναθεωρούνται οι τιμές μονάδος με βάση κάποιο παλιό άρθρο το οποίο αναφέρεται συνήθως σε μία εργασία από τις πολλές που περιλαμβάνονται στο προς αναθεώρηση άρθρο. Πρέπει να σημειωθεί ότι ο συσχετισμός αυτός δεν αφορά την τιμή μονάδος αλλά τη σχετική μεταβολή της συναρτήσεως του χρόνου ακόμα και στην περίπτωση που γίνεται αντιστοίχιση άρθρου του Νέου Ενιαίου Τιμολογίου με ομοειδές άρθρο των Αναλύσεων.

2.9.2_Ασάφειες και Ελλείψεις του Νέου Ενιαίου Τιμολογίου

Σε κάθε έργο έχει αποδειχθεί ότι η διαδικασία της προκοστολόγησης χαρακτηρίζεται άλλοτε από μικρή και άλλοτε από μεγάλη αβεβαιότητα, τόσο από ποσοτικής όσο και από ποιοτικής άποψης. Ενδεικτικά, αναφέρονται σημεία στην κατηγορία των Χωματοουργικών που παρουσιάζουν ασάφειες και ελλείψεις ενώ είναι στη κρίση του εκάστοτε Μελετητή η τιμή μονάδος που θα επιλεγεί.

- Ο χαρακτηρισμός των γενικών εκσκαφών μπορεί απλώς να προσεγγισθεί ανάλογα με την πληρότητα των διαθεσίμων γεωλογικών και γεωτεχνικών στοιχείων.
- Το κόστος των συνεργείων χωματοουργικών εργασιών επηρεάζεται από σειρά παραμέτρων: προσβασιμότητα, καιρικές συνθήκες, τήρηση του χρονοδιαγράμματος (π.χ. όταν μέρος των προϊόντων εκσκαφών προορίζεται για την κατασκευή επιχωμάτων), συντονισμός συνεργείων εκσκαφών και επιχώσεων.
- Σε συνθετότερες εργασίες, όπως π.χ. εκσκαφή χανδάκων σε εδάφη με υψηλό υδροφόρο ορίζοντα, είναι περισσότερες οι παράμετροι που απαιτούν καθορισμό.
- Στις περιπτώσεις συνδυασμού εργασιών ή φάσεων, είναι αρκετοί οι παράγοντες που μπορεί να οδηγήσουν σε σταλίες (μείωση του βαθμού αξιοποίησης του εξοπλισμού).
- Ο προσδιορισμός των γενικών εργοταξιακών δαπανών, που κατά κανόνα αποτελούν έναν σημαντικό παράγοντα του συνολικού κόστους του έργου (υπάρχουν περιπτώσεις που υπερβαίνουν ακόμη και το 30% των συνολικών δαπανών) απαιτεί ιδιαίτερη ανάλυση σύμφωνα με τις τοπικές συνθήκες και τις ειδικότερες απαιτήσεις του Κυρίου του Έργου.
- Οι διαφορές κόστους της αυτής εργασίας υπό διαφορετικές συνθήκες εκτέλεσης μπορεί να είναι από μικρές έως ιδιαίτερες σημαντικές.
- Ο προσδιορισμός των απαιτούμενων μεταφορών των προϊόντων εκσκαφών: απαιτεί εκτίμηση, τόσο του ισοζυγίου χωματοουργικών εργασιών του έργου, όσο και της καταλληλότητας των προϊόντων για την κατασκευή επιχωμάτων, των περιβαλλοντικών όρων και των συνθηκών εκτέλεσης που επιβάλλει ένα εύλογο χρονοδιάγραμμα (π.χ. μπορούν τα προϊόντα να προωθηθούν στις θέσεις ενσωμάτωσης πριν από την ολοκλήρωση των τεχνικών;).

Βάσει των παραπάνω ασαφειών, παρουσιάζεται στη συνέχεια αναλυτικά το Ενιαίο Τιμολόγιο σε Έργα Οδοποιίας στην κατηγορία των Χωματοουργικών που αναφέρθηκε και αφορά στις εκοκαφές, προβλέπει τα εξής:

Άρθρο Α-1: ΕΚΕΚΑΦΗ ΑΚΑΤΑΛΛΗΛΩΝ ΕΔΑΦΩΝ

(Αναθεωρείται με το άρθρο ΟΔΟ-1110)

Για την εκοκαφή, μετά της μεταφορά σε οποιαδήποτε απόσταση, φυτικών γαιών, ιλύος, τύρφης και λοιπών επιφανειακών ακαταλλήλων εδαφών οποιουδήποτε βάθους και πλάτους, σύμφωνα με τη μελέτη ή και τις εντολές της Υπηρεσίας, εν ξηρώ ή μέσα σε νερό, που θα εκτελεσθεί είτε για την έδραση επιχωμάτων και εξυγιαντικών στρώσεων είτε για το διαχωρισμό τους από τα υπόλοιπα, κατάλληλα για την κατασκευή επιχωμάτων, προϊόντα ορυγμάτων.

Στην τιμή περιλαμβάνεται η δαπάνη προσέγγισης των μεταφορικών μέσων και μηχανημάτων, η δαπάνη εκοκαφής με κάθε μέσον, απομάκρυνσης και αποστράγγισης των υδάτων και μόρφωσης παρειών και σκάφης, η δαπάνη διαλογής των προϊόντων εκοκαφής, κάθε είδους φορτοεκφορτώσεων και μεταφορών με οποιοδήποτε μέσο και σε οποιαδήποτε απόσταση, μετά της σταλίας αυτοκινήτων και του χαμένου χρόνου φορτοεκφορτώσεων, είτε για προσωρινή απόθεση (στοκάρισμα) προκειμένου να χρησιμοποιηθούν ως φυτικές γαίες στο έργο είτε για απόρριψη σε επιτρεπόμενες θέσεις εφόσον αυτά κριθούν ακατάλληλα για φυτικά ή πλεονάζοντα. Σε περίπτωση προσωρινών αποθέσεων, στην τιμή περιλαμβάνεται και η δαπάνη τυχόν ενδιάμεσων φορτοεκφορτώσεων και μετακινήσεών τους σε άλλες θέσεις, αν τυχόν καταληφθεί ο απαιτούμενος χώρος των προσωρινών αποθέσεων από την εκτέλεση των υπολοίπων εργασιών, καθώς και η δαπάνη διαμόρφωσής τους σε σειράδια και η διαφύλαξή τους μέχρι τη χρονική στιγμή, που θα χρησιμοποιηθούν στο έργο. Σε περίπτωση πλεοναζόντων ή ακαταλλήλων προϊόντων, στην τιμή περιλαμβάνεται, εκτός από τη μεταφορά τους σε θέσεις έγκρισης της Υπηρεσίας και η διαμόρφωσή τους σύμφωνα με τις απαιτήσεις των όρων δημοπράτησης και της περιβαλλοντικής μελέτης.

Στη **τιμή μονάδας** περιλαμβάνονται επίσης η εκρίζωση, η κοπή και η απομάκρυνση θάμνων και δένδρων οποιασδήποτε διαμέτρου (πλην εκείνων που θα παραδοθούν προς εκμετάλλευση) με τη δέσμευση ότι θα δοθεί ιδιαίτερη προσοχή για την προστασία των δέντρων που βρίσκονται εκτός του εύρους καταλήψεως της οδού και θα διατηρηθούν. Στην τιμή περιλαμβάνεται επίσης και κάθε άλλη απαιτούμενη εργασία ώστε να προκύψουν προϊόντα κατάλληλα για περαιτέρω εκμετάλλευση και κατά τα λοιπά όπως ορίζεται στην παρ. 6.2.2.1 της ΠΤΠ Χ1.

Η επιμέτρηση θα γίνεται με λήψη αρχικών και τελικών διατομών, σύμφωνα με την παρ. 6.2.2 της ΠΤΠ Χ1.

Τιμή ανά κυβικό μέτρο εκοκαφών ακαταλλήλων εδαφών οποιουδήποτε πάχους, μετά της μεταφοράς τους σε οποιαδήποτε απόσταση.

ΕΥΡΩ (Ολογράφως):

(Αριθμητικά):

Άρθρο Α-2: ΕΚΕΚΑΦΗ ΣΕ ΕΔΑΦΟΣ ΓΑΙΩΔΕΣ-ΗΜΙΒΡΑΧΩΔΕΣ

(Αναθεωρείται με το άρθρο ΟΔΟ-1123Α)

Για τη γενική εκοκαφή, μετά της μεταφορά σε οποιαδήποτε απόσταση, εδαφών γαιωδών και ημιβραχωδών οποιασδήποτε συστάσεως, ανεξαρτήτως βάθους, πλάτους και κλίσεως πρανών, σε νέο έργο ή για επέκταση ή συμπλήρωση ή διαπλάτυνση υπάρχοντος, ανεξαρτήτως της θέσης εργασίας και των δυσχερειών που προκαλεί (κοντά ή μακριά, χαμηλά ή υψηλά σχετικά με το υπάρχον έργο), για οποιοδήποτε σκοπό και με οποιοδήποτε εκοκαπτικό μέσο ή και με τα χέρια, εν ξηρώ ή μέσα σε νερό, σύμφωνα με την Π.Τ.Π. Χ1 και τους λοιπούς όρους δημοπράτησης.

Με το άρθρο αυτό πληρώνεται επίσης η, ανάλογης σκληρότητας εδαφών, εκσκαφή:

- ανοιχτών τάφρων για το τμήμα τους πλάτους μεγαλύτερου των 3.00μ. μετά της μόρφωσης των πρανών και του πυθμένα τους,
- για τη διευθέτηση χειμάρρων πλάτους μεγαλύτερου των 3.00 μ,
- για τη δημιουργία αναβαθμών προς αγκύρωση των επιχωμάτων,
- τριγωνικών τάφρων μετά της μόρφωσης των πρανών, όταν αυτές κατασκευάζονται στη συνέχεια των γενικών εκσκαφών της οδού,
- για τον καθαρισμό οχετών ύψους και πλάτους μεγαλύτερου των 3.00 μέτρων,
- τεχνικών Cut and Cover μετά των μέτρων προσωρινής και μόνιμης αντιστήριξης των πρανών των εκσκαφών εφόσον δεν αποζημιώνεται με άλλο άρθρο αυτού του τιμολογίου
- για τη δημιουργία στομιών σηράγγων και Cut and Cover

Στην τιμή του άρθρου περιλαμβάνεται η δαπάνη:

- προσέγγισης μηχανημάτων και μεταφορικών μέσων, εκσκαφής με οποιοδήποτε μέσο ή και με τα χέρια και υπό οποιοδήποτε συνθήκες, αποστράγγισης των υδάτων, μόρφωσης των παρειών, των πρανών και του πυθμένα της σκάφης, σχηματισμού των αναβαθμών
- διαλογής, φύλαξης, φορτοεκφόρτωσης σε οποιοδήποτε μεταφορικό μέσο (χωματοσυλλέκτη, αυτοκίνητο κλπ) και μεταφοράς των προϊόντων σε οποιαδήποτε απόσταση για τη χρησιμοποίηση των κατάλληλων στο έργο (π.χ. κατασκευή επιχωμάτων) ή για απόρριψη των ακατάλληλων ή πλεοναζόντων σε επιτρεπόμενες τελικές ή προσωρινές θέσεις, η δαπάνη του χαμένου χρόνου φορτοεκφορτώσεων και κάθε είδους σταλίας των αυτοκινήτων, η δαπάνη εναπόθεσης σε τελικές ή ενδιάμεσες θέσεις, η δαπάνη επαναφόρτωσης των προσωρινών αποθέσεων και εκφόρτωσης σε τελικές θέσεις, η δαπάνη διάστρωσης και διαμόρφωσης των αποθέσεων σύμφωνα με τις απαιτήσεις των όρων δημοπράτησης και της περιβαλλοντικής μελέτης αποξήλωσης ασφαλοταπήτων και στρώσεων οδοστρωσίας σταθεροποιημένων με συμπύκνωση ή με τοιμέτο, αποξήλωσης πλακοστρώσεων, και καθαιρέσεως συρματοπλεκτών κιβωτίων (SERAZANETI), μανδροτοιχών από λιθοδομή, γενικών λιθοδομών και οπτοπλιθοδομών (θεμελίων ή ανωδομής), κρασπεδορειθρών και στερεών εγκιβωτισμού, που βρίσκονται εντός του όγκου των γενικών εκσκαφών.
- απαιτούμενης αντιστήριξης των πρανών εκσκαφής όπου τυχόν αυτή απαιτείται καθώς και η δαπάνη εκθάμνωσης κοπής, ξερίζωσης και απομάκρυνσης δένδρων ανεξαρτήτως περιμέτρου σε οποιαδήποτε απόσταση.
- αντιμετώπισης πάσης φύσεως δυσχερειών που προκύπτουν από τη σύγχρονη κυκλοφορία, άσχετα εάν η Υπηρεσία επιτρέπει βραχυχρόνιες διακοπές της, όπως περιορισμένα μέτωπα και όγκοι εκσκαφών κλπ.
- συμπύκνωσης της σκάφης των ορυγμάτων κάτω από τη "στρώση έδρασης οδοστρώματος" μέχρι του βάθους που λαμβάνεται υπόψη στον καθορισμό της Φέρουσας Ικανότητας Έδρασης (Φ.Ι.Ε), όπως αυτή ορίζεται στο σχέδιο ΤΥΠΩΝ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ κ.λ.π. στα Π.Κ.Ε. σε βαθμό συμπύκνωσης που να αντιστοιχεί σε ξηρά φαινόμενη πυκνότητα ίση κατ' ελάχιστο με το 90 % της πυκνότητας που

επιτυγχάνεται εργαστηριακά κατά την τροποποιημένη δοκιμή PROCTOR (PROCTOR MODIFIED, σύμφωνα με τη δοκιμή AASHO T 180).

- κοπής υπάρχουσας ασφαλτικής στρώσης οδοστρωμάτων με κατάλληλες μεθόδους σύμφωνα με τους λοιπούς όρους δημοπράτησης
- κάθε είδους σταλίας του μηχανικού εξοπλισμού και η δαπάνη αντιμετώπισης κάθε είδους δυσκολίας για την εφαρμογή των μέτρων προσωρινής ή μόνιμης αντιστήριξης των πρανών των Cut and Cover και των στομιών σηράγγων και Cut and Cover
- επανεπίχωσης (με προϊόντα εκοκαφών) θεμελίων και τάφρων εκτός του σώματος της οδού, που οι εκοκαφές τους αποζημιώνονται με το άρθρο αυτό και δεν υπάρχει απαίτηση συμπόκνωσης
- καθώς και κάθε άλλη δαπάνη ανεξαρτήτως δυσχερειών που απαιτείται για την έντεχνη εκτέλεση της εργασίας, σύμφωνα και με τα λοιπά τεύχη δημοπράτησης, και την παρ. 6.2.1.1 της Π.Τ.Π. Χ1.

Επισημαίνεται ότι η τιμή είναι γενικής εφαρμογής ανεξάρτητα από την εκτέλεση της εργασίας σε μια ή περισσότερες φάσεις που υπαγορεύθηκαν από το πρόγραμμα εκτέλεσης του έργου ή άλλους τοπικούς περιορισμούς.

Η επιμέτρηση θα γίνει με βάση τον πραγματικό όγκο των εκτελεσμένων γενικών εκοκαφών γαιών και ημίβραχου με λήψη αρχικών και τελικών διατομών και μέχρι τα όρια εκοκαφής των εγκεκριμένων συμβατικών σχεδίων και το πρωτόκολλο χαρακτηρισμού. Διευκρινίζεται ότι ουδεμία αποζημίωση θα καταβάλλεται στον ανάδοχο για τις επί πλέον των προβλεπομένων από τη μελέτη εκοκαφές εκτός εάν δοθεί ειδική εντολή από την Υπηρεσία με τεκμηριωμένους λόγους.

Τιμή ανά κυβικό μέτρο γενικής εκοκαφής γαιών και ημίβραχου μετά της μεταφοράς των προϊόντων σε οποιαδήποτε απόσταση.

ΕΥΡΩ (Ολογράφως):

(Αριθμητικά):

Άρθρο Α-3: ΟΡΥΞΗ ΣΕ ΕΛΑΦΟΣ ΒΡΑΧΩΔΕΣ

Για τη γενική όρυξη, μετά της μεταφορά σε οποιαδήποτε απόσταση, βραχωδών εδαφών, περιλαμβανομένων γρανιτικών και κροκαλοπαγών, ανεξαρτήτως βάθους, ύψους και κλίσεως πρανών, σε νέο έργο ή για επέκταση ή συμπλήρωση ή διαπλάτυνση υπάρχοντος, ανεξαρτήτως της θέσης εργασίας (κοντά ή μακριά, χαμηλά ή υψηλά σχετικά με το υπάρχον έργο) και των δυσχερειών που προκαλεί, για οποιοδήποτε σκοπό και με οποιοδήποτε εκοκαπτικό μέσο με σφύρα ή και με τα χέρια, χωρίς ή με κανονική ή περιορισμένη χρήση εκρηκτικών (λαμβανομένων υπόψη των ισχυρότων περιορισμών χρήσης ή και απαγόρευσης χρήσης εκρηκτικών λόγω γειτνίασης με κτίσματα, γραμμές πυλώνων και υποσταθμούς ΔΕΗ ή/και άλλες εγκαταστάσεις Ο. Κ Ω ή στρατιωτικές εγκαταστάσεις σύμφωνα με τον Κανονισμό Μεταλλευτικών και Λατομικών Εργασιών-ΦΕΚ.931/Β/31.12.84, των σχετικών περιορισμών ΔΕΗ ή και άλλων περιορισμών που ισχύουν), ύστερα από έγκριση της Υπηρεσίας και με ευθύνη του Αναδόχου, εν ξηρώ ή μέσα σε νερό, σύμφωνα με την ΠΤΠ Χ1 και τους όρους δημοπράτησης.

Με το άρθρο αυτό πληρώνεται επίσης η, ανάλογης σκληρότητας εδαφών, όρυξη:

- ανοιχτών τάφρων για το τμήμα τους πλάτους μεγαλύτερου των 3.00 μ μετά της μόρφωσης των πρανών και του πυθμένα τους,
- για τη διευθέτηση χειμάρρων πλάτους μεγαλύτερου των 3.00 μ,
- για τη δημιουργία αναβαθμών προς αγκύρωση των επιχωμάτων

- τριγωνικών τάφρων μετά της μόρφωσης των πρανών, όταν αυτές κατασκευάζονται στη συνέχεια των γενικών ορύξεων της οδού
- τεχνικών Cut and Cover και για τη λήψη μέτρων προσωρινής και μόνιμης αντιστήριξης των πρανών εκσκαφών εφόσον δεν αποζημιώνεται με άλλο άρθρο αυτού του τιμολογίου.
- για τη δημιουργία στομιών σηράγγων και Cut and Cover σύμφωνα και με τις η μελέτη και τα τεύχη δημοπράτησης.

Στην τιμή του άρθρου περιλαμβάνεται η δαπάνη:

- προσέγγισης μηχανημάτων και μεταφορικών μέσων, όρυξης με οποιοδήποτε μέσο ή και με τα χέρια και υπό οποιοσδήποτε συνθήκες, απομάκρυνσης και αποστράγγισης των υδάτων, μόρφωσης των παρειών, των πρανών και του πυθμένα της σκάφης, σχηματισμού των αναβαθμών
- δημιουργίας διατηρημάτων γόμωσης,
- προμήθειας, μεταφοράς, τοποθέτησης, πυροδότησης εκρηκτικών υλών με όλες τις απαιτούμενες εργασίες για ασφαλή έκρηξη και όλα τα απαιτούμενα υλικά (εκρηκτικές ύλες, φυτίλια, πυροκροτητές, επιβραδυντές κ.λ.π.)
- διαλογής, φύλαξης, φορτοεκφόρτωσης σε οποιοδήποτε μεταφορικό μέσο (χωματοσυλλέκτη, αυτοκίνητο κλπ) και μεταφοράς των προϊόντων σε οποιαδήποτε απόσταση για τη χρησιμοποίησή τους στο έργο (π.χ. κατασκευή επιχωμάτων) ή για απόρριψη των πλεοναζόντων σε επιτρεπόμενες τελικές ή προσωρινές θέσεις, η δαπάνη του χαμένου χρόνου φορτοεκφορτώσεων και κάθε είδους σταλίας των αυτοκινήτων, η δαπάνη εναπόθεσης σε τελικές ή ενδιάμεσες θέσεις, η δαπάνη επαναφόρτωσης των προσωρινών αποθέσεων και εκφόρτωσης σε τελικές θέσεις, η δαπάνη διάστρωσης και διαμόρφωσης των αποθέσεων σύμφωνα με τις απαιτήσεις των όρων δημοπράτησης και της περιβαλλοντικής μελέτης
- καθαίρεσης τυχόν άοπλων σκυροδεμάτων, που βρίσκονται εντός του όγκου των γενικών εκσκαφών, εκτός από αυτές που αναφέρθηκαν στο άρθρο των γενικών εκσκαφών γαιών - ημίβραχου, των οποίων η καθαίρεση δεν αποζημιώνεται ιδιαίτερα.
- της τυχόν απαιτούμενης αντιστήριξης των πρανών εκσκαφής καθώς και της εκθάμνωσης, κοπής, ξερίζωσης και απομάκρυνσης δένδρων ανεξαρτήτως περιμέτρου σε οποιαδήποτε απόσταση.
- αντιμετώπισης πάσης φύσεως δυσχερειών που προκύπτουν από τη σύγχρονη κυκλοφορία, άσχετα εάν η Υπηρεσία επιτρέπει βραχυχρόνιες διακοπές αυτής, όπως περιορισμένα μέτωπα και όγκοι εκσκαφών κλπ.
- κάθε είδους σταλίας του μηχανικού εξοπλισμού και η δαπάνη αντιμετώπισης κάθε είδους δυσκολίας για την εφαρμογή των μέτρων προσωρινής ή μόνιμης αντιστήριξης των πρανών των και Cut and Cover των στομιών σηράγγων και Cut and Cover
- επανεπίχωσης (με προϊόντα εκσκαφών) θεμελίων και τάφρων εκτός του σώματος της οδού, που οι εκσκαφές τους αποζημιώνονται με το άρθρο αυτό και δεν υπάρχει απαίτηση συμπίκνωσης

- καθώς και κάθε άλλη δαπάνη, ανεξαρτήτως δυσχερειών, που απαιτείται για την έντεχνη εκτέλεση της εργασίας, σύμφωνα και με τα λοιπά τεύχη δημοπράτησης και την παρ. 6.2.1.1 της Π.Τ.Π. Χ1.

Επισημαίνεται ακόμη ότι η τιμή είναι γενικής εφαρμογής ανεξάρτητα από την εκτέλεση της εργασίας σε μια φάση ή περισσότερες, που υπαγορεύθηκαν από το πρόγραμμα εκτέλεσης του έργου ή άλλους τοπικούς περιορισμούς.

Χρήση εκρηκτικών επιτρέπεται μετά από εντολή της Υπηρεσίας και υπό την προϋπόθεση ότι έχουν ληφθεί οι απαραίτητες εγκρίσεις για τη χρήση των εκρηκτικών σύμφωνα με την ΚΥΑ έγκρισης περιβαλλοντικών όρων του έργου.

Η επιμέτρηση θα γίνει με βάση τον πραγματικό όγκο των έτοιμων εκτελεσμένων εκσκαφών βράχου, με λήψη αρχικών και τελικών διατομών και μέχρι τα όρια εκσκαφής των εγκεκριμένων συμβατικών σχεδίων και το πρωτόκολλο χαρακτηρισμού. Όπως και στην περίπτωση γενικών εκσκαφών γαιών-ημιβράχου ουδεμία αποζημίωση θα καταβάλλεται στον ανάδοχο για τις επί πλέον εκσκαφές εκτός εάν του δοθεί ειδική εντολή από την Υπηρεσία με τεκμηριωμένους λόγους.

Τιμή ανά κυβικό μέτρο γενικής όρυξης βράχου, μετά της μεταφοράς τους σε οποιαδήποτε απόσταση

Άρθρο Α-3.1: Όρυξη σε έδαφος βραχώδες με χρήση εκρηκτικών

(Αναθεωρείται με το άρθρο ΟΔΟ-1133Α)

ΕΥΡΩ (Ολογράφως):

(Αριθμητικά):

Άρθρο Α-3.2: Όρυξη σε έδαφος βραχώδες με ελεγχόμενη χρήση εκρηκτικών

(Αναθεωρείται με το άρθρο ΟΔΟ-1133Α)

ΕΥΡΩ (Ολογράφως):

(Αριθμητικά):

Άρθρο Α-3.3: Όρυξη σε έδαφος βραχώδες χωρίς χρήση εκρηκτικών

(Αναθεωρείται με το άρθρο ΟΔΟ-1133Α)

ΕΥΡΩ (Ολογράφως):

(Αριθμητικά):

Το Ενιαίο Τιμολόγιο σε Έργα Οδοποιίας στην ομάδα Α' των Χωματοργικών που αναφέρθηκε όσον αφορά στις εκσκαφές σύμφωνα με την αναθεώρηση του Β' Τριμήνου 2008 προβλέπει τα εξής:

Πίνακας 2.1: Α) Έργα προϋπολογισμού 0 - 1.500.000€

α/α	α/α Τιμολογ.	Είδος εργασίας	Άρθρο	Μονάδα	Ποσότητα	Τιμή Μονάδας	Δαπάνη	
			Αναθεώρησης				Μερική	Ολική
		ΟΜΑΔΑ Α: ΧΩΜΑΤΟΥΡΓΙΚΑ						
		ΕΚΕΚΑΦΕΣ						
1	A-1	Εκσκαφή ακαταλλήλων εδαφών	ΟΔΟ-1110	m ³		0,36*		
2	A-2	Εκσκαφή σε έδαφος γαιώδες - ημιβραχώδες	ΟΔΟ-1123Α	m ³		0,70*		
	A-3	Όρυξη σε έδαφος βραχώδες						
3	A-3.1	Όρυξη σε έδαφος βραχώδες με χρήση εκρηκτικών	ΟΔΟ-1133Α	m ³		2,65*		
4	A-3.2	Όρυξη σε έδαφος βραχώδες με ελεγχόμενη χρήση εκρηκτικών	ΟΔΟ-1133Α	m ³		4,42*		
5	A-3.3	Όρυξη σε έδαφος βραχώδες χωρίς χρήση εκρηκτικών	ΟΔΟ-1133Α	m ³		7,59*		

Πίνακας 2.2: Β) Έργα προϋπολογισμού 1.500.000 – 5.000.000€

α/α	α/α Τιμολογ.	Είδος εργασίας	Άρθρο	Μονάδα	Ποσότητα	Τιμή Μονάδας	Δαπάνη	
			Αναθεώρησης				Μερική	Ολική
		ΟΜΑΔΑ Α: ΧΩΜΑΤΟΥΡΓΙΚΑ						
		ΕΚΕΚΑΦΕΣ						
1	A-1	Εκσκαφή ακαταλλήλων εδαφών	ΟΔΟ-1110	m ³		0,31*		
2	A-2	Εκσκαφή σε έδαφος γαιώδες - ημιβραχώδες	ΟΔΟ-1123Α	m ³		0,61*		
	A-3	Όρυξη σε έδαφος βραχώδες						
3	A-3.1	Όρυξη σε έδαφος βραχώδες με χρήση εκρηκτικών	ΟΔΟ-1133Α	m ³		2,31*		
4	A-3.2	Όρυξη σε έδαφος βραχώδες με ελεγχόμενη χρήση εκρηκτικών	ΟΔΟ-1133Α	m ³		3,85*		
5	A-3.3	Όρυξη σε έδαφος βραχώδες χωρίς χρήση εκρηκτικών	ΟΔΟ-1133Α	m ³		6,60*		

Πίνακας 2.3: Γ) Έργα προϋπολογισμού 5.000.000 – 10.000.000€

α/α	α/α Τιμολογ.	Είδος εργασίας	Άρθρο	Μονάδα	Ποσότητα	Τιμή Μονάδας	Δαπάνη	
			Αναθεώρησης				Μερική	Ολική
		ΟΜΑΔΑ Α: ΧΩΜΑΤΟΥΡΓΙΚΑ						
		ΕΚΕΚΑΦΕΣ						
1	A-1	Εκσκαφή ακαταλλήλων εδαφών	ΟΔΟ-1110	m ³		0,29*		
2	A-2	Εκσκαφή σε έδαφος γαιώδες - ημιβραχώδες	ΟΔΟ-1123Α	m ³		0,58*		
	A-3	Όρυξη σε έδαφος βραχώδες						
3	A-3.1	Όρυξη σε έδαφος βραχώδες με χρήση εκρηκτικών	ΟΔΟ-1133Α	m ³		2,20*		
4	A-3.2	Όρυξη σε έδαφος βραχώδες με ελεγχόμενη χρήση εκρηκτικών	ΟΔΟ-1133Α	m ³		3,68*		
5	A-3.3	Όρυξη σε έδαφος βραχώδες χωρίς χρήση εκρηκτικών	ΟΔΟ-1133Α	m ³		6,30*		

Πίνακας 2.4: Δ) Έργα προϋπολογισμού πάνω από 10.000.000€

α/α	α/α Τιμολογ.	Είδος εργασίας	Άρθρο	Μονάδα	Ποσότητα	Τιμή Μονάδας	Δαπάνη	
			Αναθεώρησης				Μερική	Ολική
		ΟΜΑΔΑ Α: ΧΩΜΑΤΟΥΡΓΙΚΑ						
		ΕΚΕΚΑΦΕΣ						
1	A-1	Εκσκαφή ακαταλλήλων εδαφών	ΟΔΟ-1110	m ³		0,28*		
2	A-2	Εκσκαφή σε έδαφος γαιώδες - ημιβραχώδες	ΟΔΟ-1123Α	m ³		0,55*		
	A-3	Όρυξη σε έδαφος βραχώδες						
3	A-3.1	Όρυξη σε έδαφος βραχώδες με χρήση εκρηκτικών	ΟΔΟ-1133Α	m ³		2,10*		
4	A-3.2	Όρυξη σε έδαφος βραχώδες με ελεγχόμενη χρήση εκρηκτικών	ΟΔΟ-1133Α	m ³		3,50*		
5	A-3.3	Όρυξη σε έδαφος βραχώδες χωρίς χρήση εκρηκτικών	ΟΔΟ-1133Α	m ³		6,00*		

Συμπεραίνεται λοιπόν, ότι η κατηγοριοποίηση των εδαφών σε ακατάλληλα, γαιώδη - ημιβραχώδη και βραχώδη είναι καθαρά στην κρίση του μηχανικού, τόσο εξαιτίας της φύσης των γεωτεχνικών έργων όπου η παράμετρος της αβεβαιότητας παίζει κυρίαρχο ρόλο, όσο και εξαιτίας του γεγονότος ότι δεν προβλέπεται από το σύστημα των NET ένας δείκτης ταξινόμησης της βραχώμαζας - εδάφους που να οριοθετεί σαφώς τη διάκριση των εδαφών. Σε περίπτωση λοιπόν, μιας ελλιπής ή ακόμα λανθασμένης γεωτεχνικής - γεωλογικής έρευνας η προκοστολόγηση ενός έργου θα οδηγήσει σε μεγάλες αποκλίσεις. Έτσι, ο εκάστοτε Μελετητής για να αποφύγει τυχόν τέτοιες καταστάσεις οδηγείται στην υπερκοστολόγηση και υπερσχεδιασμό των έργων. Γενικώς, με την αύξηση των ποσοτήτων των εργασιών αναμένεται κάποια μείωση του κόστους.

Δεν προκύπτει κατ' ανάγκη ότι μια εργασία σε μικρές ή περιορισμένες ποσότητες σε ένα μεγάλο έργο κοστίζει λιγότερο από την ίδια εργασία σε μεγάλες ποσότητες σε ένα μικρότερο έργο!

Η εισαγωγή συντελεστών προσαρμογής των τιμών μονάδος συναρτήσσει του συνολικού προϋπολογισμού του έργου (NET Οδοποιίας και Υδραυλικών Έργων), μπορεί κατ' αρχήν να φαίνεται εύλογη, αλλά δεν συνιστά ορθή προσέγγιση.

Για την αποφυγή μεγάλων ποσοστών έκπτωσης υιοθετούνται χαμηλές τιμές εκκίνησης (χαμηλές τιμές μονάδος) και μάλιστα οι σχετικές διατάξεις προβλέπουν σημαντική αύξηση των εγγυητικών καλής εκτέλεσης στις περιπτώσεις εκπτώσεων μεγαλύτερων από 12-15%.

2.9.3_Επιδιώξεις Υποψήφιου Αναδόχου

Ο υποψήφιος Ανάδοχος επιδιώκει την κατά το δυνατόν ακριβέστερη προσέγγιση του πραγματικού συνολικού κόστους του έργου, ήτοι του αμέσου και του εμμέσου κόστους, όπως αυτά διαμορφώνονται:

- από τις τιμές προμηθείας των προβλεπομένων προς ενσωμάτωση υλικών,
- από την δαπάνη απασχόλησης του απαιτούμενου μηχανικού εξοπλισμού (ιδιοκτήτου ή ενοικιαζομένου) για την ολοκλήρωση των εργασιών εντός του προβλεπομένου χρονοδιαγράμματος,
- από την δαπάνη του απαιτούμενου εργατοτεχνικού προσωπικού,
- από τις απαιτούμενες εργοταξιακές εγκαταστάσεις, κινητοποίηση/ αποκινητοποίηση εξοπλισμού και μέσων, διαμόρφωση οδών προσπέλασης κλπ.,
- από τις δαπάνες του προσωπικού στελέχωσης του εργοταξίου,
- από τις δαπάνες λειτουργίας του εργοταξίου,
- από τις δαπάνες των απαιτούμενων μέτρων υγιεινής και ασφάλειας του προσωπικού,
- από τις ειδικότερες απαιτήσεις του ΚτΕ των οποίων οι δαπάνες θεωρούνται ανηγμένες στις τιμές μονάδας της προσφοράς,
- από τη δαπάνη των προβλεπομένων εργαστηριακών δοκιμών και ελέγχων,
- από τα απαιτούμενα ασφάλιστρα, τέλη, προμήθειες εγγυητικών επιστολών κλπ.,
- από τη συμμετοχή των γενικών δαπανών διοίκησης/λειτουργίας των γραφείων του Αναδόχου.

Η μεθοδολογία **κατάρτισης της οικονομικής προσφοράς** ενός τυπικού έργου οδοποιίας γίνεται σε **δύο Φάσεις**. Στη **Φάση I** γίνεται εκτίμηση των ποσοτήτων των κατασκευαστικών αντικειμένων (πχ. εκοκαφές, κατασκευές από σκυρόδεμα, μεταφορικά έργα, προσδιορισμός μηχανολογικού εξοπλισμού κ.α.), ενώ στη **Φάση II** δίνεται η προσφορά του συνολικού ύψους για την κατασκευή του έργου καθώς επίσης επισημαίνεται η έκπτωση επί του συνολικού κόστους που είναι διατεθειμένος να προσφέρει ο διαγωνιζόμενος.

Για παράδειγμα, όταν η μέση έκπτωση είναι $\epsilon_m = 30\%$, μπορούν να δοθούν εκπτώσεις από 23% έως 37% ανά κονδύλιο (άλλες επί πλέον και άλλες επιπλέον της μέσης έκπτωσης, κατά τρόπον ώστε η συνολική «ροπή» ως προς την μέση έκπτωση να είναι μηδενική).

Με δεδομένο ότι ο Κύριος του Έργου (ΚτΕ) αναμένει κάποια έκπτωση από τους διαγωνιζομένους, προκύπτει εύλογα το συμπέρασμα ότι οι τιμές μονάδος των NET, καθώς

και το παγιωμένο στο 18 % ποσοστό γενικών εξόδων και οφέλους εργολήπτη (ΓΕ&ΟΕ), αντιστοιχούν στα πλέον δυσχερή έργα (άνω όριο τιμών).

Έτσι, αποφασιστικής σημασίας είναι η ρεαλιστική εκτίμηση του κόστους των εργασιών, προκειμένου οι εκπτώσεις που θα προσφέρουν οι ενδιαφερόμενοι να ευρίσκονται σε λογικά επίπεδα. Αυτό, βέβαια, έχει οδηγήσει σε υιοθέτηση «συγκρατημένων» τιμών στα ΝΕΤ, τιμών δηλαδή που αποθαρρύνουν τους διαγωνιζομένους να προσφέρουν υψηλές εκπτώσεις.

Τέλος, για την ορθή προκοστολόγηση του έργου οι διαγωνιζόμενοι πρέπει να έχουν στην διάθεσή τους επαρκή και αξιόπιστα ιστορικά στοιχεία κόστους και πρόσφατες τιμές αγοράς βασικών υλικών, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του δημοπρατούμενου έργου. Το έμμεσο κόστος του έργου είναι ενίοτε σημαντικό, δεδομένου ότι περιλαμβάνει μη επιμετρούμενες εργασίες και υποχρεώσεις του Αναδόχου, τις οποίες ο ΚτΕ συνηθίζει να θεωρεί ανηγμένες στις τιμές μονάδος των εργασιών.

Απαιτείται κατά συνέπεια πλήρης διερεύνηση και αποτίμηση όλων των παραμέτρων του κόστους του έργου, όπως διαμορφώνονται σύμφωνα με την μελέτη του έργου και τα συμβατικά τεύχη (και ιδιαίτερα την Ειδική Συγγραφή Υποχρεώσεων).

Το άμεσο κόστος αναλύεται σε επιμέρους εργασίες, επιμετρούμενες και πιστοποιούμενες με τις τιμές της Προσφοράς, σύμφωνα με τα καθοριζόμενα στο Περιγραφικό Τιμολόγιο, το οποίο πάντοτε εντάσσεται στα Συμβατικά Τεύχη.

2.9.4_Παράδειγμα Προϋπολογισμού Έργου Οδοποιίας

Ο παρακάτω Πίνακας_2.5 είναι ενδεικτικός για ένα έργο Οδοποιίας Κατηγορίας Γ' (προϋπολογιζόμενης δαπάνης 5.000.000 - 10.000.000 €) για την ομάδα Α' Χωματουργικά.

Στην αριστερή στήλη αναγράφεται ο αριθμός τιμολογίου των ΝΕΤ, ενώ στην 4η στήλη το προβλεπόμενο κατ' άρθρο κονδύλιο των παλαιών Αναλύσεων Τιμών για τον υπολογισμό της αναθεώρησης.

Οι αναγραφόμενες στον πίνακα τιμές περιλαμβάνουν και την δαπάνη των μεταφορών.

Για παράδειγμα, το άρθρο Α2: Εκοκαφή σε έδαφος γαιώδες-ημιβραχώδες, στο Περιγραφικό Τιμολόγιο του οποίου αναφέρεται ότι περιλαμβάνει και την μεταφορά σε οποιαδήποτε απόσταση.

Στην βασική τιμή του ΝΕΤ Οδοποιίας = 0,58 €/m³, έχει προστεθεί δαπάνη μεταφοράς που εκτιμήθηκε 1,25 €/m³, δηλ. 5 km x 0,25 €/m³·km, οπότε η τιμή εφαρμογής διαμορφώνεται σε 0,58 + 1,25 = 1,83 €/m³ (νοείται επιμετρούμενο όπως καθορίζεται στο άρθρο Α-2 του Περιγραφικού Τιμολογίου που αναφέρθηκε στη παράγραφο_2.9.2).

Πίνακας 2.5: Αναλυτικός Προϋπολογισμός βάσει των ΝΕΤ Οδοποιίας

α/α Τιμολ.	Είδος εργασίας	Μονάδα	Άρθρο αναθεώρησης	Ποσότητες	Τιμή μονάδος	Δαπάνη	
						Μερική	Ολική
A. ΧΩΜΑΤΟΥΡΓΙΚΑ							
A-1	Εκσκαφή ακαταλλήλων εδαφών	m ³	ΟΔΟ-1110	4.000	1,04	4.160,00	
A-2	Εκσκαφή σε έδαφος Γ-Η	m ³	ΟΔΟ-1123Α	65.000	1,83	118.950,00	
A-3.1	Όρυξη σε έδαφος βραχώδες με χρήση εκρηκτικών	m ³	ΟΔΟ-1133Α	25.000	2,75	68.750,00	
A-3.2	Όρυξη σε έδαφος βραχώδες με ελεγχόμενη ή καθόλου χρήση εκρηκτικών	m ³	ΟΔΟ-1133Α	500	4,93	2.465,00	
A-4.1	Διάνοιξη τάφρου σε έδαφος γαιώδες - ημιβραχώδες	m ³	ΟΔΟ-1212	100	2,27	227,00	
A-4.2	Διάνοιξη τάφρου σε έδαφος βραχώδες	m ³	ΟΔΟ-1220	50	5,06	253,00	
A-4.4	Διάνοιξη τάφρου με τα χέρια σε έδαφος πάσης φύσεως	m ³	ΟΙΚ-2113	20	11,90	238,00	
A-5.1	Καθαίρεση τμημάτων με φέροντα στοιχεία από οπλισμένο σκυρόδεμα για ύψος έως και 4,0 m	m ³	ΟΙΚ-2227	10	24,80	248,00	
A-9	Καθαίρεση ολόσωμων περιφράξεων	m	ΟΙΚ-2227	100	22,60	2.260,00	
A-10	Καθαίρεση περιφράξεων με συρματοπλεγμα	m	ΟΙΚ-6448	100	5,47	547,00	
A-12	Καθαίρεση οπλισμένων σκυροδεμάτων	m ³	ΟΙΚ-2227	25	21,10	527,50	
A-15	Καθαρισμός οχετών ανοίγματος έως 3,00 m	m	ΟΔΟ-1320	50	9,82	491,00	
A-16	Άρση καταπτώσεων για κάθε είδους έδαφος	m ³	ΟΔΟ-1420	500	0,99	495,00	
A.18.1	Συνήθη δάνεια υλικών κατηγορίας E1 έως E4	m ³	ΟΔΟ-1510	500	3,36	1.680,00	
A-18.2	Δάνεια θραυστών επίλεκτων υλικών Κατηγορίας E4	m ³	ΟΔΟ-1510	4.250	3,81	16.192,50	
A-20	Κατασκευή επιχωμάτων	m ³	ΟΔΟ-1530	35.000	0,89	31.150,00	
A-24.1	Επένδυση πρανών με φυτική γη	m ²	ΟΔΟ-1610	800	0,58	464,00	
A-25	Πλήρωση νησίδων με φυτική γη	m ³	ΟΔΟ-1620	500	1,92	960,00	250.058,00

Με βάση τον αναλυτικό προϋπολογισμό καταρτίζεται ο συνοπτικός, ο οποίος παρουσιάζεται στον Πίνακα 2.6.

Πίνακας_2.6: Συνοπτικός Προϋπολογισμός βάσει των NET Οδοποιίας

Ομάδα	Εργασίες	Δαπάνη ομάδας κατά τον Προϋπολογισμό Μελέτης (Ευρώ)
A	ΧΩΜΑΤΟΥΡΓΙΚΑ	250.058,00
B	ΤΕΧΝΙΚΑ ΕΡΓΑ	1.698.916,15
Γ	ΟΔΟΣΤΡΩΣΙΑ	213.200,00
Δ	ΑΣΦΑΛΤΙΚΑ	1.719.230,50
Ε	ΣΗΜΑΝΣΗ - ΑΣΦΑΛΕΙΑ	861.449,50
ΣΤ	ΗΛΕΚΤΡΟ-ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΑ	457.469,00
Αθροισμα δαπανών εργασιών κατά την μελέτη		5.200.323,15
Γ.Ε & Ο.Ε.	18% X ΣΣ=	936.058,17
Συνολική Δαπάνη Έργου κατά την μελέτη ΣΣ=		6.136.381,32
Απρόβλεπτα 15% X ΣΣ=		1.104.548,64
Σύνολο Σ1		7.240.929,96
Ασφατος απολογιστικά		750.000,00
ΓΕ+ΟΕ 18% προμηθείας ασφάλτου		135.000,00
Αμοιβές Μελετών - Διαφόρων		40.000,00
Μητρώο Έργου		25.000,00
Απολογιστικές Εργασίες - Ο.Κ.Ω.		87.431,38
Αναθεώρηση		125.000,00
Σύνολο Δαπάνης του Έργου κατά την μελέτη		8.403.361,34
ΦΠΑ 19%		1.596.638,66
Σύνολο Δαπάνης του Έργου κατά την μελέτη		10.000.000,00

2.9.5_Ανάλυση Κοστολογίου Σηράγγων

Συνοπτικά αναφέρονται οι κατηγορίες κόστους που διέπουν την κατασκευή των σηράγγων.

- Δαπάνες εξωτερικών έργων και οδοποιίας εντός και εκτός της σήραγγας (π.χ. χωματουργικά, τα τεχνικά έργα, οδοστρωσία - ασφαλτικά και κατασκευές κτιρίων)
- Δαπάνες εργασιών κατασκευής της σήραγγας (προεργασίες - στοές προσπέλασης και εξ' ολοκλήρου κατασκευή του εργοταξίου, διάνοιξη και προσωρινή υποστήριξη, τελική επένδυση, σύστημα αποστράγγισης, τοιμεντενέσεις κ.α.)
- Δαπάνες ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων (εγκατάσταση υδραυλικών, πυρόσβεσης, φωτισμού, φωτεινής σηματοδότησης και σήμανσης, οδοφωτισμός, τηλεφωνική εγκατάσταση, εγκατάσταση πυρανίχνευσης, εγκατάσταση αερισμού, σύστημα μέτρησης της ορατότητας και των CO/NO, εγκατάσταση υποσταθμού παροχής ηλεκτρικής ενέργειας, εγκατάσταση εποπτείας και ελέγχου, εγκατάσταση τηλεόρασης κλειστού κυκλώματος κ.α.)

Στις παραπάνω δαπάνες προστίθενται τα εξής:

- τα γενικά έξοδα και το όφελος του εργολάβου και καθορίζεται σε ποσοστό 18% του αθροίσματος των παραπάνω δαπανών ενώ καταβάλλεται στην Ανάδοχο εταιρεία,
- τα απρόβλεπτα τα οποία κοστολογούνται στο 9-15% περίπου του συνόλου των δαπανών,
- η αμοιβή των μελετών και της γεωτεχνικής έρευνας και
- οι δαπάνες που αφορούν στις εκάστοτε αναθεωρήσεις (σημειώνεται ότι η τελική τιμή του κόστους των δαπανών που υπολογίζονται στην παρούσα εργασία στο Κεφαλαίο_3 είναι υπολογισμένες για το πρώτο τρίμηνο του 2030, εκτός αν αναγράφεται διαφορετικά, ενώ στο Κεφάλαιο_4 όπου ακολουθεί η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων όλα τα κόστη έχουν αναχθεί (αναθεωρηθεί) σε σημερινές τιμές).

Τελικώς, η συνολική δαπάνη που προκύπτει επιβαρύνεται με το Φ.ΠΑ. Ενώ οι τιμές που θα χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό των προσμετρήσεων θα προέρχονται από το τιμολόγιο προσφοράς του έργου ή αν υπάρχουν τροποποιήσεις του αρχικού προϋπολογισμού θα βασίζονται σε αυτές.

Αξίζει να σημειωθεί ότι στις τιμές μονάδας του τιμολογίου δεν περιέχεται το εργολαβικό ποσοστό για γενικά και επισφαλή έξοδα καθώς και το όφελος του εργολάβου. Όλες οι τιμές μονάδας του τιμολογίου, με το εργολαβικό ποσοστό, αναφέρονται σε μονάδες τελείως περαιωμένης εργασίας ή προμήθειας υλικών και καλύπτουν όλες τις δαπάνες και εργασίες ακόμα και όταν δεν κατονομάζονται αλλά απαιτούνται για την έντεχνη και πλήρη εκτέλεση κάθε εργασίας.

2.10_Πορίσματα Αναλύσεων για το Κόστος των Υπογείων Έργων, που Έχουν γίνει σε Παγκόσμιο Επίπεδο

Στην ελληνική βιβλιογραφία δεν υπάρχουν ολοκληρωμένες εργασίες που να αφορούν στο κόστος των οδικών σηράγγων αν και γίνονται μελέτες ανάλυσης κόστους σηράγγων από την Εγνατία Οδό. Αντιθέτως, στη διεθνή βιβλιογραφία υπάρχουν αναφορές αν και περιορισμένες οι οποίες όμως αφορούν σε μεμονωμένες περιπτώσεις και το δείγμα των προς ανάλυση στοιχείων τους είναι πολύ μικρό για να εξαχθούν ασφαλή γενικά συμπεράσματα.

Είναι σαφές λοιπόν, ότι υπάρχει η ανάγκη αναλυτικής εξέτασης των παραμέτρων της δαπάνης κατασκευής των υπογείων έργων σε παγκόσμιο επίπεδο μιας και σε αυτά κυρίαρχο ρόλο διαδραματίζει η παράμετρος της αβεβαιότητας.

Τις τελευταίες δεκαετίες υπάρχουν πολλές αναφορές που τονίζουν τις συχνές υπερβάσεις κόστους κυρίως στην κατασκευή σηράγγων. Με την υψηλή ζήτηση για τη βελτιωμένη υποδομή στη χλιετία που διανύουμε και τους περιορισμούς που τίθενται από το περιβάλλον, από χωροταξική άποψη και τις αυξανόμενες κοινωνικές ανάγκες η

κατασκευή των υπόγειων έργων όλο και αυξάνεται. Για τούτο τον λόγο, ο κίνδυνος υπερβάσεων του αρχικού κόστους θα πρέπει να αναλυθεί και περιοριστεί (Rigby, 1999).

Έχει αποδειχτεί ότι η κατασκευή των υπόγειων έργων είναι σαφώς δαπανηρή και δύσκολη στη διαχείριση της, είναι λοιπόν αναγκαία η προσπάθεια για σημαντική μείωση των συνολικών δαπανών της. Τούτο μπορεί να επιτευχθεί με πιο περιεκτική στρατηγική διαχείρισης και ορθολογικό προσδιορισμό του αρχικού κόστους, ώστε να μετριαστούν οι κίνδυνοι κατά την κατασκευή (Reilly, 2002).

Δεδομένου ότι σχεδόν όλα τα υπόγεια έργα εμπεριέχουν υψηλό ποσοστό αβεβαιότητας υπάρχει ανάγκη να περιοριστεί αυτή ενσωματώνοντας τη γνώση που έχει αποκτηθεί στην κατασκευή στη λήψη των αποφάσεων καθώς και από την σωστή και ολοκληρωμένη γεωτεχνική έρευνα (Charman & Ward, 2000).

Όπως έχει προαναφερθεί, τα υπόγεια έργα χαρακτηρίζονται κυρίως από τους γεωλογικούς σχηματισμούς που συναντώνται κατά την διάνοιξή τους και από τους οποίους καθορίζονται σε όλες οι φάσεις κατασκευής η μεθοδολογία διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης και συνεπώς οι σχετικές δαπάνες. Ο καθορισμός των γεωλογικών σχηματισμών έχει επικρατήσει να θεωρείται η πιο προβληματική πτυχή κάθε ανάλυσης κόστους υπογείων έργων, εξαιτίας τόσο της ύπαρξης πολλών συνήθως διαφορετικών απόψεων όσο και της απουσίας συνήθως εργαστηριακών στοιχείων για τον προσδιορισμό της ποιότητας του υπεδάφους για τον σωστό και έγκυρο προγραμματισμό της κατασκευής. Άλλωστε, οι γεωτεχνικές συνθήκες έχουν κρίσιμη επιρροή στην ασφάλεια και στην δυνατότητα κατασκευής του έργου. Εξαιρέση αποτελούν οι δύσκολες γεωλογικές συνθήκες στις οποίες ακόμα και η πιο λεπτομερής εργαστηριακή ανάλυση με επί τόπου δοκιμές δεν μπορούν ποτέ να αποκαλύψουν πλήρως τις πραγματικές συνθήκες (Kolic, 2001).

Οι Sinfield και Einstein (1998) έκαναν προσπάθεια παραμετροποίησης του κόστους μικρής διαμέτρου σηράγγων (περίπου 5m) με στόχο τον προσδιορισμό ενός συστήματος προκοστολόγησης σηράγγων για τη μεταφορά εμπορευμάτων σε μεγάλα αστικά κέντρα. Εστίασαν στο κόστος κατασκευής σε σχέση με τη διάμετρο της σήραγγας μη λαμβάνοντας υπόψη άλλα σημαντικά στοιχεία, όπως την ποιότητα του υπεδάφους, την μέθοδο εκσκαφής, τα μέτρα προσωρινής υποστήριξης, την επίδραση του υπόγειου νερού κλπ. Όμως, το δείγμα που χρησιμοποιήθηκε ήταν πολύ μικρό για να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα για παρόμοια έργα.

Το 2001 η ελβετική εταιρεία σηράγγων (Swiss Tunneling Society) δημοσίευσε τα αποτελέσματα έρευνας σχετικά με το τελικό κόστος σηράγγων στην Ελβετία που περιλάμβανε δείγμα 1200 σηράγγων με συνολικό μήκος 1600km, και οι οποίες αποτελούν περίπου το ένα τρίτο των ελβετικών σηράγγων. Πρέπει να σημειωθεί ότι η έρευνα αφορούσε σήραγγες μόνο υπόγειας και όχι ανοικτής εκσκαφής (Cut & Cover ή Cover & Cut). Το κόστος προσωρινής και μόνιμης επένδυσης, από τη μελέτη που έγινε, κυμαίνεται από 110 €/m³ για καλής ποιότητας βραχώμαζες έως 1077 €/m³ για πτωχής ποιότητας βραχώμαζες.

Οι Flyvbjerg et al. (2002) επιβεβαίωσαν με στατιστική επεξεργασία του κόστους 258 έργων ότι οι σήραγγες είναι έργα που παρουσίασαν μεγάλες υπερβάσεις κόστους με μέσο όρο 34%. Μόνο τα σιδηροδρομικά έργα παρουσίασαν μεγαλύτερη υπέρβαση κόστους με μέσο όρο 45%. Από την έρευνα προέκυψε ότι το κόστος των μελετώμενων έργων είχε υποεκτιμηθεί σε ποσοστό 90% του δείγματος. Συγκεκριμένα για τα οδικά έργα οι

πραγματικές δαπάνες υπερβαίνουν κατά μέσο όρο το εκτιμώμενο κόστος – κόστος προϋπολογισμού, ενώ για το συνολικό δείγμα το εκτιμώμενο κόστος ήταν 28% υψηλότερο του πραγματικού – τελικού κόστους. Οι Flyvbjerg et al. (2002) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η υποεκτίμηση της προκοστολόγησης αποτελεί παγκόσμιο φαινόμενο μιας και παρατηρήθηκε σε 5 ηπείρους, ενώ φαίνεται να είναι πιο έντονη στις αναπτυσσόμενες χώρες. Η υποεκτίμηση του κόστους δεν έχει μειωθεί τα τελευταία 70 χρόνια καθώς δεν εφαρμόζονται μέθοδοι βελτίωσης της ακριβούς – έγκυρης εκτίμησης του κόστους. Τέλος, **η υποεκτίμηση του κόστους δεν οφείλεται σε λάθος εκτιμήσεις και εξηγείται με καλύτερα με τη διαστρέβλωση των αποτελεσμάτων, δηλαδή, παρουσίαση ψευδών στοιχείων.**

2.10.1_Ανάλυση Κόστους Κατασκευής Υπογείων Θαλάμων

Οι Zhao et. al. (1999) στην προσπάθεια εκτίμησης του κόστους κατασκευής ενός υπόγειου θαλάμου στην περιοχή της Σιγκαπούρης κατάφεραν να συσχετίσουν το κόστος κατασκευής με τις διάφορες κατηγορίες της προς όρυξη βραχώμαζας. Πρέπει να σημειωθεί ότι το κόστος κατασκευής υπολογίστηκε για δύο πιθανές θέσεις κατασκευής του υπόγειου θαλάμου, όπου στη μεν πρώτη θα λειτουργούσε για την αποθήκευση προπανίου –περιοχή Pandang- ενώ στη δεύτερη θα εξυπηρετούσε πολλαπλούς σκοπούς –NTU campus (Πίνακας_2.7). Οι γεωλογικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή μελέτης αποτελούνται από ένα σύστημα ιζηματογενών σχηματισμών και κυρίως από εναλλαγές ιλυόλιθου, ψαμμίτη, φυλλίτη, ασβεστόλιθου, κλπ. Επίσης, το σύστημα που υιοθετήθηκε για τη γεωτεχνική ταξινόμηση της βραχώμαζας ήταν το σύστημα Q του Barton (Πίνακας_2.8), καθώς επίσης, το κόστος κατασκευής που υπολογίστηκε περιλαμβάνει τα εξής επιμέρους κόστη:

- το κόστος διάνοιξης και αποκόλλησης επιφανών όγκων για τα έργα προσπέλασης (στοές) και του υπόγειου θαλάμου,
- το κόστος διάτρησης και ενεμάτωσης,
- το κόστος προσωρινής και μόνιμης υποστήριξης,
- το κόστος μεταφοράς των παραγόμενων προϊόντων από τη διάνοιξη και
- τα έμμεσα κόστη.

Πίνακας_2.7: Εκτιμώμενο κόστος κατασκευής υπόγειου θαλάμου για τις προτεινόμενες δύο θέσεις (Zhao et al., 1999)

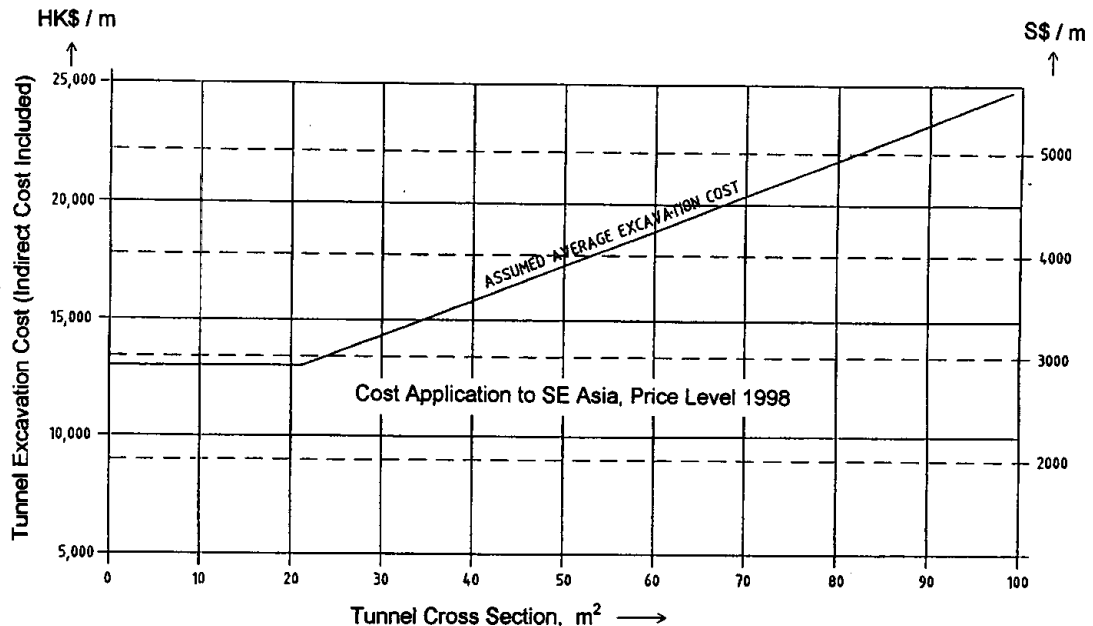
	Propane storage caverns at Pandang (S\$x1000)	Multi-purpose caverns at NTU campus (S\$x1000)
Main caverns	8,300	10,080
Interconnecting tunnels	468	1,090
Access tunnels	1,262	7,800
Vertical shaft	5,400	1,450
Construction chamber	666	-
Water gallery tunnel	1,837	-
Portals works	-	500
Mechanical and instrumentation	13,000	-
Sub-total	31,933	20,920
Contingencies (at 15%)	4,790	3,140
Engineering design (at 10%)	3,193	2,090
Total costs	39,916	26,150

Πίνακας_2.8: Καταλληλότητα και κόστος κατασκευής υπόγειου θαλάμου για τις διάφορες κατηγορίες βραχώμαζας (Zhao et al., 1999)

Rock Mass Quality Q-value Description	Suitability of Rock Mass for Cavern Development	Indicative Unit Cost for Cavern Excavation & Support S\$/m ³
0.001-1 Extremely poor to very poor	Rock mass generally unsuitable for cavern construction	-
1 - 4 Poor	Cavern development technically feasible, although rock support costs relatively high	80-120
4-10 Fair	Suitable for cavern development	60-90
10-40 Good	Highly suitable for cavern development	55-70
40-1000 Very good to extremely good	Excellent for cavern development	50-60

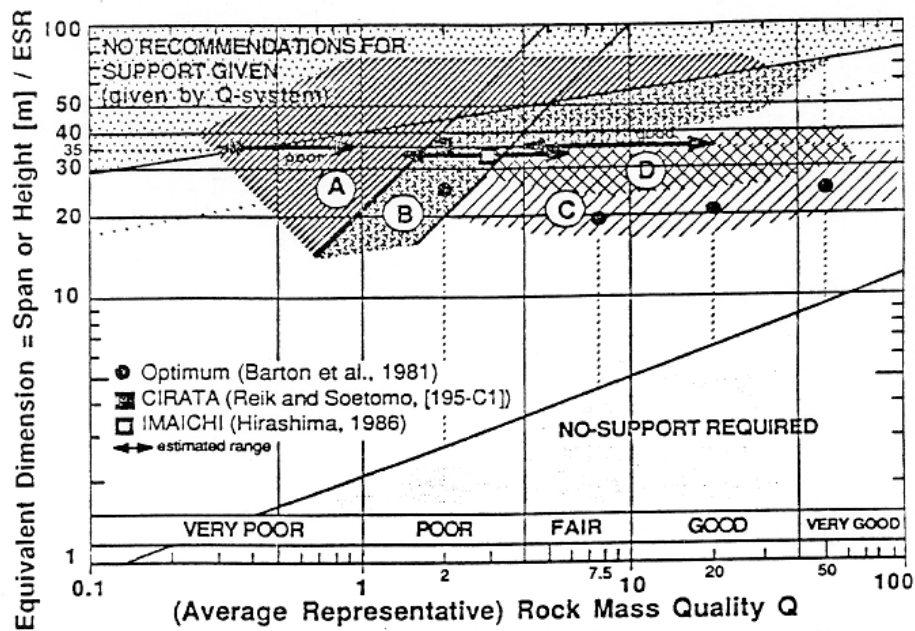
Το μέσο κόστος εκκαφής και προσωρινής υποστήριξης που προκύπτει από τον Πίνακα_2.8 ανέρχεται στα 570\$/m³. Συμπεριλαμβανομένου και του κόστους των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων καθώς και εξόδων που μπορεί να προκύψουν από μη προβλεπόμενες καταστάσεις οι Zhao et. al (1999) κατέληξαν ότι το κόστος κατασκευής ενός υπόγειου θαλάμου αποθήκευσης προπανίου ανέρχεται στα 5387\$/m³, που πιστεύεται ότι είναι ανταγωνιστικό του κόστους κατασκευής μιας αντίστοιχης επιφανειακής όμως μονάδας αποθήκευσης. Το εκτιμώμενο κόστος κατασκευής ενός υπόγειου θαλάμου στη θέση NTU campus (Πίνακας_2.7) δεν περιλαμβάνει το κόστος των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων.

Στο Σχήμα_2.9 παρουσιάζεται η διακύμανση του κόστους εκκαφής ενός υπόγειου θαλάμου διατομής μέχρι 100m² σε καλής ποιότητας βραχώμαζα.



Σχήμα_2.9: Καμπύλη κόστους εκκαφής ενός θαλάμου για διάφορες διατομές (Zhao et al., 1999)

Στο Σχήμα 2.10 (Barton et al., 1981) παρουσιάζονται σχηματικά οι περιοχές κατασκευής μεγάλων υπόγειων εκοκαφών, συναρτήσει της ποιότητας βραχώμαζας κατά Q, του μεγέθους της εκοκαφής.



Περιοχές Κατασκευής Υπόγειων Θαλάμων	
A	Πολλοί κίνδυνοι, δεν συνιστάται.
B	Πιθανώς εφικτή, αλλά δύσκολη.
C	Πλέον οικονομική, συνθήκες χαμηλού κινδύνου.
D	Συνθήκες φυσιολογικού κινδύνου.

Σχήμα 2.10: Δυνατότητες κατασκευής υπόγειων θαλάμων σε σχέση με την ποιότητα της βραχώμαζας (Barton et al., 1981)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΟΣΤΟΥΣ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΟΔΙΚΩΝ ΣΗΡΑΓΓΩΝ

3.1_Εισαγωγή

Όπως προαναφέρθηκε στο Κεφάλαιο_2, στην ελληνική βιβλιογραφία δεν υπάρχουν ολοκληρωμένες εργασίες - μελέτες που να αφορούν στο κόστος των οδικών σηράγγων αν και τα τελευταία έτη γίνονται προσπάθειες από την Εγνατία Οδό (Λαμπρόπουλος et al., 2005) και άλλους ερευνητές.

Η ανάγκη αναλυτικής εξέτασης των παραμέτρων της δαπάνης κατασκευής των υπογείων έργων και συγκεκριμένα των σηράγγων είναι επιτακτική τόσο σε ελληνικό όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο.

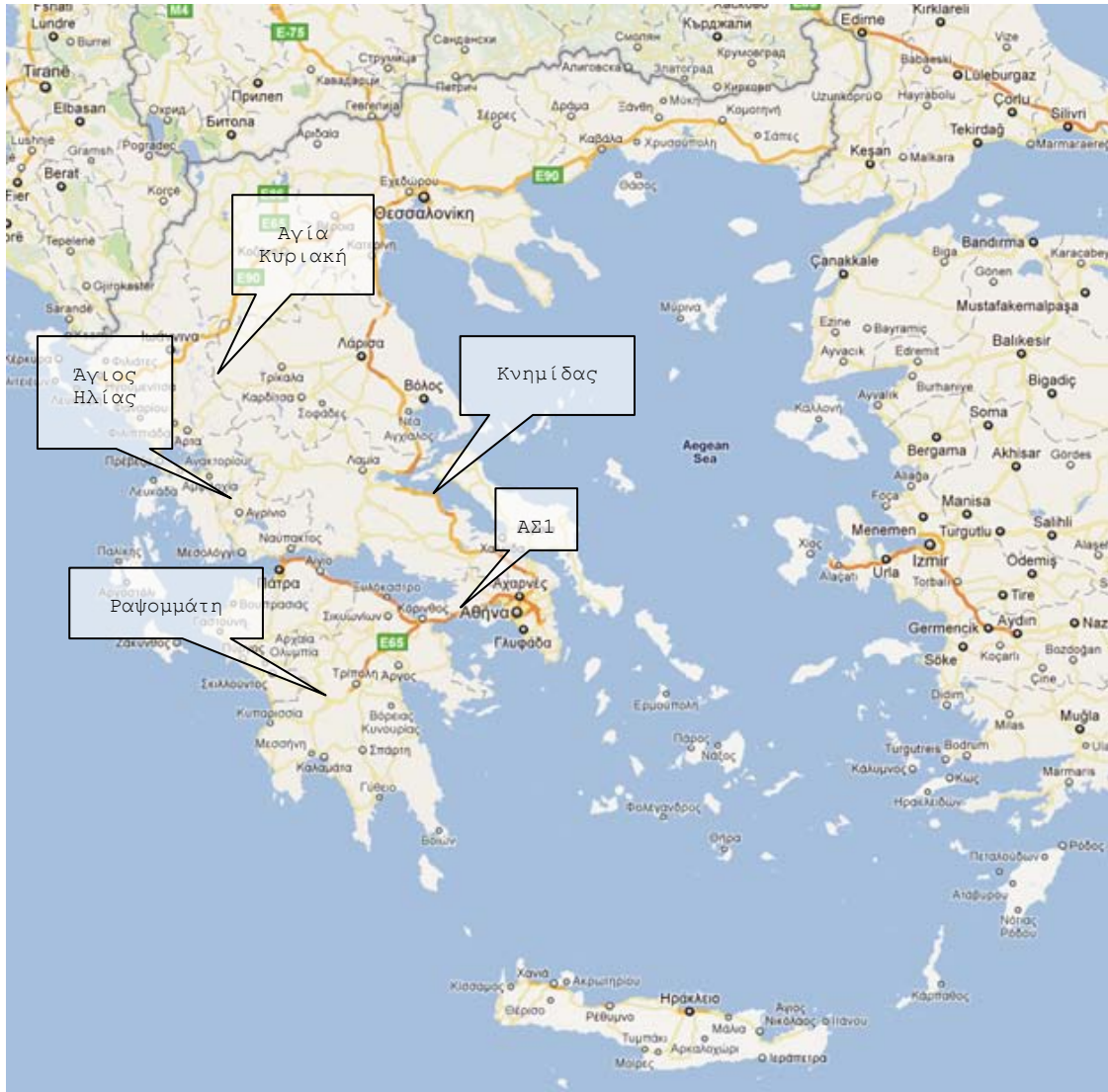
Στην κατεύθυνση αυτή στοχεύει το αντικείμενο της εργασίας αυτής, ενώ παράλληλα αποσκοπεί στην παρουσίαση μιας διαφορετικής οπτικής για την διαμόρφωση του κόστους κατασκευής μιας σήραγγας ώστε να αποτελέσει στο μέλλον υπόβαθρο για την ταχεία εκτίμηση του κόστους διάνοιξης (εκσκαφής και προσωρινής υποστήριξης) οδικών σηράγγων.

3.2_Περιγραφή Ανάλυσης

Στις παραγράφους που ακολουθούν γίνεται ανάλυση 5 οδικών ελληνικών σηράγγων (Σήραγγα Ραψομαμάτη, Άγιου Ηλία, Αγίας Κυριακής, ΑΣ1 και Κνημίδας), Εικόνα_3.1. Αρχικά, γίνεται μια μικρή περιγραφή του έργου και παρουσιάζονται τα γεωλογικά και γεωτεχνικά στοιχεία που διέπουν κάθε σήραγγα. Βάσει αυτών των στοιχείων προκύπτουν οι τυπικές διατομές που εφαρμόστηκαν για κάθε κατηγορία βραχώμαζας. Τελικώς, γίνεται ανάλυση κόστους για κάθε τυπική διατομή και προκύπτει το κόστος διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης ανά μέτρο μήκους και ανά κυβικό μέτρο σύμφωνα με τους προϋπολογισμούς των σηράγγων που συλλέχτηκαν από το Υπουργείο Υ.ΠΟ.ΜΕΔΙ. (τέως Υ.ΠΕ.ΧΩΔΕ.).

Στο σημείο αυτό είναι εύλογο να αναφερθεί ότι οι προϋπολογισμοί των έργων και οι προμετρήσεις των τυπικών διατομών έγιναν σε διαφορετικά χρονικά διαστήματα και επομένως παρουσιάζονται διαφορετικές τιμές μονάδος. Επίσης, όλα τα στοιχεία που παρουσιάζονται έχουν τιμολογηθεί σύμφωνα με τα Νέα Ενιαία Τιμολόγια του Α΄ Τριμήνου του 2003 και έχουν αναθεωρηθεί με τους αντίστοιχους συντελεστές αναθεωρήσεις των ΑΤΕΟ και ΑΤΥΕ ανάλογα με την περίοδο που συντάχθηκε ο εκάστοτε προϋπολογισμός, εκτός αν αναγράφεται διαφορετικά. Στο Κεφάλαιο_4 που ακολουθεί γίνεται η περαιτέρω ανάλυση των στοιχείων κόστους που προκύπτουν στο Κεφάλαιο_3.

Η επιλογή των 5 συγκεκριμένων οδικών σηράγγων έγινε κυρίως βάσει των γεωλογικών συνθηκών μιας και καλύπτουν μεγάλο εύρος του ελληνικού γεωλογικού περιβάλλοντος. Επίσης, η κατασκευή και των 5 σηράγγων ολοκληρώθηκε μέσα στη τελευταία επταετία, ενώ οι κοστολογήσεις και των πέντε έγιναν βάσει των Νέων Ενιαίων Τιμολογίων (NET) και επομένως τα στοιχεία που θα προκύψουν θα ανταποκρίνονται στην ελληνική πραγματικότητα.



Εικόνα_3.1: Χάρτης της Ελλάδος
(<http://maps.google.com/>)

3.2.1_Σήραγγα Ραψομμάτη (αριστερός κλάδος)

Περιγραφή Έργου

Η σήραγγα Ραψομμάτη είναι διπλού κλάδου και αποτελεί τμήμα του οδικού άξονα Τρίπολη - Καλαμάτα της Νέα Εθνικής Οδού (Εικόνα_3.2).



Εικόνα_3.2: Νέα Εθνική Οδός Τρίπολη – Καλαμάτα (<http://www.alfavita.gr/artro.php?id=16691>)

Ο άξονας του υπογειού έργου έχει κατεύθυνση Α προς Δ με είσοδο (Ανατολικό Μέτωπο) πλησίον του χωριού Μαρμαριά, ενώ η έξοδος αυτού (Δυτικό Μέτωπο) στις παρυφές του χωριού Ραψομαμάτη. Διέρχεται από σχηματισμούς της ενότητας Πίνδου, ενώ το έργο περιλαμβάνει (Εικόνα_3.3):

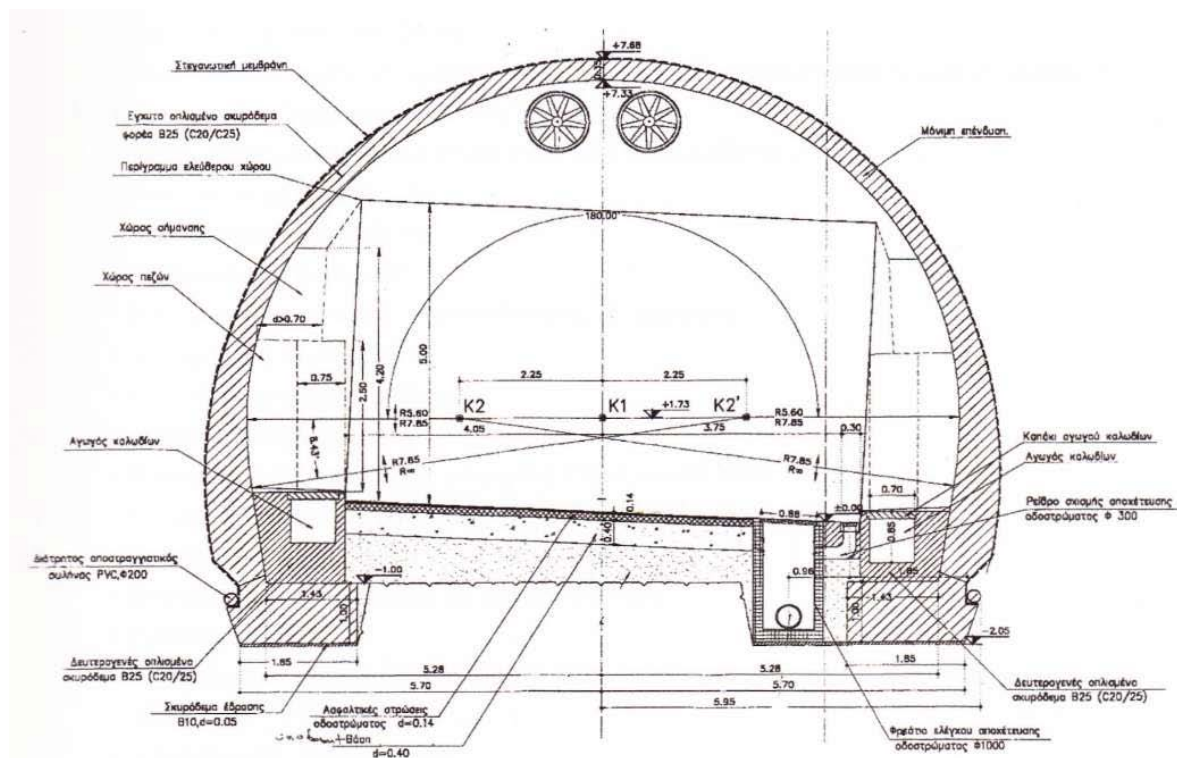
- 1.320m καθαρής υπόγειας εκσκαφής
- κατασκευή Cut & Cover ανατολικού μετώπου μήκους 32,5m
- κατασκευή Cut & Cover δυτικού μετώπου μήκους 14,5 m



Εικόνα_3.3: Δίδυμη σήραγγα Ραψομαμάτη (<http://www.kalamatablogs.gr/2010/03/23/>)

Η τυπική διατομή της σήραγγας (Σχήμα_3.1), είναι τρικεντρική πεταλοειδής με τα παρακάτω γεωμετρικά χαρακτηριστικά:

- Το μέγιστο εμβαδόν της εκοκαφθείσας διατομής ήταν 98m², ενώ το εμβαδόν της ωφέλιμης είναι 56m²
- Πλάτος λωρίδας κυκλοφορίας 3,75m
- Έρεισμα σε κάθε λωρίδα κυκλοφορίας 0,30m x 2
- Πεζοδρόμια σε κάθε πλευρά, πλάτους 1,35m - 1,45m
- Μέγιστο επιτρεπόμενο ύψος κυκλοφορίας 5,00m
- Μέγιστο ύψος στην κλειδα 7,20m
- Ύψος πεζοδρομίων 0,15m
- Ελεύθερο ύψος κυκλοφορίας 5,00m - μέγιστο ύψος 7,21m
- Εγκάρσια κλίση οδοστρώματος (μονοκλινής) 2-7%



Σχήμα_3.1: Διατομή χρήσης σήραγγας Ραφιομάτη
(http://www.eesy.gr/uploads/5/8/0103_Deltio.pdf)

Στη σήραγγα έχει κατασκευαστεί χώρος στάθμευσης οχημάτων με συνολικό μήκος 49,5m, ενώ για έκτακτες ανάγκες κατασκευάστηκαν δύο εγκάρσιες στοές για συνένωση (επικοινωνίες διαφυγής) με των σηράγγων. Ανά 50m υπάρχουν ερμάρια (εσοχές) για την εγκατάσταση των στοιχείων των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων. Η εγκατάστασή τους γίνεται και στις δύο παρειές, σε αντικριστά σημεία. Τέλος, έχουν κατασκευαστεί φρεάτια, ανά 50m, εναλλάξ των δύο παρειών της σήραγγας, για την επιθεώρηση του συστήματος αποχέτευσης, καθώς και φρεάτια (και στις δυο πλευρές της σήραγγας), ανά 100m, για τον έλεγχο του εσωτερικού στραγγιστικού σωλήνα.

Οι κύριες εργασίες κατασκευής των σήραγγων ήταν:

- Εκοκαφή - διάνοιξη και εφαρμογή των μέτρων άμεσης αντιστήριξης της σήραγγας
- Υδρομάστευση - Υδατοστεγάνωση - Αποστράγγιση
- Κατασκευή τελικής επένδυσης
- Οδοστρωσία-κατασκευή αγωγού διέλευσης καλωδίων-κατασκευή φρεατίων επίσκεψης
- Κατασκευή πεζοδρομίων πλάτους 1,35m
- Ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις που περιλαμβάνουν:
 - Εγκατάσταση υδραυλικών
 - Εγκατάσταση πυρόσβεσης
 - Εγκατάσταση φωτισμού
 - Εγκατάσταση φωτεινής σηματοδότησης & σήμανση
 - Τηλεφωνική εγκατάσταση
 - Εγκατάσταση πυρανίχνευσης
 - Εγκατάσταση αερισμού
 - Εγκατάσταση συστήματος μέτρησης CO & ορατότητας
 - Εγκατάσταση υποσταθμών παροχής ηλεκτρικής ενέργειας
 - Εγκατάσταση συστημάτων εποπτείας & ελέγχου
 - Εγκατάσταση συστήματος ραδιοεπικοινωνιών
 - Εγκατάσταση CCTV
 - Εγκατάσταση συστημάτων κτηρίων εξυπηρέτησεως και λοιπών μηχανημάτων σήραγγας
 - Εγκατάσταση οδοφωτισμού

Στοιχεία Σύμβασης του Έργου

Κύριος του έργου είναι το Ελληνικό δημόσιο με φορέα επίβλεψης και κατασκευής το Υ.Π.Ε.ΧΩ.ΔΕ / ΕΥΔΕ - ΟΣΥΕ / τμήμα Τρίπολης. Η οριστική μελέτη της σήραγγας εκπονήθηκε από την κοινοπραξία Οδοσήραγγες - Πανγαία Σύμβουλοι Μηχανικοί Ε.Π.Ε. και την Όμικρον Κάπα Μελετητική Ε.Π.Ε., ενώ την κατασκευή της ανέλαβε η κοινοπραξία των ΑΚΤΩΡ Α.Τ.Ε. - ΑΒΑΞ Α.Ε. - ΕΤΕΘ Α.Ε. Χρέη τεχνικού συμβούλου εκτέλεσε η κοινοπραξία Bung - Γενική Μελετών. Η σύμβαση υπεγράφη στις 27 Αυγούστου του 1999 και προέβλεπε την ολοκλήρωση του έργου μέχρι τις 27 Μαρτίου του 2003. Οι εργασίες διάνοιξης, υποστήριξης και τελικής επένδυσης της σήραγγας έχουν περαιωθεί και το έργο παραδόθηκε τον Μάρτιο του 2010. Ο προϋπολογισμός της μελέτης ήταν 19.011.005€ (χωρίς τον Φ.Π.Α.) ενώ της προσφοράς ήταν 12.917.428€ (χωρίς τον Φ.Π.Α.).

Γεωλογία της Περιοχής

Η ευρύτερη περιοχή του έργου δομείται από σχηματισμούς της γεωτεκτονικής ζώνης Ωλονού - Πίνδου, καθώς και από λιμναίες αποθέσεις. Στην εν λόγω περιοχή, η ζώνη Ωλονού - Πίνδου εμφανίζεται επωθημένη επί της ζώνης Γαβρόβου - Τρίπολης. Η σήραγγα

διέρχεται, σε όλο της το μήκος από Πινδικούς σχηματισμούς. Οι εν λόγω γεωλογικοί σχηματισμοί διακρίνονται, σύμφωνα με τη γεωλογική μελέτη στους εξής:

- Σχηματισμούς των ανωκρητιδικών ασβεστόλιθων. Οι σχηματισμοί συνίστανται από λευκότερους έως τεφροπράσινους, λεπτοπλακώδεις έως μεσοπλακώδεις ασβεστόλιθους, με ίχνη καρστικοποίησης.
- Σχηματισμούς της μεταβατικής ζώνης, από τους ασβεστόλιθους προς το φλύσχη του μέσου Κρητιδικού («πρώτος φλύσχη» της ζώνης Ωλονού - Πίνδου). Οι εν λόγω, άμεσα υποκείμενοι του ορίζοντα των ανωκρητιδικών ασβεστόλιθων με ψαμμίτες, κερατόλιθους και πηλίτες. Επικρατούν, εν γένει, οι ψαμμιτικοί πηλιτικοί σχηματισμοί του Φλύσχη.

Πιο συγκεκριμένα, κατόπιν αξιολόγησης των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από τις γεωτρήσεις, τις επί τόπου και τις εργαστηριακές δοκιμές, η μελέτη προέβλεπε τους εξής σχηματισμούς στην στενή περιοχή του έργου:

- Ανώτερη ασβεστολιθική φάση. μέσοστρωματώδεις έως παχυστρωματώδεις ασβεστόλιθοι με ίχνη καρστικοποίησης. Με την αύξηση του βάθους πιο λεπτοπλακώδεις. Προβλεπόμενο ποσοστό συνάντησης περί του 29% επί του συνολικού υπογείου έργου.
- Κατώτερη ασβεστολιθική φάση, λεπτοπλακώδεις ασβεστόλιθοι με ενστρώσεις αργιλικών σχιστολιθών και πηλιτών. Έντονα πτυχωμένος σχηματισμός με προβλεπόμενο ποσοστό συνάντησης περί του 44% επί του συνολικού υπογείου έργου.
- Μεταβατική φάση, εναλλαγές αργιλικών σχιστολιθών, πηλιτών και λίγων ασβεστόλιθων. Έντονα πτυχωμένος σχηματισμός, σχιστοποιημένος, με χαρακτηριστικές δομές διάτμησης και αποσφηνώσεων ασβεστολιθικών τεμαχών. Προβλεπόμενο ποσοστό συνάντησης περί του 27% επί του συνολικού υπογείου έργου και κυρίως στο δυτικό μέτωπο προς Ραψομάτη.

Η αλλαγή κλίσης των στρωμάτων, ο σχηματισμός μισοαγγείας, που παρατηρούνται κοντά στην έξοδο της σήραγγας προς Ραψομάτη αποτελούν ενδείξεις που παραπέμπουν στην πιθανότητα ύπαρξης ρήγματος στην εν λόγω περιοχή. Κάτι τέτοιο, ωστόσο, δεν έχει διαπιστωθεί με βεβαιότητα. Η ως παραπάνω γεωλογική θεώρηση αναφέρεται στη γεωλογική μελέτη και επιβεβαιώθηκε, σε σημαντικό βαθμό, και από τα αποτελέσματα της εκτελεσθείσας γεωτεχνικής έρευνας.

Γεωτεχνική Ταξινόμηση Βραχώμαζας

Τα αποτελέσματα της βαθμονόμησης σύμφωνα με το σύστημα ταξινόμησης της βραχώμαζας RMR (Rock Mass Rating) και RMR₉₉ κατά Bieniaski, σύμφωνα με τα στοιχεία της μελέτης, για κάθε γεώτρηση, στο βάθος διέλευσης του άξονα του υπόγειου έργου, παρουσιάζονται στον Πίνακα_3.1.

Πίνακας_3.1: Ταξινόμηση βραχώμαζας (ΕΥΔΕ/ΟΕΥΕ)

Γεώτρηση	Βάθος σήραγγας (m)	RMR	RMR ₈₉	Κατηγορία
Γ1	18-27	40-60	45-65	II-III
Γ2	18-27	35-45	40-50	III - IV
Γ3	100-120	47-63	52-68	II-III
Γ4	100-120	39-54	44-59	III
Γ5	102-112	39-52	44-57	III

Όπως φαίνεται, η βραχώμαζα κατατάχθηκε κυρίως στην κατηγορία III (μέτρια), κατά Bieniaski, με μικρές αποκλίσεις. Στην περιοχή της ανατολικής εισόδου του έργου (στόμιο Μαρμαριάς) η βραχώμαζα χαρακτηρίζεται από III - μέτρια έως II - καλή κυρίως λόγω της απουσίας νερού. Κοντά στην έξοδο προς Ραψομαμάτη, η βραχώμαζα κατατάχθηκε στην κατηγορία III - IV (μέτρια έως πτωχή) εξαιτίας του έντονου κατακερματισμού κυρίως, και της σαφώς χαμηλότερης αντοχής του άρρηκτου πετρώματος, σε μονοαξονική θλίψη σ_{cm} .

Για την ταξινόμηση της βραχώμαζας υιοθετήθηκε η συναξιολόγηση των προαναφερθέντων δεικτών και των αντίστοιχων τιμών του δείκτη GSI που αναπτύχθηκε στην παράγραφο_2.2.2.1. Έτσι, υιοθετήθηκαν έξι (6) κατηγορίες βραχώμαζας, τα χαρακτηριστικά των οποίων καταλαμβάνουν ένα ευρύ φάσμα τιμών του δείκτη GSI (με τιμές GSI: 60 - 15). Συγκεκριμένα:

Η **κατηγορία I** (τιμή GSI = 60), κατατάχθηκε ως προς τη δομή, στην κατηγορία που περιλαμβάνει βραχώμαζα συνιστώμενη από γωνιώδη τεμάχια (BLOCKY DISTURBED) και κατάσταση ασυνεχειών πολύ καλή (VERY GOOD).

Η **κατηγορία IIα** (τιμή GSI = 35) κατατάχθηκε, ως προς τη δομή, στην κατηγορία που περιλαμβάνει βραχώμαζα συνιστώμενη από γωνιώδη τεμάχια (BLOCKY DISTURBED) και κατάσταση ασυνεχειών ικανοποιητική (FAIR - σχετικά ομαλές επιφάνειες ασυνεχειών με ίχνη μερικής αποσάθρωσης και εξαλλοίωσης).

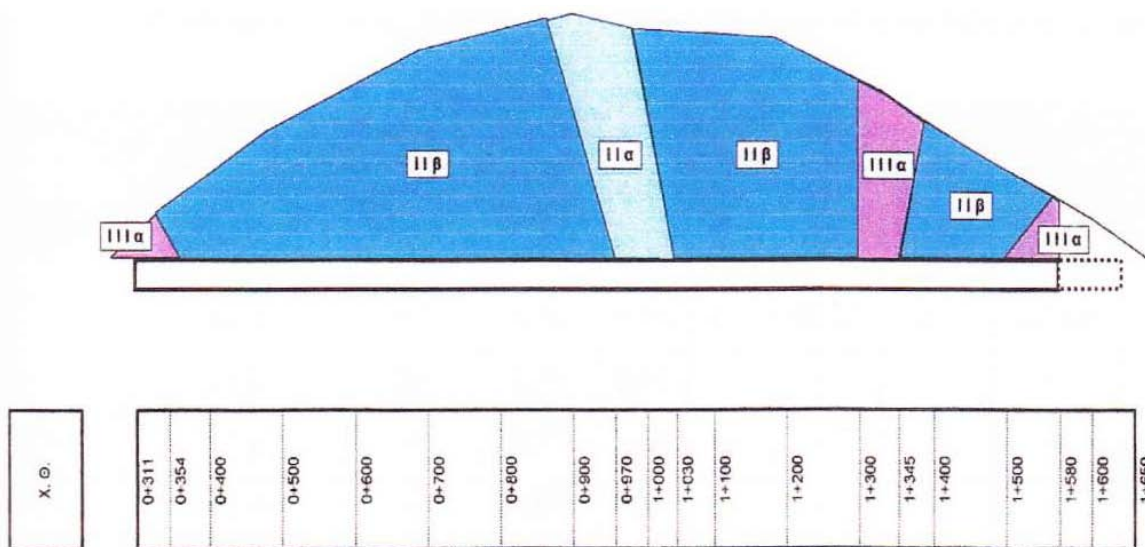
Η **κατηγορία IIβ** (τιμή GSI = 25) κατατάχθηκε ως προς τη δομή στην κατηγορία που περιλαμβάνει βραχώμαζα συνιστώμενη από γωνιώδη τεμάχια (BLOCKY DISTURBED) και κατάσταση ασυνεχειών πτωχή (POOR - ολισθηρά τοιχώματα σε κατάσταση αποσάθρωσης και αμμώδες ή χαλικώδες υλικό πλήρωσεως ικανού πάχους)

Η **κατηγορία IIγ** (τιμή GSI = 20) κατατάχθηκε ως προς τη δομή στην κατηγορία που περιλαμβάνει βραχώμαζα συνιστώμενη από γωνιώδη τεμάχια (BLOCKY DISTURBED) και κατάσταση ασυνεχειών πολύ πτωχή (VERY POOR - ολισθηρά τοιχώματα σε κατάσταση αποσάθρωσης και αργιλικό υλικό πλήρωσεως ικανού πάχους).

Οι συνθήκες που περιγράφονται στις κατηγορίες αναμένεται να επικρατούν στους σχηματισμούς της μεταβατικής ζώνης.

Για τις κατηγορίες IIIα και IIIβ (τιμή GSI = 15), ο σχηματισμός εκτιμήθηκε ως αποδομημένος (DISINTEGRATED) και η κατάσταση ασυνεχιών κυμαινόμενη μεταξύ πτωχής (POOR - ολισθηρά τοιχώματα σε κατάσταση αποσάθρωσης και αμμώδες ή χαλικώδες υλικό πλήρωσης ικανού πάχους) και πολύ πτωχής (VERY POOR - ολισθηρά τοιχώματα σε κατάσταση αποσάθρωσης και αργιλικό υλικό πλήρωσης ικανού πάχους). Οι εν λόγω συνθήκες αναμένεται να συναντηθούν σε έντονα τεκτονισμένες περιοχές (περιοχές ρηγμάτων ή επιπτώσεων, καθώς και σε περιοχές έντονα καρστικοποιημένου βράχου, (παρουσία μεγάλων εγκοίλων, πληρωμένων με αργιλικά και άλλα υλικά).

Στο Σχήμα_3.2 φαίνεται η κατά μήκος γεωλογική τομή που συναντήθηκε κατά τη διάνοιξη της σήραγγας.



Σχήμα_3.2: Κατά μήκος γεωλογική τομή της σήραγγας του Ραψοματίη (ΕΥΔΕ/ΟΣΥΕ)

Πίνακας_3.2: Συσχέτιση κατηγοριών βραχόμαζας (ΕΥΔΕ/ΟΣΥΕ)

Κατηγορία Βραχόμαζας	Δείκτης RMR ₉₅	Δείκτης GSI	Χ.Θ. Εφαρμογής	Εκτιμώμενο Υπερκεείμενο (m)	Μήκος Εφαρμογής (m)	% Συνολικού Μήκους
I	65	60	--	--	--	--
IIα	40	35	0+345 - 0+915	118	570	46,44%
IIβ	30	25	0+915 - 1+215	118	300	24,44%
IIγ	25	20	1+215 - 1+560	118	323,5	26,35%
IIIα	20	15	Αρχή - 0+345	25	34	2,77%
IVβ	20	15	--	118	--	--

Στον Πίνακα_3.2 παρουσιάζονται οι χιλιομετρικές θέσεις εφαρμογής καθεμιάς από τις επιλεγμένες κατηγορίες σύμφωνα με τη μελέτη, καθώς και τα εκτιμώμενα ύψη

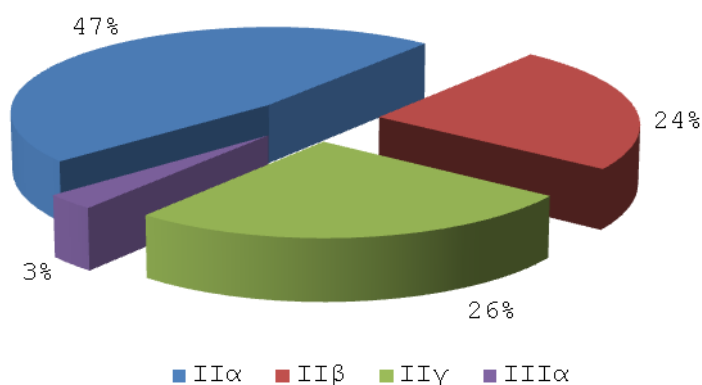
υπερκειμένων, που λήφθηκαν υπόψη στη διαδικασία υπολογισμού της άμεσης υποστήριξης, ανά κατηγορία.

Πίνακας_3.3: Ποσοστό εκτιμώμενης και πραγματικής εφαρμογής κάθε κατηγορίας (ΕΥΔΕ/ΟΣΥΕ)

Κατηγορία βραχόμαζας	Μήκος ανά κατηγορία βραχόμαζας κατά την εκσκαφή της σήραγγας (μέτρο μήκους)	Πραγματικό Ποσοστό %	Μήκος ανά κατηγορία βραχόμαζας σύμφωνα με τη μελέτη της Υπηρεσίας (μέτρο μήκους)	Εκτιμώμενο Ποσοστό %
IIα	57,00	4,64	570	46,44
IIβ	1.001,70	81,60	300	24,44
IIγ	50,80	4,14	323,5	26,35
IIIα	118,00	9,61	34	2,77
Σύνολο	1.227,50	100,00	1.227,50	100,00

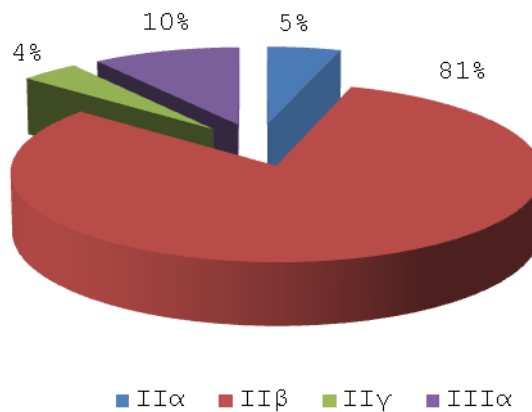
Στον Πίνακα_3.3 γίνεται φανερό ότι κατά τη διάνοιξη της σήραγγας τα εκτιμώμενα ποσοστά εμφάνισης των κατηγοριών βραχόμαζας που υπολογισθήκαν βάσει των γεωτεχνικών - γεωλογικών ερευνών (Σχήμα_3.3 διαφέρουν αρκετά από την πραγματικότητα (Σχήμα_3.4).

Ποσοστό ανά κατηγορία βραχόμαζας σύμφωνα με τη μελέτη της Υπηρεσίας



Σχήμα_3.3: Ποσοστό ανά κατηγορία βραχόμαζας σύμφωνα με τη μελέτη της Υπηρεσίας

Ποσοστό ανά κατηγορία βραχώμαζας που συναντήθηκε κατά την εκσκαφή

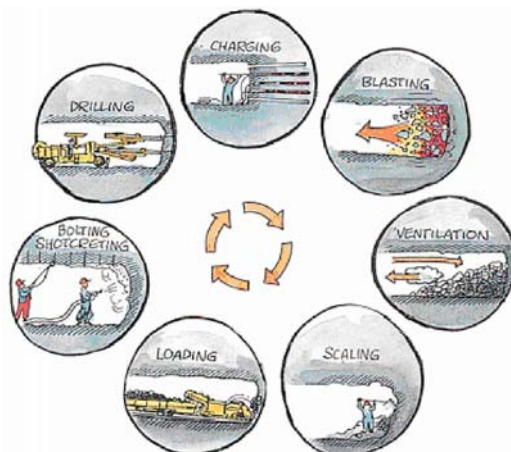


Σχήμα_3.4: Ποσοστό ανά κατηγορία βραχώμαζας που συναντήθηκε κατά την εκσκαφή

Επιλογή Μεθόδου Διάνοιξης (Εκσκαφή και Μέτρα Προσωρινής Υποστήριξης) Σήραγγας

Η εκσκαφή και άμεση υποστήριξη των προς ανάλυση σηράγγων βασίστηκε στις αρχές της Νέας Αυστριακής μεθόδου διάνοιξης της σηράγγων (N.A.T.M.). η εκσκαφή πραγματοποιήθηκε με τη συμβατική μέθοδο των διατρήσεων και ανατινάξεων (drill and blast), με χρήση διατρητικού φορείου (π.χ. jumbo). Εφαρμόσθηκε η τεχνική ελεγχόμενης ανατινάξης και διατρήματα κατάλληλου φορτίου για τον περιορισμό της διατάραξης της περιβάλλουσας βραχώμαζας (τεχνική των λείων τοιχωμάτων. Η αλληλουχία των εργασιών, όπως φαίνεται στο Σχήμα_3.5 περιλαμβάνει τη διάτρηση, τη γόμωση των διατρημάτων και έναυση των υπονόμων, αερισμός του μετώπου (απαγωγή αερίων), ξεσκάρωμα της περιμέτρου της εκσκαφής,, εφαρμογή των μέτρων άμεσης υποστήριξης.

Η εκσκαφή θα πραγματοποιηθεί σε δύο στάδια- φάσεις. Η εκσκαφή της Α' Φάσης (άνω τμήμα της σήραγγας με μέσο ύψος 6,00m).



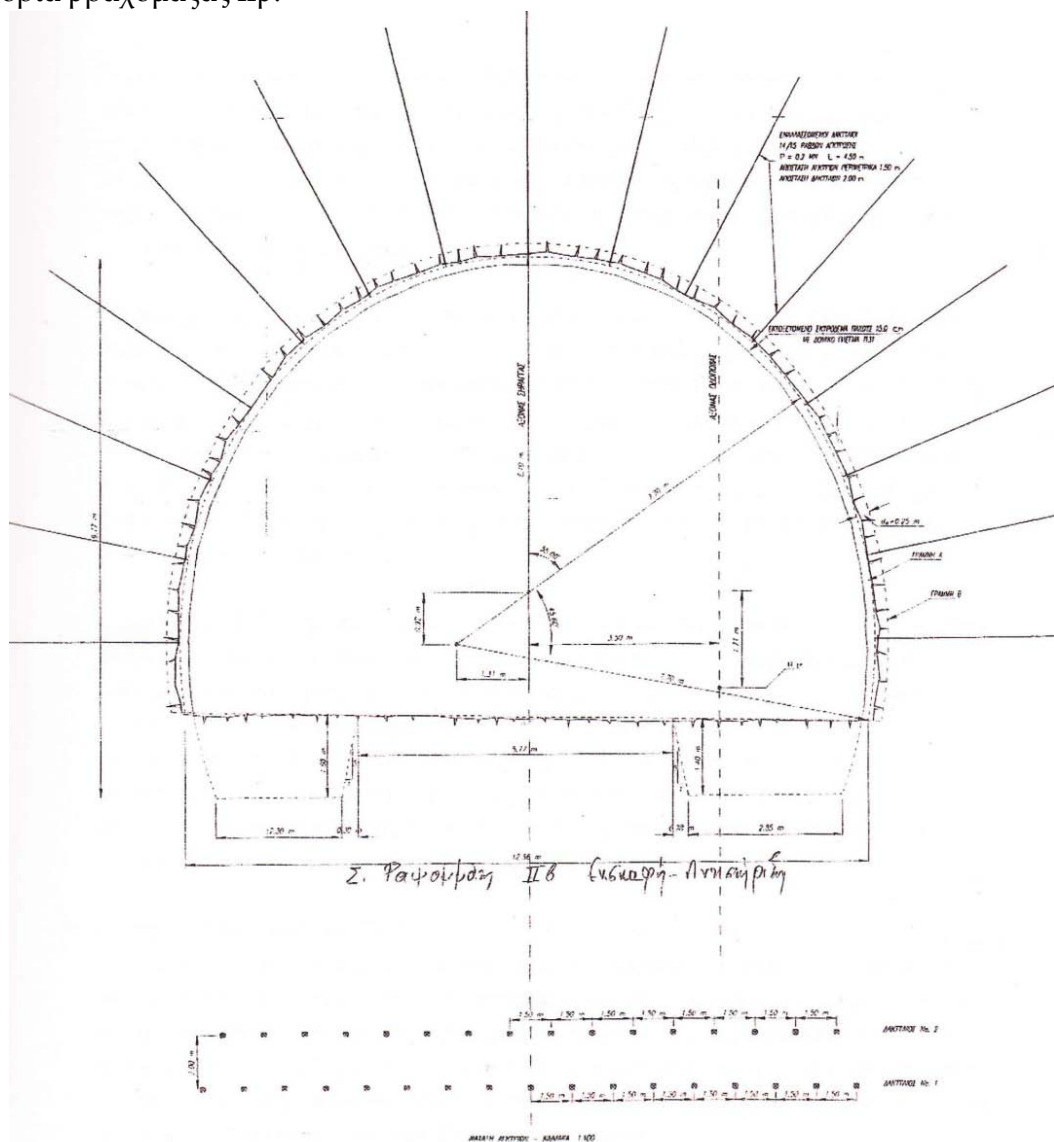
Σχήμα_3.5: Κύκλος διάτρησης - ανατινάξης (Σημειώσεις μαθήματος Εκμετάλλευση Μεταλλείων Ι, Καλιαμπάκος, 2009)

Η τοποθέτηση των μέτρων υποστήριξης ακολούθησε την εξής σειρά:

- αρχική - επιδερμική στρώση εκτοξευόμενου σκυροδέματος
- τοποθέτηση του τμήματος των δικτυωτών πλαισίων της άνω ημιδιατομής
- τοποθέτηση πλέγματος T131
- εφαρμογή της στατικά απαιτούμενης στρώσης εκτοξευόμενου σκυροδέματος
- τοποθέτηση αγκυριών.

Μετά την ολοκλήρωση της τοποθέτησης των μέτρων υποστήριξης για κάθε κατηγορία βραχόμαζας ανάλογα ακολουθήθηκε η ομαλοποίηση της επιφάνειας με εφαρμογή εξομαλυντικής στρώσης εκτοξευόμενου σκυροδέματος πάχους 5cm.

Στο Σχήμα_3.6 παρουσιάζεται μια τυπική διατομή και τα μέτρα υποστήριξης για κατηγορία βραχόμαζας ΙΙβ.



Σχήμα_3.6: Διάνοιξη σήραγγας σε βραχόμαζα κατηγορίας ΙΙβ (ΕΥΔΕ/ΟΣΥΕ)

Προϋπολογισμός Μελέτης της Σήραγγας Ραφοματίη

Στον Πίνακα_3.4 αναλύεται σε επιμέρους δαπάνες το σύνολο του κόστους της σήραγγας Ραφοματίη, όπως αυτό διαμορφώθηκε τελικά με το πέρας της πραγματοποίησης του έργου, δηλαδή για μήκος σήραγγας 1350m περίπου, χωρίς ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις και κατασκευή κτιρίων. Στις δαπάνες τελικής επένδυσης δεν συμπεριλαμβάνεται το κόστος βαφής της σήραγγας. Ωστόσο, από την προ μέτρηση, όπως αυτές προκύπτουν από την οριστική μελέτη της σήραγγας, το συνολικό κόστος της κατασκευής της σήραγγας (προεργασίες, διάνοιξη και υποστήριξη, αποστραγγίσις - τοιμεντενέσεις και διάφορα) σήραγγας, συμπεριλαμβανομένης και της οδοποιίας μέσα στη σήραγγα, ανέρχεται στα 6.572.225 € (ή 2.239.485.805δρχ) (χωρίς Ο.Ε.&Γ.Ε. και Φ.Π.Α.) που αντιστοιχεί σε μέσο κόστος 4.677 € / μέτρο μήκους (ή 1.593.452.δρχ./μέτρο μήκους).

Πίνακας_3.4: Προϋπολογισμός σήραγγας Ραφοματίη (ΕΥΔΕ/ΟΣΥΕ)

Αναλυτική διαμόρφωση κόστους έργου με το πέρας της πραγματοποίησης		
ΕΝΔΕΙΞΗ ΕΡΓΑΣΙΩΝ	ΔΑΠΑΝΗ ΑΝΑ ΕΡΓΑΣΙΑ (€)	% ΣΥΝ. ΔΑΠΑΝΗΣ
Α. ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ ΕΡΓΑ ΚΑΙ ΟΔΟΠΟΙΑ ΕΝΤΟΣ /ΕΚΤΟΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ		
ΧΩΜΑΤΟΥΡΠΚΑ	429.523,00	4,219%
ΤΕΧΝΙΚΑ ΕΡΓΑ	774.864,00	7,612%
ΟΔΟΣΤΡΩΣΙΑ- ΑΣΦΑΛΤΙΚΑ	45.194,00	0,444%
ΚΤΙΡΙΑ	0,00	0
ΣΥΝΟΛΟ	1.249.582,00	12,277%
Β. ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ		
ΠΡΟΕΡΓΑΣΙΕΣ	79.236,98	0,078%
ΔΙΑΝΟΞΗ ΚΑΙ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ ΣΗΡΑΓΓΑΣ	5.915.522,82	58,118%
ΤΕΛΙΚΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗ- ΒΑΦΗ	2.821.716,80	27,722%
ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΕΙΣ - ΤΕΙΜΕΝΤΕΝΕΣΕΙΣ- ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ	13.763,76	0,135%
ΔΙΑΦΟΡΑ (Όπως όργανα ελέγχου, συγκλίσεων, κ.λ.π.)	98.626,56	0,968%
ΣΥΝΟΛΟ	8.928.866,91	87,723%
ΓΕΝΙΚΟ ΑΦΟΡΓΙΣΜΑ ΔΑΠΑΝΩΝ (Σσ)	10.178.448,42	100%
ΓΕ & ΟΕ (18% * Σσ = ΣΣ)	1.832.120,72	
ΑΠΡΟΒΛΕΠΤΑ (Μέχρι το πέρας της παρούσας εργολαβίας, 9%)	29.347,03	
ΑΣΙΑ ΕΡΓΟΥ (= Σ1)	12.039.916,17	
ΑΜΟΙΒΕΣ ΠΑ ΜΕΛΕΤΕΣ - ΕΡΕΥΝΕΣ ΠΟΥ ΠΡΑΓΜΑΤΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ	25.043,36	
ΔΑΠΑΝΕΣ ΑΝΑΘΕΩΡΗΣΗΣ	1.285.007,92	
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΔΑΠΑΝΗ ΧΩΡΙΣ Φ.Π.Α. (= Σ2)	13.349.967,45	
ΔΑΠΑΝΗ Φ.Π.Α. (18%)	2.402.994,14	
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΔΑΠΑΝΗ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΜΕ Φ.Π.Α.	15.752.961,58	

Πρέπει να διευκρινιστεί ακόμα ότι στη δαπάνη της κατηγορίας «διάνοιξη και υποστήριξη σήραγγας», περιλαμβάνεται πέρα από το καθαρό κόστος των εργασιών διάνοιξης και άμεσης υποστήριξης της σήραγγας, και το κόστος του συστήματος υδατοστεγάνωσης της σήραγγας (που ανέρχεται στο 10% του συνολικού κόστους διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης), καθώς και το κόστος εκσκαφής στοών διαφυγής μικρής διατομής, εγκάρσιες στον άξονα της κύριας σήραγγας.

Στα τεχνικά έργα, περιλαμβάνεται και η κατασκευή των τεχνικών έργων στις περιοχές των στομιών και επομένως το κόστος των τεχνικών έργων δεν αντιπροσωπεύει άμεσα το αντίστοιχο του κόστους της σήραγγας.

Ο προϋπολογισμός έγινε βάσει των αναθεωρημένων τιμών μονάδος για το πρώτο τρίμηνο του 2003, τα γενικά έξοδα (Γ.Ε.) και το εργολαβικό όφελος (Ο.Ε.) καθορίζεται σε 18% της

συνολικής δαπάνης του έργου. Τα απρόβλεπτα υπολογίσθηκαν περίπου ίσο με το 9% του συνόλου των δαπανών, ενώ η συνολική δαπάνη του έργου που προκύπτει, επιβαρύνεται με Φ.Π.Α. της τάξης του 18%.

Υπολογισμός Κόστους Εκσκαφής και Άμεσης - Προσωρινής Υποστήριξης ανά Κατηγορία Βραχόμαζας

Στην παράγραφο αυτή γίνεται ο προσδιορισμός του κόστους εκσκαφής και προσωρινής υποστήριξης ανά μέτρο μήκους (μ.μ) για κάθε κατηγορία βραχόμαζας βάσει των προμετρήσεων ανά μέτρο που έχουν γίνει από τον Μελετητή για κάθε κατηγορία βραχόμαζας τυπικών διατομών, λαμβάνοντας υπόψη και την τελική εφαρμογή των μέτρων υποστήριξης της σήραγγας. Στους Πίνακες 3.5 έως 3.8 παρουσιάζονται αναλυτικά τα κόστη ανά μέτρο μήκους (€/μ.μ) κάθε τυπικής διατομής.

Πίνακας_3.5: Προμετρήσεις ανά μέτρο μήκους για την κατηγορία βραχόμαζας ΙΙα (GSI = 35)

Προμετρήσεις ανά μ.μ. για την κατηγορία βραχόμαζας ΙΙα (GSI = 35)							
α/α	α/α Τιμολογίου	Ενδειξη Εργασιών	Άρθρο Αναθεώρησης	Μονάδα Μέτρησης	Ποσότητα	Τιμή Μονάδος (€)	Δαπάνη (€)
1	H.1.1	Εκσκαφή (σήραγγας και θεμελίων) σε βραχώδεις έδαφος	ΥΔΡ-7020	m ³	99,57	23,48	2.337,67
2	H.II.17	Αποκομιδή προϊόντων γεωλογικών καταπτώσεων	ΟΔΟ-1420	m ³	0,40	4,11	1,64
3	H.2.1	Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα στατικού πάχους 10+5cm	ΥΔΡ-7017.8	m ³	3,51	79,24	278,12
4	H.II.9.23	Αγκύρια Swellex ικανότητας 20tn	ΥΔΡ-7024	m	19,13	9,98	190,88
5	H.II.8.4	Ράβδοι αγκύρωσης ολόσωμης χακτώσης S400, 0,2MN	ΥΔΡ-7024	m	4,50	7,92	35,66
6	H.4	Πλέγμα T131 τύπου StIV	ΥΔΡ-7018	kg	53,96	0,53	28,5
Συνολικό κόστος ανά μ.μ.							2.872,46
Προστίθεται Ο.Ε. & Γ.Ε. (18%)							517,04
Συνολικό κόστος ανά μ.μ. μετά Ο.Ε. & Γ.Ε.							3.389,51
Αναθεωρημένο κόστος ανά μ.μ.							4.070,12
Προστίθεται ο Φ.Π. Α. (18%)							732,62
Κόστος ανά μέτρο μήκους σήραγγας με Φ.Π.Α.							4.802,74

Πίνακας_3.6: Προμετρήσεις ανά μέτρο μήκους για την κατηγορία βραχώμαζας IIβ (GSI = 25)

Προμετρήσεις ανά μ.μ. για την κατηγορία βραχώμαζας IIβ (GSI = 25)							
α/α	α/α Τιμολογίου	Ενδειξη Εργασιών	Αρθρο Αναθεώρησης	Μονάδα Μέτρησης	Ποσότητα	Τιμή Μονάδος (€)	Δαπάνη (€)
1	H-1.1	Εκσκαφή (σήραγγας και θεμελίων) σε βραχώδες έδαφος	ΥΔΡ-7020	m ³	104,45	23,48	2.452,24
2	H-II.17	Αποκομιδή προϊόντων γεωλογικών καταπτώσεων	ΟΔΟ-1420	m ³	0,418	4,11	1,72
3	H-2.1	Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα στατικού πάχους 15+5cm	ΥΔΡ-7017.8	m ³	4,81	79,24	381,13
4	H-II.8.4	Ράβδοι αγκυρωσης ολόσωμης πάκτωσης S400, 0,2MN	ΥΔΡ-7024	m	34,00	7,92	269,41
5	H-4	Πλέγμα T131 τύπου StIV	ΥΔΡ-7018	kg	55,41	4,42	29,27
Συνολικό κόστος ανά μ.μ.							3.133,76
Προστίθεται Ο.Ε. & Γ.Ε. (18%)							564,08
Συνολικό κόστος ανά μ.μ. μετά Ο.Ε. & Γ.Ε.							3.697,84
Αναθεωρημένο κόστος ανά μ.μ.							4.440,36
Προστίθεται ο Φ.Π. Α. (18%)							799,27
Κόστος ανά μέτρο μήκους σήραγγας με Φ.Π.Α.							5.239,63

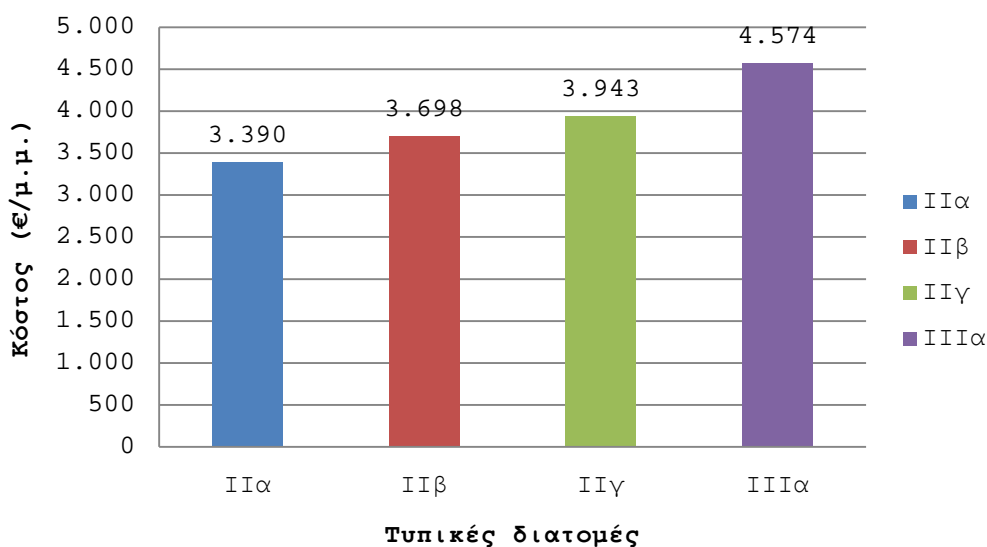
Πίνακας_3.7: Προμετρήσεις ανά μέτρο μήκους για την κατηγορία βραχώμαζας IIγ (GSI = 20)

Προμετρήσεις ανά μ.μ. για την κατηγορία βραχώμαζας IIγ (GSI = 20)							
α/α	α/α Τιμολογίου	Ενδειξη Εργασιών	Αρθρο Αναθεώρησης	Μονάδα Μέτρησης	Ποσότητα	Τιμή Μονάδος (€)	Δαπάνη (€)
1	H-1.1	Εκσκαφή (σήραγγας και θεμελίων) σε βραχώδες έδαφος	ΥΔΡ-7020	m ³	109,78	23,48	2.577,37
2	H-II.17	Αποκομιδή προϊόντων γεωλογικών καταπτώσεων	ΟΔΟ-1420	m ³	0,519	4,11	2,13
3	H-2.1	Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα στατικού πάχους 15+5cm	ΥΔΡ-7017.8	m ³	5,33	79,24	422,33
4	H-II.8.4	Ράβδοι αγκυρωσης ολόσωμης πάκτωσης S400, 0,2MN	ΥΔΡ-7024	m	9,00	7,92	71,32
5	H-II.9.23	Αγκύρια Swellex ικανότητας 20tn	ΥΔΡ-7024	m	23,63	9,98	235,78
6	H-4	Πλέγμα T131 τύπου StIV	ΥΔΡ-7018	kg	61,45	0,53	32,46
Συνολικό κόστος ανά μ.μ.							3341,40
Προστίθεται Ο.Ε. & Γ.Ε. (18%)							601,45
Συνολικό κόστος ανά μ.μ. μετά Ο.Ε. & Γ.Ε.							3.942,84
Αναθεωρημένο κόστος ανά μ.μ.							4.734,57
Προστίθεται ο Φ.Π. Α. (18%)							852,22
Κόστος ανά μέτρο μήκους σήραγγας με Φ.Π.Α.							5.586,79

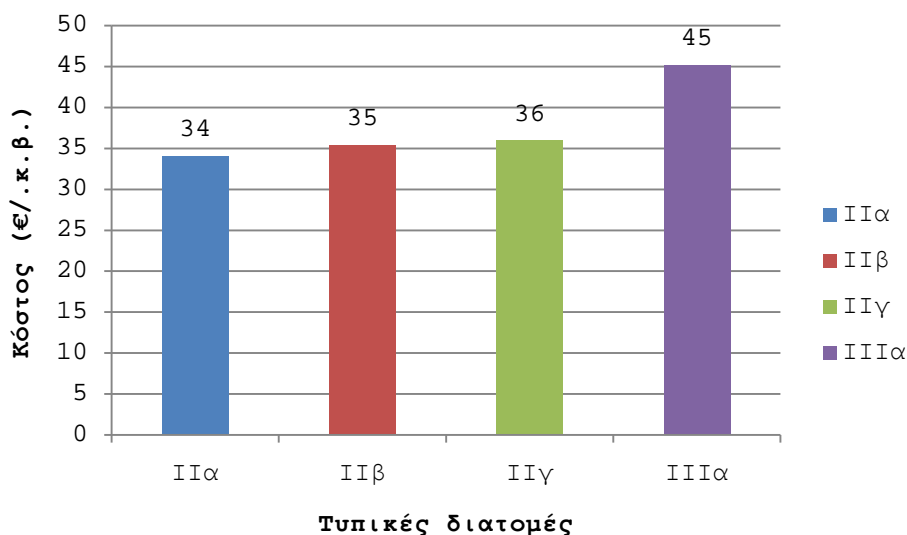
Πίνακας_3.8: Προμετρήσεις ανά μέτρο μήκους για την κατηγορία βραχώμαζας IIIα (GSI = 15)

Προμετρήσεις ανά μ.μ. για την κατηγορία βραχώμαζας IIIα (GSI = 15)							
α/α	α/α Τιμολογίου	Ενδειξη Εργασιών	Αρθρο Αναθεώρησης	Μονάδα Μέτρησης	Ποσότητα	Τιμή Μονάδος (€)	Δαπάνη (€)
1	H-1.1	Εκσκαφή (σήραγγας και θεμελίων) σε βραχώδες έδαφος	ΥΔΡ-7020	m ³	101,35	23,48	2.379,46
2	H-II.17	Αποκομιδή προϊόντων γεωλογικών καταπτώσεων	ΟΔΟ-1420	m ³	0,41	4,11	1,67
3	H-2.1	Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα στατικού πάχους 20+5cm	ΥΔΡ-7017.8	m ³	6,05	79,24	479,38
4	H-II.8.4	Ράβδοι αγκυρωσης ολόσωμης πάκτωσης S400, 0,2MN	ΥΔΡ-7024	m	58,00	7,92	459,57
5	H-6	Μεταλλικά Υποστηλώματα HEB 140	ΥΔΡ-7027	kg	997,20	0,53	526,77
6	H-4	Πλέγμα T131 τύπου StIV	ΥΔΡ-7018	kg	55,78	0,53	29,47
Συνολικό κόστος ανά μ.μ.							3.876,32
Προστίθεται Ο.Ε. & Γ.Ε. (18%)							697,74
Συνολικό κόστος ανά μ.μ. μετά Ο.Ε. & Γ.Ε.							4.574,05
Αναθεωρημένο κόστος ανά μ.μ.							5.492,52
Προστίθεται ο Φ.Π. Α. (18%)							988,65
Κόστος ανά μέτρο μήκους σήραγγας με Φ.Π.Α.							6.481,17

Έτσι, προκύπτουν τα ακόλουθα διαγράμματα (Σχήμα_3.7 & Σχήμα_3.8) για τις 4 τυπικές διατομές των αντίστοιχων κατηγοριών βραχόμαζας (IIα - GSI = 30, IIβ - GSI = 25, IIγ - GSI = 20, IIIα - GSI = 15).



Σχήμα_3.7: Κόστος εκσκαφής και άμεσης υποστήριξης σήραγγας ανά κατηγορία βραχόμαζας και ανά μέτρο μήκους για τη σήραγγα Ραψομμάτη (πραγματικό κόστος μετά του Ο.Ε. & Γ.Ε. χωρίς Φ.Π.Α.)



Σχήμα_3.8: Κόστος εκσκαφής και άμεσης υποστήριξης σήραγγας ανά κατηγορία βραχόμαζας και ανά κυβικό μέτρο για τη σήραγγα Ραψομμάτη (πραγματικό κόστος μετά του Ο.Ε. & Γ.Ε. χωρίς Φ.Π.Α.)

Συμπεράσματα

Από την ανάλυση που πραγματοποιήθηκε και τα γεωλογικά στοιχεία της περιοχής γίνεται η θεώρηση ότι η σήραγγα Ραψομμάτη (αριστερός κλάδος) διανοιχθηκε σε μέτριας ποιότητας βραχώμαζας (Κατηγορία IIβ). Κάτι που επιβεβαιώνεται από τις τιμές του δείκτη RMR, όπως αυτές καταγράφηκαν κατά την διάνοιξη της σήραγγας και προκύπτει ένας μέσος όρος GSI=25.

Συγκρίνοντας, το κόστος διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης ανά μέτρο μήκους και ανά κατηγορία διατομής, μπορούμε να βγάλουμε το συμπέρασμα ότι το κόστος (€)/μ.μ κυμαίνεται μεταξύ των 3.390 - 4.575 €/μ.μ. Ο μέσος όρος του κόστους διάνοιξης, όπως προκύπτει από τα πραγματικά μήκη εφαρμογής των κατηγοριών είναι 3.900 €/μ.μ.

Τέλος, εξετάζοντας τις επιμέρους δαπάνες σε κάθε κατηγορία βραχώμαζας παρατηρούμε ότι η δαπάνη της εκσκαφής (μαζί με το κόστος αποκομιδής προϊόντων γεωλογικών καταπτώσεων) καλύπτει ουσιαστικά το μεγαλύτερο μέρος του συνολικού κόστους διάνοιξης και άμεσης αντιστήριξης, με ποσοστό που κυμαίνεται από 44% έως και 58%. Ακολουθεί η το κόστος για την εφαρμογή του εκτοξευόμενου σκυροδέματος, με ποσοστά που κυμαίνονται από 7,5% έως 9,6% (μαζί με το κόστος του πλέγματος). Τέλος, το κόστος των ηλώσεων για τις τρεις πρώτες κατηγορίες αποτελεί το 5,6 - 8,4% του συνόλου, ενώ για την κατηγορία IIIα το κόστος εφαρμογής των πλαισίων αποτελεί το 9,6% του συνολικού κόστους. Άρα συμπεραίνουμε ότι σε σήραγγες που διανοίγονται σε μέτρια ποιότητα βραχώμαζας, περίπου το 50% του συνολικού κόστους διάνοιξης αποτελεί η εκσκαφή, ενώ οι ηλώσεις αποτελούν το φθηνότερο μέτρο αντιστήριξης

3.2.2_Σήραγγα Αγίου Ηλίας

Περιγραφή Έργου

Η οδική σήραγγα του Αγίου Ηλίας, με συνολικό μήκος 790m περίπου, αποτελεί τμήμα της Παραϊόνιας Οδού (Εικόνα_3.4), από το τέλος της παράκαμψης Γουριάς έως το ρέμα του Γαϊδουροπνίχτη και διαπερνά τον ορεινό όγκο του Αμάραντα, στο νομό της Αιτωλοακαρνανίας.



Εικόνα_3.4: Παραϊόνια Οδός
(<http://www.kolivas.de>)

Σύμφωνα με τα συμβατικά στοιχεία, η σήραγγα είναι μονού κλάδου, διπλής κατεύθυνσης με μια λωρίδα κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση, ενώ στο έργο κατασκευής του συνολικού έργου συμπεριλήφθηκε και η κατασκευή επιμέρους τμημάτων με την τεχνική της ανοικτής εκσκαφής και επανεπίκωσης (Cut & Cover). Στην ευρύτερη περιοχή του έργου απαντώνται αλπικοί σχηματισμοί της Ιονίου γεωτεκτονικής ζώνης και μεταλπικοί σχηματισμοί του Νεογενούς. Το έργο (Εικόνα_3.5) περιλαμβάνει:

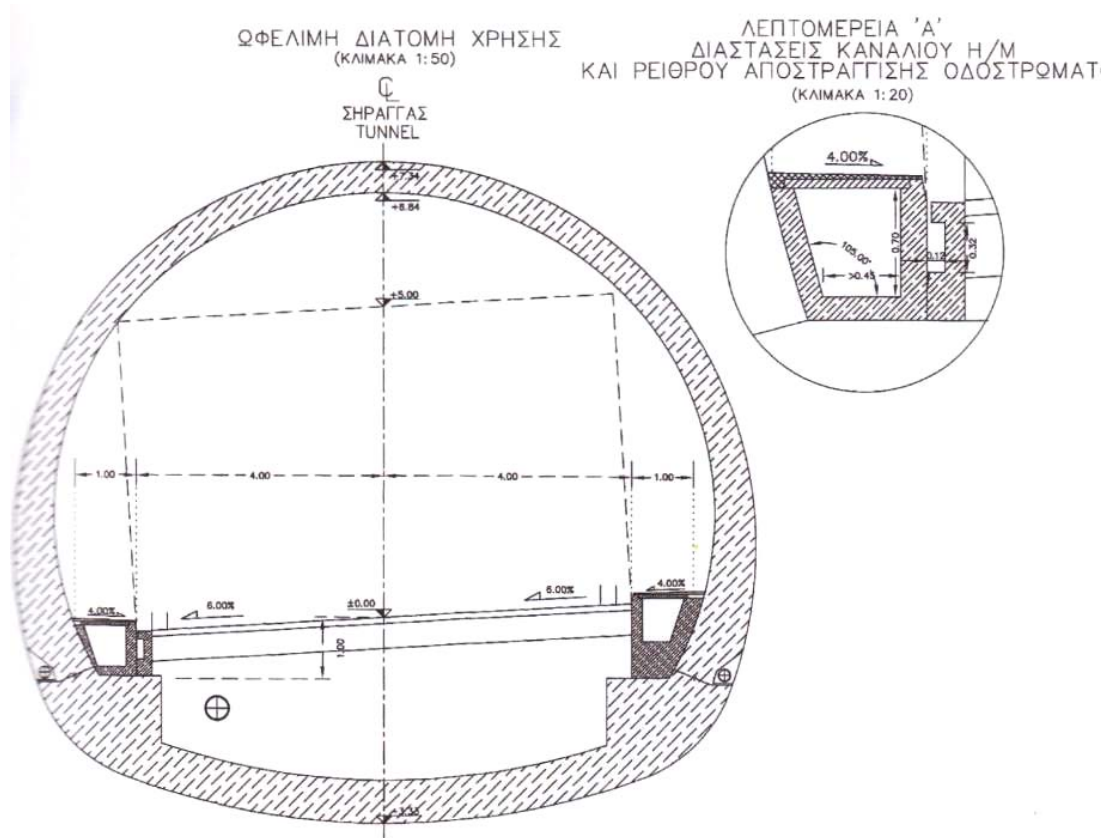
- 623m καθαρής υπόγειας εκσκαφής
- κατασκευή Cut & Cover ανατολικού μετώπου μήκους 121m
- προπλάισιο μήκους 24m στο ανατολικό μέτωπο
- κατασκευή Cut & Cover δυτικού μετώπου μήκους 11m
- προπλάισιο μήκους 11m στο δυτικό μέτωπο



Εικόνα_3.5: Σήραγγα Αγίου Ηλία
(http://etoliko-news.blogspot.com/2010/06/blog-post_9829.html)

Η τοπική διατομή της σήραγγας (Σχήμα_3.9), είναι τρικεντρική πεταλοειδής με τα παρακάτω γεωμετρικά χαρακτηριστικά:

- Πλάτος λωρίδων κυκλοφορίας $2 \times 4,00\text{m}$ (δύο λωρίδες πλάτους $3,75\text{m}$. και δύο ερείσματα πλάτους $0,25\text{m}$).
- Εύρος πεζοδρομίου σε κάθε πλευρά $2 \times 1,00\text{m}$
- Συνολικό εύρος οδοστρώματος $8,00\text{m}$
- Εύρος διατομής στο ύψος των πεζοδρομίων $9,50\text{m}$
- Εμβαδόν διατομής χρήσης $43,95\text{m}^2$
- Ελεύθερο ύψος $5,00\text{m}$.- μέγιστο ύψος $6,80\text{m}$
- Μονοκλινής 2%
- Μήκος 644m



Σχήμα_3.9: Διατομή χρήσης σήραγγας Αγίου Ηλία
(http://www.eesy.gr/uploads/5/8/0103_Deltio.pdf)

Η διατομή εκοκαφής της σήραγγας ήταν πεταλοειδής με χρήση κλειστού δαπέδου με ανάστροφο τόξο (invert). Το μέγιστο εμβαδόν της εκοκαφθείσας διατομής ήταν 125m² ενώ το εμβαδόν της ωφέλιμης είναι 53m². Οι διαστάσεις του καθαρού περιτοπώματος για την κυκλοφορία των οχημάτων εντός της σήραγγας καθορίστηκαν σε ύψος 5m και πλάτος 8m. Οριζοντιογραφικά η σήραγγα είναι σε ευθυγραμμία και η κατά μήκος κλίση στα πρώτα 72m από την είσοδο είναι +2,7%, στα επόμενα 560m είναι -0,6% και στα τελευταία 158m είναι -5,1%, ενώ η επικλίση σε όλο το μήκος είναι 2%.

Στη σήραγγα εξαιτίας του μικρού μήκους της δεν έχει προβλεφθεί κατασκευή χώρου στάθμευσης. Ανά 50m υπάρχουν ερμάρια (εσοχές) για την εγκατάσταση των στοιχείων των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων καθώς επίσης, έχουν κατασκευαστεί φρεάτια, ανά 50m, εναλλάξ των δύο παρειών της σήραγγας, για την επιθεώρηση του συστήματος αποχέτευσης, καθώς και φρεάτια (και στις δυο πλευρές της σήραγγας), ανά 100m, για τον έλεγχο του εσωτερικού στραγγιστικού σωλήνα.

Στοιχεία Σύμβασης του Έργου

Το έργο κατασκευής της οδικής σήραγγας του Αγ. Ηλία αρχικά μελετήθηκε από την Ειδική Υπηρεσία Δημοσίων Έργων / Οδικών Σηράγγων & Υπογείων Έργων (ΕΥΔΕ / ΟΣΥΕ) του Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ. Η οριστική μελέτη της σήραγγας εκπονήθηκε από την Όμιλον

Κάπα Μελετητική ΕΠΕ - Ingenieurburo EDR GmbH, ενώ την κατασκευή της ανέλαβε η κοινοπραξία των ΕΥΚΛΕΙΔΗΣ ΑΤΕ, ΘΕΜΕΛΗ ΑΕ και ΤΡΙΤΩΝ ΑΤΕ. Η σύμβαση υπεγράφη στις 19 Αυγούστου του 1999, προϋπολογισμού 14.308.800€

Γεωλογία της Περιοχής

Η περιοχή του έργου βρίσκεται μεταξύ των οικισμών Στάμνα και Αγίου Ηλία στα βορειοδυτικά της πόλης του Αιτωλικού. Η μορφολογία της περιοχής χαρακτηρίζεται από ήπιο γενικά ανάγλυφο με μέτριες έως μικρές κλίσεις, που καλύπτεται από θαμνώδη βλάστηση. Τοπικά το ανάγλυφο εμφανίζεται τραχύ και απότομο λόγω του έντονου τεκτονισμού της περιοχής και της διάλυσης γύψου και ανυδρίτη. Επίσης, σημαντικές είναι οι εμφανίσεις σπηλαιωδών διαλυσιγενών μορφών ποικίλων διαστάσεων (δολίνες), που είναι αποτέλεσμα διάλυσης του γύψου και του ανυδρίτη μέσα στο σχηματισμό των λατυποπαγών. Σύμφωνα με τη διαίρεση του ελλαδικού χώρου σε γεωτεκτονικές ενότητες η ευρύτερη περιοχή μελέτης ανήκει στη γεωτεκτονική ενότητα της Ιόνιας ζώνης. Οι γεωλογικοί σχηματισμοί που απαντώνται στην ευρύτερη περιοχή μελέτης, από τους παλαιότερους προς τους νεότερους είναι οι πιο κάτω:

- *Εβαπορίτες*, κυρίως γύψοι μικροκρυσταλλικοί, ανυδρίτης και ορυκτό αλάτι που πολλές φορές συνοδεύονται από ασβεστολιθικά λατυποπαγή. Τα κατώτερα όρια των εβαποριτών δεν είναι γνωστά.
- *Λατυποπαγή* (τριαδικής ηλικίας), ελαφρά έως μέτρια συνεκτικά, που κατά θέσεις περιλαμβάνουν τεφρούς ασβεστόλιθους, δολομίτες, χαμηλής αντοχής δολομιτωμένους ασβεστόλιθους και γύψους.
- *Νεογενείς σχηματισμοί*, αποτελούμενοι από μαργαϊκούς συνεκτικούς ασβεστόλιθους και μάργες, γκριζου χρώματος, με παρεμβολές ψαμμιτών, κροκαλοπαγών και φακοειδείς ενστρώσεις λιγνιτών και τύρφης.
- *Τεταρτογενείς αποθέσεις*. Περιλαμβάνουν τα πλευρικά κορήματα, αποσθρώματα, αποτελούμενα από άμμους, αργίλους, και λατύπες ψαμμιτών και μαργαϊκών ασβεστόλιθων, και σύγχρονες αποθέσεις πεδιάδας. Συναντώνται στην ευρύτερη περιοχή της ανατολικής εξόδου της σήραγγας.

Γεωτεχνική Ταξινόμηση Βραχώμαζας – Τεχνικογεωλογικές Ενότητες

Συναξιολογώντας τα αποτελέσματα των γεωτρήσεων, η μελέτη κατέταξε τους σχηματισμούς της περιοχής του έργου που ανήκουν στην Ιόνια γεωτεκτονική ζώνη, στις παρακάτω **τεχνικογεωλογικές ενότητες (ΤΕ)**:

ΤΕ1: στην ενότητα αυτή κατατάχθηκαν οι αμμοιλύες με χάλικες, οι αμμώδεις άργιλοι με χάλικια, τα αργιλώδη αμμοχάλικα, η αργιλοϊλυώδης μάργα που κατά θέσεις είναι ψαμμιτική (μαλακή έως μέτριας συνεκτικότητας, χαμηλής έως μέσης πλαστικότητας) και οι αργιλώδεις-λυώδεις μάργες.

ΤΕ2: στην ενότητα αυτή κατατάχθηκαν η αργιλική μάργα, αμμώδης κατά θέσεις (σκληρή, μέσης έως υψηλής πλαστικότητας), η αργιλική-λυώδης μάργα (μαλακή έως μέτριας συνεκτικότητας, μέσης έως υψηλής πλαστικότητας), η αργιλική μάργα με παρεμβολές λιγνιτικών οριζόντων, τα λεπτόκοκκα αμμοχάλικα με αργιλοϊλίες, οι λιγνίτες και οι εναλλαγές αργιλικής και αμμοιλυώδους έως αμμώδους μάργας (χαμηλής έως μέτριας πλαστικότητας).

ΤΕ3: στην ενότητα αυτή κατατάχθηκε η πρασινόπεφρη αργιλική μάργα, αμμώδης κατά θέσεις (σκληρή, μέσης έως υψηλής πλαστικότητας).

ΤΕ4: η γύψος, ο ανυδρίτης και οι ασβεστόλιθοι κατατάχθηκαν σε μια τεχνικογεωλογική ενότητα με τη θεώρηση ενός βραχώδους υποβάθρου.

Τυπικές Διατομές ανά Τεχνικολογικές Ενότητες

Κατηγορία Δ1: (περιοχή αμμώδους αργίλου) αμμώδης άργιλος με χάλικια, λατόπες, θραύσματα ασβεστόλιθων, κατά τόπους αργιλώδες αμμοχάλικο ενώ κοντά στο επίπεδο της ερυθράς πολύ σφιγρή άργιλος με πάρα πολλά χάλικια έως χαλικοπαγές. Διάνοιξη με μηχανικά μέσα, χρήση πυρήνα αντιστήριξης του μετώπου της άνω ημιδιατομής και κατασκευή προσωρινού και τελικού ανάστροφου τόξου. Προβλεπόμενο τμήμα εφαρμογής από Χ.Θ. 24+904 έως 25+020. Με κάποιες διαφοροποιήσεις που αφορούν στα μέτρα υποστήριξης, προβλέφθηκε και στο τμήμα από 25+020 έως 25+196 στο οποίο συναντήθηκαν οι εβαπορίτες.

Κατηγορία Δ5: (περιοχή μαργών) εδαφικού τύπου μαργαϊκός σχηματισμός με ενδιαστρώσεις οργανικής αργίλου-αργιλοϊλός και χαλικών. Εκτεταμένη χαλάρωση και αστάθεια μετώπου, αντοχή μικρότερη από τις αναπτυσσόμενες τάσεις. Διάνοιξη με μηχανικά μέσα, χρήση πυρήνα αντιστήριξης του μετώπου της άνω ημιδιατομής και κατασκευή προσωρινού και τελικού ανάστροφου τόξου. Προβλεπόμενο τμήμα εφαρμογής από Χ.Θ. 25+196 έως 25+349.

Κατηγορία Δ6: (περιοχή αργιλομαργαϊκού σχηματισμού) εδαφικού τύπου μαργαϊκός σχηματισμός με ενδιαστρώσεις οργανικής αργίλου-αργιλοϊλύος και χαλικών. Εκτεταμένη χαλάρωση και αστάθεια μετώπου, αντοχή πολύ μικρότερη από τις αναπτυσσόμενες τάσεις. Διάνοιξη με μηχανικά μέσα, χρήση πυρήνα αντιστήριξης του μετώπου της άνω ημιδιατομής και κατασκευή προσωρινού και τελικού ανάστροφου τόξου. Προβλεπόμενο τμήμα εφαρμογής από Χ.Θ. 25+349 έως 25+425.

Κατηγορία T7.1: αργιλική μάργα και παρεμβολές λιγνιτικών οριζόντων. Κατά θέσεις αμμοχάλικα με ποσοστά αργιλοϊλύων. Υψηλή πλαστικότητα και μέτρια συνεκτικότητα. Έντονη παρουσία νερού εντός του αμμοχάλικου, αρτεσιανή υδροφορία. Ζώνες εδαφοποιημένων υλικών και ζώνες διάτμησης πληρωμένες με αργιλοποιημένους σχηματισμούς που τοπικά συνδυάζονται με κατακερματισμένα υλικά. Διάνοιξη με μηχανικά μέσα, χρήση πυρήνα αντιστήριξης του μετώπου της άνω ημιδιατομής και κατασκευή προσωρινού και τελικού ανάστροφου τόξου. Προβλεπόμενο τμήμα εφαρμογής από Χ.Θ. 25+425 έως 25+527.

Κατηγορία T7.2: αργιλική μάργα, σκληρή, μέσης έως υψηλής πλαστικότητας. Τοπικά φακοί ασβεστολιθικών κροκαλοπαγών, μεγάλης συνεκτικότητας. Στρώσεις αμμοχάλικου με μέτρια παρουσία νερού. Διάνοιξη με μηχανικά μέσα, χρήση πυρήνα αντιστήριξης μετώπου της άνω ημιδιατομής και κατασκευή προσωρινού και τελικού ανάστροφου τόξου. Προβλεπόμενο τμήμα εφαρμογής Χ.Θ. 25 + 425 έως 25 + 527.

Επιλογή Μεθόδου Διάνοιξης (Εκσκαφή και Μέτρα Προσωρινής Υποστήριξης) Σήραγγας

Η διάνοιξη της σήραγγας για όλες τις κατηγορίες προσωρινής υποστήριξης και επένδυσης γίνεται με προπορεία του άνω μισού με προσωρινό ανεστραμμένο πυθμένα στο επίπεδο +0,43m από την ερυθρά. Η εκσκαφή του κάτω μισού της διατομής (βαθμίδα και ανάστροφος πυθμένας) ακολουθεί σε δεύτερη ανεξάρτητη φάση στο - 3,74m από την ερυθρά. Το βήμα προχώρησης της άνω ημιδιατομής είναι 1,0m ενώ της βαθμίδας 2,0m.

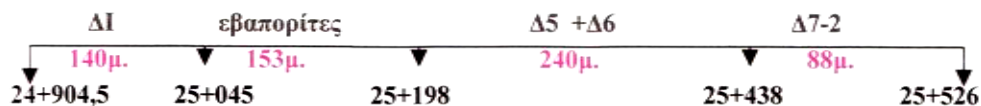
Η εκσκαφή επιλέχθηκε να γίνει μηχανική, είτε με χρήση κοινής αυτοκινούμενης υδραυλικής σφύρας, είτε με χρήση τοάπας.

Πίνακας_3.9: Μήκη εφαρμογής και χαρακτηριστικά τυπικών διατομών σύμφωνα με την εγκεκριμένη οριστική μελέτη σήραγγας Αγίου Ηλία

Κατηγορία προσωρινής υποστήριξης και μόνιμης επένδυσης	Γεωλογικοί σχηματισμοί-συνθήκες πετρώματος	Μηχανικές Παράμετροι	Χ.Θ. Εφαρμογής	Εκτιμώμενο Υπερκείμενο	Μήκος Εφαρμογής (m)	% συνολ. Μήκους (622,5μ)
Διατομή Δ1	Αμμώδης άργιλος με ετερογενή υλικά. Παρουσία υπόγειου νερού.	E=50MPa ν=0,3 K _ο =0,5 γ=21KN/m ³ c=60KPa φ=20°	Από Χ.Θ. 24+904,5 (δυτικό στόμιο) ως Χ.Θ. 25+196,5	Μέγιστο 15m περίπου	292,00	46,9%
Διατομή Δ5	Μαργαϊκός σχηματισμός με ενδιατρώσεις οργανικής αργίλου	E=150MPa ν=0,35 K _ο =0,7 γ=21KN/m ³ c=18 KPa φ=20°	Από Χ.Θ.25+196,5 ως Χ.Θ.25+349	Μέγιστο 75m περίπου	152,50	24,5%
Διατομή Δ6	Μαργαϊκός σχηματισμός με ενδιατρώσεις οργανικής αργίλου	E=100MPa ν=0,35 γ=21KN/m ³ c=150KPa φ=20°	Από Χ.Θ.25+349 ως Χ.Θ.25+425	Μέγιστα υπερκείμενα 50m περίπου	76,00	12,2%
Διατομή Τ7-1	Κάτω όριο της Τ.Ε.2 Αργιλική μάργα	E=40MPa ν=0,35 γ=21KN/m ³ c=20KPa φ=25°	--	Μέγιστα υπερκείμενα 35m περίπου	--	0%
Διατομή Τ7-2	Άνω όριο της Τ.Ε.2 Αργιλική μάργα	E=70MPa ν=0,35 γ=21KN/m ³ c=100KPa φ=20°	Από Χ.Θ.25+425 ως Χ.Θ.25+527 (Ανατολ. Στόμιο)	Μέγιστα υπερκείμενα 35m περίπου	102,00	16,4%

Το προβλεπόμενο μήκος των παραπάνω κατηγοριών προσωρινής υποστήριξης και μόνιμης επένδυσης (Πίνακας_3.9) τροποποιήθηκε, ανάλογα με τις γεωλογικές συνθήκες και τα πραγματικά όρια των τεχνικογεωλογικών ενοτήτων. Ακόμα, τροποποιήθηκε και η διατομή που εφαρμόστηκε στην περιοχή των εβαποριτών, προκειμένου να αποφευχθούν πιθανά προβλήματα διόγκωσης. Στην περιοχή αυτή αποφασίστηκε να εφαρμοστεί διεύρυνση της διατομής εκοκαφής κατά 10cm στον θόλο, προκειμένου να αυξηθεί αντίστοιχα το πάχος της μόνιμης επένδυσης.

Τα πραγματικά μήκη εφαρμογής των κατηγοριών, προσωρινής υποστήριξης και μόνιμης επένδυσης, όπως αυτά τελικά προέκυψαν απέχουν από τα αρχικά προβλεπόμενα από τη μελέτη παρουσιάζονται στο Σχήμα_3.10.



Σχήμα_3.10: Μήκη εφαρμογών των κατηγοριών προσωρινής υποστήριξης και μόνιμης επένδυσης (ΕΥΔΕ/ΟΕΥΕ)

Στο Σχήμα_3.11 παρουσιάζεται μια τυπική διατομή και τα μέτρα υποστήριξης για την κατηγορία διατομής Δ1.

Προϋπολογισμός Μελέτης της Σήραγγας Αγίου Ηλίας

Στον Πίνακα_3.10 αναλύεται σε επιμέρους δαπάνες το σύνολο του κόστους κατασκευής της σήραγγας του Αγίου Ηλίας. το κόστος ανά μέτρο μήκους της σήραγγας ανέρχεται στα 23.403€/μέτρο μήκους (χωρίς Ε.Ο. & Γ.Ε. και Φ.Π.Α.) δηλαδή συμπεριλαμβανομένου των εξωτερικών έργων και των εργασιών κατασκευής της σήραγγας.

Ο προϋπολογισμός έγινε βάσει των αναθεωρημένων τιμών μονάδος για το πρώτο τρίμηνο του 2003, τα γενικά έξοδα (Γ.Ε.) και το εργολαβικό όφελος (Ο.Ε.) καθορίζεται σε 18% της συνολικής δαπάνης του έργου. Τα απρόβλεπτα υπολογίστηκαν ίσα με το 9% του συνόλου των δαπανών, ενώ η συνολική δαπάνη του έργου που προκύπτει επιβαρύνεται με Φ.Π.Α. της τάξης του 18%.

Πίνακας_3.10: Προϋπολογισμός σήραγγας Αγίου Ηλίας (ΕΥΔΕ/ΟΕΥΕ)

Αναλυτική Διαμόρφωση Κόστους της Σήραγγας του Αγίου Ηλίας Κατά την Κατασκευή		
ΕΝΔΕΙΞΗ ΕΡΓΑΣΙΩΝ	ΔΑΠΑΝΗ ΑΝΑ ΕΡΓΑΣΙΑ (€)	% ΣΥΝ. ΔΑΠΑΝΗΣ
A. ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ ΕΡΓΑ ΚΑΙ ΟΔΟΠΟΙΙΑ ΕΝΤΟΣ / ΕΚΤΟΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ		
ΧΩΜΑΤΟΥΡΓΙΚΑ	292.848,13	2,277%
ΤΕΧΝΙΚΑ ΕΡΓΑ	2.623.047,63	20,401%
ΟΔΟΣΤΡΩΣΙΑ - ΑΣΦΑΛΤΙΚΑ	5.282,47	0,041%
ΚΤΙΡΙΑ	0	0%
ΣΥΝΟΛΟ	2.921.177,60	22,719%
B. ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ		
ΠΡΟΕΡΓΑΣΙΕΣ	78.048,42	0,607%
ΔΙΑΝΟΙΞΗ ΚΑΙ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ ΣΗΡΑΓΓΑΣ	7.710.371,83	59,968%
ΤΕΛΙΚΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗ- ΒΑΦΗ	1.867.668,38	14,526%
ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΕΙΣ - ΤΣΙΜΕΝΤΕΝΕΣΕΙΣ- ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ	195.419,25	1,519%
ΔΙΑΦΟΡΑ (Όπως όργανα ελέγχου, συγκλίσεων, κ.λ.π.)	84.706,29	0,658%
ΣΥΝΟΛΟ	9.936.214,18	77,280%
ΓΕΝΙΚΟ ΑΦΡΟΙΣΜΑ ΔΑΠΑΝΩΝ (Σσ)	12.857.392,40	100%
ΓΕ & ΟΕ (18% * Σσ = ΣΣ)	2.314.330,63	
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΔΑΠΑΝΗ ΜΕΤΑ ΤΟΥ Ο.Ε. & Γ.Ε.	15.171.723,03	
ΑΠΡΟΒΛΕΠΤΑ (Μέχρι το πέρας της εργολαβίας, 9%)	439.444,56	
ΑΞΙΑ ΕΡΓΟΥ (= Σ1)	15.611.167,59	
ΑΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ	8.804,11	
ΔΑΠΑΝΕΣ ΑΝΑΘΕΩΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΤΟΚΟΙ	2.259.721,20	
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΔΑΠΑΝΗ ΧΩΡΙΣ Φ.Π.Α. (= Σ2)	17.879.692,90	
ΔΑΠΑΝΗ Φ.Π.Α. (18%)	3.218.344,72	
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΔΑΠΑΝΗ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ ΜΕ ΦΠΑ	21.098.037,63	
ΕΓΓΕΚΡΙΜΕΝΗ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΔΑΠΑΝΗ	21.098.037,63	

Υπολογισμός Κόστους Εκκαφής και Άμεσης – Προσωρινής Υποστήριξης ανά Κατηγορία Βραχόμαζας

Ο υπολογισμός του κόστους ανά μέτρο μήκους, για κάθε κατηγορία διατομής βασίστηκε στις υπάρχουσες προμετρήσεις και στο τιμολόγιο προσφοράς.

Οι προμετρήσεις που χρησιμοποιήθηκαν είναι ενδεικτικές και εξαρτώνται από την επιτόπου εφαρμογή των εναλλακτικών δυνατοτήτων εφαρμογής των διάφορων μέτρων που εγκρίθηκαν.

Κατά τον υπολογισμό του όγκου του εκτοξευόμενου σκυροδέματος, στους πίνακες που ακολουθούν, λαμβάνεται υπόψη ο όγκος του στατικού πάχους του εκτοξευόμενου σκυροδέματος της άνω και κάτω ημιδιατομής, της θεμελίωσης των πλαισίων, του προσωρινού και του τελικού ανεστραμμένου τόξου, καθώς και το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα που χρησιμοποιείται για την ευστάθεια του μετώπου εκκαφής.

Το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα που χρησιμοποιείται στο μέτωπο εκκαφής και στο προσωρινό ανεστραμμένο τόξο, μετά την εκτέλεση των εργασιών τη Α' Φάσης της εκκαφής καθαιρείται. Η καθαίρεση του εκτοξευόμενου σκυροδέματος δεν τιμολογείται ξεχωριστά όπως οι υπόλοιπες εργασίες διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης της σήραγγας, αλλά το κόστος αυτό συμπεριλαμβάνεται στο όφελος του εργολάβου και στα γενικά έξοδα (Ο.Ε. & Γ.Ε.).

Ο σιδηρούς οπλισμός St IV που συνυπολογίζεται στο κόστος διάνοιξης και υποστήριξης της σήραγγας χρησιμοποιείται στην περιοχή των elephant foot και στις αντηρίδες των πλαισίων.

Στους Πίνακες_3.11 έως 3.15 παρουσιάζονται τα κόστη ανά μετρό μήκους (€/μ.μ.) όπως αυτά προέκυψαν σύμφωνα με τα στοιχεία της Μελέτης.

Πίνακας_3.11: Προμετρήσεις ανά μέτρο μήκους για την περιοχή των Εβαποριτών (ΕΥΔΕ/ΟΕΥΕ)

Προμετρήσεις ανά μ.μ. για την περιοχή των Εβαποριτών							
α/α	α/α Τιμολογίου	Ενδειξη εργασιών	Άρθρο Αναθεώρησης	Μονάδα Μέτρησης	Ποσότητα	Τιμή Μονάδος (€)	Δαπάνη (€)
1	H.1.1	Εκκαφή Γραμμής 'Α'	ΥΔΡ-7020	m ³	121,10	38,80	4.698,29
2		Υπερεκκαφές (Γραμμή 'Β' - Γραμμή 'Α')	ΥΔΡ-7020	m ³	6,98	38,80	270,80
3	H-2.1	Στατικό πάχος εκτοξευόμενου σκυροδέματος	ΥΔΡ-7017.8	m ³	16,19	102,71	1.662,95
4	H-2.1	Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πλήρωσης υπερεκκαφών	ΥΔΡ-7017.8	m ³	6,98	102,71	716,95
5	H-II.15	Καθαίρεση εκτοξευόμενου σκυροδέματος	ΟΙΚ-2227	m ³	6,24	0,00	0,00
6	A-21	Επίχωση διαμόρφωσης δαπέδου εργασίας	ΟΔΟ-1530	m ³	21,09	0,91	19,19
7	H-II.17	Αποκομιδή επίχωσης διαμόρφωσης δαπέδου εργασίας	ΟΔΟ-1420	m ³	21,09	38,80	818,22
8	H-4	Δομικό πλέγμα StIV	ΥΔΡ-7018	kg	281,54	0,67	190,03
9	H-6	Μεταλλικά υποστηλώματα Πλαίσια HEB140	ΥΔΡ-7027	kg	997,17	0,62	614,54
10	H-II.8.4	Αγκύρια βράχου τύπου Φ25	ΥΔΡ-7025	m	111,00	11,74	1.303,01
11	H-II.13	Αγκύρια βράχου τύπου Φ32	ΥΔΡ-7025	m	48,00	15,70	753,63
12	H-II.26	Σιδηρούς οπλισμός StIV(S500)	ΥΔΡ-7018	kg	95,40	0,59	55,99
Συνολικό κόστος ανά μ.μ.							11.103,61
Προστίθεται Ο.Ε. & Γ.Ε. (18%)							1.998,65
Συνολικό κόστος ανά μ.μ. μετά Ο.Ε. & Γ.Ε.							13.102,26
Αναθεωρημένο κόστος ανά μ.μ.							16.009,65
Προστίθεται ο Φ.Π. Α. (18%)							2.881,73
Κόστος ανά μέτρο μήκους σήραγγας με Φ.Π.Α.							18.891,39

Πίνακας_3.12: Προμετρήσεις ανά μέτρο μήκους για την κατηγορία διατομής Δ1 (ΕΥΔΕ/ΟΕΥΕ)

Προμετρήσεις ανά μ.μ. για την κατηγορία διατομής Δ1							
α/α	α/α Τιμολογίου	Ενδειξη Εργασιών	Άρθρο Αναθεώρησης	Μονάδα Μέτρησης	Ποσότητα	Τιμή Μονάδος (€)	Δαπάνη (€)
1	H.1.1	Εκκαφή Γραμμής Α'	ΥΔΡ-7020	m ³	117,30	38,80	4.550,86
2		Υπερεκκαφές (Γραμμή 'Β' - Γραμμή 'Α')	ΥΔΡ-7020	m ³	5,45	38,80	211,45
3	H-2.1	Στατικό πάχος εκτοξευόμενου σκυροδέματος	ΥΔΡ-7017.8	m ³	13,57	102,71	1.393,84
4	H-2.1	Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πλήρωσης υπερεκκαφών	ΥΔΡ-7017.8	m ³	2,18	102,71	223,92
5	H-II.15	Καθαίρεση εκτοξευόμενου σκυροδέματος	ΟΙΚ-2227	m ³	2,53	0,00	0,00
6	A-21	Επίχωση διαμόρφωσης δαπέδου εργασίας	ΟΔΟ-1530	m ³	19,90	0,91	18,10
7	H-II.17	Αποκομιδή επίχωσης διαμόρφωσης δαπέδου εργασίας	ΟΔΟ-1420	m ³	19,90	38,80	772,06
8	H-3	Μεταλλικές ίνες	ΟΔΟ-2612	kg	519,50	1,41	731,80
9	H-4	Δομικό πλέγμα T188,S500	ΥΔΡ-7018	kg	147,40	0,67	99,50
10	H-II.26	Ράβδοι οπλισμού, S500	ΥΔΡ 6313	kg	19,70	0,67	13,30
11	H-11.4	Αγκύρια προπορείας TITAN40/16	ΥΔΡ-7024	m	92,00	17,02	1.565,96
12	H-6	Πλαίσια IPB 140, St 37	ΥΔΡ-7027	kg	997,20	0,73	731,62
13	N.T.-1ο-2ο	Ηλώσεις βράχου, 250KN ή ανάλογα Self - drilling	ΥΔΡ-7024	m	138,00	14,67	2.024,95
14	N.T.-1ο-5ο	Θυσιάζομενες ηλώσεις βράχου από Fiber Glass	ΥΔΡ-7024	m	25,50	15,70	400,37
Συνολικό κόστος ανά μ.μ.							12.737,70
Προστίθεται Ο.Ε. & Γ.Ε. (18%)							2.292,79
Συνολικό κόστος ανά μ.μ. μετά Ο.Ε. & Γ.Ε.							15.030,48
Αναθεωρημένο κόστος ανά μ.μ.							18.365,75
Προστίθεται ο Φ.Π. Α. (18%)							3.305,83
Κόστος ανά μέτρο μήκους σήραγγας με Φ.Π.Α.							21.671,58

Πίνακας_3.13: Προμετρήσεις ανά μέτρο μήκους για την κατηγορία διατομής Δ5 (ΕΥΔΕ/ΟΕΥΕ)

Προμετρήσεις ανά μ.μ. για την κατηγορία της διατομής Δ5							
α/α	α/α Τιμολογίου	Ενδειξη Εργασιών	Άρθρο Αναθεώρησης	Μονάδα Μέτρησης	Ποσότητα	Τιμή Μονάδος (€)	Δαπάνη (€)
1	H.1.1	Εκσκαφή Γραμμή 'Α'	ΥΔΡ-7020	m ³	120,93	38,80	4.691,70
2		Υπερεκσκαφές (Γραμμή 'Β' - Γραμμή 'Α')	ΥΔΡ-7020	m ³	5,51	38,80	213,77
3	H-2.1	Στατικό πάχος εκτοξευόμενου σκυροδέματος	ΥΔΡ-7017.8	m ³	19,11	102,71	1.962,87
4	H-2.1	Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πλήρωσης υπερεκσκαφών	ΥΔΡ-7017.8	m ³	2,02	102,71	207,89
5	H-II.15	Καθαίρεση εκτοξευόμενου σκυροδέματος	ΟΙΚ-2227	m ³	7,39	0,00	0,00
6	A-21	Επίχωση διαμόρφωσης δαπέδου εργασίας	ΟΔΟ-1530	m ³	20,18	0,91	18,36
7	H-II.17	Αποκομιδή επίχωσης διαμόρφωσης δαπέδου εργασίας	ΟΔΟ-1420	m ³	20,18	38,80	782,92
8	H-3	Μεταλλικές ίνες	ΟΔΟ-2612	kg	690,00	1,41	971,97
9	H-4	Δομικό πλέγμα StIV	ΥΔΡ-7018	kg	240,00	0,67	161,99
10	H-II.26	Ράβδοι οπλισμού, S500	ΥΔΡ 6313	kg	32,06	0,67	21,639
11	H-11.4	Αγκύρια προπορείας TITAN40/16	ΥΔΡ-7024	m	36,00	17,02	612,76
12	H-II.5	Δικτυωτά πλαίσια LG115/26/D26 & LG140/26	ΥΔΡ-7027	kg	729,00	0,62	449,27
13	H-II.10.1	Ηλώσεις βράχου, 300KN τύπου TITAN30/11	ΥΔΡ-7025	m	108,00	18,55	2003,11
14	N.T.-10-50	Θυσιάζομενες ηλώσεις βράχου από Fiber Glass, 320KN	ΥΔΡ-7024	m	25,50	15,70	400,36
15	H-II.7	Δοκοί προπορείας Φ51 πάχους 5mm (105m)	ΥΔΡ-7024	kg	598,50	2,85	1.703,72
Συνολικό κόστος ανά μ.μ.							14.202,37
Προστίθεται Ο.Ε.& Γ.Ε. (18%)							2.556,43
Συνολικό κόστος ανά μ.μ. μετά Ο.Ε. & Γ.Ε.							16.758,79
Αναθεωρημένο κόστος ανά μ.μ.							20.477,57
Προστίθεται ο Φ.Π. Α. (18%)							3.685,96
Κόστος ανά μέτρο μήκους σήραγγας με Φ.Π.Α.							24.163,53

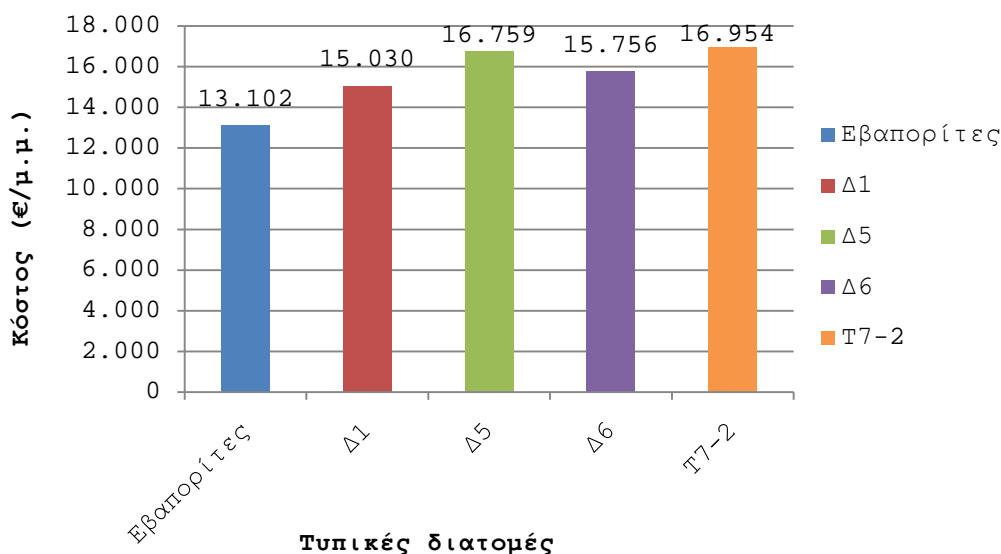
Πίνακας_3.14: Προμετρήσεις ανά μέτρο μήκους για την κατηγορία διατομής Δ6 (ΕΥΔΕ/ΟΕΥΕ)

Προμετρήσεις ανά μ.μ. για την κατηγορία Δ6							
α/α	α/α Τιμολογίου	Ενδειξη Εργασιών	Άρθρο Αναθεώρησης	Μονάδα Μέτρησης	Ποσότητα	Τιμή Μονάδος (€)	Δαπάνη (€)
1	H.1.1	Εκσκαφή Γραμμή 'Α'	ΥΔΡ-7020	m ³	120,93	38,80	4.691,69
2		Υπερεκσκαφές (Γραμμή 'Β' - Γραμμή 'Α')	ΥΔΡ-7020	m ³	5,51	38,80	213,77
3	H-2.1	Στατικό πάχος εκτοξευόμενου σκυροδέματος	ΥΔΡ-7017.8	m ³	13,57	102,71	1.393,84
4	H-2.1	Εκτοξ. σκυρόδεμα πλήρωσης υπερεκσκαφών	ΥΔΡ-7017.8	m ³	2,02	102,71	207,89
5	H-II.15	Καθαίρεση εκτοξευόμενου σκυροδέματος	ΟΙΚ-2227	m ³	7,39	0,00	0,00
6	A-21	Επίχωση διαμόρφωσης δαπέδου εργασίας	ΟΔΟ-1530	m ³	20,18	0,91	18,36
7	H-II.17	Αποκομιδή επίχωσης διαμόρφωσης δαπέδου εργασίας	ΟΔΟ-1420	m ³	20,18	38,80	782,92
8	H-3	Μεταλλικές ίνες	ΟΔΟ-2612	kg	519,50	1,41	731,79
9	H-4	Δομικό πλέγμα T188,S500	ΥΔΡ-7018	kg	180,00	0,67	121,49
10	H-II.26	Ράβδοι οπλισμού, S500	ΥΔΡ 6313	kg	32,06	0,67	21,64
11	H-11.4	Αγκύρια TITAN40/16	ΥΔΡ-7024	m	36,00	17,02	612,76
12	H-II.5	Δικτυωτά πλαίσια LG115/26/D26 & LG140/26	ΥΔΡ-7027	kg	729,00	0,62	449,27
13	H-II.10.1	Ηλώσεις βράχου, 300KN τύπου TITAN30/11	ΥΔΡ-7025	m	108,00	18,55	2.003,11
14	N.T.-10-50	Θυσιάζομενες ηλώσεις βράχου από Fiber Glass, 320KN	ΥΔΡ-7024	m	25,50	15,70	400,36
15	H-II.7	Δοκοί προπορείας Φ51 πάχους 5mm	ΥΔΡ-7024	kg	598,50	2,85	1.703,72
Συνολικό κόστος ανά μ.μ.							13.352,65
Προστίθεται Ο.Ε.& Γ.Ε. (18%)							2.403,47
Συνολικό κόστος ανά μ.μ. μετά Ο.Ε. & Γ.Ε.							15.756,13
Αναθεωρημένο κόστος ανά μ.μ.							19.252,41
Προστίθεται ο Φ.Π. Α. (18%)							3.465,43
Κόστος ανά μέτρο μήκους σήραγγας με Φ.Π.Α.							22.717,85

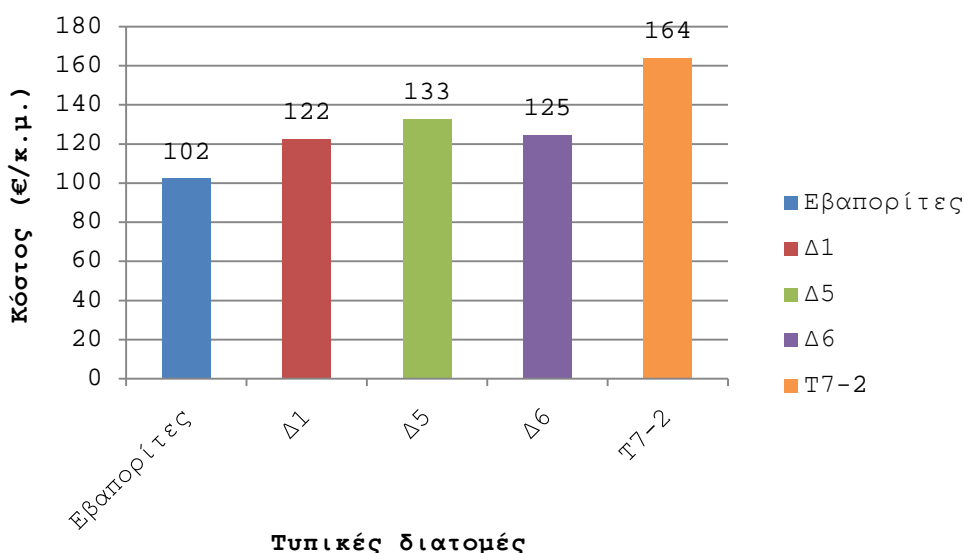
Πίνακας_3.15: Προμετρήσεις ανά μέτρο μήκους για την κατηγορία διατομής T7-2 (ΕΥΔΕ/ΟΕΥΕ)

Προμετρήσεις ανά μ.μ. για την κατηγορία διατομής T7-2							
α/α	α/α Τιμολογίου	Ενδειξη Εργασιών	Άρθρο Αναθεώρησης	Μονάδα Μέτρησης	Ποσότητα	Τιμή Μονάδος (€)	Δαπάνη (€)
1	H-1.1.1	Εκκαθαφή Γραμμής 'Α'	ΥΔΡ-7020	m ³	120,93	38,80	4.691,69
2		Υπερεκκαθαφές (Γραμμή 'B' - Γραμμή 'Α')	ΥΔΡ-7020	m ³	5,51	38,80	213,77
3	H-2.1	Στατικό πάχος εκτοξευόμενου σκυροδέματος	ΥΔΡ-7017.8	m ³	19,11	102,71	1.962,88
4	H-2.1	Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πλήρωσης υπερεκκαθαφών	ΥΔΡ-7017.8	m ³	2,024	102,71	207,89
5	H-II.15	Καθαίρεση εκτοξευόμενου Σκυροδέματος	ΟΙΚ-2227	m ³	7,39	0,00	0,00
6	A-21	Επίχωση διαμόρφωσης δαπέδου εργασίας	ΟΔΟ-1530	m ³	20,18	0,91	18,36
7	H-II.17	Αποκομιδή επίχωσης διαμόρφωσης δαπέδου εργασίας	ΟΔΟ-1420	m ³	20,18	38,80	782,92
8	H-3	Μεταλλικές ίνες	ΟΔΟ-2612	kg	690,00	1,41	971,97
9	H-4	Δομικό πλέγμα T188,S500	ΥΔΡ-7018	kg	240,00	0,67	161,99
10	H-II.26	Ράβδοι οπλισμού, S500	ΥΔΡ 6313	kg	32,06	0,67	21,64
11	H-11.4	Αγκύρια προπορείας TITAN40/16 ή αναλόγου	ΥΔΡ-7024	m	36,00	17,02	612,76
12	H-II.5	Πλαίσια HEB140, St 37	ΥΔΡ-7027	kg	997,17	0,62	614,54
13	H-II.10.1	Ηλώσεις βράχου, 300KN τύπου self-drilling	ΥΔΡ-7025	m	108,00	18,55	2.003,11
14	N.T.-1ο-5ο	Θυσιαζόμενες ηλώσεις βράχου από Fiber Glass, 320KN	ΥΔΡ-7024	m	25,50	15,70	400,37
15	H-II.7	Δοκοί προπορείας Φ51 πάχους 5mm	ΥΔΡ-7024	kg	598,50	2,85	1.703,72
Συνολικό κόστος ανά μ.μ.							14.367,63
Προστίθεται Ο.Ε. & Γ.Ε. (18%)							2.586,17
Συνολικό κόστος ανά μ.μ. μετά Ο.Ε. & Γ.Ε.							16.953,81
Αναθεωρημένο κόστος ανά μ.μ.							20.715,86
Προστίθεται ο Φ.Π. Α. (18%)							3.728,85
Κόστος ανά μέτρο μήκους σήραγγας με Φ.Π.Α.							24.444,72

Τα κόστη διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης ανά μέτρο μήκους και ανά κυβικό μέτρο για τις 5 τυπικές διατομές παρουσιάζονται στα Σχήματα_3.12 & 3.13.



Σχήμα_3.12: Κόστος εκκαθαφής και άμεσης υποστήριξης σήραγγας ανά κατηγορία βραχώμαζας και ανά μέτρο μήκους για τη σήραγγα Άγιος Ηλίας (πραγματικό κόστος μετά του Ο.Ε. & Γ.Ε. χωρίς Φ.Π.Α.)



Σχήμα 3.13: Κόστος εκσκαφής και άμεσης υποστήριξης σήραγγας ανά κατηγορία βραχόμαζας και ανά κυβικό μέτρο για τη σήραγγα Άγιος Ηλίας (πραγματικό κόστος μετά του Ο.Ε. & Γ.Ε. χωρίς Φ.Π.Α.)

Συμπεράσματα

Εάν συγκρίνουμε το κόστος των κατηγοριών διατομών μεταξύ τους, θα βγάλουμε το συμπέρασμα ότι έχουμε τιμές κόστους/μ.μ. διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης της σήραγγας κυμαίνονται από 13.000 - 17.000 €/μ.μ., χωρίς μεγάλες διακυμάνσεις, με εξαίρεση τη διατομή των Εβαποριτών με μικρότερο κόστος ανά μέτρο μήκους. Αυτό οφείλεται στο συμπαγή χαρακτήρα του σχηματισμού τους, με σχετικά μικρές απαιτήσεις σε μέτρα υποστήριξης, και της έλλειψης προβλημάτων διόγκωσης.

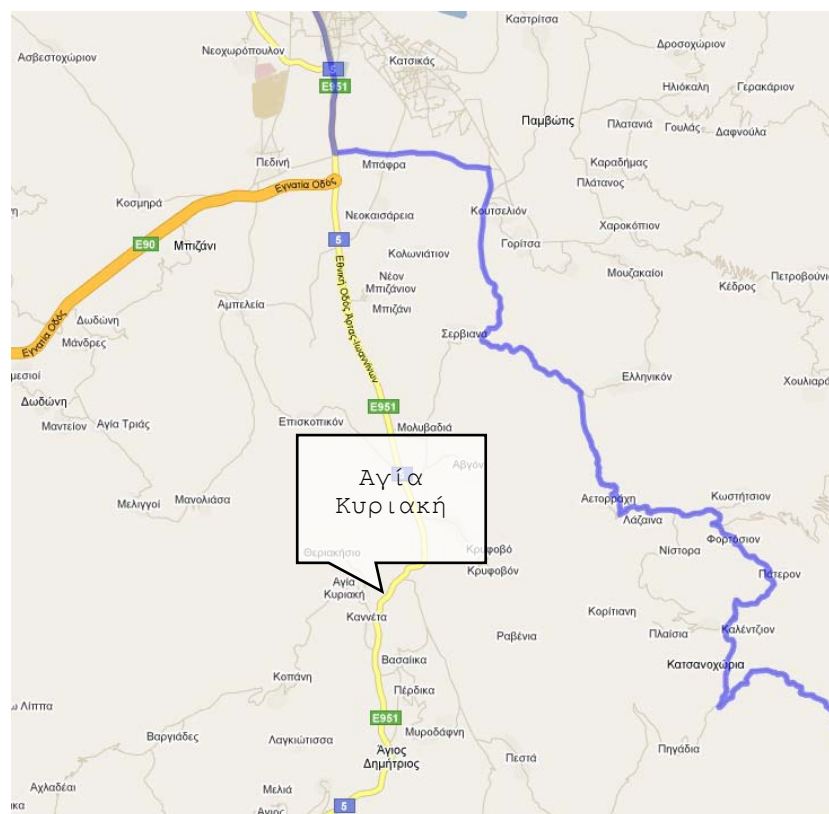
Παρατηρώντας τα επιμέρους κόστη, διαπιστώνουμε ότι το κόστος της εκσκαφής της διατομής αποτελεί το μεγαλύτερο επιμέρους κόστος με ποσοστό που κυμαίνεται γύρω στο 34 έως 37% (με εξαίρεση τη διατομή των εβαποριτών όπου φτάνει το 44%). Το κόστος του προσωρινού invert καλύπτει περίπου το 8,7-10% του συνόλου (κόστος σκυροδέματος, δομικού πλέγματος, κόστος επίχωσης δαπέδου εργασίας και αποκομιδής του). Το υπόλοιπο ποσοστό καλύπτουν το κόστος του εκτοξευόμενου ινοπλισμένου σκυροδέματος (19% έως 22%), το κόστος των αγκυριών (από 18,5% έως 31,3%), των πλασιών (από 3-5%) και των δοκών προπορείας ελαφρού τύπου (περίπου 12%).

Τέλος, το συνολικό κόστος της διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης της σήραγγας, όπως αυτό προκύπτει από τα επιμέρους κόστη κάθε κατηγορίας διατομής, που αντιστοιχεί σε μέσο όρο κόστους 15.520 €/μ.μ.

3.2.3_Σήραγγα Αγίας Κυριακής

Περιγραφή Έργου

Η οδική σήραγγα ης Αγίας Κυριακής, με συνολικό μήκος 1030m περίπου, αποτελεί τμήμα της Εθνικής Οδού Τρικάλων - Άρτας (Εικόνα_3.6). Η κατασκευή της σήραγγας επιλέχθηκε ως μονοσήμαντη λύση διέλευσης στο τμήμα της Σάρα Γκούρας από το μοναστήρι της Αγίας Κυριακής έως τη Λαφίνα, αφού οποιαδήποτε εναλλακτική όδευση αποδείχθηκε αντιοικονομική. Έτσι, μέσω της σήραγγας της Αγίας Κυριακής παρακάμπτεται η περιοχή της Σάρα Γκούρας που παρουσιάζει έντονες εδαφικές ασταθείς.



Εικόνα_3.6: Εθνική Οδός Τρικάλων - Άρτας
(<http://www.katafigi-hotel.gr/access4.php>)

Σύμφωνα με τα συμβατικά στοιχεία, η σήραγγα είναι μονού κλάδου, διπλής κατεύθυνσης με μια λωρίδα κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση, ενώ στο έργο κατασκευής του συνολικού έργου συμπεριλήφθηκε και η κατασκευή επιμέρους τμημάτων με την τεχνική της ανοικτής εκσκαφής και επανεπίχωσης (Cut & Cover). Σημειώνεται πως λόγω του μήκους της σήραγγας (μεγαλύτερο από 1000m) κατασκευάστηκαν σε δύο θέσεις (μία ανά κατεύθυνση) χώροι στάθμευσης έκτακτης ανάγκης. Το έργο (Εικόνα_3.7) περιλαμβάνει:

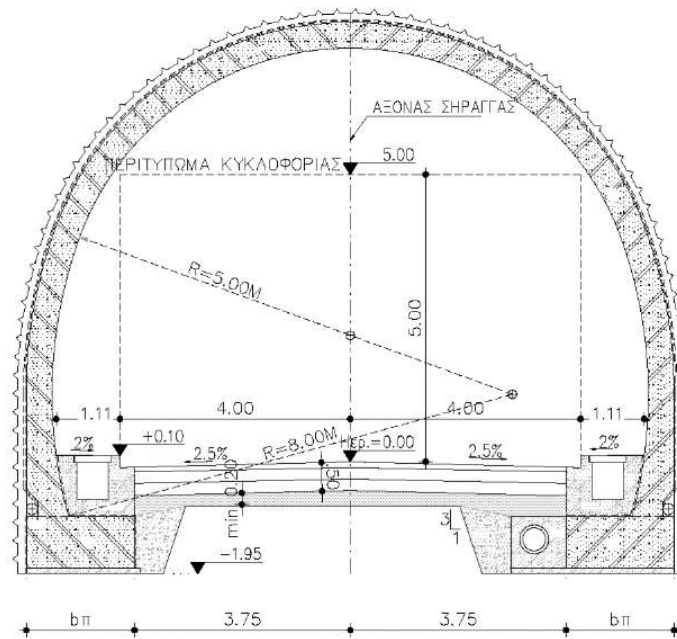
- 1.030m καθαρής υπόγειας εκσκαφής
- κατασκευή Cut & Cover εισόδου (στόμιο Αγίας Κυριακής) μήκους 12,16m
- κατασκευή Cut & Cover εξόδου (στόμιο Λαφίνας) μήκους 5,74m



Εικόνα_3.7: Σήραγγα Αγίας Κυριακής
(<http://www.stadia.gr/forum/>)

Η τοπική διατομή της σήραγγας (Σχήμα_3.14), είναι πεταλοειδής με τα παρακάτω γεωμετρικά χαρακτηριστικά:

- Ωφέλιμη διατομή 55,0m²
- Δύο λωρίδες κυκλοφορίας πλάτους 3,75m η κάθε μία (0,50m ερείσματα)
- Πεζοδρόμιο σε κάθε πλευρά, πλάτους 1,00m
- Πλάτος 8,0m ανά κλάδο
- Ύψος 5,0m ανά κλάδο
- Κατά μήκος κλίση 0,5%
- Επίκλιση 2,0%



Σχήμα_3.14: Διατομή χρήσης σήραγγας Αγίας Κυριακής (Ντούνιας et al., 2006)

Στοιχεία Σύμβασης του Έργου

Η οριστική μελέτη της σήραγγας εκπονήθηκε από την κοινοπραξία Τεχνικού Συμβούλου Σήραγγας Εκτροπής Αχελώου σε συνεργασία με την ΕΥΔΕ/ΟΣΥΕ, ενώ την κατασκευή της ανέλαβε η κοινοπραξία των ΕΥΚΛΕΙΔΗΣ Α.Τ.Ε. και ΑΕΓΕΚ Α.Ε. Χρέη τεχνικού συμβούλου εκτέλεσε η κοινοπραξία Knight Piesold - Έδαφος Ε.Π.Ε. - Γ. Καραβοκύρης & Συνεργάτες Ε.Π.Ε. Η σύμβαση υπεγράφη στις 14 Ιουλίου του 2003 και προέβλεπε την ολοκλήρωση του έργου μέχρι τις 14 Ιανουαρίου του 2007. Οι εργασίες διάνοιξης, υποστήριξης και τελικής επένδυσης της σήραγγας έχουν περαιωθεί, ωστόσο το έργο δεν έχει παραδοθεί ακόμα αφού υπολείπεται η τοποθέτηση των απαιτούμενων Ηλεκτρομηχανολογικών Εγκαταστάσεων. Επιπλέον, λόγω «παράλειψης» του εργολάβου οι διευρυμένοι χώροι στάθμευσης εντός της σήραγγας κατασκευάζονται τον Μάρτιο του 2006 προκαλώντας καθυστερήσεις (ξήλωμα, διεύρυνση, τοποθέτηση καινούριων μέτρων αντιστήριξης, τελική επένδυση). Ο προϋπολογισμός της μελέτης ήταν 19.207.789€ (χωρίς τον Φ.Π.Α.) ενώ της προσφοράς ήταν 13.829.608€ (χωρίς τον Φ.Π.Α.).

Γεωλογία της Περιοχής

Το γεωλογικό υπόβαθρο στην ευρύτερη περιοχή διέλευσης της σήραγγας αποτελείται από τους αλπικούς σχηματισμούς της ζώνης Γαβρόβου - Τρίπολης. Επιφανειακά εμφανίζονται πρόσφατες μεταλλικές αποθέσεις, χαλαρής γενικά δομής. Η κατασκευή της σήραγγας θα διατρέξει τους εξής σχηματισμούς:

- **Άνω Ιουρασικοί ασβεστόλιθοι.** λεπτοστρωματώδεις έως μεσοστρωματώδεις που στο μεγαλύτερο τμήμα της εμφάνισής τους καλύπτονται επιφανειακά από

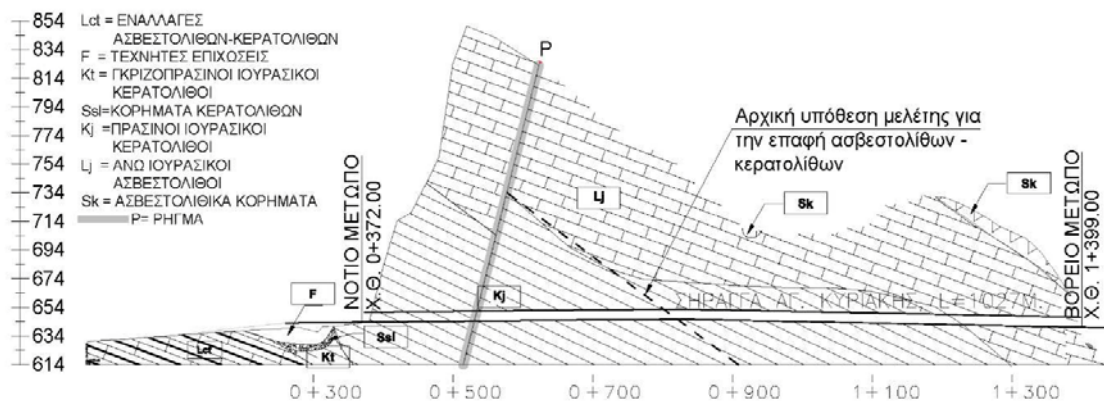
αβεστολιθικά κορήματα. Στα κατώτερα μέλη εμφάνιση οριζόντων κερατόλιθων. Προβλεπόμενη εφαρμογή από την Χ.Θ. 0+912 έως το μέτωπο εξόδου.

- **Ιουρασικοί κερατόλιθοι**, υπόκεινται των αβεστολίθων. Διάκριση σε δύο ορίζοντες: έναν κατώτερο από κερατόλιθους με απουσία ιλυολιθικών ενστρώσεων και έναν ανώτερο με συμμετοχή ιλυολιθικών ενστρώσεων. Προβλεπόμενη εφαρμογή από Χ.Θ. 0+377 έως 0+832 (κερατόλιθοι) και από Χ.Θ. 0+832 έως 0+912 (κερατόλιθοι με ιλυολιθικές ενστρώσεις).

Η μορφολογία στην ευρύτερη περιοχή διέλευσης της σήραγγας χαρακτηρίζεται από σχετικά έντονο ανάγλυφο. Το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής αναπτύσσεται σε διεύθυνση σχεδόν Β - Ν και ΝΑ - ΒΔ ακολουθώντας τη διεύθυνση των κύριων τεκτονικών δομών και κυρίως των ρηξιγενών επιφανειών.

Οι κυριότερες τεκτονικές δομές που συναντώνται στην ευρύτερη περιοχή είναι μεγάλης έκτασης πτυχές, εφισπεύσεις και ρήγματα με διεύθυνση ανάπτυξης ΒΑ-ΝΔ. Η μόνη επίδραση του προς Δυτικά επωθητικού τεκτονισμού της ζώνης Πίνδου είναι οι πολύ μικρού άλματος μετατοπίσεις εκατέρωθεν των περιορισμένου εύρους ρηξιγενών ζωνών και η μικρή κάμψη των στρωμάτων που συνοδεύεται από σταδιακή αλλαγή προσανατολισμού.

Στο Σχήμα_3.15 παρουσιάζεται η εκτιμώμενη ανάπτυξη των γεωλογικών σχηματισμών κατά μήκος της χάραξης.



Σχήμα_3.15: Γεωλογική μηκοτομή σήραγγας Αγίας Κυριακής (Ντούνιας et al., 2006)

Γεωτεχνική Ταξινόμηση Βραχώμαζας – Τεχνικογεωλογικές Ενότητες

Στην στενή περιοχή της χάραξης της σήραγγας δεν πραγματοποιήθηκαν γεωτρήσεις και εργαστηριακές δοκιμές. Τα γεωλογικά δεδομένα της μελέτης προέκυψαν από την επιφανειακή γεωλογική χαρτογράφηση, κάνοντας χρήση και τιμών των μηχανικών παραμέτρων ομοειδών πετρωμάτων μετά από αντίστοιχη βιβλιογραφική έρευνα. Τόσο

λόγω της σχετικά απλής γεωλογικής δομής της περιοχής όσο και της περιορισμένης παρουσίας μανδύα αποσάθρωσης και εδαφικών υλικών, η αξιοπιστία της γεωλογικής ερμηνείας που βασίστηκε στη γεωμετρική προβολή των ορίων των σχηματισμών στο φυσικό έδαφος, κρίθηκε αυξημένη. Έτσι, η ταξινόμηση της βραχώμαζας σε κατηγορίες έγινε βάσει στοιχείων που λήφθηκαν από την επιφανειακή γεωλογική χαρτογράφηση, και τη βιβλιογραφία.

Η βαθμονόμηση της βραχώμαζας έγινε με χρήση των κριτηρίων RMR_{89} (Bieniawski, 1989) και GSI (Hoek & Brown, 1997), όπως παρουσιάζεται στον Πίνακα_3.16. Όσον αφορά το GSI η βαθμονόμηση έγινε βάσει του τύπου $GSI_1 = RMR_{89} - 5$ αλλά και απευθείας με χρήση του σχετικού πίνακα GSI_2 του κριτηρίου των Hoek & Brown.

Πίνακας_3.16: Χαρακτηρισμός της βραχώμαζας (Ντούνιας et al., 2006)

Σχηματισμός	RMR_{89}	GSI_1	GSI_2
Πράσινοι κερατόλιθοι	52-70	47-65	40-70
Κόκκινοι κερατόλιθοι	35-55	30-50	30-45
Ασβεστόλιθοι	47-70	42-65	40-70

Σημειώνεται ότι σε όλους τους σχηματισμούς επικρατούσα ασυνέχεια είναι η στρώση καθώς και ότι η μηχανική συμπεριφορά των πράσινων κερατολιθών, (στους οποίους απουσιάζουν οι ιλυολιθικές ενστρώσεις) και των ασβεστόλιθων εκτιμάται ότι δεν διαφοροποιείται ουσιαστικά, όπως υποδηλώνεται και από τις παρεμφερείς τιμές των δεικτών βαθμονόμησης με τα διάφορα συστήματα κατάταξης.

Σηραγγολογικές Κατηγορίες

Η διάνοιξη της σήραγγας πραγματοποιήθηκε με εκρηκτικά ή/και μηχανικά μέσα σε δύο φάσεις: άνω ημιδιατομή και βαθμίδα, με ταυτόχρονη προσβολή και από τα δύο μέτωπα (Ανατολικό και Δυτικό). Ειδικότερα, η μελέτη προέβλεπε τέσσερις κατηγορίες εκσκαφής ανάλογα με την κατάσταση της εκτιμώμενης συναντηθείσας βραχώμαζας. Έτσι κατανεμήθηκαν και σε αντίστοιχα τμήματα του έργου βάσει των εκτιμήσεων της γεωλογικής μελέτης. Για την κατηγοριοποίηση χρησιμοποιήθηκαν ως κριτήρια και οι δείκτες RMR_{89} και GSI .

Κατηγορία I: Κερατόλιθοι ή ασβεστόλιθοι μεσοπλακώδεις, υγείς έως ελαφρά κερματισμένοι. Βραχώμαζα συμπαγής. Ασυνέχειες τραχείες και κλειστές χωρίς υλικό πλήρωσης. $RMR_{89}=65-75$ και $GSI=60-70$. Διάνοιξη με την μέθοδο των διατρήσεων και

ανατινάξεων (drill & blast). Προβλεπόμενο ποσοστό εφαρμογής επί του συνολικού μήκους της σήραγγας: 1%. Στην πραγματικότητα δεν εφαρμόστηκε σε κανένα τμήμα του έργου.

Κατηγορία II: Κερατόλιθοι (με ή χωρίς ιλυολιθικές ενστρώσεις) ή ασβεστόλιθοι λεπτοπλακώδεις, ελαφρά έως μέτρια κερματισμένοι. Βραχώμαζα ελαφρά χαλαρωμένη. Ασυνέχειες κυματοειδείς, με ελαφρά αποσαθρωμένες επιφάνειες, χωρίς υλικό πλήρωσης. $RMR_{89}=50-65$ και $GSI=45-60$. Διάνοιξη με την μέθοδο των διατρήσεων και ανατινάξεων (drill & blast). Προβλεπόμενο ποσοστό εφαρμογής επί του συνολικού μήκους της σήραγγας: 50%. Στην πραγματικότητα εφαρμόστηκε σε πολύ μικρότερο τμήμα του έργου (61m).

Κατηγορία III: Κερατόλιθοι (με ή χωρίς ιλυολιθικές ενστρώσεις) και ασβεστόλιθοι λεπτοπλακώδεις, μέτρια έως έντονα κερματισμένοι και εξαλλοιωμένοι. Βραχώμαζα μέτρια έως έντονα χαλαρωμένη. Ασυνέχειες λείες, με μέτρια αποσαθρωμένες και εξαλλοιωμένες επιφάνειες. $RMR_{89}=35-50$ και $GSI=30-45$. Διάνοιξη με συνδυασμό διατρήσεων και ανατινάξεων (drill & blast) και μηχανικής εκσκαφής. Προβλεπόμενο ποσοστό εφαρμογής επί του συνολικού μήκους της σήραγγας: 40%. Στην πραγματικότητα εφαρμόστηκε σε αρκετά μεγαλύτερο τμήμα του έργου (741m).

Κατηγορία IV: Κατακερματισμένοι κερατόλιθοι με ιλυολιθικές ενστρώσεις. Κατακερματισμένοι ασβεστόλιθοι. Βραχώμαζα εντονότατα διαταραγμένη και πλήρως χαλαρωμένη. Μυλωντιωμένες ζώνες και ζώνες ρηγμάτων σημαντικού εύρους. Ασυνέχειες λείες, με πλήρως εξαλλοιωμένες επιφάνειες και παρουσία διατμήσεων. Πλήρωση των ασυνεχειών με συμπαγή αργιλοαμμώδη υλικά. $RMR_{89}=25-35$ και $GSI=20-30$. Διάνοιξη με τη χρήση μηχανικών μέσων. Προβλεπόμενο ποσοστό εφαρμογής επί του συνολικού μήκους της σήραγγας 9%. Στην πραγματικότητα εφαρμόστηκε σε πολύ μεγαλύτερο τμήμα του έργου (237m).

Στον Πίνακα_3.17 που ακολουθεί παρουσιάζονται τα εκτιμώμενα και τα πραγματικά ποσοστά και μήκη εφαρμογής των τυπικών διατομών.

Πίνακας_3.17: Ποσοστά εφαρμογής τυπικών διατομών (ΕΥΔΕ/ΟΣΥΕ)

Σηραγγολογική κατηγορία	Προβλεπόμενο ποσοστό εφαρμογής	Εκτιμώμενο μήκος εφαρμογής (m)	Πραγματικό ποσοστό εφαρμογής	Πραγματικό μήκος εφαρμογής (m)
I	1%	10	0%	0
II	49%	510	5,9%	61
III	39%	410	72%	741
IV	9,2%	93	20,3%	237
Είσοδος (Cut&Cover)	1,2%	12	1,2%	12
Εξοδος (Cut&Cover)	0,60%	6	0,60%	6

Στον Πίνακα_3.18 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι γεωτεχνικές ιδιότητες των κατηγοριών βράχομαζας.

Πίνακας_3.18: Γεωτεχνικές ιδιότητες των κατηγοριών βράχομαζας σύμφωνα με τις τυπικές διατομές (Ντούνιας et al., 2006)

Σηραγγολογική κατηγορία	I	II	III	IV
Δομή πετρώματος	"BLOCK" έως "VERY BLOCKY"	"VERY BLOCKY" έως "BLOCKY/DISTURBED"	"BLOCKY/DISTURBED"	"DESINTEGRATED"
Ασυνέχειες κατά GSI	"VERY GOOD" έως "GOOD"	"GOOD"	"FAIR"	"FAIR" έως "POOR"
GSI	60-70	45-60	30-45	20-30
Βαθμονόμηση Bieniawski ₉₉	65-75	50-65	35-50	25-35
σ_c (MPa) πυρήνα άθικτου πετρώματος	>60	45-60	30-45	20-30
RQD %	40-80	25-50	0-30	0-10
Χαρακτηριστικές τιμές για τους υπολογισμούς	$\sigma_c=60\text{MPa}$, GSI=60, $m_i=12$	$\sigma_c=45\text{MPa}$, GSI=45, $m_i=10$	$\sigma_c=30\text{MPa}$, GSI=30, $m_i=10$	$\sigma_c=20\text{MPa}$, GSI=20, $m_i=9$

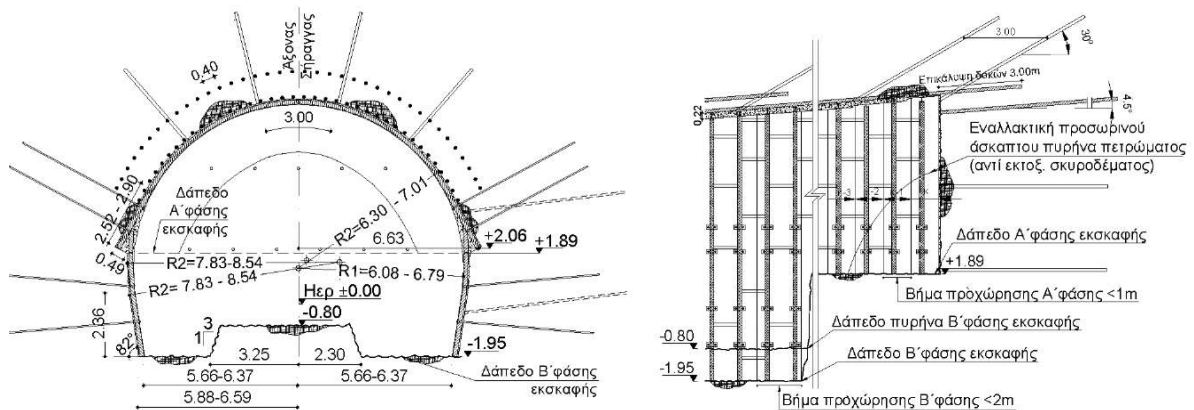
Μέτρα Προσωρινής - Άμεσης Υποστήριξης

Τα μέτρα άμεσης υποστήριξης περιελάμβαναν αγκύρια βράχου, εκτοξευόμενο σκυρόδεμα χωρίς ή με ινοπλισμό με μεταλλικές ίνες (40 kg/m^3) ή δομικό πλέγμα St IV, δικτυωτά και μεταλλικά πλαίσια, ράβδους και δοκούς προπορείας. Συνοπτικά, τα μέτρα άμεσης υποστήριξης παρουσιάζονται στον Πίνακα_3.19 και ενδεικτικά, για τη Σηραγγολογική Κατηγορία IV στο Σχήμα_3.16. Οι θέσεις των διευρύνσεων προβλέφθηκαν εκεί όπου οι συνθήκες της βραχώμαζας αντιστοιχούν ή είναι καλύτερες από αυτές της Σηραγγολογικής Κατηγορίας III, και εφαρμόστηκαν τα μέτρα υποστήριξης της Σηραγγολογικής Κατηγορίας III με (α) πάχος εκτοξευόμενου σκυροδέματος προσαυξημένο κατά 5cm, (β) πλαίσια τύπου IPB - 160 ανά 1,50m και (γ) συστηματική τοποθέτηση ράβδων προπορείας (spiling) από ράβδους δομικού χάλυβα $\Phi 25$, S500, μήκους 6m στο θόλο.

Πίνακας_3.19: Μέτρα προσωρινής υποστήριξης ανά σπραγγολογική κατηγορία (Ντούνιας et al., 2006)

Σπραγγολογική κατηγορία	Μέτρα προσωρινής υποστήριξης
I	<p>Πάχος εκτοξευόμενου σκυροδέματος με μεταλλικές ίνες 40 kg/m³ : 7cm χωρίς Μ.Ι.</p> <p>Προσεγγιστικός κάναβος αγκυρίων (mκx Σήραγγας*): 1.75x2.0, μόνο στο θόλο</p> <p>Μήκος αγκυρίων (m) : 4</p>
II	<p>Πάχος εκτοξευόμενου σκυροδέματος με μεταλλικές ίνες 40 kg/m³ : 12cm</p> <p>Προσεγγιστικός κάναβος αγκυρίων (mκx Σήραγγας*): 1.25x1.75</p> <p>Μήκος αγκυρίων (m) : 5</p>
III	<p>Πάχος εκτοξευόμενου σκυροδέματος με μεταλλικές ίνες 40 kg/m³ : 17cm</p> <p>Προσεγγιστικός κάναβος αγκυρίων (mκx Σήραγγας*): 1.5x1.25</p> <p>Μήκος αγκυρίων (m) : 6</p> <p>α) Δικτυωτά πλαίσια, τριγωνικής διατομής, εμβαδού χάλυβα 36.32cm², ανά 1.5m</p> <p>β) Spiling, με ράβδους Φ25, S500 ανά 0.5m, μήκους 6m στις 90° της οροφής (εφόσον απαιτηθεί)</p>
IV	<p>Πάχος εκτοξευόμενου σκυροδέματος με μεταλλικές ίνες 40 kg/m³ : 22cm.</p> <p>α) Πλαίσια μορφοχάλυβα τύπου IPB-160 ανά 1m.</p> <p>β) Δύο ζεύγη αυτοδιατρυομένων (self drilling) αγκυρίων, μήκους 6 m σε κάθε πόδα πλαισίου</p> <p>γ) Foreroling, με κοιλοδοκούς Φ114 / 0.40m στις 130° της οροφής</p> <p>δ) Κάλυψη μετώπου Α' φάσης εκσκαφής με 5cm εκτοξευόμενο σκυρόδεμα</p> <p>ε) εκτέλεση τσιμεντενέσεων σταθεροποίησης χαμηλής πίεσης στην περίμετρο της διατομής και επί του μετώπου εκσκαφής (εφόσον απαιτηθεί, σε περίπτωση παρουσίας κενών, λόγω χαλάρωσης, κατακερματισμού του πετρώματος, κλπ)</p>

*η πρώτη τιμή κατά την έννοια του μήκους της Σήραγγας



Σχήμα_3.16: Μέτρα προσωρινής υποστήριξης Σπραγγολογικής Κατηγορίας IV (Ντούνιας et al., 2006)

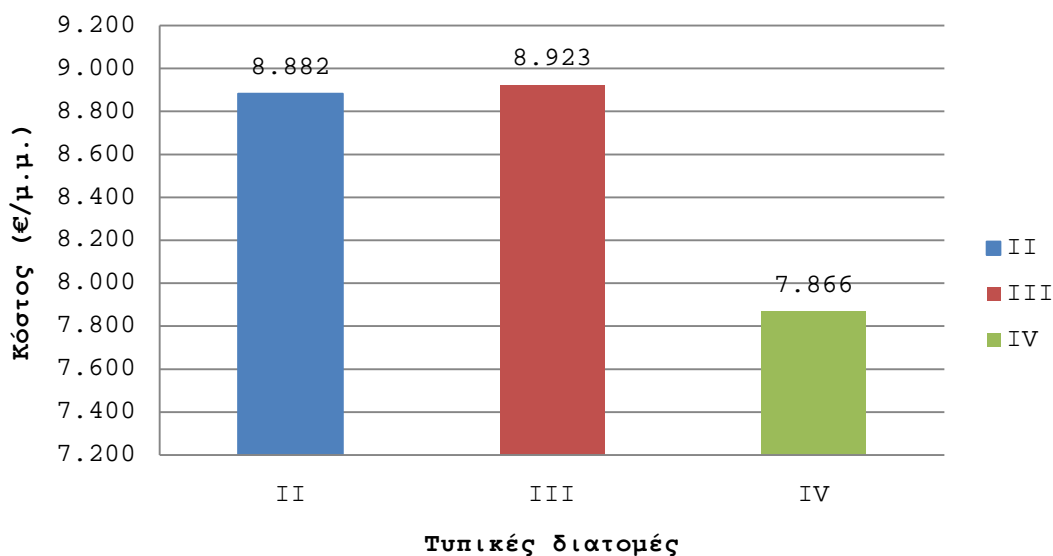
Υπολογισμός Κόστους Εκσκαφής και Άμεσης - Προσωρινής Υποστήριξης ανά Κατηγορία Βραχώμαζας

Στον Πίνακα_3.20 παρουσιάζονται τα κόστη εκσκαφής και προσωρινής υποστήριξης ανά τυπική διατομή που τελικά εφαρμόστηκαν. Οι προμετρήσεις βασίστηκαν στα σχέδια των τυπικών διατομών από τα σχέδια της ΕΥΔΕ/ΟΣΥΕ. Η κοστολόγηση έγινε βάσει των αναθεωρημένων τιμών μονάδων που χρησιμοποιήθηκαν στο τιμολόγιο προσφοράς (υπογραφή εργολαβικού συμφωνητικού στις 14/06/2003) με τις αντίστοιχες αναθεωρήσεις τους.

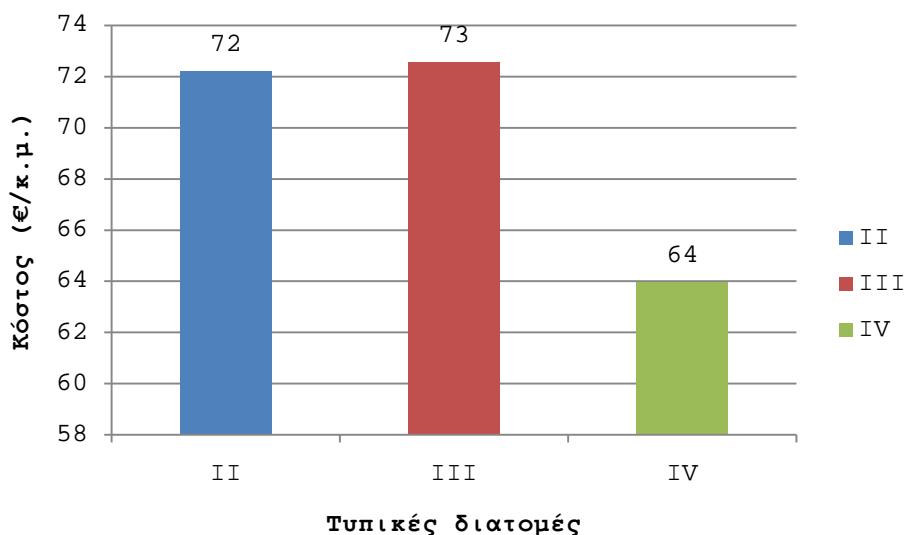
Πίνακας_3.20: Συνολικό κόστος εκσκαφής και προσωρινής υποστήριξης σύμφωνα με τις τυπικές διατομές που εφαρμόστηκαν στην σήραγγα Αγίας Κυριακής

Κόστος διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης σήραγγας με Φ.Π.Α.				
Τυπικές Διατομές	Ποσότητα	Μονάδα Μέτρησης	Τιμή Μονάδος (€)	Δαπάνη (€)
Διάνοιξη και προσωρινή υποστήριξη ενός μ.μ τυπικών διατομών σηράγγων Κατηγ. II	61,00	m	7.527,34	459.167,74
Διάνοιξη και προσωρινή υποστήριξη ενός μ.μ τυπικών διατομών σηράγγων Κατηγ. III	741,00	m	7.561,94	5.603.397,54
Διάνοιξη και προσωρινή υποστήριξη ενός μ.μ τυπικών διατομών σηράγγων Κατηγ. IV	237,00	m	6.666,03	1.579.849,11
Συνολικό κόστος διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης				7.642.414,39
Προστίθεται Ο.Ε. & Γ.Ε. (18%)				1.375.634,59
Συνολικό κόστος ανά μ.μ. μετά Ο.Ε. & Γ.Ε.				9.018.048,98
Αναθεωρημένο κόστος ανά μ.μ.				4.070,12
Προστίθεται ο Φ.Π. Α. (18%)				1.623.981,44
Κόστος διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης σήραγγας με Φ.Π.Α.				10.642.030,42

Έτσι, προκύπτουν τα κόστη ανά μέτρο μήκους (Σχήμα_3.17) και κυβικό μέτρο (Σχήμα_3.18) για τις τυπικές διατομές των αντίστοιχων κατηγοριών βραχόμαζας.



Σχήμα_3.17: Κόστος εκσκαφής και άμεσης υποστήριξης σήραγγας ανά κατηγορία βραχόμαζας και ανά μέτρο μήκους για τη Σήραγγα Αγίας Κυριακής (πραγματικό κόστος μετά του Ο.Ε. & Γ.Ε. χωρίς Φ.Π.Α.)



Σχήμα_3.18: Κόστος εκσκαφής και άμεσης υποστήριξης σήραγγας ανά κατηγορία βραχώμαζας και ανά κυβικό μέτρο για τη Σήραγγα Αγίας Κυριακής (πραγματικό κόστος μετά του Ο.Ε. & Γ.Ε. χωρίς Φ.Π.Α.)

Συμπεράσματα

Η πρώτη δυσκολία που συναντήθηκε πριν την διάνοιξη αφορούσε την γεωλογική μελέτη της σήραγγας καθώς και την γεωτεκτονική κατάταξη των σχηματισμών. Λόγω της δυσβατότητας της περιοχής, δεν ήταν εφικτή η πραγματοποίηση γεωτρήσεων. Έτσι τα στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν για την στατιστική επεξεργασία και την βαθμονόμηση των παραγόντων για την κατάταξη της βραχώμαζας σε Σηραγγολογικές κατηγορίες, ελήφθησαν από τις μακροσκοπικές παρατηρήσεις που έγιναν κατά τις επί τόπου επισκέψεις, την επιφανειακή χαρτογράφηση, την εμπειρία, άλλες μελέτες παρόμοιας φύσης και την βιβλιογραφία.

Τα κατασκευαστικά προβλήματα τα οποία παρουσιάστηκαν κατά την διάνοιξη της Σήραγγας οφείλονται στην στρωματογραφία του εδάφους καθώς και στην ύπαρξη ποσοτήτων νερού στην επαφή ασβεστόλιθων κερατολιθών.

Από το Σχήμα_3.17 βγαίνει το συμπέρασμα ότι δεν υπάρχει σημαντική διαφορά κόστους μεταξύ των τυπικών διατομών που οφείλεται στην ομογένεια της προς διάνοιξης βραχώμαζας. Το μεγαλύτερο τμήμα της σήραγγας διανοίγεται σε βραχώμαζα κατηγορίας III δηλαδή με GSI = 30-45, με μέσο κόστος διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης περί τα 8.923€ ανά μέτρο μήκους.

3.2.4_Σήραγγες Π.Α.Θ.Ε.

Ο αυτοκινητόδρομος Π.Α.Θ.Ε. αποτελεί τον κύριο οδικό άξονα της χώρας και ανήκει στα Διερωπαϊκά δίκτυα. Ο δικός άξονας έχει επανασχεδιαστεί και κατασκευάζεται - τείνει στην ολοκλήρωση του- ως αυτοκινητόδρομος με σύγχρονες προδιαγραφές. Ο Π.Α.Θ.Ε. έχει συνολικό μήκος 774km, ενώ το παράπλευρο δίκτυο εκτείνεται σε μήκος 775km.

Ο αυτοκινητόδρομος ενώνει: 6 περιφέρειες, 11 νομούς, 14 μεγαλουπόλεις, 320 κωμοπόλεις, 6 αεροδρόμια, 9 λιμάνια, 80 τουριστικές, ιστορικές περιοχές και 22 σημαντικές βιομηχανικές περιοχές.

Τμήμα του αυτοκινητοδρόμου Π.Α.Θ.Ε. είναι οι σήραγγες της Κακίας Σκάλας οι οποίες είναι πέντε σε αριθμό (2 δίδυμες μονού κλάδου - ΑΣ1 & ΑΣ2 και 1 μονού κλάδου - ΑΣ3 με κατεύθυνση προς Κόρινθο) και οι σήραγγες στην παράκαμψη του Άγιου Κωνσταντίνου που είναι τέσσερις σε αριθμό (2 δίδυμες μονού κλάδου - Διχαλορέματος και Κνημίδας). Δύο εξ' αυτών (ΑΣ1 και Κνημίδας) αναλύονται στην συνέχεια.

3.2.4.1_Σήραγγα ΑΣ1, Κακιά Σκάλα

Περιγραφή Έργου

Η δίδυμη σήραγγα ΑΣ1 της Κακίας Σκάλας αποτελεί τμήμα του οδικού άξονα Αθήνα - Κόρινθος του Αυτοκινητόδρομου 8^Α (Εικόνα_3.8). αποτελείται από δύο κλάδους με μήκος 943m περίπου για τον δεξιό κλάδο ΑΣ1_Δ με κατεύθυνση προς Κόρινθο και ονομασία «Γεράνεια», ενώ ο αριστερός κλάδος ΑΣ1_Α με κατεύθυνση προς Αθήνα έχει μήκος 320m περίπου και ονομασία «Θησείας».



Εικόνα_3.8: Νέα Εθνική Οδός Αθήνα - Κόρινθος
(<http://www.neaodos.gr/>)

Στο έργο κατασκευής του συνολικού έργου συμπεριλήφθηκε και η κατασκευή εκατέρωθεν μίας σήραγγας διαφυγής ΣΔ1 του δεξιού κλάδου της σήραγγας μήκους 76,50m. Το έργο περιλαμβάνει (Εικόνα_3.9):

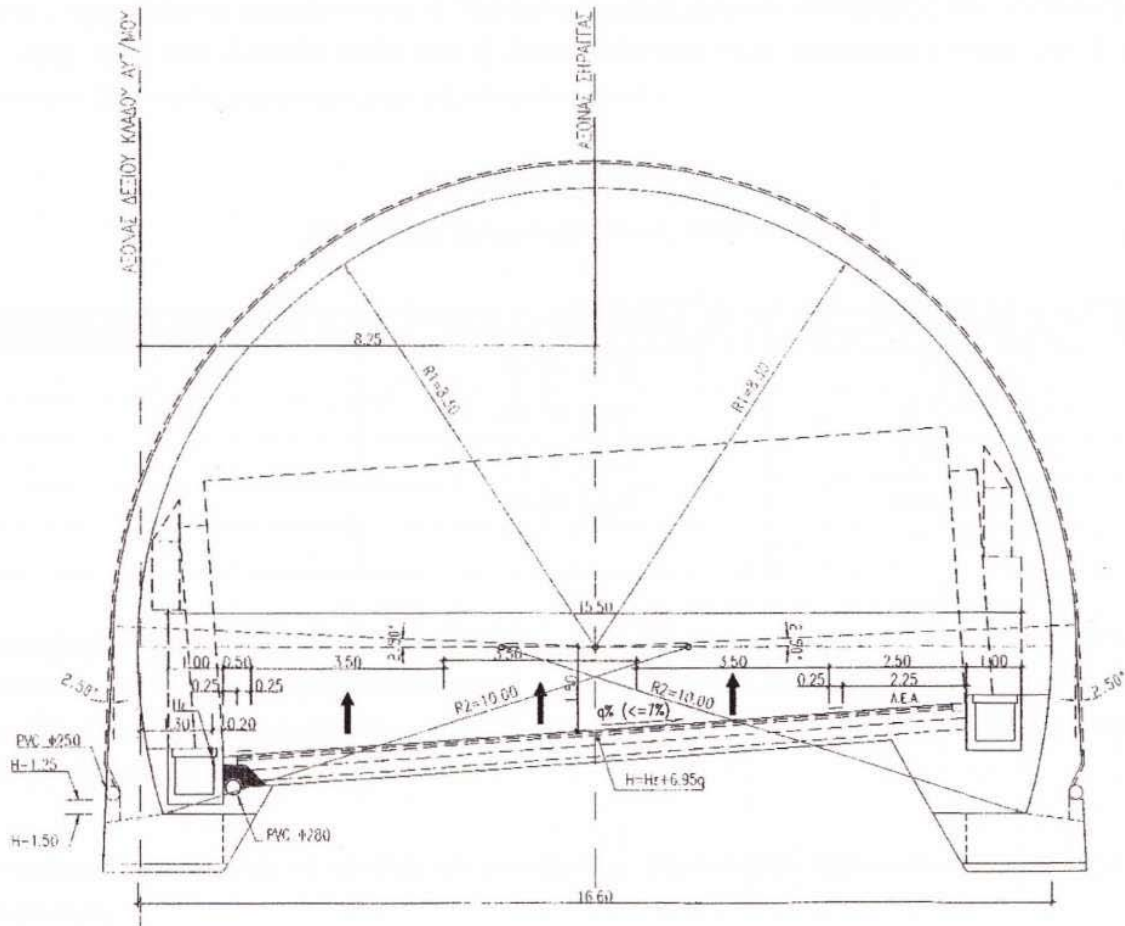
- για τον αριστερό κλάδο ΑΣ1Δ:
 - _ 220m καθαρής υπόγειας εκσκαφής
 - _ κατασκευή Cut & Cover ανατολικού μετώπου μήκους 30m
 - _ κατασκευή Cut & Cover δυτικού μετώπου μήκους 50m
- για το δεξιό κλάδο ΑΣ1Δ:
 - _ 755m καθαρής υπόγειας εκσκαφής
 - _ κατασκευή Cut & Cover ανατολικού μετώπου μήκους 10m
 - _ κατασκευή Cut & Cover δυτικού μετώπου μήκους 85m



Εικόνα_3.9: Δίδυμη σήραγγα ΑΣ1

Η τυπική διατομή της σήραγγας ΑΣ1 (Σχήμα_3.19), είναι πεταλοειδής με τα παρακάτω γεωμετρικά χαρακτηριστικά:

- Ωφέλιμη διατομή 133,00m²
- Τρεις λωρίδες κυκλοφορίας πλάτους 3,50m η κάθε μία και μια λωρίδα έκτακτης ανάγκης (Λ.Ε.Α.) πλάτους 2,50m (2,25m και 0,25m ερείσματα)
- Πεζοδρόμιο σε κάθε πλευρά, πλάτους 1,00m
- Πλάτος καταστρώματος και ρειθρών 13,50m
- Συνολικό πλάτος 15,50m
- Μέγιστο ύψος 9,80m, ελάχιστο 5,90m
- Κατά μήκος κλίση 1,50%



Σχήμα_3.19: Διατομή χρήσης οδικής σήραγγας ΑΣ1 (εκτός ζώνης ρήγματος) (ΕΥΔΕ/ΠΑΘΕ)

Στοιχεία Σύμβασης του Έργου

Κύριος του έργου ήταν το ΥΠΕΧΩΔΕ /Γ.Γ.Δ.Ε. / Ειδική Υπηρεσία Δημοσίων Έργων - Αυτοκινητόδρομος Πάτρα -Αθήνα - Θεσσαλονίκη - Εύζωνοι (Ε.Υ.Δ.Ε. - Π.Α.Θ.Ε.). Ανάδοχος ορίστηκε ο ΑΚΤΩΡ Α.Τ.Ε., και μελετητές η Οδομηχανική Α.Μ.Ε. και η Όμικρον Κάπα Μελετητική Ε.Π.Ε

Η έναρξη των εργασιών πραγματοποιήθηκε τον Ιανουάριο 1999 (ημερομηνία υπογραφής αρχικής σύμβασης), και η προβλεπόμενη διάρκεια των εργασιών ήταν τέσσερα έτη. Τελικά, με δεύτερη σύμβαση ανατέθηκε η ολοκλήρωση των οδικών έργων περιοχής Κακιάς Σκάλας, με ημερομηνία ολοκλήρωσης των εργασιών την 04/08/2004. Το συνολικό κόστος του έργου (της κατασκευής και όλων των σηράγγων που διατρέχουν το τμήμα της Κακιάς Σκάλας) ανέρχεται στα 191.400.000,00 €.

Γεωλογία της Περιοχής

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί που δομούν την περιοχή των ανατολικών και δυτικών στομιών της σήραγγας ΑΣ1 (αλλά και άλλες περιοχές της σήραγγας) είναι οι εξής:

- Ανθρωπογενείς τεχνητές αποθέσεις (M), προερχόμενες από εκσκαφές προηγούμενων εργολαβιών και δραστηριοτήτων.
- Αργιλιχαλικώδη ασβεστολιθικά κορήματα (Sc). Πρόκειται για μη συνεκτικό υλικό έως ελαφρά συγκολλημένο κατά θέσεις σχηματισμό. Αποτελούνται από ασβεστολιθικές λατύπες, κατά θέσεις ελαφρά αποστρωγγυλεμένες, με καστανέρυθρο ασβεστιτικό και αργιλικό υλικό. Παρατηρούνται επίσης και ασβεστολιθικοί ογκόλιθοι επιφάνειας 0,35m² περίπου, οι οποίοι επικάθονται του σχηματισμού ή βρίσκονται μέσα σε αυτόν.
- Ολισθόλιθοι. Πρόκειται για ασβεστολιθικά τεμάχια που έχουν αποκολληθεί από την κυρίως ασβεστολιθική μάζα. Επικάθονται των κορημάτων, αλλά κυρίως των τεχνητών αποθέσεων.
- Μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι, κερματισμένοι έως κατακερματισμένοι κατά θέσεις (Lm - k), τεφρού έως λευκότεφρου χρώματος, τοπικά υποκίτρινου έως υποκάστανου χρώματος. Ο σχηματισμός είναι κρητιδικής ηλικίας και ανήκει στην ενότητα της Ανατολικής Ελλάδας. Οι ασβεστόλιθοι παρουσιάζονται λεπτοπλακώδεις έως μεσοπλακώδεις, ελαφρά αποσαθρωμένοι και είναι μέτριας αντοχής. Στην περιοχή του ορύγματος της Ν.Ε.Ο διακόπονται από σημαντικές ρηξιγενείς ζώνες κατά μήκος των οποίων το υλικό έχει διατηρηθεί και παρουσιάζεται με τη μορφή μυλωνίτη, το πάχος του οποίου κατά θέσεις ξεπερνά τα 2m.
- Μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι, έντονα τεκτονισμένοι και διαρρηγμένοι (Lm - k, Br), υποκίτρινου έως γκριζου χρώματος. Λόγω της έντονης κατάκλασης που έχουν υποστεί παρουσιάζουν εδαφικά μηχανικά χαρακτηριστικά, ενώ δεν διατηρείται εν γένει η δομή του αρχικού πετρώματος. Αποτελούνται από θραύσματα μαργαϊκού ασβεστόλιθου με κύρια μάζα αργιλολυώδους κυρίως σύστασης. Το μέγεθος των θραυσμάτων κυμαίνεται από μερικά εκατοστά έως και ογκόλιθους 0,5m - 2m ή και μεγαλύτερους. Το ποσοστό των ογκόλιθων μέσα στο σχηματισμό κυμαίνεται από 5% έως 30% περίπου. Παρατηρούνται επίσης κατά θέσεις και υπολειμματικές εμφανίσεις του αρχικού πετρώματος στην υγρή του μορφή, όπου έχουν διατηρηθεί τόσο τα στοιχεία των διακλάσεων, όσο και η στρώση. Λόγω των συνθηκών γένεσης, δεν μπορεί να εκτιμηθεί το πλήθος και η έκταση εμφάνισης των ως άνω υγιών μορφών του ασβεστόλιθου.

Αξιζει να σημειωθεί ότι στην περιοχή διάνοιξης των σήραγγων ΑΣ1_Α και ΑΣ1_Β, η ασβεστολιθική βραχώμαζα τέμνεται από πλήθος ρηξιγενών ζωνών, με αποτέλεσμα να παρουσιάζει έντονη τεκτονική καταπόνηση και ως συνέπεια να υπάρχουν ζώνες μυλωνιτώσης σημαντικού πάχους. Επίσης, στην περιοχή μελέτης εξαιτίας της έντονης κατάκλασης των ασβεστόλιθων η βραχώμαζα παρουσιάζει εδαφικά στοιχεία.

Γεωτεχνική Ταξινόμηση Βραχώμαζας

Με βάση τα αποτελέσματα του συνόλου των γεωτεχνικών ερευνών που εκτελέστηκαν στην περιοχή των έργων της περιοχής της Κακιάς Σκάλας, της αναμενόμενης μεταβλητότητας των σχηματισμών κατά μήκος της χάραξης αλλά και της μακροσκοπικής συμπεριφοράς των σχηματισμών στα εκτεθειμένα πρηνή της περιοχής, εκτιμήθηκε κατά τη Μελέτη ότι οι ασβεστόλιθοι εντός των οποίων διανοίχτηκε η σήραγγα μπορούν να περιγραφούν (από πλευράς μηχανικών ιδιοτήτων) μέσω τεσσάρων κατηγοριών βραχώμαζας (κατηγορίες Α,Β,Γ,Δ,) που καλύπτουν το πλήρες φάσμα των αναμενόμενων γεωτεχνικών συνθηκών στην περιοχή των έργων, ενώ είναι ενδεχόμενο να συναντηθούν συνθήκες βραχώμαζας που αντιστοιχούν στην κατηγορία Ε που αναγράφεται στη συνέχεια. Σύμφωνα με την εγκεκριμένη προμελέτη της Υπηρεσίας κατά τη διάνοιξη της σήραγγας εκτιμήθηκε ότι θα συναντηθούν ασβεστόλιθοι και μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι και κλαστικά ασβεστολιθικά λατυποπαγή. Η βραχώμαζα που αναμενόταν να συναντηθεί κατά τη φάση της μελέτης της σήραγγα κατατάσσεται σε τέσσερις χαρακτηριστικές κατηγορίες που αντιστοιχούν στις εξής τιμές των δεικτών RMR (Πίνακας_3.21) και σε μία κατηγορία Ε η οποία χαρακτηρίζεται ως εδαφικού τύπου.

Πίνακας_3.21: Ταξινόμηση βραχώμαζας (ΕΥΔΕ/ΠΑΘΕ)

Κατηγορία βραχώμαζας	Δείκτης RMR
A	55-70 (55)
B	40-54 (40)
Γ	30-39 (30)
Δ	20-29 (20)
E	--

Κρίθηκε στα πλαίσια της Μελέτης να διαστασιολογηθεί μια τυπική διατομή εκσκαφής και προσωρινής υποστήριξης (G_1) για συνθήκες βραχώμαζας που εμπίπτουν στην κατηγορία βραχώμαζας Γ, αλλά κυμαίνονται προς το όριο με την κατηγορία Β. Για την ενδιάμεση κατηγορία G_1 προσδιορίστηκαν οι αντιπροσωπευτικές τιμές των γεωτεχνικών παραμέτρων σχεδιασμού που υπεισέρχονται στις ελαστοπλαστικές αναλύσεις, με θεώρηση του δείκτη RMR από 35 έως 39. Συγκεκριμένα, για πάχος υπερκειμένων 85m, προσδιορίστηκαν οι τιμές των γεωτεχνικών παραμέτρων για την κατηγορία G_1 . Στον Πίνακα_3.22) παρουσιάζεται οι τιμές των γεωτεχνικών παραμέτρων ανά κατηγορία βραχώμαζας που υπολογίστηκαν για το μέγιστο πάχος υπερκειμένων.

Πίνακας_3.22: Γεωτεχνικές παράμετροι ανά κατηγορία βραχώμαζας (ΕΥΔΕ/ΠΑΘΕ)

Γεωτεχνικές παράμετροι	A	B	Γ	Γ ₁	Δ	Ε
Μέτρο ελαστικότητας E _{mass} (MPa)	1760	2800	1400	1880	700	200
Λόγος Poisson (ν)	0,25	0,30	0,30	0,30	0,35	0,35
Φαινόμενο βάρος (kN/m ³)	25	24	24	24	24	21
Γωνία τριβής (°)	45,2	39,5	32,9	35	28,5	35
Συνοχή c (kPa)	1760	900	640	700	530	40
Συντελεστής K _o	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75

Τυπικές Διατομές - Γεωτεχνικογεωλογικές Ενότητες

ΔΑ(ΛΕΑ)-1: Συμπαγείς (υγείς έως ελαφρά ρωγματωμένοι) ασβεστόλιθοι. Ρωγματωμένο πέτρωμα με αντοχή βραχώμαζας μεγαλύτερη από τις εφαιπομενικές τάσεις. Σταθερή συμπεριφορά κατά την εκσκαφή. Δεν παρατηρείται συστηματική χαλάρωση τεμαχών πετρώματος και ανάλογα με τη γεωμετρία των ασυνεχειών ενδέχεται να σχηματίζονται σφηνοειδείς ολισθήσεις ή αποκολλήσεις. Συστηματική υποστήριξη για προληπτική εξασφάλιση των σφηνών. Καμία επιρροή του υπόγειου νερού.

ΔΑ (ΛΕΑ)-2: ελαφρώς ρωγματωμένοι - κερματισμένοι ασβεστόλιθοι. Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει κερματισμένο έως κατακερματισμένο πέτρωμα με αντοχή ίση ή ελαφρώς μικρότερη από τις εφαιπομενικές τάσεις. Παρατηρείται χαλάρωση τεμαχών και σχηματισμός σφηνών. Απαιτείται συστηματική υποστήριξη της βραχώμαζας για την εξασφάλιση των σφηνών. Ασήμαντη έως μικρή είναι η επιρροή του υπόγειου νερού. *Εφαρμογή στην κατηγορία βραχώμαζας B, ανεξαρτήτως υπερκειμένων.*

ΔΑ (ΛΕΑ)-3_A: τεκτονισμένη βραχώμαζα. Μέτρια κερματισμένοι και μέτρια αποσαθρωμένοι ασβεστόλιθοι, μέτριας ποιότητας. Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει πέτρωμα με αντοχή μικρότερη από τις εφαιπομενικές τάσεις. Κίνδυνος αστοχιών χωρίς εγκατάσταση συστήματος άμεσης υποστήριξης. Μέτρια είναι η επιρροή του υπόγειου νερού. *Εφαρμογή στην κατηγορία βραχώμαζας Γ₁, ανεξαρτήτως υπερκειμένων.*

ΔΑ (ΛΕΑ)-3_B & ΔΑ(ΛΕΑ-P)-3: τεκτονισμένη βραχώμαζα. Κατακερματισμένοι και αποσαθρωμένοι ασβεστόλιθοι, μέτριας ποιότητας. Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει πέτρωμα με αντοχή αρκετά μικρότερη από τις εφαιπομενικές τάσεις. Κίνδυνος αστοχιών χωρίς εγκατάσταση συστήματος άμεσης υποστήριξης. Η επιρροή του υπογείου νερού είναι από μέτρια έως σημαντική. *Εφαρμογή στην κατηγορία βραχώμαζας Γ, ανεξαρτήτως υπερκειμένων κατηγορία βραχώμαζας Δ, με μέγιστο πάχος υπερκειμένων 60m.*

ΔΑ (ΛΕΑ)-4_A & ΔΑ (ΛΕΑ-P)-4_A: έντονα τεκτονισμένη και ελαφρά διατμημένη βραχώμαζα. Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει πολύ αποσαθρωμένο ή τεκτονικά

διαταραγμένο πέτρωμα, ζώνες μικρών ρηγμάτων. Ο βαθμός εξαλλοίωσης είναι έντονος. Ανάπτυξη προοδευτικής παραμόρφωσης που οδηγεί σε αποτυχίες χωρίς χρήση κατάλληλης υποστήριξης. Σημαντική η επιρροή του υπόγειου νερού. Εφαρμογή στην κατηγορία βραχόμαζας Δ, ανεξαρτήτως υπερκειμένων.

Επιλογή Μεθόδου Διάνοιξης (Εκσκαφή και Μέτρα Προσωρινής Υποστήριξης) Σήραγγας

Η διάνοιξη της σήραγγας για ανάλογα με τις τοπικές διατομές έγινε είτε με χρήση εκρηκτικών υλών είτε με μηχανικά μέσα. Η διάνοιξη της διατομής και της τοποθέτησης προσωρινής υποστήριξης και επένδυσης έγινε με προπορεία του άνω μισού με προσωρινό ανεστραμμένο πυθμένα, ενώ το βήμα προχώρησης της άνω ημιδιατομής κυμαίνεται από τα 1,0 - 4,0m ενώ της κάτω - βαθμίδας 2,0 - 6,0m. Τα μέτρα υποστήριξης επιλέχτηκαν σύμφωνα με τα γεωτεχνικά χαρακτηριστικά της κάθε κατηγορίας βραχόμαζας.

Στους Πίνακες 3.23 & 3.24 παρουσιάζονται τα μήκη εφαρμογής των τοπικών διατομών στον αριστερό και δεξιό κλάδο της σήραγγας ΑΣ1 αντίστοιχα.

Πίνακας 3.23: Μήκη εφαρμογής και χαρακτηριστικά τυπικών διατομών σύμφωνα με την εγκεκριμένη οριστική μελέτη σήραγγας ΑΣ1_Δ (Δεξιού κλάδου)

Τυπική διατομή εκσκαφής και άμεσης υποστήριξης	Κατηγορία βραχόμαζας που εφαρμόζεται	Χ.Θ. Εφαρμογής	Μήκος Εφαρμογής (m)	(%) συνολ. Μήκους
ΔΑ (ΛΕΑ) -1	A	--	--	0
ΔΑ (ΛΕΑ) -2	B	--	--	0
ΔΑ (ΛΕΑ) -3 _A	Γ ₁	Από 0+585,05 έως 0+576,31	8,74	1,0%
ΔΑ (ΛΕΑ) -3 _B	Γ	Από 0+893,5 έως 0+585,05, από 0+576,31 έως 0+546,55 και από 0+428,0 έως 0+290,62	475,59	56,36%
ΔΑ (ΛΕΑ) -4 _A	Δ	Από 0+925,53 έως 0+893,5 και από 0+546,55 έως 0+428,00	150,58	17,84%

Πίνακας_3.24: Μήκη εφαρμογής και χαρακτηριστικά τυπικών διατομών σύμφωνα με την εγκεκριμένη οριστική μελέτη σήραγγας ΑΣ1_Α (Αριστερού κλάδου)

Τυπική διατομή εκσκαφής και άμεσης υποστήριξης	Κατηγορία βραχώμαζας που εφαρμόζεται	Χ.Θ. Εφαρμογής	Μήκος Εφαρμογής (m)	(%) συνολ. Μήκους
ΔΑ (ΛΕΑ) -1	Α	--	--	0
ΔΑ (ΛΕΑ) -2	Β	--	--	0
ΔΑ (ΛΕΑ) -3 _Α	Γ ₁	--	--	0
ΔΑ (ΛΕΑ) -3 _Β	Γ	--	--	0
ΔΑ (ΛΕΑ) -4 _Α	Δ	Από Χ.Θ.0+898 έως Χ.Θ.0+861	150,58	17,84%

Πρέπει να αναφερθεί στο σημείο αυτό ότι τα δεδομένα των Πίνακων_3.23 & 3.24 αναφέρονται στη διάνοιξη μόνο των υπογείων τμημάτων και για τούτο το λόγο το συνολικό ποσοστό του συνολικού μήκους εφαρμογής δεν είναι ίσο με 100%. Ιδιαίτερη σημασία πρέπει να δοθεί στον αριστερό κλάδο της σήραγγας ΑΣ1 όπου το μεγαλύτερο μέρος της σήραγγας περιελάμβανε την κατασκευή στομίου.

Προϋπολογισμός Μελέτης της Σήραγγας ΑΣ1

Στον Πίνακα_3.25 αναλύεται σε επιμέρους δαπάνες το σύνολο του κόστους της σήραγγας ΑΣ1, όπως αυτό διαμορφώθηκε κατά την σύνταξη της Οριστικής Μελέτης του έργου, δηλαδή για μήκη σήραγγων 320m και 945m περίπου, χωρίς ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις και κατασκευή κτιρίων. Στις δαπάνες τελικής επένδυσης δεν συμπεριλαμβάνεται το κόστος βαφής της σήραγγας. Ωστόσο, από την προ μέτρηση και τη διαστασιολόγηση της τελικής επένδυσης, όπως αυτές προκύπτουν από την οριστική μελέτη της σήραγγας, το συνολικό κόστος κατασκευής της σήραγγας, συμπεριλαμβανομένης και της οδοποιίας μέσα στη σήραγγα, ανέρχεται στα 41.595.884 € (μετά του Ο.Ε.&Γ.Ε. και Φ.Π.Α.) που αντιστοιχεί σε 33.277 €/ μέτρο μήκους.

Ο προϋπολογισμός έγινε βάσει των αναθεωρημένων τιμών μονάδος για το δεύτερο τρίμηνο του 1998, τα γενικά έξοδα (Γ.Ε.) και το εργολαβικό όφελος (Ο.Ε.) καθορίζεται σε 18% της συνολικής δαπάνης του έργου. Τα απρόβλεπτα υπολογίσθηκαν ίσα με το 9% του συνόλου των δαπανών, ενώ η συνολική δαπάνη του έργου που προκύπτει επιβαρύνεται με Φ.Π.Α. της τάξης του 18%.

Πίνακας_3.25: Προϋπολογισμός σήραγγας ΑΣ1
(ΕΥΔΕ/ΠΑΘΕ)

Αναλυτική Διαμόρφωση Κόστους της Σήραγγας της ΑΣ1 Κατά την Κατασκευή		
ΕΝΔΕΙΞΗ ΕΡΓΑΣΙΩΝ	ΔΑΠΑΝΗ ΑΝΑ ΕΡΓΑΣΙΑ (€)	% ΣΥΝ. ΔΑΠΑΝΗΣ
A. ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ ΕΡΓΑ ΚΑΙ ΟΔΟΠΟΙΙΑ ΕΝΤΟΣ / ΕΚΤΟΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ		
ΧΩΜΑΤΟΥΡΓΙΚΑ	617.069,46	2,277%
ΤΕΧΝΙΚΑ ΕΡΓΑ	5.246.095,26	20,401%
ΟΔΟΣΤΡΩΣΙΑ - ΑΣΦΑΛΤΙΚΑ	10.564,93	0,041%
ΚΤΙΡΙΑ	0	0%
ΣΥΝΟΛΟ	5.842.355,20	22.719%
B. ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ		
ΠΡΟΕΡΓΑΣΙΕΣ	156.096,85	0,607%
ΔΙΑΝΟΙΞΗ ΚΑΙ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ ΣΗΡΑΓΓΑΣ	15.420.743,65	59,968%
ΤΕΛΙΚΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗ- ΒΑΦΗ	3.735.336,76	14,526%
ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΕΙΣ - ΤΣΙΜΕΝΤΕΝΕΣΕΙΣ- ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ	390.838,50	1,519%
ΔΙΑΦΟΡΑ (Όπως όργανα ελέγχου, συγκλίσεων, κ.λ.π.)	169.412,59	0,658%
ΣΥΝΟΛΟ	19.872.428,35	77,280%
ΓΕΝΙΚΟ ΑΘΡΟΙΣΜΑ ΔΑΠΑΝΩΝ (Σσ)	25.635.432,57	100%
ΓΕ & ΟΕ (18% * Σσ = ΣΣ)	4.614.377,86	
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΔΑΠΑΝΗ ΜΕΤΑ ΤΟΥ Ο.Ε. & Γ.Ε.	30.249.810,43	
ΑΠΡΟΒΛΕΠΤΑ (Μέχρι το πέρας της εργολαβίας, 9%)	2.307.188,93	
ΑΣΙΑ ΕΡΓΟΥ (= Σ1)	32.556.999,37	
ΑΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ	17.608,22	
ΔΑΠΑΝΕΣ ΑΝΑΘΕΩΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΤΟΚΟΙ	4.519.442,41	
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΔΑΠΑΝΗ ΧΩΡΙΣ Φ.Π.Α. (= Σ2)	41.595.884,18	
ΔΑΠΑΝΗ Φ.Π.Α. (18%)	7.487.259,15	
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΔΑΠΑΝΗ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ ΜΕ ΦΠΑ	49.083.143,33	
ΕΓΚΕΚΡΙΜΕΝΗ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΔΑΠΑΝΗ	49.083.143,33	

Υπολογισμός Κόστους Εκκαφής και Άμεσης - Προσωρινής Υποστήριξης ανά Κατηγορία Βραχόμαζας

Στην παράγραφο αυτή γίνεται ο προσδιορισμός του κόστους εκκαφής και προσωρινής υποστήριξης ανά μέτρο μήκους για κάθε τυπική διατομή που τελικά εφαρμόστηκαν. Οι προμετρήσεις βασίστηκαν στα σχέδια των τυπικών διατομών από τα σχέδια της ΕΥΔΕ/ΠΑΘΕ. Η κοστολόγηση έγινε βάσει των αναθεωρημένων τιμών μονάδων που χρησιμοποιήθηκαν στο τιμολόγιο προσφοράς (υπογραφή εργολαβικού συμφωνητικού στις 21/01/1999) με τις αντίστοιχες αναθεωρήσεις τους.

Στους Πίνακες_3.26 έως 3.28 παρουσιάζεται το κόστος ανά μέτρο μήκους κάθε κατηγορίας βραχόμαζας όπως αυτό διαμορφώθηκε από τη Μελέτη.

Πίνακας_3.26: Προμετρήσεις ανά μέτρο μήκους για την κατηγορία διατομής ΔΑ (ΛΕΑ) - 3_Α (ΕΥΔΕ/ΠΑΘΕ)

Προμετρήσεις ανά μ.μ. για την κατηγορία διατομής ΔΑ(ΛΕΑ)-3 _Α							
α/α	α/α Τιμολογίου	Ενδειξη Εργασιών	Άρθρο Αναθεώρησης	Μονάδα Μέτρησης	Ποσότητα	Τιμή Μονάδος (€)	Δαπάνη (€)
1	H.1.1.1	Εκσκαφή Γραμμή 'Α' σε βραχώμαζα κατ. Α ή Β	ΥΔΡ-7020	m ³	194,30	28,85	5.605,12
2		Υπερεκκαφές (Γραμμή 'Β' - Γραμμή 'Α')	ΥΔΡ-7021	m ³	5,57	28,85	160,691
3	H-2.1	Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα	ΥΔΡ-7017.8	m ³	15,95	102,71	1.638,30
4	H.II.8.4	Καθαίρεση εκτοξευόμενου σκυροδέματος	ΥΔΡ-7024	m ³	4,41	0,00	0
5	H-3	Μεταλλικές ίνες	ΟΔΟ-2612	kg	347,80	1,12	387,87
6	H-11.5	Απλές ηλώσεις βράχου S500,Φ25, 200KN σε κάρναβο 1,75x1,25m (L=6m)	ΥΔΡ-7024	τεμάχια	5,60	44,02	246,52
7	N.T.-1ο-3ο	Αγκύρια τύπου Super Swellex, 200KN (L=5m)	ΥΔΡ-7024	τεμάχια	10,00	104,94	1.049,45
Συνολικό κόστος ανά μ.μ.							9.088,01
Προστίθεται Ο.Ε. & Γ.Ε. (18%)							1.635,84
Συνολικό κόστος ανά μ.μ. μετά Ο.Ε. & Γ.Ε.							10.723,85
Αναθεωρημένο κόστος ανά μ.μ.							12.879,34
Προστίθεται ο Φ.Π. Α. (18%)							2.318,29
Κόστος ανά μέτρο μήκους σήραγγας με Φ.Π.Α.							15.197,62

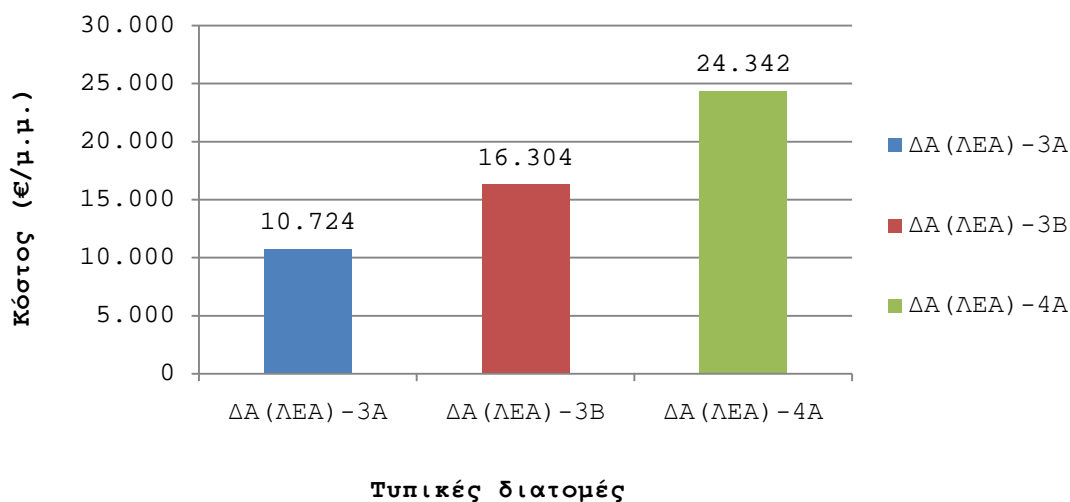
Πίνακας_3.27: Προμετρήσεις ανά μέτρο μήκους για την κατηγορία διατομής ΔΑ (ΛΕΑ) - 3_Β (ΕΥΔΕ/ΠΑΘΕ)

Προμετρήσεις ανά μ.μ. για την κατηγορία διατομής ΔΑ(ΛΕΑ)-3 _Β							
α/α	α/α Τιμολογίου	Ενδειξη Εργασιών	Άρθρο Αναθεώρησης	Μονάδα Μέτρησης	Ποσότητα	Τιμή Μονάδος (€)	Δαπάνη (€)
1	H.1.1.1	Εκσκαφή Γραμμή 'Α' σε βραχώμαζα κατ. Γ ή Δ	ΥΔΡ-7020	m ³	197,66	28,85	5.702,12
2		Υπερεκκαφές (Γραμμή 'Β' - Γραμμή 'Α')	ΥΔΡ-7021	m ³	5,60	28,85	161,41
3	H-2.1	Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα	ΥΔΡ-7017.8	m ³	20,70	102,71	2126,60
4	H.II.8.4	Καθαίρεση εκτοξευόμενου σκυροδέματος	ΥΔΡ-7024	m ³	2,24	0,00	0,00
5	H-3	Μεταλλικές ίνες	ΟΔΟ-2612	kg	644,36	1,12	718,58
6	H-11.5	Απλές ηλώσεις βράχου S500,Φ25,200KN σε κάρναβο 1,75x1,25m (L=6m)	ΥΔΡ-7024	τεμάχια	4,00	44,02	176,08
7	N.T.-1ο-3ο	Αγκύρια τύπου Super Swellex,200KN σε κάρναβο 1,75x1,25m (L=5m)	ΥΔΡ-7024	τεμάχια	10,00	104,94	1.049,45
8	H-6	Μεταλλικά πλαίσια St,IPB160 (ανά 1,25m)	ΥΔΡ-7027	kg	1.556,56	0,85	1.324,73
9	N.T.-1ο-2ο	Ηλώσεις βράχου Self-drilling, 250KN (L=5m)	ΥΔΡ-7024	m	48,00	28,35	1.360,77
10	N.T.-1ο-5ο	Θυσιάζομενα αγκύρια τύπου Fiber-glass ,250KN (L=6m)	ΥΔΡ-7024	m	49,50	24,19	1.197,30
Συνολικό κόστος ανά μ.μ.							13.817,03
Προστίθεται Ο.Ε. & Γ.Ε. (18%)							2.487,07
Συνολικό κόστος ανά μ.μ. μετά Ο.Ε. & Γ.Ε.							16.304,10
Αναθεωρημένο κόστος ανά μ.μ.							19.304,05
Προστίθεται ο Φ.Π. Α. (18%)							3.474,73
Κόστος ανά μέτρο μήκους σήραγγας με Φ.Π.Α.							22.778,78

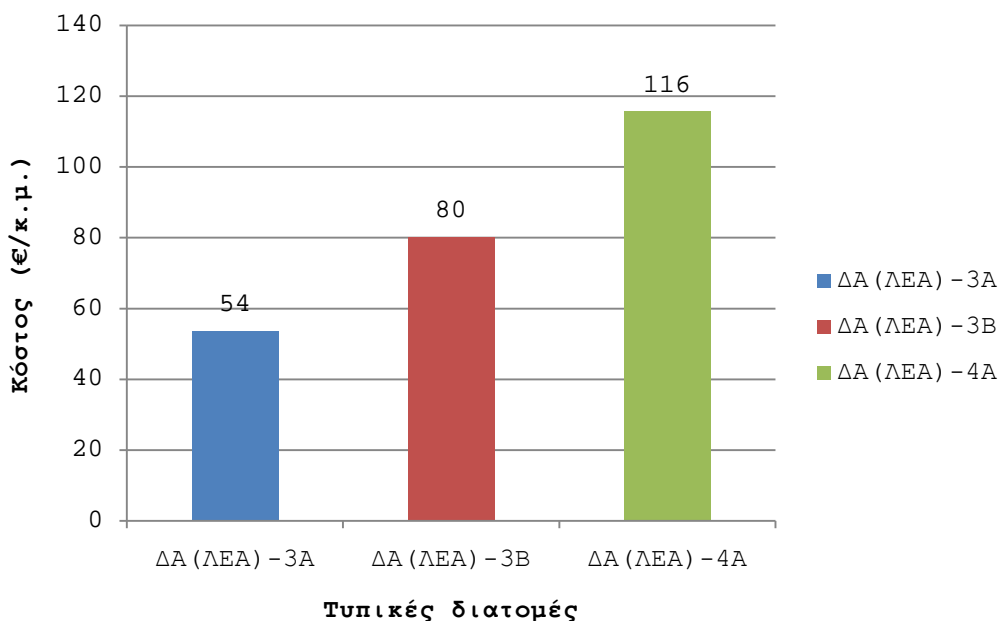
Πίνακας_3.28: Προμετρήσεις ανά μέτρο μήκους για την κατηγορία διατομής ΔΑ (ΛΕΑ) -4_A (ΕΥΔΕ/ΠΑΘΕ)

Προμετρήσεις ανά μ.μ. για την κατηγορία διατομής ΔΑ(ΛΕΑ)-4 _A							
α/α	α/α Τιμολογίου	Ένδειξη Εργασιών	Άρθρο Αναθεώρησης	Μονάδα Μέτρησης	Ποσότητα	Τιμή Μονάδος (€)	Δαπάνη (€)
1	H.1.1.1	Εκσκαφή Γραμμή 'Α' για βραχόμαζα κατ. Γ ή Δ	ΥΔΡ-7020	m ³	204,83	28,85	5.908,97
2		Υπερεκσκαφές (Γραμμή 'Β' - Γραμμή 'Α')	ΥΔΡ-7021	m ³	5,73	28,85	165,30
3	H-2.1	Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα	ΥΔΡ-7017.8	m ³	21,54	102,71	2.212,89
4	H.II.8.4	Καθαίρεση εκτοξευόμενο σκυροδέματος	ΥΔΡ-7024	m ³	2,29	0,00	0,00
5	H-3	Μεταλλικές ίνες	ΟΔΟ-2612	kg	687,92	1,12	767,15
6	N.T.-1ο-2ο	Ράβδοι προπορείας (spiling) τύπου Belbor 51/28, Φ16 (L=7m)	ΥΔΡ-7024	m	116,67	28,35	3.307,51
7	H-6	Μεταλλικά πλαίσια St, IPB160 (ανά 1,00m)	ΥΔΡ-7027	kg	2.033,00	0,85	1.730,21
8	N.T.-1ο-2ο	Ηλώσεις βράχου Self-drilling, 250KN (L=5m)	ΥΔΡ-7024	m	184,50	28,35	5.230,43
9	N.T.-1ο-5ο	Θυσιάζόμενα αγκύρια τύπου Fiber-glass ,250KN (L=6m)	ΥΔΡ-7024	m	54,00	24,19	1.306,14
Συνολικό κόστος ανά μ.μ.							20.628,59
Προστίθεται Ο.Ε. & Γ.Ε. (18%)							3.713,15
Συνολικό κόστος ανά μ.μ. μετά Ο.Ε. & Γ.Ε.							24.341,74
Αναθεωρημένο κόστος ανά μ.μ.							28.820,62
Προστίθεται ο Φ.Π. Α. (18%)							5.187,71
Κόστος ανά μέτρο μήκους σήραγγας με Φ.Π.Α.							34.008,33

Έτσι, προκύπτουν τα ακόλουθα διαγράμματα για το κόστος ανά μέτρο μήκους (Σχήμα_3.20) και το κόστος ανά κυβικό μέτρο (Σχήμα_3.21) για τις 3 τυπικές διατομές των αντίστοιχων κατηγοριών βραχόμαζας (ΔΑ(ΛΕΑ)-3_A - RMR = 40 - 70, ΔΑ(ΛΕΑ)-3_B - RMR = 20 - 39, ΔΑ(ΛΕΑ)-4_A - RMR = 20 - 39).



Σχήμα_3.20: Κόστος εκσκαφής και άμεσης υποστήριξης σήραγγας ανά κατηγορία βραχόμαζας και ανά μέτρο μήκους για τη Σήραγγα ΑΣ1 της Κακιάς Σκάλας (πραγματικό κόστος μετά του Ο.Ε. & Γ.Ε. χωρίς Φ.Π.Α.)



Σχήμα_3.21: Κόστος εκσκαφής και άμεσης υποστήριξης σήραγγας ανά κατηγορία βραχόμαζας και ανά κυβικό μέτρο για τη Σήραγγα ΑΣ1 της Κακιάς Σκάλας (πραγματικό κόστος μετά του Ο.Ε. & Γ.Ε. χωρίς Φ.Π.Α.)

Όσον αφορά στην κατασκευή και ολοκλήρωση του συνόλου των Οδικών Σηράγγων της Κακιάς Σκάλας σύμφωνα με τις Μελέτες της ΕΥΔΕ/ΠΑΘΕ, το συνολικό κόστος ανέρχεται στα 191.000.000€ δηλαδή το κόστος διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης, το κόστος της τελικής επένδυσης, το κόστος των Η/Μ και το κόστος των εξωτερικών έργων, ενώ το συνολικό κόστος ανά μέτρο κατασκευής του έργου ανέρχεται στα 42.800€/μ.μ. (Πίνακας_3.29). Εδώ, πρέπει να σημειωθεί ότι τα παρακάτω κόστη αφορούν σε συνολικό μήκος 4.473,35m σηράγγων, εκ των οποίων η καθαρά υπόγεια διάνοιξη αποτελεί τα 4.117,93m δηλαδή ποσοστό 92% του συνολικού μήκους,

Πίνακας_3.29: Συνολικά κόστη κατασκευής και ολοκλήρωσης οδικών σηράγγων (ΑΣ1, ΑΣ2, ΑΣ3) της Κακιάς Σκάλας (ΕΥΔΕ/ΠΑΘΕ)

Κοστολογικά στοιχεία	Δαπάνη (€) με Φ.Π.Α. (18%)	Δαπάνη € ανά μέτρο μήκους
Συνολικό κόστος έργου	191.400.000,00	42.786,726 €/μ.μ.
Κόστος διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης	91.800.000,00	22.292,754 €/μ.μ.
Κόστος τελικής επένδυσης	33.750.000,00	7.544,681 €/μ.μ.
Κόστος Η/Μ εγκαταστάσεων	23.500.000,00	5.253,334 €/μ.μ.
Κόστος εξωτερικών έργων	42.350.000,00	--

Συμπεράσματα

Όσον αφορά στη σήραγγα ΑΣ1_Α (αριστερός κλάδος) η διάνοιξη έγινε εξολοκλήρου σε βραχώμαζα κατηγορίας Δ με δείκτη RMR=20, ενώ για τη σήραγγα ΑΣ1_Δ (δεξιός κλάδος) η κατηγορία βραχώμαζας η οποία επικρατεί είναι η Γ με μέσο όρο του δείκτη RMR=30.

Από τα Σχήματα_3.21 & 3.22 βγαίνει το συμπέρασμα ότι υπάρχει σημαντική διαφορά κόστους μεταξύ των τοπικών διατομών που οφείλεται στην ετερογένεια της προς διάνοιξης βραχώμαζας και των ρηγμάτων που υπάρχουν των ζωνών μηλωνιτώσης που δημιουργούν περιοχή.

Τέλος, Παρατηρώντας προσεκτικότερα τη σύγκριση των επιμέρους δαπανών για κάθε μία κατηγορία χωριστά, μπορεί κανείς να αντιληφθεί ότι το κόστος εκσκαφής και εκτοξευόμενου σκυροδέματος μεταβάλλεται ελάχιστα σε όλες τις κατηγορίες. Επίσης, το μεγάλο κόστος της διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης σχετίζεται άμεσα, πέρα από την ποιότητα της βραχώμαζας, και με το μεγάλο μέγεθος της διατομής της σήραγγας και τη δυσμενή θέση της τοπογραφικά χαμηλά υπερκείμενα.

3.2.4.2_Σήραγγα Κνημίδας, Αγίου Κωνσταντίνου

Περιγραφή Έργου

Η σήραγγα Κνημίδας εντάσσεται στο έργο παράκαμψης του Αγίου Κωνσταντίνου και Καμένων Βούρλων του οδικού άξονα Αθήνα - Λαμία (Εικόνα_3.10) και βρίσκεται στο

νομό Φθιώτιδας 160km και 170km αντίστοιχα βόρεια της Αθήνας. Όσον αφορά στις σήραγγες, η παράκαμψη του Αγίου Κωνσταντίνου αποτελείται από δύο διδυμες σήραγγες μονού κλάδου με ονομασίες Διχαλορέματος και Κνημίδας συνολικού μήκους 1.700m και 5.000m περίπου αντίστοιχα.



Εικόνα_3.10 Νέα Εθνική Οδός Αθήνα - Λαμία
(<http://www.neados.gr/>)

Λόγω του μεγάλου μήκους της σήραγγας Κνημίδας (2.500m/ κλάδο), στο έργο κατασκευής συμπεριλήφθηκε και η κατασκευή επτά διασυνδετήριων στοών διαφυγής, έξι για εξυπηρέτηση των πεζών και μία για τα οχήματα. Επίσης, κατασκευάστηκαν και δύο χώροι στάθμευσης σε κάθε κλάδο καθαρού μήκους 4 **ha**. Το έργο περιλαμβάνει (Εικόνα_3.11):

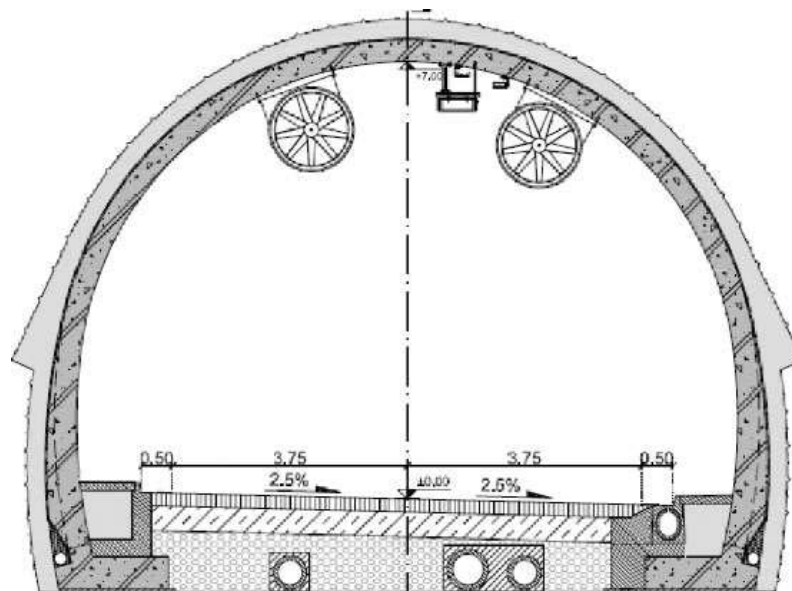
- για τον αριστερό κλάδο:
 - _ 2.445m καθαρής υπόγειας εκσκαφής
 - _ κατασκευή Cut & Cover νότιου μετώπου μήκους 23,50m
 - _ κατασκευή Cut & Cover βόρειου μετώπου μήκους 21m
- για το δεξί κλάδο:
 - _ 2.416m καθαρής υπόγειας εκσκαφής
 - _ κατασκευή Cut & Cover νότιου μετώπου μήκους 12m
 - _ κατασκευή Cut & Cover βόρειου μετώπου μήκους 40m



Εικόνα_3.11: Δίδυμα σήραγγα Κνημίδας

Η τοπική διατομή της σήραγγας (Σχήμα_3.22), είναι πεταλοειδής με τα παρακάτω γεωμετρικά χαρακτηριστικά:

- Ωφέλιμη διατομή 130,0m²
- Δύο λωρίδες κυκλοφορίας πλάτους 3,75m η κάθε μία (0,50m ερείσματα)
- Πεζοδρόμιο σε κάθε πλευρά, πλάτους 1,00m
- Πλάτος 8,0m ανά κλάδο
- Ύψος 5,0m ανά κλάδο
- Κατά μήκος κλίση 0,6%
- Επίκλιση 2,5%



Σχήμα_3.22: Διατομή χρήσης οδικής σήραγγας Κνημίδας (ΕΥΔΕ/ΠΑΘΕ)

Στοιχεία Σύμβασης του Έργου

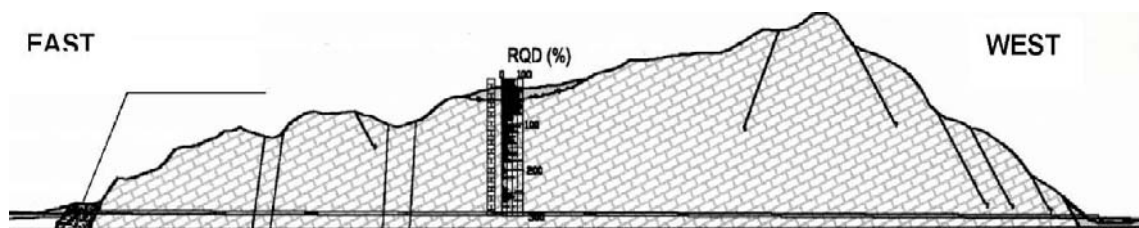
Κύριος του έργου ήταν το ΥΠΕΧΩΔΕ /Γ.Γ.Δ.Ε. / Ειδική Υπηρεσία Δημοσίων Έργων - Αυτοκινητόδρομος Πάτρα -Αθήνα - Θεσσαλονίκη - Εύζωνοι (Ε.Υ.Δ.Ε. - Π.Α.Θ.Ε.). Ανάδοχος ορίστηκε ο ΑΚΤΩΡ Α.Τ.Ε. - IMPREGILO S.p.A, και μελετητές η Οδομηχανική Α.Μ.Ε. και η Όμιλον Κάπα Μελετητική Ε.Π.Ε

Η έναρξη των εργασιών πραγματοποιήθηκε τον Απρίλιο του 2003 (ημερομηνία υπογραφής αρχικής σύμβασης), και η προβλεπόμενη διάρκεια των εργασιών ήταν 3,5 έτη (Νοέμβριος 2006). Το συνολικό κόστος του έργου κατασκευής της Παράκαμψης του Αγίου Κωνσταντίνου ανέρχεται στα 192.000.000,00 €.

Γεωλογία της Περιοχής

Το γεωλογικό υπόβαθρο μέσα στο οποίο διανοίχθηκε η σήραγγα, αποτελείται από ανθρακικούς σχηματισμούς της πελαγονικής ζώνης και σχηματισμούς ενός επωθημένου συμπλέγματος ηφαιστειοϊζηματογενούς προέλευσης και οφιολιθικής-πηλιτικής σύστασης οι οποίοι όμως δεν συναντώνται στην στάθμη διέλευσης της σήραγγας παρά μόνο για μερικές δεκάδες μέτρα στην περιοχή του στομίου εξόδου.

Οι ανθρακικοί σχηματισμοί, που αποτελούν και τον κύριο σχηματισμό που διατρήθηκε, αποτελούνται από ασβεστόλιθους και δολομίτες Ιουρασικής ηλικίας, που χαρακτηρίζονται από ισχυρό κερματισμό και διάρρηξη συνεπεία των διαδοχικών φάσεων συμπίεσης και εφελκυσμού που έχουν υποστεί. Στο Σχήμα_3.23 παρουσιάζεται η μηκοτομή του ορεινού όγκου που διασχίζει η σήραγγα όπου σημειώνεται η θέση του κύριου ρήγματος στην περιοχή του στομίου εισόδου.



Σχήμα_3.23: Γεωλογική μηκοτομή της σήραγγας σημειώνεται η θέση του κύριου ενεργού ρήγματος (Αλεξανδρής et al., 2010)

Αξίζει να σημειωθεί, ότι η ακριβής γνώση της θέσης του ρήγματος, επέτρεψε στην φάση του σχεδιασμού του έργου την αποφυγή του με μετάθεση των στομίων της σήραγγας προς ανατολάς. Με αυτό τον τρόπο περιορίστηκε δραστικά η έκθεση του τεχνικού σε κινδύνους πρόκλησης βλαβών από συνσεισμικές διαρρήξεις. Στην περίπτωση ενεργοποίησης του ρήγματος αναμένεται να προκληθούν εύκολα επισκευάσιμες βλάβες στο κατάστρωμα του αυτοκινητοδρόμου και κάποια διατάραξη στα πρανή του ορύγματος που διαμορφώνονται στην θέση αυτή. Αυτές οι βλάβες κρίνονται αποδεκτές για ένα (σχετικά σπάνιο) σεισμικό γεγονός.

Γεωτεχνική Ταξινόμηση Βραχώμαζας

Με βάση τα αποτελέσματα του συνόλου των γεωτεχνικών ερευνών που εκτελέστηκαν στην περιοχή των έργων της περιοχής της Μελέτης, της αναμενόμενης μεταβλητότητας των σχηματισμών κατά μήκος της χάραξης αλλά και της μακροσκοπικής συμπεριφοράς των σχηματισμών στα εκτεθειμένα πρηνή της περιοχής, διακρίθηκαν πέντε κατηγορίες βραχώμαζας (I, II, III, IV, V) για τις οποίες προσδιορίστηκαν παράμετροι αντοχής και παραμορφωσιμότητας, για την ανάλυση της υπόγειας εκσκαφής. Ο Πίνακας_3.30 που ακολουθεί παρουσιάζει τις τέσσερις από τις 5 τεχνικογεωλογικές κατηγορίες βραχώμαζας. Η κατηγορία I ($GSI \geq 75$) δεν συναντήθηκε κατά τη διάνοιξη.

Πίνακας_3.30: Ταξινόμηση βραχώμαζας (ΕΥΔΕ/ΠΑΘΕ)

Διάκριση Κατηγοριών Βραχώμαζας στα Ανθρακικά Πετρώματα		
Κατηγορία Βραχώμαζας	GSI	Περιγραφή
II	55 - 74	Ασβεστόλιθοι και Δολομιτιωμένοι ασβεστόλιθοι, τεμνόμενοι από 2-3 συστήματα ασυνεχειών με καλή αλληλεμπλοκή και χωρίς υλικό πλήρωσης. Κατά θέσεις διατέμνονται από μικρής κλίμακας και τοπικής σημασίας κανονικό ρήγματα. Μικρή η πιθανότητα παρουσίας αποκάρσωσης και εκλεκτικής κατείδυσης νερού.
III	35 - 54	Δολομίτες, δολομιτιωμένοι ασβεστόλιθοι και ασβεστόλιθοι μέτρια κερματισμένοι, με τεμνόμενα συστήματα ασυνεχειών και με παρουσία μικρής κλίμακας κανονικών ρηγμάτων. Μικρότερη η πιθανότητα παρουσίας σημαντικής αποκάρσωσης και εκλεκτικής κατείδυσης νερού.
IV	25 - 34	Δολομίτες, δολομιτιωμένοι ασβεστόλιθοι και ασβεστόλιθοι, έντονα κερματισμένοι με πυκνό σύστημα ασυνεχειών και τεμνόμενοι από δέση ρηγμάτων. Δυνατή η εκλεκτική κατείδυση νερού καθώς και η παρουσία καρστικών.
V	< 24	Δολομίτες, δολομιτιωμένοι ασβεστόλιθοι και ασβεστόλιθοι κερματισμένοι, σε ζώνες διάρρηξης, είτε στην γειτονία ρηγμάτων. Στις ζώνες αυτές είναι πιθανόν να παρατηρηθεί εκλεκτική κατείδυση νερού, ενώ υπάρχει μικρή πιθανότητα παρουσίας καρστικών.

Στον Πίνακα_3.31 παρουσιάζονται τα εκτιμώμενα ποσοστά εμφάνισης της κάθε κατηγορίας βραχόμαζας.

Πίνακας_3.31: Εκτιμώμενα ποσοστά συμμετοχής των κατηγοριών στο σύνολο της διάνοιξης (ΕΥΔΕ/ΠΑΘΕ)

Κατηγορία βραχόμαζας	GSI	Ποσοστό (%)
I	>75	0%
II	55-74	10-15%
III	35-54	25-40%
IV	25-34	25-40%
V	<24	20-25%

Τυπικές Διατομές - Γεωτεχνικογεωλογικές Ενότητες

Ένας σημαντικός παράγοντας για τη συμπεριφορά κυρίως των ασθενέστερων εδαφών (Κατηγορίες II, III, IV, V) κατά τη διάνοιξη της σήραγγας είναι το ύψος των υπερκειμένων (το μέγιστο ύψος των υπερκειμένων φθάνει τα 350m). Βάσει αυτών διακρίθηκαν 3 κατηγορίες υπερκειμένων Πίνακας_3.32.

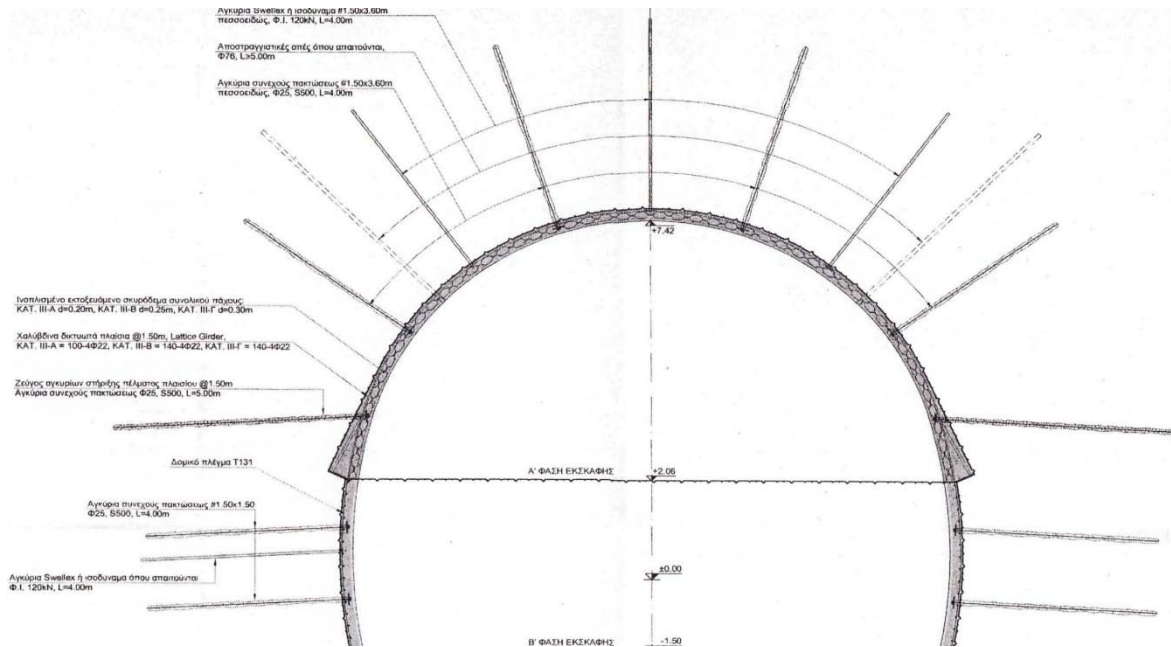
Πίνακας_3.32: Κατηγορίες ανάλογα με το ύψος των υπερκειμένων (ΕΥΔΕ/ΠΑΘΕ)

Κατηγορία	Ύψος υπερκειμένων (m)
A	0 - 150
B	150 - 250
Γ	> 250

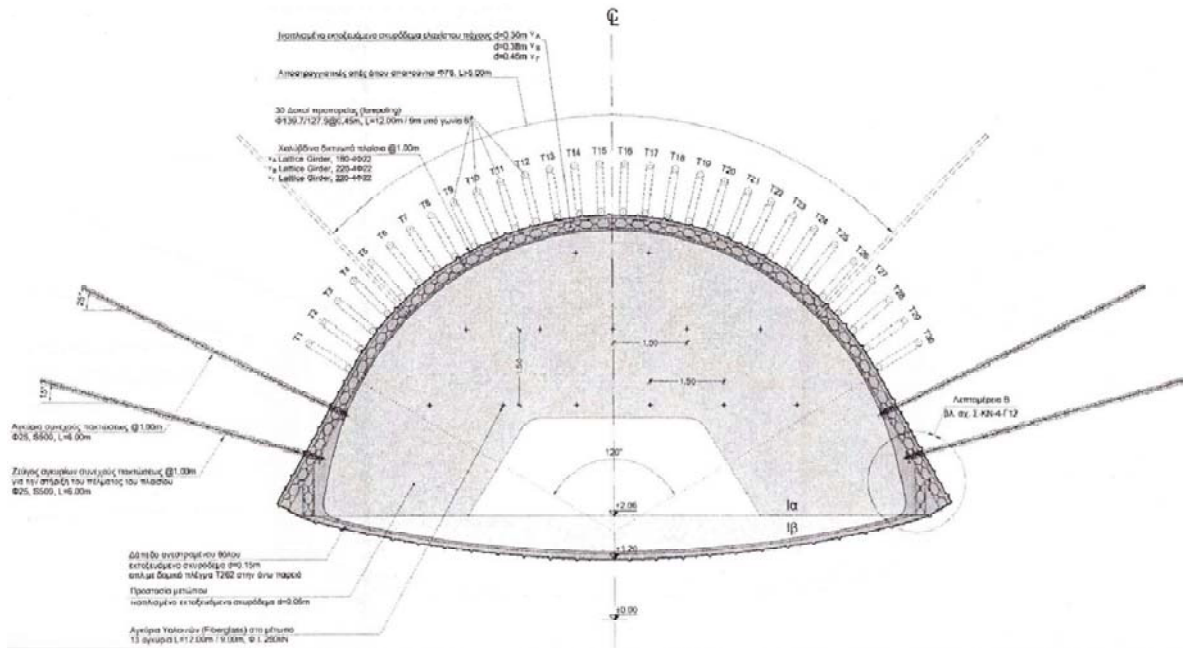
Από την μελέτη δεν υπήρχαν στοιχεία για την θέση όπου θα συναντηθεί η κάθε κατηγορία βραχόμαζας, με αποτέλεσμα να δημιουργηθούν τυπικές διατομές από τον συνδυασμό των κατηγοριών βραχόμαζας και των υπερκειμένων. Για την επιλογή των μέτρων υποστήριξης, κατά το στάδιο της μελέτης, ελήφθησαν υπόψη τα εξής:

- εμπειρικές συστάσεις μέτρων προσωρινής υποστήριξης με βάση την γεωμηχανική ταξινόμηση της βραχόμαζας (RMR₈₉ - GSI),
- εμπειρίες από παρόμοια έργα της χώρας μας,
- αναλύσεις ευστάθειας με την βοήθεια προγραμμάτων ηλεκτρονικών υπολογιστών, με την μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων,
- αναλύσεις ευστάθειας σφηνών.

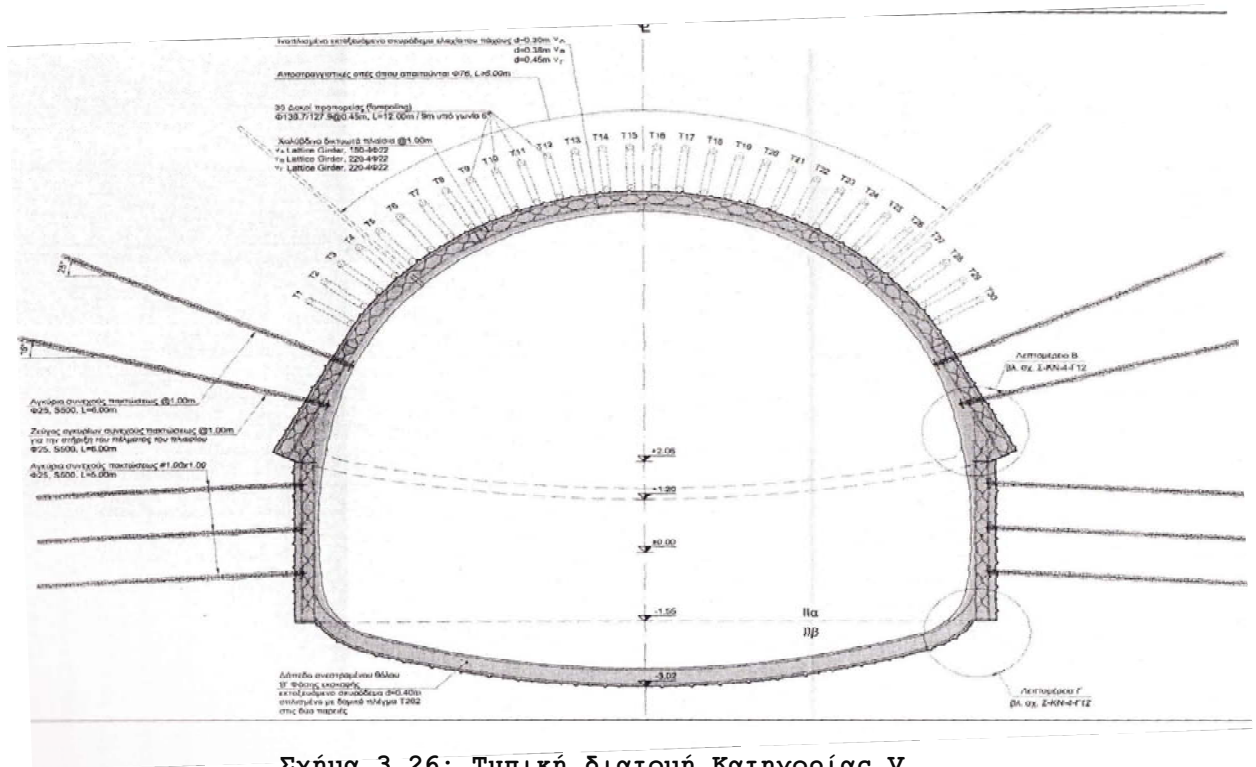
Στα Σχήματα_3.24 έως 3.26 παρουσιάζονται ενδεικτικά κάποιες από τις τυπικές διατομές των μέτρων προσωρινής υποστήριξης που προέκυψαν από την μελέτη. Στην τυπική διατομή V παρουσιάζεται χωριστά η Α' από την Β' φάση, προκειμένου να γίνουν κατανοητά τα μέτρα υποστήριξης που θα εφαρμοστούν στο μέτωπο.



Σχήμα_3.24: Τυπική διατομή Κατηγορίας III (ΕΥΔΕ/ΠΑΘΕ)



Σχήμα_3.25: Τυπική διατομή Κατηγορίας V (ΕΥΔE/ΠAΘE)

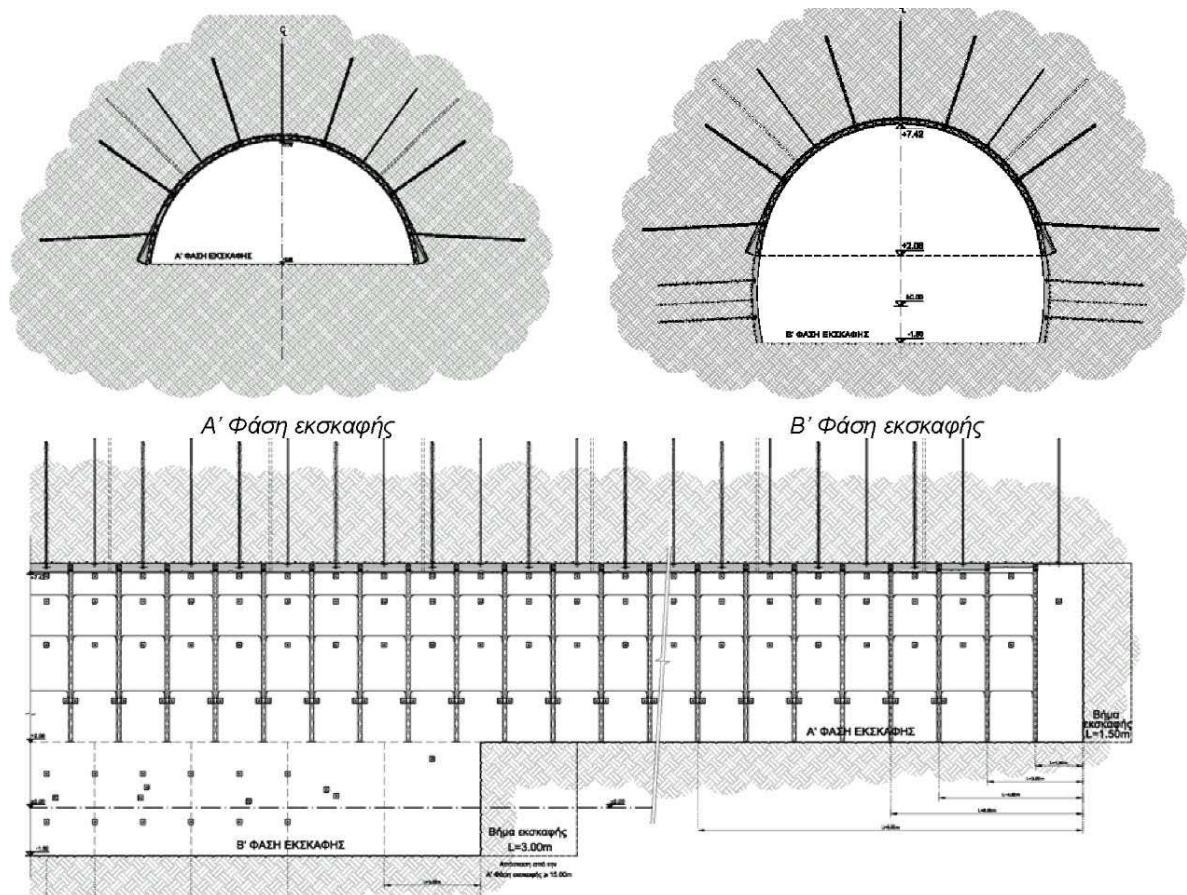


Σχήμα_3.26: Τυπική διατομή Κατηγορίας V (ΕΥΔE/ΠAΘE)

Επιλογή Μεθόδου Διάνοιξης (Εκσκαφή και Μέτρα Προσωρινής Υποστήριξης) Σήραγγας

Κατά τον σχεδιασμό προβλέφθηκε η διάνοιξη της σήραγγας με διατρήματα και ανατινάξεις (drill and blast) και η προσωρινή υποστήριξη της με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα και αγκυρώσεις.

Διακρίθηκαν μια σειρά κατηγοριών βραχώμαζας με βάση το GSI και σχεδιάστηκαν ανάλογα μέτρα προσωρινής υποστήριξης για καθεμία από αυτές. Στις καλύτερες κατηγορίες βραχώμαζας δεν προβλέφθηκαν μέτρα προϋποστήριξης στην περιοχή του μετώπου και το βήμα προχώρησης ορίστηκε σε 1.50-3.00 m, ενώ στις πτωχότερες κατηγορίες βραχώμαζας, που αντιστοιχούν σε πιο εύθρυπτο και ασταθές πέτρωμα, το βήμα προχώρησης μειώθηκε και προβλέφθηκε η τοποθέτηση ράβδων προαγκύρωσης ή ακόμα και δοκών προπορείας για τις δυσμενέστερες συνθήκες. Κατά την κατασκευή, δοκοί προπορείας εφαρμόστηκαν κυρίως στην περιοχή του στομίου εισόδου απ' όπου διέρχεται η ρηξιγενής ζώνη, καθώς και στην περιοχή του στομίου εξόδου όπου συναντήθηκε το οφιολιθικό - πηλιτικό σύμπλεγμα. Στο Σχήμα_3.27 παρουσιάζεται σχηματικά η διαδικασία διάνοιξης και τα μέτρα προσωρινής υποστήριξης που εφαρμόζονται στην επικρατέστερη κατηγορία (κατ. III, GSI 35-54).



Σχήμα_3.27: Φάσεις διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης κατηγορίας III (Αλεξανδρής et al., 2010)

Στον Πίνακα_3.33 παρουσιάζονται τα πραγματικά μήκη εφαρμογής των τυπικών διατομών στον αριστερό και δεξιό κλάδο της σήραγγας Κνημίδας αντίστοιχα καθώς επίσης και το συνολικό μήκος.

Πίνακας_3.33: Μήκη εφαρμογής και χαρακτηριστικά τυπικών διατομών (ΕΥΔΕ/ΠΑΘΕ)

Τυπική Διατομή	Δεξιός κλάδος (m)	Αριστερός κλάδος (m)	Σύνολο (m)
II	45,57	34,08	79,65
III _A	208,59	101,05	309,64
III _B	798,69	807,76	1.606,45
III _Γ	807,34	908,57	1.715,91
IV _A	230,00	171,80	401,80
IV _B	--	65,36	65,36
IV _Γ	236,26	275,69	511,95
V	36,00	36,00	72,00

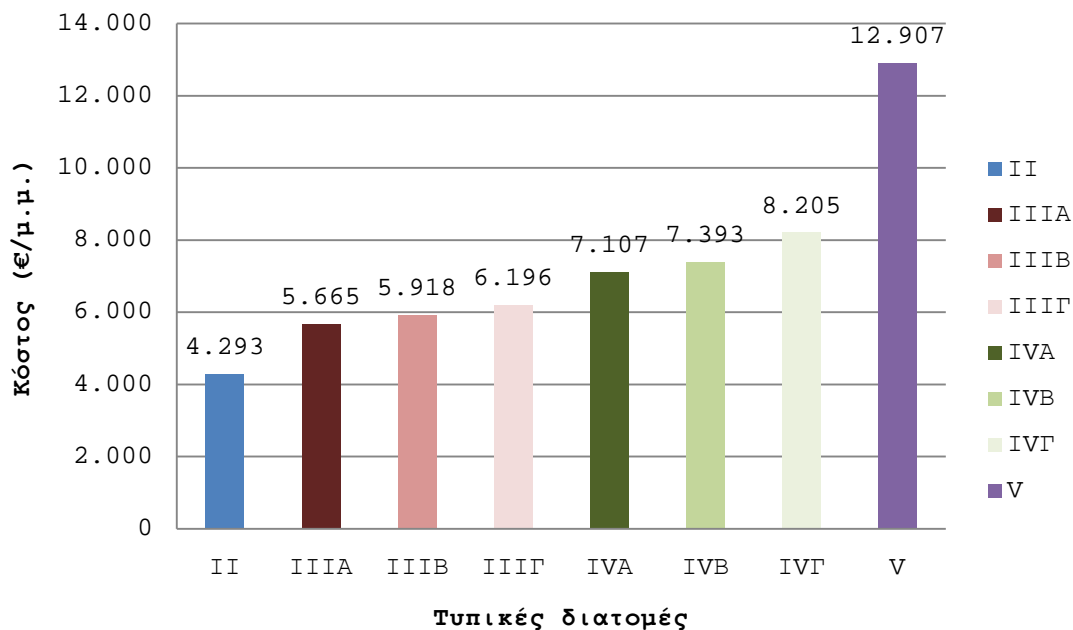
Υπολογισμός Κόστους Εκσκαφής και Άμεσης – Προσωρινής Υποστήριξης ανά Κατηγορία Βραχόμαζας

Στον Πίνακα_3.34 παρουσιάζονται τα κόστη εκσκαφής και προσωρινής υποστήριξης ανά τυπική διατομή που τελικά εφαρμόστηκαν. Οι προμετρήσεις βασίστηκαν στα σχέδια των τυπικών διατομών από τα σχέδια της ΕΥΔΕ/ΠΑΘΕ. Η κοστολόγηση έγινε βάσει των αναθεωρημένων τιμών μονάδων που χρησιμοποιήθηκαν στο τιμολόγιο προσφοράς (υπογραφή εργολαβικού συμφωνητικού στις 10/04/2003) με τις αντίστοιχες αναθεωρήσεις τους.

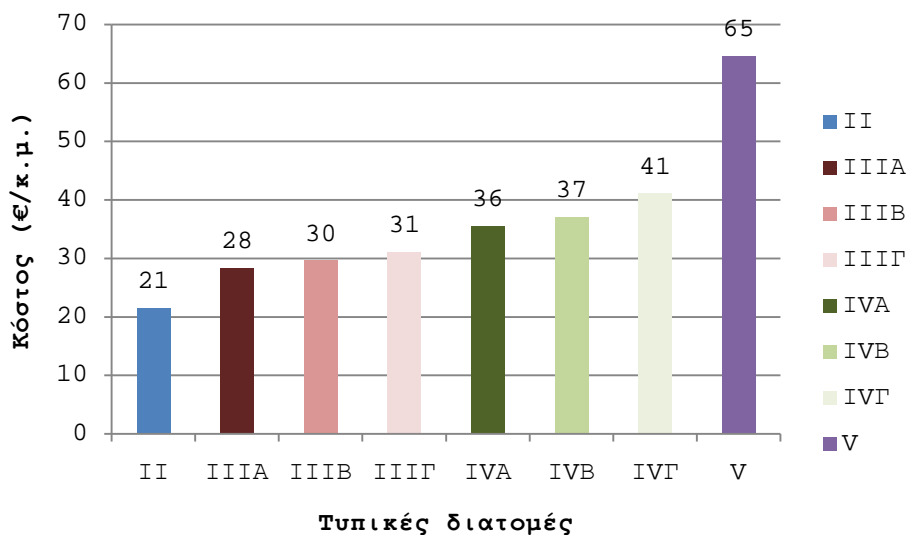
Πίνακας_3.34: Συνολικό κόστος εκσκαφής και προσωρινής υποστήριξης σύμφωνα με τις τυπικές διατομές που εφαρμόστηκαν στην σήραγγα Κνημίδας

Κόστος διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης σήραγγας με Φ.Π.Α.				
Τυπικές Διατομές	Ποσότητα	Μονάδα Μέτρησης	Τιμή Μονάδος (€)	Δαπάνη (€)
Διάνοιξη και προσωρινή υποστήριξη ενός μ.μ τυπικών διατομών σηράγγων Κατηγ. II	79,65	m	3.638,00	289.766,70
Διάνοιξη και προσωρινή υποστήριξη ενός μ.μ τυπικών διατομών σηράγγων Κατηγ. III _A	309,64	m	4.801,00	1.486.581,64
Διάνοιξη και προσωρινή υποστήριξη ενός μ.μ τυπικών διατομών σηράγγων Κατηγ. III _B	1.606,45	m	5.015,00	8.056.346,75
Διάνοιξη και προσωρινή υποστήριξη ενός μ.μ τυπικών διατομών σηράγγων Κατηγ. III _T	1.715,00	m	5.251,00	9.005.465,00
Διάνοιξη και προσωρινή υποστήριξη ενός μ.μ τυπικών διατομών σηράγγων Κατηγ. IV _A	401,80	m	6.023,00	2.420.041,40
Διάνοιξη και προσωρινή υποστήριξη ενός μ.μ τυπικών διατομών σηράγγων Κατηγ. IV _B	65,36	m	6.265,00	409.480,40
Διάνοιξη και προσωρινή υποστήριξη ενός μ.μ τυπικών διατομών σηράγγων Κατηγ. IV _T	511,95	m	6.953,00	3.559.588,35
Διάνοιξη και προσωρινή υποστήριξη ενός μ.μ τυπικών διατομών σηράγγων Κατηγ. V	72,00	m	10.938,00	787.536,00
Συνολικό κόστος διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης				26.014.806,24
Προστίθεται Ο.Ε. & Γ.Ε. (18%)				4682665,123
Συνολικό κόστος ανά μ.μ. μετά Ο.Ε. & Γ.Ε.				30.697.471,36
Προστίθεται ο Φ.Π. Α. (18%)				5.525.544,85
Κόστος διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης σήραγγας με Φ.Π.Α.				36.223.016,21

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζονται πώς διαμορφώνονται τα κόστη ανά μέτρο μήκους (€/μ.μ) (Σχήμα_3.28) και ανά κυβικό μέτρο εκσκαφής (Σχήμα_3.29) για τις τυπικές διατομές των αντίστοιχων κατηγοριών βραχόμαζας.



Σχήμα_3.28: Κόστος εκσκαφής και άμεσης υποστήριξης σήραγγας ανά κατηγορία βραχόμαζας και ανά μέτρο μήκους για τη Σήραγγα Κνημίδας του Αγίου Κωνσταντίνου (πραγματικό κόστος μετά του Ο.Ε. & Γ.Ε. χωρίς Φ.Π.Α.)



Σχήμα_3.29: Κόστος εκσκαφής και άμεσης υποστήριξης σήραγγας ανά κατηγορία βραχόμαζας και ανά κυβικό μέτρο για τη Σήραγγα Κνημίδας του Αγίου Κωνσταντίνου (πραγματικό κόστος μετά του Ο.Ε. & Γ.Ε. χωρίς Φ.Π.Α.)

Συμπεράσματα

Το κυριότερο πρόβλημα που έπρεπε να αντιμετωπιστεί, κατά τη διάνοιξη της σήραγγας, ήταν το κύριο ενεργό ρήγμα στο στόμιο εισόδου, τόσο από την γεωλογική σκοπιά όσο και από την πλευρά λειτουργικότητας του έργου σε περίπτωση ενεργοποίησής του.

Η χάραξη σχεδιάστηκε έτσι ώστε το κύριο ενεργό ρήγμα να «κόβει» κάθετα τον άξονα της σήραγγας και σε σημείο που σε περίπτωση ενεργοποίησής του να προκαλέσει της λιγότερες ζημιές στο τεχνικό έργο. Έτσι, επιλέχθηκε το ρήγμα να συναντά την σήραγγα στο C&C εισόδου ώστε η πιθανές ζημιές να είναι οι μικρότερες δυνατές.

Επίσης, σημαντικό είναι το γεγονός ότι η σήραγγα δομείται κυρίως από δολομίτες, που καρστικοποιούνται δυσκολότερα από τους ασβεστόλιθους, με αποτέλεσμα την απουσία καρστικών εγκοίλων που θα προκαλούσε δυσκολίες *κάτι* την διάνοιξη. Αξίζει να αναφερθεί ότι, στην συγκεκριμένη σήραγγα η έλλειψη ερευνητικών γεωτρήσεων στο κυρίως σώμα της σήραγγας δεν αποτέλεσε εμπόδιο στην κατασκευή της εξαιτίας των σχηματισμών που την δομούν.

Από το Σχήμα_3.28 βγαίνει το συμπέρασμα ότι δεν υπάρχει σημαντική διαφορά κόστους μεταξύ των τυπικών διατομών που οφείλεται στην ομογένεια της προς διάνοιξης βραχώμαζας. Το μεγαλύτερο τμήμα της σήραγγας διανοίγεται σε βραχώμαζα κατηγορίας III δηλαδή με GSI = 35 - 54, με μέσο κόστος διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης περί τα 5.925 € ανά μέτρο μήκους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΟΔΙΚΩΝ ΣΗΡΑΓΓΩΝ

4.1_Εισαγωγή

Στο Κεφάλαιο αυτό γίνεται μια προσπάθεια ανάλυσης και σύγκρισης του κόστους κατασκευής των ελληνικών οδικών σηράγγων, ιδιαίτερη βαρύτητα όμως δίνεται στην επιμέρους ανάλυση του κόστους εκοκαφής και προσωρινής υποστήριξης των σηράγγων καθώς επίσης επιχειρείται συσχέτιση του κόστους αυτού με τις διάφορες κατηγορίες βράχομαζας. Έτσι, η ανάλυση που προηγήθηκε στο Κεφάλαιο_3 αποτελεί τις βάσεις για την προσπάθεια αυτή, ενώ το μικρό δείγμα των σηράγγων που εξετάστηκαν προηγουμένως θα εμπλουτιστεί με κοστολογικά στοιχεία από άλλες ελληνικές σήραγγες ώστε τα αποτελέσματα της ανάλυσης να είναι όσο το δυνατόν πιο κοντά στην πραγματικότητα.

4.2_Μελέτη Κόστους Διάνοιξης και Προσωρινής Υποστήριξης

Το κόστος διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης μιας σήραγγας (οδικής) αποτελεί περίπου το 55-62% του συνόλου κατασκευής της (Λαμπρόπουλος et al., 2005). Εύλογο είναι λοιπόν, να προκύψει το συμπέρασμα ότι κάθε μεταβολή του κόστους διάνοιξης και άμεσης υποστήριξης επηρεάζει σημαντικά το συνολικό κόστος κατασκευής. Σύμφωνα με αυτά, προσφέρεται η δυνατότητα μείωσης του συνολικού κόστους κατασκευής της σήραγγας με μικρή μείωση του κόστους εκοκαφής και προσωρινής υποστήριξης, χωρίς απαραίτητα να συνεπάγεται μείωση του συντελεστού ασφαλείας, εφόσον βέβαια οι γεωλογικές και γεωτεχνικές συνθήκες το επιτρέπουν.

Ο παράγοντας της αβεβαιότητας παίζει κυρίαρχο ρόλο στη διαμόρφωση του κόστους αυτού μιας και η γεωτεχνική έρευνα που προηγείται της κατασκευής δίνει σημαντικά μικρό ποσοστό πληροφοριών για τις συνθήκες που επικρατούν στην εκάστοτε περιοχή μελέτης και επηρεάζουν άμεσα το έργο. Ο Πίνακας_4.1 παρουσιάζει πως διαμορφώθηκε το κόστος εκοκαφής και προσωρινής υποστήριξης 21 ελληνικών σηράγγων.

Πίνακας_4.1: Κόστος διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης ελληνικών σηράγγων (χωρίς Φ.Π.Α.)

α/α	Ονομασία Σήραγγας	Κόστος εκσκαφής και προσωρινής υποστήριξης (€/μ.μ.)
1	Σήραγγα Ραψομάτη	3.901,25
2	Σήραγγα Αγίου Ηλίας	15.484,20
3	Σήραγγα Δωδώνης	4.819,57
4	Σήραγγα Κάστρου	3.680,95
5	Σήραγγα Βασιλικού	4.743,11
6	Σήραγγα Σ1Ν της Εγνατίας Οδού, τμήμα 1.2.2. (δεξιός κλάδος)	6.065,05
7	Σήραγγα Δρίσκου	6.764,36
8	Σήραγγα Καλαμών	4.305,87
9	Σήραγγα ΣΙ της Εγνατίας Οδού, τμήμα 5.2. (αριστερός κλάδος)	8.957,53
10	Σήραγγα Σ2 της Εγνατίας Οδού, τμήμα 5.2. (αριστερός κλάδος)	16.180,42
11	Σήραγγα Σ2.1. της Εγνατίας Οδού, τμήμα 5.2.	17.778,55
12	Σήραγγα Σ4. της Εγνατίας Οδού, τμήμα 5.2.	25.358,35
13	Σήραγγα Σ5. της Εγνατίας Οδού, τμήμα 5.2.	6.483,24
14	Σήραγγα Παλιού	2.512,05
15	Σήραγγα Τυμφορηστού	20.488,15
16	Σήραγγα ΠΑΘΕ (Ευρεία Παράκαμψη Πάτρας) Κ1-Κ4 εκτός αρχαιολ. χώρου και Γηροκομείου	8.191,38
17	Σήραγγες ΠΑΘΕ (Ευρεία Παράκαμψη Πάτρας) Κ1-Κ4 (Εργολαβία Σαραντόπουλου)	8.900,44
18	Σήραγγα ΠΑΘΕ (Σήραγγες αρχαιολογικού χώρου και Γηροκομείου τμήματος της ΕΠΠ)	6.770,19
19	Σήραγγα Αγίας Κυριακής	8.557,42
20	Σήραγγες Κακιάς Σκάλας	17.123,30
21	Σήραγγα Κνημίδας	7.209,75
Εύρος διακύμανσης κόστους		2.512,00 - 25.358,00
Μέσος όρος		9.727,39

Το εύρος διακύμανσης του κόστους είναι μεγάλο και οφείλεται στο γεγονός ότι το κόστος διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης εξαρτάται από τις γεωλογικές συνθήκες, τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της διατομής το μήκος αλλά κυρίως τη διατομή της σήραγγας.

4.2.1_Συσχέτιση Κόστους Διάνοιξης (Εκσκαφή & Προσωρινή Υποστήριξη) και Γεωλογικών Συνθηκών

Για τον καλύτερο προσδιορισμό του κόστους διάνοιξης – γεωλογικών συνθηκών θα ήταν φρόνιμο να προηγηθεί ομαδοποίηση της βραχόμαζας (γεωλογικών σχηματισμών) σε τεχνικογεωλογικές κατηγορίες (τυπικές διατομές – διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης).

Μία πρώτη διάκριση των γεωλογικών σχηματισμών θα μπορούσε να γίνει μεταξύ των βραχωδών και εδαφικών σχηματισμών. Δυστυχώς δεν υπάρχει σαφής διαχωρισμός μεταξύ των βραχωδών και εδαφικών σχηματισμών, στην πράξη όμως έχει επικρατήσει *ως εδάφη να χαρακτηρίζονται τα ανόργανα ή οργανικά υλικά που έχουν εναποτεθεί φυσικά ή τεχνητά στην επιφάνεια της γης και έχουν πολύ χαμηλή συνοχή σε σχέση με τα πετρώματα όπως κροκάλες, άμμος, ιλύς και τύρφη.*

Η κατάταξη των τεχνικογεωλογικών κατηγοριών της βραχόμαζας έπεται της συναξιολόγησης των παρακάτω παραγόντων.

- Του δείκτη βαθμονόμησης βραχόμαζας RMR (Rock Mass Rating, Bieniawski 1989), ή του δείκτη GSI (Geological Strength Index, Hoek 1998) που δίνει ιδιαίτερη έμφαση σε πτώχης ποιότητας βραχόμαζες και παρέχει συγκριτικά ικανοποιητικότερη διακριτοποίηση των κατηγοριών τους για $RMR < 40$. Υπενθυμίζεται η σχέση που συσχετίζει ικανοποιητικά τους δύο δείκτες: $GSI = RMR_{89} - 5$. Τελικά επιλέγεται η χρήση του δείκτη GSI καθώς την τελευταία δεκαετία τείνει να επικρατεί.
- Η διάκριση μίας ειδικής κατηγορίας διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης για τους εδαφικούς σχηματισμούς. Πράγματι, στην πλειοψηφία των περιπτώσεων τέτοιων σχηματισμών, παρά τις διαφοροποιήσεις της συμπεριφοράς τους (π.χ. κατολισθαίνοντα ή διογκούμενα εδάφη), επιλέγεται η εφαρμογή κλειστής διατομής με αυξημένα μέτρα αντιστήριξης, και άρα μπορούν να ταξινομηθούν σε μία κατηγορία.
- Η αποφυγή πολύπλοκου τρόπου κατηγοριοποίησης ώστε να καθίσταται απλή και εύχρηστη η διάκρισή τους και ο περιορισμός του αριθμού των κατηγοριών για τον ίδιο λόγο.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, στον Πίνακα_4.2 παρουσιάζονται οι κατηγορίες εκσκαφής και άμεσης αντιστήριξης και τα χαρακτηριστικά τους, όπου τα τελευταία χρόνια όλο και περισσότερο υιοθετούνται από τους Μελετητές.

Πίνακας_4.2: Κατηγορίες διάνοιξης και άμεσης υποστήριξης ανάλογα με την ποιότητα της βραχώμαζας

Κατηγορίες διάνοιξης και άμεσης υποστήριξης	Γεωλογικός δείκτης GSI	Ποιότητα βραχώμαζας (Χαρακτηρισμός κατά Bieniawski)	Συνήθη μέτρα υποστήριξης
A	GSI=55-100	Καλή έως πολύ καλή RMR=60-100	Οπλισμένο ή άοπλο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, αγκύρια
B	GSI=35-55	Μέτρια RMR=40-60	Οπλισμένο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, αγκύρια
Γ	GSI=15-35	Πτωχή RMR=20-40	Οπλισμένο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, αγκύρια, μεταλλικά πλαίσια
Δ	GSI<15	Πολύ πτωχή RMR<20	Οπλισμένο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα σε οροφή-τοιχώματα και μέτωπο, αγκύρια, μεταλλικά πλαίσια, ράβδοι προπορείας
E	Εδαφικός σχηματισμός*	Εδαφικός σχηματισμός*	Οπλισμένο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα σε οροφή-τοιχώματα και μέτωπο, αγκύρια, μεταλλικά πλαίσια, ράβδοι προπορείας, προσωρινό ανεστραμμένο δάπεδο, κλειστή διατομή, αγκύρια μετώπου

*Η κατηγορία E χαρακτηρίζεται εδαφικού τύπου, δεν εφαρμόζονται σ' αυτήν την κατηγορία τα κριτήρια ταξινόμησης της βραχώμαζας (GSI & RMR) γιατί δεν αντιπροσωπεύει βραχώμαζα. Στην κατηγορία αυτή ο προσδιορισμός των μηχανικών χαρακτηριστικών των σχηματισμών εκτιμώνται με τη χρήση κριτηρίων Εδαφομηχανικής.

Στους Πίνακες 4.3-4.7 ομαδοποιούνται οι 21 σήραγγες (Πίνακας 4.1) σύμφωνα με τις πέντε κατηγορίες εκοκαφής και αντιστήριξης και προσδιορίζεται το μέσο κόστος διάνοιξης και προσωρινής αντιστήριξης για κάθε κατηγορία.

Πίνακας_4.3: Καταγραφή σηράγγων κατηγορίας Α

Κατηγορία διάνοιξης και άμεσης υποστήριξης - Α Ποιότητα βραχώμαζας - Καλή έως Πολύ Καλή - Εκτιμώμενο εύρος τιμών GSI=55-100 & RMR=60-100				
Όνομασία Σήραγγας	Γεωλογία	Μήκος Σήραγγας (m)	Διατομή άμεσης υποστήριξης και εφαρμοζόμενο μήκος (m)	Κόστος ανά μέτρο μήκους (€/μ.μ.) Χωρίς ΦΠΑ
Σήραγγα Δωδώνης	Ασβεστόλιθος Φλύσσης Ιονίου	6.624	Κατηγορία B1 (676m)	2.783,03
Σήραγγα Κνημίδα	Δολομίτες δολομιτιωμένοι Αβεστόλιθοι	5.000	Κατηγορία II (79,65m)	4.292,84
Σήραγγα Σ1N	Ιλυολιθικός Φλύσσης	750	Κατηγορία II (53,5m)	4.504,20
Σήραγγα Καλαμών	Ψαμιτικός Φλύσσης	1.638	Κατηγορία Α (395m)	3.037,92
Σήραγγα Παλιού	Γνευσιογρανίτες	500	Σε όλο το μήκος	2.512,05
Εύρος διακύμανσης				4.504,20
				2.512,05
Μέσος όρος				3.426,01

Πίνακας_4.4: Καταγραφή σηράγγων κατηγορίας Β

Κατηγορία διάνοιξης και άμεσης υποστήριξης - Β Ποιότητα βραχώμαζας - Μέτρια - Εκτιμώμενο εύρος τιμών GSI=35-55 & RMR=40-60				
Όνομασία Σήραγγας	Γεωλογία	Μήκος Σήραγγας (m)	Διατομή άμεσης υποστήριξης και εφαρμοζόμενο μήκος (m)	Κόστος ανά μέτρο μήκους (€/μ.μ.) Χωρίς ΦΠΑ
Σήραγγα Ραψομάτη	Πινδικοί ασβεστόλιθοι	1.405,50	Κατηγορία Πα (570m)	4.070,12
Σήραγγα Δωδώνης	Ασβεστόλιθος, φλύσχης Ιονίου	6.624	Κατηγορία Β2 (2.905m)	2.555,34
Σήραγγα Κνημίδα	Δολομίτες δολομιτιωμένοι Αβεστόλιθοι μέτρια κερματισμένοι με τεμνόμενα συστήματα ασυνεχειών και κανονικά ρηγγάτα	5.000	Κατηγορία III _A (309,64m)	5.665,12
			Κατηγορία III _B (1.606,45m)	5.917,70
			Κατηγορία III _Γ (1.715,91m)	6.196,18
Σήραγγα Αγίας Κυριακής	Κερατόλιθοι με ή χωρίς ιλιολιθικές ενστρώσεις	1.030	Κατηγορία II (61m)	8.882,26
Σήραγγα Σ1Ν τμήμα 1.2.2. της Α.Ο.	Ιλυολιθικός φλύσχης	750	Κατηγορία III (350,96m)	4.569,11
Σήραγγα Δρίσκου	Ιλυολιθικός φλύσχης Ιονίου ζώνης	9.188	Κατηγορία ΠΙ (1814,8m),	4.124,82
			Κατηγορία III1 (28,5m)	4.177,38
Σήραγγα Καλαμών	Ψαμμιτικός φλύσχης	1.638	Κατηγορία Β (749,3m)	3.412,81
Σήραγγα Σ1 τμήμα 5.2. τμήμα της Α.Ο.	Φυλλίτες, Γνευσιοσχιστόλιθοι	848	Κατηγορία Β1 (109m),	3.990,61
			Κατηγορία Β2 (16m)	4.370,65
Σήραγγα Σ5 τμήμα 5.2. της Α.Ο.	Φυλλίτες, Γνευσιοσχιστόλιθοι, Μάρμαρα	399	Κατηγορία Β1 (220m)	4.011,02
Εύρος διακύμανσης				2.555,34
				7.527,34
Μέσος όρος				4.764,86

Πίνακας_4.5: Καταγραφή σηράγγων κατηγορίας Γ

Κατηγορία διάνοιξης και άμεσης υποστήριξης - Γ Ποιότητα βραχώμαζας - Πτώχη - Εκτιμώμενο εύρος τιμών GSI=15-35 & RMR=20-40				
Όνομασία Σήραγγας	Γεωλογία	Μήκος Σήραγγας (m)	Διατομή άμεσης υποστήριξης και εφαρμοζόμενο μήκος (m)	Κόστος ανά μέτρο μήκους (€/μ.μ.) Χωρίς ΦΠΑ
Σήραγγα Ραψομάτη	Πινδικοί Ασβεστόλιθοι	1.405,50	Κατηγορία IIβ (300m)	4.440,36
			Κατηγορία IIγ (323,5m)	4.734,57
Σήραγγα Κνημίδα	Δολομίτες, δολομιτιωμένοι Ασβεστόλιθοι μέτρια κερματισμένοι με πυκνό σύστημα ασυνεχειών και τεμνόμενη από δέσμη ρηγμάτων	5.000	Κατηγορία IV _A (401,80m)	7.107,14
			Κατηγορία IV _B (65,36m)	7.392,70
			Κατηγορία IV _Γ (511,95m)	8.204,54
Σήραγγα Αγίας Κυριακής	Κερατόλιθοι με ή χωρίς ιλιολιθικές ενστρώσεις, κατακερματισμένοι Κερατόλιθοι με ιλιολυθικές ενστρώσεις	1.030	Κατηγορία III (741m)	8.923,09
			Κατηγορία IV (237m)	7.865,92
Σήραγγα Δωδώνης	Ασβεστόλιθος, Φλύσχης Ιονίου	6.624	Κατηγορία C (705m)	2.972,82
Σήραγγα Κάστρου	Μάρμαρα	402,7	Σε όλο το μήκος	5.588,92
Σήραγγα Σ1Ν τμήμα 1.2.2. της Α.Ο.	Ιλυολιθικός Φλύσχης	750	Κατηγορία IV (305,79m)	5.199,84
Σήραγγα Δρίσκου	Ιλυολιθικός Φλύσχης Ιόνιου ζώνης	9.188	Κατ. IV (4.111,9m),	6.721,29
			IV1 (283,3m),	6.823,24
			IVv (648,6m), IVv(C) (343,6m)	7.800,56
Σήραγγα Καλαμών	Ψαμμιτικός Φλύσχης	1.638	Κατ. C (52,6m),	4.912,38
			Κατ. Cp (35,46m)	5.377,76
Σήραγγα Σ1 τμήμα 5.2 της Α.Ο.	Φυλλίτες, Γνευσιοσχιστόλιθοι	848	Κατηγορία C (413m)	5.484,90
Σήραγγα Σ5 τμήμα 5.2 της Α.Ο.	Φυλλίτες, Γνευσιοσχιστόλιθοι, Μάρμαρα	399	Κατηγορία C (116m)	7.604,92
Σήραγγα ΑΣ1 _Δ Κακιάς Σκάλας	Μαργαϊκοί Ασβεστόλιθοι	843,53	ΔΑ (ΔΕΑ) 3 _A (8,74m),	12.879,34
			ΔΑ (ΔΕΑ) 3 _B (475,6m)	19.304,05
Εύρος διακύμανσης				2.972,82
Μέσος όρος				19.304,05
				7.333,60

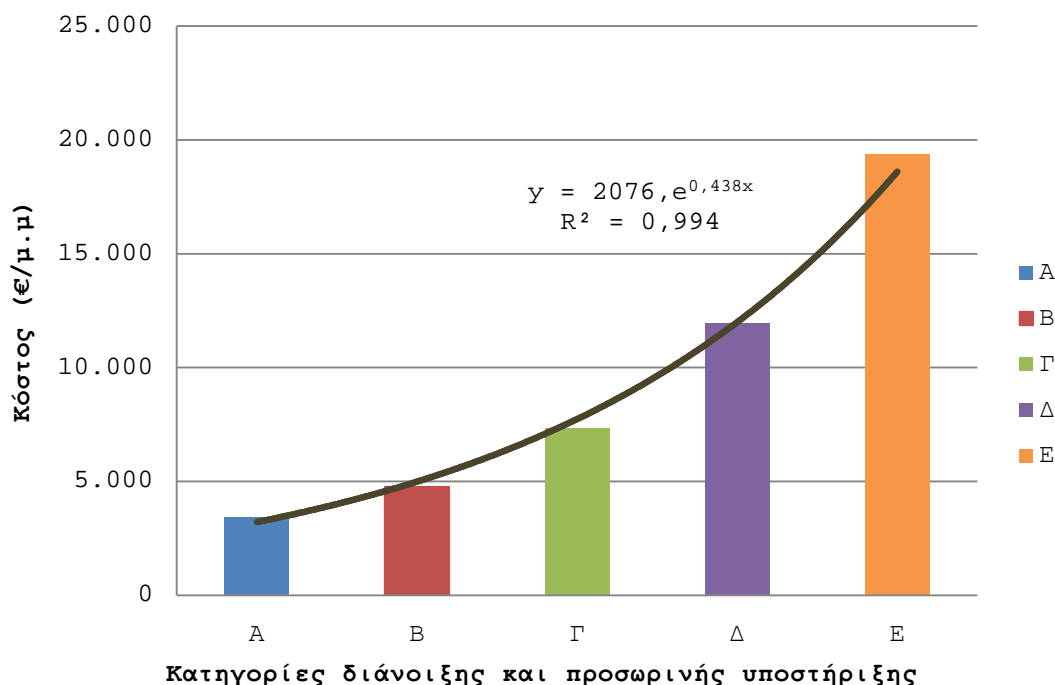
Πίνακας_4.6: Καταγραφή σηράγγων κατηγορίας Δ

Κατηγορία διάνοιξης και άμεσης υποστήριξης - Δ Ποιότητα βραχώμαζας - Πολύ Πτωχή - Εκτιμώμενο εύρος τιμών GSI<15 & RMR<20				
Όνομασία Σήραγγας	Γεωλογία	Μήκος Σήραγγας (m)	Διατομή άμεσης υποστήριξης και εφαρμοζόμενο μήκος (m)	Κόστος ανά μέτρο μήκους (€/μ.μ.) Χωρίς ΦΠΑ
Σήραγγα Ραψομιάτη	Πινδικοί Ασβεστόλιθοι	1.405,50	Κατηγορία IIIα (34m)	5.492,52
Σήραγγα Κνημίδα	Δολομίτες, δολομιτιωμένοι Ασβεστόλιθοι κατακερματισμένη	5.000	Κατηγορία V (72m)	12.906,84
Σήραγγα Βασιλικού	Λεπτοστρωματώδεις Ασβεστόλιθοι	447	Κατ.Δ2 (360.9m), Δ3(28,5m)	4.994,81
				6.378,19
Σήραγγα Σ1N τμήμα 1.2.2. της Α.Ο.	Ιλυολιθικός Φλύσχος	750	Κατηγορία V (13,55m)	10.117,10
Σήραγγα Δρίσκου	Ιλυολιθικός Φλύσχος Ιονίου ζώνης	9.188	Κατ. V(219m), V α (137m), Va(S)(839,7m),	8.864,50
				10.655,20
				10.795,88
Σήραγγα Σ1 τμήμα 5.2 της Α.Ο.	Φυλλίτες, Γνευσιοσχιστόλιθοι	848	Κατ. S (122m), Sp(127m), S2(64m), Sp2(32m)	12.401,35
				12.698,46
				4.240,90
Σήραγγα Σ2 τμήμα 5.2. της Α.Ο.	Φυλλίτες, Γνευσιοσχιστόλιθοι	265	Κατ. S (21m), Sp(139m), S2(59m), Sp2(32m)	12.401,35
				12.698,46
				4.240,90
Σήραγγα Σ2.1 τμήμα 5.2 της Α.Ο.	Φυλλίτες, Γνευσιοσχιστόλιθοι	465	Κατ. Sp(139m), S2(59m), Sp2(32m)	12.698,46
				4.240,94
Σήραγγα Σ4 τμήμα 5.2 της Α.Ο.	Φυλλίτες, Γνευσιοσχιστόλιθοι	465	Διατ. Σ4/3 σε όλο το μήκος	25.358,36
Σήραγγα Σ5 τμήμα 5.2 της Α.Ο.	Φυλλίτες, Γνευσιοσχιστόλιθοι, Μάρμαρα	399	Κατηγορία Sp (139m)	15.607,84
Σήραγγα Τυμφουστό	Φλύσχος με αργιλικό Σχιστόλιθο-Ψαμίτες, Ιλυόλιθοι	1.385	Αγκύρια, εκτ. σκυρόδεμα, πλέγμα, πλαίσια. Κλειστή διατομή	20.488,15
Σήραγγα Αγίου Ηλίου	Εβαπορίτες	644	Κατ. εβαποριτών (153m)	16.009,65
Σήραγγα ΑΣ1Δ Κακιάς Σκάλας	Μαργαίτικοί Ασβεστόλιθοι	843,53	Κατ. ΔΑ (ΑΕΑ) -4 _A (150,58m)	28.820,62
Εύρος διακύμανσης				4.240,94
				28.820,62
Μέσος όρος				11.970,60

Πίνακας_4.7: Καταγραφή σηράγγων κατηγορίας Ε

Κατηγορία διάνοιξης και άμεσης αντιστήριξης Ε Ημίβραχος ή σχηματισμός εδαφικού τύπου Παράμετροι εδαφομηχανικής				
Ονομασία Σήραγγας	Γεωλογία	Μήκος Σήραγγας (m)	Διατομή άμεσης υποστήριξης και εφαρμοζόμενο μήκος (m)	Κόστος ανά μέτρο μήκους (€/μ.μ.) Χωρίς ΦΠΑ
Σήραγγα Αγίου Ηλίας	Αργιλική θεμελιώδης μάζα με βραχώδη τεμάχια εβαποριτικής σύστασης	644m	Κατηγορία Δ1 (140m)	18.365,75
	Μάργες		κατηγορία Δ5,Δ6 (153m)	20.477,57
Εύρος διακύμανσης				19.252,41
Μέσος όρος				20.477,57
				19.365,24

Στο Σχήμα_4.1 που ακολουθεί παρουσιάζονται τα μέση κόστη κάθε κατηγορίας βραχώμαζας που διεξήχθησαν από την ανάλυση που προηγήθηκε. Γίνεται αντιληπτό, λοιπόν, ότι το μέσο κόστος μεταβάλλεται εκθετικά με την μείωση των χαρακτηριστικών της βραχώμαζας, αν και κάθε επιμέρους κατηγορία παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις που δικαιολογείται με τη διαφοροποίηση των εκάστοτε συνθηκών κάθε σήραγγας, του εμβαδού της διατομής και των επιλεγμένων μέτρων προσωρινής υποστήριξης.



Σχήμα_4.1: Μέσο κόστος διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης ανά κατηγορία βραχώμαζας

4.3_Ανάλυση Κόστους Διάνοιξης (Εκσκαφής & Προσωρινής Υποστήριξης) με Σημερινές Τιμές Μονάδος (εν έτη 2011)

Για την καλύτερη αξιολόγηση των αποτελεσμάτων κρίθηκε σκόπιμο να αναχθούν τα κόστη που προσδιορίστηκαν στο Κεφάλαιο_3, των 5 υπό μελέτη σηράγγων, σε σημερινές τιμές. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε ήταν ο επαναπροσδιορισμός των τιμών μονάδων όλων των εργασιών με τις τελευταίες τιμές των Ενιαίων Τιμολογίων (Α΄ Τριμήνου του 2009) και εν συνεχεία αυτές αναθεωρήθηκαν βάση συντελεστών για τον μήνα Ιούλιο του έτους 2011, συνυπολογίζοντας έτσι συνυπολογίστηκαν σε όλα τα κόστη και τις μεταβολές που οφείλονται και στον Πληθωρισμό.

Για παράδειγμα, για τη σήραγγα Ραφοματάη και την κατηγορία βραχώμαζας Πα (Πίνακας_4.8) για τον υπολογισμό του κόστους Εκσκαφής (σήραγγας και θεμελίων) σε βραχώδες έδαφος ακολουθήθηκε η παρακάτω διαδικασία.

Το άρθρο που αναφέρεται στην Εκσκαφή (σήραγγας και θεμελίων) σε βραχώδες έδαφος είναι το 3.06 το οποίο αναθεωρείται με το άρθρο ΥΔΡ-7020. Η τιμή μονάδος ανά κυβικό μέτρο (m³) βάσει του Ενιαίου Τιμολογίου των Υδραυλικών Έργων του Α΄ Τριμήνου 2009 είναι 41,00€. Ο συντελεστής αναθεώρησης για τον Ιούλιο του 2011 για την εργασία αυτή είναι 1,067137. Τελικώς, το αναθεωρημένο κόστος για την Εκσκαφή σε βραχώδες έδαφος είναι το γινόμενο της τιμής μονάδος της εργασίας επί το συντελεστή αναθεώρησης επί την ποσότητα της εργασίας. Επομένως έχουμε:

$$\text{Κόστος Εκσκαφής σε βραχώδες έδαφος} = 41,00 \text{ €/m}^3 * 1,067137 * 99,57\text{m}^3 = 4.356,50 \text{ €}$$

Αναθεωρημένο Κόστος Εργασίας = Τιμή μονάδος * Συντελεστής Αναθεώρησης * Ποσότητα

Με την διαδικασία αυτή τα αποτελέσματα της ανάλυσης θα αντικατοπτρίζουν άμεσα την ελληνική πραγματικότητα όσον αφορά στη διαμόρφωση του κόστους κατασκευής των ελληνικών οδικών σηράγγων και συγκεκριμένα σε θέματα εκσκαφής και προσωρινής υποστήριξης. Επίσης, με την αναγωγή του κόστους σε τιμές του 2011 επιτυγχάνεται η δημιουργία ενός κοινού σημείου αναφοράς για όλες τις υπό μελέτη σήραγγες ανεξαρτήτως χρόνου κατασκευής τους. Στην ουσία γίνεται κοστολόγηση των σηράγγων με σημερινές τιμές, δηλαδή το κόστος κατασκευής των πέντε σηράγγων αν άρχιζαν οι εργασίες σήμερα, το οποίο βέβαια θα συμβάλλει στην εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων.

Εν συνέχεια, παρατίθενται οι αναθεωρημένοι Πίνακες_4.8-4.21 για κάθε σήραγγα και αφορούν σε κόστη ανά μέτρο μήκους σήραγγας για κάθε τυπική διατομή.

4.3.1_Σήραγγα Ραψομαίτη

Τα αναθεωρημένα κόστη που προέκυψαν ανά κατηγορία βραχόμαζας για τη σήραγγα Ραψομαίτη παρουσιάζονται στους Πίνακες_4.8-4.11.

Πίνακας_4.8: Προμετρήσεις ανά μέτρο μήκους για την κατηγορία βραχόμαζας ΙΙα (GSI = 35), με τιμές μονάδος για το έτος 2011

Προμετρήσεις ανά μ.μ. για την κατηγορία βραχόμαζας ΙΙα (GSI = 35)								
α/α	α/α Τιμολογίου	Ενδειξη Εργασιών	Αρθρο Αναθεώρησης	Μονάδα Μέτρησης	Ποσότητα	Τιμή Μονάδος (€)	Συντελεστής Αναθεώρησης	Δαπάνη (€)
1	3.06	Εκσκαφή (σήραγγας και θεμελίων) σε βραχώδες έδαφος	ΥΔΡ-7020	m ³	99,57	41,00	1,067137	4.356,45
2	3.11	Αποκομιδή προϊόντων γεωλογικών καταπτώσεων	ΟΔΟ-1420	m ³	0,40	5,50	1,159129	2,55
3	4.20.02	Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα στατικού πάχους 10+5cm	ΥΔΡ-7016.9	m ³	3,51	90,00	1,053963	332,95
4	4.05	Αγκύρια Swellex ικανότητας 20tn	ΥΔΡ-7025	m	19,13	17,00	0,963566	313,36
5	4.11.01	Ράβδοι αγκύρωσης ολόσωμης πακτώσης S400, 0,2MN	ΥΔΡ-7025	m	4,50	10,00	0,963566	43,36
6	4.22.02	Πλέγμα T131 τύπου StIV	ΥΔΡ-7018	kg	53,96	0,95	1,060959	54,39
Συνολικό κόστος ανά μ.μ.								5.103,05
Προστίθεται Ο.Ε. & Γ.Ε. (18%)								918,55
Συνολικό κόστος ανά μ.μ. μετά Ο.Ε. & Γ.Ε.								6.021,60
Προστίθεται ο Φ.Π. Α. (23%)								1.173,70
Κόστος ανά μέτρο μήκους σήραγγας με Φ.Π.Α.								7.195,31

Πίνακας_4.9: Προμετρήσεις ανά μέτρο μήκους για την κατηγορία βραχόμαζας ΙΙβ (GSI = 25), με τιμές μονάδος για το έτος 2011

Προμετρήσεις ανά μ.μ. για την κατηγορία βραχόμαζας ΙΙβ (GSI = 25)								
α/α	α/α Τιμολογίου	Ενδειξη Εργασιών	Αρθρο Αναθεώρησης	Μονάδα Μέτρησης	Ποσότητα	Τιμή Μονάδος (€)	Συντελεστής Αναθεώρησης	Δαπάνη (€)
1	3.06	Εκσκαφή (σήραγγας και θεμελίων) σε βραχώδες έδαφος	ΥΔΡ-7020	m ³	104,45	41,00	1,067137	4.569,96
2	3.11	Αποκομιδή προϊόντων γεωλογικών καταπτώσεων	ΟΔΟ-1420	m ³	0,418	5,50	1,159129	2,66
3	4.20.02	Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα στατικού πάχους 15+5cm	ΥΔΡ-7016.9	m ³	4,81	90,00	1,053963	456,26
4	4.11.01	Ράβδοι αγκύρωσης ολόσωμης πακτώσης S400, 0,2MN	ΥΔΡ-7025	m	34,00	10,00	0,963566	327,61
5	4.22.02	Πλέγμα T131 τύπου StIV	ΥΔΡ-7018	kg	55,41	0,95	1,060959	55,85
Συνολικό κόστος ανά μ.μ.								5.412,35
Προστίθεται Ο.Ε. & Γ.Ε. (18%)								974,22
Συνολικό κόστος ανά μ.μ. μετά Ο.Ε. & Γ.Ε.								6.386,57
Προστίθεται ο Φ.Π. Α. (23%)								1.244,84
Κόστος ανά μέτρο μήκους σήραγγας με Φ.Π.Α.								7.631,41

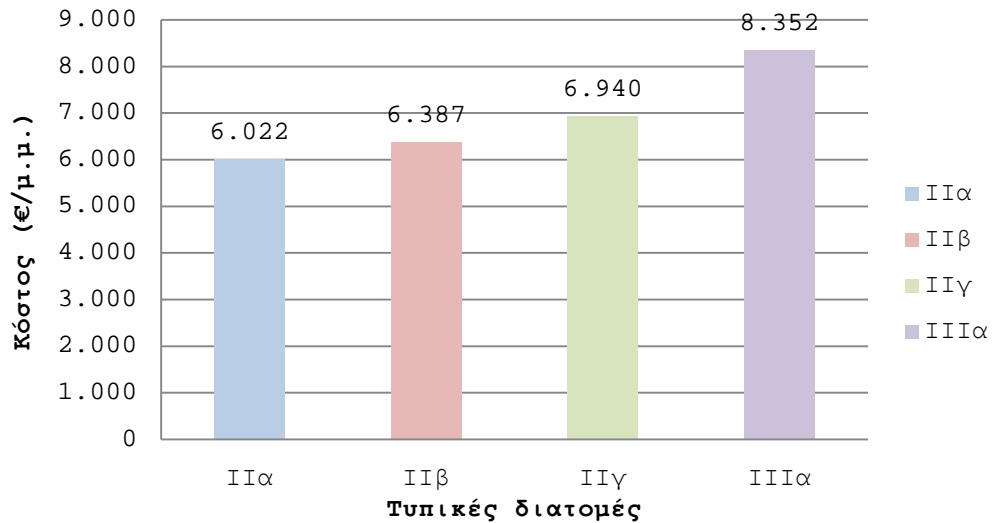
Πίνακας_4.10: Προμετρήσεις ανά μέτρο μήκους για την κατηγορία βραχόμαζας IIγ (GSI = 20), με τιμές μονάδος για το έτος 2011

Προμετρήσεις ανά μ.μ. για την κατηγορία βραχόμαζας IIγ (GSI = 20)								
α/α	α/α Τιμολογίου	Ενδειξη Εργασιών	Άρθρο Αναθεώρησης	Μονάδα Μέτρησης	Ποσότητα	Τιμή Μονάδος (€)	Συντελεστής Αναθεώρησης	Δαπάνη (€)
1	3.06	Εκκαφή (σήραγγας και θεμελίων) σε βραχώδες έδαφος	ΥΔΡ-7020	m ³	109,78	41,00	1,067137	4.803,16
2	3.11	Αποκομιδή προϊόντων γεωλογικών καταπτώσεων	ΟΔΟ-1420	m ³	0,519	5,50	1,159129	3,31
3	4.20.02	Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα στατικού πάχους 15+5cm	ΥΔΡ-7016.9	m ³	5,33	90,00	1,053963	505,59
4	4.11.01	Ράβδοι αγκύρωσης ολόσωμης πάκτωσης S400, 0,2MN	ΥΔΡ-7025	m	9,00	10,00	0,963566	86,72
5	4.05	Αγκύρια Swellex ικανότητας 20tn	ΥΔΡ-7025	m	23,63	17,00	1,060959	426,20
6	4.22.02	Πλέγμα T131 τύπου StIV	ΥΔΡ-7018	kg	61,45	0,95	0,963566	56,25
Συνολικό κόστος ανά μ.μ.								5.881,23
Προστίθεται Ο.Ε. & Γ.Ε. (18%)								1.058,62
Συνολικό κόστος ανά μ.μ. μετά Ο.Ε. & Γ.Ε.								6.939,85
Προστίθεται ο Φ.Π. Α. (23%)								1.352,68
Κόστος ανά μέτρο μήκους σήραγγας με Φ.Π.Α.								8.292,53

Πίνακας_4.11: Προμετρήσεις ανά μέτρο μήκους για την κατηγορία βραχόμαζας IIIα (GSI = 15), με τιμές μονάδος για το έτος 2011

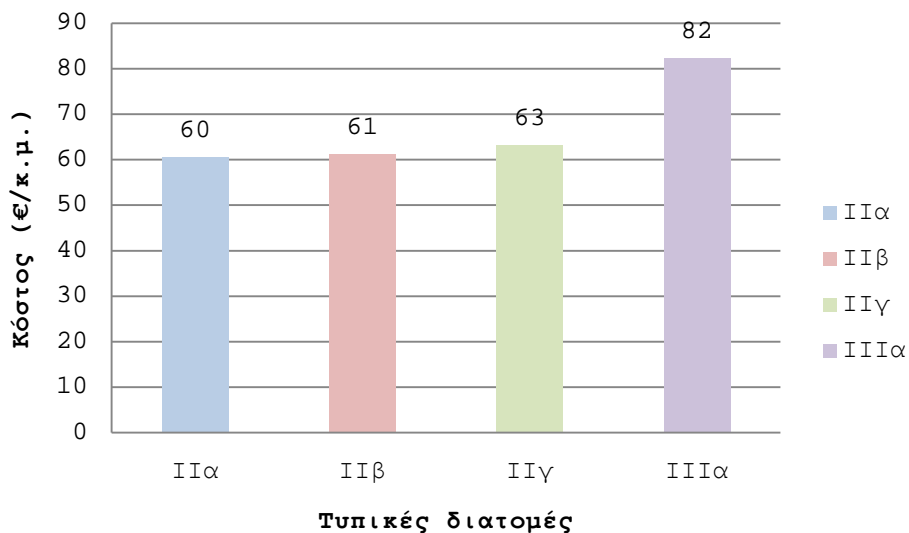
Προμετρήσεις ανά μ.μ. για την κατηγορία βραχόμαζας IIIα (GSI = 15)								
α/α	α/α Τιμολογίου	Ενδειξη Εργασιών	Άρθρο Αναθεώρησης	Μονάδα Μέτρησης	Ποσότητα	Τιμή Μονάδος (€)	Συντελεστής Αναθεώρησης	Δαπάνη (€)
1	3.06	Εκκαφή (σήραγγας και θεμελίων) σε βραχώδες έδαφος	ΥΔΡ-7020	m ³	101,35	41,00	1,067137	4.434,33
2	3.11	Αποκομιδή προϊόντων γεωλογικών καταπτώσεων	ΟΔΟ-1420	m ³	0,41	5,50	1,159129	2,61
3	4.20.02	Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα στατικού πάχους 20+5cm	ΥΔΡ-7016.9	m ³	6,05	90,00	1,053963	573,88
4	4.11.01	Ράβδοι αγκύρωσης ολόσωμης πάκτωσης S400, 0,2MN	ΥΔΡ-7024	m	58,00	10,00	0,963566	558,87
5	4.21	Μεταλλικά Υποστηλώματα HEB 140	ΥΔΡ-7027	kg	997,20	1,40	1,043968	1.457,46
6	4.22.02	Πλέγμα T131 τύπου StIV	ΥΔΡ-7018	kg	55,78	0,95	0,963566	51,06
Συνολικό κόστος ανά μ.μ.								7.078,22
Προστίθεται Ο.Ε. & Γ.Ε. (18%)								1.274,08
Συνολικό κόστος ανά μ.μ. μετά Ο.Ε. & Γ.Ε.								8.352,29
Προστίθεται ο Φ.Π. Α. (23%)								1.627,99
Κόστος ανά μέτρο μήκους σήραγγας με Φ.Π.Α.								9.980,28

Στο Σχήμα_4.2 παρουσιάζονται τα κόστη ανά μέτρο μήκους διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης για κάθε τυπική διατομή όπως αυτά έχουν διαμορφωθεί με τις νέες τιμές.



Σχήμα_4.2: Κόστος εκσκαφής και άμεσης υποστήριξης σήραγγας ανά κατηγορία βραχόμαζας και ανά μέτρο μήκους για τη σήραγγα Ραψομάτη (αναθεωρημένο πραγματικό κόστος για το έτος 2011, μετά του Ο.Ε. & Γ.Ε. χωρίς Φ.Π.Α.)

Το κόστος ανά κυβικό μέτρο διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης για κάθε τοπική διατομή κυμαίνεται από 60 έως 80 €/m³ περίπου (Σχήμα_4.3).



Σχήμα_4.3: Κόστος εκσκαφής και άμεσης υποστήριξης σήραγγας ανά κατηγορία βραχόμαζας και ανά κυβικό μέτρο για τη σήραγγα Ραψομάτη (αναθεωρημένο πραγματικό κόστος για το έτος 2011, μετά του Ο.Ε. & Γ.Ε. χωρίς Φ.Π.Α.)

4.3.2_Σήραγγα Άγιου Ηλίας

Τα αναθεωρημένα κόστη που προέκυψαν ανά κατηγορία βραχόμαζας για τη σήραγγα Άγιου Ηλίας παρουσιάζονται στους Πίνακες 4.12-4.16.

Πίνακας_4.12: Προμετρήσεις ανά μέτρο μήκους για την κατηγορία των Εβαποριτών, με τιμές μονάδος για το έτος 2011

Προμετρήσεις ανά μ.μ. για την περιοχή των Εβαποριτών								
α/α	α/α Τιμολογίου	Ενδειξη εργασιών	Άρθρο Αναθεώρησης	Μονάδα Μέτρησης	Ποσότητα	Τιμή Μονάδος (€)	Συντελεστής Αναθεώρησης	Δαπάνη (€)
1	3.06	Εκσκαφή Γραμμής 'Α'	ΥΔΡ-7020	m ³	121,10	41,00	1,067137	5.298,44
2		Υπερεκκαφές (Γραμμή 'Β' - Γραμμή 'Α')	ΥΔΡ-7020	m ³	6,98	41,00	1,067137	305,39
3	4.20.02	Στατικό πάχος εκτοξευόμενου σκυροδέματος	ΥΔΡ-7016.9	m ³	16,19	90,00	1,060959	1.545,92
4	4.20.02	Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πλήρωσης υπερεκκαφών	ΥΔΡ-7016.9	m ³	6,98	90,00	1,060959	666,49
5	4.26	Καθαίρεση εκτοξευόμενου σκυροδέματος	ΟΙΚ-2227	m ³	6,24	27,00	1,055044	177,75
6	A-21	Επίχωση διαμόρφωσης διαπέδου εργασίας	ΟΔΟ-1530	m ³	21,09	0,70	1,138696	16,81
7	3.11	Αποκομιδή επίχωσης διαμόρφωσης διαπέδου εργασίας	ΟΔΟ-1420	m ³	21,09	5,50	1,159129	134,45
8	4.22.02	Δομικό πλέγμα StIV	ΥΔΡ-7018	kg	281,54	0,90	1,037258	262,83
9	4.16	Μεταλλικά υποστηλώματα Πλαίσια ΗΕΒ140	ΥΔΡ-7027	kg	997,17	1,40	1,043968	1.457,42
10	4.12.01	Αγκύρια βράχου τύπου Φ25	ΥΔΡ-7025	m	111,00	11,00	0,963566	1.176,51
11	4.21.03	Αγκύρια βράχου τύπου Φ32	ΥΔΡ-7025	m	48,00	13,00	0,963566	601,27
12	8.05	Σιδηρούς οπλισμός StIV(S500)	ΥΔΡ-6311	kg	95,40	0,90	1,037258	601,27
Συνολικό κόστος ανά μ.μ.								12.244,56
Προστίθεται Ο.Ε.& Γ.Ε. (18%)								2.204,02
Συνολικό κόστος ανά μ.μ. μετά Ο.Ε. & Γ.Ε.								14.448,58
Προστίθεται ο Φ.Π. Α. (23%)								2.816,25
Κόστος ανά μέτρο μήκους σήραγγας με Φ.Π.Α.								17.264,83

Πίνακας_4.13: Προμετρήσεις ανά μέτρο μήκους για την κατηγορία διατομής Δ1, με τιμές μονάδος για το έτος 2011

Προμετρήσεις ανά μ.μ. για την κατηγορία διατομής Δ1								
α/α	α/α Τιμολογίου	Ενδειξη Εργασιών	Άρθρο Αναθεώρησης	Μονάδα Μέτρησης	Ποσότητα	Τιμή Μονάδος (€)	Συντελεστής Αναθεώρησης	Δαπάνη (€)
1	3.06	Εκσκαφή Γραμμής Α'	ΥΔΡ-7020	m ³	117,30	41,00	1,067137	5.132,18
2		Υπερεκκαφές (Γραμμή 'Β' - Γραμμή Α')	ΥΔΡ-7020	m ³	5,45	41,00	1,067137	238,45
3	4.20.02	Στατικό πάχος εκτοξευόμενου σκυροδέματος	ΥΔΡ-7016.9	m ³	13,57	90,00	1,060959	1.295,75
4	4.20.02	Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πλήρωσης υπερεκκαφών	ΥΔΡ-7016.9	m ³	2,18	90,00	1,060959	208,16
5	4.26	Καθαίρεση εκτοξευόμενου σκυροδέματος	ΟΙΚ-2227	m ³	2,53	27,00	1,055044	72,07
6	A-21	Επίχωση διαμόρφωσης διαπέδου εργασίας	ΟΔΟ-1530	m ³	19,90	0,70	1,138696	15,86
7	3.11	Αποκομιδή επίχωσης διαμόρφωσης διαπέδου εργασίας	ΟΔΟ-1420	m ³	19,90	5,50	1,159129	126,87
8	4.21	Μεταλλικές ίνες	ΥΔΡ-6751	kg	519,50	1,70	1,067308	942,59
9	4.22.02	Δομικό πλέγμα T188,S500	ΥΔΡ-7018	kg	147,40	0,90	1,060596	140,70
10	8.05	Ράβδοι οπλισμού, S500	ΥΔΡ-6311	kg	19,70	0,90	1,037258	18,39
11	4.14	Αγκύρια προπορείας TITAN40/16	ΥΔΡ-7025	m	92,00	20,00	0,963566	1.772,96
12	4.16	Πλαίσια IPB 140, St 37	ΥΔΡ-7027	kg	997,20	1,40	1,043968	1772,96
13	4.13	Ηλώσεις βράχου, 250KN ή ανάλογα Self - drilling	ΥΔΡ-7025	m	138,00	20,00	0,963566	1772,96
14	4.08	Θυσιάζομενες ηλώσεις βράχου από Fiber Glass	ΥΔΡ-7025	m	25,50	18,00	0,963566	1772,96
Συνολικό κόστος ανά μ.μ.								15.282,87
Προστίθεται Ο.Ε.& Γ.Ε. (18%)								2.750,92
Συνολικό κόστος ανά μ.μ. μετά Ο.Ε. & Γ.Ε.								18.033,79
Προστίθεται ο Φ.Π. Α. (23%)								3.515,06
Κόστος ανά μέτρο μήκους σήραγγας με Φ.Π.Α.								21.548,85

Πίνακας_4.14: Προμετρήσεις ανά μέτρο μήκους για την κατηγορία διατομής Δ5, με τιμές μονάδος για το έτος 2011

Προμετρήσεις ανά μ.μ. για την κατηγορία της διατομής Δ5								
α/α	α/α Τιμολογίου	Ενδειξη Εργασιών	Άρθρο Αναθεώρησης	Μονάδα Μέτρησης	Ποσότητα	Τιμή Μονάδος (€)	Συντελεστής Αναθεώρησης	Δαπάνη (€)
1	3.06	Εκσκαφή Γραμμή 'Α'	ΥΔΡ-7020	m ³	120,93	41,00	1,067137	5.291,00
2		Υπερεκκαφές (Γραμμή 'Β' - Γραμμή Α')	ΥΔΡ-7020	m ³	5,51	41,00	1,067137	241,08
3	4.20.02	Στατικό πάχος εκτοξευόμενου σκυροδέματος	ΥΔΡ-7016.9	m ³	19,11	90,00	1,060959	1.824,74
4	4.20.02	Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πλήρωσης υπερεκκαφών	ΥΔΡ-7016.9	m ³	2,02	90,00	1,060959	193,26
5	4.26	Καθαίρεση εκτοξευόμενου σκυροδέματος	ΟΙΚ-2227	m ³	7,39	27,00	1,055044	210,51
6	A-21	Επίχωση διαμόρφωσης διαπέδου εργασίας	ΟΔΟ-1530	m ³	20,18	0,70	1,138696	16,09
7	3.11	Αποκομιδή επίχωσης διαμόρφωσης διαπέδου εργασίας	ΟΔΟ-1420	m ³	20,18	5,50	1,159129	128,65
8	4.21	Μεταλλικές ίνες	ΥΔΡ-6751	kg	690,00	1,70	1,060959	1.244,50
9	4.22.02	Δομικό πλέγμα StIV	ΥΔΡ-7018	kg	240,00	0,90	1,060959	229,17
10	8.05	Ράβδοι οπλισμού, S500	ΥΔΡ-6311	kg	32,06	0,90	1,060959	30,61
11	4.14	Αγκύρια προπορείας TITAN40/16	ΥΔΡ-7025	m	36,00	20,00	0,963566	693,77
12	4.18	Δικτυωτά πλαίσια LG115/26/D26 & LG140/26	ΥΔΡ-7027	kg	729,00	1,50	1,043968	693,77
13	4.11.03	Ηλώσεις βράχου, 300KN τύπου TITAN30/11	ΥΔΡ-7025	m	108,00	12,00	0,963566	1.248,78
14	4.08	Θυσιαζόμενες ηλώσεις βράχου από Fiber Glass, 320KN	ΥΔΡ-7025	m	25,50	18,00	0,963566	442,28
15	4.15	Δοκοί προπορείας Φ51 πάχους 5mm (105m)	ΥΔΡ-7025	m	598,50	20,00	0,963566	11.533,89
Συνολικό κόστος ανά μ.μ.								24.022,10
Προστίθεται Ο.Ε. & Γ.Ε. (18%)								4.323,98
Συνολικό κόστος ανά μ.μ. μετά Ο.Ε. & Γ.Ε.								28.346,08
Προστίθεται ο Φ.Π. Α. (23%)								5.525,08
Κόστος ανά μέτρο μήκους σήραγγας με Φ.Π.Α.								33.871,16

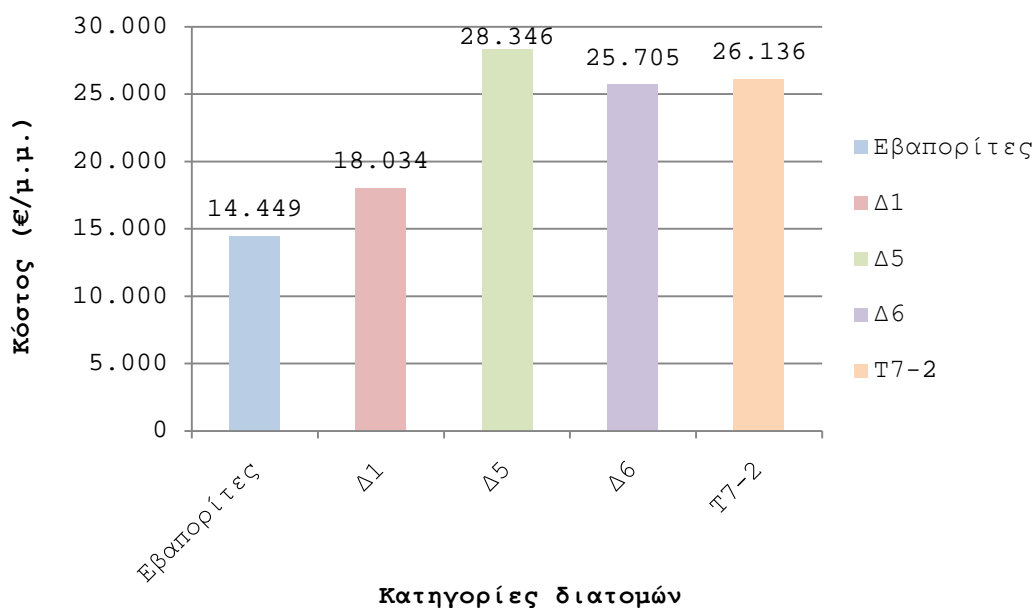
Πίνακας_4.15: Προμετρήσεις ανά μέτρο μήκους για την κατηγορία διατομής Δ6, με τιμές μονάδος για το έτος 2011

Προμετρήσεις ανά μ.μ. για την κατηγορία Δ6								
α/α	α/α Τιμολογίου	Ενδειξη Εργασιών	Άρθρο Αναθεώρησης	Μονάδα Μέτρησης	Ποσότητα	Τιμή Μονάδος (€)	Συντελεστής Αναθεώρησης	Δαπάνη (€)
1	3.06	Εκσκαφή Γραμμή 'Α'	ΥΔΡ-7020	m ³	120,93	41,00	1,067137	5.291,00
2		Υπερεκκαφές (Γραμμή 'Β' - Γραμμή Α')	ΥΔΡ-7020	m ³	5,51	41,00	1,067137	241,08
3	4.20.02	Στατικό πάχος εκτοξευόμενου σκυροδέματος	ΥΔΡ-7016.9	m ³	13,57	90,00	1,060959	1.295,75
4	4.20.02	Εκτοξ. σκυρόδεμα πλήρωσης υπερεκκαφών	ΥΔΡ-7016.9	m ³	2,02	90,00	1,060959	192,88
5	4.26	Καθαίρεση εκτοξευόμενου σκυροδέματος	ΟΙΚ-2227	m ³	7,39	27,00	1,055044	210,51
6	A-21	Επίχωση διαμόρφωσης διαπέδου εργασίας	ΟΔΟ-1530	m ³	20,18	0,70	1,138696	16,09
7	3.11	Αποκομιδή επίχωσης διαμόρφωσης διαπέδου εργασίας	ΟΔΟ-1420	m ³	20,18	5,50	1,159129	128,65
8	4.21	Μεταλλικές ίνες	ΥΔΡ-6751	kg	519,50	1,70	1,060959	936,99
9	4.22.02	Δομικό πλέγμα T188,S500	ΥΔΡ-7018	kg	180,00	0,90	1,060959	171,88
10	8.05	Ράβδοι οπλισμού, S500	ΥΔΡ-6311	kg	32,06	0,90	1,060959	30,61
11	4.14	Αγκύρια TITAN40/16	ΥΔΡ-7025	m	36,00	20,00	0,963566	693,77
12	4.18	Δικτυωτά πλαίσια LG115/26/D26 & LG140/26	ΥΔΡ-7027	kg	729,00	1,50	1,043968	693,77
13	4.11.03	Ηλώσεις βράχου, 300KN τύπου TITAN30/11	ΥΔΡ-7025	m	108,00	12,00	0,963566	1.248,78
14	4.08	Θυσιαζόμενες ηλώσεις βράχου από Fiber Glass, 320KN	ΥΔΡ-7025	m	25,50	18,00	0,963566	442,28
15	4.15	Δοκοί προπορείας Φ51 πάχους 5mm	ΥΔΡ-7025	m	598,50	20,00	0,963566	11.533,89
Συνολικό κόστος ανά μ.μ.								21.783,97
Προστίθεται Ο.Ε. & Γ.Ε. (18%)								3.921,11
Συνολικό κόστος ανά μ.μ. μετά Ο.Ε. & Γ.Ε.								25.705,09
Προστίθεται ο Φ.Π. Α. (23%)								5.010,31
Κόστος ανά μέτρο μήκους σήραγγας με Φ.Π.Α.								30.715,40

Πίνακας_4.16: Προμετρήσεις ανά μέτρο μήκους για την κατηγορία διατομής T7-2, με τιμές μονάδος για το έτος 2011

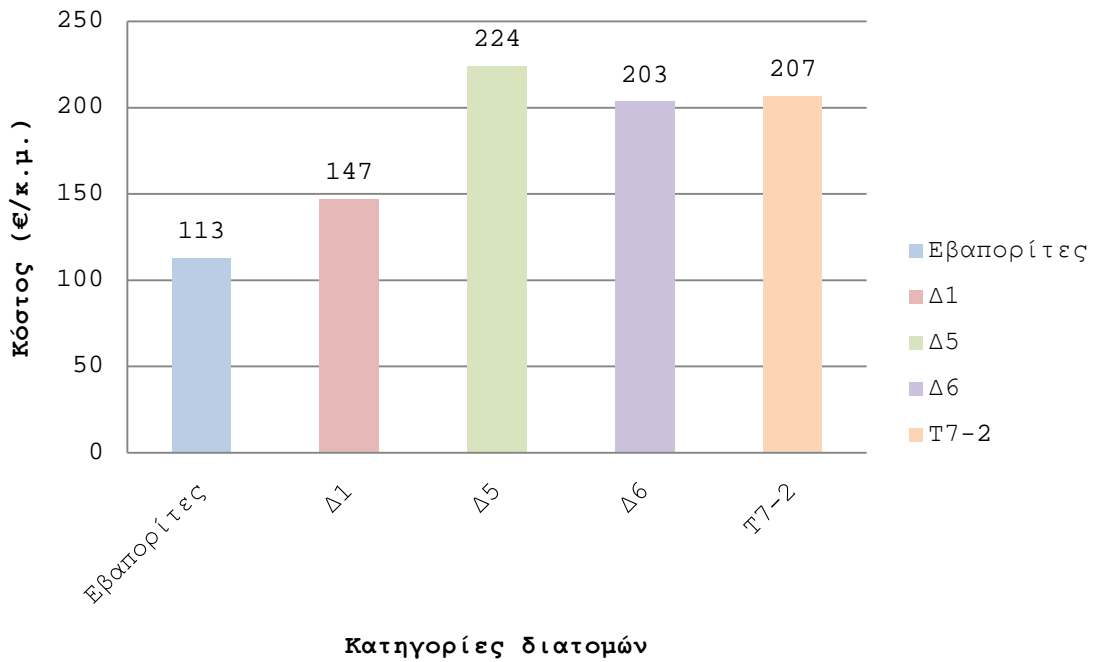
Προμετρήσεις ανά μ.μ. για την κατηγορία διατομής T7-2								
α/α	α/α Τιμολογίου	Ενδειξη Εργασιών	Άρθρο Αναθεώρησης	Μονάδα Μέτρησης	Ποσότητα	Τιμή Μονάδος (€)	Συντελεστής Αναθεώρησης	Δαπάνη (€)
1	3.06	Εκσκαφή Γραμμή 'Α'	ΥΔΡ-7020	m ³	120,93	41,00	1,067137	5.291,00
2		Υπερεκσκαφές (Γραμμή 'Β' - Γραμμή 'Α')	ΥΔΡ-7020	m ³	5,51	41,00	1,067137	241,08
3	4.20.02	Στατικό πάχος εκτοξευόμενου σκυροδέματος	ΥΔΡ-7016.9	m ³	19,11	90,00	1,060959	1.824,74
4	4.20.02	Εκτοξευόμενο σκυροδέμα πλήρωσης υπερεκσκαφών	ΥΔΡ-7016.9	m ³	2,024	90,00	1,060959	193,26
5	4.26	Καθαίρεση εκτοξευόμενου σκυροδέματος	ΟΙΚ-2227	m ³	7,39	27,00	1,055044	210,51
6	A-21	Επίχωση διαμόρφωσης δαπέδου εργασίας	ΟΔΟ-1530	m ³	20,18	0,70	1,138696	16,09
7	3.11	Αποκομιδή επίχωσης διαμόρφωσης δαπέδου εργασίας	ΟΔΟ-1420	m ³	20,18	5,50	1,159129	128,65
8	4.21	Μεταλλικές ίνες	ΥΔΡ-6751	kg	690,00	1,70	1,060959	1.244,50
9	4.22.02	Δομικό πλέγμα T188,S500	ΥΔΡ-7018	kg	240,00	0,90	1,060959	229,17
10	8.05	Ράβδοι οπλισμού, S500	ΥΔΡ-6311	kg	32,06	0,90	1,060959	30,61
11	4.14	Αγκόρια προπορείας TITAN40/16 ή αναλόγου	ΥΔΡ-7025	m	36,00	20,00	0,963566	693,77
12	4.18	Πλαίσια HEB140, St 37	ΥΔΡ-7027	kg	997,17	1,50	1,043968	693,77
13	4.11.03	Ηλώσεις βράχου, 300KN τύπου self-drilling	ΥΔΡ-7025	m	108,00	12,00	0,963566	1.248,78
14	4.08	Θυσιάζομενες ηλώσεις βράχου από Fiber Glass, 320KN	ΥΔΡ-7025	m	25,50	18,00	0,963566	442,28
15	4.15	Δοκοί προπορείας Φ51 πάχους 5mm	ΥΔΡ-7025	m	598,50	20,00	0,963566	11.533,89
Συνολικό κόστος ανά μ.μ.								22.149,55
Προστίθεται Ο.Ε. & Γ.Ε. (18%)								3.986,92
Συνολικό κόστος ανά μ.μ. μετά Ο.Ε. & Γ.Ε.								26.136,46
Προστίθεται ο Φ.Π. Α. (23%)								5.094,40
Κόστος ανά μέτρο μήκους σήραγγας με Φ.Π.Α.								31.230,86

Στο Σχήμα 4.4 παρουσιάζονται τα κόστη ανά μέτρο μήκους διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης για κάθε τυπική διατομή όπως αυτά έχουν διαμορφωθεί με τις νέες τιμές.



Σχήμα_4.4: Κόστος εκσκαφής και άμεσης υποστήριξης σήραγγας ανά κατηγορία βραχώμαζας και ανά μέτρο μήκους για τη σήραγγα Άγιος Ηλίας (αναθεωρημένο πραγματικό κόστος για το έτος 2011, μετά του Ο.Ε. & Γ.Ε. χωρίς Φ.Π.Α.)

Το κόστος ανά κυβικό μέτρο εκσκαφής και προσωρινής υποστήριξης για την κατηγορία των Εβαποριτών ανέρχεται περίπου στα 110€/m³, ενώ για την κατηγορία διατομής Δ5 στα 225€/m³ (Σχήμα_4.5).



Σχήμα_4.5: Κόστος εκσκαφής και άμεσης υποστήριξης σήραγγας ανά κατηγορία βραχόμαζας και ανά κυβικό μέτρο για τη σήραγγα Άγιος Ηλίας (αναθεωρημένο πραγματικό κόστος για το έτος 2011, μετά του Ο.Ε. & Γ.Ε. χωρίς Φ.Π.Α.)

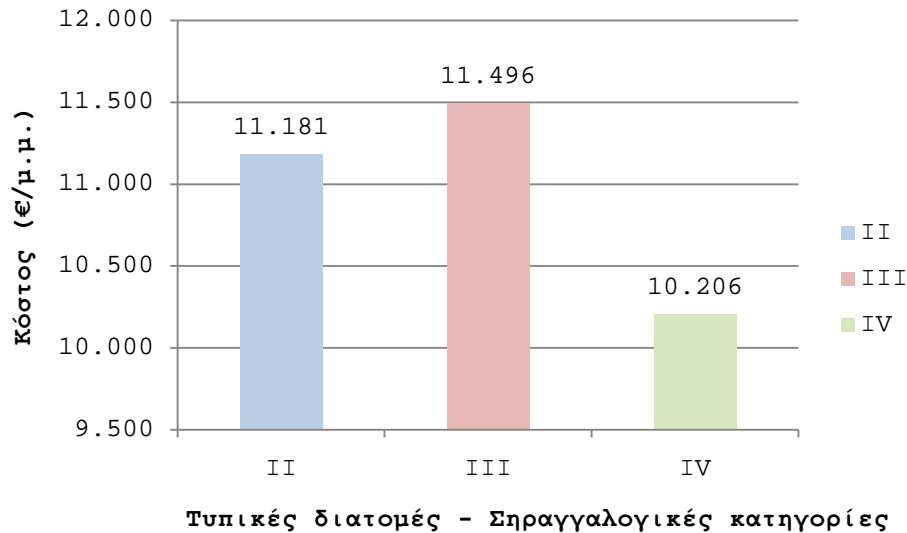
4.3.3_Σήραγγα Αγίας Κυριακής

Το κόστος κατασκευής της σήραγγα της Αγίας Κυριακής μετά τον επαναπροσδιορισμό του ανέρχεται στα 11.619.467,46€ μετά του Ο.Ε. & Γ.Ε., χωρίς Φ.Π.Α. (Πίνακας_4.17).

Πίνακας_4.17: Συνολικό κόστος εκσκαφής και προσωρινής υποστήριξης σύμφωνα με τις τυπικές διατομές που εφαρμόστηκαν στην σήραγγα Αγίας Κυριακής, με τις τιμές μονάδος για το έτος 2011

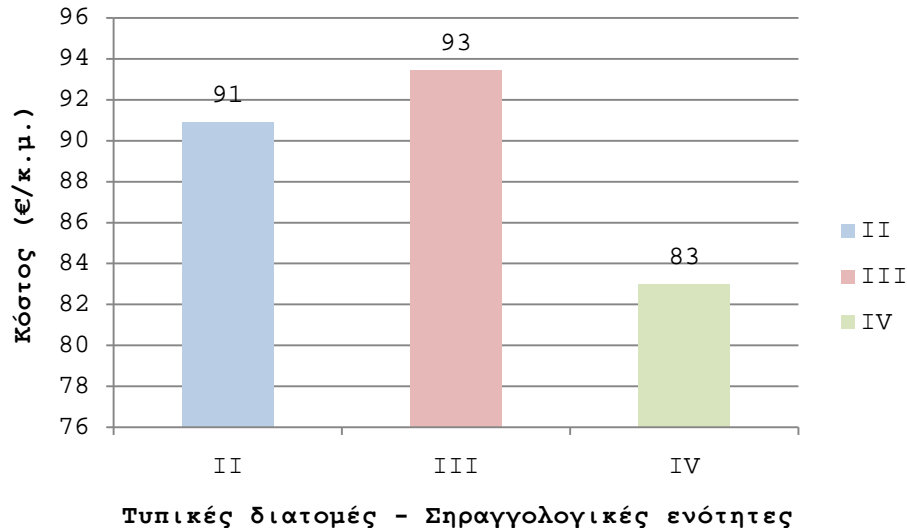
Κόστος διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης σήραγγας με Φ.Π.Α.					
Τυπικές Διατομές	Ποσότητα	Μονάδα Μέτρησης	Τιμή Μονάδος (€)	Ευνελεστής Ανθεώρησης	Δαπάνη (€)
Διάνοιξη και προσωρινή υποστήριξη ενός μ.μ τυπικών διατομών σήραγγων Κατηγ. II	61,00	m	7.527,34	1,26	577.990,71
Διάνοιξη και προσωρινή υποστήριξη ενός μ.μ τυπικών διατομών σήραγγων Κατηγ. III	741,00	m	7.561,94	1,29	7.219.081,19
Διάνοιξη και προσωρινή υποστήριξη ενός μ.μ τυπικών διατομών σήραγγων Κατηγ. IV	237,00	m	6.666,03	1,30	2.049.934,42
Συνολικό κόστος διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης					9.847.006,32
Προστίθεται Ο.Ε. & Γ.Ε. (18%)					1.772.461,14
Συνολικό κόστος ανά μ.μ. μετά Ο.Ε. & Γ.Ε.					11.619.467,46
Προστίθεται ο Φ.Π. Α. (23%)					2.264.811,45
Κόστος διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης σήραγγας με Φ.Π.Α.					13.884.278,91

Πρέπει να σημειωθεί σ' αυτό το σημείο ότι οι αναθεωρήσεις για τις τυπικές διατομές της σήραγγας Αγίας Κυριακής είναι ενδεικτικές και έγιναν βάσει των μεταβολών του Πληθωρισμού για την τελευταία δεκαετία. Στο Σχήμα_4.6 παρουσιάζονται τα κόστη ανά μέτρο μήκους διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης για κάθε τυπική διατομή όπως αυτά έχουν διαμορφωθεί με τις νέες τιμές.



Σχήμα_4.6: Κόστος εκσκαφής και άμεσης υποστήριξης σήραγγας ανά κατηγορία βραχόμαζας και ανά μέτρο μήκους για τη σήραγγα Αγία Κυριακή (αναθεωρημένο πραγματικό κόστος για το έτος 2011, μετά του Ο.Ε. & Γ.Ε. χωρίς Φ.Π.Α.)

Στο Σχήμα_4.7 προσδιορίστηκε το κόστος ανά κυβικό μέτρο εκσκαφής και προσωρινής υποστήριξης το οποίο κυμαίνεται από τα 83 έως τα 93 €/m³.



Σχήμα_4.7: Κόστος εκσκαφής και άμεσης υποστήριξης σήραγγας ανά κατηγορία βραχόμαζας και ανά κυβικό μέτρο για τη σήραγγα Αγία Κυριακή (αναθεωρημένο πραγματικό κόστος για το έτος 2011, μετά του Ο.Ε. & Γ.Ε. χωρίς Φ.Π.Α.)

3.4.4_Σήραγγες Π.Α.Θ.Ε.

3.4.4.1_Σήραγγα ΑΣ1, Κακιάς Σκάλας

Τα αναθεωρημένα κόστη που προέκυψαν ανά κατηγορία βραχόμαζας για τη σήραγγα ΑΣ1 της Κακιάς Σκάλας παρουσιάζονται στους Πίνακες_4.18-4.20.

Πίνακας_4.18: Προμετρήσεις ανά μέτρο μήκους για την κατηγορία διατομής ΔΑ(ΛΕΑ) 3_A, με τιμές μονάδος για το έτος 2011

Προμετρήσεις ανά μ.μ. για την κατηγορία διατομής ΔΑ(ΛΕΑ)-3 _A								
α/α	α/α Τιμολογίου	Ενδειξη Εργασιών	Αρθρο Αναθεώρησης	Μονάδα Μέτρησης	Ποσότητα	Τιμή Μονάδος (€)	Ευντελεστής Αναθεώρησης	Δαπάνη (€)
1	3.06	Εκκαφή Γραμμή 'Α' σε βραχόμαζα κατ. Α ή Β	ΥΔΡ-7020	m ³	194,30	41,00	1,067137	8.501,13
2		Υπερεκκαφές (Γραμμή 'Β' - Γραμμή 'Α')	ΥΔΡ-7020	m ³	5,57	41,00	1,067137	243,70
3	4.20.02	Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα	ΥΔΡ-7016.9	m ³	15,95	90,00	1,060959	1.523,01
4	4.26	Καθαίρεση εκτοξευόμενου σκυροδέματος	ΟΙΚ-2227	m ³	4,41	27,00	1,055044	125,62
5	4.21	Μεταλλικές ίνες	ΥΔΡ-6751	kg	347,80	1,70	1,067308	631,06
6	4.11.01	Απλές ηλώσεις βράχου S500,Φ25, 200KN σε κάρναβο 1,75x1,25m (L=6m)	ΥΔΡ-7025	τεμάχια	5,60	10,00	0,963566	53,96
7	4.05	Αγκύρια τύπου Super Swellex, 200KN (L=5m)	ΥΔΡ-7025	τεμάχια	10,00	17,00	0,963566	163,81
Συνολικό κόστος ανά μ.μ.								11.242,29
Προστίθεται Ο.Ε. & Γ.Ε. (18%)								2.023,61
Συνολικό κόστος ανά μ.μ. μετά Ο.Ε. & Γ.Ε.								13.265,90
Προστίθεται ο Φ.Π. Α. (23%)								2.585,73
Κόστος ανά μέτρο μήκους σήραγγας με Φ.Π.Α.								15.851,63

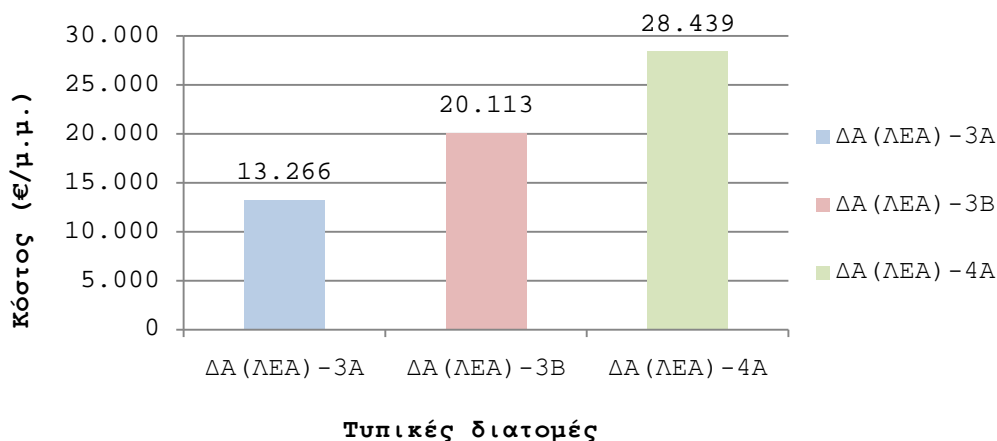
Πίνακας_4.19: Προμετρήσεις ανά μέτρο μήκους για την κατηγορία διατομής ΔΑ(ΛΕΑ) 3_B, με τιμές μονάδος για το έτος 2011

Προμετρήσεις ανά μ.μ. για την κατηγορία διατομής ΔΑ(ΛΕΑ)-3 _B								
α/α	α/α Τιμολογίου	Ενδειξη Εργασιών	Αρθρο Αναθεώρησης	Μονάδα Μέτρησης	Ποσότητα	Τιμή Μονάδος (€)	Ευντελεστής Αναθεώρησης	Δαπάνη (€)
1	3.06	Εκκαφή Γραμμή 'Α' σε βραχόμαζα κατ. Γ ή Δ	ΥΔΡ-7020	m ³	197,66	41,00	1,067137	8.648,14
2		Υπερεκκαφές (Γραμμή 'Β' - Γραμμή 'Α')	ΥΔΡ-7020	m ³	5,60	41,00	1,067137	245,01
3	4.20.02	Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα	ΥΔΡ-7016.9	m ³	20,70	90,00	1,060959	1.976,57
4	4.26	Καθαίρεση εκτοξευόμενου σκυροδέματος	ΟΙΚ-2227	m ³	2,24	27,00	1,055044	63,81
5	4.21	Μεταλλικές ίνες	ΥΔΡ-6751	kg	644,36	1,70	1,067308	1.169,14
6	4.11.01	Απλές ηλώσεις βράχου S500,Φ25,200KN σε κάρναβο 1,75x1,25m (L=6m)	ΥΔΡ-7025	τεμάχια	4,00	10,00	0,963566	38,54
7	4.05	Αγκύρια τύπου Super Swellex,200KN σε κάρναβο 1,75x1,25m (L=5m)	ΥΔΡ-7025	τεμάχια	10,00	17,00	0,963566	163,81
8	4.16	Μεταλλικά πλαίσια St,IPB160(ανά 1,25m)	ΥΔΡ-7027	kg	1.556,56	1,40	1,043968	2.275,00
9	4.13	Ηλώσεις βράχου Self-drilling, 250KN (L=5m)	ΥΔΡ-7025	m	48,00	28,35	0,963566	1.311,18
10	4.08	Θυσιάζομενα αγκύρια τύπου Fiber-glass ,250KN (L=6m)	ΥΔΡ-7025	m	49,50	24,19	0,96	1.153,67
Συνολικό κόστος ανά μ.μ.								17.044,88
Προστίθεται Ο.Ε. & Γ.Ε. (18%)								3.068,08
Συνολικό κόστος ανά μ.μ. μετά Ο.Ε. & Γ.Ε.								20.112,96
Προστίθεται ο Φ.Π. Α. (23%)								3.920,32
Κόστος ανά μέτρο μήκους σήραγγας με Φ.Π.Α.								24.033,28

Πίνακας_4.20: Προμετρήσεις ανά μέτρο μήκους για την κατηγορία διατομής ΔΑ(ΛΕΑ) 4_A, με τιμές μονάδος για το έτος 2011

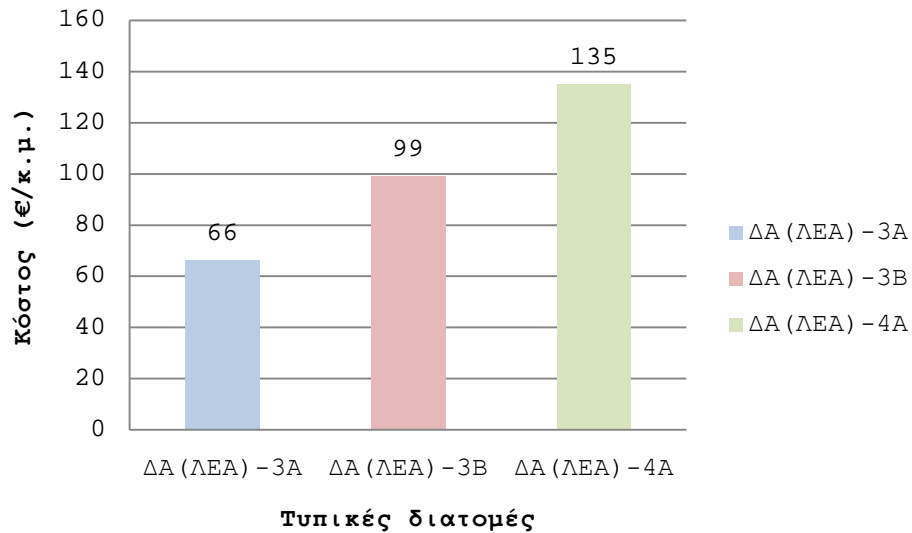
Προμετρήσεις ανά μ.μ. για την κατηγορία διατομής ΔΑ(ΛΕΑ)-4 _A								
α/α	α/α Τιμολογίου	Ενδειξη Εργασιών	Άρθρο Αναθεώρησης	Μονάδα Μέτρησης	Ποσότητα	Τιμή Μονάδος (€)	Ευντελεστής Αναθεώρησης	Δαπάνη (€)
1	3.06	Εκσκαφή Γραμμή 'Α' για βραχόμαζα κατ. Γ ή Δ	ΥΔΡ-7020	m ³	204,83	41,00	1,067137	8.961,85
2		Υπερεκσκαφές (Γραμμή 'Β' - Γραμμή 'Α')	ΥΔΡ-7020	m ³	5,73	41,00	1,067137	250,70
3	4.20.02	Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα	ΥΔΡ-7016,9	m ³	21,54	90,00	1,060959	2.056,78
4	4.26	Καθαίρεση εκτοξευόμενο σκυροδέματος	ΟΙΚ-2227	m ³	2,29	27,00	1,055044	65,23
5	4.21	Μεταλλικές ίνες	ΥΔΡ-6751	kg	687,92	1,70	1,067308	1.248,18
6	4.14	Ράβδοι προπορείας (spiling) τύπου Belbor 51/28, Φ16 (L=7m)	ΥΔΡ-7025	m	116,67	20,00	0,963566	2.248,38
7	4.16	Μεταλλικά πλαίσια St, IPB160 (ανά 1,00m)	ΥΔΡ-7027	kg	2.033,00	1,40	1,043968	2.971,34
8	4.13	Ηλώσεις βράχου Self-drilling, 250KN (L=5m)	ΥΔΡ-7025	m	184,50	28,35	0,963566	5.039,87
9	4.08	Θυσιάζομενα αγκύρια τύπου Fiber-glass ,250KN (L=6m)	ΥΔΡ-7025	m	54,00	24,19	0,963566	1.258,55
Συνολικό κόστος ανά μ.μ.								24.100,89
Προστίθεται Ο.Ε. & Γ.Ε. (18%)								4.338,16
Συνολικό κόστος ανά μ.μ. μετά Ο.Ε. & Γ.Ε.								28.439,05
Προστίθεται ο Φ.Π. Α. (23%)								5.543,20
Κόστος ανά μέτρο μήκους σήραγγας με Φ.Π.Α.								33.982,25

Στο Σχήμα_4.8 παρουσιάζονται τα κόστη ανά μέτρο μήκους διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης για κάθε τυπική διατομή όπως αυτά έχουν διαμορφωθεί με τις νέες τιμές.



Σχήμα_4.8: Κόστος εκσκαφής και άμεσης υποστήριξης σήραγγας ανά κατηγορία βραχόμαζας και ανά μέτρο μήκους για τη σήραγγα ΑΣ1 της Κακίας Σκάλας (αναθεωρημένο πραγματικό κόστος για το έτος 2011, μετά του Ο.Ε. & Γ.Ε. χωρίς Φ.Π.Α.)

Το κόστος ανά κυβικό εκσκαφής και προσωρινής υποστήριξης της σήραγγας ΑΣ1 της Κακίας Σκάλας προσδιορίστηκε για τη διατομή ΔΑ(ΛΕΑ)-3_A στα 66€/m³, ενώ για τη διατομή ΔΑ(ΛΕΑ)-4_A στα 135€/ m³ περίπου (Σχήμα_4.9).



Σχήμα_4.9: Κόστος εκσκαφής και άμεσης υποστήριξης σήραγγας ανά κατηγορία βραχόμαζας και ανά κυβικό μέτρο για τη σήραγγα ΑΣ1 της Κακίας Σκάλας (αναθεωρημένο πραγματικό κόστος για το έτος 2011, μετά του Ο.Ε. & Γ.Ε. χωρίς Φ.Π.Α.)

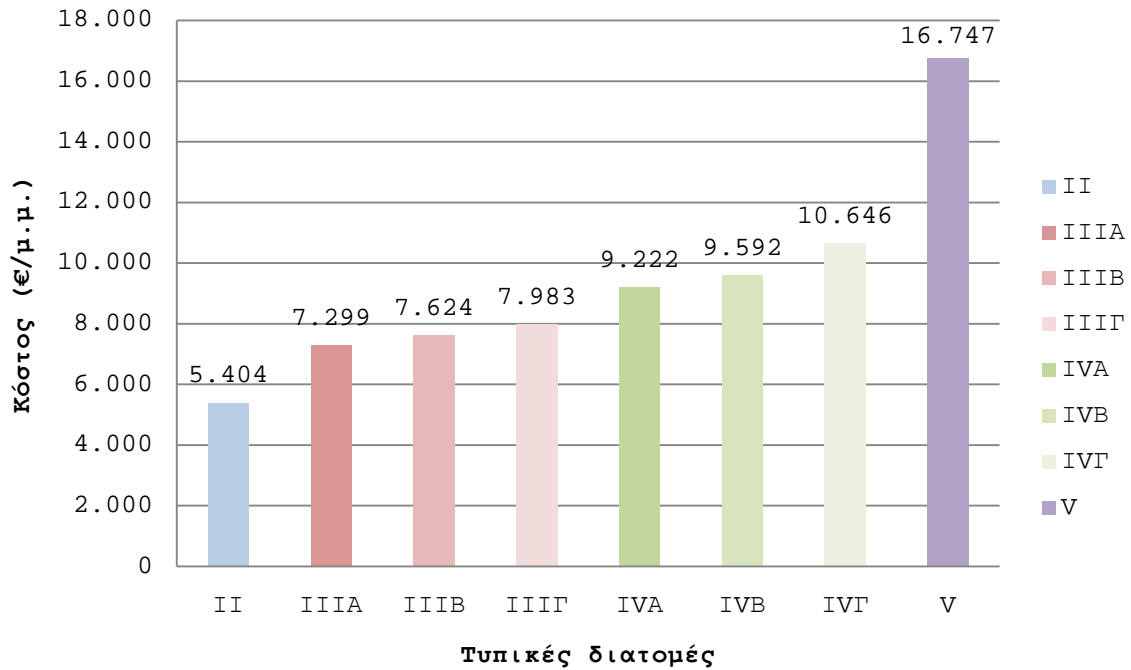
3.4.4.2_Σήραγγα Κνημίδας, Άγιου Κωνσταντίνου

Το κόστος κατασκευής της σήραγγας της Αγίας Κυριακής μετά τον επαναπροσδιορισμό του ανέρχεται στα 39.616.673,476€ μετά του Ο.Ε. & Γ.Ε., χωρίς Φ.Π.Α. (Πίνακας_4.21).

Πίνακας_4.21: Συνολικό κόστος εκσκαφής και προσωρινής υποστήριξης σύμφωνα με τις τυπικές διατομές που εφαρμόστηκαν στην σήραγγα Κνημίδας, με τις τιμές μονάδος για το έτος 2011

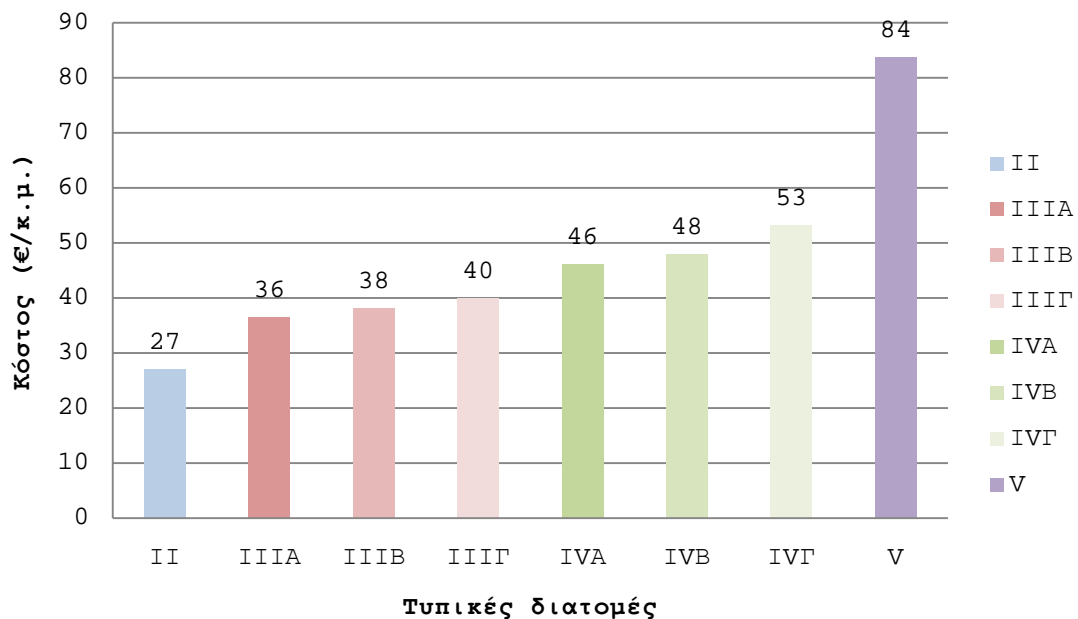
Κόστος διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης σήραγγας με Φ.Π.Α.					
Τυπικές Διατομές	Ποσότητα	Μονάδα Μέτρησης	Τιμή Μονάδος (€)	Συνελεστής Ανθεώρησης	Δαπάνη (€)
Διάνοιξη και προσωρινή υποστήριξη ενός μ.μ τυπικών διατομών σηράγγων Κατηγ. II	79,65	m	3.638,00	1,26	364.752,24
Διάνοιξη και προσωρινή υποστήριξη ενός μ.μ τυπικών διατομών σηράγγων Κατηγ. III _A	309,64	m	4.801,00	1,29	1.915.222,59
Διάνοιξη και προσωρινή υποστήριξη ενός μ.μ τυπικών διατομών σηράγγων Κατηγ. III _B	1.606,45	m	5.015,00	1,29	10.379.313,77
Διάνοιξη και προσωρινή υποστήριξη ενός μ.μ τυπικών διατομών σηράγγων Κατηγ. III _T	1.715,00	m	5.251,00	1,29	11.602.100,78
Διάνοιξη και προσωρινή υποστήριξη ενός μ.μ τυπικών διατομών σηράγγων Κατηγ. IV _A	401,80	m	6.023,00	1,30	3.140.126,57
Διάνοιξη και προσωρινή υποστήριξη ενός μ.μ τυπικών διατομών σηράγγων Κατηγ. IV _B	65,36	m	6.265,00	1,30	531.321,61
Διάνοιξη και προσωρινή υποστήριξη ενός μ.μ τυπικών διατομών σηράγγων Κατηγ. IV _T	511,95	m	6.953,00	1,30	4.618.746,59
Διάνοιξη και προσωρινή υποστήριξη ενός μ.μ τυπικών διατομών σηράγγων Κατηγ. V	72,00	m	10.938,00	1,30	1.021.867,94
Συνολικό κόστος διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης					33.573.452,09
Προστίθεται Ο.Ε. & Γ.Ε. (18%)					6.043.221,38
Συνολικό κόστος ανά μ.μ. μετά Ο.Ε. & Γ.Ε.					39.616.673,47
Προστίθεται ο Φ.Π. Α. (23%)					7.721.893,98
Κόστος διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης σήραγγας με Φ.Π.Α.					47.338.567,45

Πρέπει να σημειωθεί σ' αυτό το σημείο ότι οι αναθεωρήσεις για τις τυπικές διατομές της σήραγγας Κνημίδας είναι ενδεικτικές και έγιναν βάσει των μεταβολών του Πληθωρισμού για την τελευταία δεκαετία. Στο Σχήμα_4.10 παρουσιάζονται τα κόστη ανά μέτρο μήκους διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης για κάθε τυπική διατομή όπως αυτά έχουν διαμορφωθεί με τις νέες τιμές.



Σχήμα_4.10: Κόστος εκσκαφής και άμεσης υποστήριξης σήραγγας ανά κατηγορία βραχόμαζας και ανά μέτρο μήκους για τη σήραγγα Κνημίδας του Αγίου Κωνσταντίνου (αναθεωρημένο πραγματικό κόστος για το έτος 2011, μετά του Ο.Ε. & Γ.Ε. χωρίς Φ.Π.Α.)

Στο Σχήμα_4.11, παρατηρείται σημαντική μεταβολή του κόστους ανά κυβικό μέτρο διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης, αφού κυμαίνεται από τα 27€/m³ (κατηγορία II) έως 84€/m³ (κατηγορία V).



Σχήμα_4.11: Κόστος εκσκαφής και άμεσης υποστήριξης σήραγγας ανά κατηγορία βραχόμαζας και ανά κυβικό μέτρο για τη σήραγγα Κνημίδας του Αγίου Κωνσταντίνου (αναθεωρημένο πραγματικό κόστος για το έτος 2011, μετά του Ο.Ε. & Γ.Ε. χωρίς Φ.Π.Α.)

4.4_ Σύγκριση και Αξιολόγηση Αποτελεσμάτων

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης παρατίθενται συγκεντρωτικά στους Πίνακες_4.22 και 4.23, όπου παρουσιάζονται αναλυτικά όλοι οι παράμετροι οι οποίοι εξετάστηκαν. Μεγαλύτερη βαρύτητα δόθηκε στη σχέση που υπάρχει μεταξύ του κόστους ανά είτε κυβικό μέτρο (€/m^3) (Πίνακας_4.22) είτε ανά μέτρο μήκους (€/μ.μ) (Πίνακας_4.23) και κατηγορίας διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης που προκύπτει από την ταξινόμηση κάθε φορά της προς όρυξης βραχόμαζας.

Κρίθηκε σκόπιμο, τα κόστη που προκύπτουν από την ανάλυση να υπολογισθούν και μετά του Ο.Ε. & Γ.Ε., (δηλαδή το εργολαβικό όφελος και τα γενικά έξοδα που ανέρχονται στα 18%) αλλά και χωρίς Ο.Ε. & Γ.Ε. ώστε εύκολα να γίνεται αντιληπτή η καθαρά αξία κάθε υπό ανάλυσης εργασίας.

Σε όλους του πίνακες αναγράφεται αν περιλαμβάνεται ή όχι το Ο.Ε. & Γ.Ε. καθώς και ο Φ.Π.Α. Επίσης, σε όσους πίνακες αναγράφεται Αναθεωρημένο κόστος εννοείται το κόστος που έχει αναχθεί σε σημερινές τιμές 2011, ενώ όπου αναγράφεται Κόστος νοείται το κόστος που προέκυψε στο Κεφάλαιο_3 και είναι το πραγματικό κόστος κατασκευής των σηράγγων όπως αυτό προέκυψε την περίοδο κατασκευής τους.

Πίνακας_4.22.α: Συγκεντρωτικός πίνακας ανάλυσης κόστους ανά κυβικό μέτρο (€/m³) διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης στις 5 υπό μελέτη σήραγγες

α/α	Ονομασία Σήραγγας	Μήκος Σήραγγας (m)	Τυπικές διατομές - Σηραγγολογικές ενότητες	Κατηγορία διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης	GSI	RMR ₈₉	Μήκος εφαρμογής (m)	Κόστος ανά m ³ (χωρίς Φ.Π.Α.)	Κόστος ανά m ³ (με Φ.Π.Α.=18%)	Αναθεωρημένο Κόστος ανά m ³ (χωρίς Φ.Π.Α.)	Αναθεωρημένο Κόστος ανά m ³ (με Φ.Π.Α.=23%)
1	Σήραγγα Ραψομμάτη	1.405,50	IIα	Β	35	40	570,00	34,04	48,23	60,48	72,26
			IIβ	Γ	25	30	300,00	35,40	50,16	61,14	73,06
			IIγ	Γ	20	25	300,00	35,92	50,89	63,22	75,54
			IIΙα	Δ	15	20	34,00	45,13	63,95	82,41	98,47
2	Σήραγγα Αγίου Ηλίου	644,00	Εβαπορίτες	Δ	10	15	153,00	102,30	147,50	112,81	134,80
			Δ1	Ε	0	5	140,00	122,45	176,55	146,91	175,55
			Δ5	Ε	0	5	153,00	132,54	191,11	224,19	267,88
			Δ6	Ε	0	5		124,61	179,67	203,30	242,92
3	Σήραγγα Αγίας Κυριακής	1.030,00	II	Β	55	60	61,00	72,21	85,21	90,90	11,81
			III	Γ	50	55	741,00	72,55	85,60	93,46	114,96
			IV	Γ	35	45	237,00	63,95	75,46	82,98	102,06
4	Σήραγγα Κακιάς Σκόλας ΑΣ1Δ	843,53	ΔΑ (ΛΕΑ) _{3Α}	Γ	30	35	8,740	53,65	76,04	66,37	79,31
			ΔΑ (ΛΕΑ) _{3Β}	Γ	25	30	475,60	80,21	112,07	98,95	118,24
			ΔΑ (ΛΕΑ) _{4Α}	Δ	15	20	150,58	115,60	161,51	135,06	161,39
5	Σήραγγα Κνημίδας	5.000,00	II	Α	65	70	676,00	21,46	25,33	27,02	33,23
			III _Α	Β	45	50	309,64	28,33	33,42	36,49	44,89
			III _Β	Β	40	45	1606,45	29,59	34,91	38,12	46,89
			III _Γ	Β	35	40	1715,91	30,98	36,56	39,91	49,09
			IV _Α	Γ	30	35	401,80	35,54	41,93	46,11	56,71
			IV _Β	Γ	25	30	65,36	36,96	43,62	47,96	58,99
			IV _Γ	Γ	20	25	511,95	41,02	48,41	53,23	65,47
V	Δ	15	20	72,00	64,53	76,15	83,74	103,00			

*οι τιμές περιλαμβάνουν Ο.Ε. & Γ.Ε. (18%)

ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ ΕΚΕΚΑΦΗΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΩΡΙΝΗΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΟΔΙΚΩΝ ΣΗΡΑΓΓΩΝ

Πίνακας_4.22.β: Συγκεντρωτικός πίνακας ανάλυσης κόστους ανά κυβικό μέτρο (€/m³) διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης στις 5 υπό μελέτη σήραγγες (χωρίς το Ο.Ε. & Γ.Ε. και Φ.Π.Α.)

α/α	Ονομασία Σήραγγας	Μήκος Σήραγγας (m)	Τυπικές διατομές Σηραγγολογικές ενότητες	Κατηγορία διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης	GSI	RMR ₈₉	Μήκος εφαρμογής (m)	Κόστος ανά m ³ (χωρίς Φ.Π.Α.)	Αναθεωρημένο Κόστος ανά m ³ (χωρίς Φ.Π.Α.)
1	Σήραγγα Ραψοματίη	1.405,50	IIα	B	35	40	570,00	28,85	51,25
			IIβ	Γ	25	30	300,00	30,00	51,81
			IIγ	Γ	20	25	300,00	30,44	53,58
			IIIα	Δ	15	20	34,00	38,25	69,84
2	Σήραγγα Αγίου Ηλίου	644,00	Εβαπορίτες	Δ	15	15	153,00	86,69	100,90
			Δ1	Ε	0	5	140,00	103,77	124,50
			Δ5	Ε	0	5	153,00	112,32	189,99
			Δ6	Ε	0	5		105,60	172,29
3	Σήραγγα Αγία Κυριάκης	1.030,00	II	B	55	60	61,00	61,19	77,03
			III	Γ	35	55	741,00	61,48	79,20
			IV	Γ	25	45	237,00	54,19	70,32
4	Σήραγγα Κακιάς Σκόλας ΔΣ1Δ	843,53	ΔΑ (ΛΕΑ) _{3Α}	Γ	30	35	8,740	45,47	56,25
			ΔΑ (ΛΕΑ) _{3Β}	Γ	25	30	475,60	67,97	83,86
			ΔΑ (ΛΕΑ) _{4Α}	Δ	15	20	150,58	97,97	114,46
5	Σήραγγα Κνημίδας	5.000,00	II	A	55	70	676,00	18,19	22,90
			III _A	B	35	50	309,64	24,01	30,92
			III _B	B	35	45	1606,45	25,08	32,31
			III _Γ	B	35	40	1715,91	26,25	33,82
			IV _A	Γ	25	35	401,80	30,12	39,08
			IV _B	Γ	25	30	65,36	31,32	40,64
			IV _Γ	Γ	25	25	511,95	34,76	45,11
V	Δ	15	20	72,00	54,69	70,97			

*οι τιμές **δεν** περιλαμβάνουν Ο.Ε. & Γ.Ε. (18%)

Πίνακας_4.23.α: Συγκεντρωτικός πίνακας ανάλυσης κόστους ανά μέτρο μήκους (€/μ.μ.) διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης ανά κατηγορία διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης στις 5 υπό μελέτη σήραγγες

α/α	Ονομασία Σήραγγας	Μήκος Σήραγγας (m)	Τυπικές διατομές Σηραγγολογικές ενότητες	Κατηγορία διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης	GSI	RMR ₈₉	Μήκος εφαρμογής (m)	Κόστος ανά μ.μ. (χωρίς Φ.Π.Α.)	Κόστος ανά μ.μ. (με Φ.Π.Α.=18%)	Αναθεωρημένο Κόστος ανά μ.μ. (χωρίς Φ.Π.Α.)	Αναθεωρημένο Κόστος ανά μ.μ. (με Φ.Π.Α.=23%)
1	Σήραγγα Ραψομμάτη	1.405,50	IIα	B	35	40	570,00	3.389,51	4.802,74	6.025,25	7.200,00
			IIβ	Γ	25	30	300,00	3.667,84	5.239,63	6.391,95	7.637,84
			IIγ	Γ	20	25	300,00	3.942,84	5.586,79	6.945,81	8.299,66
			IIIα	Δ	15	20	34,00	5.586,79	6.481,17	8.352,29	10.273,32
2	Σήραγγα Αγίου Ηλίου	644,00	Εβαπορίτες	Δ	10	15	153,00	13.102,26	18.891,39	14.448,58	17.264,83
			Δ1	Ε	0	5	140,00	15.030,48	21.671,58	18.033,79	21.548,87
			Δ5	Ε	0	5	153,00	17.578,79	24.163,53	28.346,08	33.871,16
			Δ6	Ε	0	5		15.753,16	22.717,85	25.705,09	30.715,40
3	Σήραγγα Αγίας Κυριακής	1.030,00	II	B	55	60	61,00	8.862,26	10.481,07	11.191,65	13.765,73
			III	Γ	50	55	741,00	8.923,09	10.529,25	11.510,79	14.158,27
			IV	Γ	35	45	237,00	7.865,92	9.281,78	10.225,69	12.577,60
4	Σήραγγα Κακίας Σκάλας ΑΣ1Δ	843,53	ΔΑ (ΔΕΑ) _{3Α}	Γ	30	35	8,740	10.723,85	15.197,62	13.265,90	15.851,63
			ΔΑ (ΔΕΑ) _{3Β}	Γ	25	30	475,60	16.304,10	22.778,78	20.112,96	24.033,28
			ΔΑ (ΔΕΑ) _{4Α}	Δ	15	20	150,58	24.341,74	34.008,33	28.439,05	33.982,25
5	Σήραγγα Κνημίδας	5.000,00	II	Α	65	70	676,00	4.292,84	5.065,55	5.403,74	6.646,60
			III _Α	B	45	50	309,64	5.665,12	6.686,02	7.298,68	8.977,38
			III _Β	B	40	45	1606,45	5.917,70	6.982,89	7.624,01	9.377,53
			III _Γ	B	35	40	1715,91	6.196,18	7.311,49	7.982,75	9.818,83
			IV _Α	Γ	30	35	401,80	7.107,14	8.386,43	9.221,87	11.342,90
			IV _Β	Γ	25	30	65,36	7.392,70	8.723,39	9.592,40	11.798,65
			IV _Γ	Γ	20	25	511,95	8.204,54	9.681,36	10.645,81	13.094,35
V	Δ	15	20	72,00	12.906,84	15.230,07	16.747,28	20.599,79			
								*οι τιμές περιλαμβάνουν Ο.Ε. & Γ.Ε. (18%)			

ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ ΕΚΣΚΑΦΗΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΩΡΙΝΗΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΟΔΙΚΩΝ ΣΗΡΑΓΓΩΝ

Πίνακας_4.23.β: Συγκεντρωτικός πίνακας ανάλυσης κόστους ανά μέτρο μήκους (€/μ.μ.) διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης ανά κατηγορία διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης στις 5 υπό μελέτη σήραγγες (χωρίς το Ο.Ε. & Γ.Ε. και Φ.Π.Α.)

α/α	Ονομασία Σήραγγας	Μήκος Σήραγγας (m)	Τυπικές διατομές Σηραγγολογικές ενότητες	Κατηγορία διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης	GSI	RMR ₈₉	Μήκος εφαρμογής (m)	Κόστος ανά μ.μ. (χωρίς Φ.Π.Α.)	Αναθεωρημένο Κόστος ανά μ.μ. (χωρίς Φ.Π.Α.)
1	Σήραγγα Ραψομμάτη	1.405,50	IIα	B	35	40	570,00	2.872,47	5.106,14
			IIβ	Γ	25	30	300,00	3.108,34	5.416,91
			IIγ	Γ	20	25	300,00	3.341,39	5.886,28
			IIIα	Δ	15	20	34,00	4.734,57	7.078,21
2	Σήραγγα Αγίου Ηλίας	644,00	Εβαπορίτες	Δ	15	15	153,00	11.103,61	12.244,56
			Δ1	E	0	5	140,00	12.737,69	15.282,87
			Δ5	E	0	5	153,00	14.897,28	24.022,10
			Δ6	E	0	5		13.350,14	21.783,97
3	Σήραγγα Αγίας Κυριάκης	1.030,00	II	B	55	60	61,00	7.510,39	9.484,45
			III	Γ	35	55	741,00	7.561,94	9.754,90
			IV	Γ	25	45	237,00	6.666,03	8.665,84
4	Σήραγγα Κακιάς Σκάλας ΑΣ1Δ	843,53	ΔΑ (ΛΕΑ) _{3Α}	Γ	30	35	8,740	9.088,01	11.242,29
			ΔΑ (ΛΕΑ) _{3Β}	Γ	25	30	475,60	13.817,03	17.044,88
			ΔΑ (ΛΕΑ) _{4Α}	Δ	15	20	150,58	20.628,59	24.100,89
5	Σήραγγα Κνημίδας	5.000,00	II	A	55	70	676,00	3.638,00	4.292,84
			III _A	B	35	50	309,64	4.800,95	5.665,18
			III _B	B	35	45	1606,45	5.010,76	5.917,70
			III _Γ	B	35	40	1715,91	5.251,00	6.196,18
			IV _A	Γ	25	35	401,80	6.023,00	8.408,36
			IV _B	Γ	25	30	65,36	6.265,00	8.129,15
			IV _Γ	Γ	25	25	511,95	6.953,00	9.021,64
V	Δ	15	20	72,00	10.938,00	14.192,50			

*οι τιμές δεν περιλαμβάνουν Ο.Ε. & Γ.Ε. (18%)

Από τους Πίνακες 4.22.α & 4.22.β βγαίνει το συμπέρασμα ότι καθώς κινούμαστε από πτωχή σε καλή ποιότητα βραχόμαζα το κόστος ανά κυβικό μέτρο (€/m³) μειώνεται κάτι το οποίο συμβαίνει και στο κόστος ανά μέτρο μήκους (€/μ.μ.) (Πίνακες 4.23.α & 4.23.β).

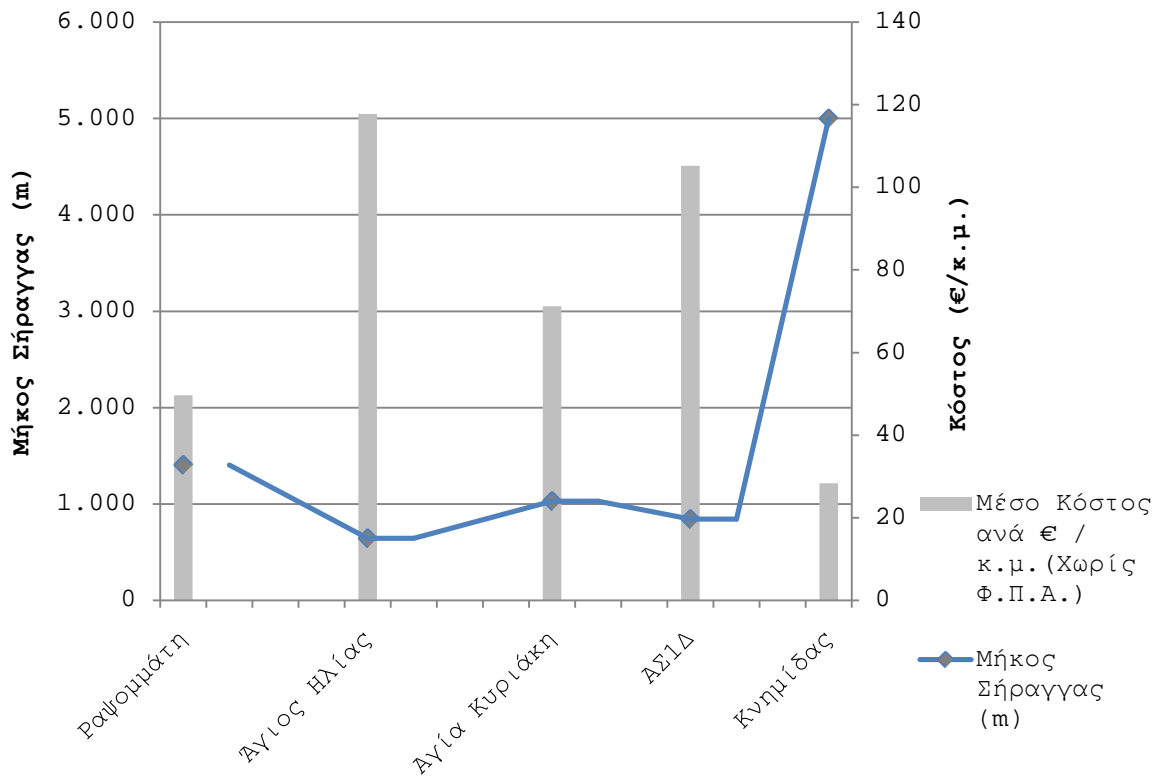
Για παράδειγμα, για τη σήραγγα του Ραψοματάη για κατηγορία διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης Γ με GSI = 25 το Αναθεωρημένο κόστος διάνοιξης ανέρχεται στα 61,14€/m³, ενώ για την κατηγορία Δ με GSI = 15 το Αναθεωρημένο κόστος ανέρχεται στα 82,41€/m³ (Πίνακας 4.22.α). Αντιστοίχα για το κόστος ανά μέτρο μήκους (€/μ.μ.) για την ίδια σήραγγα και την κατηγορία Γ με GSI = 25 το Αναθεωρημένο κόστος διάνοιξης ανέρχεται στα 6.391,95€/μ.μ., ενώ για την κατηγορία Δ με GSI = 15 το Αναθεωρημένο κόστος ανέρχεται στα 82,41€/μ.μ.(Πίνακας 4.23.α). Παρατηρείται λοιπόν, το ίδιο φαινόμενο μείωσης του κόστους διάνοιξης από χειρότερη κατηγορία βραχόμαζας σε καλύτερη (από την κατηγορία Δ στη Γ) και στις δύο περιπτώσεις (ανά κυβικό και ανά μέτρο μήκους).

4.4.1_Συσχέτιση Μήκους Σήραγγας με Μέσο Κόστος Διάνοιξης (Εκσκαφής & Προσωρινής Υποστήριξης)

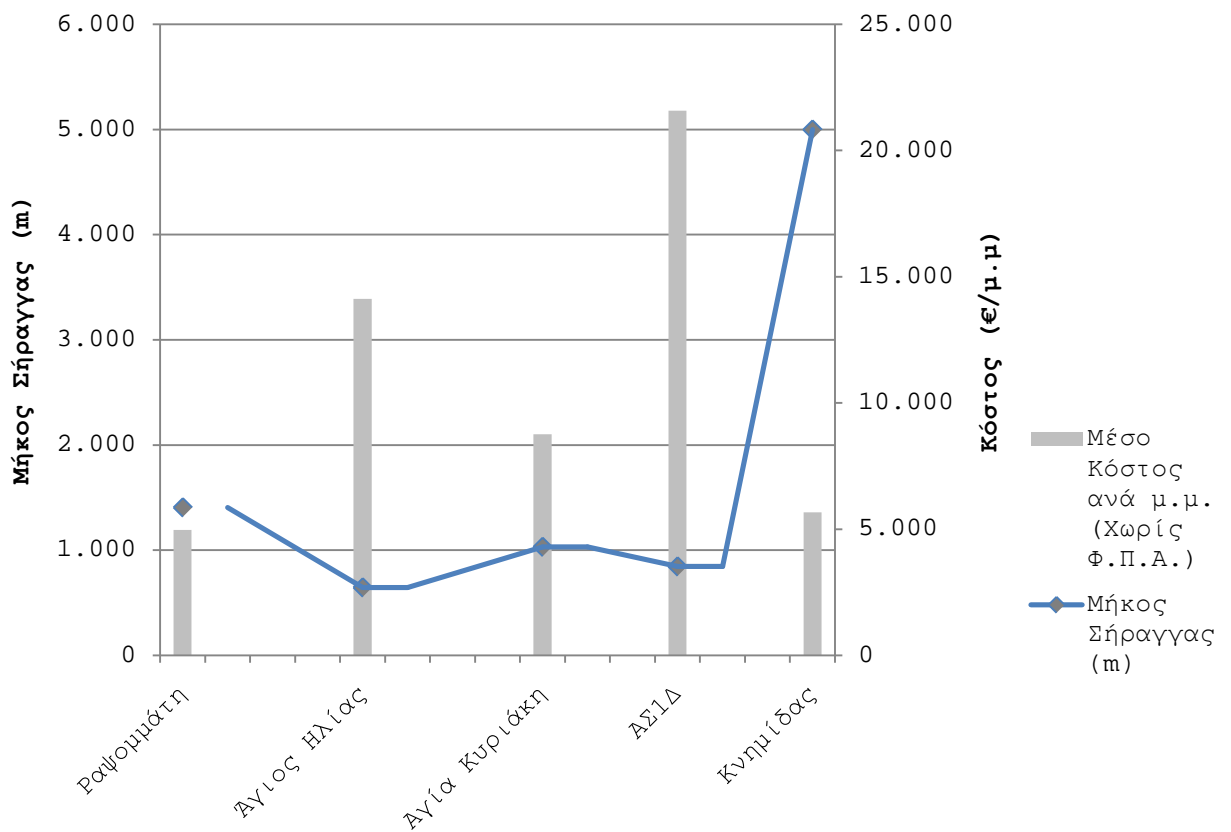
Στον Πίνακα 4.24 παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά κάθε σήραγγας, όπως επίσης και τα κόστη κατά μέσον όρο ανά κυβικό μέτρο (Σχήμα 4.12) και ανά μέτρο μήκους (Σχήμα 4.13). Τα κόστη που αναγράφονται στον Πίνακα 4.24 και στα Σχήματα 4.12 & 4.13 είναι τα Αναθεωρημένα Κόστη που προέκυψαν από την ανάλυση στην παράγραφο 4.3.

Πίνακας 4.24: Μέσο Κόστος εκσκαφής και προσωρινής υποστήριξης ανά κατηγορία ανά κυβικό μέτρο (€/m³) και ανά μέτρο μήκους (€/μ.μ.) για κάθε υπό μελέτη σήραγγα

Ονομασία Σήραγγας	Μήκος Σήραγγας (m)	Διατομή Εκσκαφής (m ²)	Ποσοστό διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης στο συνολικό κόστος κατασκευής (%)	Μέσο Κόστος ανά μ.μ. (Χωρίς Ο.Ε & Γ.Ε., χωρίς Φ.Π.Α.)	Μέσο Κόστος ανά μ.μ. (Χωρίς Φ.Π.Α.)	Μέσο Κόστος ανά m ³ (Χωρίς Ο.Ε & Γ.Ε., χωρίς Φ.Π.Α.)	Μέσο Κόστος ανά m ³ (Χωρίς Φ.Π.Α.)
Ραψοματάη	1.406	100	0,580	4.208,84	4.966,43	42,09	49,66
Άγιος Ηλίας	644	120	0,590	11.972,63	14.127,70	99,77	117,73
Άγια Κυριάκη	1.030	123	0,600	7.419,82	8.755,39	60,32	71,18
ΑΣ1Δ	844	205	0,600	18.281,20	21.571,82	89,18	105,23
Κνημίδας	5.000	200	0,598	4.802,96	5.667,49	24,01	28,34



Σχήμα_4.12: Συσχέτιση κόστους ανά κυβικό μέτρο (€/m³) και μήκους Σήραγγας (μετά του Ο.Ε. & Γ.Ε. χωρίς Φ.Π.Α.)



Σχήμα_4.13: Συσχέτιση κόστους ανά μέτρο μήκους (€/μ.μ.) και μήκους Σήραγγας (μετά του Ο.Ε. & Γ.Ε. χωρίς Φ.Π.Α.)

Όπως φαίνεται και από τα Σχήματα 4.1 & 4.13 δεν μπορούν να προκύψει κάποιος κανόνας που να συσχετίζει το μήκος της σήραγγας και το κόστος διάνοιξης, το οποίο σημαίνει ότι χρειάζονται περισσότερα στοιχεία ώστε να εκλείψουν σημεία αβεβαιότητας. Επιπλέον, η πλειοψηφία των ελληνικών οδικών σηράγγων είναι μικρού έως μεσαίου μήκους, συνεπώς το μήκος δεν μπορεί να θεωρηθεί κύριος παράγοντας διαμόρφωσης του κόστους διάνοιξης. Γενικά όμως, επικρατεί η τάση να κατασκευάζονται μεγάλου μήκους σήραγγες όταν το κόστος εκσκαφής και προσωρινής υποστήριξης είναι σχετικά μικρό εξαιτίας της καλής ποιότητας της βραχώμαζας.

Το χαμηλό κόστος εκσκαφής και άμεσης αντιστήριξης εννοεί τα διάνοιξη μεγάλου μήκους σηράγγων.

4.4.2_Συχέτιση Κόστους ανά Κατηγορία Διάνοιξης και Προσωρινής Υποστήριξης

Στην παράγραφο αυτή έγινε υπολογισμός του κόστους ανά κατηγορία διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης για τις 5 υπό μελέτη σήραγγες όπως αυτές περιγράφηκαν στην παράγραφο_4.2.1.

Στους Πίνακες_4.25 & 4.26 παρουσιάζεται το κόστος ανά κατηγορία διάνοιξης σε κυβικό μέτρο και μέτρο μήκους αντίστοιχα.

Πίνακας_4.25: Κόστος ανά κυβικό μέτρο (€/m³) διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης ανά κατηγορία διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης στις 5 υπό μελέτη σήραγγες

Κατηγορία διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης	Σήραγγα (m)	Τυπική διατομή	Μήκος εφαρμογής τυπικής διατομής (m)	Κόστος ανά m ³ (χωρίς Φ.Π.Α.)	Κόστος ανά m ³ (με Φ.Π.Α.=18%)	Αναθεωρημένο Κόστος ανά m ³ (χωρίς Φ.Π.Α.)	Αναθεωρημένο Κόστος ανά m ³ (με Φ.Π.Α.=23%)
A (GSI=55-100)	Κνημίδα (5.000)	II	676,00	21,46	25,33	27,02	33,23
			Μέσο Κόστος € ανά κ.μ Κατηγορίας A			21,46	25,33
B (GSI=35-55)	Ραψομάτη (1.405,5)	IIα	570,00	34,04	34,04	34,04	34,04
		II	61,00	72,21	85,21	90,90	11,81
	Κνημίδα (5.000)	III _α	309,64	28,33	33,42	36,49	44,89
		III _β	1606,45	29,59	34,91	38,12	46,89
		III _γ	1715,91	30,98	36,56	39,91	49,09
Μέσο Κόστος € ανά κ.μ Κατηγορίας B			39,03	44,83	47,89	37,34	
Γ (GSI=15-35)	Ραψομάτη (1.405,5)	IIβ	300,00	35,40	50,16	61,14	73,06
		IIγ	300,00	35,92	50,89	63,22	75,54
	Αγία Κυριακή (1.030)	III	741,00	72,55	85,60	93,46	114,96
		IV	237,00	63,95	75,46	82,98	102,06
	Σήραγγα Κακιάς Σκάλας ΔΣ1 _α	ΔΑ (ΔΕΑ) 3 _α	8,740	53,65	76,04	66,37	79,31
		ΔΑ (ΔΕΑ) 3 _β	475,60	80,21	112,07	98,95	118,24
	Κνημίδα (5.000)	IV _α	401,80	35,54	41,93	46,11	56,71
		IV _β	65,36	36,96	43,62	47,96	58,99
		IV _γ	511,95	41,02	48,41	53,23	65,47
	Μέσο Κόστος € ανά κ.μ Κατηγορίας Γ			50,58	64,91	68,16	82,70
Δ (GSI<15)	Ραψομάτη (1.405,5)	IIIα	34,00	45,13	63,95	82,41	98,47
		Εβαπορίτες	153,00	102,30	147,50	112,81	134,80
	Σήραγγα Κακιάς Σκάλας ΔΣ1 _α (843,53)	ΔΑ (ΔΕΑ) 4 _α	150,58	115,60	161,51	135,06	161,39
		Κνημίδα (5.000)	72,00	64,53	76,15	83,74	103,00
Μέσο Κόστος € ανά κ.μ Κατηγορίας Δ			81,89	112,28	103,51	124,42	
Ε (GSI<15-Εδαφικός σχηματισμός)	Αγίου Ηλίας (644)	Δ1	140,00	122,45	176,55	146,91	175,55
		Δ5	153,00	132,54	191,11	224,19	267,88
		Δ6		124,61	179,67	203,30	242,92
Μέσο Κόστος € ανά κ.μ Κατηγορίας Ε			126,53	182,44	191,47	228,78	
<i>*οι τιμές περιλαμβάνουν Ο.Ε. & Γ.Ε. (18%)</i>							

Πίνακας_4.26: Κόστος ανά μέτρο μήκους (€/μ.μ.) διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης ανά κατηγορία διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης στις 5 υπό μελέτη σήραγγες

Κατηγορία διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης	Σήραγγα (m)	Τυπική διατομή	Μήκος εφαρμογής τυπικής διατομής (m)	Κόστος ανά μ.μ. (χωρίς Φ.Π.Α.)	Κόστος ανά μ.μ. (με Φ.Π.Α.=18%)	Αναθεωρημένο Κόστος ανά μ.μ. (χωρίς Φ.Π.Α.)	Αναθεωρημένο Κόστος ανά μ.μ. (με Φ.Π.Α.=23%)				
Α (GSI=55-100)	Κνημίδα (5.000)	II	676,00	4.292,84	5.065,55	5.403,74	6.646,60				
			Μέσο Κόστος € ανά μ.μ Κατηγορίας Α				4.292,84	5.065,55	5.403,74	6.646,60	
Β (GSI=35-60)	Ραψομιάτη (1.405,5)	IIα	570,00	3.389,51	4.802,74	6.025,25	7.200,00				
			Αγία Κυριακή (1.030)	II	61,00	8.923,09	10.481,07	11.191,65	13.765,73		
					Κνημίδα (5.000)	III _A	309,64	5.665,12	6.686,02	7.298,68	8.977,38
						III _B	1606,45	5.917,70	6.982,89	7.624,01	9.377,53
						III _Γ	1715,91	6.196,18	7.311,49	7.982,75	9.818,83
Μέσο Κόστος € ανά μ.μ Κατηγορίας Β				6.018,32	7.252,84	8.024,47	9.827,89				
Γ (GSI=35-55)	Ραψομιάτη (1.405,5)	IIβ	300,00	3.667,84	5.239,63	6.391,95	7.637,84				
			IIγ	300,00	3.942,84	5.586,79	6.945,81	8.299,66			
		Αγία Κυριακή (1.030)	IV	741,00	8.923,09	10.529,25	11.510,79	14.158,27			
				237,00	7.865,92	9.281,78	10.225,69	12.577,60			
	Σήραγγα Κακιάς Σκάλας ΑΕ1 _Δ (843,53)	ΔΑ (ΛΕΑ) _{3Α}	8,740	10.723,85	15.197,62	13.265,90	15.851,63				
		ΔΑ (ΛΕΑ) _{3Β}	475,60	16.304,10	22.778,78	20.112,96	24.033,28				
	Κνημίδα (5.000)	IV _Α	IV _Β	401,80	7.107,14	8.386,43	9.221,87	11.342,90			
				65,36	7.392,70	8.723,39	9.592,40	11.798,65			
		IV _Γ	511,95	8.204,54	9.681,36	10.645,81	13.094,35				
			Μέσο Κόστος € ανά μ.μ Κατηγορίας Γ				8.236,89	10.600,56	10.879,24	13.199,35	
Δ (GSI=15-35)	Αγίου Ηλίου (644)	Εβαπορίτες	IIIα	34,00	5.586,79	6.481,17	8.352,29	10.273,32			
			ΔΑ (ΛΕΑ) _{4Α}	150,58	24.341,74	34.008,33	28.439,05	33.982,25			
				Κνημίδα (5.000)	V	72,00	12.906,84	15.230,07	16.747,15	20.599,79	
						Μέσο Κόστος € ανά μ.μ Κατηγορίας Δ				14.711,26	18.652,74
Ε (GSI<15-Εδαφικός σχηματισμός)	Αγίου Ηλίου (644)	Δ1	140,00	15.030,48	21.671,58	18.033,79	21.548,87				
			Δ5	153,00	17.578,79	24.163,53	28.346,08	33.871,16			
					Δ6	15.753,16	22.717,85	25.705,09	30.715,40		
Μέσο Κόστος € ανά μ.μ Κατηγορίας Ε				16.120,81	22.850,99	24.028,32	28.711,81				

*οι τιμές περιλαμβάνουν Ο.Ε. & Γ.Ε. (18%)

Από τους Πίνακες_4.25 & 4.26 προκύπτει ότι η κατηγορία διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης Α με GSI = 55-100 χρειάζεται περαιτέρω διερεύνηση μιας και η ανάλυση που έγινε για την κατηγορία αυτή βασίστηκε σε 676m μήκους σήραγγας. Επομένως, για την κατηγορία Α που καλύπτει ένα μεγάλο εύρος χρειάζεται να υπάρξουν και άλλα στοιχεία από σήραγγες για να εξαχθούν πιο αντιπροσωπευτικά συμπεράσματα. Το ίδιο ισχύει και για τις κατηγορίες Δ και Ε με μήκος εφαρμογής 400m και 300m αντίστοιχα. Αντίθετα για τις κατηγορίες Β και Γ οι τιμές που προκύπτουν βασίστηκαν σε μήκος εφαρμογής 4,3km και 3,0km αντίστοιχα, από 3-4 σήραγγες. Έτσι, τα αποτελέσματα που προκύπτουν για τις δύο κατηγορίες είναι πιο αντιπροσωπευτικά. Είναι φανερό λοιπόν, ότι το **μήκος εφαρμογής** των κατηγοριών παίζει **καθοριστικό ρόλο** στην ανάλυση.

Στη συνέχεια, στους Πίνακες 4.27.α & 4.27.β παρουσιάζεται ο μέσος όρος του κόστους για κάθε κατηγορία διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης εκφρασμένος σε κυβικά μέτρα.

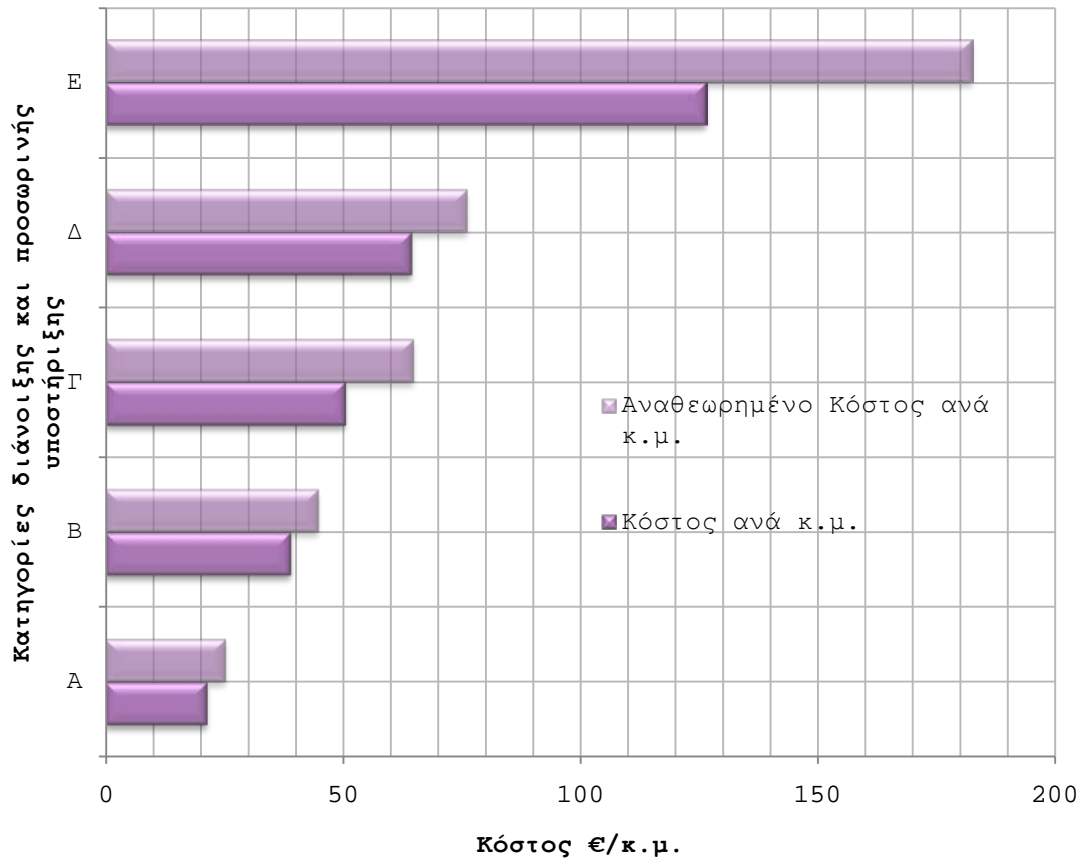
Μέσο Κόστος € ανά κ.μ ανά κατηγορία διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης	Κόστος ανά m ³ (χωρίς Φ.Π.Α.)	Αναθεωρημένο Κόστος ανά m ³ (χωρίς Φ.Π.Α.)
Κατηγορία Α	21	27
Κατηγορία Β	39	48
Κατηγορία Γ	51	68
Κατηγορία Δ	82	104
Κατηγορία Ε	127	191
<i>*οι τιμές περιλαμβάνουν Ο.Ε. & Γ.Ε. (18%)</i>		

Πίνακας_4.27.α: Μέσο Κόστος ανά κυβικό μέτρο (€/m³) διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης ανά κατηγορία διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης στις 5 υπό μελέτη σήραγγες

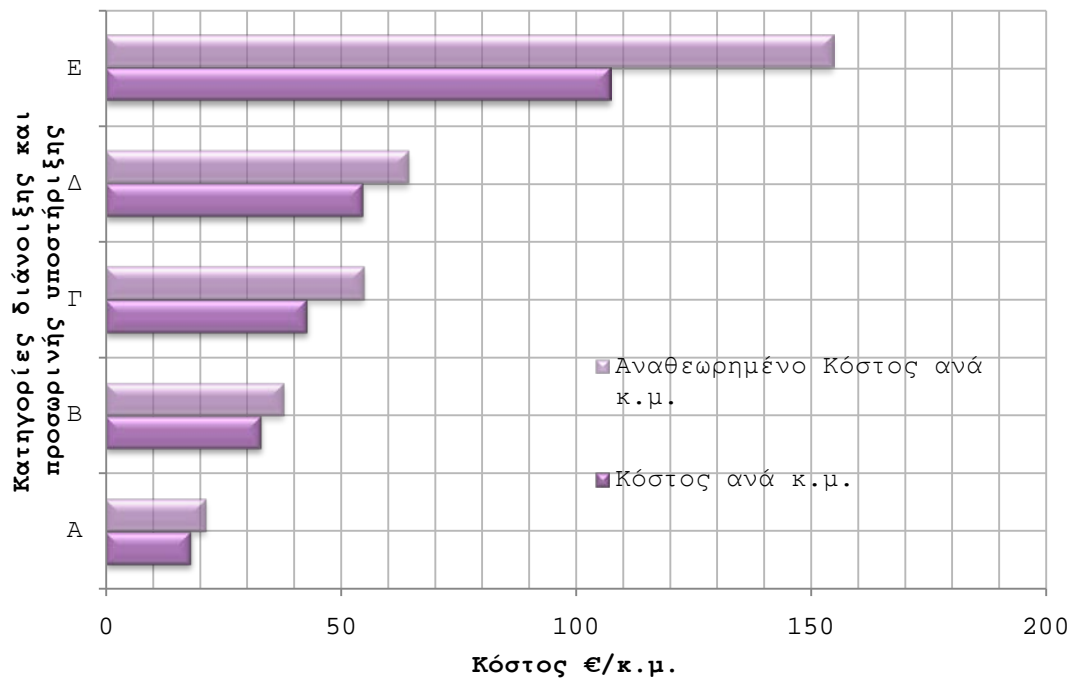
Μέσο Κόστος € ανά κ.μ ανά κατηγορία διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης	Κόστος ανά m ³ (χωρίς Φ.Π.Α.)	Αναθεωρημένο Κόστος ανά m ³ (χωρίς Φ.Π.Α.)
Κατηγορία Α	18	23
Κατηγορία Β	33	41
Κατηγορία Γ	43	58
Κατηγορία Δ	69	88
Κατηγορία Ε	107	162
<i>*οι τιμές δεν περιλαμβάνουν Ο.Ε. & Γ.Ε. (18%)</i>		

Πίνακας_4.27.β: Μέσο Κόστος ανά κυβικό μέτρο (€/m³) διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης ανά κατηγορία διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης στις 5 υπό μελέτη σήραγγες (χωρίς του Ο.Ε. & Γ.Ε. και Φ.Π.Α.)

Στα Σχήματα 4.14.α & 4.14.β παρουσιάζονται συγκριτικά τα κόστη ανά κυβικό μέτρο ανά κατηγορία διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης αναθεωρημένα και μη συμπεριλαμβάνοντας ή μη το εργολαβικό όφελος.



Σχήμα 4.14.α: Κόστος ανά κυβικό μέτρο (€/m³) ανά κατηγορία διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης (μετά του Ο.Ε. & Γ.Ε. χωρίς Φ.Π.Α.)



Σχήμα 4.14.β: Κόστος ανά κυβικό μέτρο (€/m³) ανά κατηγορία διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης (χωρίς του Ο.Ε. & Γ.Ε. και Φ.Π.Α.)

Στους Πίνακες_4.28.α & 4.28.β παρουσιάζεται ο μέσος όρος του κόστους για κάθε κατηγορία διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης εκφρασμένος σε μέτρα μήκους.

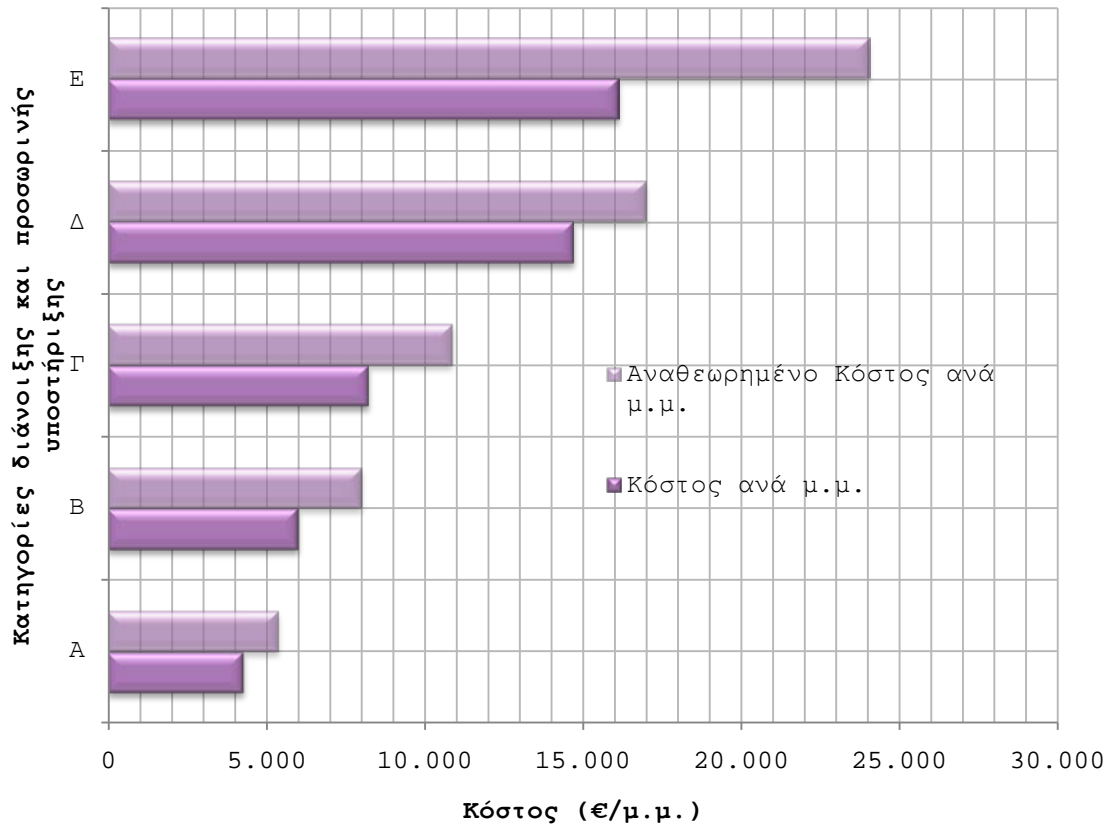
Πίνακας_4.28.α: Μέσο Κόστος ανά μέτρο μήκους (€/μ.μ.) διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης ανά κατηγορία διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης στις 5 υπό μελέτη σήραγγες

Μέσο Κόστος € ανά μ.μ ανά κατηγορία διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης	Κόστος ανά μ.μ. (χωρίς Φ.Π.Α.)	Αναθεωρημένο Κόστος ανά μ.μ. (χωρίς Φ.Π.Α.)
Κατηγορία Α	4.293	5.404
Κατηγορία Β	6.018	8.024
Κατηγορία Γ	8.237	10.879
Κατηγορία Δ	14.711	16.997
Κατηγορία Ε	16.121	24.028
<i>*οι τιμές περιλαμβάνουν Ο.Ε. & Γ.Ε. (18%)</i>		

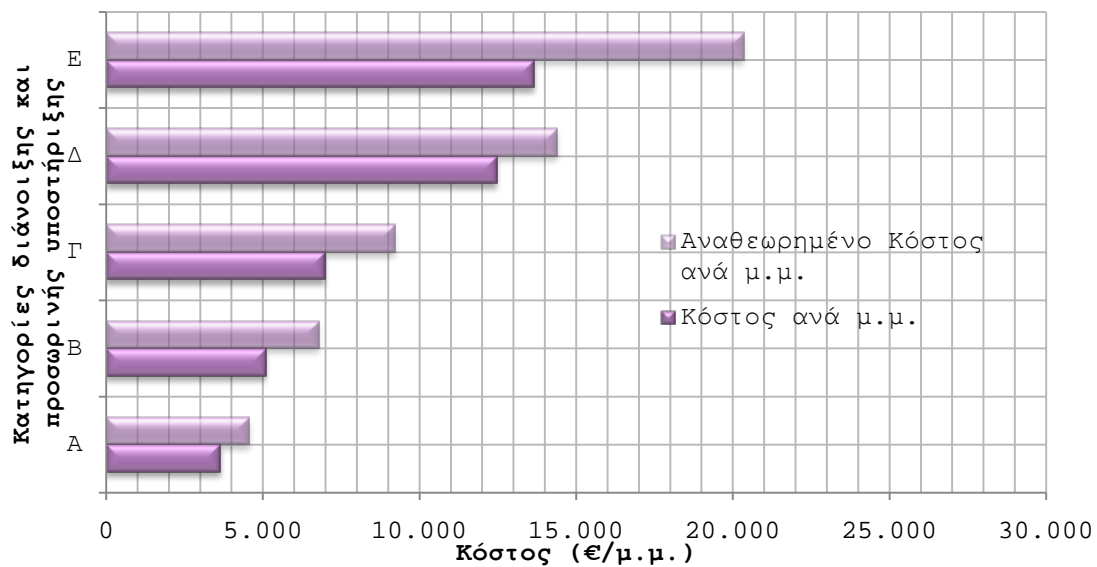
Πίνακας_4.28.β: Μέσο Κόστος ανά μέτρο μήκους (€/μ.μ.) διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης ανά κατηγορία διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης στις 5 υπό μελέτη σήραγγες (χωρίς του Ο.Ε. & Γ.Ε. και Φ.Π.Α.)

Μέσο Κόστος € ανά μ.μ ανά κατηγορία διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης	Κόστος ανά μ.μ. (χωρίς Φ.Π.Α.)	Αναθεωρημένο Κόστος ανά μ.μ. (χωρίς Φ.Π.Α.)
Κατηγορία Α	3.638	4.579
Κατηγορία Β	5.100	6.800
Κατηγορία Γ	6.980	9.220
Κατηγορία Δ	12.467	14.404
Κατηγορία Ε	13.662	20.363
<i>*οι τιμές δεν περιλαμβάνουν Ο.Ε. & Γ.Ε. (18%)</i>		

Στα Σχήματα_4.15.α & 4.15.β παρουσιάζονται συγκριτικά τα κόστη ανά μέτρο μήκους ανά κατηγορία διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης αναθεωρημένα και μη συμπεριλαμβάνοντας ή μη το εργολαβικό όφελος.



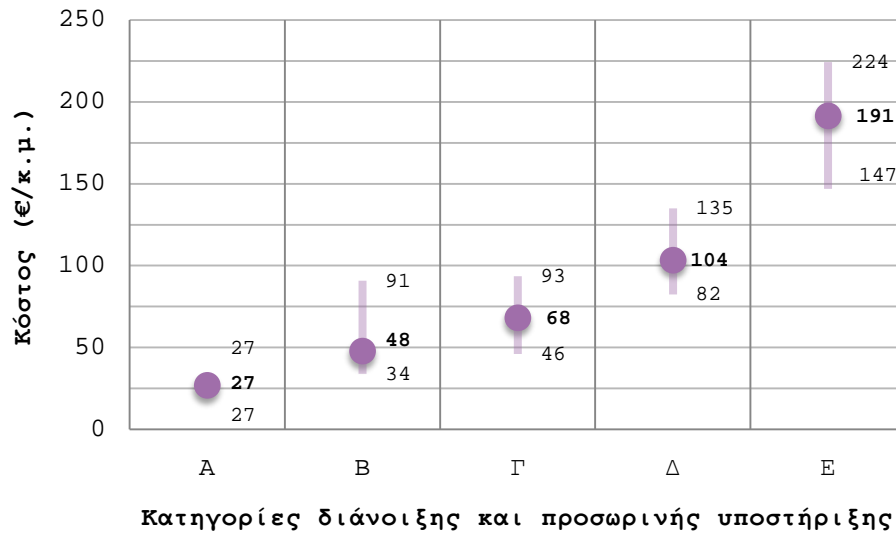
Σχήμα_4.15.α: Μέσο κόστος ανά μέτρο μήκους (€/μ.μ.) ανά κατηγορία διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης (μετά του Ο.Ε. & Γ.Ε. χωρίς Φ.Π.Α.)



Σχήμα_4.15.β: Μέσο Κόστος ανά μέτρο μήκους ανά κατηγορία διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης (χωρίς Ο.Ε. & Γ.Ε. και Φ.Π.Α.)

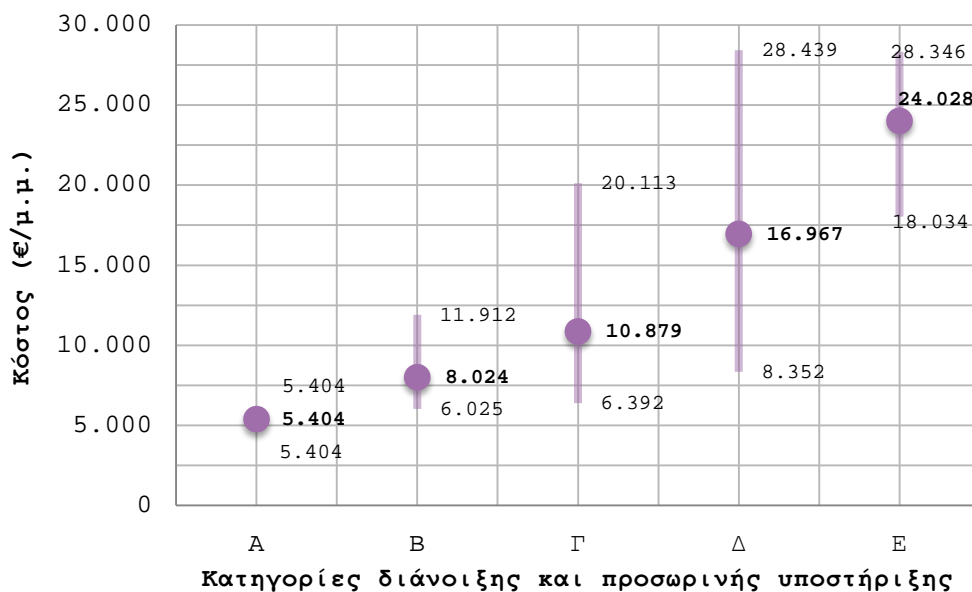
Στα Σχήματα 4.16 & 4.17 παρουσιάζεται το εύρος του Αναθεωρημένου κόστους σε κυβικά μέτρα (€/m³) και μέτρα μήκους διάνοιξης (€/μ.μ.) αντίστοιχα.

Όσον αφορά στο κόστος διάνοιξης ανά κυβικό μέτρο (€/m³) (Σχήμα 4.16) το εύρος κυμαίνεται περίπου στα 60 ευρώ περίπου, με εξαίρεση τις κατηγορίες Α και Ε.



Σχήμα 4.16: Εύρος αναθεωρημένου κόστους ανά κυβικό μέτρο (€/m³) ανά κατηγορία διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης (μετά του Ο.Ε. & Γ.Ε. χωρίς Φ.Π.Α.)

Όσον αφορά στο κόστος διάνοιξης ανά μέτρο μήκους (€/μ.μ.) (Σχήμα 4.17) το εύρος κυμαίνεται από 5.000 έως 20.000 ευρώ περίπου, με εξαίρεση την κατηγορία Α.



Σχήμα 4.17: Εύρος αναθεωρημένου κόστους ανά μέτρο μήκους (€/μ.μ.) ανά κατηγορία διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης (μετά του Ο.Ε. & Γ.Ε. χωρίς Φ.Π.Α.)

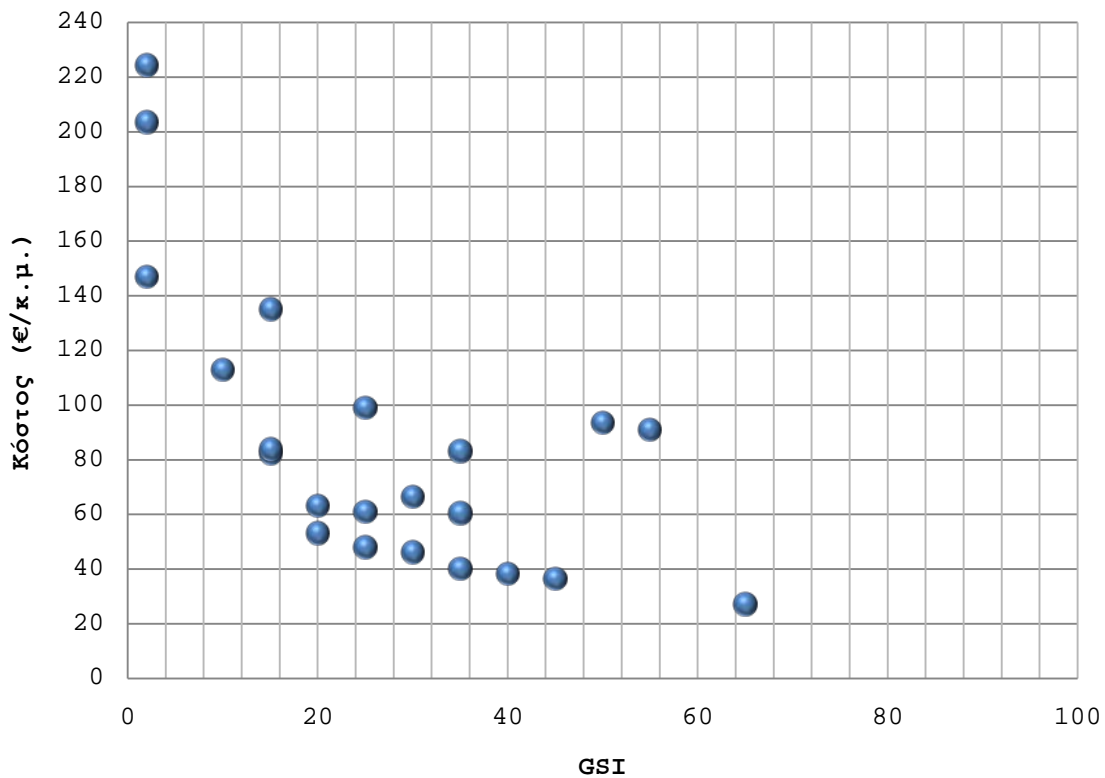
4.4.3_Συσχέτιση Κόστους και Βραχόμαζας - Γεωλογικών Συνθηκών

Η γεωτεχνική ταξινόμηση παίζει σπουδαίο ρόλο στον σχεδιασμό και την κατασκευή των υπογείων έργων και κατ' επέκταση στη διαμόρφωση του κόστους. Αυτή είναι που καθορίζει τη μέθοδο διάνοιξης και την επιλογή των μέτρων προσωρινής υποστήριξης. Συνεπώς, τα αποτελέσματα της γεωτεχνικής ταξινόμησης είναι αυτά που επηρεάζουν άμεσα τον κύκλο εργασιών και κατ' επέκταση την παραγωγικότητα των εργασιών μέχρι την ολοκλήρωση του έργου. Ο κανόνας λοιπόν, που διέπει τέτοιου είδους έργα είναι ότι αν επικρατεί καλής ποιότητας βραχόμαζα (πχ. κατηγορία Α) το κόστος θα είναι συγκριτικά μικρότερο σε σχέση με τις πτωχότερες κατηγορίες βραχόμαζας (πχ. κατηγορίες Δ και Ε), κάτι που αποδείχθηκε και στην παρούσα εργασία στην παράγραφο_4.4. Είναι φρόνιμο να ειπωθεί ότι η γεωτεχνική ταξινόμηση εξαρτάται από τη γεωτεχνική έρευνα η οποία συνοδεύεται άρρηκτα με τον παράγοντα της αβεβαιότητας, καταλαμβάνει μόλις το 1 -3 % του συνολικού προϋπολογισμού ενός υπογείου έργου, (USNC/TT, 1984) και επομένως μία κακή γεωτεχνική ταξινόμηση μπορεί να επιδράσει αρνητικά στη διαμόρφωση του κόστους του έργου και να επιφέρει ανεπιθύμητα αποτελέσματα.

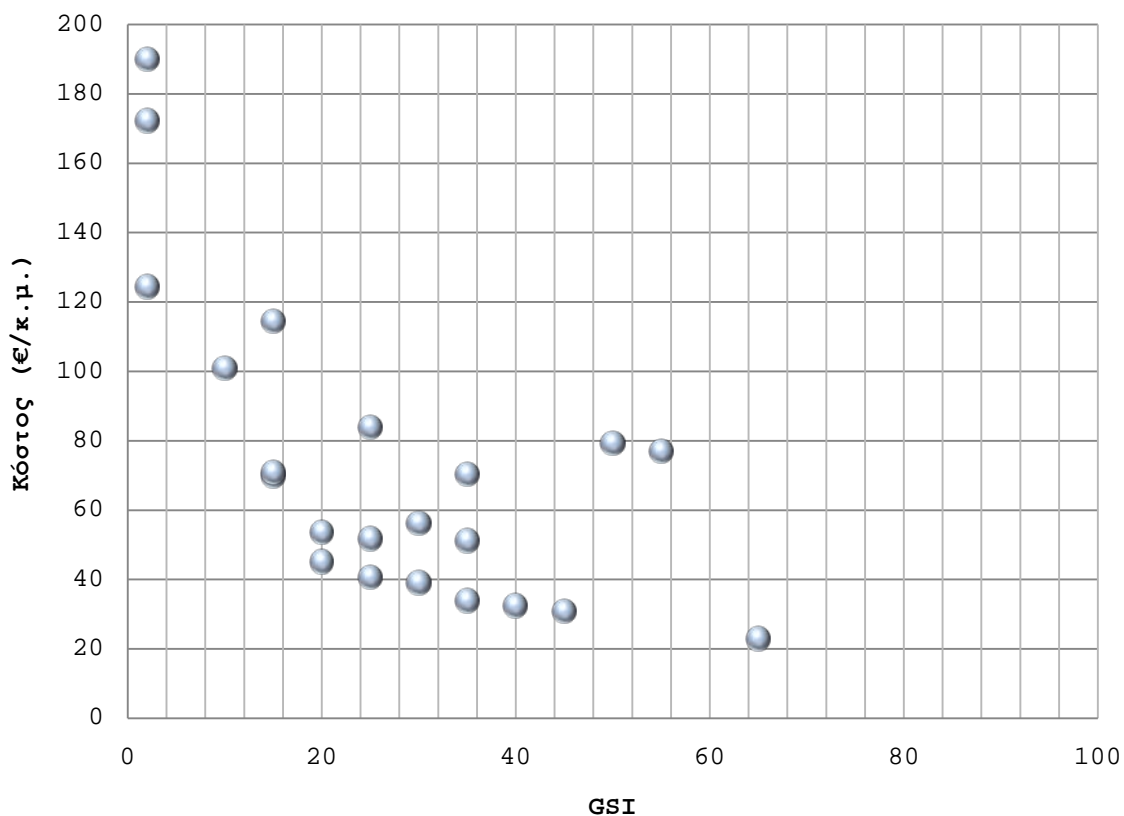
Μεγάλης σημασίας λοιπόν, αποτελεί η συσχέτιση της βραχόμαζας με το κόστος εκφρασμένο είτε ανά κυβικό μέτρο είτε ανά μετρό μήκους διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης. Η ανάλυση του κόστους διάνοιξης σε κυβικά μέτρα (€ /m³) δίνει πιο αντικειμενικά αποτελέσματα μιας και είναι ανεξάρτητη μεταβλητή σε αντίθεση με το κόστος εκφρασμένο σε μέτρα μήκους (€/μ.μ.) το οποίο εξαρτάται κάθε φορά από τη διατομή του προς διάνοιξη υπογείου έργου. Έτσι, για τούτο τον σκοπό χρησιμοποιήθηκαν οι δείκτες ταξινόμησης της βραχόμαζας GSI και RMR₈₉, οι οποίοι περιγράφηκαν αναλυτικά στις παραγράφους_2.4.1 & 4.2.1 και εξήχθησαν διαγράμματα συσχετίζοντας τους γεωλογικούς δείκτες με το κόστος διάνοιξης.

Στα Σχήματα_4.18 - 4.21 παρουσιάζονται ομαδοποιημένα τα κόστη που προέκυψαν από την ανάλυση των 5 υπό μελέτη σηράγγων. Τα διαγράμματα αυτά έχουν προκύψει από τους παραπάνω συγκεντρωτικούς Πίνακες_4.22 και 4.23.

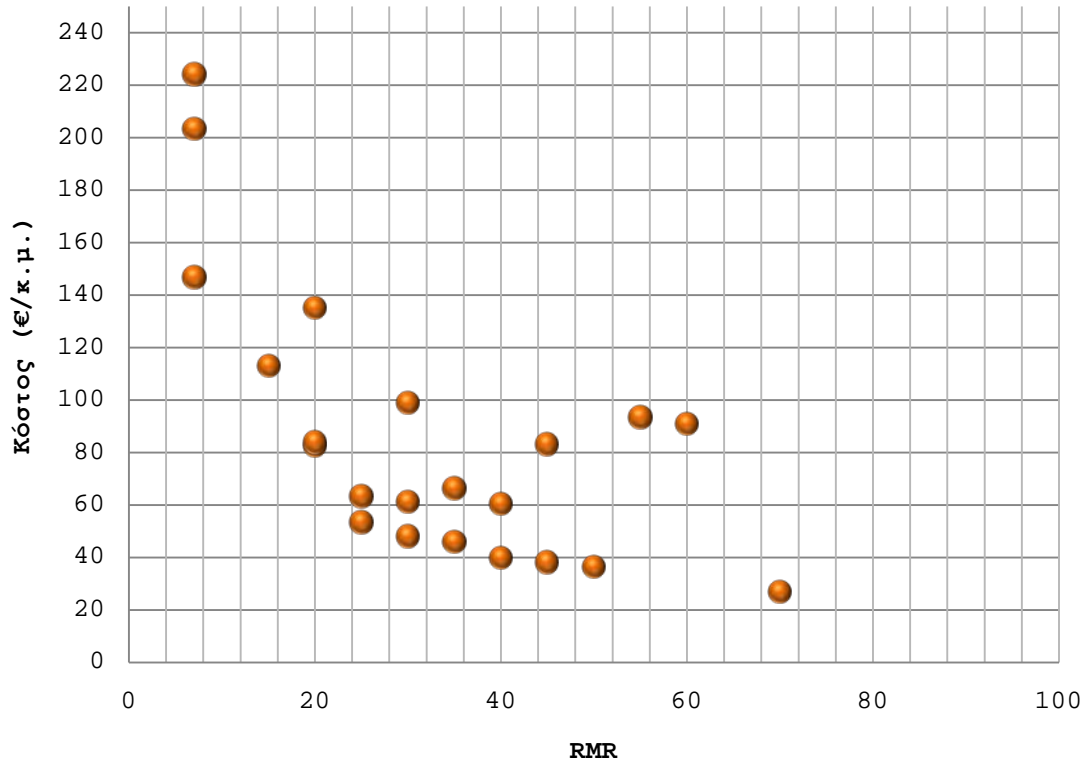
Όλα τα κόστη που αναφέρονται στα Σχήματα_4.18 έως 4.21 είναι τα Αναθεωρημένα κόστη (σημερινές τιμές εν έτη 2011) που προέκυψαν από την ανάλυση που έγινε στην παράγραφο_4.3.



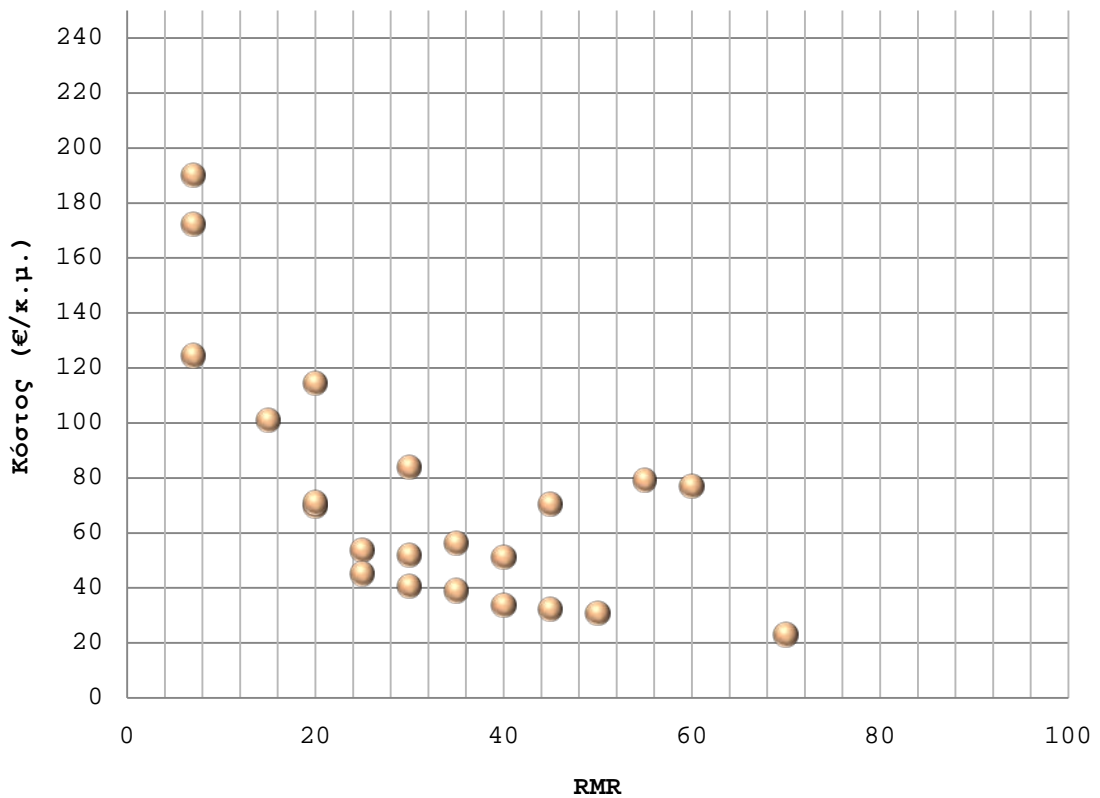
Σχήμα_4.18.α: Κόστος ανά κυβικό μέτρο (€/m³) - GSI (μετά του Ο.Ε. & Γ.Ε. χωρίς Φ.Π.Α.)



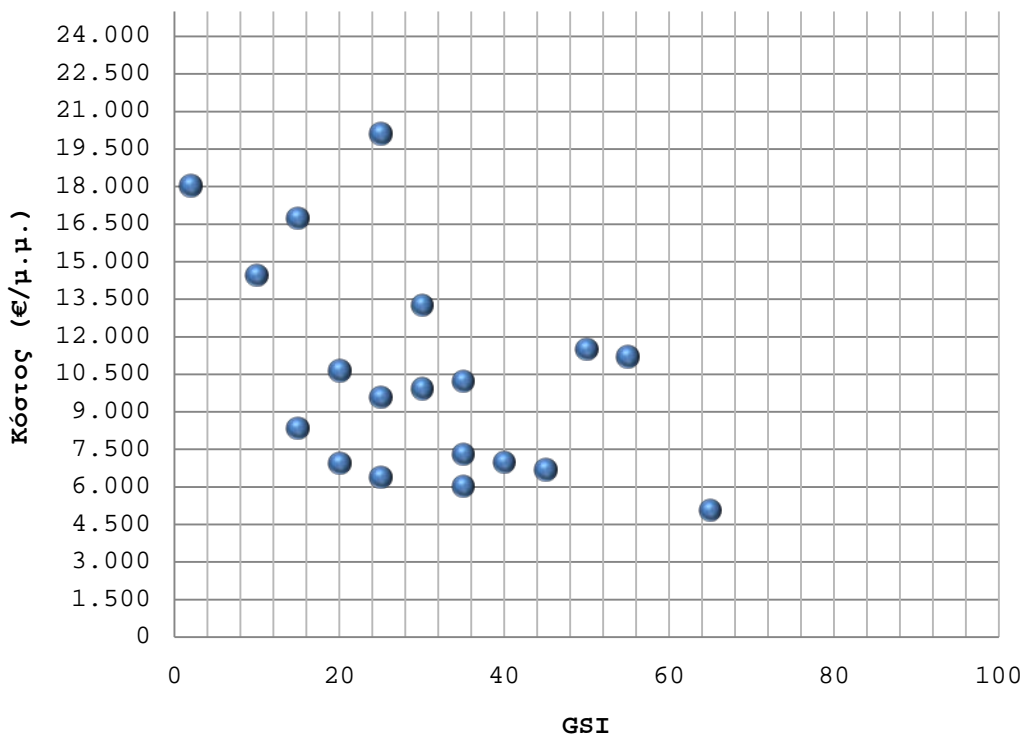
Σχήμα_4.18.β: Κόστος ανά κυβικό μέτρο (€/m³) - GSI (χωρίς Ο.Ε. & Γ.Ε. και Φ.Π.Α.)



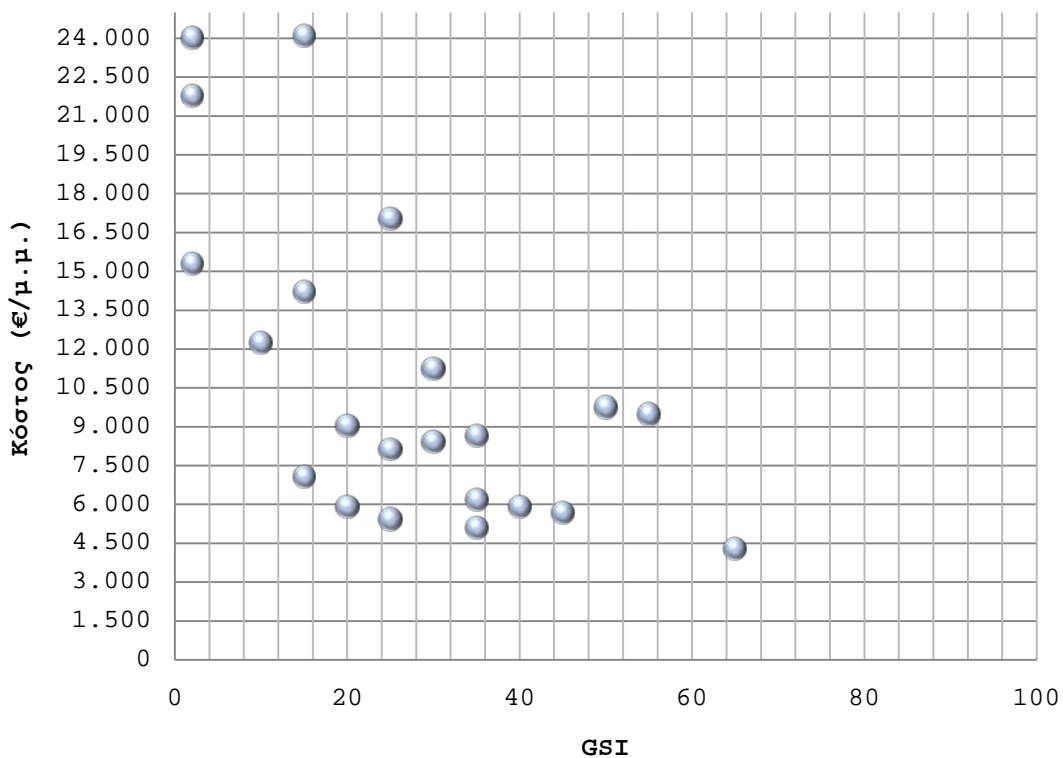
Σχήμα_4.19.α: Κόστος ανά κυβικό μέτρο (€/m³) - RMR (μετά του Ο.Ε. & Γ.Ε. χωρίς Φ.Π.Α.)



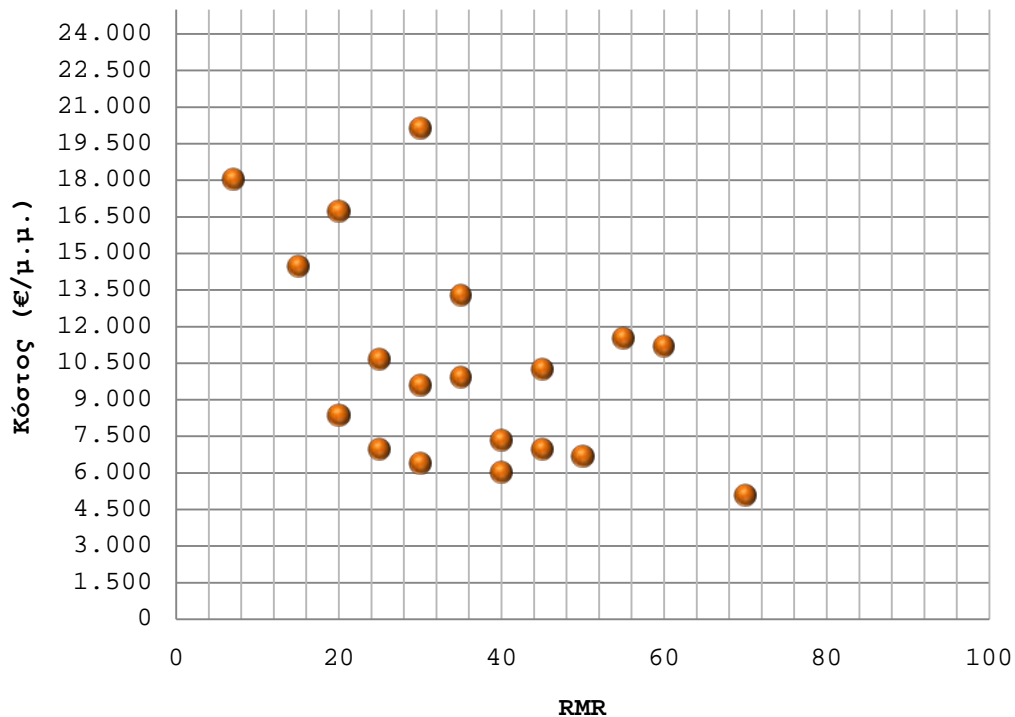
Σχήμα_4.19.β: Κόστος ανά κυβικό μέτρο (€/m³) - RMR (χωρίς Ο.Ε. & Γ.Ε. και Φ.Π.Α.)



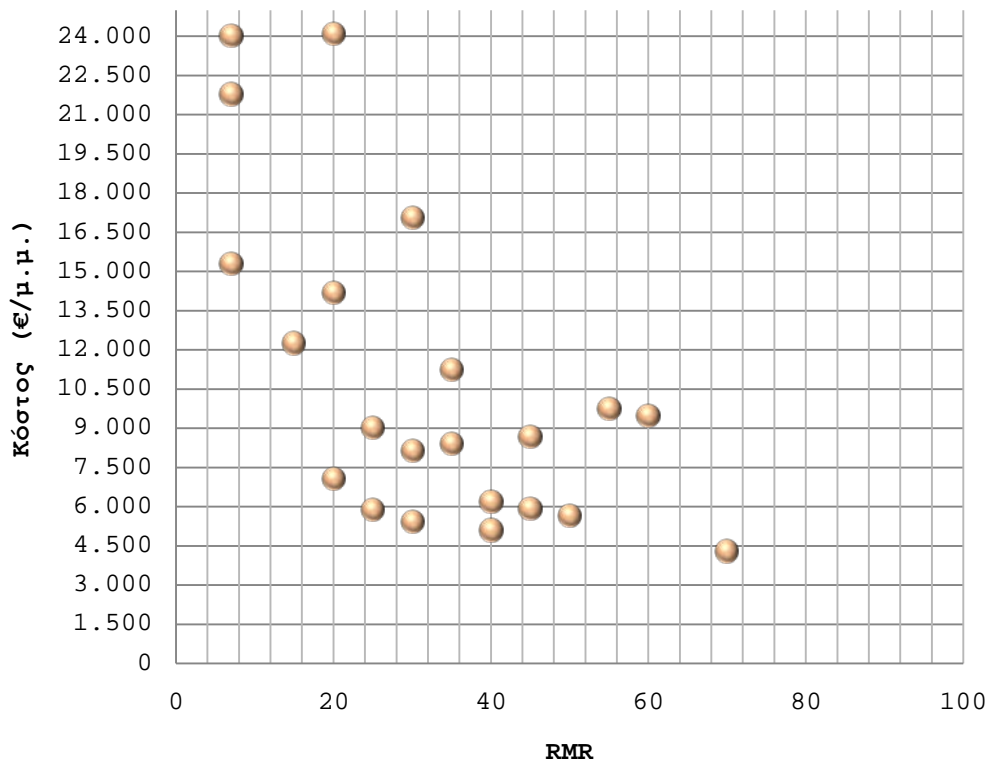
Σχήμα_4.20.α: Κόστος ανά μέτρο μήκους (€/μ.μ.) - GSI (μετά του Ο.Ε. & Γ.Ε. χωρίς Φ.Π.Α.)



Σχήμα_4.20.β: Κόστος ανά μέτρο μήκους (€/μ.μ.) - GSI (χωρίς Ο.Ε. & Γ.Ε. και Φ.Π.Α.)



Σχήμα_4.21.α: Κόστος ανά μέτρο μήκους (€/μ.μ.) - RMR (μετά του Ο.Ε. & Γ.Ε. χωρίς Φ.Π.Α.)

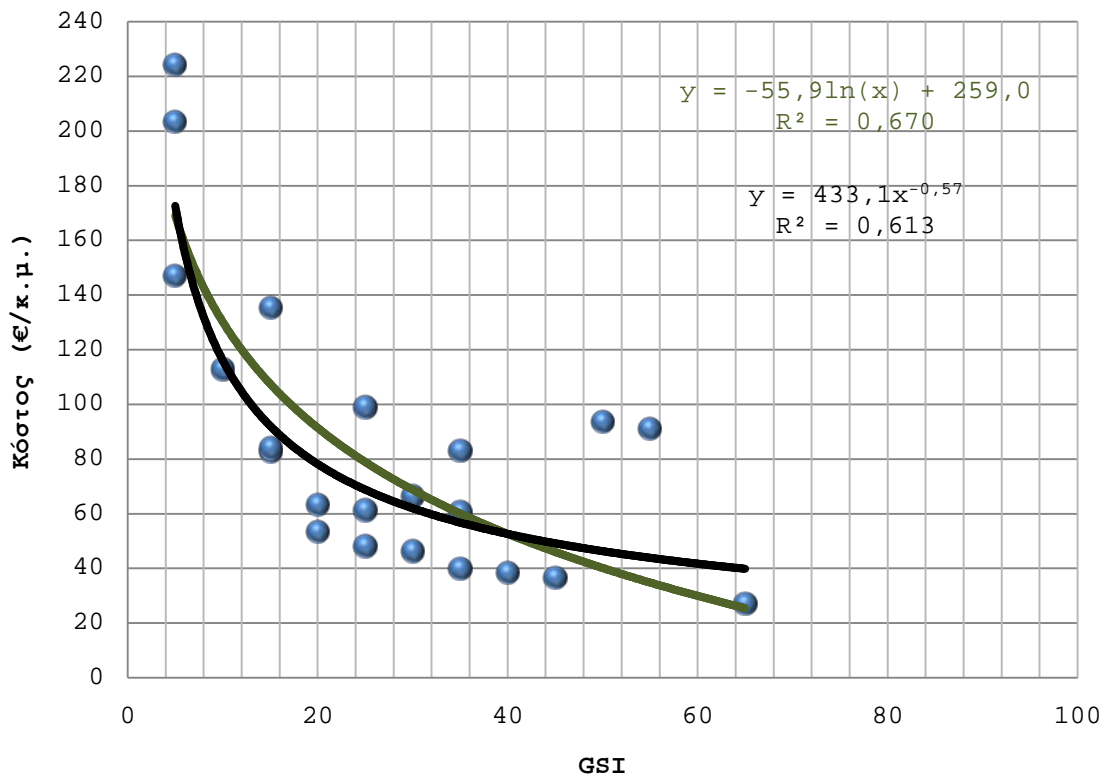


Σχήμα_4.21.β: Κόστος ανά μέτρο μήκους (€/μ.μ.) - RMR (χωρίς του Ο.Ε. & Γ.Ε. και Φ.Π.Α.)

Στα Σχήματα_4.18 & 4.19 παρατηρείται μια εκθετική μείωση του κόστους εκσκαφής και προσωρινής υποστήριξης ανά κυβικό μέτρο (€/m³), ανεξαρτήτως γεωλογικού δείκτη ταξινόμησης, με τη βελτίωση της ποιότητας της προς όρυξη βραχώμαζας, κάτι που ήταν αναμενόμενο. Αντίστοιχα συμπεράσματα δεν μπορούν να προκύψουν από τα Σχήματα_4.20 & 4,21 μιας και το κόστος διάνοιξης είναι εκφρασμένο σε μέτρα μήκους (€/μ.μ.), το οποίο δείχνει ότι καθοριστικό ρόλο διαδραματίζει η προς όρυξη διατομή.

4.4.3.1_Συσχέτιση Κόστους Διάνοιξης (Εκσκαφής και Προσωρινής Υποστήριξης) και Γεωλογικού Δείκτη GSI

Στην παράγραφο αυτή γίνεται η ταχεία εκτίμηση του κόστους εκσκαφής και προσωρινής υποστήριξης σε σχέση με το γεωλογικό δείκτη GSI σύμφωνα με το διάγραμμα του Σχήματος_4.22. Με τον τρόπο αυτό μπορεί να υπολογισθεί γρήγορα το κόστος διάνοιξης μιας οδικής σήραγγας σήμερα και έχει προηγηθεί ταξινόμηση με το σύστημα GSI.



Σχήμα_4.22: Συσχέτιση κόστους ανά κυβικό μέτρο (€/m³) – GSI (μετά του Ο.Ε. & Γ.Ε. χωρίς Φ.Π.Α.)

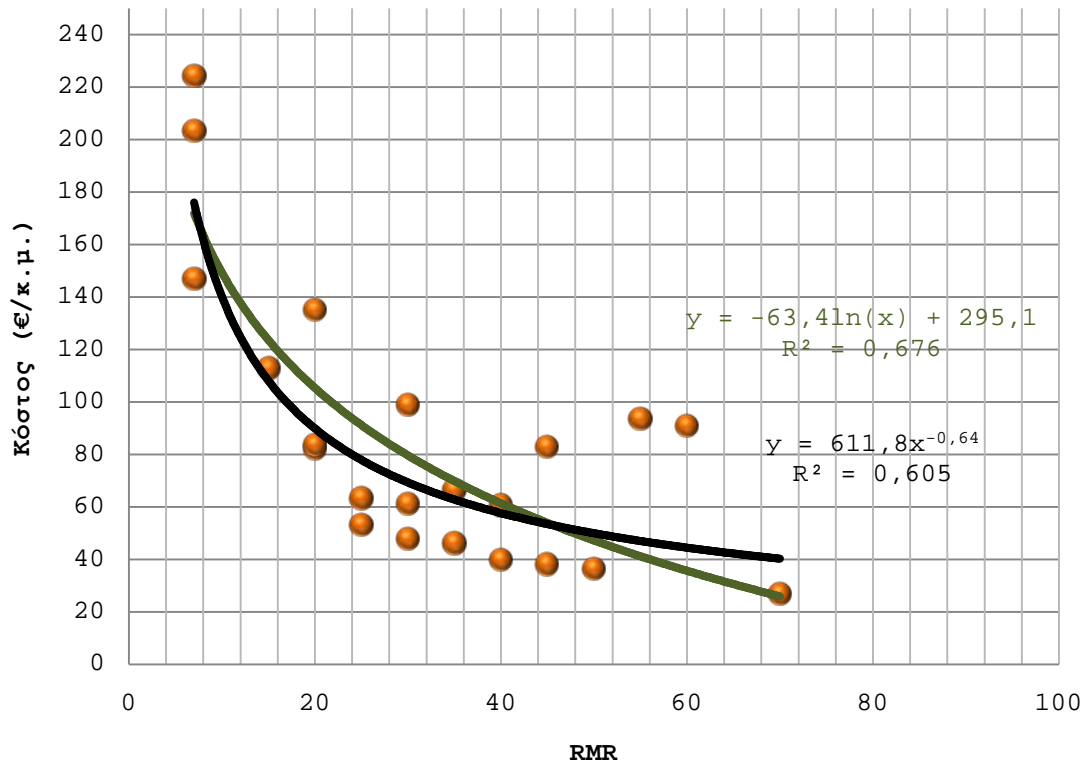
Τα δεδομένα του διαγράμματος προσεγγίστηκαν με δύο γραμμές τάσης **Logarithmic** και **Power**, μικρότερη απόκλιση έχει το **Logarithmic** και το οποίο είναι αυτό που θα προτιμηθεί. Συνεπώς ισχύει η παρακάτω σχέση:

$$\text{Κόστος (€/m}^3\text{)} = -55,91 \ln(\text{GSI}) + 259,0$$

Η παραπάνω σχέση ισχύει για τις αναθεωρημένες τιμές που υπολογίστηκαν στην παράγραφο_4.3.

4.4.3.2_ Συσχέτιση Κόστους Διάνοιξης (Εκσκαφής και Προσωρινής Υποστήριξης) και RMR

Στην παράγραφο αυτή γίνεται η ταχεία εκτίμηση του κόστους εκσκαφής και προσωρινής υποστήριξης σε σχέση με το κριτήριο ταξινόμησης RMR σύμφωνα με το διάγραμμα του Σχήματος_4.23. Με τον τρόπο αυτό μπορεί να υπολογισθεί γρήγορα το κόστος διάνοιξης μιας οδικής σήραγγας σήμερα και έχει προηγηθεί ταξινόμηση με το σύστημα RMR.



Σχήμα_4.23: Συσχέτιση κόστους ανά κυβικό μέτρο (€/m³) – RMR (μετά του Ο.Ε. & Γ.Ε. χωρίς Φ.Π.Α.)

Τα δεδομένα του διαγράμματος προσεγγίστηκαν με δύο γραμμές τάσης **Logarithmic** και **Power**, μικρότερη απόκλιση έχει το **Logarithmic** και το οποίο είναι αυτό που θα προτιμηθεί. Συνεπώς ισχύει η παρακάτω σχέση:

$$\text{Κόστος (€/m}^3\text{)} = -63,41 \ln (\text{RMR}) + 295,1$$

Η παραπάνω σχέση ισχύει για τις αναθεωρημένες τιμές που υπολογίστηκαν στην παράγραφο_4.3.

4.4.4_Συσχέτιση Κόστους Εκσκαφής και Κόστους Υποστήριξης ανά Κατηγορία Διάνοιξης και Προσωρινής Υποστήριξης

Στην παράγραφο αυτή επιχειρήθηκε να καταμεριστεί στα επιμέρους κόστη της εκσκαφής και της προσωρινής υποστήριξης, αντίστοιχα. Αυτό που παρατηρήθηκε, όπως ήταν αναμενόμενο ήταν ότι το κόστος εκσκαφής παρέμεινε σταθερό σε κάθε σήραγγα ανεξαρτήτως τυπικής διατομής. Αντιθέτως, το κόστος προσωρινής υποστήριξης μεταβάλλεται ανάλογα με την τυπική διατομή και συνεπώς την ποιότητα της βραχόμαζας.

Στους Πίνακες_4.29 & 4.30, παρουσιάζονται αναλυτικά τα επιμέρους κόστη εκσκαφής και προσωρινής υποστήριξης.

Από την ανάλυση που έγινε παρατηρήθηκε ότι δεν υπάρχει συμφωνία μεταξύ του κόστους εκσκαφής και του κόστους υποστήριξης λόγω του γεγονότος ότι το κόστος εκσκαφής παραμένει σταθερό ανεξαρτήτως ποιότητας βραχόμαζας (εδώ GSI), ενώ το κόστος προσωρινής υποστήριξης εξαρτάται από τη μεταβολή του GSI.

Η συσχέτιση του κόστους εκσκαφής και του κόστους προσωρινής υποστήριξης τόσο ανά κυβικό μέτρο όσο και ανά μετρώ μήκους παρουσιάζεται στα Σχήματα_4.24 και 4.25 αντίστοιχα.

ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ ΕΚΣΚΑΦΗΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΩΡΙΝΗΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΟΔΙΚΩΝ ΣΗΡΑΓΓΩΝ

Πίνακας_4.29: Κόστος εκσκαφής και κόστος προσωρινής υποστήριξης ανά κατηγορία διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης ανά κυβικό μέτρο (€/m³) και ανά μέτρο μήκους (€/μ.μ) (μετά του Ο.Ε. & Γ.Ε. χωρίς Φ.Π.Α.)

α/α	Ονομασία Σήραγγας	Μήκος Σήραγγας (m)	Τυπικές διατομές - Σηραγγολογικές ενότητες	Κατηγορία διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης	GSI	RMR ₈₉	Μήκος εφαρμογής (m)	Κόστος εκσκαφής ανά μ.μ. (χωρίς Φ.Π.Α.)	Κόστος υποστήριξης ανά μ.μ. (χωρίς Φ.Π.Α.)	Κόστος εκσκαφής ανά m ³ (χωρίς Φ.Π.Α.)	Κόστος υποστήριξης ανά m ³ (χωρίς Φ.Π.Α.)
1	Σήραγγα Ραψομμάτη	1.405,50	IIα	B	35	40	570,00	2.760,38	629,12	27,72	6,32
			IIβ	Γ	25	30	300,00	2.895,67	802,17	27,72	7,68
			IIγ	Γ	20	25	300,00	3.043,81	899,03	27,73	8,19
			IIIα	Δ	15	20	34,00	2.809,73	1.764,31	27,72	17,41
2	Σήραγγα Αγίου Ηλίας	644,00	Εβαπορίτες	Δ	10	15	153,00	5.863,53	7.238,73	48,42	59,77
			Δ1	Ε	0	5	140,00	5.619,53	9.410,95	47,91	80,23
			Δ5	Ε	0	5	153,00	5.788,45	10.970,34	47,87	90,72
			Δ6	Ε	0	5		5.788,45	9.967,69	47,87	82,43
3	Σήραγγα Κακιάς Σκάλας ΑΣ1 _Δ	843,53	ΔΑ (ΛΕΑ) _{3Α}	Γ	30	35	8,740	6.830,66	3.920,19	35,02	20,18
			ΔΑ (ΛΕΑ) _{3Β}	Γ	25	30	475,60	6.918,97	9.385,13	35,02	47,48
			ΔΑ (ΛΕΑ) _{4Α}	Δ	15	20	150,58	7.167,64	17.174,10	34,99	83,85

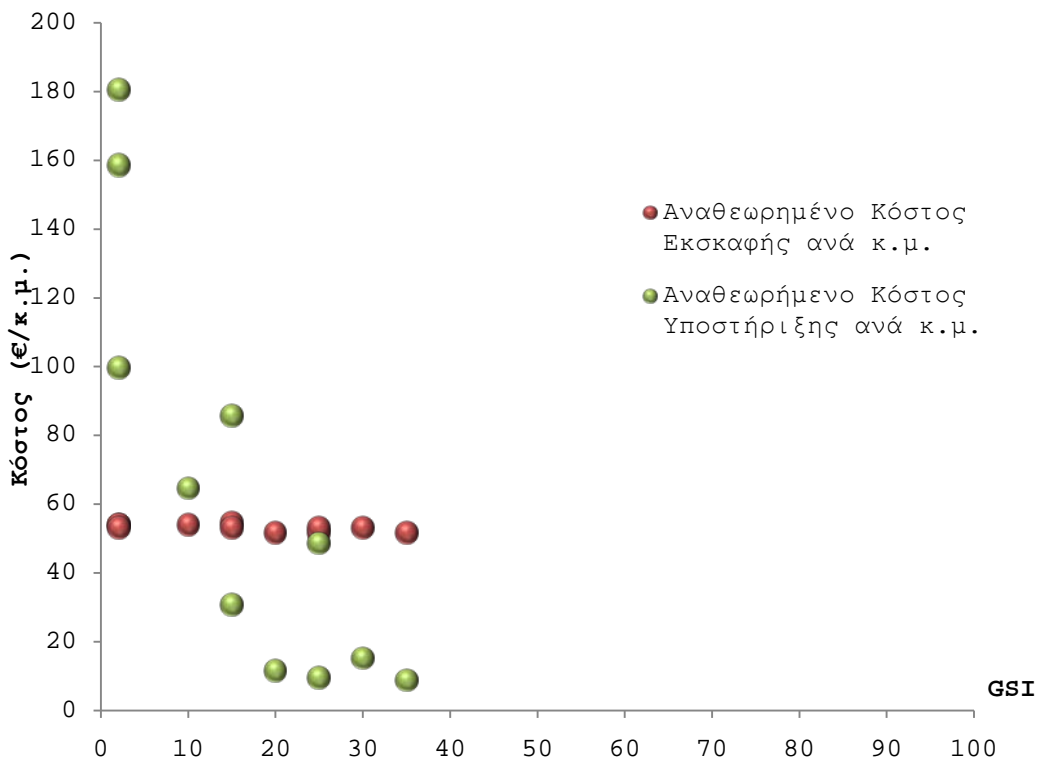
*οι τιμές περιλαμβάνουν Ο.Ε. & Γ.Ε. (18%)

α/α	Ονομασία Σήραγγας	Μήκος Σήραγγας (m)	Τυπικές διατομές - Σηραγγολογικές ενότητες	Κατηγορία διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης	GSI	RMR ₈₉	Μήκος εφαρμογής (m)	Αναθεωρημένο Κόστος εκσκαφής ανά μ.μ. (χωρίς Φ.Π.Α.)	Αναθεωρημένο Κόστος υποστήριξης ανά μ.μ. (χωρίς Φ.Π.Α.)	Αναθεωρημένο Κόστος εκσκαφής ανά m ³ (χωρίς Φ.Π.Α.)	Αναθεωρημένο Κόστος υποστήριξης ανά m ³ (χωρίς Φ.Π.Α.)
1	Σήραγγα Ραψομμάτη	1.405,50	IIα	B	35	40	570,00	5.143,62	877,99	51,66	8,82
			IIβ	Γ	25	30	300,00	5.395,70	990,87	51,66	9,49
			IIγ	Γ	20	25	300,00	5.671,64	1.268,21	51,66	11,55
			IIIα	Δ	15	20	34,00	5.235,59	3.116,70	54,60	30,75
2	Σήραγγα Αγίου Ηλίας	644,00	Εβαπορίτες	Δ	10	15	153,00	6.612,53	7.836,06	54,03	64,71
			Δ1	Ε	0	5	140,00	6.637,75	11.696,44	53,98	99,71
			Δ5	Ε	0	5	153,00	6.527,86	21.818,22	53,98	180,42
			Δ6	Ε	0	5		6.527,86	19.177,23	53,09	158,58
3	Σήραγγα Κακιάς Σκάλας ΑΣ1 _Δ	843,53	ΔΑ (ΛΕΑ) _{3Α}	Γ	30	35	8,740	10.318,91	2.946,99	53,11	15,17
			ΔΑ (ΛΕΑ) _{3Β}	Γ	25	30	475,60	10.493,93	9.619,04	53,09	48,66
			ΔΑ (ΛΕΑ) _{4Α}	Δ	15	20	150,58	10.870,81	17.568,24	53,07	85,77

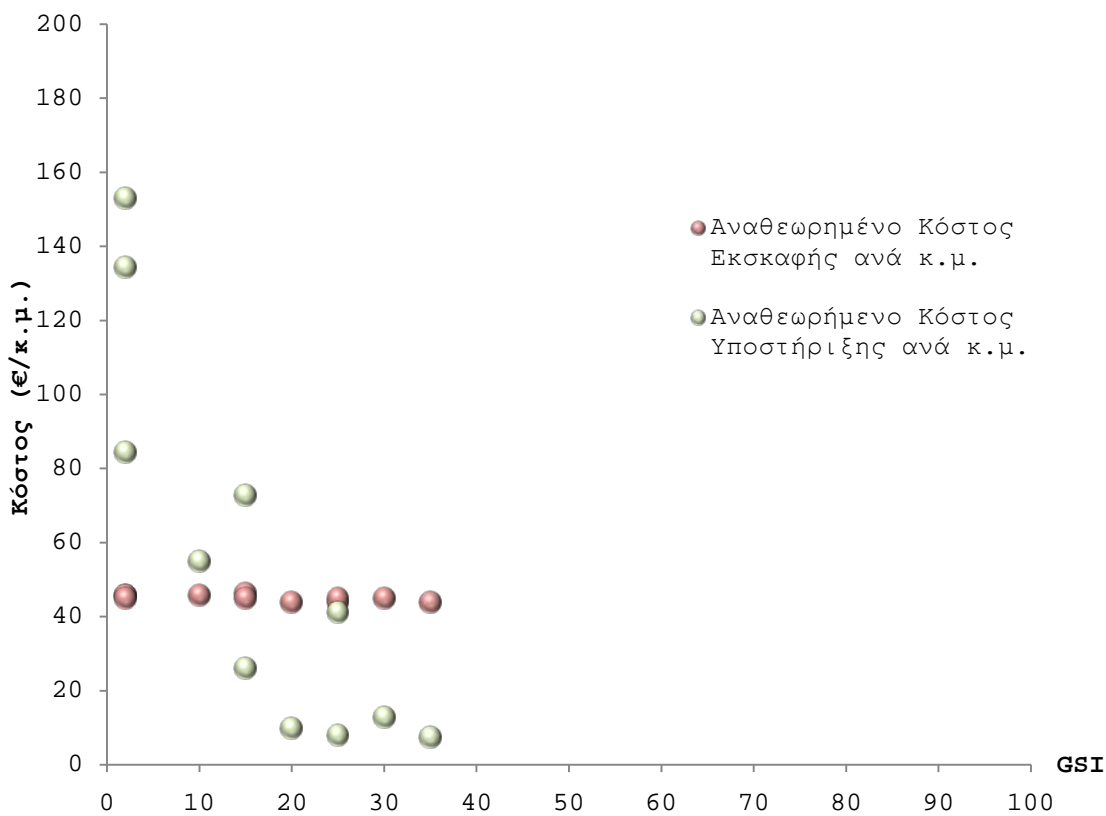
*οι τιμές περιλαμβάνουν Ο.Ε. & Γ.Ε. (18%)

Πίνακας_4.30: Κόστος εκσκαφής και κόστος προσωρινής υποστήριξης ανά κατηγορία διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης ανά κυβικό μέτρο (€/m³) και ανά μέτρο μήκους (€/μ.μ) (χωρίς Ο.Ε. & Γ.Ε. και Φ.Π.Α.)

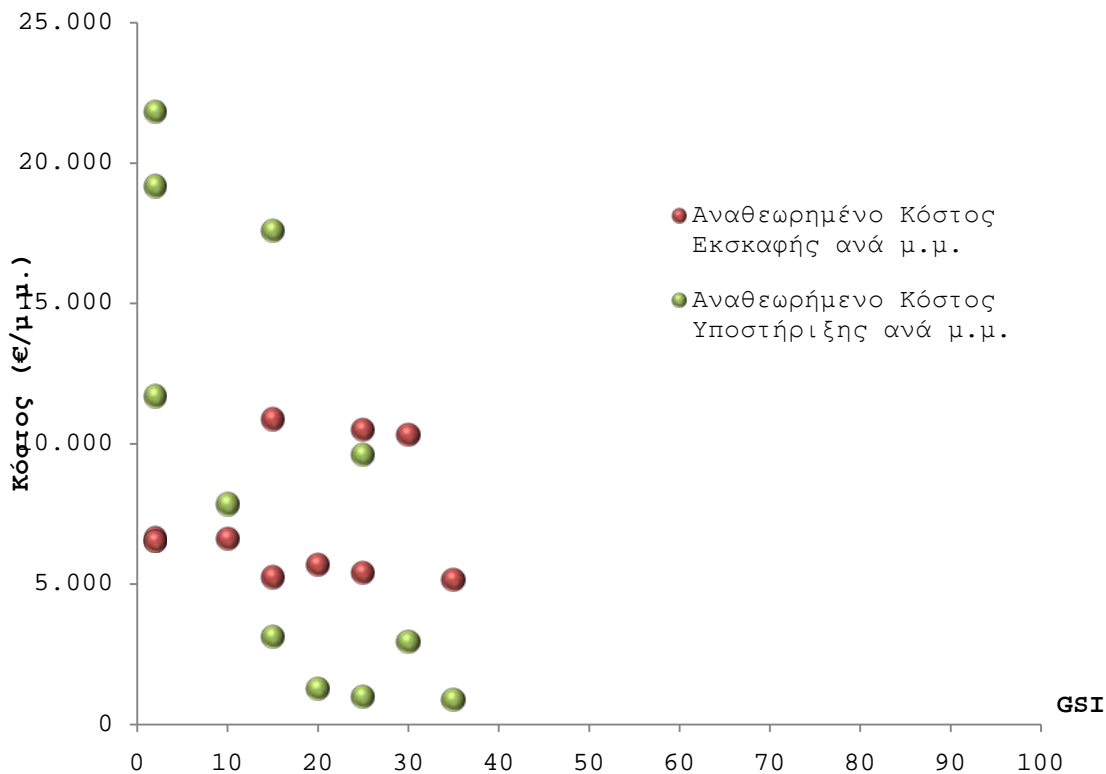
α/α	Ονομασία Σήραγγας	Μήκος Σήραγγας (m)	Τυπικές διατομές - Σηραγγολογικές ενότητες	Κατηγορία διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης	GSI	RMR ₈₉	Μήκος εφαρμογής (m)	Κόστος εκσκαφής ανά μ.μ. (χωρίς Φ.Π.Α.)	Κόστος υποστήριξης ανά μ.μ. (χωρίς Φ.Π.Α.)	Κόστος εκσκαφής ανά m ³ (χωρίς Φ.Π.Α.)	Κόστος υποστήριξης ανά m ³ (χωρίς Φ.Π.Α.)
1	Σήραγγα Ραψομμάτη	1.405,50	IIα	B	35	40	570,00	2.339,31	533,15	23,49	5,36
			IIβ	Γ	25	30	300,00	2.453,96	679,81	23,49	6,51
			IIγ	Γ	20	25	300,00	2.579,50	761,89	23,50	6,94
			IIIα	Δ	15	20	34,00	2.381,13	1.495,18	23,49	14,75
2	Σήραγγα Αγίου Ηλίου	644,00	Εβαπορίτες	Δ	15	20	153,00	4.969,09	6.134,52	41,03	50,65
			Δ1	Ε	0	5	140,00	4.762,31	7.975,38	40,60	67,99
			Δ5	Ε	0	5	153,00	4.905,47	9.296,90	40,57	76,88
			Δ6	Ε	0	5		4.905,47	8.447,19	40,57	69,86
3	Σήραγγα Κακιάς Σκάλας ΑΣ1 _Δ	843,53	ΔΑ (ΛΕΑ) _{3Α}	Γ	30	35	8,740	5.788,69	3.322,19	29,68	17,10
			ΔΑ (ΛΕΑ) _{3Β}	Γ	25	30	475,60	5.863,53	7.953,50	29,68	40,24
			ΔΑ (ΛΕΑ) _{4Α}	Δ	15	20	150,58	6.074,27	14.554,32	29,65	71,06
*οι τιμές δεν περιλαμβάνουν Ο.Ε. & Γ.Ε. (18%)											
α/α	Ονομασία Σήραγγας	Μήκος Σήραγγας (m)	Τυπικές διατομές - Σηραγγολογικές ενότητες	Κατηγορία διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης	GSI	RMR ₈₉	Μήκος εφαρμογής (m)	Αναθεωρημένο Κόστος εκσκαφής ανά μ.μ. (χωρίς Φ.Π.Α.)	Αναθεωρημένο Κόστος υποστήριξης ανά μ.μ. (χωρίς Φ.Π.Α.)	Αναθεωρημένο Κόστος εκσκαφής ανά m ³ (χωρίς Φ.Π.Α.)	Αναθεωρημένο Κόστος υποστήριξης ανά m ³ (χωρίς Φ.Π.Α.)
1	Σήραγγα Ραψομμάτη	1.405,50	IIα	B	35	40	570,00	4.359,00	5.103,05	43,78	7,47
			IIβ	Γ	25	30	300,00	4.572,63	839,72	43,78	8,04
			IIγ	Γ	20	25	300,00	4.806,47	1.074,75	43,78	9,79
			IIIα	Δ	15	20	34,00	4.436,94	2.641,27	46,27	26,06
2	Σήραγγα Αγίου Ηλίου	644,00	Εβαπορίτες	Δ	15	20	153,00	5.603,84	6.640,73	45,79	54,84
			Δ1	Ε	0	5	140,00	5.625,21	9.912,24	45,75	84,50
			Δ5	Ε	0	5	153,00	5.532,08	18.490,02	45,75	152,90
			Δ6	Ε	0	5		5.532,08	16.251,89	44,99	134,39
3	Σήραγγα Κακιάς Σκάλας ΑΣ1 _Δ	843,53	ΔΑ (ΛΕΑ) _{3Α}	Γ	30	35	8,740	8.744,84	2.497,45	45,01	12,86
			ΔΑ (ΛΕΑ) _{3Β}	Γ	25	30	475,60	8.893,16	8.151,73	44,99	41,24
			ΔΑ (ΛΕΑ) _{4Α}	Δ	15	20	150,58	9.212,55	14.888,34	44,97	72,69
*οι τιμές δεν περιλαμβάνουν Ο.Ε. & Γ.Ε. (18%)											



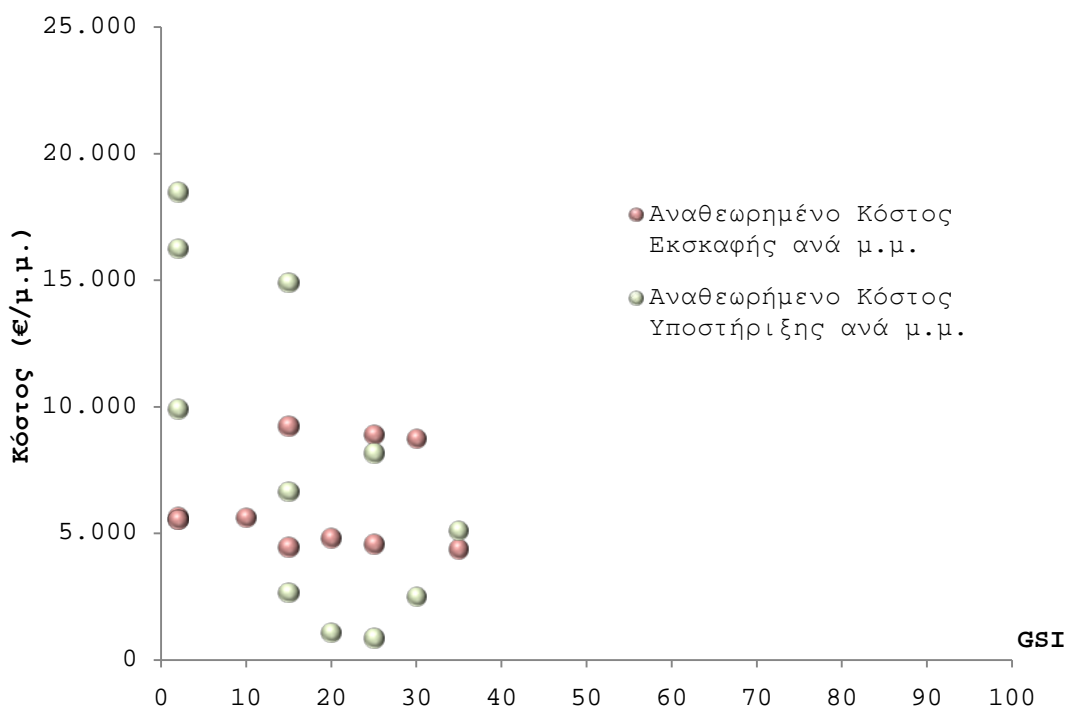
Σχήμα_4.24.α: Κόστος ανά κυβικό μέτρο (€/m³) - GSI (μετά του Ο.Ε. & Γ.Ε. χωρίς Φ.Π.Α.)



Σχήμα_4.24.β: Κόστος ανά κυβικό μέτρο (€/m³) - GSI (χωρίς Ο.Ε. & Γ.Ε. και Φ.Π.Α.)



Σχήμα_4.25.α: Κόστος ανά μέτρο μήκους (€/μ.μ.) - GSI (μετά του Ο.Ε. & Γ.Ε. χωρίς Φ.Π.Α.)



Σχήμα_4.25.β: Κόστος ανά μέτρο μήκους (€/μ.μ.) - GSI (χωρίς Ο.Ε. & Γ.Ε. και Φ.Π.Α.)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ_5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα τελευταία χρόνια η κατασκευή τεχνικών έργων γίνεται όλο και πιο επιτακτική για την εξυπηρέτηση των νέων αναγκών που γεννιούνται καθημερινά. Η υλοποίηση όμως των τεχνικών έργων εξαρτάται άμεσα από το κόστος κατασκευής τους, πόσο μάλλον των υπογείων έργων που καθοριστικό ρόλο διαδραματίζει ο παράγοντας της αβεβαιότητας, πολλές φορές εξαιτίας της έλλειψης στοιχείων κατά τη φάση σχεδιασμού του έργου.

Στην ελληνική βιβλιογραφία υπάρχουν περιορισμένες εργασίες που αφορούν στο κόστος των οδικών σηράγγων. Στη διεθνή βιβλιογραφία υπάρχουν μελέτες που αφορούν όμως μεμονωμένες περιπτώσεις και συνήθως το προς ανάλυση δείγμα είναι σχετικά μικρό. Επομένως, η ανάγκη αναλυτικής εξέτασης του κόστους κατασκευής των υπογείων έργων και συγκεκριμένα των σηράγγων είναι επιτακτική τόσο σε ελληνικό όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο.

Η κοστολόγηση των τεχνικών έργων επομένως, είναι αυτή που καθορίζει την κατασκευή ή όχι ενός τεχνικού έργου. Κατά καιρούς η κοστολόγηση έχει απασχολήσει πολλούς μελετητές και έχει συμβάλει στην εύρεση νέων μεθόδων εκτίμησης του κόστους. Η παρούσα εργασία στηρίχτηκε για την εκτίμηση του κόστους κατασκευής σηράγγων σε ένα μη παραδοσιακό μοντέλο εκτίμησης κόστους, το μοντέλο συλλογιστικής βασισμένη σε περιπτώσεις (case based reasoning) η οποία χρησιμοποιεί ως βάση στοιχεία και λύσεις του παρελθόντος βρίσκοντας ομοιότητες ενός νέου προβλήματος με ένα παλαιότερο. Έτσι και στη μελέτη του κόστους των ελληνικών σηράγγων χρησιμοποιήθηκαν παλαιότερα στοιχεία για την επίλυση του ίδιου προβλήματος με σημερινά δεδομένα.

Το σύστημα κοστολόγησης των ελληνικών τεχνικών έργων (δημοσίων) είναι αρκετά πολύπλοκο και γίνεται πλέον (από το 2003 και έπειτα) με το σύστημα των Νέων Ενιαίων Τιμολογίων. Σύμφωνα με αυτό, τιμολογούνται οι διάφορες εργασίες κατασκευής ενός έργου από τις αρμόδιες Υπηρεσίες (Υ.ΠΟ.ΜΕ.ΔΙ.) και αναθεωρούνται με μηνιαίους συντελεστές συμπεριλαμβάνοντας έτσι και τις μεταβολές του Πληθωρισμού. Με τον τρόπο αυτό, η κοστολόγηση ενός έργου γίνεται μια χρονοβόρα και επίπονη διαδικασία.

Η ανάλυση που πραγματοποιήθηκε είχε ως στόχο την εύρεση μιας ταχείας εκτίμησης του κόστους διάνοιξης των ελληνικών οδικών σηράγγων. Επιλέχθηκε να μελετηθεί το κόστος διάνοιξης (εκοκαφής και προσωρινής υποστήριξης) μιας και αποτελεί το 60-65% του συνολικού κόστους κατασκευής των σηράγγων και επομένως είναι αυτό που διαμορφώνει τόσο το χρόνο κατασκευής του έργου όσο και την παραγωγικότητα των εργασιών.

Παρουσιάστηκαν στοιχεία από 21 συνολικά σήραγγες ενώ εξετάστηκε πιο συστηματικά ένα δείγμα πέντε ήδη κατασκευασμένων οδικών σηράγγων (Σήραγγα Ραφομμάτη, Σήραγγα Άγιου Ηλία, Σήραγγα Αγίας Κυριακής, Σήραγγα ΑΣ1 - Κακιά Σκάλα και Σήραγγα Κνημίδας) με εύρος γεωλογικών συνθηκών και αναλύθηκαν τα κόστη διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης όπως αυτά προέκυψαν από τις Οριστικές Μελέτες. Τα κόστη αυτά επαναπροσδιορίστηκαν με σημερινές τιμές για τη δημιουργία ενός κοινού σημείου αναφοράς όσο και την εξαγωγή συμπερασμάτων που αντικατοπτρίζουν την ελληνική πραγματικότητα. Τα κόστη που προέκυψαν εκφράστηκαν σε κόστος ανά κυβικό μέτρο (€/m³) και κόστος ανά μέτρο μήκους (€/μ.μ). Εδώ φάνηκε η σημασία του κόστους ανά κυβικό μέτρο μιας και είναι μία ανεξάρτητη μεταβλητή που καθορίζεται αποκλειστικά

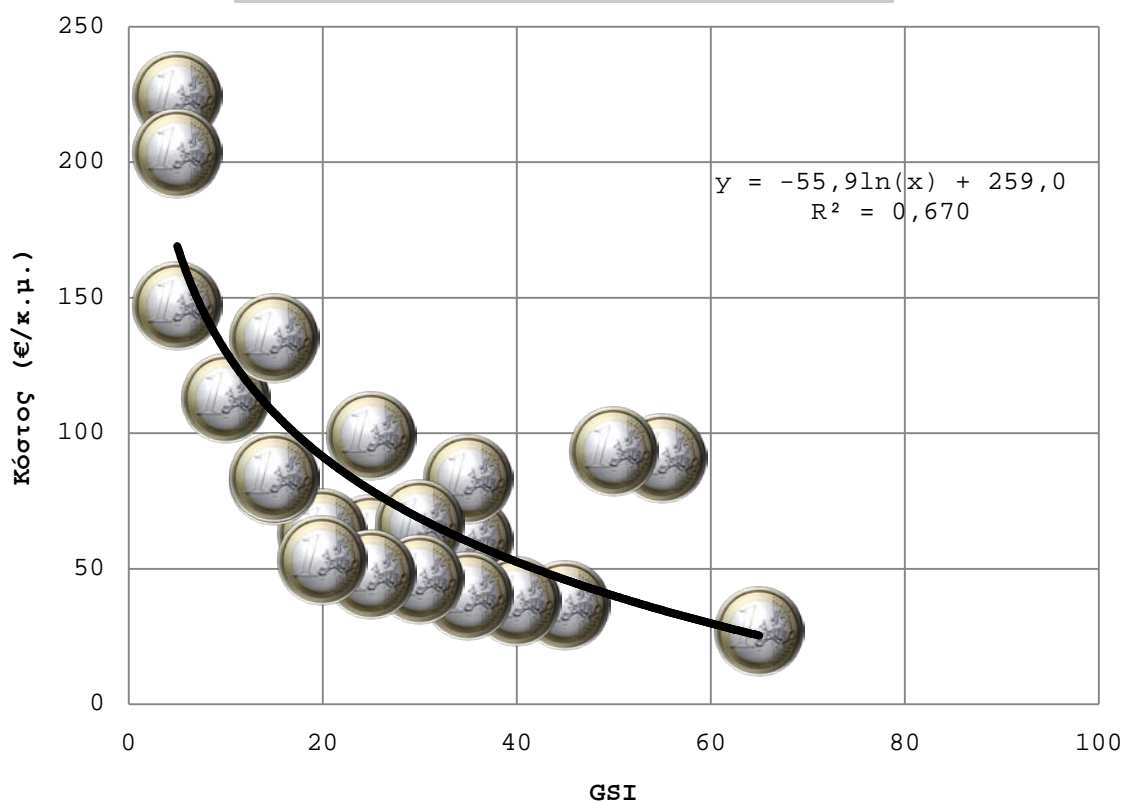
από τις προς όρυξη γεωλογικές συνθήκες. Αντιθέτως, το κόστος ανά μέτρο μήκους που εξαρτάται τόσο από τις γεωλογικές συνθήκες όσο και από τη διατομή εκοκαφής.

Από την ανάλυση προέκυψε ότι οι πιο κρίσιμοι παράγοντες στη διαμόρφωση του κόστους διάνοιξης ενός υπογείου έργου είναι κυρίως οι γεωλογικές συνθήκες και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της διατομής εκοκαφής. Επιλέχθηκε να αναλυθεί ιδιαίτερα η σημασία των γεωμηχανικών συνθηκών, καθώς βάσει αυτής επιλέγεται η μέθοδος κατασκευής ενός υπογείου έργου και τα μέτρα υποστήριξης που πρέπει να τοποθετηθούν.

Από το Σχήμα_5.1 γίνεται άμεσα αντιληπτή η συσχέτιση που υπάρχει μεταξύ του κόστους διάνοιξης (€/m³) με τους δείκτες ποιότητας της βραχώμαζας RMR και GSI και υπολογίζεται σύμφωνα με τις σχέσεις:

$$\text{Κόστος (€/m}^3\text{)} = -63,41 \ln(\text{RMR}) + 295,1 \quad (1)$$

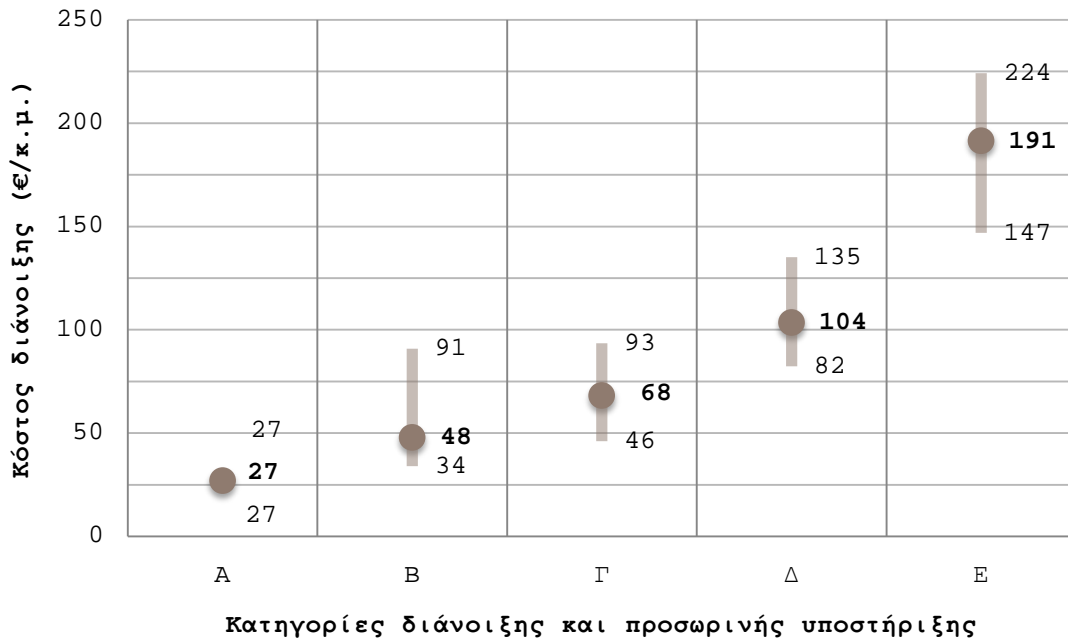
$$\text{Κόστος (€/m}^3\text{)} = -55,91 \ln(\text{GSI}) + 259,0 \quad (2)$$



Σχήμα_5.1: Συσχέτιση μεταξύ κόστους κατασκευής (€/m³) και τιμή δείκτη GSI (μετά του Ο.Ε. & Γ.Ε. χωρίς Φ.Π.Α.)

Για την καλύτερη αξιολόγηση των αποτελεσμάτων κρίθηκε σκόπιμο να κατηγοριοποιηθούν οι γεωλογικές συνθήκες σε πέντε ομάδες - κατηγορίες διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης, που αναπτύχθηκαν για το σκοπό αυτό, Α,Β,Γ,Δ & Ε (από πολύ καλή ποιότητα βραχώμαζας έως πτωχή), σύμφωνα με τα συστήματα γεωτεχνικής

ταξινόμησης GSI και RMR. Προέκυψε ότι το μέσο κόστος διάνοιξης, σε σημερινές τιμές (2011), κυμαίνεται από στα 27€/m³ για την κατηγορία βραχόμαζας Α (με GSI= 55-100) έως 191€/m³ για την κατηγορία βραχόμαζας Ε (εδαφικός σχηματισμός), όπως χαρακτηριστικά παρουσιάζεται στο Σχήμα_5.2.



Σχήμα_5.2: Εύρος κόστους (€/m³) ανά κατηγορία διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης (μετά του Ο.Ε. & Γ.Ε. χωρίς Φ.Π.Α.)

Όπου:

Κατηγορία Α: GSI = 55-100, Κατηγορία Β: GSI = 35-55, Κατηγορία Γ: GSI = 15-35, Κατηγορία Δ: GSI < 15, Κατηγορία Ε: Εδαφικός σχηματισμός

Τέλος, η ανάλυση που έγινε στην παρούσα εργασία εξήγαγε ουσιαστικά συμπεράσματα για τη διαμόρφωση του κόστους διάνοιξης των ελληνικών σηράγγων. Βέβαια χρειάζεται να ενισχυθεί με την ανάλυση και άλλων περιπτώσεων υπογείων έργων - σηράγγων ώστε να βελτιωθεί η ακρίβεια της και να ενισχυθεί η αξιοπιστία της για να μπορεί να χρησιμοποιηθεί με ασφάλεια για την προκαταρκτική εκτίμηση του κόστους διάνοιξης και σε ένα πιο ευρύ φάσμα εφαρμογών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ_

- 📖 **Αλεξανδρής Α., Βέτιας Π., Μακαντάσης Ι., Μπουρνάζος Ι.,** «Διάνοιξη της Σήραγγας Κνημίδας Αγ. Κωνσταντίνου του ΠΑΘΕ», 6^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Γεωτεχνικής & Γεωπεριβαλλοντικής, ΤΕΕ, Βόλος, (2010)
- 📖 **Αναγνωστόπουλος Π.,** «Προκοστολόγηση Έργων – Αυξομειώσεις Ποσοτήτων», Αθήνα, (2009)
- 📖 **Βλάχος Ε.,** «Οδικές Σήραγγες της ΕΥΔΕ/ ΟΣΥΕ», Ε.Μ.Π., Αθήνα, (2006)
- 📖 **Γίτσης Α.,** «Μέθοδοι και Προβλήματα Προκοστολόγησης και Παρακολούθησης του Πραγματικού Κόστους Τεχνικών Έργων στα Ελληνικά Τεχνικά Έργα», Ε.Μ.Π., (2011)
- 📖 **Δασκάλου Ε.Μ.,** «Μεθοδολογία Κατασκευής Σήραγγας Αγίας Κυριακής», Ε.Μ.Π., Αθήνα, (2007)
- 📖 **ΕΥΔΕ/ΠΑΘΕ,** «Προμελέτη Σηράγγων Κακιάς Σκάλας (ΑΣ1_Α & ΑΣ1_Δ) Διάνοιξης και Προσωρινής Υποστήριξης Αυτοκινητοδρόμου Αθηνών – Κορίνθου – Πατρών», (1998)
- 📖 **ΕΥΔΕ/ΠΑΘΕ,** «Τιμολόγιο Μελέτης Αυτοκινητοδρόμου Πάτρα – Αθήνα – Θεσσαλονίκη – Εύζωνοι, Τμήμα: Παρακμή Αγίου Κωνσταντίνου », (2002)
- 📖 **ΕΥΔΕ/ΟΣΥΕ,** «Μελέτη Διάνοιξης Σήραγγας Αγίας Κυριακής – Προϋπολογισμός Μελέτης», (2002)
- 📖 **ΕΥΔΕ/ΟΣΥΕ,** «Γεωλογική και Γεωτεχνική Διερεύνησης Σήραγγας Ραψομάτη – Μελέτη Διάνοιξης», Μέρος Α', (1999)
- 📖 **ΕΥΔΕ/ΟΣΥΕ,** «Γεωλογική και Γεωτεχνική Διερεύνησης Σήραγγας Ραψομάτη – Μελέτη Διάνοιξης», Μέρος Β', (1999)
- 📖 **Ε.Υ.Δ.Ε./Ο.Σ.Υ.Ε.,** «Οριστική μελέτη διάνοιξη – άμεση υποστήριξη σήραγγας Ραψομάτη (εγκεκριμένη).Τεύχη μελέτης και συναπτόμενα σχέδια», (Μάιος 1999)
- 📖 **Καββαδάς Μ.,** «Σημειώσεις Μαθήματος: Σχεδιασμός Υπογείων Έργων», Ε.Μ.Π., (2005)
- 📖 **Καστρινάκης Α.,** «Διεύθυνση Κατασκευών Τεχνικών Έργων», (2002)
- 📖 **Κούκης Γ., Σαμπατακάκης Ν.,** «Γεωλογία Τεχνικών Έργων», Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα, (2007)
- 📖 **Κράνης Χ.** «Νεοτεκτονική Δραστηριότητα ρηξιγενών ζωνών Κεντροανατολικής Στερεάς Ελλάδας». Διδ.Διατρ.Παν. Αθηνών, (1999)
- 📖 **Κούκης Χ., Σαμπατάκης Ν.,** «Γεωλογία Τεχνικών Έργων», Εκδόσεις Παπασωτηρίου, (2007)
- 📖 **Λαμπρόπουλος Σ., Αντωνίου Φ., Μαραβάς Α., Κωνσταντινίδης Δ.,** «Διαχείριση Κόστους και Χρόνου Κατασκευής Μεγάλων Τεχνικών Έργων στην Εγνατία Οδό», (2005)
- 📖 **Λαμπρόπουλος Σ., Πετρουτσάτου Κ.,** «Ταχεία Εκτίμηση Προϋπολογισμού Δαπάνης Οδικών Σηράγγων», 2^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Οδοποιίας, Βόλος, (2005)
- 📖 **Μελέκου Ε.,** «Μελέτη Κοστολογίου Ελληνικών Σηράγγων», Ε.Μ.Π., Αθήνα, (2003)
- 📖 **Μενελάου Λ.,** «ΠΑΘΕ – Τμήμα Κακιάς Σκάλας Στοιχεία Μελέτης και Κατασκευής της Σήραγγας ΑΣ1_Α», Ε.Μ.Π., Αθήνα, (2005)
- 📖 **Μπενάρδος Α.,** «Εκτίμηση Επικινδυνότητας κατά την Όρυξη Σηράγγων με Μηχανήματα Ολομέτωπης Κοπής» Διδακτορική Διατριβή, Ε.Μ.Π., (2001)
- 📖 **Μπενάρδος Α., Καλιαμπάκος Δ.,** «Σημειώσεις Μαθήματος: Υπόγεια Έργα», Ε.Μ.Π., (2010)
- 📖 **Μουτσοπούλου, Τσιπήρας Θ., Τσιπέρα Α.,** «Κόστος και Προϋπολογισμός Κατασκευών», (2008)
- 📖 **Ντούνιας Γ., Δέδε Β., Ντάλης Δ., Μαντζιάρας Π.,** «Μελέτη και Κατασκευή της Σήραγγας Αγίας Κυριακής στην Ε.Ο. Άρτας – Τρικάλων», 3^ο Συνέδριο Γεωτεχνικής & Γεωπεριβαλλοντικής Μηχανικής, ΤΕΕ, Εάνθη, (2006)
- 📖 **ΟΜΟΕ – Τεύχος Οδικών Σηράγγων: Έργα Πολιτικού Μηχανικού,** Ιούλιος 2002

- 📖 **Παυλάτος Ο.**, «Λογιστική Κόστους: Κόστος – Κοστολόγηση Αναλυτική Λογιστική», Σχολή Διοίκησης και Οικονομίας Επιχειρήσεων, Τ.Ε.Ι. Χαλκίδας, (2006)
- 📖 **Πετρουσιάτου Κ.**, «Σήραγγες Εγνατίας Οδού: συσχέτιση κόστους διάνοιξης και ποιότητας βραχώμαζας», 3ο Συνέδριο του Ινστιτούτου Διαχείρισης Τεχνικών Έργων, Μάιος, Αθήνα, (2003)
- 📖 **Ρούσσοσ Ν.**, «Σήραγγες του Οδικού Άξονα Πάτρα – Αθήνα – Θεσσαλονίκη – Εύζωνοι (ΠΑΘΕ)», Ε.Μ.Π., Αθήνα, (2006)
- 📖 **Τεχνικά Χρονικά, «Εγνατία Οδός**, «Σήραγγες της Εγνατίας Οδού», Μάρτιος – Απρίλιος (2004)
- 📖 **Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ.**, «Τιμολόγιο Μελέτης – Αναλυτική Περιγραφή Εργασιών Σύμφωνα με τα Αναλυτικά Τιμολόγια του Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ», Αθήνα, (2008)
- 📖 **Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ.-Γ.Γ.Δ.Ε./ Ε.Υ.Δ.Ε. – Ο.Σ.Υ.Ε.**, Έργο: Παραϊόνια Οδός, «Κατασκευή Σήραγγας Αγίου Ηλία στο τμήμα της Παραϊόνιας οδού από τέλος Παράκαμψης Γουριάς έως Γαϊδουροπνίχτη», Τιμολόγιο Προσφορά, (Δεκέμβριος 1998)
- 📖 **Χαραλαμπίδης Ι.**, «Χρηματοοικονομική Λειτουργία Αρχές Κοστολόγησης», Σημειώσεις Μαθήματος: Οικονομικές, Εμπορικές και Παραγωγικές Λειτουργίες Επιχείρησης, Τμήμα Μηχανικών και Πληροφοριακών Συστημάτων, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, (2009)

ΞΕΝΗ

- 📖 **Bari**, "Nor Azmi Ahmad Bari, Exploring the types of construction cost modeling for IBS projects in Malaysia", (2008)
- 📖 **Barton N., Loset F., Lien R., Lunde J.**, "Application of Q-System in Design Decisions Concerning Dimensions and Appropriate Support for Underground Installations", Stockholm, Vol. 2, pp.553-561, (1981)
- 📖 **Bieniawski, Z.T.**, "Engineering Classification of Jointed Rock Masses" Trans. of the South African Institution of Civil Engineers, vol. 15, pp. 335-344, (1973)
- 📖 **Bieniawski, Z.T.**, "Engineering Rock Mass Classifications", John Wiley & Sons, (1989)
- 📖 **Chapman C. and Ward S.**, "Estimation and Evaluation of Uncertainty: a minimalist first pass approach", International Journal of Project Management 18, pp. 369-383, (2000)
- 📖 **Flyvbjerg B., Skamris M., Buhl S.**, "Understanding costs in public works projects: Error or Lie?", *Journal of the American Planning Association*, Vol. 68, Issue 3, (2002)
- 📖 **Fortune C., Lees M.**, "Early cost advice for clients – The practitioners" verdict. Proc., Association of Researchers in Construction Management (ARCOM) 10th Annual Conf., Loughborough Univ. of Technology, U.K., 422-432, (1994)
- 📖 **Hoek, E. and Brown, E. T.**, "Practical estimates of rock mass strength", Int. J. Rock Mech. Min. Sci., Vol. 34, No. 8, pp 1165-1186, (1997)
- 📖 **Hunt, R.E.**, "Geotechnical Engineering Investigation Manual", McGraw Hill, New York, (1984)
- 📖 **Kim, An, Kang**, "Comparison of construction cost estimating models based on regression analysis, neural networks, and case-based reasoning", Building and Environment 39, pp 1235 - 1242, (2004)
- 📖 **Kim, Yoon, An, Cho, Kang**, "Neural network model incorporating a genetic algorithm in estimating construction cost, Building and Environment 39", 1333 - 1340, (2004)
- 📖 **Kolic D.**, "Risk Analysis Methodology for Underground Mass-Transit Projects", Transportation Research Board TRB2002, Washington D.C., pp. 1-11, (2001)

- 📖 **Marinos P., Hoek E.**, "Estimating the geotechnical properties of heterogeneous rock masses such as flysch" Bull. Eng. Geol. Env., 60:85-92, (2001)
- 📖 **Marinos V., Marinos P., Hoek E.**, "The Geological strength index: applications and limitations". Bull. Eng. Geol. Env. 64: 55-65, (2005)
- 📖 **Parker W.H.**, "Planning and Site Investigation in Tunnelling", 1^o Congresso Brasileiro de Tuneis e Estruturas Subterraneas, Seminario Internacional South American Tunneling (2004)
- 📖 **Reilly J. J.**, "The Management Process for Complex Underground and Tunnelling Projects", Journal of Tunnelling and Underground Space Technology, Vol. 15, Issue 1, pp. 32-44, (2002)
- 📖 **Rigby P.**, "Identifying and managing ground risks", T&T International (October 1999)
- 📖 **Sinfield J. V., Einstein H. H.**, "Tunnel construction costs for tube transportation systems", Journal of construction engineering and management, Vol. Jan/Feb, (1998)
- 📖 **Swiss Tunnelling Society**, "Tunnelling Switzerland", Swiss Federal Institute of Technology, (2001)
- 📖 **U.S. Army Corps of Engineers**, "Tunnels and Shafts in Rock - Engineering and Design", EM no. 1110-2-2901, (1997)
- 📖 **U.S. National Committee on Tunnelling Technology**, "Geotechnical Site Investigations for Underground Projects", Vol. 1, National Research Council, National Academic Press, Washington DC, (1984)
- 📖 **Williams T.P.**, "Predicting changes in construction cost indexes using neural networks", Journal of Construction Engineering and Management, 120 (2), 306-320, (1994)
- 📖 **Zhao J., Liu Q., Lee K.W., Choa V., Teh C.I.**, "Underground Cavern Development in the Jurong Sedimentary Rock Formation", Journal of Tunnelling and Underground Space Technology, Vol. 14, Issue 4, pp. 449-459, (1999)

ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

- 📖 <http://www.qslis-software.com/>
- 📖 http://www.pedmede.gr/images/nomoi/egiklios25_22102004.pdf
- 📖 http://www.pedmede.gr/images/pdf_files/FEKB1799_28082009.pdf
- 📖 http://www.ggde.gr/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=12
- 📖 <http://omarsbrain.wordpress.com/2010/02/09/>
- 📖 http://www.vias.org/science_cartoons/regression.html
- 📖 <http://www.fractal.org/Life-Science-Technology/Publications/Fractal-Neural-Networks.html>
- 📖 <http://www.docstoc.com/docs/27446464/Cut-and-Cover-Tunnel-Construction>
- 📖 <http://www.ametro.gr/page/default.asp?la=1&id=26>
- 📖 <http://www.ametro.gr/page/default.asp?la=2&id=61>
- 📖 <http://maps.google.com/>
- 📖 <http://www.kolivas.de>
- 📖 http://etoliko-news.blogspot.com/2010/06/blog-post_9829.html
- 📖 http://www.eesyee.gr/uploads/5/8/0103_Deltio.pdf
- 📖 <http://www.katafigi-hotel.gr/access4.php>
- 📖 <http://www.neados.gr/>