



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ-ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**  
**«ΧΑΡΑΞΗ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΡΟ ΣΤΗ ΛΕΥΚΩΣΙΑ»**



**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ :**

**Α.Ι.Σοφιανός**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ :**

**Λορτζιέ Κωνσταντίνα  
Μανουκιάν Μανούκ**

ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟ ΕΤΟΣ 2009-2010





ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ – ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗΣ

## «ΧΑΡΑΞΗ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΡΟ ΣΤΗ ΛΕΥΚΩΣΙΑ» ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Λορτζιέ Κωνσταντίνα  
Μανουκιάν Μανούκ

Επιβλέπων: Σοφιανός Αλέξανδρος  
Καθηγητής

Εγκρίθηκε από την τριμελή επιτροπή στις /10/2010

Αλέξανδρος Σοφιανός, Καθηγητής, ..... (Υπογραφή)

Δημήτριος Ρόζος, Επίκουρος Καθηγητής,..... (Υπογραφή)

Παύλος Νομικός, Λέκτορας , ..... (Υπογραφή)

ΑΘΗΝΑ, ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2010

Copyright © Λορτζιέ Κωνσταντίνα, Μανουκιάν Μανούκ, έτος 2010  
Με επιφύλαξη κάθε δικαιώματος. All rights reserved.



## Ευχαριστίες

Ένας κύκλος σπουδών ολοκληρώνεται μέσα από την διπλωματική μας εργασία που αποτελεί ίσως το καλύτερο δείγμα γραφής για την εκπαιδευτική κατάρτιση που λάβαμε ως φοιτητές της σχολής Μηχανικών Μεταλλείων Μεταλλουργών του ΕΜΠ.

Για την υλοποίηση αυτής της εργασίας υπήρξαν πολλοί άνθρωποι που μας στήριξαν με την γνώση και την εμπειρία τους και θα θέλαμε να τους ευχαριστήσουμε .

Ευχαριστούμε θερμά τον καθηγητή μας κ. Αλέξανδρο Σοφιανό, για την καθοδήγησή του και τις συμβουλές του σε όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της διπλωματικής μας εργασίας.

Ευχαριστούμε πολύ για τη βοήθειά του τον κ. Στέλιο Κουκουτά, Προϊστάμενο του τμήματος Υπογείων Έργων της Αττικό Μετρό, του οποίου η συμβολή ήταν καθοριστική για την πραγματοποίηση της διπλωματικής μας.

Τέλος θερμές ευχαριστίες θα θέλαμε να δώσουμε στον κ. Χατζηχαραλάμπους Κλεόπα, προϊστάμενο της Γεωλογικής Επισκόπησης Κύπρου για όλες τις πληροφορίες που μας παρείχε.

## Πρόλογος

Ταξιδεύοντας κανείς στην πόλη της Λευκωσίας γρήγορα διαπιστώνει την έλλειψη υποδομής στα μέσα μαζικής μεταφοράς, σε συνδυασμό μάλιστα με το έντονο κυκλοφοριακό στις κεντρικές οδικές αρτηρίες η διαδρομή στην πόλη αυτή για έναν κάτοικο αλλά και για έναν τουρίστα συναντά δυσκολίες.

Έχοντας λοιπόν ως πρότυπο το μετρό της Αθήνας αλλά και άλλες πόλεις του κόσμου και πιστεύοντας ότι μια προηγμένη πόλη όπως είναι η Λευκωσία θα μπορέσει να υποστηρίξει στο μέλλον αλλαγές στο κυκλοφοριακό της σύστημα, γεννήθηκε η ιδέα την χάραξη μιας γραμμής μετρό όπου θα συνδέει το νοτιοδυτικό τμήμα της πόλης συμπεριλαμβανομένου και του κέντρου.

## Περίληψη

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια γενική παρουσίαση της Κύπρου και σε αυτό παρουσιάζεται το κυκλοφοριακό πρόβλημα της Λευκωσίας, αναλύοντας τα προβλήματα στις δημόσιες συγκοινωνίες της και προτείνοντας ως λύση τη δημιουργία μετρό.

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζεται η μελέτη και η χάραξη της γραμμής.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η γεωλογία κατά μήκος της χάραξης της γραμμής, με τη χρήση γεωλογικών χαρτών και γεωτρήσεων.

Τέλος, στο τέταρτο κεφάλαιο προτείνεται τρόπος για την διάνοιξη των σταθμών και της σήραγγας της γραμμής και υπολογίζεται η κοστολόγηση του έργου καθώς και ο χρόνος ολοκλήρωσής του.

## Summary

The first chapter is an overview of Cyprus on which the traffic problem in Nicosia is being represented , by analyzing the issues in public transportation and suggesting a reasonable solution to construct a subway line.

The second chapter describes the study and formulation of the subway line.

The third chapter presents the geology along the subway line by using geological maps and investigative boreholes of the region.

Finally, the fourth chapter suggests ways to open the subway stations and tunnel, estimate the cost and the scheduling of the project.



## Περιεχόμενα

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ .....</b>	<b>1</b>
1.ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΥΠΡΟ .....	3
1.1 Εισαγωγή .....	3
1.2 Η Λευκωσία .....	5
1.2.1.Σημερινή κατάσταση και τάσεις στον τομέα της συγκοινωνίας στην Λευκωσία .....	6
1.2.2.Το επιπρόσθετο πρόβλημα των χώρων στάθμευσης .....	10
1.2.3. Δημόσια Μεταφορά .....	11
1.2.4.Περπάτημα .....	14
1.2.5. Ποδηλασία .....	15
1.2.6. Λεωφορεία .....	15
1.3 ΜΕΤΡΟ .....	17
1.3.1. Γενικές πληροφορίες .....	17
1.3.2. Τεχνικός Σχεδιασμός Διαδρόμου .....	17
1.3.3. Παράγοντες επιρροής της μεθόδου κατασκευής .....	17
1.3.4. Σταθμοί και Στάσεις .....	18
1.3.5. Αποβάθρες .....	22
1.3.6. Οφέλη λειτουργίας Μετρό .....	23
1.3.7. Εκμετάλλευση Μετρό .....	23
1.3.8. Επίδραση λειτουργίας του Μετρό της Αθήνας .....	26
1.3.9.Παρεμβάσεις στις περιοχές σταθμών Μετρό .....	28
1.3.10.Ταχύτητα και αξιοπιστία .....	28
1.3.11.Χαρακτηριστικά οχημάτων Μετρό .....	29
1.3.12.Οι Συρμοί .....	31
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΧΑΡΑΞΗ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΡΟ .....</b>	<b>35</b>
2. ΧΑΡΑΞΗ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΡΟ .....	37
2.1 Εισαγωγή .....	37
2.1.1. Μελέτη Σκοπιμότητας .....	37
2.1.2.Επιλογή βέλτιστης λύσης .....	38
2.1.3. Εξυπηρετούμενος πληθυσμός .....	38
2.1.4.Η αναμενόμενη ζήτηση .....	42
2.2 Επιλογή Χώρων για την Κατασκευή των Σταθμών .....	46
2.2.1.Έρευνα γραφείου .....	46
2.2.2. Επί τόπου μελέτη .....	46
2.2.3. Χωροθέτηση σταθμών .....	47
2.2.4. Επίσταθμος γραμμής .....	49
2.3 ΧΑΡΑΞΗ ΓΡΑΜΜΗΣ .....	58
2.3.1.Οριζόντια χάραξη γραμμής .....	58
2.3.2.Η μηκοτομή της χάραξης .....	60
2.4 Συμπεράσματα Χάραξης .....	65
2.4.1.Η εξοικονόμηση χρόνων διαδρομής που προκύπτει .....	65
2.5 Επιπτώσεις στο περιβάλλον .....	66
2.5.1.Ατμοσφαιρικό Περιβάλλον .....	66
2.5.2. Ακουστική ρύπανση .....	67
2.5.3. Επιπτώσεις από πιθανή εύρεση αρχαιοτήτων .....	68
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΓΕΩΛΟΓΙΑ .....</b>	<b>71</b>
3.ΓΕΩΛΟΓΙΑ .....	73
3.1.Γεωλογία .....	73
3.2 Γεωλογικοί σχηματισμοί – Λιθοστρωματογραφική δομή .....	73
3.3 Γεωτεχνική έρευνα .....	79
3.3.1. Γενικές Γεωλογικές Πληροφορίες .....	79
3.3.2. Γεωτρήσεις .....	79
3.4 Αναλυτική περιγραφή των πετρωμάτων .....	101
3.5 Συμπεράσματα .....	105
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΔΙΑΝΟΙΞΗ ΤΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ .....</b>	<b>107</b>
4. ΔΙΑΝΟΙΞΗ ΤΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ .....	109

4.1 Κριτήρια για την επιλογή τρόπου διάνοιξης των σταθμών .....	109
4.2 Οι σταθμοί και η μελέτη τρόπου διάνοιξης τους .....	110
4.3 Ανάλυση των επιλεγμένων μεθόδων διάνοιξης των σταθμών .....	114
4.3.1. Διάνοιξη με τη μέθοδο Cut and Cover .....	114
4.3.2. Διάνοιξη με τη νέα αυστριακή μέθοδο (NATM) .....	122
4.4 Χαρακτηριστικά σήραγγας Μετρό στη Λευκωσία .....	146
4.5 Επιλογή Τ.Β.Μ. για τη διάνοιξη της σήραγγας .....	148
4.5.1. Γενικά χαρακτηριστικά Τ.Β.Μ .....	150
4.5.2. Περιγραφή μηχανήματος εξισορρόπησης της πίεσης του εδάφους (Earth Pressure) .....	151
4.5.3. Εδαφικές συνθήκες όπου χρησιμοποιείται το Ε.Ρ.Β.....	153
4.5.4. Είσοδος και έξοδος Τ.Β.Μ.....	156
4.5.5. Συναρμολόγηση και εκκίνηση του Ε.Ρ.Β.....	157
4.5.6. Βασικά χαρακτηριστικά της μηχανής Ε.Ρ.Β. ....	157
4.5.7. Τοποθέτηση προκατασκευασμένων στοιχείων .....	167
4.5.8. Κέντρο πλοήγησης και ελέγχου του Ε.Ρ.Β. ....	170
4.5.9. Σύστημα υποστήριξης του Ε.Ρ.Β. ....	172
4.5.10. Συντελεστές απόδοσης .....	176
4.6 Ανάλυση κόστους-χρόνου .....	176
4.6.1. Εισαγωγή .....	176
4.6.2. Κόστος κατασκευής γραμμής Μετρό στη Λευκωσία .....	177
4.6.3. Στοιχεία κόστους από έργα της Αττικό Μετρό στην Αθήνα.....	178
4.6.4. Χρόνος Κατασκευής της Γραμμής Μετρό .....	180
4.6.5. Στοιχεία χρόνων κατασκευής από έργα της Αττικό Μετρό στην Αθήνα.....	180
<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....</b>	<b>183</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....</b>	<b>185</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....</b>	<b>227</b>

## Λίστα Πινάκων

Αρ. Πίνακα	Επεξήγηση Πίνακα	Σελ.
1-1	Προτεινόμενα σενάρια αστικών συγκοινωνιών	16
1-2	Ρύποι πριν και μετά την κατασκευή του Μετρό	27
1-3	Χαρακτηριστικά της τελευταίας γενιάς συρμών	31
2-1	Αναλυτικά πληθυσμιακά στοιχεία Κύπρου- διαχωρισμός κατά επαρχία	39
2-2	Πληθυσμιακά στοιχεία επαρχίας Λευκωσίας	40
2-3	Χρόνοι διαδρομής αποστάσεων μεταξύ σταθμών	65
3-1	Δοκιμές πρότυπης διείσδυσης	80
3-2	Μηχανικά χαρακτηριστικά της Γεώτρησης στην πλατεία Ελευθερίας	92
3-3	Θλιπτική αντοχή στη περιοχή γύρω από τα τείχη	93
3-4	Συγκεντρωτικός πίνακας γεωτρήσεων	97
3-5	Διάγραμμα όπου παρουσιάζονται οι αναλογίες των πετρωμάτων που έχουν άργιλο και ανθρακικά	99
3-6	Τεχνικά χαρακτηριστικά Μάργας κατά τη χάραξη της γραμμής του μετρό της Λευκωσίας	100
4-1	Χαρακτηριστικά σταθμών ως προς την διάνοιξη	111
4-2	Ταξινόμηση των μηχανών διάνοιξης σηράγγων	147
4-3	Τιμές κόστους κατασκευής μετρό	175
4-4	Υπολογισμός συνολικού κόστους γραμμής μετρό Λευκωσίας	178

## Λίστα Σχημάτων

Αρ. Σχημάτων	Επεξήγηση Σχήματος	Σελ.
1-1	Τερματικός σταθμός με επίσταθμο	18
1-2	Σταθμός με μεσαία αποβάθρα και ενδιάμεσο όροφο κίνησης επιβατών	19
1-3	Σταθμός με πλευρικές αποβάθρες και κλίμακες στην άκρη της αποβάθρας	20
1-4	Θέση αποβάθρων σε σταθμούς/στάσεις ΜΕΤΡΟ	21
1-5	Διάγραμμα πορείας συρμού V-S	25
2-1	Κίνηση οχημάτων από και προς το κέντρο της Λευκωσίας	43
2-2	Ημερήσια κίνηση στη Λευκωσία	44
3-1	Πρότυπος Δειγματολήπτης Terzaghi ( S.P.T.)	81
3-2	Χάρτης πλαστικότητας κατά Casagrande	89
3-3	Προσδιορισμός και περιγραφή των εδαφών	90
3-4	Σημειώσεις πετρολογίας ιζηματογενών πετρωμάτων	102
3-5	Υπόμνημα από γεωλογικό χάρτη Lefkosia Bedrock	103
4-1	Εκσκαφή της σήραγγας σε τρεις φάσεις καθ' ύψος	132
4-2	Διάνοιξη σήραγγας με δύο πλευρικές στοές στο κεντρικό πυλώνα	133
4-3	Εκσκαφή σήραγγας σε έξι φάσεις	134
4-4	Σύγκριση διάνοιξης σταθμού μετρό Αθηνών με πλευρικές στοές και μέτωπα βαθμίδας	135
4-5	Εκτίμηση των μέτρων υποστήριξης κατά το σύστημα Q(NGI)	139
4-6	Κοπτική κεφαλή και ατέρμων κοχλίας E.P.B.	151
4-7	Εφαρμογές μηχανών πολφού και E.P.B σε σχέση με το έδαφος	153
4-8	Όρια εφαρμογής πρόσθετων ρυθμιστικών παραγόντων στο E.P.B.	154

**Λίστα Εικόνων**

Αρ. Εικόνας	Επεξήγηση Εικόνας	Σελ.
1-1	Χάρτης απεικόνισης περιοχών Κύπρου	5
1-2	Σημερινή κατάσταση στη Λευκωσία (2010)	8
1-3	Πρόβλεψη κατάστασης στη Λευκωσία το 2020, χωρίς νέες συγκοινωνιακές μελέτες-έργα	9
1-4	Κεντρικοί οδικοί άξονες Λευκωσίας	13
1-5	Συρμός από γραμμή 3 Αθήνας	31
2-1	Κίνηση κατά την είσοδο στην πόλη(α)	44
2-2	Κίνηση κατά την είσοδο στην πόλη(β)	45
2-3	Κίνηση κατά την είσοδο στην πόλη(γ)	45
2-4	Παρουσίαση γύρω περιοχών και χώρου τοποθέτησης σταθμού "ΓΣΠ"	50
2-5	Παρουσίαση χώρου τοποθέτησης σταθμού "Κωστή Παλαμά"	51
2-6	Παρουσίαση χώρου τοποθέτησης σταθμού "Αγλατζιά"	52
2-7	Παρουσίαση γύρω περιοχών και χώρου τοποθέτησης σταθμού "Εθνική Φρουρά"	53
2-8	Παρουσίαση χώρου τοποθέτησης και γύρω περιοχής σταθμού "Μακαρίου"	54
2-9	Παρουσίαση γύρω περιοχών και χώρου τοποθέτησης σταθμού "Γρίβα Διγενή"	55
2-10	Παρουσίαση γύρω περιοχών και χώρου τοποθέτησης σταθμού "Μακάριο Στάδιο"	56
2-11	Χάρτης χρήσεων Γης της Λευκωσίας, με ενσωματωμένη την γραμμή χάραξης	57
2-12	Οριζόντια Χάραξη γραμμής	59
2-13	Οδικός χάρτης περιοχής της Λευκωσίας	60
2-14	Ανασκαφές στο χώρο του Παλαιού Δημαρχείου, εντός των τειχών Λευκωσία	69
2-15	Διασταύρωση οδών Γρίβα Διγενή και Δημοσθένη Σεβέρη	69
2-16	Λόφος Αγίου Γεωργίου (ΠΑ.ΣΥ.Δ.Υ), Λευκωσία	70
3-1	Χάρτης με μορφολογία Κύπρου	74
3-2	Στρωματογραφία της περιοχής ΤΡΟΟΔΟΣ- ΜΕΣΑΟΡΑΣ- ΚΑΒΟ ΓΚΡΕΚΟ	76
3-3	Γεωλογικός Χάρτης 1 Λευκωσίας	77
3-4	Γεωλογικός Χάρτης 2 Λευκωσίας	78
3-5	Χάρτης χάραξης με γεωτρήσεις της περιοχής	97
4-1	Τοποθέτηση αντιρίδων για την υποστήριξη της εκσκαφής	118
4-2	Τοποθέτηση τελικής επένδυσης με την μέθοδο NATM	130
4-3	Μονή σήραγγα διπλής τροχιάς	145
4-4	Εμπρόσθιο τμήμα Ε.Ρ.Β.	150
4-5	Ανοιχτή και κλειστή λειτουργία Ασπίδας	156
4-6	Τοποθέτηση προκατασκευασμένων στοιχείων	165
4-7	Προκατασκευασμένα στοιχεία μόνιμης επένδυσης	167
4-8	Κέντρο πλοήγησης και ελέγχου Ε.Ρ.Β.	169



# **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1**

## **ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ**





## 1.ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΥΠΡΟ

### 1.1 Εισαγωγή

Η **Κύπρος** είναι νησιωτική χώρα της ανατολικής Μεσογείου, μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης και βρίσκεται 270 χιλιόμετρα ανατολικά της Ελλάδας (Καστελόριζο), 70 περίπου χιλιόμετρα νότια της Τουρκίας και 120 χιλιόμετρα δυτικά της Συρίας. Είναι το τρίτο μεγαλύτερο σε έκταση νησί της Μεσογείου. Γεωγραφικά η Κύπρος μπορεί να θεωρηθεί ότι ανήκει στην Νοτιοανατολική Ευρώπη ή στην Νοτιοδυτική Ασία. Ωστόσο, επειδή ιστορικά, πολιτιστικά και οικονομικά η Κύπρος έχει δεσμούς με την Ευρώπη και ιδιαίτερα με την Ελλάδα, θεωρείται μέρος μόνο της Δύσης και της Ευρώπης. Είναι σήμερα το νοτιοανατολικό άκρο της Ευρωπαϊκής Ένωσης αλλά και της Ευρώπης ολόκληρης. Η Κύπρος κατοικείται από Ελληνοκύπριους στην πλειοψηφία, από Τουρκοκύπριους και από ορισμένες μικρές μειονότητες (Αρμένιοι, Λατίνοι, Μαρωνίτες). Μετά το 1974 που έγινε η Τουρκική εισβολή και μια βίαιη κατάληψη του βόρειου τμήματος του νησιού, 200.000 Ελληνοκύπριοι αναγκάστηκαν να μεταφερθούν στις ελεύθερες περιοχές στα νότια του νησιού ενώ οι Τουρκοκύπριοι μεταφέρθηκαν στο βορρά και δημιούργησαν μετά από 9 χρόνια δικό τους κράτος που δεν αναγνωρίστηκε από καμία χώρα και οργανισμό εκτός από την Τουρκία με την ονομασία Τουρκική Δημοκρατία της Βορείου Κύπρου. Ο συνολικός πληθυσμός της ελεύθερης Κύπρου είναι, σύμφωνα με εκτιμήσεις του 2009, 796.740 κάτοικοι.

Η **Κύπρος**, επίσημα **Κυπριακή Δημοκρατία** ιδρύθηκε το 1960, στη βάση των Συμφωνιών Ζυρίχης-Λονδίνου που προέβλεπαν την ανεξαρτητοποίηση της Κύπρου από τη Βρετανία, αποικία της οποίας αποτελούσε πριν. Το 1963 με αφορμή τις προτάσεις για τροποποιήσεις του Συντάγματος των συμφωνιών Ζυρίχης οι Τουρκοκύπριοι αυτοαπομονώθηκαν σε κλειστούς εδαφικούς θύλακες. Μετά την Τουρκική εισβολή στην Κύπρο (αφορμή της οποίας απετέλεσε το φασιστικό πραξικόπημα της Ελλαδικής Χούντας και της κυπριακής Ε.Ο.Κ.Α. Β' και την κατοχή του 1974) η Κυπριακή Δημοκρατία πρακτικά ελέγχει μόνο τα δύο τρίτα του νησιού, ενώ το βόρειο τρίτο κατέχεται παράνομα από την Τουρκία. Το

1983 η Τουρκία παρανόμως ανακήρυξε τα κατεχόμενα εδάφη σε κράτος, ονομάζοντάς το «Τουρκική Δημοκρατία της Βορείου Κύπρου». Η ενέργεια αυτή καταδικάστηκε από το Συμβούλιο Ασφαλείας του Ο.Η.Ε. Στις δεκαετίες που ακολούθησαν την εισβολή οι εναπομείναντες εγκλωβισμένοι Ελληνοκύπριοι εκδιώχθηκαν και 120.000 έποικοι από την Τουρκία μεταφέρθηκαν στο βόρειο μέρος της Κύπρου. Επίσης αμέσως μετά την εισβολή οι περισσότεροι Τουρκοκύπριοι μετακινήθηκαν στο κατεχόμενο μέρος. Το αποτέλεσμα είναι σήμερα το κατεχόμενο μέρος να κατοικείται κυρίως από Τούρκους (τους εναπομείναντες Τουρκοκύπριους και δεκάδες χιλιάδες εποίκους).

Το 2004 η Κυπριακή Δημοκρατία εντάχθηκε στην Ευρωπαϊκή Ένωση, με ένα τμήμα του εδάφους να βρίσκεται υπό Τουρκική κατοχή. Αυτό σημαίνει ότι το κοινοτικό κεκτημένο εφαρμόζεται μόνο στο ελεύθερο μέρος της Κύπρου. Δηλαδή, η συμφωνία ένταξης καλύπτει την ένταξη ολόκληρης της Κύπρου, αλλά υπάρχει πρόνοια ώστε το κοινοτικό κεκτημένο να εφαρμόζεται μόνο στις ελεύθερες περιοχές, διότι αυτές είναι που ελέγχει η κυπριακή κυβέρνηση. Η μη εφαρμογή του κοινοτικού κεκτημένου στο βόρειο τρίτο του νησιού έχει γεωγραφική ισχύ και όχι κοινωνική, και η Τουρκική μειονότητα της Κύπρου απολαμβάνει όλα τα δικαιώματα της ένταξης.

Η Κύπρος βρίσκεται Ανατολικά των ακτών της Κρήτης και της Ρόδου, Δυτικά των Συριακών ακτών, Νότια των ακτών της Τουρκίας και Βόρεια των ακτών της Αιγύπτου. Στα νοτιοδυτικά του νησιού δεσπόζει η οροσειρά Τρόδος, ενώ στα βόρεια η οροσειρά του Πενταδάκτυλου ενώ ανάμεσά τους εκτείνεται η πεδιάδα της Μεσαορίας την οποία διασχίζουν δυο ποταμοί ο Πεδιαίος κι ο Γιαλιάς.

Η Κύπρος βασίζεται κυρίως στον τουρισμό της. Χαρακτηριστικά υπολογίζεται ότι προσελκύει πάνω από 2,4 εκατομμύρια τουρίστες κάθε χρόνο. Το κατά κεφαλήν εισόδημά της είναι 28.381 \$. Υιοθέτησε ως νόμισμά της το ευρώ την 1η Ιανουαρίου 2008 . Στη Κύπρο υπάρχουν περίπου 250 λατομεία από τα οποία εξορύσσεται γύψος, φαιόχρωμα, αμμοχάλικο, χάβαρα, άργιλος, ασβεστολιθικά πετρώματα, χαλκοπυρίτης, σιδηροπυρίτης, χρωμίτης, αμίαντος, μπεντονίτης και χαλκός. Στη γεωργία η Μεσαορία παράγει σιτηρά, η Κυθρέα ελιές, η Μόρφου εσπεριδοειδή, η Καρπασία καπνό, τα Κοκκινοχώρια πατάτες,

εσπεριδοειδή και λαχανικά. Τα Κοκκινοχώρια πήραν το όνομα τους από το έδαφος τους, που είναι κόκκινο. Η οδήγηση γίνεται στα αριστερά. Το οδικό δίκτυο είναι αρκετά πυκνό και υπάρχουν, σχεδόν σε όλες τις μεγάλες πόλεις, αεροδρόμια. (πηγή: ελεύθερη διαδικτυακή εγκυκλοπαίδεια Wikipedia)

Η Κύπρος διαιρείται σε έξι επαρχίες: την Λευκωσία, την Αμμόχωστο, την Πάφο, την Λεμεσό, την Λάρνακα και την Κερύνεια.



Εικόνα 1-1: Χάρτης απεικόνισης περιοχών Κύπρου

Σημειώνεται ότι η παρούσα διπλωματική εργασία εστιάζει στην μελέτη της ευρύτερης περιοχής της Λευκωσίας.

## **1.2 Η Λευκωσία**

Η Λευκωσία, γνωστή διεθνώς με το αγγλικό της όνομα Nicosia, είναι η πρωτεύουσα της Κύπρου. Κτισμένη πάνω στον Πεδιαίο ποταμό, είναι η μόνη απομένουσα διχοτομημένη πρωτεύουσα στον κόσμο. Το βόρειο μέρος της εξακολουθεί να βρίσκεται υπό τουρκική κατοχή, όπως άλλωστε και το ένα τρίτο της Κύπρου. Είναι επίσης γνωστή και με το αρχαίο της όνομα, Λήδρα.

Οι κατεχόμενες και οι ελεύθερες περιοχές της Λευκωσίας χωρίζονται από τη Γραμμή Κατάπαυσης του Πυρός. Πολλές φορές, αυτή λέγεται και "Πράσινη Γραμμή", παίρνοντας το όνομά της από την γραμμή πράσινου χρώματος που σχεδιάστηκε πάνω στο χάρτη της Κύπρου το 1974 για να δείξει τα όρια των κατεχόμενων εδαφών. Εφαπτόμενη της πράσινης γραμμής προς τα ελεύθερα εδάφη, υπάρχει μια ζώνη η οποία ονομάζεται νεκρή ζώνη. Πρόκειται για μια ζώνη στην οποία η κυβέρνηση της Κυπριακή Δημοκρατίας έχει παραχωρήσει δικαίωμα ελέγχου στα Ηνωμένα Έθνη για διατήρηση του status quo το οποίο έχει προκύψει από την εισβολή της Τουρκίας το 1974. Η Γραμμή Κατάπαυσης του Πυρός εκτείνεται ανατολικά και δυτικά της Λευκωσίας, διασχίζοντας όλη την Κύπρο. Η πόλη είναι το διοικητικό και εμπορικό κέντρο της Κύπρου και σε αυτήν λειτουργούν αρκετές βιομηχανίες που παράγουν ρουχισμό, δερμάτινα, κεραμικά, πλαστικά προϊόντα κλπ. Τα τελευταία χρόνια έχει επίσης μετατραπεί σε κέντρο υπηρεσιών ιδιαίτερα χρηματοοικονομικής και εκπαιδευτικής φύσης. (πηγή: *ελεύθερη διαδικτυακή εγκυκλοπαίδεια Wikipedia*)

### **1.2.1 Σημερινή κατάσταση και τάσεις στον τομέα της συγκοινωνίας στην**

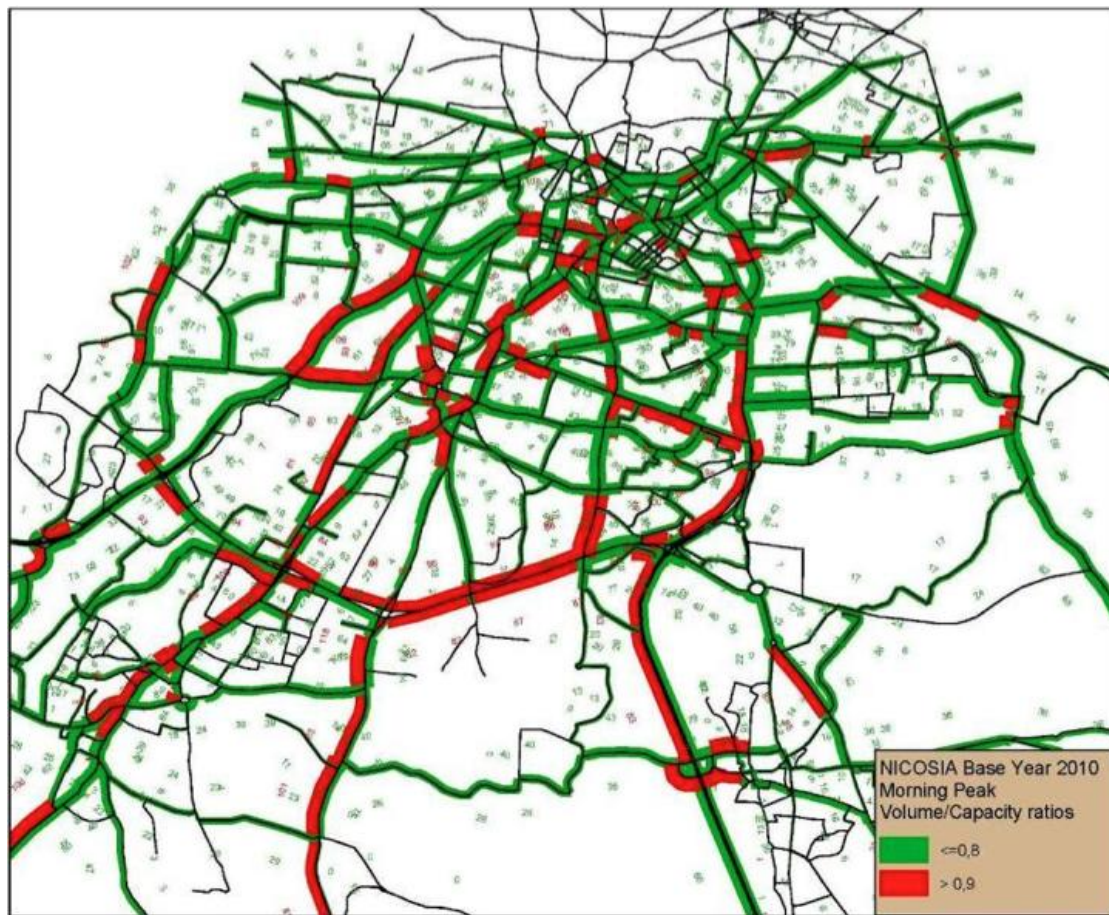
#### **Λευκωσία**

Η Λευκωσία είναι μια ευρωπαϊκή πρωτεύουσα που η κινητικότητα της δεν μπορεί να συγκριθεί με άλλες ευρωπαϊκές πόλεις. Πιο συγκεκριμένα **η τρέχουσα κατάσταση** ορίζεται ως εξής:

- Το ποσοστό των καθημερινών μετακινήσεων που σήμερα εξυπηρετούνται από τη δημόσια συγκοινωνία έχει φτάσει το επίπεδο του 3%, ενώ στις σύγχρονες ευρωπαϊκές πόλεις το ποσοστό αυτό είναι στο επίπεδο του 25%. Επιπλέον, οι χρήστες των μέσων μαζικής μεταφοράς είναι κατά κύριο λόγο κάτοικοι χαμηλού εισοδήματος.
- Το περπάτημα, ίσως είναι ο πιο σημαντικός δείκτης για την ποιότητα της κοινωνικής ζωής σε μια πόλη που παραμένει πολύ περιορισμένη. Η έλλειψη πεζών στην πλειονότητα των δρόμων και το οδικό περιβάλλον είναι εχθρικό προς την κυκλοφορία των πεζών. Αυτό έχει αρνητικό αντίκτυπο στην ποιότητα της ζωής, της υγείας του πληθυσμού και στην οικονομική και κοινωνική λειτουργία της πόλης. Η κατάσταση είναι επίσης πολύ

προβληματική για τις ευάλωτες κατηγορίες του πληθυσμού όπως τα παιδιά, τους ηλικιωμένους και τα άτομα με ειδικές ανάγκες.

- Το ποδήλατο είναι εξ ορισμού το ιδανικό πράσινο μέσο μεταφοράς, δεδομένου ότι δεν είναι ρύπος. Παρά το γεγονός ότι οι καιρικές συνθήκες και οι τοπικές συνθήκες υποστηρίζουν τη χρήση του ποδηλάτου, αυτός ο τρόπος μεταφοράς απουσιάζει από το ισχύον καθεστώς κινητικότητας στη Λευκωσία. Πρέπει να σημειωθεί ότι το ποδήλατο χρησιμοποιείται όταν οι άνθρωποι θέλουν να είναι ανεξάρτητοι, και σε άμεση επαφή με την ποιότητα του αστικού χώρου. Ως εκ τούτου, είναι σημαντικό να ενισχυθεί σε αυτή την τελευταία διάσταση της Λευκωσίας για την επίτευξη υψηλότερου ποσοστού της χρήσης ποδηλάτου στο μέλλον.
- Η σημερινή δομή της περιοχής αντανakλά την απουσία του αειφόρου πολεοδομικού σχεδιασμού, η οποία οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στην τουρκική εισβολή και έτσι ένας μεγάλος αριθμός προσφύγων κινούνται στον ευρύτερο χώρο της πόλης, χωρίς επαρκή σχεδιασμό για την ανάπτυξη των υποδομών των μεταφορών.
- Η απότομη αύξηση των εισοδημάτων επέτρεψε μαζική κατασκευή μονοκατοικιών σε μεγάλη απόσταση από το κέντρο, και την εκρηκτική αύξηση των ιδιόκτητων αυτοκινήτων. Η πολύ καλή οικονομική κατάσταση επιτρέπει επίσης τη δημιουργία ενός άναρχου δικτύου δρόμου καθώς και την ενθάρρυνση της χρήσης του αυτοκινήτου.
- Τα αυτοκίνητα των κατοίκων και των εργαζομένων της περιοχής στο κέντρο της Λευκωσίας, είναι περισσότερο το αποτέλεσμα μιας συστηματικής πολιτικής στάθμευσης που ακολουθήθηκε προσφερόμενη με πολύ χαμηλή τιμή στην περιοχή. Αυτό το γεγονός προσελκύει τους πολίτες που κάνουν χρήση του αυτοκινήτου. Δεν μπορεί να υποτιμηθεί όμως το γεγονός ότι είναι απαραίτητο για την υποστήριξη της ζωής της πόλης για άλλες δραστηριότητες αναψυχής και πολιτισμού η δημιουργία μεγάλων πάρκων στο κέντρο της πόλης .



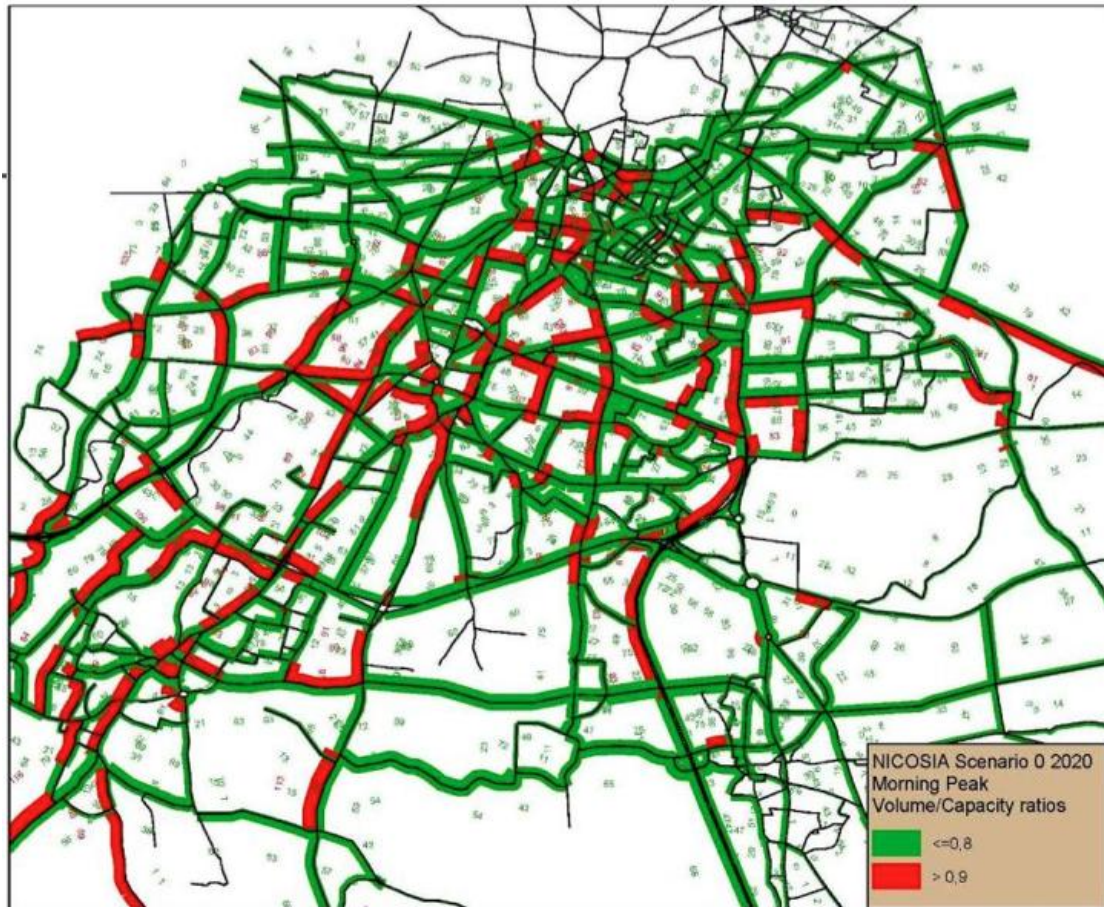
Εικόνα 1-2:Σημερινή κατάσταση στη Λευκωσία (2010) , Denco s.a.

Όσον αφορά το πρόσεχες μέλλον, στην περίπτωση που δεν προβλεφθούν νέες συγκοινωνιακές μελέτες, η κατάσταση στη Λευκωσία θα ακολουθήσει τις έξης τάσεις:

- Ο οικισμός συνεχώς διευρύνεται με διατήρηση χαμηλής πυκνότητας στην περιφέρεια.
- Ο πληθυσμός αυξάνεται καθώς και το επίπεδο της κινητικότητας.
- Εισάγονται νέες χρήσεις γης, οι οποίες βρίσκονται στο σύγχρονο κέντρο όπως γραφεία, διοίκηση και εμπορικές δραστηριότητες που θα αυξήσουν σημαντικά τη ζήτηση μεταφοράς από / προς το κέντρο της πόλης.
- Μεγάλος αριθμός οχημάτων θα απαιτήσουν την πρόσβαση στο κέντρο της πόλης στο μέλλον. Η αύξηση της ακτινωτής ανάπτυξης των δρόμων θα προωθήσει τη χρήση του αυτοκινήτου ακόμη περισσότερο και δεν θα μπορέσει

τελικά να παρέχεται μια αποτελεσματική βιώσιμη λύση για τη στέγαση της κυκλοφορίας.

Η πόλη αυτή οδηγείται προς μια εντελώς αντίθετη κατεύθυνση από το στόχο της ΕΕ για την αειφόρο ανάπτυξη της κινητικότητας με σοβαρές αρνητικές επιπτώσεις στο φυσικό και κοινωνικό της περιβάλλον.



Εικόνα 1-3: Πρόβλεψη κατάστασης στη Λευκωσία το 2020, χωρίς νέες συγκοινωνιακές μελέτες-έργα, Denco s.a.

### **1.2.2. Το επιπρόσθετο πρόβλημα των χώρων στάθμευσης**

Η έλλειψη μιας ολοκληρωμένης πολιτικής στάθμευσης δημιουργεί τα υφιστάμενα προβλήματα που παρουσιάζονται και αναλύονται. Η παρούσα κατάσταση της στάθμευσης είναι μία από τις σημαντικότερες αιτίες των υφιστάμενων προβλημάτων της κυκλοφορίας και της συνεχής αύξησή τους. Η έλλειψη off-street parking σε σωστές θέσεις και η ανεπαρκής παροχή της νομικής και ελεγχόμενης στάθμευσης στο δρόμο, μειώνουν την ικανότητα των οδών, μέσω της παράνομης στάθμευσης, ακόμη και σε κρίσιμες θέσεις(διασταυρώσεις, πεζοδρόμια, στροφές, κλπ.).Σημαντικό ρόλο παίζουν τα χαμηλά τέλη στάθμευσης υπέρ της χρήσης των ιδιωτικών αυτοκινήτων, που είναι ένας από τους βασικούς λόγους για την πολύ χαμηλή χρήση δημόσιων μέσων μεταφοράς και άλλων πράσινων μέσων μεταφοράς (ποδήλατα, περπάτημα).

Για την εφαρμογή καλύτερης στάθμευσης έχει προταθεί από την εταιρεία Denco :

1. Πλήρης απαγόρευση της παράνομης στάθμευσης μέσω της συστηματικής επιβολής του νόμου και την αύξηση των προστίμων, ιδίως για την παράνομη στάθμευση σε κρίσιμους τομείς που επηρεάζουν τις ροές κυκλοφορίας.
2. Μείωση της χρήσης ιδιωτικών αυτοκινήτων, μέσω της κατάλληλης προσαρμογής των προμηθειών και των τελών στάθμευσης, ιδίως σε περιοχές με υψηλά αξιοθέατα , όπως είναι το κέντρο της πόλης. Προτείνεται η πρόσβαση σε αυτές τις περιοχές με βραχυπρόθεσμη στάθμευση επαρκή και με χαμηλό κόστος .
3. Σωστός έλεγχος στάθμευσης στο δρόμο σε περιοχές όπου η ζήτηση υπερβαίνει την προσφορά.
4. Σωστή κατανομή της ελεγχόμενης στάθμευσης στο δρόμο με προτεραιότητα στους κατοίκους, μικρής διάρκειας στάθμευση για τους επισκέπτες.
5. Σχεδιασμός και κατασκευή νέων off-street parking σε κατάλληλα επιλεγμένες θέσεις για την εξυπηρέτηση κυρίως μακροπρόθεσμης ζήτησης



στάθμευσης, λαμβάνοντας υπόψη την τρέχουσα και μελλοντική ικανότητα της κυκλοφορίας, η οποία θα καθορίσει το μέγιστο αριθμό των θέσεων στάθμευσης που θα κατασκευαστεί.

6. Θα πρέπει να δοθεί προτεραιότητα στη διευκόλυνση και την ενθάρρυνση της χρήσης των Δημοσίων Μεταφορών σε συνεργασία με τα μελλοντικά πάρκινγκ που θα κατασκευαστούν.

### **1.2.3. Δημόσια Μεταφορά**

Ίσως θεωρήθηκε προφανές ότι ο χώρος της πόλης ανήκει στο αυτοκίνητο, αλλά θα πρέπει όλα να αναθεωρηθούν σύμφωνα με τις νέες ανάγκες και στόχους των κατοίκων της Λευκωσίας. Η πόλη έχει μεγάλη ανάγκη να βρει χώρο για να ασκήσει τις βασικές πολιτικές της και παράλληλα να εξασφαλίσει την προοπτική ανάπτυξης της οικονομίας της μέσω της προσέλκυσης μεγάλου αριθμού επισκεπτών και επενδυτών. Προκειμένου να αποφευχθούν οι αρνητικές επιπτώσεις που περιγράφηκαν προηγουμένως, είναι αναγκαίο να δοθεί προτεραιότητα στην προώθηση της δημόσιας μεταφοράς, και συγκεκριμένα στην ανάπτυξη των δημοσίων συγκοινωνιών (λεωφορεία, μετρό), καθώς και στην δημιουργία θετικής στάσης και εξοικείωσης με το περπάτημα και τη ποδηλασία ως βιώσιμους τρόπους μετακίνησης. Η εξοικονόμηση χώρου εξασφαλίζεται μόνο με ένα ισχυρό σύστημα *δημόσιων μεταφορών*.

Είναι όμως σαφές, πως κάτι τέτοιο είναι αρκετά δύσκολο να πραγματοποιηθεί. Η διάρθρωση της Λευκωσίας περιλαμβάνει το ήμισυ της παλιάς πόλης, η οποία βρίσκεται σε παρακμή, καθώς και το πυκνό σύγχρονο εμπορικό και διοικητικό κέντρο, που περιβάλλεται από τη νότια πλευρά και τα προάστια των οποίων η πυκνότητα μειώνεται καθώς απομακρυνόμαστε από αυτό. Γραμμικές συγκεντρώσεις αναπτύσσονται σε ακτινωτούς άξονες, που συνδέουν τα προάστια με το κέντρο. Αυτή η γραμμική κατανομή των δραστηριοτήτων υποστηρίζει την φυσική πρόσβαση τους στο αυτοκίνητο. Ως εκ τούτου, σε αυτό το περιορισμένο διάστημα από αυτές τις γραμμές, πρέπει να υπάρχει οπωσδήποτε χώρος για στάθμευση, για τους πεζούς και τα ποδήλατα. Το γεγονός αυτό μειώνει την κυκλοφοριακή ικανότητα.

Αρχικά, η βιωσιμότητα των δημόσιων μεταφορών εξαρτάται από το επίπεδο προσβασιμότητας της από τον πληθυσμό. Η δημόσια μεταφορά είναι προφανώς γραμμική και θα πρέπει να υπάρχει εύκολη πρόσβαση σε σημεία, σταθμούς και στάσεις. Ο μόνος τρόπος να αλλάξει αυτό είναι η δημιουργία τοπικών κέντρων σε αυτές τις περιφερειακές περιοχές κατά μήκος του τόξου γύρω από την πόλη. Ερώτημα όμως παραμένει, το πού θα μπορούσαν αυτά τα τοπικά κέντρα να δημιουργηθούν. Ήδη κάποιες συγκεντρώσεις, ιδίως τα εμπορικά, αρχίζουν να διατυπώνονται και πρέπει να ενισχυθούν, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα 1-4.

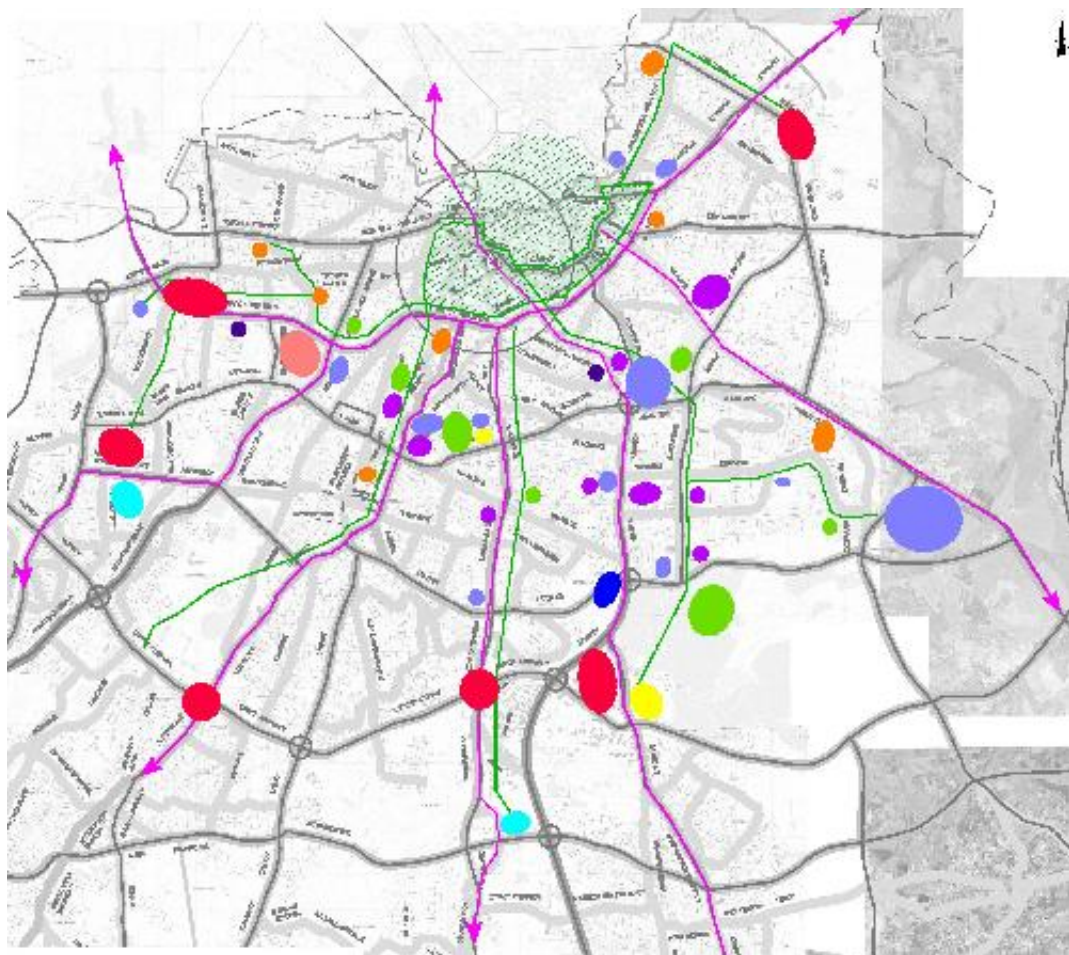
Αρκετές συγκεντρώσεις βρίσκονται κοντά σε βιομηχανικές περιοχές οι οποίες τείνουν να εγκαταλειφθούν, προσφέροντας έτσι μια καλή ευκαιρία για την εισαγωγή άλλων χρήσεων (π.χ. νέες επενδύσεις για το εμπόριο, τη διοίκηση, χρήσεις αναψυχής) που απαιτούνται σήμερα από την πόλη. Όπως και σε όλες τις ευρωπαϊκές πόλεις, δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στην αποκατάσταση των πρώην βιομηχανικών χώρων, οι οποίοι δεν θα πρέπει να παραμείνουν ως τόποι της παρακμής όταν η πόλη θα εξαπλωθεί και θα τους ενσωματώσει. Για παράδειγμα, τοπικά κέντρα θα μπορούσαν να αναπτυχθούν στην περιοχή γύρω από το Mall, όπου υπάρχουν επίσης ένα μεγάλο συγκρότημα νοσοκομείου, το δάσος της Αθαλάσσας, ένα εκθεσιακό κέντρο, ένα γκαράζ και άλλες παρόμοιες υποδομές. Σχεδόν όλες οι υποψήφιες περιοχές πρέπει να έχουν διασυνδέσεις με πανεπιστημιούπολεις ώστε να είναι δυνατό να επιτευχθεί η επιθυμητή σύνθεση των δραστηριοτήτων.

Φυσικό λοιπόν συμπέρασμα εξάγεται ότι ο δρόμος που συνδέει τους άξονες των τοπικών κέντρων με το σύγχρονο κέντρο θα πρέπει να έχει αποκλειστικό άξονα δημοσίων μεταφορών. Προβλέπεται λοιπόν ένα πλέγμα δρόμων πρωταρχικής σημασίας (αυτοκινητόδρομοι και αρτηρίες), οι περισσότεροι από τους οποίους δεν έχουν ακόμη ολοκληρωθεί. Δακτύλιοι θα χρησιμεύσουν ως γραμμές άμυνας της πόλης κατά των αυτοκινήτων που φτάνουν στα όριά της. Η στρατηγική της πόλης θα είναι να ενθαρρύνει τους επιβάτες να χρησιμοποιούν τις δημόσιες μεταφορές κατά την είσοδό τους. Οι αποστάσεις των τοπικών κέντρων από το σύγχρονο κέντρο δεν υπερβαίνουν 3-5 χιλιόμετρα. Οι βασικές ενέργειες που θα πραγματοποιηθούν αφορούν:

- Τη σωστή θέση και η ιεραρχία των δρόμων για την αποφυγή των κινήσεων μέσω κατοικιών και άλλων ευαίσθητων περιοχών

- Τη παροχή χώρου για τις «πράσινες» μεταφορές (λεωφορειόδρομοι, ποδηλατόδρομοι, ευρεία πεζοδρόμια και πεζόδρομοι).
- Περισσότεροι μονόδρομοι.  
(πηγή Denco s.a.)

Ένας τέτοιος προγραμματισμός θα ενισχύσει εκ πρώτης το περπάτημα και την ποδηλασία, θα καλωσορίσει τα λεωφορεία, και κυρίως, θα μπορούσε να αναβαθμιστεί σε υποδομή **μετρό**.



Εικόνα 1-4: Κεντρικοί οδικόι άξονες Λευκωσίας, Denco s.a.

#### **1.2.4.Περπάτημα**

Το περπάτημα είναι το μόνο εντελώς δωρεάν και ανεξάρτητο μέσο μεταφοράς. Η ποιότητα και η πυκνότητα του περπατήματος είναι ο πιο αντιπροσωπευτικός δείκτης ποιότητας ζωής.

Το περπάτημα δεν είναι εφικτό παντού και σε οποιοσδήποτε συνθήκες. Ακόμα κι αν είναι μια φυσική ανάγκη, όταν οι συνθήκες είναι εχθρικές, δεν είναι μια επιλογή. Το περπάτημα αξίζει να γίνει μια πραγματικά ελεύθερη και ευχάριστη προϋπόθεση για την κοινωνικότητα στη Λευκωσία, και να συμπεριλάβει ένα σημαντικό ποσοστό των αυτόνομων ταξιδιών που αντιστοιχούν πράγματι σε πιο άνετες και ελεύθερες επιλογές. Η βιώσιμη Λευκωσία του αύριο θα πρέπει να είναι πλούσια σε ανθρώπινη παρουσία, ανοιχτή και φιλική προς τους πεζούς. Τα παιδιά, οι ηλικιωμένοι, τα άτομα με περιορισμένη κινητικότητα, κανένας από αυτούς δεν πρέπει να διστάζουν να βγουν στο δρόμο. Ένα μεγάλο ποσοστό των πολιτών, κυρίως υπερήλικες, έχουν περιορισμένη κινητικότητα εξαιτίας αναπηρίας και άλλα προβλήματα υγείας. Η γήρανση του πληθυσμού στην Κύπρο, και σε ολόκληρη την Ευρώπη, θα αυξήσει το ποσοστό αυτό. Αυτοί οι άνθρωποι πρέπει να έχουν σαφώς το δικαίωμα σε μια αξιοπρεπή θέση στο δρόμο κάνοντας το περπάτημα ένα σημαντικό μέρος της θεραπείας τους. Είναι λοιπόν εξαιρετικά σημαντικό να γίνει η σωστή διαμόρφωση των δρόμων και κυκλοφοριακές ρυθμίσεις.

Σε λίγες ευρωπαϊκές πόλεις οι πεζοί έχουν δικαιωματικά σημαντικό μερίδιο στους δρόμους. Η Λευκωσία πρέπει να προσφέρει άνεση στους πεζούς πράγμα, που αποτελεί ένα πολύ σημαντικό κομμάτι κάθε Ευρωπαϊκής πόλης. Αν η Λευκωσία δώσει προτεραιότητα στην πεζοπορία, θα αντιμετωπίσει ένα μεγάλο έργο επανασχεδιασμού του οδικού δικτύου σε μικρό-κλίμακα, διασφαλίζοντας την αμεσότητα, τη συνέχεια των πεζόδρομων και τη συμμόρφωση των αυτοκινήτων με χαμηλά όρια ταχύτητας. Αυτό είναι ένα μεγάλο στοίχημα για τη Λευκωσία του αύριο. Πολλές πόλεις έχουν ήδη μετατραπεί συστηματικά σε κατοικημένες περιοχές ήπιας κυκλοφορίας(πηγή *Denco s.a.*).

### **1.2.5. Ποδηλασία**

Προκειμένου το ποδήλατο να επιλεγεί ως τρόπος μεταφοράς το περιβάλλον θα πρέπει να είναι ανθρώπινο, υγιές, φιλικό, καθαρό και όμορφο. Μόνο σε μια ελκυστική πόλη το ποδήλατο θα έχει θέση και θα είναι σε θέση να αναπτυχθεί. Χρειάζονται δρόμοι οι οποίοι θα μπορούν να εξυπηρετήσουν αυτόν τον σκοπό. Επί του παρόντος, το ποδήλατο δεν έχει επιλεγεί ακόμη και σε αυτούς τους δρόμους, διότι ο ποδηλάτης, καθώς και ο πεζός αλλά και ο χρήστης αυτοκινήτου, επιθυμεί να έχει πρόσβαση σε εμπορικές και άλλες δραστηριότητες οι οποίες συνήθως βρίσκονται κατά μήκος των κυρίων αξόνων. Κατά συνέπεια, η πρόκληση για τη Λευκωσία δεν είναι απλώς κάποια τοποθέτηση των υποδομών ποδηλασίας στο υπάρχον οδικό δίκτυο, αφήνοντας ανεπηρέαστες όσο το δυνατόν περισσότερο τις άλλες παραμέτρους της κίνησης και ειδικότερα το αυτοκίνητο.

Μια σημαντική συνιστώσα του δικτύου ποδηλάτου, θα είναι ο ποδηλατοδρόμος κατά μήκος του ποταμού Πεδιαίος. Μια άλλη σημαντική διαδρομή θα μπορούσε να είναι από το κέντρο κατά μήκος των οδών Μακαρίου και στη συνέχεια κατά μήκος ποδηλατοδρόμος που οδηγεί στην πανεπιστημιούπολη, η οποία είναι ήδη σε μεγάλο βαθμό κατασκευασμένη. Η εφαρμογή ενός συστήματος μονόδρομου σε δρόμους παράλληλους προς τα τοιχώματα θα επιτρέψει τη δημιουργία μιας πολύ καλής διαδρομής που θα συνδέει τους δύο αυτούς ακτινωτούς ποδηλατοδρόμους της Αγλαντζιάς και Στροβόλου. Αυτό είναι το έργο ποδήλατο που θα πρέπει άμεσα να ξεκινήσει. Το ποδήλατο θα πρέπει να προσπαθήσει να κερδίσει τις μικρές διαδρομές της ημέρας(πηγή *Denco s.a.*).

### **1.2.6. Λεωφορεία**

Υπάρχουν κάποιες λύσεις για τη βελτίωση των γραμμών των λεωφορείων της Λευκωσίας από την εταιρεία Denco s.a. Οι λύσεις αυτές παρουσιάζονται στον επόμενο πίνακα. Επικρατέστερη από αυτές τις λύσεις είναι η δεύτερη ακολουθούμενη από την πρόταση για ενιαίο σύστημα μονοδρομήσεων στην περιοχή εντός των τειχών, εκτεταμένο δίκτυο ποδηλατοδρόμων και συστηματική αύξηση τιμολογίων στάθμευσης.

Πίνακας 1-1: Προτεινόμενα σενάρια αστικών συγκοινωνιών (Denco s.a,2009)

ΛΥΣΕΙΣ	Διαφοροποιημένες προτάσεις	Προτάσεις (για όλες τις λύσεις)
0	ΚΑΜΜΙΑ ΕΠΕΜΒΑΣΗ • Οδικό δίκτυο Τοπικού Σχεδίου • Δίκτυο ΑΣ σύμφωνα με σημερινές τάσεις	
1	• Περιορισμένης έκτασης μονοδρομήσεις • Ακτινικό δίκτυο ΑΣ • Μικρός αριθμός Λωρίδων Λεωφορείων (ΛΛ)	Σύστημα μονοδρομήσεων στην πόλη εντός των τειχών • Εκτεταμένο δίκτυο ποδηλατοδρόμων • Αύξηση τιμολογίων στάθμευσης
2	• Ενισχυμένο σύστημα μονόδρομων στο κέντρο • Πολυκεντρικό δίκτυο ΑΣ Μεγάλος αριθμός Λωρίδων Λεωφορείων (ΛΛ)	
3	• Εκτεταμένο σύστημα μονόδρομων στο κέντρο • Ακτινικό δίκτυο ΑΣ • Μεγάλος αριθμός Λωρίδων Λεωφορείων (ΛΛ)	

Η εφαρμογή των λεωφορειολωρίδων βασίζεται στην αρχή ότι ο δρόμος είναι για την εξυπηρέτηση των ανθρώπων και όχι των αυτοκινήτων. Μια λωρίδα δρόμου που μπορεί να φιλοξενήσει περίπου 900 επιβατικά αυτοκίνητα ανά ώρα εξυπηρετεί 1.080 άτομα ανά ώρα, εφόσον η πληρότητα των αυτοκινήτων είναι 1,2 άτομα. Μια λωρίδα λεωφορείου που χρησιμοποιείται από 30 λεωφορεία που έχουν μέση πληρότητα 36 επιβάτες χρησιμεύει επίσης και για 1.080 επιβάτες. Ως εκ τούτου μια λωρίδα λεωφορείων θα πρέπει να εφαρμοστεί εάν ο αριθμός των λεωφορείων που διέρχονται από ένα οδικό τμήμα είναι 30 ή περισσότερα λεωφορεία ανά ώρα και αν το ταξίδι της ταχύτητας των λεωφορείων είναι κάτω από την ελεύθερη ταχύτητα των λεωφορείων, η οποία θεωρείται ότι είναι περίπου 40 χλμ./ώρα σε τμήματα του οδικού δικτύου χωρίς στάσεις λεωφορείων ή 25 χλμ./ώρα σε τμήματα με στάσεις (με την παραδοχή κατά μέσο όρο τρεις

στάσεις λεωφορείων ανά χλμ. και επίσης ότι τα λεωφορεία σταματούν σε 1,8 στάσεις και ότι ο χρόνος που δαπανάται σε κάθε στάση είναι 30 sec. Συμπεριλαμβανομένου του χρόνου που είναι σταματημένο και τον χαμένο χρόνο για την επιβράδυνση και την επιτάχυνση).

## **1.3 ΜΕΤΡΟ**

### **1.3.1. Γενικές πληροφορίες**

Τον περασμένο αιώνα έγινε αντιληπτό ότι η λύση στις μεταφορές για τις ανάγκες του ανθρώπου και τα περιβαλλοντικά προβλήματα των μεγαλουπόλεων, βρίσκεται στην ανάπτυξη του χώρου κάτω από την επιφάνεια της γης με την κατασκευή σιηράγγων.

### **1.3.2. Τεχνικός Σχεδιασμός Διαδρόμου**

Ο διάδρομος μιας γραμμής Μετρό δε διασταυρώνεται ισόπεδα με κανέναν άλλον κυκλοφοριακό διάδρομο και μπορεί να έχει τμήματα υπόγεια ,επίγεια ενίοτε και υπέργεια. Στον πυρήνα μιας πόλης είναι αποκλειστικά υπόγειος, ενώ οι χώροι συνεργείων και αμαξοστασίων είναι επίγειοι και συνήθως χωροθετούνται στις παρυφές των δικτύων. Ο διάδρομος περιλαμβάνει τις γραμμές επί των οποίων κυκλοφορούν οι συρμοί, τους σταθμούς και τις προσβάσεις προς αυτούς. Ο διάδρομος κύριας κυκλοφορίας των συρμών έχει διπλή γραμμή (μια ανά κατεύθυνση) ενώ μπορεί να είναι ενιαίος (και οι δύο γραμμές σε μια σήραγγα) ή και να αποτελείται από δύο σήραγγες (μία για κάθε γραμμή) αν αυτό απαιτείται από την μορφολογία της πόλης.

### **1.3.3. Παράγοντες επιρροής της μεθόδου κατασκευής**

Η μέθοδος κατασκευής ενός υπογείου διαδρόμου Μετρό επηρεάζεται ως επί το πλείστον από:

- τις υπερκείμενες κατασκευές.
- τα δίκτυα κοινής ωφέλειας (ΔΚΩ).
- την γεωλογική σύσταση εδάφους.
- τις υδρογεωλογικές συνθήκες.

- ειδικές περιπτώσεις όπως, για παράδειγμα ύπαρξη αρχαιολογικών ευρημάτων.
- το μήκος των σηράγγων

Και επηρεάζει:

- Το κόστος του έργου
- Τη χρονική διάρκεια περαίωσης του έργου
- Την όχληση του περιβάλλοντος χώρου.

#### **1.3.4. Σταθμοί και Στάσεις**

Γενικά, οι θέσεις πρόσβασης του επιβατικού κοινού στο σύστημα ΜΕΤΡΟ ονομάζονται σταθμοί. Ειδικότερα όμως και αυστηρά σιδηροδρομικά, ως σταθμοί θεωρούνται οι εγκαταστάσεις όπου οι συρμοί σταθμεύουν για επιβίβαση και αποβίβαση επιβατών κι έχουν τη δυνατότητα αναστροφής, διακλάδωσης ή εναπόθεσης. Στην περίπτωση που οι συρμοί σταθμεύουν μόνο για να επιβιβαστούν ή αποβιβαστούν οι επιβάτες, ονομάζονται στάσεις. Στις στάσεις δεν υφίστανται συνδέσεις ή αλλαγές μεταξύ γραμμών.

Σε ένα σύστημα ΜΕΤΡΟ οι ακραίες εγκαταστάσεις είναι πάντα σταθμοί (τερματικοί σταθμοί) και οι χώροι όπου οι συρμοί μπορούν να αναστρέψουν ή να σταθμεύσουν ονομάζονται επίσταθμοι. Συνήθως οι επίσταθμοι διαθέτουν τουλάχιστον 2 γραμμές στάθμευσης συρμών, μία γραμμή αναστροφής συρμών (σύρτης) και μία γραμμή με λάκκο για ελαφρά επιθεώρηση συρμών.



Σχήμα 1-1: Τερματικός σταθμός με επίσταθμο (Μ.Γ Καρλάυτης,Κ.Π Λυμπέρης, Αθήνα 2009)

Ενδιάμεσα, οι θέσεις σταθμών καθορίζονται με κριτήρια:

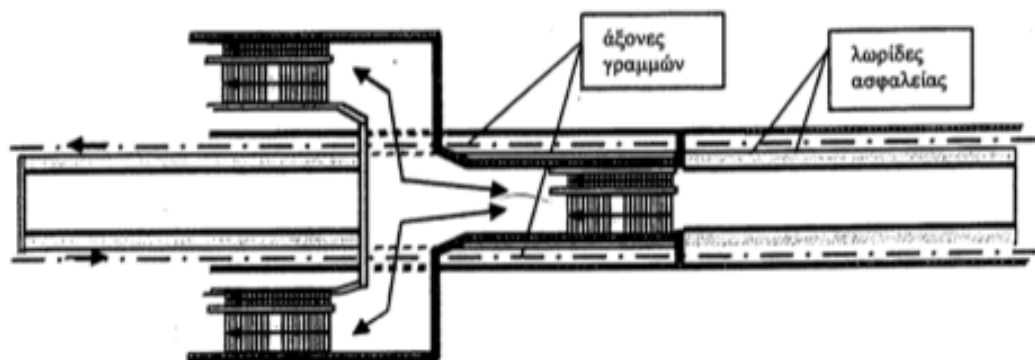
- τη στρατηγική στάθμευσης συρμών



- την ανταπόκριση με άλλη γραμμή (διακλάδωση κατευθύνσεων)
- τη σύνδεση με χώρους συνεργείων/αμαξοστασίων

Οι σταθμοί/στάσεις χωροθετούνται έτσι ώστε οριζοντιογραφικά να είναι σε ευθυγραμμία ή σε καμπύλες με ελάχιστη ακτίνα 500m προκειμένου να υπάρχει ορατότητα από τον ηλεκτροδηγό κατά την είσοδο και έξοδο των επιβατών στους συρμούς. Υψομετρικά χωροθετούνται όσο το δυνατόν πλησίον της επιφάνειας προκειμένου η είσοδος και έξοδος των επιβατών προς και από τις αποβάθρες να είναι σύντομη. Η κατά μήκος κλίση οφείλει να μην υπερβαίνει το 4%.

Οι τερματικοί σταθμοί, καθώς και οι σταθμοί ανταπόκρισης και ενίοτε στάσεις σε κεντρικότατα σημεία, τυγχάνουν πολυεπίπεδης διαμόρφωσης προκειμένου να γίνει εκμετάλλευση του μεγάλου πλήθους που κινείται με το ΜΕΤΡΟ. Έτσι, σε πρώτο τουλάχιστον επίπεδο πριν το επίπεδο αποβάθρων, υπάρχουν διάφορες εμπορικές δραστηριότητες και λειτουργικές εγκαταστάσεις του συστήματος (π.χ. έκδοση εισιτηρίων, γραφείο σταθμάρχη κ.ά.), ενώ σε δεύτερο επίπεδο είναι οι αποβάθρες εξυπηρέτησης των επιβατών. Γενικά υπάρχει πάντα ένα επίπεδο μεταξύ επιπέδου αποβάθρων και επιφάνειας πόλης μέσω του οποίου οι επιβάτες κινούνται προς τις αποβάθρες της μιας ή της άλλης κατεύθυνσης, χωρίς να είναι υποχρεωμένοι να διασχίζουν την επίγεια κυκλοφορία. Ενδεικτικά στο επόμενο σχήμα φαίνεται μία τέτοια περίπτωση.



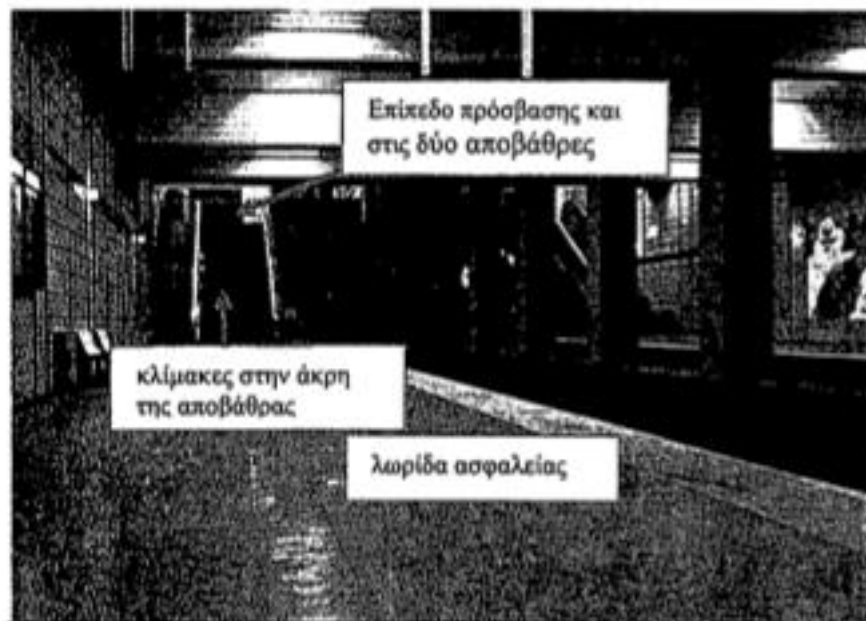
**Σχήμα 1-2: Σταθμός με μεσαία αποβάθρα και ενδιάμεσο όροφο κίνησης επιβατών (Μ.ΓΚαρλάυτης,Κ.Π Λυμπέρης, Αθήνα 2009)**

Συνιστάται γενικά ενιαία διάταξη αποβάθρων στη γραμμή έτσι ώστε οι επιβάτες προς αποβίβαση να γνωρίζουν από ποια πλευρά θα ανοίξουν οι πόρτες των

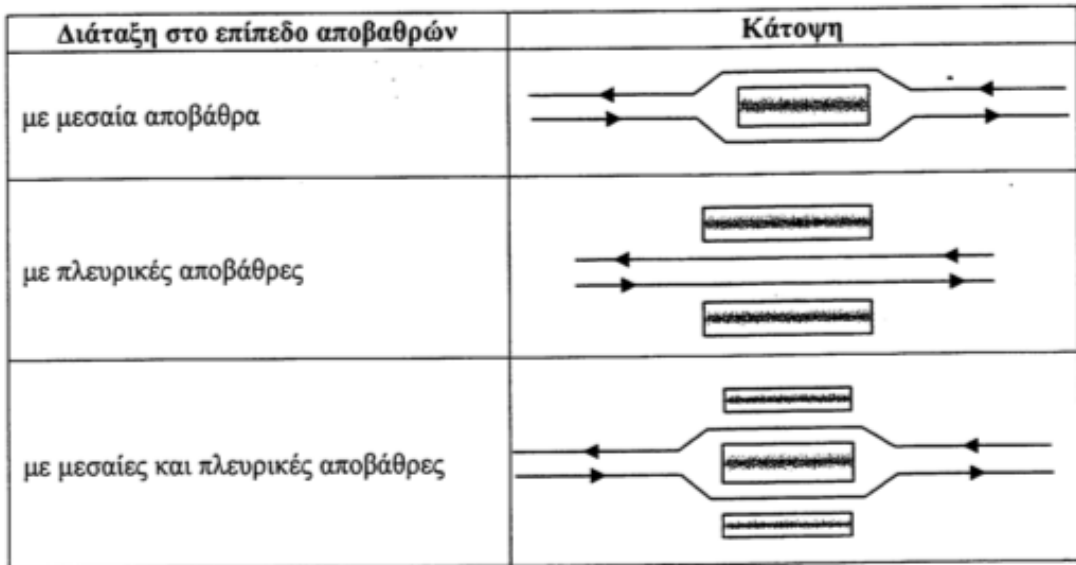
βαγονιών ώστε να προετοιμάζουν την αποβίβαση τους. Κατά αυτόν τον τρόπο μειώνεται και ο χρόνος παραμονής του συρμού στην αποβάθρα, κάτι που αποβαίνει υπέρ της εμπορικής ταχύτητας των συρμών.

Ένα άλλο σημείο, στο οποίο πρέπει να δοθεί προσοχή κατά τον σχεδιασμό των σταθμών/στάσεων, είναι αν το σημείο πρόσβασης στο επίπεδο των αποβαθρών θα είναι στις άκρες ή στη μέση. Αυτό έχει ως συνέπεια την καλύτερη κατανομή των επιβατών στους συρμούς.

Αν οι κλίμακες πρόσβασης του επιβατικού κοινού στις αποβάθρες είναι στις άκρες, τότε μπορεί να καταλήγουν εντός του πλάτους των αποβάθρων. Στην αντίθετη περίπτωση καταλήγουν σε χώρο εκτός αποβάθρων ο οποίος επικοινωνεί με αυτές μέσω διαδρόμων.



**Σχήμα 1-3: Σταθμός με πλευρικές αποβάθρες και κλίμακες στην άκρη της αποβάθρας (Μ.Γ Καρλάυτης,Κ.Π Λυμπέρης,Αθήνα 2009)**



**Σχήμα 1-4: Θέση αποβάθρων σε σταθμούς/στάσεις ΜΕΤΡΟ  
(Μ.Γ Καρλάυτης,Κ.Π Λυμπέρης, Αθήνα 2009)**

Τέλος, στους σταθμούς/στάσεις πρέπει να προβλέπονται χώροι για τον έλεγχο της κυκλοφορίας και λειτουργίας, για το μηχανικό και ηλεκτρικό εξοπλισμό συμπεριλαμβανομένου αυτού για τη σηματοδότηση και τηλεπικοινωνία.

### **1.3.5. Αποβάθρες**

Το ύψος των αποβάθρων από άνω στάθμη κεφαλής σιδηροτροχιάς, κυμαίνεται ανάλογα με τη στάθμη δαπέδου των οχημάτων από 0,97 έως 1,05m. Οι πρωτεύουσες αναρτήσεις συμπιέζονται ανάλογα με την πληρότητα του οχήματος, συνεπώς το δάπεδο του αμαξώματος μολονότι διαθέτει πνευματικές αναρτήσεις χαμηλώνει. Επιπλέον, θα πρέπει να συνυπολογισθούν οι φθορές των επισώτρων και της κεφαλής της σιδηροτροχιάς. Το μήκος της αποβάθρας εξαρτάται από το μήκος του συρμού επιπλέον ένα μήκος ολίσθησης 5 - 10m κατά την πέδηση. Για παράδειγμα, συρμός 6 οχημάτων του ΜΕΤΡΟ Αθηνών με μήκος περίπου 107m απαιτεί μήκος αποβάθρας περί τα 112m.

Για τον υπολογισμό του πλάτους των αποβάθρων λαμβάνονται υπόψη τα παρακάτω:

- ο ρυθμός πλήρωσης της αποβάθρας
- οι χρόνοι επιβίβασης και αποβίβασης των επιβατών
- η κατανομή και η πυκνότητα των επιβατών επί της αποβάθρας (μέγιστη κατάληψη αποβάθρας με 1,5 άτομα / m<sup>2</sup>)
- η ταχύτητα βάδην των επιβατών επί της αποβάθρας
- λωρίδα ασφαλείας από την πλευρά των γραμμών πλάτους 50cm και 30cm από την πλευρά του τοίχου για πλευρικές αποβάθρες
- η θέση πρόσβασης στην αποβάθρα (ως εκ τούτου πλάτος κλιμάκων)
- για μεσαία αποβάθρα δύο συρμοί σταθμεύουν ταυτόχρονα ένας σε κάθε πλευρά
- η χρονοαπόσταση μεταξύ των συρμών (άδειασμα αποβάθρας)

Γενικά το ελάχιστο πλάτος για πλευρικές αποβάθρες οφείλει να μην υπολείπεται των 3,5 - 4m και για μεσαίες αποβάθρες των 9 - 10m για ενδιάμεσους σταθμούς και των 6 - 7m για τερματικούς.

### **1.3.6. Οφέλη Λειτουργίας Μετρό**

Το Μετρό συμβάλλει στη βελτίωση της ποιότητας ζωής των κατοίκων της Λευκωσίας με ποικίλους τρόπους. Πιο συγκεκριμένα:

- Μειώνει την κίνηση των οχημάτων και περιορίζει την ατμοσφαιρική ρύπανση
- Συμβάλλει άμεσα στην οικονομική ανάπτυξη
- Προσφέρει μία μοναδική ευκαιρία ώστε να αναδυθούν αρχαιολογικοί θησαυροί
- Αναβαθμίζει την εικόνα της Λευκωσίας
- Εξασφαλίζει πρόσθετα κονδύλια από την Ευρωπαϊκή Ένωση και τον ιδιωτικό τομέα
- Είναι το πιο γρήγορο και αξιόπιστο μεταφορικό μέσο
- Συμβάλλει στην εξοικονόμηση ενέργειας
- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε περίπτωση πολέμου ως καταφύγιο
- Βοηθάει στην ανάπτυξη του τουρισμού

### **1.3.7. Εκμετάλλευση Μετρό**

Η εκμετάλλευση ενός συστήματος μετρό έχει την έννοια της καθημερινής λειτουργίας του μέσου, με στόχο την εξυπηρέτηση του επιβατικού κοινού, με κριτήρια:

- την ασφάλεια
- την άνεση
- την ταχύτητα και
- την αξιοπιστία των δρομολογίων

Αυτό σημαίνει ότι:

- το τροχαίο υλικό πρέπει να είναι διαθέσιμο, καθαρό και σε άριστη κατάσταση.
- η γραμμή να είναι καλά συντηρημένη.
- η παροχή ενέργειας να είναι απρόσκοπτη.
- οι εγκαταστάσεις ασφαλούς κυκλοφορίας συρμών να είναι διαθέσιμες.
- οι σταθμοί να είναι καθαροί, ασφαλείς και οι επί μέρους εγκαταστάσεις του να λειτουργούν (κυλιόμενες κλίμακες, ασανσέρ, κ.λπ.).
- τα εκδοτικά και ακυρωτικά μηχανήματα να λειτουργούν.

- το προσωπικό να είναι φιλικό προς το χρήστη του μέσου.

Βεβαίως, όλα αυτά πρέπει να συνδυάζονται με οικονομικό λειτουργικό κόστος, έτσι ώστε ο Οργανισμός, και κατ' επέκταση ο φορολογούμενος πολίτης, να μην επιβαρύνεται υπέρμετρα. Προς τούτο ο σωστός σχεδιασμός πριν ακόμη κατασκευασθεί το Έργο είναι επιβεβλημένος. Συνεπώς, κατά το σχεδιασμό - πλην των άλλων (χάραξη, κατασκευή κ.ά.) - αποφασίζονται τα χαρακτηριστικά λειτουργίας του μέσου ανάλογα με την προβλεπόμενη ζήτηση μικρό- και μακροσκοπικά, καθώς και με την ποιότητα εξυπηρέτησης.

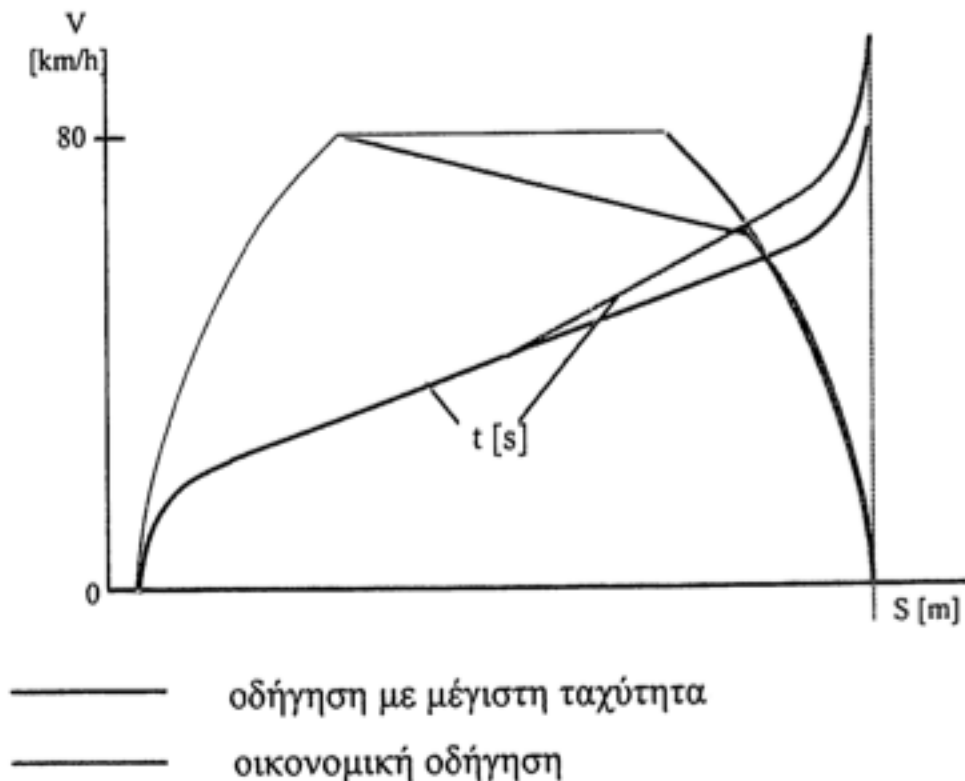
Το χαρακτηριστικό που κυριαρχεί στο μυαλό του χρήστη του ΜΕΤΡΟ είναι η γρήγορη μετακίνηση στον προορισμό του. Το θέμα της ασφάλειας θεωρείται αυτονόητο. Η άνεση και η αξιοπιστία των δρομολογίων επιφέρει κάποια δυσανασχέτηση, δεν είναι πρώτης προτεραιότητας γι αυτόν, εξάλλου κανένα οδικό μέσο, ούτε το ιδιωτικό του αυτοκίνητο, πάντα για τον ίδιο προορισμό, δεν μπορεί να του τα προσφέρει. Ως εκ τούτου, ο χρόνος διαδρομής και κατ' επέκταση η ταχύτητα του μέσου είναι το στοιχείο που πρέπει να μελετηθεί λεπτομερώς κατά το σχεδιασμό.

Η εμπειρία από τη λειτουργία δεκάδων ΜΕΤΡΟ μεγάλων πόλεων σε Ευρώπη και άλλες Ηπείρους, δείχνει ότι η μέγιστη ταχύτητα σχεδιασμού για μέση απόσταση μεταξύ των σταθμών από 700 έως 1100m, είναι 80km/h. Σε κάποια ΜΕΤΡΟ η μέγιστη ταχύτητα αγγίζει τα 90 ακόμη και τα 100km/h κάτι που έχει να κάνει με την απόσταση μεταξύ των σταθμών σε περιοχές που εξυπηρετούνται και βρίσκονται εκτός κέντρου πόλεως (Το ΜΕΤΡΟ Αθηνών σε όλες του τις γραμμές έχει μέγιστη ταχύτητα 80km/h. Από τον σταθμό Πλακεντίας προς τον Αερολιμένα 'Ελευθέριος Βενιζέλος' αναπτύσσει ταχύτητα μέχρι 120km/h).

Για την εκμετάλλευση της μέγιστης ταχύτητας ή ταχύτητας πλησίον αυτής για όσο το δυνατόν περισσότερο χρονικό διάστημα, πρέπει αφενός μεν η χάραξη να ανταποκρίνεται στην ταχύτητα σχεδιασμού, αφετέρου η ισχύς των κινητήρων οποιασδήποτε σύνθεσης συρμών, να αποδίδει μεγάλη επιτάχυνση, περί τα  $1,1 \text{ m/s}^2$ , ώστε μετά την εκκίνηση από τους σταθμούς να επιτυγχάνεται γρήγορα η μέγιστη ταχύτητα. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι ένα κινητήριο όχημα ΜΕΤΡΟ μπορεί να έχει 4 κινητήρες ισχύος 150 έως 170 kW ανά κινητήρα. Επίσης, τα συστήματα πέδησης του συρμού θα πρέπει να αποδίδουν μεγάλες λειτουργικές επιβραδύνσεις, μέχρι  $1,2 \text{ m/s}^2$ , ώστε να ελαχιστοποιείται το μήκος πέδησης.

Συνήθως επί οριζόντιου επιπέδου και ευθυγραμμίας, απαιτούνται περίπου 500m για επίτευξη της μέγιστης ταχύτητας και πέδησης από τη μέγιστη ταχύτητα. Κατά το σχεδιασμό λαμβάνεται μέριμνα ώστε οι σταθμοί να βρίσκονται υψηλότερα των ενδιάμεσων γραμμών, όπου αυτό είναι δυνατόν, για να διευκολύνουν τους συρμούς τόσο κατά την επιτάχυνση όσο και κατά την επιβράδυνση.

Βεβαίως, η εκμετάλλευση της μέγιστης ταχύτητας οδηγεί στην ελαχιστοποίηση του χρόνου διαδρομής. Όμως υπάρχει και η φιλοσοφία της οικονομικής οδήγησης ενός συρμού η οποία για την ίδια διαδρομή καθυστερεί το συρμό λίγα δευτερόλεπτα, ωστόσο εξοικονομεί πολλή ενέργεια. Ο τρόπος αυτός οδήγησης γνωστός και ως 'coasting' ή 'auslaufen' ή 'αποσύνδεση ρεύματος' εκμεταλλεύεται την κινητική ενέργεια του συρμού για δεδομένη απόσταση, μέχρι την αρχή διαδικασίας της πέδησης. Στο παρακάτω διάγραμμα πορείας συρμού V-S, φαίνεται η διαφοροποίηση του χρόνου διαδρομής για οδήγηση και με τους δύο τρόπους.



Σχήμα 1-5: Διάγραμμα πορείας συρμού V-S  
(Μ.Γ Καρλάυτης,Κ.Π Λυμπέρης, Αθήνα 2009)

Τα διαγράμματα πορείας προσαρμόζονται και στη χάραξη του διαδρόμου, ώστε ο συρμός να αντεπεξέρχεται ικανοποιητικά στις κατά μήκος κλίσεις, οι οποίες είναι αρκετά ισχυρές. Επίσης, αποτελούν τη βάση για την κατάρτιση των δρομολογίων. Τα παραπάνω, σε συνδυασμό με την σύνθεση των συρμών, είναι σημαντικά για την ισχύ που πρέπει να εγκατασταθεί στα κινητήρια οχήματα.

Επόμενο στοιχείο που υπεισέρχεται στο χρόνο διαδρομής είναι ο χρόνος εξυπηρέτησης του επιβατικού κοινού (εισερχόμενοι - εξερχόμενοι) στις στάσεις και στους σταθμούς. Ο χρόνος αυτός εξαρτάται από το χώρο που προσφέρουν οι αποβάθρες των σταθμών και από τον αριθμό των θυρών στα οχήματα. Γενικά ο χρόνος αυτός λαμβάνεται από 15 έως 25 δευτερόλεπτα.

Το άθροισμα του χρόνου διαδρομής μεταξύ των σταθμών και του χρόνου παραμονής του συρμού στους σταθμούς είναι ο χρόνος διαδρομής του επιβάτη. Ο χρόνος μετακίνησης του συμπεριλαμβάνει και ένα μέσο χρόνο αναμονής του στην αποβάθρα ή στο συρμό σε τερματικούς σταθμούς. Διαιρώντας τη συνολική απόσταση μιας γραμμής ΜΕΤΡΟ με το συνολικό χρόνο διέλευσης της από τους συρμούς προκύπτει η ονομαζόμενη *'εμπορική ταχύτητα'* της γραμμής, η οποία εκφράζει τη μέση ταχύτητα διαδρομής του χρήστη. Συνήθως η εμπορική ταχύτητα μιας γραμμής ΜΕΤΡΟ κυμαίνεται μεταξύ 27 και 32 km/h.

(πηγή: Μ.Γ Καρλάυτης, Κ.Π Λυμπέρης, Αθήνα 2009)

### **1.3.8. Επίδραση λειτουργίας του Μετρό της Αθήνας**

Με τις δύο γραμμές του Μετρό μετακινούνται περίπου 550.000 επιβάτες ημερησίως. Από μετρήσεις και υπολογισμούς της Αττικό Μετρό η λειτουργία του Μετρό μείωσε κατά 70.000 τα Ι.Χ. αυτοκίνητα που εισέρχονται στο κέντρο της πόλης ή ισοδύναμα μείωσε την κίνηση με Ι.Χ. κατά 335.000 οχηματοχιλιόμετρα ημερησίως. Οι μετακινήσεις των οχημάτων ελαττώθηκαν κατά 250.000 ημερησίως. Λόγω του Μετρό, οι ρύποι από τα οχήματα μειώθηκαν 8% κατά μέσον όρο. Παράλληλα, η λειτουργία του Μετρό συνδυάστηκε με αναδιάρθρωση και των άλλων δημοσίων μέσων μεταφοράς με μείωση τερματικών σταθμών λεωφορείων στο κέντρο της πόλης, λόγω δημιουργίας νέων αφετηριών λεωφορείων κοντά σε περιφερειακούς σταθμούς του Μετρό. Η λειτουργία, συνεπώς, του Μετρό μείωσε σημαντικά εκτός από τα Ι.Χ. και την κίνηση των



λεωφορείων στο κέντρο της Αθήνας. Σημειώνεται ιδιαίτερα ότι η λειτουργία του Μετρό οδήγησε σε ενίσχυση της χρήσης και των ΗΣΑΠ σε ποσοστό 14% περίπου, περιορίζοντας επιπρόσθετο ποσοστό μετακινήσεων με Ι.Χ. αυτοκίνητα.

Συνεπώς σημαντική είναι η επίδραση του Μετρό στη βελτίωση των δημόσιων συγκοινωνιών, στη μείωση των μετακινήσεων με Ι.Χ. και στην κυκλοφοριακή ανακούφιση κυρίως στο κέντρο της Αθήνας με αποτέλεσμα τη βελτίωση του περιβάλλοντος και ιδιαίτερα τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στο λεκανοπέδιο.

Από μετρήσεις που έγιναν στην περίοδο 30/01/2000 έως 29/01/2001 (με Μετρό) και στην αντίστοιχη περίοδο 30/01/1999 μέχρι 29/01/2000 (χωρίς Μετρό) αποδεικνύεται ότι υπάρχει σημαντική μείωση των ρύπων στην περίοδο μετά τη λειτουργία του Μετρό.

Παρατίθεται αναλυτικός πίνακας των μετρήσεων με συγκριτική παρουσίαση:

**Πίνακας 1-2: Ρύποι πριν και μετά την κατασκευή του Μετρό (Attico Metro,2009)**

<b>ΡΥΠΟΙ</b>	<b>ΠΡΙΝ ΤΟ ΜΕΤΡΟ</b>	<b>ΜΕΤΑ ΤΟ ΜΕΤΡΟ</b>	<b>ΔΙΑΦΟΡΑ%</b>
Διοξείδιο του θείου (SO <sub>2</sub> )(μg/m <sup>3</sup> )	18,3	17,5	-4
Μονοξείδιο του άνθρακα (CO) (μg/m <sup>3</sup> )	2,43	2,25	-7
Όζον (O <sub>3</sub> ) (μg/m <sup>3</sup> )	55,7	49,7	-12
Καπνός (μg/m <sup>3</sup> )	52,6	50	-5

Όπως είναι φανερό, υπάρχει σημαντική μείωση σε όλους τους ρύπους.

↳ Η μείωση αυτή κλιμακώνεται ανάλογα με τον ρύπο που εξετάζεται και είναι σαφώς μεγαλύτερη για τους ρύπους που προέρχονται σχεδόν αποκλειστικά από την κυκλοφορία (μονοξείδιο του άνθρακα, διοξείδιο του αζώτου) και κυρίως για το όζον που αποτελεί δευτερογενή ρύπο.

- ↪ Για την ορθότερη αξιολόγηση των μειώσεων αυτών πρέπει να επισημανθεί ότι μια μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης έστω και της τάξης του 1% και ιδιαίτερα σε μια αναπτυσσόμενη πληθυσμιακά, πολεοδομικά και ενεργειακά πόλη κατακτάται με εξαιρετική δυσκολία.
- ↪ Αξίζει να αναφερθεί ότι οι μειώσεις αυτές προσεγγίζουν σε μέγεθος τις μειώσεις ολόκληρης της τρέχουσας επταετίας όπου εφαρμόστηκαν μια σειρά από μέτρα απορρύπανσης με ιδιαίτερα επίπονες προσπάθειες.

### **1.3.9.Παρεμβάσεις στις περιοχές σταθμών Μετρό**

Η λειτουργία του συστήματος Μετρό έχει αυξήσει σημαντικά τη δυνατότητα πρόσβασης και την ελκυστικότητα των περιοχών γύρω από τους σταθμούς του Μετρό. Το γεγονός αυτό δημιούργησε επιπλέον δυνατότητες ανάπτυξης και ευκαιρίες επενδύσεων στις εν λόγω περιοχές και άλλαξε σημαντικά τις παραδοχές βάσει των οποίων εκπονήθηκαν τα δομικά σχέδια στα μέσα της δεκαετίας του '80.

Η νέα αυτή κατάσταση δημιούργησε την ανάγκη παρεμβάσεων πολεοδομικού σχεδιασμού γύρω από τους σταθμούς του Μετρό. Οι παρεμβάσεις αυτές (π.χ. ζώνες ελεγχόμενης ανάπτυξης, χαρακτηρισμοί υποψηφίων Ο.Τ., μέτρα ανάπλασης) υποστήριξαν τους εγκεκριμένους στόχους πολεοδομικού σχεδιασμού, επέτρεψαν την ομαλή ενσωμάτωση των περιοχών μελέτης στον αστικό ιστό και ελαχιστοποίησαν τον κίνδυνο ανεξέλεγκτης ή ανεπιθύμητης ανάπτυξης.

### **1.3.10.Ταχύτητα και αξιοπιστία**

Η συχνότητα διέλευσης των συρμών είναι ανά 3 λεπτά τις ώρες αιχμής και ανά 5 με 10 λεπτά τις υπόλοιπες ώρες. Ένας τυπικός συρμός τις ώρες αιχμής εξυπηρετεί 1.000 επιβάτες. Οι δύο γραμμές εξυπηρετούν 171 εκατομμύρια επιβάτες ετησίως ή 550.000 κάθε ημέρα. Η υπάρχουσα γραμμή του Ηλεκτρικού Σιδηροδρόμου Αθήνα-Πειραιά (ΗΣΑΠ) εξυπηρετεί περίπου 151 εκατομμύρια επιβάτες ετησίως ή 415.000 επιβάτες κάθε ημέρα. Χωρίς το Μετρό, τις ώρες αιχμής, η διαδρομή από το Υπουργείο Εθνικής Άμυνας στο Σύνταγμα με

επιβατικό αυτοκίνητο καλύπτεται σε 35 λεπτά. Με το Μετρό αρκούν μόνο 10 λεπτά. Η διαδρομή Δάφνη-Ομόνοια μειώθηκε από 35 σε 9 λεπτά.

### **1.3.11.Χαρακτηριστικά οχημάτων Μετρό**

Ο σχεδιασμός των οχημάτων Μετρό είναι στενά συνυφασμένος με τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά του δικτύου. Υπάρχει περίπτωση τα οχήματα ενός συστήματος Μετρό να χρησιμοποιούνται και σε άλλα δίκτυα. Για το λόγο αυτό είθισται να χρησιμοποιούν γραμμή 1435mm, οι υπόλοιπες όμως διαστάσεις του οχήματος, τα μήκη των συρμών και ο εξοπλισμός των οχημάτων εξαρτώνται από τα έργα της γραμμής, τους σταθμούς, τις εγκαταστάσεις ηλεκτροδότησης και σηματοδότησης και τη γεωμετρία της γραμμής. Όσον αφορά στη σύνθεση του συρμού, γίνεται προσπάθεια ώστε η λειτουργία του να είναι αδιάφορη από τη φορά κίνησης του και παράλληλα ο συρμός να αποτελείται από 2, 3 ή 4 οχήματα.

Τα οχήματα χαρακτηρίζονται από τα κατασκευαστικά και λειτουργικά τους χαρακτηριστικά. Μια σύνοψη βασικών χαρακτηριστικών μεγεθών με τα οποία περιγράφονται συνήθως τα οχήματα που συνθέτουν τον στοιχειώδη συρμό, είναι:

- το μήκος, που μετριέται μεταξύ των ακρότατων κατασκευαστικών τμημάτων τους.
- το ολικό πλάτος.
- το ολικό ύψος που μετριέται από την επιφάνεια κύλισης των σιδηροτροχιών, μέχρι την ανώτερη κατασκευαστική προεξοχή.
- το ύψος δαπέδου, που μετριέται από την επιφάνεια κύλισης, δηλαδή την κεφαλή της σιδηροτροχιάς (και σε καμπύλες της σιδηροτροχιάς αναφοράς).
- η διάταξη των αξόνων.
- η διάμετρος του τροχού, που μετριέται στην επιφάνεια κύλισης του επισώτρου.
- το βάρος.
- η τάση και το είδος του ρεύματος κίνησης.
- ο τρόπος ρευματοληψίας.
- τα λειτουργικά χαρακτηριστικά, δηλαδή η μέγιστη ταχύτητα, η μέγιστη επιτάχυνση, ο ρυθμός μεταβολής της επιτάχυνσης και η χωρητικότητα σε επιβάτες.

Όσον αφορά στο εσωτερικό των οχημάτων αυτό εξασφαλίζει τρεις βασικές συνιστώσες εξυπηρέτησης των επιβατών, την άνεση, την ασφάλεια και την ενημέρωση τους. Η άνεση των επιβατών είναι ένα πολυπαραγοντικό θέμα που εξαρτάται από την επάρκεια του χώρου (ιδίως για τους όρθιους επιβάτες), την επάρκεια των καθισμάτων (για ένα ποσοστό επιβατών), την άνετη κίνηση των επιβατών, τη γρήγορη και εύκολη επιβίβαση και αποβίβαση τους, τον επαρκή αερισμό και φωτισμό, την ψύξη ή θέρμανση ανάλογα με τις κλιματολογικές συνθήκες. Ο τρόπος χωροθέτησης των καθισμάτων, το πλήθος και η χωροθέτηση των θυρών, καθώς και τα ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα που διαθέτει ο συρμός είναι οι βασικοί παράγοντες που εξασφαλίζουν την άνετη μετακίνηση των επιβατών.

Η ασφάλεια στο εσωτερικό των οχημάτων εξασφαλίζεται κυρίως για τους όρθιους επιβάτες με την επάρκεια στηριγμάτων και τη σωστή τοποθέτηση τους, ώστε αφενός να είναι προσιτά σε όλους, αφετέρου να μην αποτελούν εμπόδια στη διακίνηση των επιβατών. Τα οχήματα θα πρέπει επίσης να διαθέτουν συστήματα ανίχνευσης πυρκαγιάς και σε αυτήν ή παρόμοιες περιπτώσεις εκτάκτου ανάγκης να παρέχουν ασφαλή έξοδο των επιβατών.

Τέλος, η εξέλιξη της τεχνολογίας έχει συμβάλει σημαντικά στον τομέα της δυναμικής ενημέρωσης των επιβατών.

### 1.3.12.Οι Συρμοί



Εικόνα 1-5: Συρμός από γραμμή 3 Αθήνας ( Αττικό Μετρό Α.Ε)

Πίνακας 1-3: Χαρακτηριστικά της τελευταίας γενιάς συρμών  
(Μ.Γ Καρλάυτης, Λυμπέρης, Αθήνα 2009)

<b>Αριθμός συρμών</b>	21 (7 συρμοί DC/AC και 14 συρμοί DC, Γραμμή 3 Αθήνας)
<b>Σύνθεση Συρμού</b>	6 Οχήματα
<b>Πόρτες ανά Όχημα</b>	4 ολισθαίνουσες θύρες εφαρμοστού τύπου ανά πλευρά
<b>Χωρητικότητα Συρμών DC</b>	196 Καθίσματα 866 όρθιοι ( 5 επιβάτες/ m <sup>2</sup> ) 1062 Επιβάτες/Συρμό

<b>Διευκολύνσεις Επιβατών</b>	Γέφυρες επικοινωνίας μεγάλου εύρους που επιτρέπουν να κατανέμεται ισομερώς η φόρτιση των επιβατών στα οχήματα. Κομβία ανοίγματος θυρών προς χρήση από τους επιβάτες ώρες μη αιχμής.
<b>Διαμόρφωση Συρμού</b>	Δύο μονάδες τριών (3) οχημάτων συνδεδεμένων Κατοπτρικά Κινητήριο/Ιθυστήριο Όχημα - Ρυμουλκούμενο Όχημα -Κινητήριο Όχημα
<b>Μήκος συρμού</b>	106m
<b>Πλάτος Οχήματος</b>	2800mm
<b>Ύψος Οχήματος</b>	3690mm
<b>Βάρος Συρμού DC/AC</b>	202 τόνοι κενός 275 τόνοι (5 Επιβάτες/m <sup>2</sup> )
<b>Βάρος Συρμού DC</b>	182 τόνοι κενός 255 τόνοι (5 Επιβάτες/ m <sup>2</sup> )
<b>Εύρος Τροχιάς</b>	1435mm
<b>Τάση Λειτουργίας Συρμού DC/AC</b>	750VDC/25kVAC
<b>Κινητήρες Έλξης</b>	4 X 170kWAC ανά κινητήριο όχημα
<b>Έλεγχοι Έλξης Συρμού DC/AC</b>	Converter AC-DC, VVVF Inverter
<b>Έλεγχοι Έλξης Συρμού DC</b>	VVVF Inverter
<b>Πέδηση</b>	Ανάκτησης ενέργειας/Δυναμική/Πνευματική
<b>Μέση Επιτάχυνση</b>	Ανάκτησης ενέργειας/Δυναμική/Πνευματική
<b>Μέση Επιβράδυνση</b>	1.1 m/s <sup>2</sup> (Υπό Κανονικές Συνθήκες) 1.20m/s <sup>2</sup> (Σε Συνθήκες Έκτακτης Ανάγκης)
<b>Μέγιστη Ταχύτητα Συρμού DC/AC</b>	120 km/h
<b>Μέγιστη Ταχύτητα Συρμού DC</b>	80 km/h

***Η πόλη της Λευκωσίας βρίσκεται αντιμέτωπη με το μεγάλο κυκλοφοριακό πρόβλημα συνέπεια του οποίου είναι η ταλαιπωρία στη μετακίνηση του πληθυσμού και η μόλυνση του περιβάλλοντος.***

***Η λειτουργία του Μετρό στη Λευκωσία θα αλλάξει τον συγκοινωνιακό χάρτη της πρωτεύουσας, θα δώσει μια μεγάλη ανάσα στην καθημερινή ζωή του πολίτη και θα βελτιώσει τη συνολική λειτουργία της πόλης. Η μείωση των μετακινήσεων με Ι.Χ. αλλά και ο περιορισμός των κινήσεων των αστικών λεωφορείων από και προς το κέντρο της πόλης θα συμβάλει τόσο στη βελτίωση του κυκλοφοριακού, όσο και στη δημιουργία πιο καθαρής ατμόσφαιρας πάνω από το λεκανοπέδιο.***





## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2**

### **ΧΑΡΑΞΗ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΡΟ**



## **2. Χάραξη γραμμής μετρό**

### **2.1 Εισαγωγή**

Ο διάδρομος ενός συστήματος Μετρό προκύπτει από την ένωση των αναγκαίων σημείων εξυπηρέτησης (στάσεις, σταθμοί) που απορρέουν από την αντίστοιχη Συγκοινωνιακή Μελέτη. Συνήθως, ο σχηματιζόμενος διάδρομος οδεύει κάτω από οδικές αρτηρίες καθώς και από οικοδομημένες περιοχές με θεμελιώσεις πολλές φορές σε μεγάλα βάθη.

Επίσης τοπικές εδαφικές ιδιαιτερότητες καθώς και άλλες συνθήκες (για παράδειγμα αρχαιολογικοί χώροι, ιδιαίτερης σημασίας κτίσματα κ.ά.), αποτελούν απαγορευτικά σημεία διέλευσης του διαδρόμου. Αυτό σημαίνει ότι η χάραξη πρέπει να παρουσιάζει 'ευελιξία' για την παράκαμψη τέτοιου είδους εμποδίων. Συνεπώς, η χρήση μικρών ακτινών καμπυλότητας καθίσταται αναπόφευκτη, πρέπει όμως να περιορίζεται στο απολύτως αναγκαίο. Επίσης, η θέση των στάσεων/σταθμών και οι προσβάσεις των επιβατών εξαρτώνται άμεσα από τη διαμόρφωση και δόμηση της επιφάνειας. Επιδιώκεται οι στάσεις/σταθμοί να βρίσκονται υψομετρικά ψηλότερα από τα ενδιάμεσα τμήματα, έτσι ώστε οι διαμορφούμενες ανωφέρειες και κατωφέρειες πριν και μετά από τις αποβάθρες να διευκολύνουν στην επιβράδυνση και επιτάχυνση των συρμών.

Γενικά, η χάραξη οφείλει να διαμορφώνεται κατά τέτοιο τρόπο ώστε από πλευράς της να επιτυγχάνεται η μέγιστη δυνατή εμπορική ταχύτητα. Η μέγιστη εμπορική ταχύτητα μαζί με την ασφάλεια, ακρίβεια δρομολογίων και άνεση αποτελούν το τετράπτυχο που εξασφαλίζει υψηλή ποιότητα λειτουργίας του συστήματος.

#### **2.1.1. Μελέτη Σκοπιμότητας**

Προκειμένου να αποκτηθεί μια εικόνα των περιοχών τις οποίες θα πρέπει να εξυπηρετεί η γραμμή, ώστε να μην είναι ασύμφορη οικονομικά, έπρεπε να διαπιστωθεί πρώτον ποιες περιοχές δεν εξυπηρετούνται από το υπάρχον δίκτυο μέσων μεταφορών και δεύτερον κατά πόσον είναι ικανές οι περιοχές αυτές να τροφοδοτήσουν μια ενδεχόμενη γραμμή Μετρό.

### **2.1.2.Επιλογή βέλτιστης λύσης**

Ο άξονας κατά μήκος του οποίου θα διέλθει το μετρό προέκυψε συνεκτιμώντας κυκλοφοριακές, κατασκευαστικές, περιβαλλοντικές και λειτουργικές παραμέτρους. Για την τελική επιλογή του βέλτιστου άξονα, μελετήθηκαν τα εξής 7 κριτήρια:

1. Ο εξυπηρετούμενος πληθυσμός
2. Η αναμενόμενη ζήτηση (τόσο σε ωριαία όσο και σε ημερήσια βάση)
3. Η εξοικονόμηση χρόνων διαδρομής
4. Η βελτίωση της προσπελασιμότητας, ιδίως προς τις κεντρικές λειτουργίες της πόλης
5. Το κόστος κατασκευής
6. Οι επιπτώσεις στο περιβάλλον (ηχορύπανση, ατμοσφαιρική ρύπανση)
7. Οι επιπτώσεις στις αρχαιότητες

### **2.1.3. Εξυπηρετούμενος πληθυσμός**

Μελετώντας το χάρτη της Λευκωσίας που περιλαμβάνει το υπάρχον δίκτυο, αλλά και όλες τις υπό κατασκευή και υπό μελέτη γραμμές λεωφορείων, διαπιστώνεται ότι υπάρχει σημαντική έλλειψη στα μέσα μεταφοράς. Δεν εξυπηρετούνται από το υπάρχον δίκτυο κάποιες περιοχές που είναι ιδιαίτερα νευραλγικές για την κυκλοφοριακή κατάσταση της πρωτεύουσας.

Ακολουθούν αναλυτικά πληθυσμιακά στοιχεία της Κύπρου αλλά και της ευρύτερης περιοχής της Λευκωσίας και στη συνέχεια, παρουσιάζονται πιο αναλυτικά τα πληθυσμιακά στοιχεία της Επαρχίας της Λευκωσίας που περιλαμβάνει τους Δήμους Λευκωσίας, Αγλατζιάς, Λακατάμιας, Στροβόλου, Έγκωμης, Λασιάς καθώς και τις Κοινότητες Εργάτες, Τσέρι, Κοκκινότριμιθιά, Ορούντα, Κάτω Κουτραφάς, Δάλι, Πύργος, Άγιοι Τριμιθιάς.

Πίνακας 2-1: Αναλυτικά πληθυσμιακά στοιχεία Κύπρου, διαχωρισμός κατά επαρχία(Statistical Service of Cyprus,2009)

ΕΠΑΡΧΙΑ	Απογραφή		Πληθυσμός τέλος του χρόνου												
	1992	2001	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
<b>Σύνολο</b>	<b>615.013</b>	<b>703.529</b>	<b>666,3</b>	<b>675,2</b>	<b>682,9</b>	<b>690,5</b>	<b>697,6</b>	<b>705,5</b>	<b>715,1</b>	<b>730,4</b>	<b>749,2</b>	<b>766,4</b>	<b>778,7</b>	<b>789,3</b>	<b>796,9</b>
Λευκωσία	249.601	279.545	268,0	271,0	273,4	275,8	277,9	280,3	283,5	289,1	296,1	302,6	307,1	310,9	313,4
Αμμόχωστος	31.513	38.371	35,1	35,8	36,5	37,1	37,8	38,5	39,1	40,1	41,2	42,2	43,0	43,7	44,3
Λάρνακα	102.794	117.124	111,2	112,6	113,9	115,1	116,2	117,5	119,3	121,9	125,2	128,1	130,1	131,9	133,3
Λεμεσός	177.440	201.057	191,5	193,9	195,8	197,8	199,6	201,6	204,6	209,2	214,8	219,9	223,6	226,7	228,9
Πάφος	53.665	67.432	60,5	61,9	63,3	64,7	66,1	67,6	68,6	70,1	71,9	73,6	74,9	76,1	77,0
<b>Αστικές Περιοχές</b>															
<b>Σύνολο</b>	<b>416.082</b>	<b>485.304</b>	<b>454,7</b>	<b>461,8</b>	<b>468,1</b>	<b>474,3</b>	<b>480,2</b>	<b>486,7</b>	<b>494,3</b>	<b>505,9</b>	<b>520,0</b>	<b>533,2</b>	<b>542,9</b>	<b>551,5</b>	<b>557,9</b>
Λευκωσία	181.234	205.633	195,7	198,2	200,2	202,3	204,1	206,2	208,9	213,5	219,2	224,5	228,4	231,8	234,2
Λάρνακα	62.178	71.740	67,6	68,6	69,5	70,3	71,1	72	73,2	74,9	77,0	79,0	80,4	81,7	82,7
Λεμεσός	139.424	160.733	151,7	153,8	155,7	157,5	159,3	161,2	163,9	167,8	172,5	176,9	180,1	183,0	185,1
Πάφος	33.246	47.198	39,7	41,2	42,7	44,2	45,7	47,3	48,3	49,7	51,3	52,8	54,0	55,0	55,9
<b>Αγροτικές Περιοχές</b>															
<b>Σύνολο</b>	<b>198.931</b>	<b>218.225</b>	<b>211,6</b>	<b>213,4</b>	<b>214,8</b>	<b>216,2</b>	<b>217,4</b>	<b>218,8</b>	<b>220,8</b>	<b>224,5</b>	<b>229,2</b>	<b>233,2</b>	<b>235,8</b>	<b>237,8</b>	<b>239,0</b>
Λευκωσία	68.367	73.912	72,3	72,8	73,2	73,5	73,8	74,1	74,6	75,6	76,9	78,1	78,7	79,1	79,2
Αμμόχωστος	31.513	38.371	35,1	35,8	36,5	37,1	37,8	38,5	39,1	40,1	41,2	42,2	43,0	43,7	44,3
Λάρνακα	40.616	45.384	43,6	44,0	44,4	44,8	45,1	45,5	46,1	47,0	48,2	49,1	49,7	50,2	50,6
Πάφος	20.419	20.234	20,8	20,7	20,6	20,5	20,4	20,3	20,3	20,4	20,6	20,8	20,9	21,1	21,1
Σημ.: Τα στοιχεία για την περίοδο 1993-2000 έχουν αναθεωρηθεί με βάση τα αποτελέσματα της Απογραφής Πληθυσμού του 2001.															
COPYRIGHT © :2009, REPUBLIC OF CYPRUS, STATISTICAL SERVICE															

Πίνακας 2-2: Πληθυσμιακά στοιχεία επαρχίας Λευκωσίας(Erem s.a., 2010)

A/A ΠΣ	Επαρχία	Δήμος Κοινότητα	Εξυπηρετούμενες Κοινότητες	Εξυπηρ. Πληθυσμός 2001	Εξυπηρ. Πληθυσμός 2008	Εξυπηρ. Πληθυσμός 2022	Εξυπηρ. Πληθυσμός 2022
1	Λευκωσία	Εργάτες (Εργάτες, 50% Παλαιχώρι, Αρεδού, 50% Πέρα)	Ανάγεια, Πάνω Δευτερά, Κάτω Δευτερά, Ψημολόφου, Εργάτες, Πολιτικό - 50% Παλαιχώρι Μόρφου, Παλαιχώρι Ορεινής, Απλίκι, Ασκάς, Φτερικουδί, Πλατανιστάσα, Άλωνα, Φαρμακάς, Καμπί, Γούρρη, Λαζανιάς, Φικάρδου, Πολύστυπος, Σαράντι, Λειβάδια, Αληθινού - Αρεδιού, Κλήρου, Καλό Χωριό Κλήρου, Επισκοπειό, Αγροκηπιά, Μαλούντα, Άγιος Ιωάννης Μαλούντας, Άγιος Επιφάνιος Ορεινής - 50% Καμπιά, Καπέδες, Αναλιόντας, Καταλιόντας, Πέρα Ορεινης	16.033	17.130	17.736	18.005
2	Λευκωσία	Τσέρι (Τσέρι, 50% Πέρα)	Τσέρι, Μαρκί - 50% Καμπιά, Καπέδες, Αναλιόντας, Καταλιόντας, Πέρα Ορεινης	6.516	6.962	7.208	7.320
3	Λευκωσία	Κοκκινотριμιθιά	Κοκκινотριμιθιά, Μάμμαρι, Δένεια	4.452	4.757	4.925	5.000
4	Λευκωσία	Ορούντα (Ορούντα, Ποτάμι)	Ορούντα, Περιστερώννα, Κάτω Μονή, ΑγιοΗλιόφωτοι, Μιτσερό, Αγία Μαρίνα Ξυλιάτου, Ακάκι, Μένοικο, Λαγουδερά, Ξυλιάτος - Ποτάμι, Αστρομερίτης, Βυζακιά, Νικητάρι, Καννάβια, Αγία Ειρήνη, Άγιος Γεώργιος Σολέας, Άγιος Γεώργιος Καυκάλου	13.898	14.849	15.374	15.625
5	Λευκωσία	Κάτω Κουτραφάς (Κάτω Κουτραφάς, Κατύδατα)	Πάνω Κουτραφάς, Κάτω Κουτραφάς, Άγιος Θεόδωρος Σολέας, Ευρύχου, Σινάορος, Τεμβριά, Γερακιές, Οίκος, Καλιάνα, Γαλάτα, Κακοπετριά, Τσακίστρα, Μουτουλάς, Σπήλια, Πεδουλάς, Μυλικούρι, Κάμπος - Κατυδάτα, Ληνού, Αγ.Επιφάνιος Σολέας, Φλάσου, Κοράκου, Σκουριώτισσα, Καλοπαναγιώτης, Άγιος Νικόλαος	6.678	7.135	7.387	7.510
6	Λευκωσία	Δάλι - 1	Λατσιά, Γέρι, Αγ. Σωζόμενος	18.642	19.918	20.622	20.950

<<ΧΑΡΑΞΗ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΡΟ ΣΤΗΝ ΛΕΥΚΩΣΙΑ>>

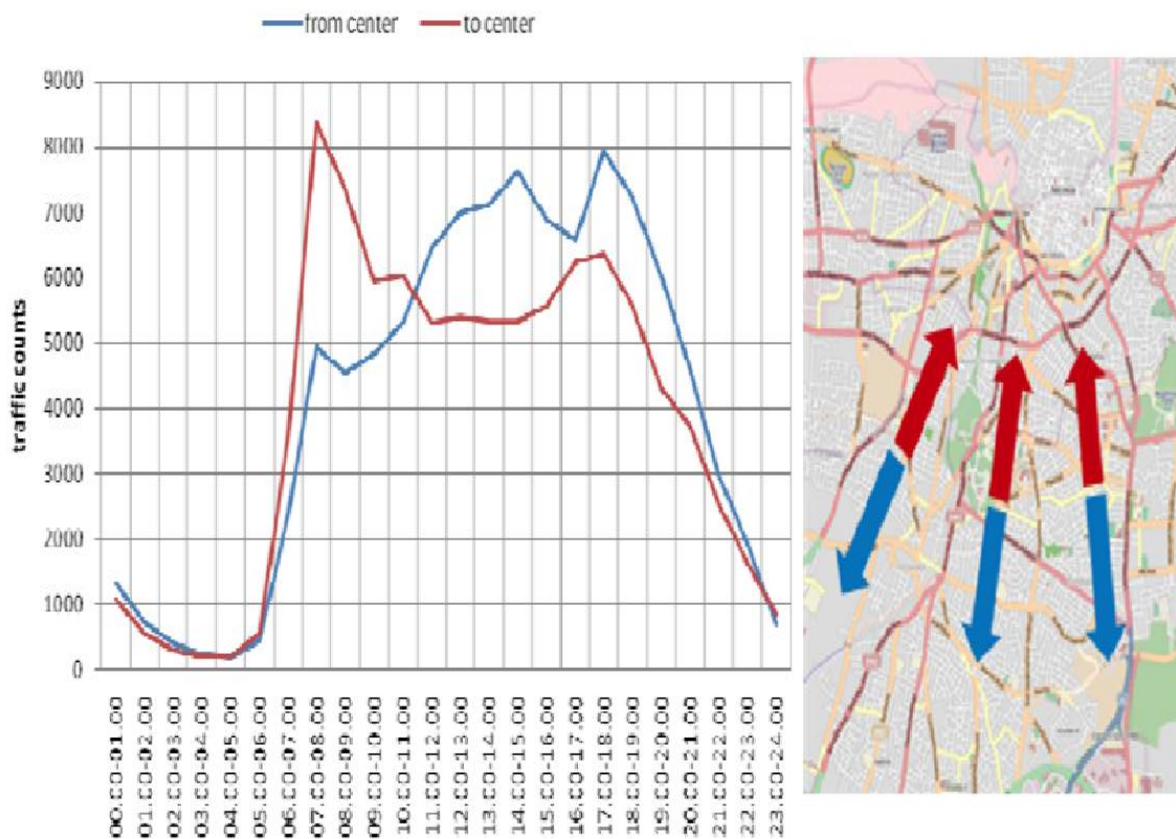
7	Λευκωσία	Δάλι - 2 (Δάλι-2, Μαθιάτης)	Δάλι, Πέρα Χωριό Νήσου, Νήσου, Αλάμπρα, Λύμπια, Ποταμιά - Μαθιάτης, Λυθροδόνας, Σια, Κοτσιάτης, Αγ.Βαρβάρα	18.503	19.769	20.468	20.800
8	Λευκωσία	Πύργος	Κάτω Πύργος, Πάνω Πύργος, Μοσφίλι, Αλεύγα, Πηγένια, Άγιος Θεόδωρος Τηλλυρίας, Φροδίσια	1.300	1.389	1.438	1.460
9	Λευκωσία	Δήμος Στροβόλου (70% Στρόβολος, 20% Λευκωσία-1)	70% Δήμος Στροβόλου, Δήμος Έγκωμης (Περιοχή Μακεδονίτισσας) - 20% Δήμος Λευκωσίας (Άγιος Ανδρέας, Κέντρο) Δήμος Αγίου Δομετίου	34.978	39.739	42.420	43.104
10	Λευκωσία	Κοινότητα Αγίων Τριμιθιάς	Άγιοι Τριμιθιάς, Παλιομέτοχο	5.475	5.850	6.056	6.150
11	Λευκωσία	Δήμος Λακατάμιας (Λακατάμια, 20% Στροβόλου)	Δήμος Λακατάμιας και Συνοικισμός Ανθούπολης - 20% Δήμος Στροβόλου, Δήμος Έγκωμης (Περιοχή Μακεδονίτισσας)	58.003	65.899	70.345	71.468
12	Λευκωσία	Δήμος Αγλαντζιάς (Αγλαντζιά, 10% Στροβόλου)	Δήμος Αγλαντζιάς - 10% Δήμος Στροβόλου, Δήμος Έγκωμης (Περιοχή Μακεδονίτισσας)	27.470	31.209	33.315	33.854
13	Λευκωσία	Δήμος Λευκωσίας (Λευκωσία-2, 80% Λευκωσία-1)	Δήμος Λευκωσίας (Καιμακλί, Παλλουριώτισσα) - 80% Δήμος Λευκωσίας (Άγιος Ανδρέας, Κέντρο) Δήμος Αγίου Δομετίου	61.598	69.983	74.704	75.914
				<b>273.545</b>	<b>304.588</b>	<b>321.998</b>	<b>327.160</b>

Όπως φαίνεται στους παραπάνω πίνακες με βάση την απογραφή του 2008 ο πληθυσμός της Κύπρου είναι 800.000 κάτοικοι και της Λευκωσίας 305.000 κάτοικοι. Πάρα πολλοί κάτοικοι που μένουν στη Λάρνακα ή στην Λεμεσό ( περίπου 250.000) πραγματοποιούν καθημερινά ταξίδια προς την πρωτεύουσα τόσο για επαγγελματικούς όσο και για άλλους λόγους, με αποτέλεσμα στις εισόδους να δημιουργείται πολλή μεγάλη κυκλοφοριακή συμφόρηση. Έτσι λοιπόν με απαλλοτριώσεις που θα πρέπει να γίνουν κυρίως στην περιοχή γύρω από το Νέο ΓΣΠ καθώς και στις περισσότερες από τις στάσεις/σταθμούς της χάραξης, οι εκτός της πρωτεύουσας κάτοικοι θα έχουν τη δυνατότητα να παρκάρουν τα αυτοκίνητά τους και να χρησιμοποιούν το μετρό για την είσοδό τους στο κέντρο της Λευκωσίας.

#### **2.1.4. Η αναμενόμενη ζήτηση**

Η αναμενόμενη ζήτηση των μεταφορών του πληθυσμού βασίζεται τόσο στην ωριαία όσο και στην ημερήσια κατανομή. Πιο συγκεκριμένα σύμφωνα με το παρακάτω σχήμα παρατηρείται ότι η μεγαλύτερη κίνηση το πρωί έχει κατεύθυνση προς το κέντρο της πόλης, ενώ το απόγευμα έχει κατεύθυνση έξω από το κέντρο της πόλης. Αναλύοντας τα στοιχεία ελέγχου εναέριας κυκλοφορίας με περισσότερες λεπτομέρειες, έχει εντοπιστεί το ποσοστό της κίνησης της περιόδου αιχμής κατά τη διάρκεια της ημερήσιας κυκλοφορίας .



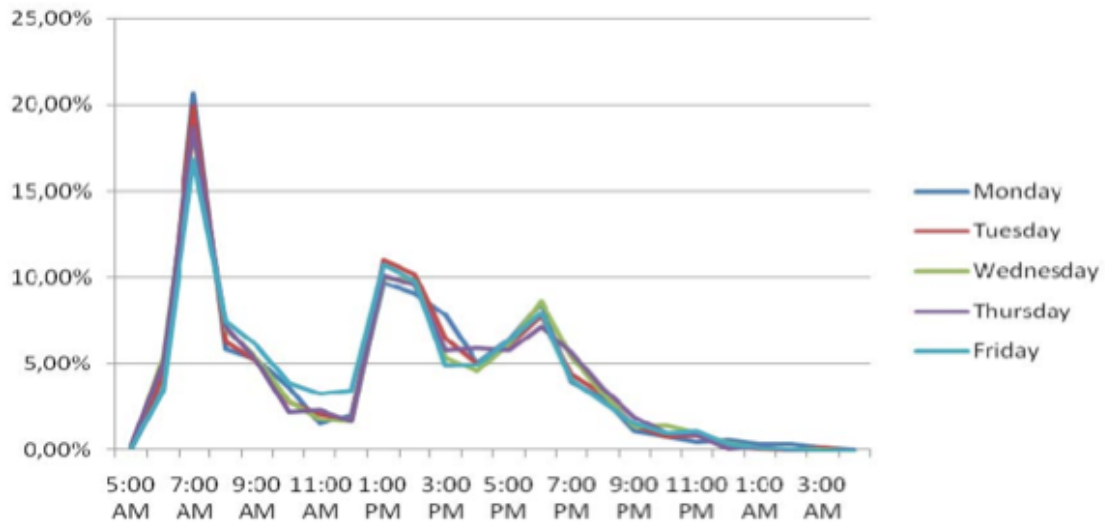


Σχήμα 2-1: Κίνηση οχημάτων από και προς το κέντρο της Λευκωσίας (Denco s.a,2009)

Με την επιλογή ενός δίωρου χρονικού διαστήματος για τις από και προς το κέντρο διαδρομές, την ώρα αιχμής τους, το πρωί και το απόγευμα διαπιστώθηκαν τα εξής:

- 7:30 - 9:30 (κορυφή πρωί, με το 13% του συνόλου των καθημερινών μετακινήσεων).
- 17:30 - 19:30 (κορυφή απόγευμα, με 13% του συνόλου των καθημερινών μετακινήσεων).

Το σχήμα που ακολουθεί δείχνει τη διακύμανση διαδρομών ανά ταξίδι στο χρόνο (την ημέρα της εβδομάδας και την ώρα της ημέρας), όπως προκύπτουν από έρευνα. Υπάρχουν 3 περίοδοι αιχμής ,μία το πρωί (7:00) με 19% των ταξιδιών που αρχίζει αυτή την περίοδο και δύο το απόγευμα (13:00 και 18:00), με 10% και 8% αντίστοιχα.



Σχήμα 2-2: Ημερήσια κίνηση στη Λευκωσία (Denco s.a,2009)

Στην συνέχεια παρουσιάζεται φωτογραφικό υλικό ,ενδεικτικό της κίνησης στην πόλη:



Εικόνα 2-1: Κίνηση κατά την είσοδο στην πόλη(α)



**Εικόνα 2-2: κίνηση κατά την είσοδο στην πόλη(β)**



**Εικόνα 2-3: Κίνηση κατά την είσοδο στην πόλη(γ)**

## **2.2 Επιλογή Χώρων για την Κατασκευή των Σταθμών**

Αφού, λοιπόν, αποκτήθηκε μια πρώτη ιδέα για τις περιοχές που θα συμπεριληφθούν και με βάση τα κριτήρια που αναφέρθηκαν παραπάνω επιλέχθηκαν οι ακόλουθοι χώροι που θα δημιουργηθούν οι σταθμοί και ο άξονας διέλευσης της σήραγγας. Αυτή η εργασία προϋπέθετε την καλή γνώση των περιοχών από τις οποίες θα διέρχεται η γραμμή, τόσο από επί τόπου αυτοψία, όσο και από γνώση της τοπογραφίας τους. Για το σκοπό αυτό έγινε προμήθεια κατάλληλων τοπογραφικών χαρτών (παρουσιάζονται στο παράρτημα) από το Τμήμα Γεωλογικής Επισκόπησης της Κύπρου.

### **2.2.1. Έρευνα γραφείου**

Μελετώντας το χάρτη έγινε η χωροθέτηση των σταθμών σε σημεία που κρίθηκε ότι θα εξυπηρετούσαν καλύτερα τις περιοχές από τις οποίες θα διέλθει η γραμμή. Επιλέχτηκαν δηλαδή εκείνα τα σημεία που είναι κεντρικά και ταυτόχρονα διαθέτουν τους απαραίτητους χώρους για τη δημιουργία εργοταξίων και την κατασκευή των σταθμών. Έτσι, η πλειοψηφία των χώρων αυτών αποτελείται από οικόπεδα και πλατείες καθώς έτσι επιτυγχάνουμε τη βελτιστοποίηση της χρήσης των δημοσίων χώρων και ελαχιστοποιούνται οι ανάγκες απαλλοτρίωσης ιδιόκτητων ακινήτων.

### **2.2.2. Επί τόπου μελέτη**

Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε επί τόπου μελέτη των περιοχών. Για κάθε ένα από τα σημεία που επιλέχτηκαν:

- α) εξετάστηκε εάν πράγματι είναι κεντρικό
- β) υπολογίστηκε προσεγγιστικά η επάρκεια των χώρων για την κατασκευή του σταθμού
- γ) φωτογραφήθηκε

### **2.2.3. Χωροθέτηση σταθμών**

Σε κάθε περίπτωση που όλοι οι παραπάνω παράγοντες ικανοποιούνται επιλέγεται οριστικά ο αντίστοιχος χώρος για την κατασκευή σταθμού.

Έτσι καταλήγουμε στα παρακάτω σημεία για την κατασκευή των σταθμών:

- ↵ Στο νέο Στάδιο ΓΣΠ, επί της Λεωφόρου Α1 και κάθετα στη παρακαμπτήρια οδό ΓΣΠ.
- ↵ Στη βιομηχανική περιοχή του Στροβόλου, επί της Λεωφόρου Α1 και θα περικλείεται από τις οδούς Πομπηίας και Προπυλαίων.
- ↵ Στη περιοχή του Στροβόλου, επί της Λεωφόρου Α1 και στις προεκτάσεις των οδών Σταυρού και Εικονίου.
- ↵ Στην οδό Κωστή Παλαμά, κάθετη της οδού Λεμεσού και μεταξύ των Σοφοκλέους και Θησέως.
- ↵ Απέναντι από το Ινστιτούτο Μελκονιάν και επί της οδού Λεμεσού και Χαράλαμπου Μιχαήλ.
- ↵ Στην οδό Αρχιεπισκόπου Μακαρίου 'Γ και περικλείεται από τις οδούς Εθνικής Φρουράς, Χαλκοκονδύλη και Βάγνερ.
- ↵ Στην οδό Αρχιεπισκόπου Μακαρίου 'Γ και Σπύρου Κυπριανού και περικλείεται από τις οδούς Αυλώνος και Ζήνωνος Σώζου.
- ↵ Στη γωνία των οδών Γεωργίου Γρίβα Διγενή και Δημοσθένη Σεβέρη.
- ↵ Απέναντι από το Ευρωπαϊκό Πανεπιστήμιο της Κύπρου επί της Αρχάγγελου Μιχαήλ κάθετη της Γεωργίου Γρίβα Διγενή.
- ↵ Στην οδό Αρχάγγελου Μιχαήλ και στην προέκταση της οδού Βασιλέως Παύλου.
- ↵ Στο Μακάριο Στάδιο επί της οδού Λευκοθέου καθώς επίσης θα περικλείεται και από τις οδούς Ηρώων, Γεωργίου Σεφέρη και Ηλία Παπακυριακού.

Αναλυτικότερα, ο πρώτος σταθμός στο Γ.Σ.Π. προβλέπεται να εξυπηρετεί εκείνο το κομμάτι του πληθυσμού, το οποίο εισέρχεται στην πρωτεύουσα από την πόλη της Λάρνακας καθώς επίσης και από τον Αερολιμένα της Κύπρου. Οι επιβάτες του μετρό θα έχουν τη δυνατότητα να παρκάρουν τα αυτοκίνητά τους στον διπλανό χώρο στάθμευσης που θα δημιουργηθεί και να επιβιβάζονται με κατεύθυνση το κέντρο ή τη δυτική πλευρά της πόλης.

Ο δεύτερος σταθμός στη βιομηχανική περιοχή προβλέπεται να εξυπηρετεί το Γενικό Νοσοκομείο της πόλης καθώς και την αυξημένη εμπορική κίνηση της περιοχής.

Ο τρίτος σταθμός (Στρόβολος) προβλέπεται να εξυπηρετήσει το δήμο Στροβόλου, τα πανεπιστημιακά ιδρύματα της περιοχής και σε συνδυασμό με κάποιο άλλο μέσο μαζικής μεταφοράς ( π.χ. λεωφορείο ανά μισή ώρα) τις φοιτητικές εστίες που στεγάζονται στην ευρύτερη περιοχή.

Ο τέταρτος και ο πέμπτος σταθμός (Κωστή Παλαμά και Αγλαντζιά) προβλέπονται να εξυπηρετήσουν τους κατοίκους του Δήμου Αγλαντζιά, καθώς και τα κεντρικά γραφεία της Αστυνομίας, το Ραδιοφωνικό Ίδρυμα Κύπρου, το Ινστιτούτο Μελκονιά, το Διεθνές Συνεδριακό Κέντρο Κύπρου και την Πολυτεχνική Σχολή Πανεπιστημίου Κύπρου.

Ο έκτος, ο έβδομος και ο όγδοος σταθμός (Εθνικής Φρουράς, Μακαρίου και Γρίβα Διγενή) προβλέπονται να εξυπηρετήσουν τον κεντρικότερο εμπορικό δρόμο της Λευκωσίας καθώς επίσης και την Α' Τεχνική Σχολή της Λευκωσίας, το Υπουργείο Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού, το Υπουργείο Οικονομικών και το Υπουργείο Εσωτερικών.

Ο ένατος, δέκατος και ενδέκατος σταθμός (Αρχάγγελος Μιχαήλ, Ελικώνα και Μακάριο Στάδιο) προβλέπονται να εξυπηρετήσουν τη βορειοδυτική πλευρά της Λευκωσίας, τη Διεθνή Κρατική Έκθεση και το Μακάριο Στάδιο.

#### **2.2.4. Επίσταθμος γραμμής**

Σε όλες τις γραμμές του Μετρό, για να είναι δυνατή η λειτουργία τους και να μπορούν τα τρένα να αλλάζουν κατεύθυνση ώστε να πραγματοποιούν δρομολόγια και προς τις δυο κατευθύνσεις, μετά από κάθε τερματικό σταθμό υπάρχει ένας επίσταθμος (όπως π.χ. στο σταθμό Άγιος Δημήτριος της Αθήνας και στη δική μας περίπτωση επίσταθμος στην περιοχή Μακάριο Στάδιο). Ο επίσταθμος αποτελεί το μέρος όπου τα τρένα με τη βοήθεια «ψαλιδιών» αλλάζουν κατεύθυνση και εισέρχονται στη σιδηροτροχιά που οδηγεί στην άλλη κατεύθυνση της γραμμής. Η ύπαρξη επίσταθμου είναι απαραίτητη προκειμένου να εξασφαλίζεται η λειτουργία της γραμμής και προς τις δυο κατευθύνσεις.

Ο επίσταθμος στο Μακάριο Στάδιο μπορεί να είναι επίγειος ή υπόγειος, μήκους 110μ. (όσο δηλαδή είναι περίπου το μήκος ενός τρένου) και πλάτους περίπου 10-15 μ., και θα αποτελείται από τρεις ή τέσσερις σιδηροτροχιές, παράλληλες προς την τροχιά της γραμμής, ώστε να μπορεί να φιλοξενεί τρία ή και τέσσερα τρένα. Ο επίσταθμος εκτός από τη χρήση του για την αλλαγή της κατεύθυνσης των τρένων, χρησιμεύει και για τη στάθμευσή τους .

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι φωτογραφίες των χώρων που επιλέχτηκαν για την κατασκευή των σταθμών καθώς και σχέδια με την χάραξη της γραμμής.



Εικόνες 2-4: Παρουσίαση γύρω περιοχών και χώρου τοποθέτησης σταθμού “ ΓΣΠ ”





Εικόνες 2-5: Παρουσίαση χώρου τοποθέτησης σταθμού " Κωστή Παλαμά "



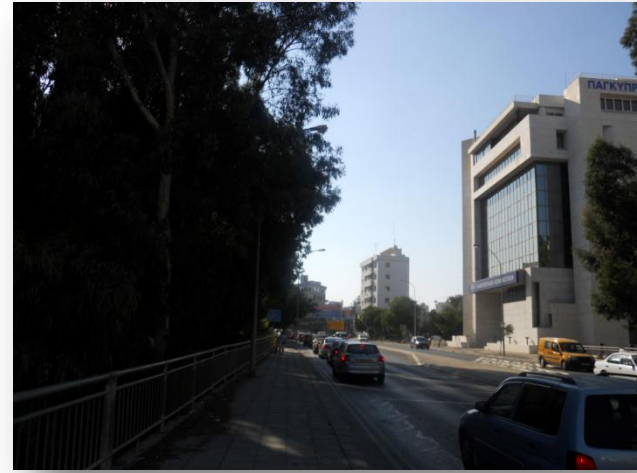
**Εικόνες 2-6: Παρουσίαση χώρου τοποθέτησης σταθμού “ Αγλατζιά ”**



**Εικόνες 2-7: Παρουσίαση γύρω περιοχών και χώρου τοποθέτησης σταθμού “Εθνική Φρουρά”**



Εικόνες 2-8: Παρουσίαση χώρου τοποθέτησης και γύρω περιοχής σταθμού “Μακάριου”

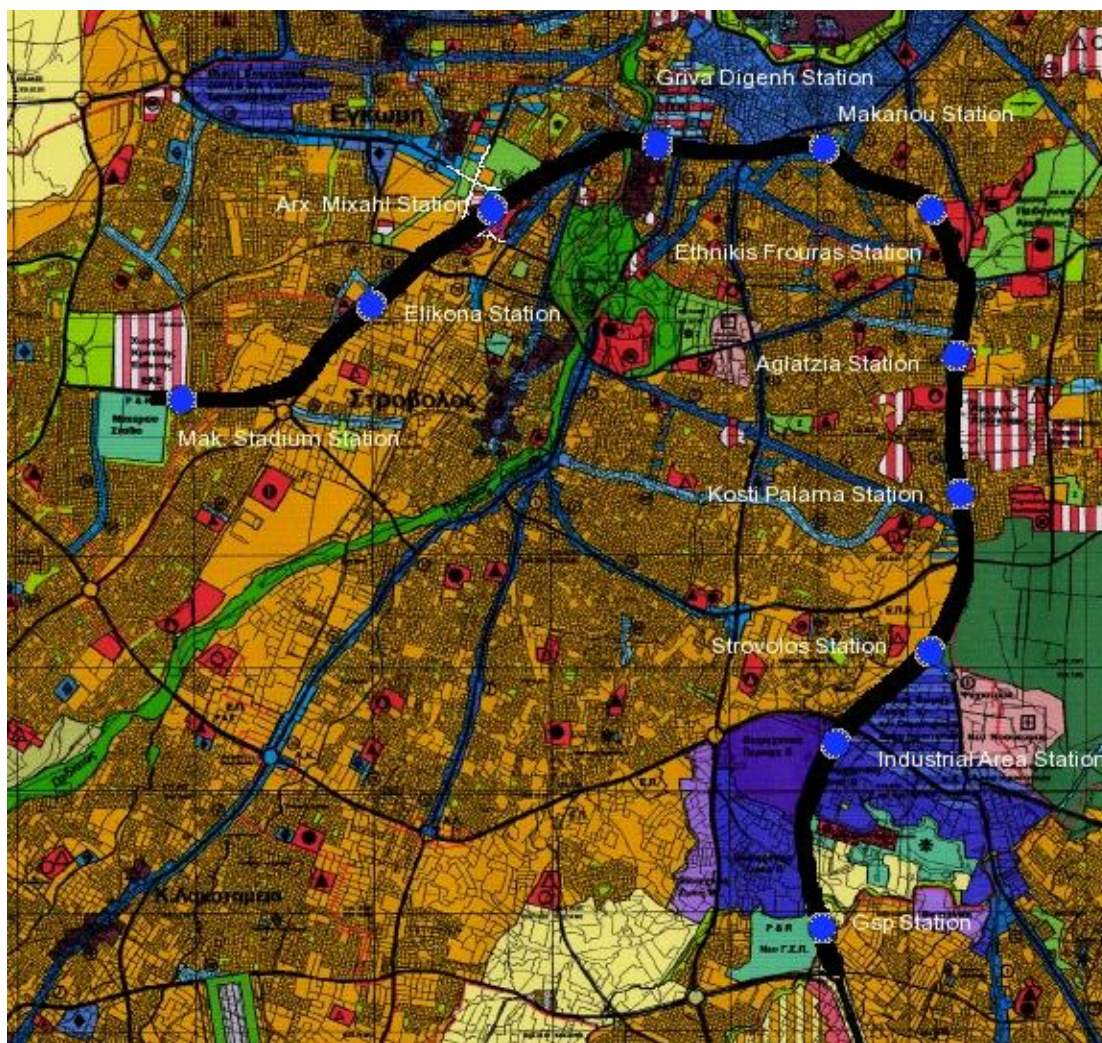


**Εικόνες 2-9: Παρουσίαση γύρω περιοχών και χώρου τοποθέτησης σταθμού “Γρίβα Διγενή”**

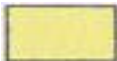





Εικόνες 2-10: Παρουσίαση γύρω περιοχών και χώρου τοποθέτησης σταθμού 'Μακάριο Στάδιο '

Παρακάτω παρουσιάζεται ο χάρτης χρήσεων γης περιέχοντας τους σταθμούς της χάραξης.



Εικόνα 2-11: Χάρτης χρήσεων Γης της Λευκωσίας(Denco s.a,2009),με ενσωματωμένη την γραμμή χάραξης

-  Ύπαιθρος-Περιοχές έκτος ορίου Ανάπτυξης
-  Αστικό Πάρκο
-  Τοπικό Πάρκο
-  Βιομηχανική Περιοχή Κατηγορίας Β



Περιοχή Εμπορικής Ανάπτυξη & Γραφείων



Βιομηχανική Ζώνη Κατηγορίας Α



Οικιστική ανάπτυξη



Ευρύτερος Δημόσιος τομέα

## **2.3 ΧΑΡΑΞΗ ΓΡΑΜΜΗΣ**

### **2.3.1.Οριζόντια χάραξη γραμμής**

Κατά τη μελέτη της οριζόντιας χάραξης επιδίωξη ήταν η σύνδεση των σταθμών που επιλέχθηκαν να γίνει με τροχιά που η ελάχιστη τιμή της καμπυλότητάς της να περιορίζεται στο όριο των 300 μ. Επιπλέον, όπου ήταν δυνατή η χάραξη με τη χρήση μεγάλων ακτινών καμπυλότητας έγινε προσπάθεια για αυτό.

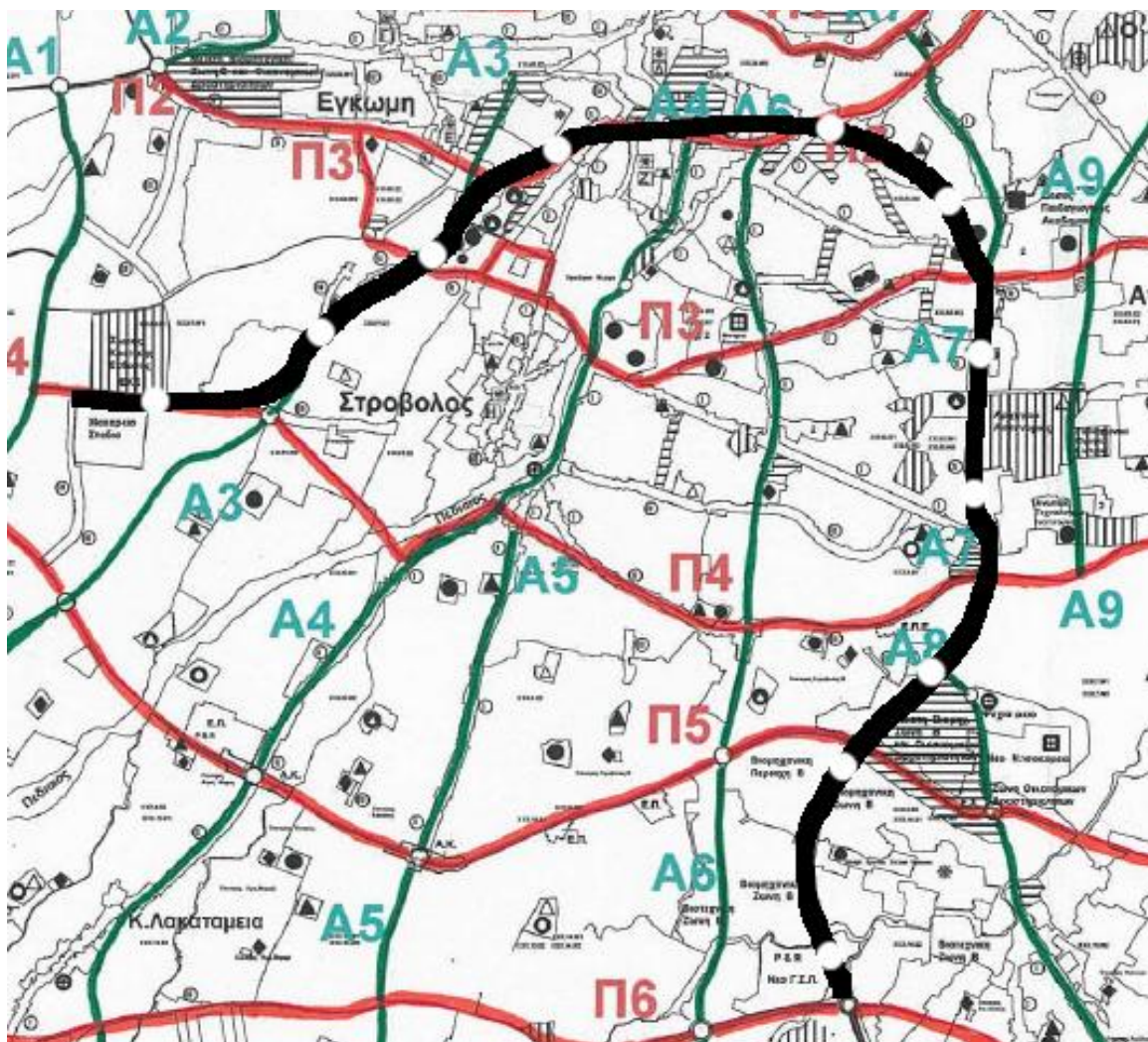
Ακόμα, έγινε προσπάθεια για τη διέλευση της σήραγγας κάτω από κεντρικούς δρόμους ή ακατοίκητες περιοχές, όπου αυτό ήταν δυνατό, ώστε να επιτευχθεί η μικρότερη δυνατή όχληση, από ζημιές που πιθανόν να εκδηλωθούν κατά τη φάση της εκσκαφής, στις υπερκείμενες κατασκευές.





Εικόνα 2-12: Οριζόντια Χάραξη γραμμής (Google Earth)

Στη συνέχεια παρουσιάζεται ένας οδικός χάρτης της περιοχής χάραξης του μετρό με τοποθετημένους τους περιμετρικούς δρόμους πρωταρχικής σημασίας και τους ακτινωτούς δρόμους πρωταρχικής σημασίας.



Εικόνα 2-13: Οδικός χάρτης περιοχής της Λευκωσίας (Denco s.a,2009)

**Π** Περιμετρικοί  
Δρόμοι  
Πρωταρχικής  
Σημασίας

**Α** Ακτινωτοί  
Δρόμοι  
Πρωταρχικής  
Σημασίας

### 2.3.2.Η μηκοτομή της χάραξης

Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζεται η μηκοτομή της χάραξης. Απαραίτητη προϋπόθεση για τη μελέτη αυτών ήταν η γνώση του τοπογραφικού ανάγλυφου της περιοχής. Για το σκοπό αυτό παρελήφθησαν, από την Γεωλογική Επισκόπηση της Κύπρου, τοπογραφικοί χάρτες με τα υψόμετρα σε κλίμακα 1:5000. Στη συνέχεια με βάση τη χάραξή μας τοποθετήσαμε τις ισοϋψείς σε σημεία και τα ενώσαμε. Έτσι δημιουργήθηκε το ανάγλυφο της χάραξης.

Σε συνεχόμενα τμήματα με διαφοροποίηση της κατά μήκος κλίσης  $\Delta s > 1\%$  πρέπει να τοποθετείται τόξο κατακόρυφης συναρμογής ελάχιστης ακτίνας 2500m. Έτσι, η κατακόρυφη επιτάχυνση που αναπτύσσεται για την ταχύτητα των 80km/h είναι περίπου  $0,20\text{m/s}^2$ , τιμή ανεκτή για την άνεση του επιβάτη. Επισημαίνεται ότι το ανθρώπινο σώμα είναι πιο ευαίσθητο στις κατακόρυφες επιταχύνσεις από ότι στις εγκάρσιες γι' αυτό και η οριακή τιμή της κατακόρυφης επιτάχυνσης προτείνεται στο  $0,3\text{ m/s}^2$ .

Η τιμή της ακτίνας κατακόρυφης συναρμογής στην είσοδο και στην έξοδο των σταθμών μπορεί να μειωθεί στα 1250m. Στις θέσεις αυτές η ταχύτητα των συρμών δεν υπερβαίνει τα 60km/h, οπότε η κατακόρυφη επιτάχυνση με τιμή  $0,20\text{m/s}^2$  εξακολουθεί να είναι ανεκτή για τους επιβάτες.

Από τους τοπογραφικούς χάρτες που παραχωρήθηκαν από την Γεωλογική Επισκόπηση της Κύπρου και με τη χρήση του προγράμματος AutoCAD δημιουργήθηκε η τομή του φυσικού εδάφους κατά μήκος της γραμμής χάραξης σε κλίμακα 1:10,000. Στη συνέχεια τοποθετήθηκαν οι σταθμοί σε βάθος που κυμαίνεται από 15 έως 34μέτρα στις αντίστοιχες θέσεις της μηκοτομής. Τέλος, έγινε η σύνδεση των σταθμών.

Σύμφωνα με τις προδιαγραφές της Αττικό Μετρό στην Αθήνα η μέγιστη επιτρεπτή κλίση είναι 4 %. Μεγαλύτερες κλίσεις καθιστούν δύσκολη έως αδύνατη την κίνηση των συρμών. Προτεινόμενη κλίση είναι το 1,5 %. Η ελάχιστη κλίση ώστε να εξασφαλίζεται η φυσική ροή των υδάτων στο εσωτερικό της σήραγγας προκειμένου να απομακρυνθούν στη συνέχεια είναι 0,3 %. Στους υπολογισμούς που έγιναν οι κλίσεις της σήραγγας της Λευκωσίας δεν ξεπερνάνε το 1,5 %.

Με σκοπό τη διατήρηση των προδιαγραφών της Αττικό Μετρό όσον αφορά τις κλίσεις που προαναφέρθηκαν, έγιναν κατάλληλες αλλαγές στα αρχικά σχέδια της μηκοτομής για να περιοριστούν τα προβλήματα κλίσεων που συναντήθηκαν και τα οποία ήταν ιδιαίτερα έντονα σε ορισμένες περιπτώσεις. Στην συνέχεια ακολουθεί η μηκοτομή της σήραγγας της Λευκωσίας.





## Τοποθέτηση μηκοτομής

## **2.4 Συμπεράσματα Χάραξης**

### **2.4.1. Η εξοικονόμηση χρόνων διαδρομής που προκύπτει**

Η χρονομέτρηση των σταθμών της χάραξης, έγινε σε σύγκριση με το μετρό της Αθήνας. Συγκεκριμένα από την κόκκινη γραμμή της Αθήνας (Άγιος Δημήτριος– Άγιος Αντώνιος) οι χρόνοι διαδρομής, για μία απόσταση 6 χιλιομέτρων περίπου που διανύει το μετρό μεταξύ των σταθμών, κυμαίνονται από 55” μέχρι 1’,23” με χρόνο αναμονής σε κάθε σταθμό περίπου 1 λεπτό. Με βάση αυτά τα δεδομένα υπολογίστηκε και ο απαιτούμενος χρόνος για την γραμμή της Λευκωσίας με αφετηρία το νέο ΓΣΠ και τερματισμό το Μακάριο στάδιο συνολικής απόστασης περίπου 12χλμ.

Παρακάτω παρουσιάζονται προσεγγιστικά οι χρόνοι διαδρομής συμπεριλαμβανομένων των στάσεων σε κάθε σταθμό:

**Πίνακας 2-3: Χρόνοι διαδρομής αποστάσεων μεταξύ σταθμών**

<b>Σταθμοί</b>	<b>Απόσταση</b>	<b>Χρόνοι διαδρομής</b>
ΝέοΓ.Σ.Π-Βιομηχανική Περιοχή	1.387	2’,00”
Βιομηχανική Περιοχή – Στρόβολος	777	1’,00”
Στρόβολος - Κωστή Παλαμά	1.146	1’,35”
Κωστή Παλαμά - Αγλατζιά	983	1’,25”
Αγλατζιά – Εθνικής Φρουράς	1.232	1’,55”
Εθνικής Φρουράς - Μακαρίου	880	1’,10”
Μακαρίου - Γρίβα Διγενή	1.227	1’,55”
Γρίβα Διγενή – Αρχάγγελος Μιχαήλ	1.555	2’,10”
Αρχάγγελος Μιχαήλ - Ελικόνα	1.085	1’,30”
Ελικόνα – Μακάριο Στάδιο	1.600	2’,15”
<b>Σύνολο</b>	<b>11,873</b>	<b>15’,00”</b>

Για να καλυφθεί η απόσταση με αυτοκίνητο σε ώρα αιχμής διαπιστώθηκε ότι χρειάστηκαν 45 λεπτά με 1 ώρα. Επίσης διανύοντας την ίδια απόσταση σε ώρες κανονικής ροής διαπιστώθηκε ότι χρειάστηκαν περίπου τα 20 με 30 λεπτά.

Καταλήγουμε στο συμπέρασμα λοιπόν ότι και στις δύο περιπτώσεις ότι η εξοικονόμηση του χρόνου διαδρομής με τη χρήση μετρό θα είναι από 15 μέχρι 35 λεπτά.

## **2.5 Επιπτώσεις στο περιβάλλον**

### **2.5.1.Ατμοσφαιρικό Περιβάλλον**

Ο ορισμός του συντελεστή εκπομπών είναι η ποσότητα των ρύπων που παράγονται ανά μονάδα του καύσιμου που καταναλώνεται ή ανά μονάδα παραγόμενου έργου. Εκφράζεται σε μάζα του ρύπου ανά μονάδα του καύσιμου ή ανά μονάδα παραγόμενου αγαθού ή ανά μονάδα παραγόμενης εργασίας.

Η κύρια επίδραση στην ποιότητα της ατμόσφαιρας των αστικών κέντρων προέρχεται από την οδική κυκλοφορία. Η βασική διαφοροποίηση των πηγών της ατμοσφαιρικής ρύπανσης επικεντρώνεται στην αλλαγή της κυκλοφορίας και των συνθηκών κυκλοφορίας που επηρεάζουν το οδικό δίκτυο, με τη λειτουργία του νέου συστήματος μεταφορών. Έχει αποδειχθεί, ότι υπάρχει μια άμεση σχέση στη βελτίωση των συνθηκών κυκλοφορίας, με τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που έχει επηρεαστεί σημαντικά από τις συνθήκες της κυκλοφορίας στις οδικές προσβάσεις και από το επίπεδο των Δημοσίων Αστικών Συγκοινωνιών που χρησιμοποιούνται. Οι επιστημονικές αυτές έρευνες βασίστηκαν στον υπολογισμό του φορτίου των ρύπων ανά επιβάτη αναλογικά με τον συνολικό αριθμό των επιβατών.

Οι εκπομπές του CO γενικά υπολογίζονται με βάση την «χιλιομετρική κάλυψη από τα οχήματα» και τους αντίστοιχους συντελεστές των εκπομπών. Επισημαίνεται ότι, αν τα δημόσια μέσα μεταφοράς δεν είναι επαρκή και πιθανώς δεν χρησιμοποιούνται τουλάχιστον για το κύριο οδικό δίκτυο της πόλης, θα υπάρξει η αύξηση της χρήση του ιδιωτικού αυτοκινήτου και κατά συνέπεια των ρυπογόνων εκπομπών. Αντίθετα, χρησιμοποιώντας τη δημόσια συγκοινωνία, τα επίπεδα των εκπομπών ρύπων είναι χαμηλότερα από τα επίπεδα που



παρατηρούνται χωρίς την εφαρμογή ενός ολοκληρωμένου δημόσιου συστήματος μεταφορών.

Οι επιπτώσεις στην ποιότητα της ατμόσφαιρας, συνεπώς, αξιολογούνται από την άποψη των μεταφερόμενων επιβατών σχετικά με το οδικό δίκτυο, όπως αναφέρθηκε είναι συγκρίσιμη μετά επίπεδα της ρύπανσης που αφορούν δημόσια μέσα μεταφοράς και τα ιδιωτικά αυτοκίνητα σε ένα έντονα αστικοποιημένο περιβάλλον. Το βασικό πλεονέκτημα της μαζικής μεταφοράς είναι η υψηλή ικανότητα μεταφοράς των επιβατών, ως εκ τούτου, μικρός απαιτούμενος χώρος ανά μεταφερόμενο επιβάτη, για την ανάπτυξη του δικτύου, ενώ την ίδια στιγμή παρουσιάζει την μικρότερη κατανάλωση ενέργειας ανά επιβάτη περιορίζοντας τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι η παραγωγή CO<sub>2</sub> ανά μεταφερόμενο επιβάτη με ιδιωτικό αυτοκίνητο είναι πέντε φορές μεγαλύτερη από εκείνη που αντιστοιχεί σε μεταφορά επιβατών της Αθήνας με το Μετρό (Attiko Metro s.a., 2009).

Οι επιβάτες που χρησιμοποιούν τα ιδιωτικά αυτοκίνητα παράγουν μεγαλύτερες ποσότητες σε όλους τους ρύπους και τις περισσότερες φορές περισσότερο από τις ποσότητες που παράγουν οι επιβάτες που χρησιμοποιούν τις δημόσιες μεταφορές.

Ειδικότερα , οι επιβάτες άλλων μέσων (μοτοσικλές, ταξί)συμμετέχουν λιγότερο, αλλά επίσης ενεργά στον τομέα της παραγωγής του μονοξειδίου του άνθρακα, οι υδρογονάνθρακες και τα οξείδια του αζώτου. Οι επιβάτες που χρησιμοποιούν τα αυτοκίνητα ντίζελ ταξί συμμετέχουν στην παραγωγή ρύπων και σε μεγαλύτερες ποσότητες από αυτές που θα συμμετείχαν, εάν είχαν μεταφερθεί με μετρό(πηγή: *Denco s.a.,2009*).

### **2.5.2. Ακουστική ρύπανση**

Είναι γεγονός ότι η κυκλοφορία του οδικού δικτύου επηρεάζει το ακουστικό περιβάλλον (Road Traffic Noise), λόγω του όγκου των οχημάτων που κινούνται σε αυτό. Η εφαρμογή του προτεινόμενου σχεδίου ανάπτυξης για τη μεταφορά του συστήματος στην πόλη της Λευκωσίας είναι η μελέτη σε σχέση με τα προβλήματα της κυκλοφορίας λόγω της αυξημένης χρήσης των Ι.Χ. αυτοκινήτων και ταξί, για τις σχετικές ακουστικές οχλήσεις (επίπεδο του

θορύβου οδικής κυκλοφορίας) πριν και μετά την εφαρμογή του σχεδίου ανάπτυξης (κάθε επιλεγόμενο σενάριο). Η βελτίωση των συνθηκών κυκλοφορίας, εισάγοντας τα μέσα μαζικής μεταφοράς, σε συνδυασμό με μια αναγκαία παρακολούθηση από τις τοπικές αρχές, μπορεί να βελτιώσει σημαντικά το ακουστικό περιβάλλον(πηγή: *Denco s.a,2009*).

### **2.5.3. Επιπτώσεις από πιθανή εύρεση αρχαιοτήτων**

Με βάση τα στοιχεία από το Τμήμα Αρχαιοτήτων Κύπρου, στην πόλη της Λευκωσίας υπάρχουν δύο μεγάλες αρχαιολογικές ανασκαφές. Η πρώτη βρίσκεται εντός των τοίχων και δεν επηρεάζει την παραπάνω χάραξη γραμμής μετρό.

Πρόκειται για ανασκαφές στο χώρο του Παλαιού Δημαρχείου στη Λευκωσία που άρχισαν τον Ιούνιο του 2002 και ολοκληρώθηκαν στα τέλη του 2006. Είναι ένας μεγάλος ανασκαφικός χώρος στο κέντρο της εντός των τοίχων πόλης, εικόνα 2-14,ο οποίος δίνει πολλά στοιχεία για την ιστορία της πρωτεύουσας από τον 11ο αιώνα μ.Χ. μέχρι το 19ο, με άλλα λόγια από τη μέση βυζαντινή περίοδο μέχρι και την αγγλοκρατία. Συγκεκριμένα, έχει αποκαλυφθεί ένα μεγάλο μέρος της βυζαντινής και μεσαιωνικής πόλης που περιλαμβάνει δύο εκκλησίες, κατάλοιπα μνημειακών κτηρίων, εργαστηριακούς χώρους, δρόμους, πηγάδια, κ.ά. Υπάρχουν επίσης στοιχεία για ανθρώπινη δραστηριότητα στο χώρο γύρω στα τέλη της Μέσης Εποχής του Χαλκού. Ο πλούτος των κινητών ευρημάτων, κυρίως της βυζαντινής και μεσαιωνικής περιόδου, αλλά και της τουρκοκρατίας, μας δίνει μια αρκετά σαφή εικόνα της καθημερινής ζωής στην πρωτεύουσα, αλλά και των εμπορικών επαφών της Λευκωσίας με άλλα μέρη, εντός και εκτός Κύπρου.



**Εικόνα 2-14: Ανασκαφές στο χώρο του Παλαιού Δημαρχείου, εντός των τειχών Λευκωσία ( Τμήμα αρχαιοτήτων Κύπρου )**

Η δεύτερη βρίσκεται στην διασταύρωση Γρίβα Διγενή και Δημοσθένη Σεβέρη και αυτή όμως δεν επηρεάζει την παραπάνω χάραξη γραμμής μετρό.



**Εικόνα 2-15: Διασταύρωση οδών Γρίβα Διγενή και Δημοσθένη Σεβέρη (google earth)**

Μια αποσπασματικά διατηρημένη λίθινη κατασκευή η οποία πιθανόν χρονολογείται στην Ύστερη Χαλκολιθική περίοδο και που βρέθηκε στη νοτιοδυτική πλαγιά του λόφου, όπου διατηρούνται τα βαθύτερα στρώματα, ο χώρος καταλαμβάνεται από έναν εκτεταμένο οικισμό που χρονολογείται στην Ελληνιστική περίοδο. Ο οικισμός είναι οργανωμένος βάσει παράλληλων δρόμων

οι οποίοι έχουν κατεύθυνση Ανατολή - Δύση σε ίσες αποστάσεις μεταξύ τους, και έναν πλατύ κεντρικό δρόμο με κατεύθυνση Βορρά - Νότο που διαπερνά ολόκληρο τον οικισμό. Μεταξύ των δρόμων έχουν αποκαλυφθεί κτίρια που αποτελούνται από ορθογώνια δωμάτια ποικίλων διαστάσεων. Τα κτίρια αυτά συνδέονται με άφθονο υλικό το οποίο υποδηλώνει ότι στους χώρους αυτούς διεξάγονταν εργαστηριακές δραστηριότητες(πηγή:Τμήμα Αρχαιοτήτων Κύπρου).



**Εικόνα 2-16: Λόφος Αγίου Γεωργίου (ΠΑ.ΣΥ.Δ.Υ), Λευκωσία (Τμήμα αρχαιοτήτων Κύπρου)**

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3**

### **ΓΕΩΛΟΓΙΑ**



## **3.Γεωλογία**

### **3.1.Γεωλογία**

Οι γενικές αρχές μίας γεωτεχνικής έρευνας είναι:

- η έρευνα γραφείου (θεωρητική έρευνα),
- η κύρια έρευνα του εδάφους και
- η έρευνα κατά την κατασκευή

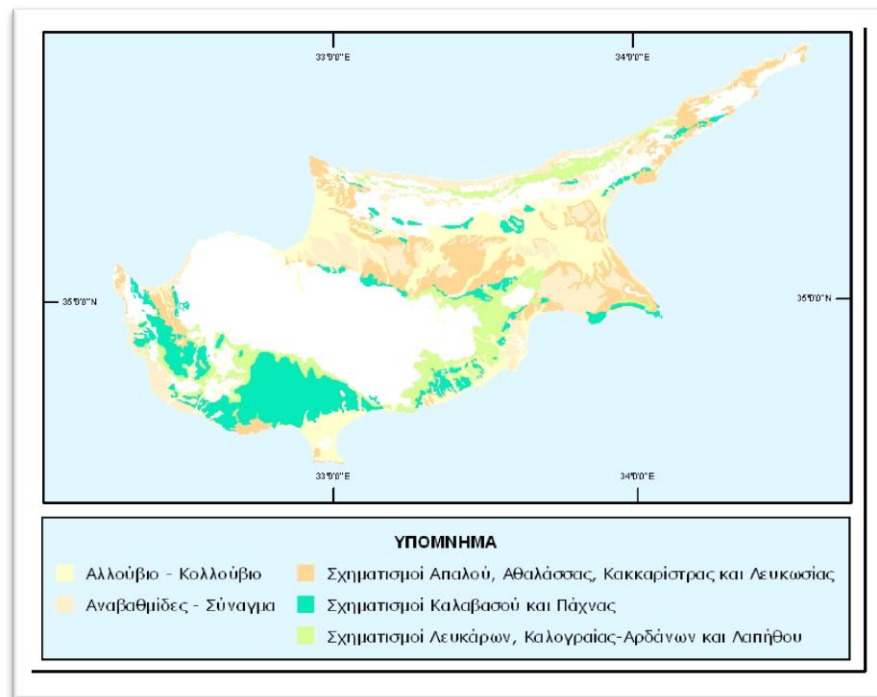
Η έρευνα γραφείου είναι η μόνη από τις παραπάνω που δεν απαιτεί νέα έργα για την πραγματοποίηση της. Τα στάδια της είναι τα εξής:

α) συλλογή όλων των διαθέσιμων γεωλογικών και εδαφικών στοιχείων έρευνας κατά μήκος της πορείας της σήραγγας αλλά και από την περιβάλλουσα περιοχή η οποία μπορεί να δώσει περισσότερες πληροφορίες για τις συνθήκες που μπορούν να συνεκτιμηθούν, συμπεριλαμβανομένης και της εμπειρίας από προηγούμενα έργα,

β) ερμηνεία αυτών των στοιχείων και αρχική ταυτοποίηση των γεωλογικών κινδύνων που μπορούν να εμφανιστούν με την εφαρμογή της μεθόδου.

### **3.2 Γεωλογικοί σχηματισμοί – Λιθοστρωματογραφική δομή**

Η Ζώνη των αυτοχθόνων ιζηματογενών πετρωμάτων, ηλικίας Ανώτερου Κρητιδικού - Πλειστόκαινου (67 εκ. χρόνια μέχρι πρόσφατα), καλύπτει κυρίως το χώρο μεταξύ των Ζωνών Πενταδάκτυλου και Τροόδους (Μεσσαρία) καθώς και το νότιο τμήμα του νησιού. Αποτελείται από μπεντονίτες, ηφαιστειοκλαστικά, συνοθύλευμα πετρωμάτων (melange), μάργες, κρητίδες, κερατόλιθους, ασβεστόλιθους, ασβεστολιθικούς ψαμμίτες, εβαπορίτες και κλαστικά ιζήματα.



**Εικόνα 3-1: Χάρτης με μορφολογία Κύπρου (Τμήμα Γεωλογικής Επισκόπησης Κύπρου)**

«Η γεωλογική ιστορία της Κύπρου από το Ανώτερο Κρητιδικό (67 εκ. χρόνια) χαρακτηρίζεται από ιζηματογένεση σε μια θάλασσα, που συνεχώς γίνεται πιο αβαθής. Η ιζηματογένεση αυτή άρχισε με την απόθεση του Σχηματισμού Κανναβιού(μπεντονίτες, ηφαιστειοκλαστικά). Από το Παλαιόκαινο (65 εκ. χρόνια) η ιζηματογένεση έγινε ανθρακική με την απόθεση του Σχηματισμού Λευκάρων, που αποτελείται από πελαγικές μάργες και κρητίδες χαρακτηριστικού λευκού χρώματος με παρουσία ή μη κερατόλιθων.

Η κλασική ανάπτυξη του εν λόγω Σχηματισμού αντιπροσωπεύεται με τέσσερα στρωματογραφικά μέλη: α) τις Κατώτερες Μάργες, β) τις Κρητίδες με στρώσεις Κερατόλιθων, γ) τις συμπαγείς Κρητίδες και δ) τις Ανώτερες Μάργες. Πάνω από τον Σχηματισμό Λευκάρων ακολουθούν τα ιζήματα του Σχηματισμού Πάχνας (Μειόκαινο, 22 εκ. χρόνια), που αποτελούνται κυρίως από υποκίτρινες μάργες και κρητίδες. Το κιτρινωπό χρώμα, η παρουσία στρώσεων ασβεστολιθικού ψαμμίτη, και η κατά τόπους ανάπτυξη κροκαλοπαγών αποτελούν τα χαρακτηριστικά διάκρισης του Σχηματισμού Πάχνας από το Σχηματισμό Λευκάρων. Η ιζηματογένεση του Σχηματισμού Πάχνας άρχισε και τέλειωσε σε περιβάλλον αβαθών θαλασσών με την ανάπτυξη υφαλογενών ασβεστόλιθων (Μέλος Τέρα στη βάση και Μέλος Κορωνιά στην κορυφή του Σχηματισμού).



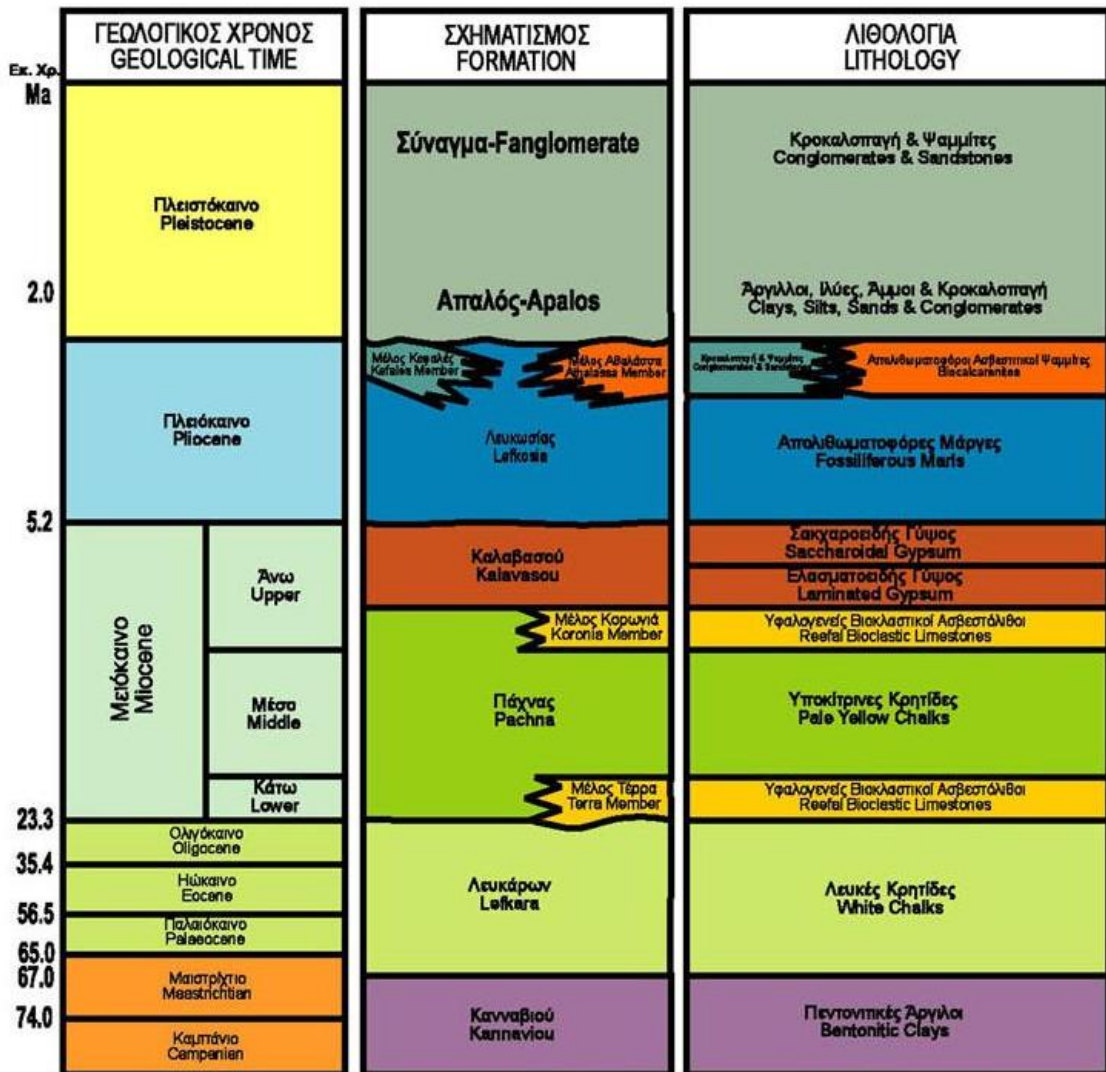
Στην συνέχεια ακολούθησε η απόθεση των εβαποριτών του Σχηματισμού Καλαβασού κατά το τέλος του Μειόκαινου (Μεσσήνιο, 6 εκ. χρόνια), ως αποτέλεσμα της αποκοπής της Μεσογείου από τον Ατλαντικό Ωκεανό και της εξάτμισης του νερού. Ο σχηματισμός αποτελείται από γύψους και γυψούχες μάργες, που καλύπτουν εκτεταμένες περιοχές. Η γύψος απαντάται σε τέσσερις τύπους: το σακχαροειδή (κρυσταλλικό), τον ελασματοειδή ('μάρμαρο'), το σελενίτη (διαφανή με μεγάλους δίδυμους κρυστάλλους) και το αλάβαστρο (συμπαγής ημιδιαφανής).

Με την επανένωση της Μεσογείου με τον Ατλαντικό Ωκεανό άρχισε ένας νέος κύκλος ιζηματογένεσης (Πλειόκαινο, 5 εκ. χρόνια). Πρώτος εναποτέθηκε ο Σχηματισμός Λευκωσίας, που αποτελείται από ιλυόλιθους (κίτρινους και γκριζούς) και στρώσεις ασβεστολιθικού ψαμμίτη και μάργας. Ακολουθεί ο Σχηματισμός Αθαλάσσης (Πλειο-Πλειστόκαινο, 2 εκ. χρόνια), που αποτελείται από στρώσεις ασβεστολιθικού ψαμμίτη με ενδιάμεσες στρώσεις αμμούχας μάργας. Τέλος, αναπτύσσεται το Σύναγμα, που είναι πλειστοκαινικός σχηματισμός και αποτελείται από κλαστικές αποθέσεις.

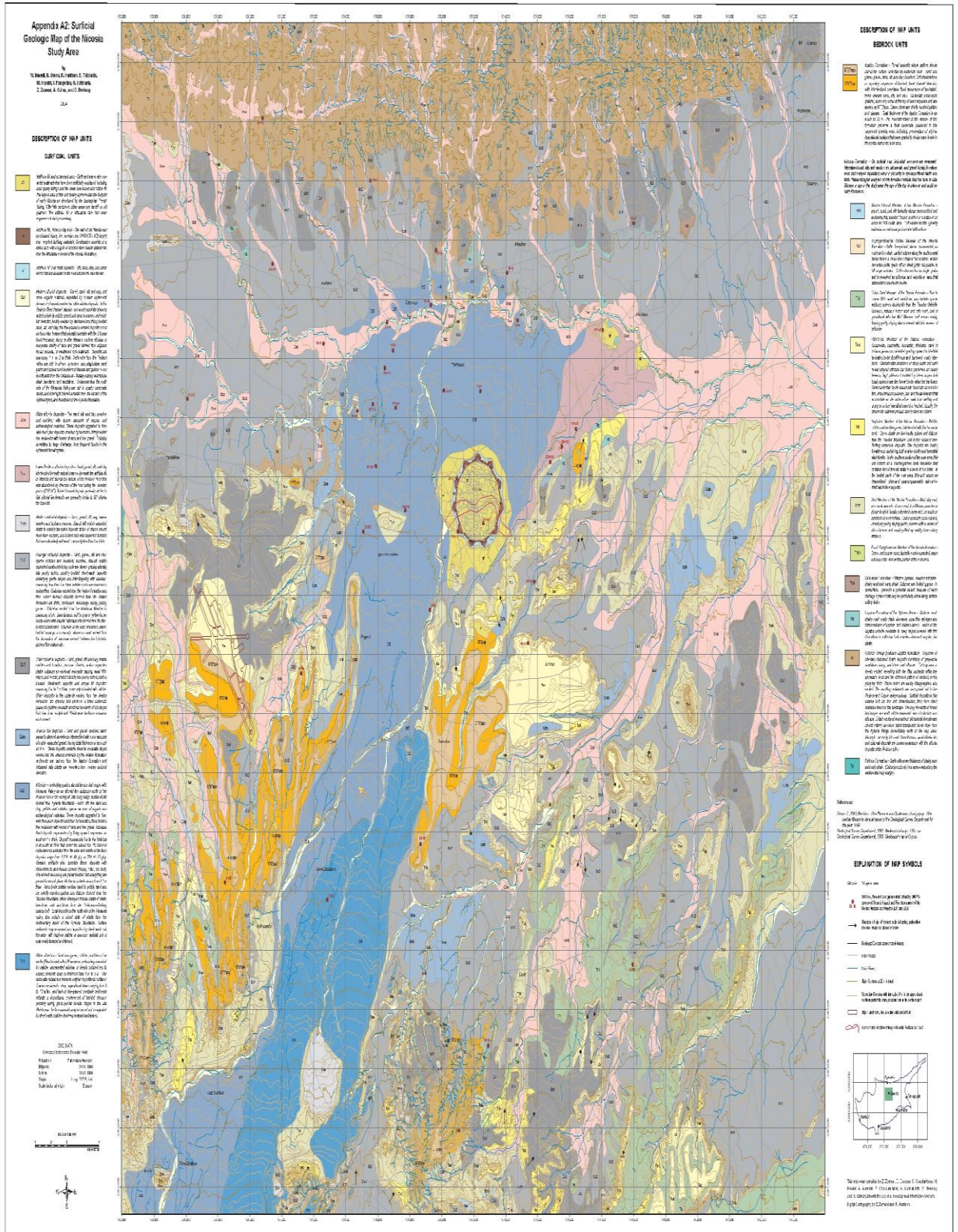
Τα κλαστικά ιζηματογενή πετρώματα αποτελούν τους πιο σημαντικούς υδροφορείς του νησιού. Αναπτύσσονται κυρίως στις κοιλάδες και τα δέλτα των ποταμών και σχηματίζουν υδροφορείς που αναπτύσσονται στην δυτική και ανατολική Μεσαορία, το Ακρωτήριο και την Πάφο. Υδροφορείς αναπτύσσονται επίσης μέσα σε πορώδη πετρώματα, (ασβεστολιθικοί ψαμμίτες), καρστικοποιημένους ασβεστόλιθους και γύψους καθώς επίσης σε διαρρηγμένα πετρώματα όπως είναι οι κρητίδες, οι ασβεστόλιθοι κλπ.

Τα ιζηματογενή πετρώματα αποτελούν τις κύριες πηγές βιομηχανικών ορυκτών. Τα κυριότερα από αυτά είναι η γύψος (χρησιμοποιείται στην κατασκευή επιχρισμάτων και στη τσιμεντοβιομηχανία), οι άργιλοι στην τουβλοποιία, οι μάργες και οι κρητίδες στην τσιμεντοβιομηχανία, ο μπεντονίτης και ο σελεσίτης στη βιομηχανία, και η πέτρα δόμησης στις κατασκευές».

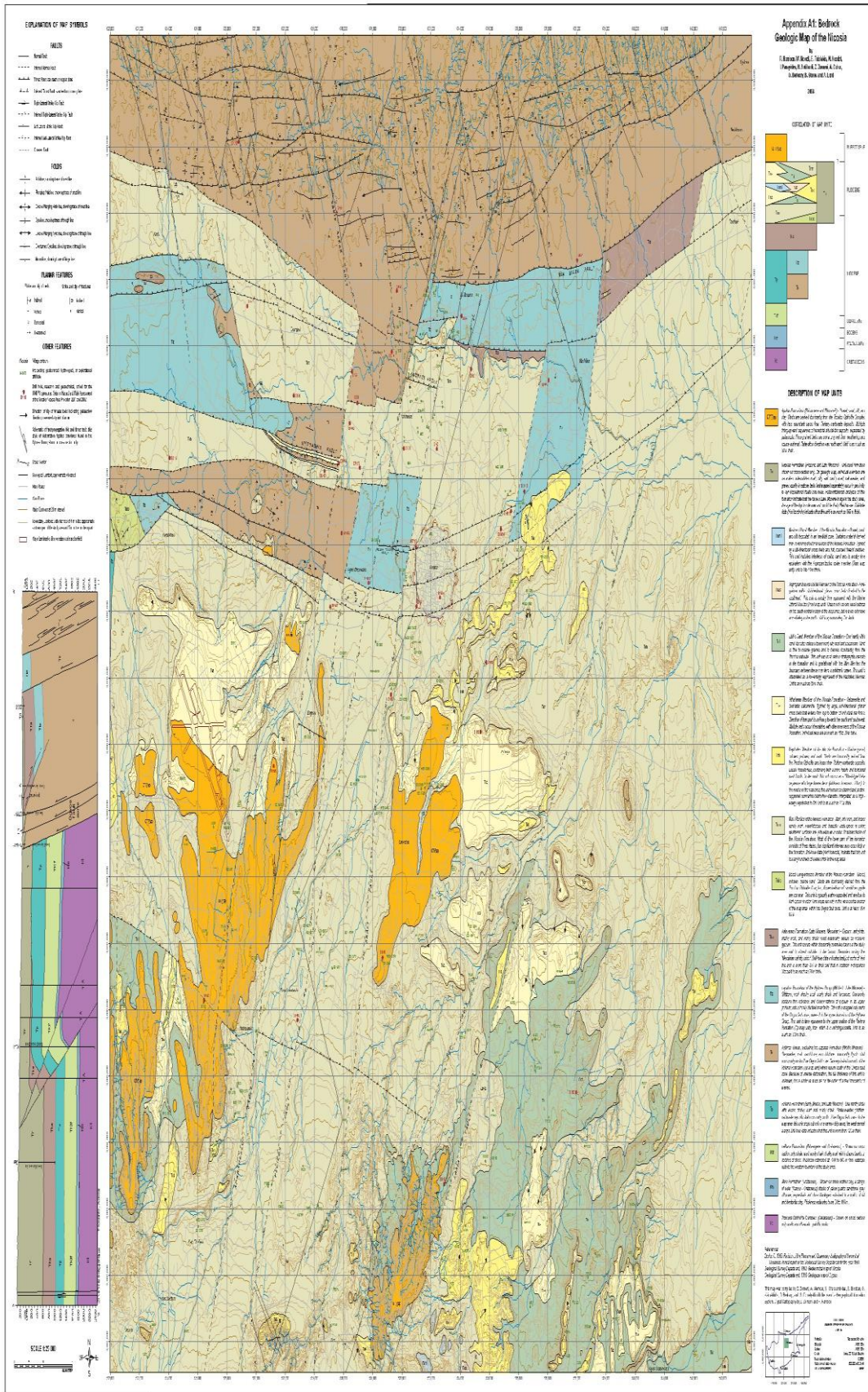
(πηγή: Τμήμα Γεωλογικής Επισκόπησης Κύπρου)



Εικόνα 3-2: Στρωματογραφία της περιοχής ΤΡΟΟΔΟΣ- ΜΕΣΑΟΡΑΣ- ΚΑΒΟ ΓΚΡΕΚΟ (Τμήμα Γεωλογικής Επισκόπησης Κύπρου)



Εικόνα 3-3: Γεωλογικός Χάρτης 1 Λευκωσίας (Τμήμα Γεωλογικής Επισκόπησης Κύπρου)



Εικόνα 3-4: Γεωλογικός Χάρτης 2 Λευκωσίας (Τμήμα Γεωλογικής Επισκόπησης Κύπρου)

### **3.3 Γεωτεχνική έρευνα**

Στις βασικές μεθόδους γεωτεχνικής έρευνας περιλαμβάνονται η αναγνώριση της περιοχής, πρόγραμμα γεωτρήσεων, ειδικές έρευνες και εργαστηριακές δοκιμές. Η γεωτεχνική έρευνα αποτελεί ένα ουσιώδες τμήμα της σχεδίασης και της κατασκευής μιας καλής σήραγγας.

#### **3.3.1. Γενικές Γεωλογικές Πληροφορίες**

Από γεωλογικής σκοπιάς, η ευρύτερη περιοχή δομείται από Αλλουβιακές προσχώσεις σημαντικού πάχους (της τάξης των 10-14 περίπου μέτρων) αποτέλεσμα της “γεωλογικής” δράσης του Πεδιαίου ποταμού (διάβρωσης και μεταφοράς). Οι προσχώσεις έχουν εναποτεθεί κατά μήκος της σημερινής αλλά και της παλαιότερης κοίτης του χειμάρρου, που έχει χαραχθεί στα ανοικτής θάλασσας ιζήματα (μάργες) του γεωλογικού σχηματισμού “Λευκωσίας”, πλειόκαινης ηλικίας.

#### **3.3.2. Γεωτρήσεις**

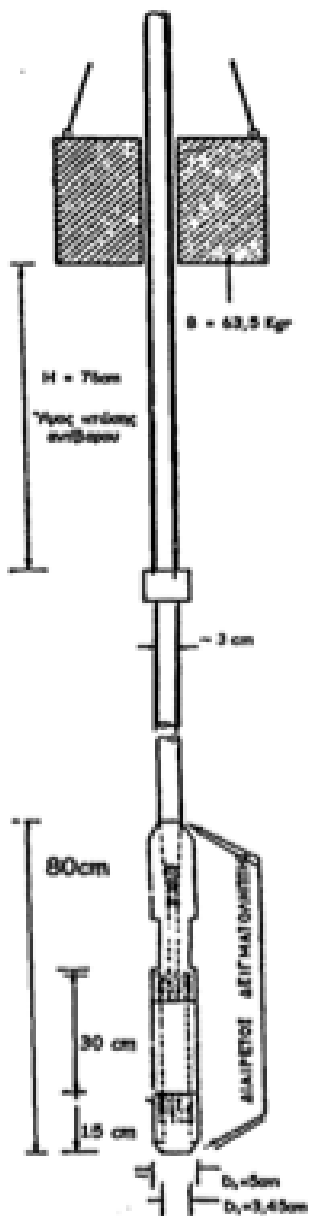
Για τη διεξοδικότερη και πιο εμπειριστατωμένη μελέτη των σχηματισμών που πρόκειται να συναντηθούν κρίθηκε σκόπιμη η συλλογή μιας σειράς γεωτρητικών δεδομένων της περιοχής χάραξης. Οι γεωτρήσεις αυτές παραχωρήθηκαν από το Τμήμα Γεωλογικής Επισκόπησης της Λευκωσίας. Τα δεδομένα αυτά σε συνδυασμό με τους γεωλογικούς χάρτες δίνουν μια καλύτερα τεκμηριωμένη εικόνα και παράλληλα μειώνουν το βαθμό αβεβαιότητας της γεωλογικής μελέτης. Από τις γεωτρήσεις που βρέθηκαν στην περιοχή ενδιαφέροντος, μελετήθηκαν εκείνες που η απόσταση τους από τη γραμμή χάραξης είναι μικρότερη των 500 μ. Οι γεωτρήσεις αυτές θεωρήθηκε προσεγγιστικά ότι βρίσκονται κατά μήκος της γραμμής χάραξης. Τα δεδομένα αυτά σε συνδυασμό με τους γεωλογικούς χάρτες έδωσαν μια καλύτερα τεκμηριωμένη εικόνα.

Σε όσες γεωτρήσεις υπήρχαν αποτελέσματα δοκιμής πρότυπης διείσδυσης (S.P.T.) σε αργιλικά εδάφη, με βάση τον παρακάτω πίνακα έγινε ο χαρακτηρισμός τους.

Πίνακας 3-1: Δοκιμές πρότυπης διείσδυσης ( S.P.T. ή Terzaghi )

Αριθμός Κρούσεων			Χαρακτηρισμός Αργίλου και η σχετική αντοχή σε kPa
0	N	4	Πολύ μαλακή ( <25 )
4	N	10	Μαλακή ( 25-50 )
10	N	30	Μέσης συνεκτικότητας ( 50-100 )
30	N	50	Στιφρή έως πολύ στιφρή ( 100-400 )
50	N		Σκληρή ( 400-800 )

Η δοκιμή πρότυπης διείσδυσης χρησιμοποιείται ευρέως για ποιοτική ένδειξη των επιτόπου ιδιοτήτων των εδαφών και στον προσδιορισμό άμεσα της σχετικής πυκνότητας και αντίστασης των σχηματισμών στη διείσδυση και έμμεσα στον προσδιορισμό των παραμέτρων διατμητικής αντοχής και συμπίεστότητας με χρήση εμπειρικών συσχετίσεων, στον καθορισμό της επιτρεπόμενης φέρουσας ικανότητας και στον υπολογισμό των καθιζήσεων των κατασκευών.



Η λειτουργία της δοκιμής αυτής γίνεται με τη βοήθεια γεωτρητικού συγκροτήματος κατά την ανόρυξη των γεωτρήσεων σε διάφορα βάθη αυτών.

Αρχικά προσδιορίζεται ο αριθμός των κρούσεων ( N ) για προχώρηση του ειδικού δειγματολήπτη Terzaghi με την πτώση αντίβαρου 63.5kg από ύψος 76.2cm κατά 45cm (σε τρία διαδοχικά τμήματα των 15cm). Ο αριθμός των κρούσεων για τη διεύθυνση του δειγματολήπτη στο πρώτο τμήμα των 15cm απορρίπτεται , αφού το δείγμα μπορεί να είναι διαταραγμένο από τη διαδικασία διάτρησης.

Ο χαρακτηρισμός των δειγμάτων γίνεται βάση της προχώρησης στα δύο υπόλοιπα τμήματα των 15cm.

Εάν η δοκιμή εκτελείται κάτω από τον υδροφόρο ορίζοντα, οι τιμές πρέπει να διορθωθούν όσον αφορά την επίδραση του νερού στη στήλη εκτέλεσης της δοκιμής και η γενική διόρθωση που ισχύει είναι:

$$N' = 15 + 1/2(N-15), \text{ για } N > 15$$

Σχήμα 3-1:Πρότυπος Δειγματολήπτης Terzaghi ( S.P.T.)

Παρακάτω παρουσιάζονται οι γεωτρήσεις αυτές, με κατεύθυνση από το Νέο Γ.Σ.Π. προς το Μακάριο Στάδιο. Όλες αυτές οι γεωτρήσεις που αναλύονται είναι τοποθετημένες στο παράρτημα.

**Γ.3.1 Οι γεωτρήσεις που συναντάμε στο "σταθμό Νέο Γ.Σ.Π." είναι οι έξης :**

- Γεώτρηση BH ( EG 30/2004 ). Αυτή η γεώτρηση βρίσκεται πάνω στη χάραξη της γραμμής και οι εδαφικοί σχηματισμοί που συναντάμε είναι από 0-1μ επιχωματώσεις, από 1-5.5μ κιτρινοχακί σκληρή λεπτοαμμώδης μάργα και από 5.51 έως 9 μ γκρίζα σκληρή λεπτοαμμώδης μάργα. Η μάργα χαρακτηρίζεται στιφρή καθώς δίνει S.P.T. μεταξύ 33 και 41. Οι εδαφικοί αυτοί σχηματισμοί βρίσκονται πάνω από τη στέψη της σήραγγας.
- Γεώτρηση BH ( EG 31/2004 ). Σε αυτή τη γεώτρηση που βρίσκεται πάνω στη χάραξη της γραμμής μετρό, οι εδαφικοί σχηματισμοί που συναντάμε είναι από 0-1.8μ επιχωματώσεις, από 1.81-7.30μ κιτρινοχακί σκληρή λεπτοαμμώδης μάργα και τέλος από 7.31-9.0μ γκρίζα σκληρή λεπτοαμμώδης μάργα. Το S.P.T. της μάργας σε αυτή τη περίπτωση κυμαίνεται από 37 έως 42 άρα χαρακτηρίζεται πολύ στιφρή. Οι εδαφικοί αυτοί σχηματισμοί βρίσκονται πάνω από τη στέψη της σήραγγας.
- Γεώτρηση BH ( EG 32/2004 ). Αυτή η γεώτρηση βρίσκεται πάνω στη χάραξη της γραμμής και οι εδαφικοί σχηματισμοί που συναντάμε είναι από 0-2.8μ επιχωματώσεις, από 2.81-4μ κιτρινοχακί στιφρή μέχρι σκληρή λεπτοαμμώδης μάργα και από 4.01 έως 10μ γκρίζα σκληρή μάργα. Εδώ η μάργα χαρακτηρίζεται σκληρή καθώς έχουμε άρνηση στη δοκιμή Terzaghi. Αυτοί οι εδαφικοί σχηματισμοί βρίσκονται πάνω από τη στέψη της σήραγγας.



**Γ.3.2 Οι γεωτρήσεις που συναντάμε στον "σταθμό Βιομηχανική Περιοχή" είναι οι έξης :**

- Γεώτρηση EG 148/1976. Αυτή η γεώτρηση βρίσκεται πάνω στη χάραξη της γραμμής και οι εδαφικοί σχηματισμοί που συναντάμε είναι από 0-5.0μ πολύ πυκνή ιλυώδη άργιλο, από 5.01-10.40 μ συναντάμε αμμώδη ιλυόλιθο. Στα 10.40 μέτρα έχουμε S.P.T. 80 άρα εδώ έχουμε σκληρά πετρώματα. Αυτοί οι εδαφικοί σχηματισμοί βρίσκονται πάνω από τη στέψη της σήραγγας.
- Γεώτρηση EG 149/1976. Σε αυτή τη γεώτρηση που βρίσκεται πάνω στη χάραξη της γραμμής μετρό, συναντάμε από 0 έως 8.0μ πολύ πυκνή ιλυώδη άμμο. Σε αυτή τη γεώτρηση, όπως μας δείχνει και η δοκιμή πρότυπης διείσδυσης, έχουμε σκληρά πετρώματα. Ο εδαφικός αυτός σχηματισμός βρίσκεται πάνω από τη στέψη της σήραγγας.
- Γεώτρηση EG 150/1976. Σε αυτή τη γεώτρηση που βρίσκεται πάνω στη χάραξη της γραμμής μετρό, ο εδαφικός σχηματισμός που συναντάμε είναι από 0 έως 8.0μ γκρίζα πυκνή αμμοίλυ και από τη δοκιμή Terzaghi παρατηρούμε με βάση τον πίνακα ότι έχουμε σκληρά πετρώματα. Ο εδαφικός αυτός σχηματισμός βρίσκεται πάνω από τη στέψη της σήραγγας.
- Γεώτρηση EG 151/1976. Σε αυτή τη γεώτρηση που βρίσκεται πάνω στη χάραξη της γραμμής μετρό, οι εδαφικοί σχηματισμοί που συναντάμε είναι από 0 έως 9.5μ γκρίζα πυκνή αμμοίλυ. Εδώ έχουμε S.P.T. που κυμαίνεται από 46 έως 52 άρα έχουμε σκληρά πετρώματα. Ο εδαφικός αυτός σχηματισμός βρίσκεται πάνω από τη στέψη της σήραγγας.
- Γεώτρηση EG 014/1976. Αυτή η γεώτρηση βρίσκεται πάνω στη χάραξη της γραμμής και οι εδαφικοί σχηματισμοί που συναντάμε είναι από 0-5.5.0μ καλκαρενίτη (ψαμμιτικό ασβεστόλιθο), από 5.51-10.0μ συναντάμε κιτρινωπή ιλυώδη άμμο. Αυτοί οι εδαφικοί σχηματισμοί βρίσκονται πάνω από τη στέψη της σήραγγας.

**Γ.3.3 Οι γεωτρήσεις που συναντάμε στον "σταθμό Στρόβολος" είναι οι έξης :**

- Γεώτρηση EG 27/2007. Αυτή η γεώτρηση βρίσκεται στα 400μ από τη χάραξη της γραμμής και οι εδαφικοί σχηματισμοί που συναντάμε είναι από 0-5.5μ υλικά επιχωμάτωσης, δηλαδή αμμοίλυσ με λίγη άργιλο τα οποία έχουν S.P.T. 50 και 80 οπότε ανήκουν σύμφωνα με τον πίνακα ανήκουν στις σκληρές αργίλους, από 5.51-7μ συναντάμε ερυθρά αμμοίλυσ με χάλικες όπου έχουμε S.P.T. 30 άρα είναι σιφρή. Από 7.01 έως 11.5μ πολύ πυκνοί αμμοχάλικες και από 11.51 έως 15.0μ λευκοκιτρινωπές στρώσεις μαργαϊκού ψαμμίτη και έχουμε άρνηση στη δοκιμή Terzaghi. Αυτοί οι εδαφικοί σχηματισμοί βρίσκονται πάνω από τη στέψη της σήραγγας.
- Γεώτρηση EG 28/2007. Αυτή η γεώτρηση βρίσκεται στα 50μ από τη χάραξη της γραμμής και οι εδαφικοί σχηματισμοί που συναντάμε είναι από 0-7.8μ υλικά επιχωμάτωσης τα οποία έχουν S.P.T. 35 άρα σύμφωνα με τον πίνακα η άργιλος εκεί είναι σιφρή, από 7.81-10μ συναντάμε λευκοκιτρινωπές στρώσεις μαργαϊκού ψαμμίτη και έχουμε άρνηση στη πρότυπο δοκιμή διείσδυσης S.P.T. 79, άρα εδώ έχουμε σκληρά πετρώματα. Αυτοί οι εδαφικοί σχηματισμοί βρίσκονται πάνω από τη στέψη της σήραγγας.

**Γ.3.4 Οι γεωτρήσεις που συναντάμε στον "σταθμό Κωστή Παλαμά" είναι οι έξης:**

- Γεώτρηση BH1 (EG 14/1998). Αυτή η γεώτρηση βρίσκεται στα 200μ από τη χάραξη της γραμμής και οι εδαφικοί σχηματισμοί που συναντάμε είναι από 0-2μ λευκό δευτερογενή ασβεστόλιθο "Καυκάλα", από 2.01-3.80μ συναντάμε λευκοκιτρινωπό ασβεστολιθικό ψαμμίτη. Από 3.81-9.0μ κιτρινωπό χονδρόκοκκο ασβεστολιθικό ψαμμίτη, από 9.01 έως 10.80μ λευκοκιτρινωπό ασβεστολιθικό ψαμμίτη και τέλος από 10.81 έως 12.0μ συναντάμε κιτρινωπή ασβεστοψαμμιτική μάργα. Αυτοί οι εδαφικοί σχηματισμοί βρίσκονται πάνω από τη στέψη της σήραγγας.

- Γεώτρηση BH2 (EG 15/1998). Αυτή η γεώτρηση βρίσκεται στα 200μ από τη χάραξη της γραμμής και οι εδαφικοί σχηματισμοί που συναντάμε είναι από 0-2μ λευκό δευτερογενή ασβεστόλιθο, από 2.01-6.30μ συναντάμε κιτρινωπό χονδρόκοκκο ασβεστολιθικό ψαμμίτη και από 6.31 έως 10μ λευκό ασβεστολιθικό ψαμμίτη. Αυτοί οι εδαφικοί σχηματισμοί βρίσκονται πάνω από τη στέψη της σήραγγας.

### **Γ.3.5 Οι γεωτρήσεις που συναντάμε στον "σταθμό Αγλατζιά" είναι οι έξης :**

- Γεώτρηση BH6 (EG 68/1978). Αυτή η γεώτρηση βρίσκεται στα 300μ από τη χάραξη της γραμμής και οι εδαφικοί σχηματισμοί που συναντάμε είναι από 0-2μ λευκό δευτερογενή ασβεστόλιθο "Καυκάλα", από 2.01-15μ συναντάμε καλκαρενίτη. Αυτοί οι εδαφικοί σχηματισμοί βρίσκονται πάνω από τη στέψη της σήραγγας.
- Γεώτρηση BH9 (EG 71/1978). Αυτή η γεώτρηση βρίσκεται στα 300μ από τη χάραξη της γραμμής και οι εδαφικοί σχηματισμοί που συναντάμε είναι από 0-2μ λευκό δευτερογενή ασβεστόλιθο "Καυκάλα", από 2.01-19μ συναντάμε καλκαρενίτη. Αυτοί οι εδαφικοί σχηματισμοί βρίσκονται πάνω από τη στέψη της σήραγγας.
- Γεώτρηση BH18 (EG 74/1978). Αυτή η γεώτρηση βρίσκεται στα 300μ από τη χάραξη της γραμμής και οι εδαφικοί σχηματισμοί που συναντάμε είναι από 0-2μ λευκό δευτερογενή ασβεστόλιθο "Καυκάλα", από 2.01-15μ συναντάμε καλκαρενίτη. Αυτοί οι εδαφικοί σχηματισμοί βρίσκονται πάνω από τη στέψη της σήραγγας.
- Γεώτρηση BH19 (EG 75/1978). Αυτή η γεώτρηση βρίσκεται στα 300μ από τη χάραξη της γραμμής και οι εδαφικοί σχηματισμοί που συναντάμε είναι από 0-2μ λευκό δευτερογενή ασβεστόλιθο "Καυκάλα", από 2.01-14μ συναντάμε καλκαρενίτη. Αυτοί οι εδαφικοί σχηματισμοί βρίσκονται πάνω από τη στέψη της σήραγγας.
- Γεώτρηση BH14 (EG 76/1978). Αυτή η γεώτρηση βρίσκεται στα 300μ από τη χάραξη της γραμμής και οι εδαφικοί σχηματισμοί που συναντάμε είναι από 0-13.5μ καλκαρενίτη, από 13.51-24μ συναντάμε μάργα. Αυτοί οι εδαφικοί σχηματισμοί βρίσκονται πάνω από τη στέψη της σήραγγας.

**Γ.3.6** Οι γεωτρήσεις που συναντάμε στον "σταθμό Εθνικής Φρουράς" είναι οι έξης:

- Γεώτρηση Γ4 (EG 29/1992). Αυτή η γεώτρηση βρίσκεται στα 500μ από τη χάραξη της γραμμής και οι εδαφικοί σχηματισμοί που συναντάμε είναι από 0-2.5μ σκληρό κροκαλοπαγές, από 2.51-3.5μ συναντάμε ημισυγκολιμένο αμμοχάλικο. Από 3.51-6.0μ συναντάμε πολύ σκληρή ομοιόμορφη μάργα και από 6.01 έως 15.0μ ασβεστολιθικό ψαμμίτη με διαστρώσεις αμμώδους μάργας. Αυτοί οι εδαφικοί σχηματισμοί βρίσκονται πάνω από τη στέψη της σήραγγας.

**Γ.3.7** Οι γεωτρήσεις που συναντάμε στον "σταθμό Μακαρίου" είναι οι έξης:

- Η γεώτρηση στη πλατεία Ελευθερίας βρίσκεται στα 500 μέτρα από τη χάραξη της γραμμής και παρουσιάζει την παρακάτω ακολουθία των εδαφολογικών οριζόντων από μελέτη της εταιρείας Geoinvest, Ιούλιος 2006.

Στο χώρο γύρω των τειχών, έχουν αποθεθεί σημαντικές ποσότητες προσχώσεων. Ως γνωστό οι ποτάμιες αποθέσεις χαρακτηρίζονται από απότομες εναλλαγές των διαφόρων εδαφολογικών οριζόντων λόγω του τρόπου δημιουργίας τους (αυξομειώσεις της ροής των ποταμών/χειμάρρων, πλημμύρες, συχνή αλλαγή της κοίτης κλπ). Αυτές ακριβώς οι ιδιομορφίες χαρακτηρίζουν και την υπό μελέτη περιοχή.

Από μηχανικής άποψης ο υπό μελέτη χώρος μπορεί να διαχειρισθεί σε 3 βασικούς γεωτεχνικούς ορίζοντες. Η διαδοχή των οριζόντων αυτών με τους διάφορους εδαφολογικούς τύπους (στρώσεις), έχει σε γενικές γραμμές ως ακολούθως:

- Ορίζοντας 1: Επιχωματώσεις(Αμμούχα Αργιλλοϊλούς/Αργιλική Αμμο-  
ϊλούς).

Έχει πάχος, περίπου 1.5 μέτρα και αποτελείται από μείγμα αργίλου, ιλύος, άμμου και μερικών λεπτόκοκκων χαλικιών. Το υλικό αυτό αποτελεί στη πραγματικότητα φυτόχωμα καστανού χρώματος, το οποίο χρησιμοποιήθηκε κατά την μετατροπή της τάφρου σε δημόσιο πάρκο. Η στρώση αυτή αποτελεί,

δηλαδή, προϊόν ανθρώπινης δραστηριότητας (επιχωμάτωση) και εντοπίζεται σ' ολόκληρη την υπό μελέτη περιοχή.

ο Ορίζοντας 2 : Αλλουβιακές προσχώσεις

Τόσο στις λεπτόκοκκες όσο και στις χονδρόκοκκες αλλουβιακές προσχώσεις (γίνεται αναφορά πιο κάτω), έχει, σε μικρό όμως βαθμό, αναπτυχθεί μια στρωμάτωση που βασίζεται κυρίως στις μικροαλλαγές του χρώματος, της πυκνότητας και της κοκκομετρικής διαβάθμισης των διαφόρων στρώσεων. Ο ορίζοντας αυτός μπορεί να χωριστεί στις (α) λεπτόκοκκες και (β) χονδρόκοκκες προσχώσεις μέσα στις οποίες εντοπίζονται διάφοροι εδαφολογικοί τύποι.

(α) Λεπτόκοκκες προσχώσεις:

Τα βασικά συστατικά των λεπτόκοκκων προσχώσεων είναι κατά κύριο λόγο η ιλύς και η άμμος και λιγότερο η άργιλος. Κατά τόπους παρατηρείται και μικρό ποσοστό διάσπαρτων λεπτόκοκκων χαλικιών. Εμφανίζονται σε στρώσεις πάχους από 1,20 μέχρι 2,90 μέτρων ενώ κατά τόπους περιέχουν και ενστρώσεις ή φακούς χονδρόκοκκων προσχώσεων. Οι λεπτόκοκκες προσχώσεις εντοπίζονται μέχρι το βάθος των 7-8 μέτρων και αντιπροσωπεύονται από δύο κύριους εδαφολογικούς τύπους: τις ελαφρά αργιλικές αμμοϊλύες και τις αμμούχες αργιλικές, χαλικώδεις ιλύες. Τα ποσοστά βέβαια των πιο πάνω συστατικών αυξομειώνονται σημαντικά και έτσι παρατηρούνται συχνά και ενδιάμεσοι τύποι εδαφών. Οι διάφορες στρώσεις όπως συναντήθηκαν στις λεπτόκοκκες προσχώσεις παρουσιάζονται στη συνέχεια:

- Άμμοι
- Ελαφρά αργιλικόι, ιλυούχοι άμμοι
- Αργιλικές Αμμοϊλύες
- Αμμούχες, αργιλικές ιλύες
- Αμμούχες, αργιλικές, χαλικώδεις ιλύες

(β) Χονδρόκοκκες προσχώσεις

Αποτελούνται από ένα μείγμα αργίλου, άμμου, ιλύος και χαλικιών, στο οποίο υπερτερούν τα χαλίκια. Εμφανίζονται συνήθως σε βάθη πέραν των 7-8 μέτρων, αλλά και σε μικρότερα βάθη, της τάξης των 3.5-5.5 μέτρων με μορφή στρώσεων ή φακών. Οι κύριοι εδαφολογικοί τύποι είναι οι πιο κάτω:

- Μίγμα ιλύος, άμμου, και υπο-στρογγυλεμένων χαλικιών ιζηματογενούς (κυρίως) και εκρηξιγενούς προέλευσης
- Αμμούχα χαλίκια με λίγες κροκάλες, εκρηξιγενούς κυρίως προέλευσης, και με πολύ λεπτές ενστρώσεις ιλύος και άμμου.

ο Ορίζοντας 3: Μάργα,

Αντιπροσωπεύεται από τη μάργα του γεωλογικού σχηματισμού της Λευκωσίας, πλειόκαινου ηλικίας. Εμφανίζεται στα 9.00 – 17 μέτρα. Το ανώτερο πρώτο μέτρο εμφανίζεται αρκετά διαβρωμένο και σαθρό, αλλά σταδιακά, γίνεται πιο υγιές στο βάθος. Έχει χρώμα γενικά χακί προς ανοικτό γκριζο με διάφορες αποχρώσεις προς το κίτρινο, καφέ, κόκκινο (αποτέλεσμα των οξειδώσεων λόγω της παρουσίας του νερού), ενώ σε μεγαλύτερα βάθη το χρώμα γίνεται σταδιακά γκριζο.

Μηχανικά χαρακτηριστικά του υπεδάφους

- Γεωτεχνικός Ορίζοντας 1 – Επιχωματώσεις.

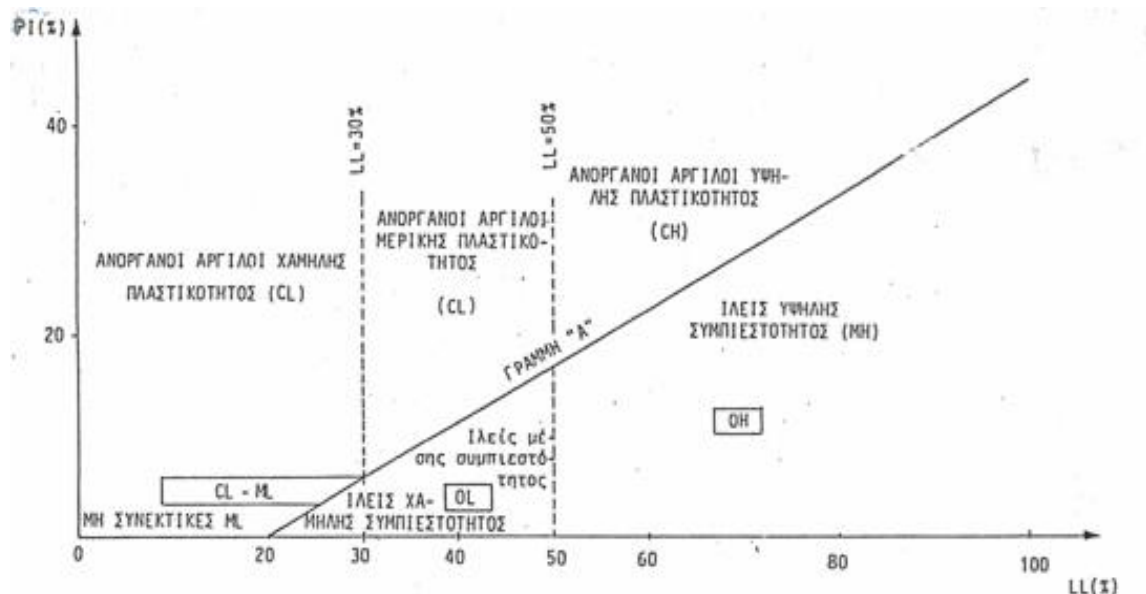
Ο ορίζοντας αυτός εντοπίζεται κατά πάσα πιθανότητα σε ολόκληρη την έκταση του υπό μελέτη χώρου χάραξης της γραμμής μετρό και αποτελείται κυρίως από λεπτόκοκκα υλικά, που έχουν χρησιμοποιηθεί τόσο για ανύψωση της στάθμης της τάφρους όσο και σαν φυτόχωμα. Είναι γενικά χαλαρός και ακατάλληλος για έδραση θεμελιώσεων.

- Γεωτεχνικός Ορίζοντας 2. Αλλουβιακές προσχώσεις.

Ο ορίζοντας αυτός, αποτελείται από τους διάφορους εδαφολογικούς τύπους και τους δύο υπο-ορίζοντες, που αναφέρθηκαν προηγουμένως.

Όσον αφορά τις Λεπτόκοκκες προσχώσεις τα ποσοστά της άμμου υπερτερούν μέχρι το βάθος των 6 περίπου μέτρων, ενώ αντίθετα από εκεί και κάτω υπερिशύουν τα ποσοστά της ιλύος, αν και παρατηρούνται κάποιες διακυμάνσεις. Τα όρια υδαρότητας είναι της τάξης του 33 – 47 % και ο δείκτης πλαστικό-τητας της τάξης του 11 – 26 % πράγμα που κατατάσσει τον ορίζοντα αυτό στις ανόργανες αργίλους χαμηλής έως μέσης πλαστικότητα (στο

διάγραμμα πλαστικότητας Casagrande). Οι χαμηλές τιμές αναφέρονται βέβαια στις αμμούχες στρώσεις και οι σχετικά πιο ψηλές στις ιλυούχες.



Σχήμα 3-2: Χάρτης πλαστικότητας κατά Casagrande

Οι δοκιμές πρότυπης διείδυσης έδωσαν τιμές με μεγάλη διακύμανση της τάξης των 7 – 26 κτύπων ανά 30 cm διείδυσης. Τονίζεται εδώ ότι ο αριθμός των κτύπων επηρεάζεται πάντοτε από την παρουσία τυχόν χονδρόκοκκων χαλικιών και κροκάλων γι' αυτό κατά την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων όσα από αυτά έχουν επηρεασθεί δεν θεωρούνται αντιπροσωπευτικά και δεν λαμβάνονται υπόψη στον υπολογισμό της φέρουσας ικανότητας. Με βάση λοιπόν τις πρότυπες δοκιμές διείδυσης, κατατάσσονται στα χαλαρά έως μέσης πυκνότητας εδάφη.

Η περιεκτικότητα σε μοντμοριλλονίτη (αργιλικό ορυκτό με χαρακτηριστικά μεγάλες δυνατότητες διόγκωσης και συρρίκνωσης) είναι γενικά χαμηλή, 4-5%, με ποσοστό της τάξης του 30 % στο σύνολο του υλικού μεγέθους αργίλου, που αντιπροσωπεύει με τη σειρά του το 10 – 20 % στο σύνολο της κοκκομετρικής διαβάθμισης των λεπτόκοκκων προσχώσεων.

Έχουν γίνει 2 δοκιμές ανεμπόδιστης θλίψης σε δείγματα 38 mm που λήφθηκαν από τις ιλύες με αποτελέσματα της τάξης των 140-160 kPa και αντίστοιχη διατμητική αντοχή της τάξης των 70-80 kPa. Με βάση τον πίνακα των αγγλικών προτύπων BS 5930 που παρουσιάζεται παρακάτω(σχήμα 3-3) θα

μπορούσε να καταταγεί στη κατηγορία των πολύ αδύνατων πετρωμάτων. Λόγω της χαμηλής συνοχής και κατ' επέκταση της ποιότητας των δοκιμών τα αποτελέσματα αυτά δεν κρίνονται αρκετά αξιόπιστα.

Soil group	Density/compactness/strength		Discontinuities	Bedding		Colour	Composite soil types (mixtures of basic soil types)	Particle shape	Particle size	PRINCIPAL SOIL TYPE		
	Term	Field test		Term	Mean spacing mm						Term	Mean thickness mm
Very coarse soils	Loose	By inspection of voids and particle packing	Scale of spacing of discontinuities		Scale of bedding thickness		For mixtures involving very coarse soils, see 41.4.4.3	Angular	200	BOULDERS		
	Dense		Term	Mean spacing mm	Term	Mean thickness mm					Approx. % secondary <sup>c1</sup>	Sub angular
Coarse soils (over about 65% sand and gravel sizes)	Borehole with SPT N-value		Very widely	Over 2 000	Very thickly bedded	Over 2 000	Brown	Slightly (sandy <sup>d1</sup> )	< 5	Sub rounded	Coarse	GRAVEL
	Very loose	0 - 4	Widely	2 000 to 600	Thickly bedded	2 000 to 600	Green					
	Loose	4 - 10	Medium	600 to 200	Medium bedded	600 to 200	Blue	(sandy <sup>d1</sup> )	5 to 20 <sup>b1</sup>	Flat	Medium	
	Medium dense	10 - 30	Closely	200 to 60	Thinly bedded	200 to 60	White					
	Dense	30 - 50	Very closely	60 to 20	Very thinly bedded	60 to 20	Cream	Very (sandy <sup>d1</sup> )	> 20 <sup>b1</sup>	Elongated	Fine	
	Very dense	> 50	Extremely closely	Under 20	Thickly laminated	20 to 6	Grey					
	Slightly cemented	Visual examination: pick removes soil in lumps which can be abraded	Fissured	Breaks into blocks along unpolished discontinuities	Thinly laminated	Under 6	Black	SAND AND GRAVEL	about 50 <sup>b1</sup>	Minor constituent type	Coarse	
	Un-compact	Easily moulded or crushed in the fingers	Sheared	Breaks into blocks along polished discontinuities	Inter-bedded	Alternating layers of different types Prequalified by thickness term if in equal proportions. Otherwise thickness of and spacing between subordinate layers defined	etc.					
	Compact	Can be moulded or crushed by strong pressure in the fingers	Spacing terms also used for distance between partings, isolated beds or laminae, dessication cracks, rootlets etc.	Inter-laminated	Inter-laminated		Light	Mottled	Slightly (sandy <sup>e1</sup> )	< 35	Slightly calcareous, calcareous, very calcareous.	
	Very soft	Finger easily pushed in up to 25 mm				CLAY/SILT						
Soft	Finger pushed in up to 10 mm											
Firm	Thumb makes impression easily											
Stiff	Can be indented slightly by thumb											
Very stiff	Can be indented by thumb nail											
Hard (or very weak mudstone)	Can be scratched by thumbnail see 41.2.2											
Cu > 300 kPa												

Σχήμα 3-3: Προσδιορισμός και περιγραφή των εδαφών (British Standard 2004)

Όσον αφορά τις χονδρόκοκκες προσχώσεις, αποτελούνται κυρίως από χαλίκια, άμμο, ιλύ, λίγη άργιλο και λίγες κροκάλες. Έχουν γενικά χαμηλή πλαστικότητα με LL λιγότερο από 35% και PI της τάξης του 15%. Τονίζεται όμως πως το λεπτομερές υλικό που βρίσκεται μεταξύ των χαλικιών και των κροκάλων και όπου υπερτερεί η ιλύς επιδεικνύει κάπως ψηλότερες πλαστικότητες 40–18% αντίστοιχα.

Με βάση τις δοκιμές SPT κατατάσσονται στα εδάφη μέσης ως ψηλής



συμπύκνωσης με τιμές (N) 32 - >39 ανά 30 cm διείσδυσης. Τονίζεται εδώ ότι ο αριθμός των κτύπων επηρεάζεται πάντοτε από την παρουσία των χονδρόκοκκων χαλικιών και κροκάλων γι' αυτό κατά την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων δεν θεωρούνται αντιπροσωπευτικά και δεν λαμβάνονται υπόψη στον υπολογισμό της φέρουσας ικανότητας. Δεν παρατηρήθηκαν ενδείξεις συγκόλλησης των κόκκων, αντίθετα η συνεχής κατάρρευση των τοιχωμάτων των γεωτρήσεων υποδηλώνει πως ο ορίζοντας αυτός δεν είναι συνεκτικός. Για να προχωρήσουν οι γεωτρήσεις έπρεπε να χρησιμοποιηθεί σε όλες τις περιπτώσεις θωράκιση μέχρι την επαφή με την υποκείμενη μάργα.

- Γεωτεχνικός Ορίζοντας 4, Μάργα

Από άποψης κοκκομετρικής διαβάθμισης κατατάσσεται στα αμμούχα αργιλλο-ίλυωδη εδάφη. Έχει ψηλή πλαστικότητα με LL της τάξης των 56 – 64 % και PI της τάξης των 32 – 39 % και κατατάσσεται στο τύπο εδάφους CH με βάση το διάγραμμα πλαστικότητας Cassagrande. Σε περίπτωση πλήρους αφύγρανσης και με βάση τις δοκιμές συρρίκνωσης, η συρρίκνωση που μπορεί να επέλθει είναι της τάξης του 14 – 18 %. Η περιεκτικότητα σε μοντοριλλονίτη (αργιλικό ορυκτό με χαρακτηριστικά μεγάλες δυνατότητες διόγκωσης και συρρίκνωσης) είναι οριακή, αλλά, λόγω βάθους, όχι ανησυχητική. Κυμαίνεται μεταξύ 9 – 10% στο σύνολο του ιζήματος και αντιπροσωπεύει το 30 % στο σύνολο του υλικού μεγέθους αργίλου, που αντιπροσωπεύει με τη σειρά του το 25 – 30% του συνόλου της κοκκομετρικής διαβάθμισης της μάργας.

Έχουν γίνει 5 δοκιμές ανεμπόδιστης θλίψης στην περιοχή των τοίχων της Λευκωσίας, σε δείγματα από SPT που λήφθηκαν από τον ορίζοντα με αποτελέσματα της τάξης των 249 – 1000 kPa και αντίστοιχη διατμητική αντοχή της τάξης των 124 – 500 kPa. Με βάση τον πίνακα των αγγλικών προτύπων BS 5930, θα μπορούσε να καταταγεί στη κατηγορία των πολύ αδύνατων πετρωμάτων. Με βάση την τριαξονική δοκιμή η διατμητική αντοχή είναι στο ανώτερο σαθρό μέρος της μάργας της τάξης των 180 kPa με γωνία εσωτερικής τριβής ( $\phi$ ) της τάξης των 26<sup>0</sup>. Σε μεγαλύτερα βάθη, η κατάσταση της μάργας βελτιώνεται και στο βάθος των 13 μέτρων η διατμητική αντοχή ανέρχεται στα 330 kPa με γωνία εσωτερικής τριβής της τάξης των 29<sup>0</sup>.

Η δοκιμή στερεοποίησης που έγινε σε δύο αδιατάρακτα δείγματα έχει δείξει ότι ο ορίζοντας αυτός είναι υπερστερεοποιημένος με συντελεστή στερεοποίησης 4,0 – 5,2. Οι αναμενόμενες καθιζήσεις με φορτίσεις της τάξης των 200 kPa π.χ. η καθίζηση που θα επέλθει είναι της τάξης των 4,71 - 9,03 mm/m. Το μέτρο συμπίεσης ( $E_s$ ) όπως υπολογίσθηκε με βάση τα αποτελέσματα των δοκιμών στερεοποίησης είναι της τάξης των 9 – 94 kN/m<sup>2</sup> όπως φαίνεται και στο πίνακα της γραφικής παράστασης.

Με βάση τις δοκιμές διόγκωσης η πίεση που μπορεί να εξασκηθεί σε περίπτωση κορεσμού σε νερό είναι της τάξης των 72 – 90 kPa με διόγκωση που μπορεί να φτάσει το 2,10 – 2,58 %.

Με βάση τις δοκιμές SPT κατατάσσονται στα πολύ σιφρά έως σκληρά εδάφη με αριθμό κτύπων (N) ανά 30 cm διείδυσης της τάξης των 18 – 46. Τα βασικά μηχανικά/γεωτεχνικά χαρακτηριστικά όλων των οριζόντων της περιοχής γύρω από τα τείχη παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα. (πηγή: *Geoinvest LTD, 2006*)

**Πίνακας 3-2: Μηχανικά χαρακτηριστικά της γεώτρησης στην πλατεία Ελευθερίας  
(*Geoinvest LTD, 2006*)**

PARAMETERS	HORIZON 1		HORIZON 2
	Λεπτόκοκκες Προσχώσεις	Χονδροκόκκες προσχώσεις	Μάργα
SPT	7 – 26	32 – 39	18 – 46
Φ	30 – 32 <sup>0</sup>	32 – 35 <sup>0</sup>	26 – 29 <sup>0</sup>
LIQUID LIMITS	33 – 47 %	< 35 – 40 %	56 – 64 %
PLASTICITY INDEX	11 – 26 %	< 15 – 18 %	32 – 39 %
LINEAR SHRINKAGE	6 – 13 %	< 10	14 – 18%
ACTIVITY CLASSIFIC. (SKEMPTON)	Normal to active		Active
SHEAR STRENGTH			180 – 330 kPa
UNCONFINED COMPRESSIVE STRENGTH	140 – 160 kPa		249 – 1000 kPa

<b>MAX. ALLOWABLE BEARING PRESSURE</b>	As per table 2	150 kPa	180kPa (σαθρή Μ) 250kPa (ελαφρά διαβρ) 350kPa (σε βάθη >13μ)
<b>MODULUS OF SUBGRADE REACTION Ks</b>	30 – 50.000 KN/m <sup>3</sup>	120.000KN/m <sup>3</sup> (60.000KN/m <sup>3</sup> when saturated)	40.000 KN/m <sup>3</sup>
<b>MODULUS OF ELASTICITY Es</b>	15.000 KN/m <sup>2</sup>	75.000KN/m <sup>3</sup> (40.000KN/m <sup>3</sup> if saturated)	25.000 KN/m <sup>2</sup>
<b>POISON RATIO (μ)</b>	0.35	0.35	0.30
<b>pH</b>	8.1 – 8.3	7.8	
<b>SO<sub>4</sub></b>	0.18 – 0.27 %	0.15 %	
<b>Cl<sup>-</sup></b>	0.06 – 0.09 %	0.008 %	
<b>Montmorillonite</b>	4 – 5%		9 – 10 %
<b>Φυσική Υγρασία</b>	4 – 27 %		29 – 35 %
<b>Ειδικό Βάρος</b>	2.64	2.70	2.67 – 2.68
<b>Swelling Pressure</b>			72 – 90
<b>Swelling Measurement</b>			2.40 – 2.53
<b>OCR</b>			4.0 – 5.2

**Πίνακας 3-3: Θλιπτική αντοχή στη περιοχή γύρω από τα τείχη**

<b>BH</b>	<b>Depth (m)</b>	<b>DESCRIPTION</b>	<b>Length (mm)</b>	<b>Diameter (mm)</b>	<b>M. C. (%)</b>	<b>U.C.S. (kPa)</b>	<b>Bulk Density gr/cm<sup>3</sup></b>
1	11.95-12.10	Marl	73	38	31	366	1.96
2	6.95-7.10	Sandy, very clayey Silt	73	38	21	160	1.96
2	11.45-11.60	Marl	72	38	29	249	1.97
3	12.45-12.60	Marl	72	38	30	460	1.98
4	5.95-6.10	Sandy, very clayey Silt	73	38	20	140	1.91

BH	Depth (m)	DESCRIPTION	Length (mm)	Diameter (mm)	M. C. (%)	U.C.S. (kPa)	Bulk Density gr/cm <sup>3</sup>
4	12.45-12.60	Marl	74	38	32	603	1.97
5	13.80-14.00	Marl	72	38	32	1000	1.98
Performed on Multiplex Triaxial machine							

**Γ.3.8** Οι γεωτρήσεις που συναντάμε στον "σταθμός Γρίβα Διγενή" είναι οι εξής :

- Σε αυτή τη περιοχή δεν έχουν γίνει γεωτρήσεις.

**Γ.3.9** Οι γεωτρήσεις που συναντάμε στον "σταθμό Αρχάγγελος Μηχαήλ" είναι οι εξής :

Ανάμεσα στο σταθμό αυτό καθώς και στον σταθμό Γρίβα Διγενή, με βάση το γεωλογικό χάρτη συναντάμε ρήγμα (*skali*). Άρα υπάρχει πιθανότητα το ρήγμα αυτό να έχει επηρεάσει τα δεδομένα της περιοχής.

- Γεώτρηση EG 41/1980. Σε αυτή τη γεώτρηση που βρίσκεται 500m από τη χάραξη της γραμμής μετρό, ο εδαφικός σχηματισμός που συναντάμε είναι από 0-7.5μ μάργα. Από τη δοκιμή πρότυπης διεισδύσεις έχουμε τιμές από 33 έως 44, άρα έχουμε σιφρά έως πολύ σιφρά πετρώματα. Οι εδαφικοί αυτοί σχηματισμοί βρίσκονται πάνω από τη στέψη της σήραγγας.
- Γεώτρηση EG 03/1973. Σε αυτή τη γεώτρηση που βρίσκεται 500m από τη χάραξη της γραμμής μετρό, οι εδαφικοί σχηματισμοί που συναντάμε είναι από 0-3.5μ καλή προς μέτρια άργιλο, από 3.51-4.70μ καλκαρενίτης με καλή άργιλο, 4.71-10.95μ καλκαρενίτης και μάργα και 10.96-12.5μ καλκαρενίτης. Από 12.51 έως 15μ μάργα. Σε αυτό το σημείο έχουμε στα 5.5 μ S.P.T. 60 οπότε έχουμε πολύ σκληρά πετρώματα. Οι εδαφικοί αυτοί σχηματισμοί βρίσκονται πάνω από τη στέψη της σήραγγας.

**Γ.1.10 Οι γεωτρήσεις που συναντάμε στον "σταθμό Ελικώνα" είναι οι έξης :**

*Πριν το σταθμό αυτό συναντάμε ένα ρήγμα το οποίο ονομάζεται «pedios». Ανάμεσα σε αυτόν το σταθμό και στο Μακάριο Στάδιο με βάση το γεωλογικό χάρτη συναντάμε ρήγμα το οποίο δεν ονομάζεται. Άρα υπάρχει πιθανότητα τα ρήγματα αυτά να επηρεάζουν τα δεδομένα της περιοχής.*

- Γεώτρηση S202 EG 30/1981. Σε αυτή τη γεώτρηση που βρίσκεται 200m από τη χάραξη της γραμμής μετρό, οι εδαφικοί σχηματισμοί που συναντάμε είναι από 0-2μ καλή προς μέτρια άμμο και από 2.01-2.5μ αμμοχάλικα. Οι εδαφικοί αυτοί σχηματισμοί βρίσκονται πάνω από τη στέψη της σήραγγας.
- Γεώτρηση S204 EG 32/1981. Σε αυτή τη γεώτρηση που βρίσκεται 200m από τη χάραξη της γραμμής μετρό, οι εδαφικοί σχηματισμοί που συναντάμε είναι από 0-4.5μ αμμοχάλικα. Οι εδαφικοί αυτοί σχηματισμοί βρίσκονται πάνω από τη στέψη της σήραγγας.
- Γεώτρηση Γ3 EG 48/2000. Σε αυτή τη γεώτρηση που βρίσκεται 200m από τη χάραξη της γραμμής μετρό, οι εδαφικοί σχηματισμοί που συναντάμε είναι από 0-3.5μ πολύ σφιγρή κοκκινοχακί ιλύ με λεπτή άμμο και άργιλο και από 3.51-12μ πυκνοί αμμοχάλικες. Εδώ παρατηρούμε άρνηση στη δοκιμή Terzaghi, άρα σύμφωνα με τον πίνακα έχουμε σκληρά πετρώματα. Οι εδαφικοί αυτοί σχηματισμοί βρίσκονται πάνω από τη στέψη της σήραγγας.
- Γεώτρηση Γ1 EG 49/2000. Σε αυτή τη γεώτρηση που βρίσκεται 200m από τη χάραξη της γραμμής μετρό, οι εδαφικοί σχηματισμοί που συναντάμε είναι από 0-19μ σφιγρή ιλύς και αμμοχάλικες και από 19.01-20μ γκρίζα μάργα ψηλής πλαστικότητας. Οι εδαφικοί αυτοί σχηματισμοί βρίσκονται πάνω από τη στέψη της σήραγγας.
- Γεώτρηση Γ2 EG 50/2000. Σε αυτή τη γεώτρηση που βρίσκεται 200m από τη χάραξη της γραμμής μετρό, οι εδαφικοί σχηματισμοί που συναντάμε είναι από 0-4μ καστανοχακί ιλύς και από 4.01-10μ πυκνοί αμμοχάλικες. Εδώ πάλι παρατηρούμε άρνηση στη δοκιμή Terzaghi, άρα έχουμε σκληρά πετρώματα. Οι εδαφικοί αυτοί σχηματισμοί βρίσκονται πάνω από τη στέψη της σήραγγας.

**Γ.3.11** Οι γεωτρήσεις που συναντάμε στον "σταθμό Μακάριο Στάδιο" είναι οι έξης:

*Μετά από αυτόν τον σταθμό υπάρχει αλλά δεν το συναντάμε ένα ακόμα ρήγμα (Αρχάγγελος). Υπάρχει λοιπόν πιθανότητα το ρήγμα αυτό να επηρεάζει τα δεδομένα της περιοχής κοντά στο Μακάριο Στάδιο.*

- Γεώτρηση EG 007/1982. Σε αυτή τη γεώτρηση που βρίσκεται 100 μ από τη χάραξη της γραμμής μετρό και οι εδαφικοί σχηματισμοί που συναντάμε είναι από 0-3μ καστανοχακί ιλύς, από 3.01-4μ έχουμε μαλακή μάργα από 4.01-10.50μ συναντάμε καλκαρενίτη και μάργα, από 10.51 έως 13.5μ γκρίζα μάργα. Οι εδαφικοί αυτοί σχηματισμοί βρίσκονται πάνω από τη στέψη της σήραγγας.



Εικόνα 3-5: Χάρτης χάραξης με γεωτρήσεις της περιοχή (Τμήμα Γεωλογικής Επισκοπής Κύπρου)

Παρακάτω παρουσιάζονται οι γεωτρήσεις που χρησιμοποιήθηκαν για την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας τοποθετημένες σε ένα πίνακα.









### 3.4 Αναλυτική περιγραφή των πετρωμάτων

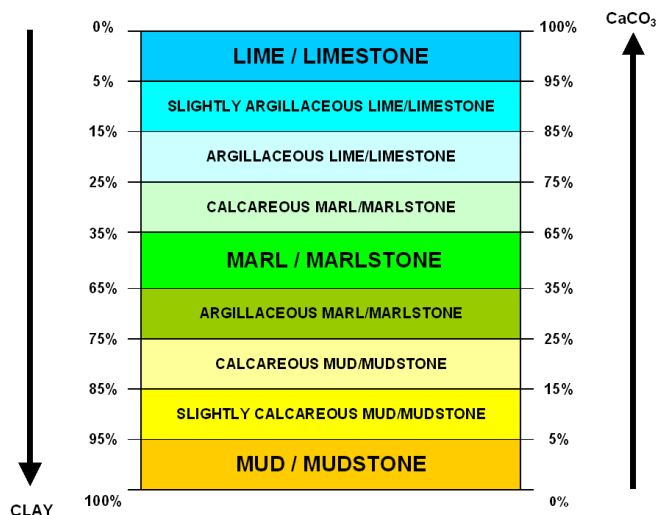
#### Μάργα



Είναι αργιλοασβεστιτικά ιζήματα και η συμπεριφορά τους ελέγχεται, κυρίως από το στοιχείο που επικρατεί στο συνδυαστικό τους υλικό (αργιλικό, ασβεστιτικό). Αυξημένη παρουσία ασβεστιτικού υλικού οδηγεί σε μορφές ασβεστολιθικής μάργας και μαργαϊκού ασβεστόλιθου, ενώ αντίστοιχη αύξηση του αργιλικού στοιχείου οδηγεί σε συνεκτικές αργίλους ή αργιλικούς σχιστόλιθους (από

πλευράς συμπεριφοράς). Η συνηθισμένη μορφή, με ισομερή κατανομή των δύο στοιχείων, χαρακτηρίζεται από μικρές αντοχές, ευκολία αποσάθρωσης, αστάθεια στα πρηνή και συχνές παρεμβολές φακών ή οριζόντων με αδρομερή υλικά. Αν επικρατεί το αργιλικό στοιχείο τότε πρόκειται για αργιλική μάργα που η συμπεριφορά της πλησιάζει τις στιφρές αργίλους ή τους αργιλικούς σχιστόλιθους και είναι αδιαπέρατος σχηματισμός. Στις σήραγγες χρειάζεται άμεση υποστήριξη γιατί αποσπώνται αμέσως μικρά πρίσματα από τη μάζα της.

Πίνακας 3-5: Διάγραμμα όπου παρουσιάζονται οι αναλογίες των πετρωμάτων που έχουν άργιλο και ανθρακικά. Η μάργα έχει ίδια ποσοστά αργίλου και ανθρακικών.



**Πίνακας 3-6: Τεχνικά χαρακτηριστικά Μάργας κατά τη χάραξη της γραμμής του μετρό της Λευκωσίας**

γd=ξηρό ειδικό βάρος	1,85-1,95
Φυ=γώνια τριβής	12,5-27
Cu = διατμητική αντοχή - KN/m <sup>2</sup>	80-220
qu =Φέρουσα ικανότητα q' u - KN/m <sup>2</sup>	>600
q επιτρεπόμενο - KN/m <sup>2</sup>	210
LL=Όρια υδαρότητας	52 - 55
PI=Δείκτης πλαστικότητας	19 - 22
K=Συντελεστής διαπερατότητας cm/sec	10 <sup>-7</sup> - 10 <sup>-8</sup>
K = Δείκτης εδάφους t/m <sup>3</sup>	9500 -10500
Es=Μέτρο συμπίεσης εδάφους t/m <sup>2</sup>	950-1050
Uniaxial KN/m <sup>2</sup>	632 - 927

#### Κροκαλοπαγή - Λατυποπαγή – Ψαμμίτες

Όταν είναι συμπαγή έχουν τη γενική συμπεριφορά της βραχομάζας, με πολύ καλή συμπεριφορά σε θεμελιώσεις και σε πρηνή. Οι ρωγμές, που αφορούν γενικά το συνδετικό υλικό, δίνουν τη λεπτομέρεια στη συμπεριφορά αυτή. Όταν είναι χαλαρά εμφανίζουν μια συμπεριφορά ανάλογη εκείνης των μαργών, όπου το συνδετικό υλικό είναι πια καθοριστικό. Αυτό μπορεί να είναι πυριτικό, ασβεστίτικο ή αργιλικό ή ακόμη διαφορετικό σε οριακές περιπτώσεις π.χ. γυψούχο. Τότε υπόκειται στις ίδιες αλλοιώσεις με τις μάργες. Ευαίσθητο, πάντως, συνδετικό υλικό επηρεάζει και τη συμπεριφορά των συμπαγών μορφών των πετρωμάτων αυτών. Σε μικρά έργα τα πετρώματα αυτά αντιμετωπίζονται μεμονωμένα, σε μεγάλα όμως έργα απαιτείται συνολική αντιμετώπιση, καθώς αυτά (και άλλα) εμφανίζονται σε εναλλαγές.

“ΚΑΥΚΑΛΑ” ( Ασβεστολιθικός ψαμμίτης )

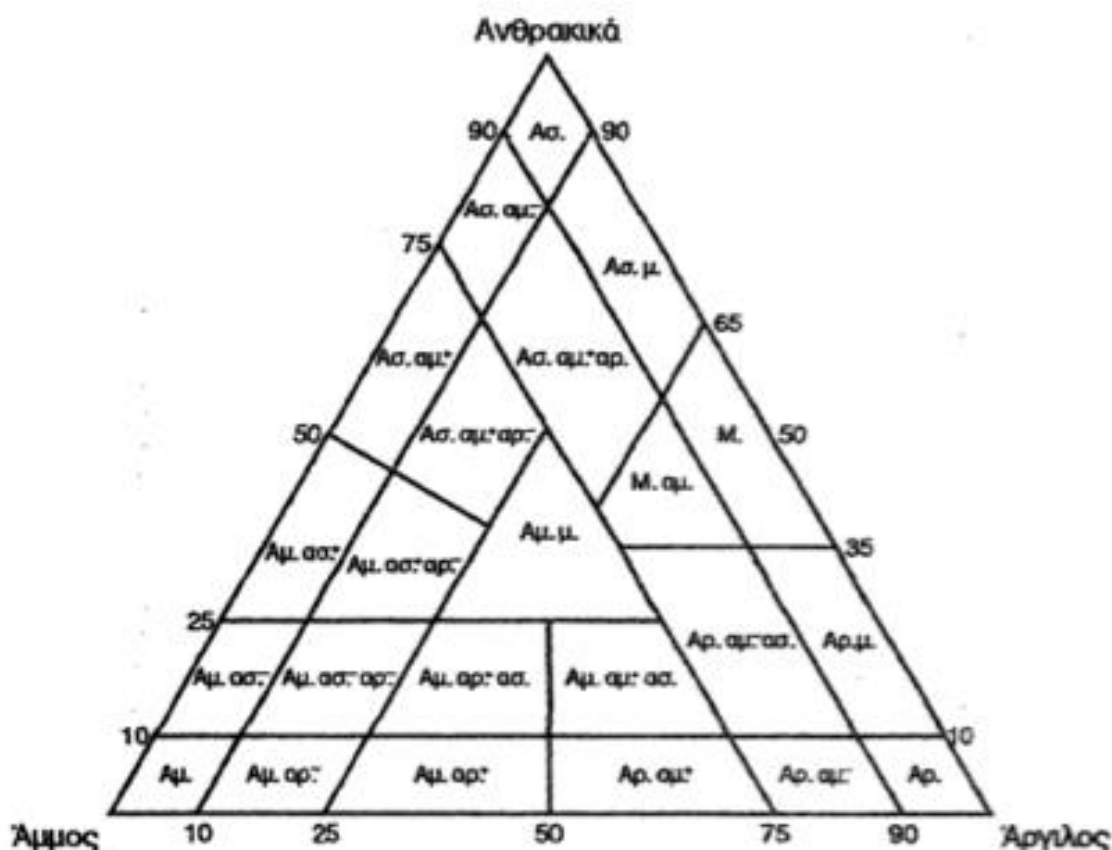


Ο ασβεστολιθικός ψαμμίτης είναι το κύριο είδος φυσικού λίθου, που χρησιμοποιείται σήμερα σε παγκύπρια κλίμακα, τόσο ως δομικός όσο και ως διακοσμητικός λίθος. Προέρχεται από το γεωλογικό σχηματισμό της Πάχνας και είναι γνωστός κυρίως με τα εμπορικά ονόματα «πέτρα των Κυβίδων», όταν προέρχεται από την

περιοχή των Κυβίδων, της Πάχνας και της Ανώγυρας, και «πέτρα της Τόχνης», όταν προέρχεται από την περιοχή της Τόχνης και του Αγίου Θεοδώρου Λάρνακας. Εξορύσσεται κυρίως σε ογκόλιθους διαφόρων διαστάσεων, οι οποίοι στη συνέχεια μεταποιούνται σε διάφορους τύπους προϊόντων. Η επεξεργασία των τελικών προϊόντων περιλαμβάνει διαμόρφωση επιφανειών διαφόρων μορφών, όπως λείων, τραχειών, κτυπητών και άλλων.

Ανάλογα με την περιεκτικότητα σε CaCO<sub>3</sub>

0 - 5 %	άργιλος (καθαρή)
5 - 15 %	μαργαϊκή άργιλος
15 - 25 %	ασβεστομιγής άργιλος
25 - 35 %	ασβεστιτική άργιλος (ή αργιλομάργα)
35 - 65 %	μάργα
65 - 75 %	αργιλικός ασβεστόλιθος (ή ασβεστομάργα)
75 - 85 %	αργιλομιγής ασβεστόλιθος
85 - 95 %	μαργαϊκός ασβεστόλιθος
95 - 100 %	ασβεστόλιθος



Τριγωνική ταξινόμηση ιζηματογενών πετρωμάτων με τρία συ-

στατικά: άμμος, ασβεστόλιθος και άργιλος (Α. Vatan).

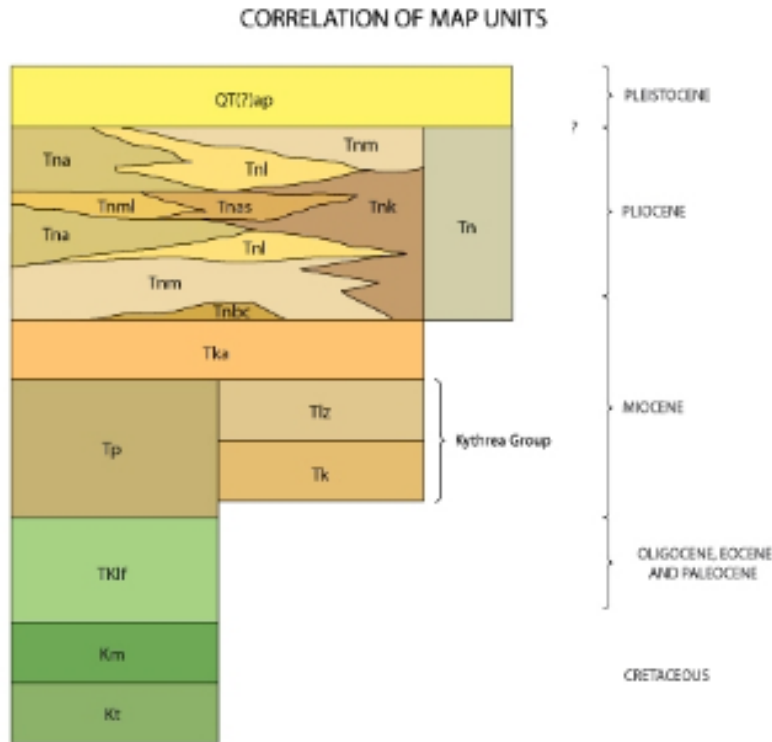
Ασ: Ασβεστόλιθος, Αμ: Άμμος, Αρ: Άργιλος, Μ: Μάργα.

Αμ. αρ: Άμμος ελαφρώς αργιλική, Αμ. αρ: Άμμος αργιλική

Αρ. αμ\* και Αρ. αμ: άργιλος (ελαφρώς) αμμώδης, Αμ. ασ αρ: Άμμος ελαφρώς ασβεστολιθική και ελαφρώς αργιλική, Αμ. μ.: αμμόμαργα.

Σχήμα 3-4: Σημειώσεις πετρολογίας ιζηματογενών πετρωμάτων(Μ.Τσιμπούρα-Βλάχου,2005)

### 3.5 Συμπεράσματα



**Σχήμα 3-5: Στρωματογραφική κολώνα από γεωλογικό χάρτη «Lefkosia Bedrock» (Τμήμα Γεωλογικής Επισκόπησης Κύπρου)**

Από τη παραπάνω στρωματογραφική κολώνα του γεωλογικού χάρτη της περιοχής μπορούμε να πάρουμε πληροφορίες για τα πετρώματα κάτω από τις γεωτρήσεις, δεδομένου ότι τα στρώματα είναι κανονικά και δεν έχουν πτυχές. Αυτό που διακρίνουμε είναι ότι κάτω από τον καλκαρενίτη (Tna), την ιλυώδη μάργα με καλκαρενίτη (Tnl) και ιλυώδη μάργα με λιγότερη αμμώδη μάργα (Tnm) έχουμε γύψο του Μειόκαινου (Tka) και πιο κάτω μάργες (Κρητιδικό- Μειόκαινο) και ιλυόλιθους (Μ. Μειόκαινο). Επίσης συναντήσαμε στη γραμμή χάραξης της σήραγγας 3 ρήγματα (pedieos fault, skali fault και για το τρίτο δεν παρέχεται η ονομασία). Σε αυτά τα 3 σημεία θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη έμφαση κατά τη διάνοιξη της σήραγγας. Από πληροφορίες από τη Γεωλογική Επισκόπηση της Κύπρου δεν έχει παρατηρηθεί υδροφόρος ορίζοντας στο βάθος εκσκαφής της σήραγγας. Για πιο αξιόπιστες πληροφορίες θα πρέπει να γίνει εμπειριστατωμένη μελέτη υδρογεωλογικών χαρτών της τελευταίας πενταετίας.

*Σαν συμπέρασμα, με βάση όλα τα παραπάνω για τη διάνοιξη της σήραγγας σε βάθος από 15-34m συναντάμε καλής ποιότητας μάργα.*





## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.**

### **ΔΙΑΝΟΙΞΗ ΤΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ**



## **4. Διάνοιξη της σήραγγας**

### **4.1 Κριτήρια για την επιλογή τρόπου διάνοιξης των σταθμών**

Η απόφαση για τον τρόπο κατασκευής των σταθμών λαμβάνεται μετά από την εξέταση και την αξιολόγηση των παρακάτω παραμέτρων:

- Διαθέσιμοι χώροι για εργοτάξιο
- Βάθος σταθμού
- Προσπελασιμότητα
- Αρχαιολογικοί χώροι
- Περιβαλλοντική επιβάρυνση

Από τους παραπάνω παράγοντες μεγαλύτερη βαρύτητα έχουν οι διαθέσιμοι χώροι για την κατασκευή εργοταξίου. Εάν η διαθέσιμη έκταση αρκεί για την κατασκευή σταθμού με τη μέθοδο Cut and Cover τότε επιλέγεται συνήθως η μέθοδος αυτή, καθώς θεωρείται σε γενικές γραμμές και για βάθη της τάξεως των 20 μ. και άνω σε ορισμένες περιπτώσεις, ως πιο οικονομική. Αντίθετα, μικροί χώροι στην επιφάνεια οδηγούν στη διάνοιξη του σταθμού με τη μέθοδο NATM, καθώς οι χώροι που απαιτεί η συγκεκριμένη μέθοδος είναι αρκετά μικρότεροι. Στις παραπάνω εκτάσεις συνυπολογίζεται και ο χώρος που πιθανόν να προκύψει από ενδεχόμενες απαλλοτριώσεις.

Ο παράγοντας της προσπελασιμότητας, αφορά στο κατά πόσον είναι εύκολη, μέτρια ή δύσκολη η προσέγγιση των μηχανημάτων και των φορτηγών κατά τη φάση της κατασκευής.

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις αφορούν στην πρόκληση ηχορύπανσης, ατμοσφαιρικής ρύπανσης και γενικότερα στην όχληση των κατοίκων της περιοχής. Αυτή η παράμετρος κατατάσσεται με επίπεδο σοβαρότητας, από Α έως Γ, όπου με Α βαθμολογούνται οι πιο σοβαρές περιβαλλοντικές επιπτώσεις και με Γ οι λιγότερο σοβαρές.

Αντίστοιχα, η ίδια βαθμονόμηση χρησιμοποιείται και για τις επιπτώσεις στις αρχαιότητες, δηλαδή στο κατά πόσο αναμένεται να συναντηθούν αρχαία, αφού σε ενδεχόμενη εμφάνισή τους, η κατασκευή του Μετρό επηρεάζεται σημαντικά.

## **4.2 Οι σταθμοί και η μελέτη τρόπου διάνοιξης τους**

Στη συνέχεια εξετάζονται τα κριτήρια που προαναφέρθηκαν για κάθε σταθμό μεμονωμένα και αποφασίζεται ο τρόπος κατασκευής του. Τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης παρουσιάζονται στον πίνακα (4-1) που ακολουθεί μετά την αναλυτική περιγραφή.

### **Αμαξοστάσιο Λατσιά(*depotLatsia*)**

Πρόκειται για μια υπέργεια κατασκευή δεδομένου ότι υπάρχει αρκετός χώρος στην επιφάνεια όπου προβλέπεται η εγκατάσταση του εργοταξίου το οποίο εν συνεχεία θα μπορεί να μεταφερθεί στο επόμενο σταθμό (Γ.Σ.Π). Ακόμη είναι σημαντικό να επισημανθεί ότι από εκεί θα γίνει και η είσοδος του Τ.Β.Μ μέχρι το βάθος των 19μ (βάθος πρώτου σταθμού) με το οποίο θα διανοιχθεί ολόκληρο το τμήμα της σήραγγας της γραμμής.

#### **1. Σταθμός Νέο Γ.Σ.Π (*G.S.P Station*)**

Η έκταση που είναι διαθέσιμη είναι σημαντική και επιτρέπει την κατασκευή του σταθμού με την μέθοδο cut and cover καθώς και το προβλεπόμενο βάθος είναι 19μ. Για την κατασκευή με την μέθοδο αυτή συνίσταται 100μ μήκους για το <<κουτί>> του σταθμού. Ακόμη υπάρχουν ελεύθεροι γύρω χώροι οι οποίοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν εργοτάξιο.

#### **2. Σταθμός Βιομηχανική Περιοχή(*Industrial Area Station*)**

Σύμφωνα με την έρευνα που έγινε, ο χώρος αυτός αποτελεί μια περιοχή με αυξημένη εμπορική δραστηριότητα. Υπάρχει μεγάλη έκταση στην επιφάνεια και δεδομένου του βάθους των μέτρων των 34μ, η καλύτερη επιλογή διάνοιξης του σταθμού είναι η μέθοδος NATM.

#### **3. Σταθμός Στρόβολος (*Strovolos Station*)**

Η περιοχή αυτή πληροί τις προϋποθέσεις όσον αφορά την επιφανειακή έκταση (αρκετά μεγάλη) και με βάθος 27μ προτείνεται η μέθοδος Cut and Cover.

#### **4. Σταθμός Κωστή Παλαμά (Kosti Palama Station)**

Στην περιοχή αυτή όπως φαίνεται και από το φωτογραφικό υλικό, υπάρχει αρκετός χώρος στην επιφάνεια (Εικόνες 2-5) και με την μελλοντική απαλλοτρίωση της θα γίνουν οι απαραίτητες εργασίες για την είσοδο και την έξοδο των επιβατών στο σταθμό. Με βάση το βάθος των 34μ συνίσταται, η μέθοδος NATM.

#### **5. Σταθμός Αγλατζιά (Aqlatzia Station)**

Στην περιοχή αυτή δεν υπάρχει αρκετός χώρος στην επιφάνεια και με δεδομένο το βάθος των 29μ προτείνεται η χρησιμοποίηση της μεθόδου NATM.

#### **6. Σταθμός Εθνικής Φρουράς (Ethnikis Frouras Station)**

Η περιοχή αυτή βρίσκεται απέναντι από την Τεχνική Σχολή Λευκωσίας. Έχει αρκετό χώρο στην επιφάνεια και δεδομένου ότι περιέχει μεγάλες εκτάσεις πρασίνου θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί η μέθοδος Cut and Cover. Παρόλα αυτά λόγω του μεγάλου προβλεπόμενου βάθους 34μ, η καταλληλότερη μέθοδος για την κατασκευή του σταθμού είναι η NATM.

#### **7. Σταθμός Μακαρίου (Makariou Station)**

Η περιοχή αυτή βρίσκεται στο κέντρο της πόλης της Λευκωσίας και λόγω της αυξημένης εμπορικής της δραστηριότητας της, ο χώρος στην επιφάνεια είναι αρκετά περιορισμένος σε σχέση με τους υπόλοιπους σταθμούς. Το προβλεπόμενο βάθος αναμένεται να είναι στα 19μ οπότε η καταλληλότερη μέθοδος είναι η NATM.

#### **8. Σταθμός Γρίβα Διγενή (Griva Digeni Station)**

Σε αυτόν τον σταθμό παρόλο που είναι και αυτός στο κέντρο της πόλης, υπάρχει μεγάλη έκταση στην επιφάνεια και με απαλλοτρίωση που μπορεί να γίνει στο διπλανό κτίριο (Εικόνες 2-9) μπορεί να χρησιμοποιηθεί η μέθοδος Cut and Cover, παρά το προβλεπόμενο βάθος των 26μ.

**9. Σταθμός Αρχάγγελος Μιχαήλ (Archangelos Michael Station)**

Στην περιοχή αυτή υπάρχει αρκετός χώρος που μπορεί να απαλλοτριωθεί και έτσι να χρησιμοποιηθεί η μέθοδος Cut and Cover καθώς βρισκόμαστε στο βάθος των 26μ.

**10. Σταθμός Ελικόνα (Elikona Station)**

Στην περιοχή αυτή υπάρχει αρκετός χώρος που μπορεί να απαλλοτριωθεί και έτσι να χρησιμοποιηθεί η μέθοδος Cut and Cover, προκειμένου να γίνει η διάνοιξη του σταθμού, καθώς βρισκόμαστε στο βάθος των 26μ.

**11. Σταθμός Μακάριο Στάδιο (Makarios Stadium Station)**

Στην περιοχή αυτή που βρίσκεται απέναντι από το Μακάριο στάδιο υπάρχει μεγάλη επιφανειακή έκταση (Εικόνες 2-10) που θα πρέπει να απαλλοτριωθεί. Το προβλεπόμενο βάθος του σταθμού είναι 29μ και η διάνοιξη του σταθμού προτείνεται να γίνει με την μέθοδο Cut and Cover.

Ακολουθεί συγκεντρωτικός πίνακας που περιέχει τα κριτήρια επιλογής και τις προτεινόμενες μεθόδους διάνοιξης των σταθμών.

Πίνακας 4-1: Χαρακτηριστικά σταθμών ως προς την διάνοιξη

Σταθμός	Βάθος	Μέθοδος	Διαθέσιμη επιφάνεια	Προσπελασιμότητα	Αρχαιολογικοί χώροι	Περιβαλλοντική επιβάρυνση
Νέο Γ.Σ.Π	19m	Cut and Cover	Μεγάλη	Ναι	Γ	Γ
Βιομηχανική Περιοχή	34m	NATM	Μεγάλη	Όχι	Γ	Γ
Στρόβολος	27m	Cut and Cover	Μεγάλη	Όχι	Γ	Γ
Κωστή Παλαμά	34m	NATM	Μεγάλη	Όχι	Γ	Β
Αγλατζιά	29m	NATM	Μεγάλη	Όχι	Γ	Γ
Εθνικής Φρουράς	34m	NATM	Μεγάλη	Όχι	Γ	Β
Μακαρίου	19m	NATM	Μικρή	Όχι	Β	Β
Γρίβα Διγενή	26m	Cut and Cover	Μεγάλη	Ναι	Β	Β
Αρχάγγελος	26m	Cut and Cover	Μεγάλη	Ναι	Γ	Γ
Ελικόνα	26m	Cut and Cover	Μεγάλη	Ναι	Γ	Γ
Μακάριο Στάδιο	29m	Cut and Cover	Μεγάλη	Όχι	Γ	Γ

### **4.3 Ανάλυση των επιλεγμένων μεθόδων διάνοιξης των σταθμών**

#### **4.3.1. Διάνοιξη με τη μέθοδο Cut and Cover**

Η μέθοδος ανοικτού ορύγματος (cut & cover), χρησιμοποιήθηκε στο Μετρό της Αθήνας κατεξοχήν για την κατασκευή των σταθμών. Βέβαια κρίθηκε απαραίτητη η χρήση του και για κάποια τμήματα σηράγγων, όπου παρουσιάστηκαν κατασκευαστικά προβλήματα και καταπτώσεις του εδάφους ή δεν υπήρχε ιδιαίτερο πρόβλημα παρακώλυσης της κυκλοφορίας των οχημάτων. Στην περίπτωση όμως της Λευκωσίας η μέθοδος αυτή προβλέπεται να χρησιμοποιηθεί μόνο για τη διάνοιξη των σταθμών.

Εφαρμόζεται όταν το έργο κατασκευάζεται σε μικρό βάθος. Η μέθοδος ανοικτού ορύγματος εφαρμόζεται διαφορετικά σε ακατοίκητες και κατοικημένες περιοχές. Σε ακατοίκητες περιοχές δεν αντιμετωπίζουμε προβλήματα. Η εκσκαφή γίνεται σε όλο της το εύρος από την επιφάνεια του εδάφους μέχρι το βάθος στο οποίο θα εδρασθεί το έργο, ενώ δεν γίνεται αντιστήριξη των παρειών της εκσκαφής, οι οποίες διαμορφώνονται με την κλίση που επιτρέπουν τα χαρακτηριστικά του εδάφους. Όταν υπάρχουν υπόγεια νερά η στάθμη υποβιβάζεται με διάφορες τεχνικές μέχρι να κατασκευαστεί το έργο.

Δυσκολίες παρουσιάζονται σε κατοικημένες περιοχές επειδή η κατασκευή των έργων δεν πρέπει αφενός να προκαλέσει προβλήματα στην κυκλοφορία και αφετέρου ζημιές στις γειτονικές κατασκευές (π.χ. οικοδομές, υπόγειους αγωγούς, υπόγεια καλώδια). Ανάλογα με τα πολεοδομικά χαρακτηριστικά της περιοχής στην οποία θα γίνει το έργο εφαρμόζονται οι παρακάτω λύσεις:

#### *A) Αντιστηριζόμενη εκσκαφή χωρίς κάλυψη*

Κατασκευάζεται αρχικά η μισή διατομή ώστε να είναι δυνατή η κυκλοφορία στο άλλο μισό της οδού. Οι παρειές της εκσκαφής αντιστηρίζονται συνήθως με την χρήση συνδυασμού πασσάλων από οπλισμένο σκυρόδεμα (έγχυτων ή προκατασκευασμένων) και εκτοξευόμενου σκυροδέματος οπλισμένο με δομικά πλέγματα. Προσοχή χρειάζεται στην περιοχή των αρμών της κατασκευής (αποκατάσταση συνέχειας φέροντας οργανισμού, στεγάνωση).



*B) Διάνοιξη υπό την προστασία κάλυψης*

Κατασκευάζεται αρχικά η αντιστήριξη (διαφραγματικοί τοίχοι, πασσαλοσανίδες, πασσαλοσυστοιχίες) πάνω στην οποία τοποθετείται συνήθως μόνιμη πλάκα κάλυψης για την γρήγορη αποκατάσταση της κυκλοφορίας. Η συνέχιση της εκσκαφής γίνεται κάτω και υπό την προστασία της κάλυψης. Ο σχεδιασμός υπόγειων έργων με την μέθοδο ανοικτού ορύγματος δεν παρουσιάζει δυσκολίες. Οι διαφραγματικοί τοίχοι προστατεύουν σχεδόν απόλυτα τις υπάρχουσες κατασκευές. Οι παραμορφώσεις του εδάφους πίσω από διαφραγματικούς τοίχους έχουν αποτελέσει αντικείμενο συστηματικής έρευνας. Τα εμπειρικά στοιχεία από μετρήσεις σε πραγματικές κατασκευές είναι πλούσια. Οι καθιζήσεις εκτείνονται σε απόσταση 1 έως 2 μέτρα πίσω από τους τοίχους και είναι συνάρτηση του ολικού βάθους της εκσκαφής.

Σε αργιλικά εδάφη μπορεί να είναι σχετικά μεγάλες, της τάξης του 1 έως 2 % του ολικού βάθους της εκσκαφής, ενώ σε αμμώδη εδάφη ανέρχονται στο ήμισυ των παραπάνω τιμών (σε πυκνές άμμους είναι αμελητέες). Αν ληφθούν όλα τα κατάλληλα μέτρα αντιστήριξης των διαφραγματικών τοίχων και οι εκσκαφές γίνουν με φροντίδα, οι καθιζήσεις του εδάφους έχουν ασήμαντες επιπτώσεις στη συμπεριφορά των θεμελιώσεων των γειτονικών κατασκευών. Εντούτοις είναι απαραίτητο πριν από την έναρξη των έργων να γίνεται υψομετρική αποτύπωση των παρακείμενων οικοδομών και είναι απαραίτητο να καλύπτεται ο εργολάβος από ασφαλιστική εταιρεία.

Η διατομή της σήραγγας είναι ορθογωνική και κατασκευάζεται από οπλισμένο σκυρόδεμα. Το πάχος της πλάκας οροφής είναι της τάξης των 60-80 εκατοστών, τοποθετείται συνήθως σε βάθος 1 έως 1,5 μέτρα από την επιφάνεια έτσι, ώστε η κατανομή των επιφανειακών φορτίων πάνω της να είναι η καλύτερη δυνατή (μειώνονται οι ροπές και οι διατμητικές τάσεις). Προβλήματα θεμελίωσης δεν υπάρχουν επειδή τα φορτία, που υπήρχαν πριν αφαιρεθεί το έδαφος είναι μεγαλύτερα από τα φορτία, που μεταφέρει στο έδαφος η σήραγγα. Το δάπεδο αποτελεί πλάκα θεμελίωσης και προστατεύει την σήραγγα από την εισροή υπόγειων νερών ενώ είναι υπολογισμένη να αναλάβει και τα φορτία της.

Οι κατακόρυφοι τοίχοι δέχονται τις ωθήσεις του εδάφους και της κυκλοφορίας που δεν είναι σημαντικές. Πλάκες οροφής και δαπέδου, καθώς επίσης και όλα τα εξωτερικά τοιχώματα πρέπει να είναι υδατοστεγανά. Στα έργα σήραγγων όπως π.χ. της Αθήνας, η υδατοστεγανότητα επιτεύχθηκε με την τοποθέτηση πλαστικών

μεμβρανών πάχους 25 χιλ. Η μέθοδος αυτή παρουσιάζει άριστα αποτελέσματα εφόσον η τοποθέτηση γίνει χωρίς κακοτεχνίες.

❖ Κριτήρια κατασκευής με τη μέθοδο του ανοικτού ορύγματος

Τα βασικά κριτήρια για την πορεία κατασκευής με τη μέθοδο του ανοικτού ορύγματος, είναι τρία:

- Οι γεωτεχνικές συνθήκες του εδάφους
- Το βάθος της κατασκευής
- Το περιβάλλον

Οι γεωτεχνικές συνθήκες στο σημείο που πρόκειται να γίνει η εκσκαφή παίζουν σημαντικό ρόλο. Χαλαρά εδάφη και έλλειψη συνοχής μας οδηγούν υποχρεωτικά στην εφαρμογή της μεθόδου ανοικτού ορύγματος.

Επίσης η μορφολογία της επιφάνειας που πρόκειται να εκσκαφθεί, πρέπει να είναι απαλλαγμένη από διάφορα δομικά στοιχεία ή θα πρέπει να μπορούν να μετακινηθούν εύκολα και με χαμηλό κόστος (εγκαταστάσεις, αγωγοί κλπ.), αφού η χρήση της μεθόδου ανοικτού ορύγματος, αλλάζει ριζικά το τοπίο της επιφάνειας, λόγω του όγκου του υλικού που απομακρύνεται.

❖ Πορεία εργασιών

*Προκαταρκτικές εργασίες*

Οι προκαταρκτικές εργασίες αφορούν θέματα, που πρέπει να μελετηθούν και να αντιμετωπιστούν για να μπορέσει η μέθοδος να εφαρμοσθεί με επιτυχία χωρίς να προκύψουν προβλήματα κατά τη διάρκεια εκσκαφής.

*Παράκαμψη στοιχείων κοινής ωφέλειας*

Κατά την εκσκαφή υπάρχει περίπτωση να βρεθούμε αντιμέτωποι με διάφορους υπόγειους αγωγούς λυμάτων, ύδρευσης, καλωδίων κλπ. Για την αποφυγή καταστροφή τους και προξένησης βλάβης από αυτούς (π.χ. εισροή νερού στο όρυγμα), ζητείται η συνδρομή των αρμόδιων υπηρεσιών κοινής ωφελείας για τον εντοπισμό τους, ενώ καταρτίζεται μελέτη για την παράκαμψη τους.

- Ερευνητικές τάφροι
- Πρόταση / αποδοχή παρακάμψεων
- Μελέτες (σχέδια εκτέλεσης)
- Εργασίες από υπεργολάβους έργων Πολιτικού Μηχανικού και σχετικών υπηρεσιών

#### *Οργάνωση χώρου εργασίας*

Πριν από την έναρξη των εργασιών της μεθόδου ανοικτού ορύγματος πρέπει να γίνει ο ορισμός των επιβλεπόντων του έργου, η εγκατάσταση εργοταξιακών γραφείων, συνεργείων, μηχανημάτων κλπ.

- Σχέδια εγκατάστασης στα διάφορα εργοτάξια
- Πρόταση εργασιών προπαρασκευής για την πρώτη φάση των εργασιών

#### *Παρακάμψεις οδικού δικτύου*

Σε μια πόλη με κυκλοφοριακά προβλήματα όπως είναι η Λευκωσία, είναι επόμενο η όρυξη των τάφρων του Cut and Cover να γίνει σε χώρους, που κινούνται αυτοκίνητα. Για αυτό θεωρείται απαραίτητη η παρέμβαση στο κυκλοφοριακό δίκτυο και στη σήμανση με διάφορες παρακάμψεις.

- Για εργασίες προπαρασκευής ή εγκαταστάσεις εργοταξίων
- Για μόνιμες εργασίες

#### *Σχεδιασμός*

Στη μέθοδο του ανοικτού ορύγματος, επειδή υπάρχει μεγάλος αντίκτυπος στη μορφολογία της επιφάνειας, αλλά και για την ελαχιστοποίηση του υλικού που θα απομακρυνθεί, ο σχεδιασμός και η κατασκευή του έργου είναι απόλυτα συνδεδεμένα μεταξύ τους. Σε αυτά συμπεριλαμβάνεται τόσο ο γενικός σχεδιασμός της μορφής του έργου, καθώς και ο σχεδιασμός, μεμονωμένα του ορύγματος, του φορέα, αλλά και της υποστήριξης και των βελτιώσεων του εδάφους.

- Λεπτομερής τελικός σχεδιασμός τοιχίων αντιστήριξης / εκσκαφής
- Λεπτομερής τελικός σχεδιασμός του δομικού κελύφους

### *Κύριες εργασίες*

Στις κύριες εργασίες συμπεριλαμβάνονται όλες οι εργασίες που έχουν άμεση σχέση με την ίδια την κατασκευή, αλλά και της σύνδεσης αυτής με το υπόλοιπο δίκτυο (σταθμοί με σήραγγα, τμήματα σήραγγας με C/C).

- Προ εργασιών με T.B.M., για σταθμούς στην πορεία των T.B.M. Τοιχία αντιστήριξης / εκσκαφή / αποστράγγιση / υδατοστεγανότητα / δομικό κέλυφος
- «Τελειώματα»
- Αποκατάσταση χώρων

❖ Γενική μέθοδος κατασκευής

Η έλλειψη χώρου στην επιφάνεια του ορύγματος που πρόκειται να εκσκαφθεί, για την όσο το δυνατόν μικρότερη όχληση του περιβάλλοντος χώρου, αναγκάζει στην επιλογή υψηλής γωνίας πρανών, τα οποία είναι σχεδόν κατακόρυφα. Η κλίση αυτή σε συνδυασμό με τον κατακερματισμό του εδάφους οδηγεί στην λήψη μέτρων υποστήριξης, ακόμη και πριν την όρυξη (τοιχία Βερολίνου).

*Τοιχία Βερολίνου*

Τα τοιχία αυτά δημιουργούνται στην περίμετρο του ορύγματος πριν από την εκσκαφή αυτού. Με τη βοήθεια ειδικού φορείου γίνεται διάνοιξη οπών διαμέτρου 600 μέχρι 1.200 χιλ., τοποθέτηση σιδηρού οπλισμού και σκυροδέτηση ή τοποθέτηση δοκού σχήματος Η, σε όλο το βάθος ή μέρος της εκσκαφής, σύμφωνα με τις συνθήκες του εδάφους. Στις επιφάνειες μεταξύ των πασσάλων γίνεται τοποθέτηση δομικών πλεγμάτων και εφαρμογή εκτοξευόμενου σκυροδέματος. Έτσι δημιουργείται ένα τοίχος προστασίας που συγκρατεί τα τοιχώματα του εδάφους.

*Εκσκαφή*

Μετά την παραπάνω προϋποστήριξη του εδάφους, ακολουθεί η εκσκαφή του ορύγματος με χρήση εκσκαπτικών μηχανημάτων.

Η εκσκαφή εκτελείται σε στρώσεις, με προστασία, με χρήση εκτοξευόμενου σκυροδέματος, αγκύρια και «νύχια» για τσιμεντοπασσάλους ή αντιστηρίγματα για δοκούς σχήματος Η. Το πάχος του σκυροδέματος προσαρμόζεται ανάλογα με τις συνθήκες του εδάφους. Συχνή είναι και η χρήση αντηρίδων που τοποθετούνται εγκάρσια στη διεύθυνση του ορύγματος (εικόνα 4-1).



**Εικόνα 4-1: Τοποθέτηση αντηρίδων για την υποστήριξη της εκσκαφής**

Για την προστασία της ανοικτής εκσκαφής από την εισροή νερού, ακολουθούνται τα παρακάτω:

- Σύστημα αποστράγγισης με γεωύφασμα
- Αγωγός αποστράγγισης
- Χαλίκι και λεπτή στρώση τσιμέντου

Μετά από την εξασφάλιση στεγανότητας της εκσκαφής ξεκινάει η διαδικασία κατασκευής του φορέα της σήραγγας, που κατασκευάζεται με συνήθεις δομικές εργασίες, αποκλειστικά από οπλισμένο σκυρόδεμα *in situ*, φροντίζοντας να αντιμετωπισθούν αποτελεσματικά τα φορτία του ίδιου φορέα του υλικού επανεπίχωσης, αλλά και κινητών και μελλοντικών φορτίων (βαριά οχήματα, μελλοντική

κατασκευή ψηλών κτιρίων πάνω από τον φορέα κλπ). Η σειρά κατασκευής του φορέα της σήραγγας έχει ως εξής:

1. Πλάκα δαπέδου
2. Τοιχία και ενδιάμεση πλάκα
3. Τοιχία κάτω της πλάκας κάλυψης
4. Πλάκα κάλυψης
5. Στεγανοποίηση της πλάκας πριν την επανεπίχωση
6. Κατασκευή προσβάσεων

### *Επανεπίχωση*

Ακολουθεί η επανεπίχωση του ορύγματος, και του κατασκευασμένου φορέα καθώς και η αποκατάσταση της ανώτερης επιφάνειας.

Μετά τη αποκατάσταση ακολουθούν:

- Επανακατασκευή του οδικού δικτύου στην επιφάνεια ταυτόχρονα με την πορεία εργασιών των φάσεων κατασκευής.
- Τελική αποκατάσταση, της επιφάνειας, των οδών και των πεζοδρομίων.

Η αποκατάσταση της επιφάνειας μπορεί να γίνει προοδευτικά κατά μήκος της κατασκευής, συμβαδίζοντας με την πρόοδο των εργασιών.

### *Εξοπλισμός κυρίων δραστηριοτήτων*

Για την κατασκευή όλων των παραπάνω, είναι απαραίτητος ο παρακάτω εξοπλισμός.

α) Για την υποστήριξη και κάθε αποστραγγιστική εργασία που απαιτεί διάνοιξη οπών:

- Εξοπλισμός με διατρητικά φορεία και τρυπάνια
- Διατρητικό συγκρότημα για στερέωση

β) Για την εκσκαφή και τις μετακινήσεις του υλικού που εξορύσσεται:

- Υδραυλικός εκσκαφέας - αερόσφουρα
- Προωθητής / ελαστικοφόρος φορτωτής
- Φορηγά (εξαρτάται από την τοποθεσία)

γ) Για την προσωρινή και την μόνιμη υποστήριξη, καθώς και για την μεταφορά στοιχείων υποστήριξης:

- Εξοπλισμός εκτοξευόμενου σκυροδέματος
- Στατικός / κινητός γερανός
- Κινητές αντλίες σκυροδέματος
- Φορηγά μίξης σκυροδέματος

δ) Για την παροχή ενέργειας και την ανάγκη χώρου απόθεσης υλικού:

- Μετασχηματιστής
- Γραφεία
- Ηλεκτρικός αεροσυμπιεστής
- Συγκρότημα άντλησης νερού
- Χώροι απόθεσης

(πηγή : Αττικό Μετρό Α.Ε.,2009)

#### **4.3.2. Διάνοιξη με τη νέα αυστριακή μέθοδο (NATM)**

Η NATM αναπτύχθηκε μεταξύ 1957 και 1965 στην Αυστρία και έλαβε το όνομά της το 1962, στο επιστημονικό συμπόσιο του Salzburg, προκειμένου να διαχωριστεί από την κλασσική παλαιά Αυστριακή μέθοδο.

Η «νέα Αυστριακή μέθοδος» κατασκευής σηράγγων είναι μία ημιεπιστημονική-ημιεμπειρική λογική κατασκευής που χρησιμοποιεί τις αρχές μηχανικής συμπεριφοράς των πετρωμάτων σε συνδυασμό με μετρήσεις παρακολούθησης της συμπεριφοράς υπογείων διανοίξεων κατά την κατασκευή τους. Η λέξη μέθοδος (method) που χρησιμοποιείται διεθνώς είναι ατυχής καθώς δεν πρόκειται για συγκεκριμένη τεχνική εκσκαφής και υποστήριξης. Η NATM χρησιμοποιεί διάφορους ήδη δοκιμασμένους τρόπους εξόρυξης και υποστήριξης, με τη διαφορά ότι με τη συνεχή παρακολούθηση



των μετακινήσεων και τη συνεχή αναθεώρηση της εφαρμοζόμενης υποστήριξης προσπαθεί να επιτύχει την πλέον σταθερή και οικονομική επένδυση.

Η θεωρητική της βάση στηρίζεται στη σχέση τάσεων-μετακινήσεων γύρω από σήραγγες, γνωστή ως καμπύλη αντίδρασης του πετρώματος, στην αναγνώριση της επίδρασης του χρόνου κατά την κατασκευή υπόγειων ανοιγμάτων και στη γνώση της αλληλεπίδρασης περιβάλλοντος πετρώματος-υποστήριξης.

Ο εκ των ιδρυτών της μεθόδου L. Muller, δίνει 22 αρχές στις οποίες βασίζεται η μέθοδος, εκ των οποίων οι τρεις βασικότερες είναι:

- ελαφριά, εύκαμπτη υποστήριξη με λεπτή στρώση από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα και ήλους αμέσως μετά την εκσκαφή, που καθορίζεται από την ταξινόμηση του πετρώματος. Η πρώτη στρώση εκτοξευόμενου σκυροδέματος έχει σκοπό το σφράγισμα των ρωγμών και την προστασία τους από τη διάβρωση και την εν συνεχεία χαλάρωση. Η στρώση αυτή ουσιαστικά, λόγω ερπυστικών παραμορφώσεων του σκυροδέματος, δεν αναλαμβάνει φορτία. Χαρακτηριστικό είναι ότι η μέθοδος αναπτύχθηκε συγχρόνως με την ανάπτυξη της τεχνικής του εκτοξευόμενου σκυροδέματος.
- Μετρήσεις των μετακινήσεων και πιέσεων αμέσως μετά την τοποθέτηση της πρώτης στρώσης εκτοξευόμενου σκυροδέματος. Κλείσιμο του ανάστροφου τόξου για μηχανική λειτουργία της σήραγγας ως σωλήνας.
- Ειδική σύμβαση κατασκευής του έργου που να επιτρέπει αλλαγές στον τρόπο διάνοιξης και υποστήριξης.

#### ❖ Η τεχνική μέθοδος NATM

Κατά την ολομέτωπη κοπή της διατομής αποκόπτονται φέτες ολόκληρου του μετώπου, η δε προσωρινή υποστήριξη ακολουθεί σε μικρή ή μεγαλύτερη απόσταση από το μέτωπο. Η τελική στήριξη ακολουθεί σε μεγάλη απόσταση. Το σκυρόδεμα του ανάστροφου τόξου, όπου αυτό απαιτείται, κατασκευάζεται μετά (ή αν απαιτείται στατικά- συγχρόνως με) την κατασκευή της προσωρινής υποστήριξης, αλλά πριν την κατασκευή της τελικής. Η αποτελεσματικότητα της τεχνικής εξαρτάται από τις σχέσεις «Χρόνος ευστάθειας- Ταχύτητα κατασκευής της προσωρινής στήριξης», «Παραμόρφωση του πετρώματος - Κλείσιμο του δαπέδου» και «Βάθος ανατίναξης -

Ταχύτητα αποκομιδής». Σε στοές και σήραγγες διαμέτρου μέχρι 3,5 μ., η εκσκαφή γίνεται ολομέτωπα σε όλα τα πετρώματα, εκτός από τις περιπτώσεις εύθρυπτων μπάζων, πλήρως κατακερματισμένων και εύθρυπτων πετρωμάτων και καταστάσεων υψηλής πίεσης νερού . Με την αύξηση της διαμέτρου από 3,5 σε 12 μέτρα η εφαρμογή της ολομέτωπης διάνοιξης μειώνεται, λόγω του μικρού χρόνου ευστάθειας και απαίτησης κλεισίματος του δαπέδου. Η μέθοδος χρησιμοποιείται σε διατομές διαμέτρου μεγαλύτερης των 12 μ. μόνο σε πολύ σταθερά πετρώματα

Η διάνοιξη της διατομής με προπορευόμενη την εκσκαφή άνω στοάς (Kalotte, top heading) ονομάζεται και βόρεια (Nordische) τεχνική επειδή εφαρμόστηκε στις Βόρειες χώρες και κυρίως στη Νορβηγία. Η άνω στοά προπορεύεται 3 έως 10 μέτρα. Η μέθοδος στοχεύει σε μικρή χαλάρωση του πετρώματος στην περίπτωση μικρών συνεργείων, σε οριζόντια διατρήματα για την εκσκαφή του άνω τμήματος και κατακόρυφα διατρήματα για την εκσκαφή του κάτω τμήματος στην περίπτωση μεγάλων συνεργείων, στη γρήγορη υποστήριξη του άνω τμήματος χωρίς τη χρήση ικριωμάτων και αποκομιδή των μπαζών από το δάπεδο του κάτω τμήματος. Η μέθοδος πλεονεκτεί καθώς δίνει τη δυνατότητα εκτέλεσης πολλών εργασιών, όπως σύγχρονης διάτρησης του άνω και κάτω τμήματος και αποκομιδής των μπαζών, γρήγορης κατασκευής της προσωρινής υποστήριξης και αποφυγής ικριωμάτων στην άνω στοά.

Η υποστήριξη προσφέρει εκείνη την αντίδραση που απαιτείται προκειμένου να ισορροπήσει η διάνοιξη προτού αρχίσει το πέτρωμα να χαλαρώνει. Επομένως μια άκαμπτη υποστήριξη που θα τραβούσε επάνω της τις τάσεις του πετρώματος θα απαιτούσε μεγάλη αντοχή, ιδίως σε βαθιά έργα και επομένως θα ήταν αντιοικονομική. Η μέθοδος επομένως επιζητεί την τοποθέτηση της υποστήριξης σε ποσότητα και χρόνο επιλεγμένα, έτσι ώστε να παραλαμβάνει το ελάχιστο δυνατό φορτίο, ενώ στο περιβάλλον πέτρωμα ανατίθεται η ανάληψη του μέγιστου δυνατού φορτίου χωρίς αυτό να χαλαρώσει. Ο χρόνος τοποθέτησης της υποστήριξης προεκτιμάτε με βάση προκαταρκτικές δοκιμές στη βραχομάζα ή με βάση δοκιμές εργαστηρίου σε συνδυασμό με την εμπειρία από παρόμοια έργα, κατά τη διάρκεια δε της εκσκαφής με βάση μετρήσεις μετακινήσεων και παραμορφώσεων.

Επειδή πρέπει να υπάρχει δυνατότητα εύκολης μεταβολής της άμεσης υποστήριξης, τόσο σε μηχανικές ιδιότητες, όσο και σε διαστάσεις, χρησιμοποιούνται

φορείς από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα οπλισμένο ή μη, με πλέγμα, ηλώσεις του πετρώματος και χαλύβδινα τόξα. Η σήραγγα συμπεριφέρεται σαν ένας σύμμεικτος φορέας αποτελούμενος από την επένδυση και το περιβάλλον πέτρωμα. Εφόσον η προβλεπόμενη μέθοδος διάνοιξης δεν ισορροπεί τη διατομή, τότε μπορούν να ληφθούν τα παρακάτω μέτρα:

- Μείωση του μήκους προχώρησης
- Σταθεροποίηση του μετώπου με παραμένουσα μάζα πετρώματος
- Σταθεροποίηση του μετώπου με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα
- Προπασσάλωση του θόλου
- Αύξηση του πάχους σκυροδέματος της επένδυσης
- Αύξηση του αριθμού και του μήκους των ήλων
- Πύκνωση των χαλύβδινων πλαισίων (ή δικτυωτών φορέων)
- Αύξηση του πλάτους της θεμελίωσης του εκτοξευόμενου σκυροδέματος
- Τοποθέτηση προσωρινού αναστροφου τόξου από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα στην άνω στοιά
- Βελτίωση του πετρώματος με ενέσεις κάτω, γύρω ή μπροστά από τη διάνοιξη
- Διάνοιξη με πολλαπλά μέτωπα
- Στράγγιση της εκσκαπτόμενης περιοχής
- Εκσκαφή σε συνθήκες πιεσμένου αέρα
- Εκσκαφή με προηγούμενη ψύξη του πετρώματος

Για την επαύξηση της ασφάλειας ή για τοποθέτηση μιας μόνωσης, μπορεί να τοποθετηθεί μία εσωτερική επένδυση καλούμενη και τελική υποστήριξη. Τόσο αυτή όσο και η προσωρινή υποστήριξη θα πρέπει να είναι σχετικά λεπτές προκειμένου να μην αναλαμβάνουν ροπές κάμψης. Η τελική επένδυση θα παραλαμβάνει από την επένδυση πίεση μόνο και όχι διατμητικές τάσεις. Ανάλογα με τον κίνδυνο διάβρωσής της, η προσωρινή επένδυση μπορεί να ληφθεί μερικά υπόψη κατά τη διαστασιολόγηση της τελικής υποστήριξης. Η ισχυροποίηση τόσο του εσωτερικού όσο και του

εξωτερικού κελύφους γενικά δεν θα γίνεται με πάχυνσή τους αλλά με όπλισή τους, κυρίως με χαλύβδινα τόξα και αύξηση του μήκους και πλήθους των αγκυρίων.

Η σταθεροποίηση του ανοίγματος και η ασφάλειά του εκτιμάται με μετρήσεις σύγκλισης και μετακίνησης. Η επάρκεια της εξωτερικής επένδυσης ελέγχεται με συνεχή παρακολούθηση, σ' έναν αριθμό διατομών, των τάσεων μέσα στο σκυρόδεμα και στη διεπιφάνεια σκυροδέματος - βράχου. Επειδή η εξωτερική επένδυση εξασφαλίζει την ισορροπία της διατομής, η εσωτερική επένδυση διαστασιοποιείται ως μία κατασκευή πρόσθετης ασφάλειας καθώς και ανάληψης εκείνων των φορτίων της εξωτερικής επένδυσης που λόγω διάβρωσης δεν θα μπορούν να αναληφθούν μετά την πάροδο κάποιου χρόνου μέσα στη ζωή του έργου. Συνήθως η τελική επένδυση απαλλάσσεται από την ανάληψη υδροστατικών φορτίων, καθώς τοποθετείται πίσω της γεωύφασμα που λειτουργεί ως στραγγιστήριο. (πηγή: Σοφιανός, 2009 )

❖ Τα κύρια χαρακτηριστικά της κατασκευαστικής τεχνικής NATM είναι:

- Η σήραγγα εκσκάπτεται και υποστηρίζεται. Η εκσκαπτική ακολουθία και οι περιοχές του μετώπου μπορούν να ποικίλουν (π.χ. άνω στοά προπορείας, βαθμίδα και ανάστροφο).
- Η αρχική υποστήριξη παρέχεται από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα σε συνδυασμό με κάποια από τα παρακάτω:
  - α) Χαλύβδινο δομικό πλέγμα
  - β) Χαλύβδινα τόξα (συνήθως δικτυωτούς φορείς – latticegirders)
  - γ) Ενίσχυση του εδάφους (π.χ. αγκύρια, έμπηξη πασσάλων)

Η μόνιμη υποστήριξη συνήθως (αλλά όχι πάντα) παρέχεται από μια επένδυση σκυροδέματος που παράγεται επί τόπου, το οποίο συνήθως επεξεργάζεται μόνο του για σχεδιαστικούς σκοπούς. Έτσι η NATM καθορίζεται ως μια μέθοδος «παραγωγής» υπόγειων χώρων με τη χρήση όλων των διατιθέμενων μέσων για την ανάπτυξη της μέγιστης ικανότητας αυτοϋποστήριξης του βράχου ή του εδάφους, με σκοπό να παράσχει την σταθερότητα του υπόγειου ανοίγματος. Αυτό επιτυγχάνεται με την εφαρμογή μιας μαλακής και κατάλληλα ανθεκτικής αρχικής και τελικής υποστήριξης.

Θα πρέπει να δεχθεί την απαραίτητη παραμόρφωση, αλλά και να προφυλάσσει από την πιθανή ανάπτυξη των εδαφικών φορτίων.

Η συνήθης εφαρμογή της μεθόδου NATM είναι η διάνοιξη της διατομής της σήραγγας σε μια ή περισσότερες φάσεις και η άμεση υποστήριξη του τοιχώματος με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα (απλό, ινοπλισμένο, οπλισμένο με χαλύβδινο πλέγμα ή ενισχυμένο με χαλύβδινες νευρώσεις από ράβδους ή διατομές I) και αγκύρια (παθητικά ή προεντεταμένα). Σημειώνεται ότι η υποστήριξη του τοιχώματος της σήραγγας μόνο με αγκύρια χωρίς εκτοξευόμενο σκυρόδεμα υπάγεται επίσης στην κατηγορία της μεθόδου NATM. Τέλος, κατά τη μέθοδο NATM η ως άνω άμεση υποστήριξη συνήθως ακολουθείται σε μεταγενέστερο χρόνο από την κατασκευή της τελικής επένδυσης της σήραγγας, η οποία θεωρείται ως φέρον στοιχείο (σε ορισμένες περιπτώσεις δεν κατασκευάζεται τελική επένδυση, αλλά η άμεση υποστήριξη σχεδιάζεται ώστε να αναλάβει το σύνολο των φορτίων της περιβάλλουσας βραχομάζας).

#### ❖ Χρόνος ζωής της υποστήριξης

Ο χρόνος ζωής του σχεδιασμού της υποστήριξης της NATM είναι σημαντικό να καθοριστεί. Μια συντηρητική πρόβλεψη πρέπει να γίνει για την περίοδο που η αρχική υποστήριξη θα χρειαστεί να τοποθετηθεί για να υποστηρίξει τη σήραγγα. Αυτό θα καθορίσει το φορτίο στην αρχική υποστήριξη και τις προδιαγραφές του συστήματος υποστήριξης και θα δώσει ουσιώδη καθοδήγηση για την κατασκευή της τελικής υποστήριξης

#### ❖ Μέθοδοι προσωρινής και μόνιμης υποστήριξης

Η προσωρινή επένδυση σχηματίζεται από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα σε συνδυασμό αυτού με μεταλλικά πλαίσια (συνήθως πλαίσια λευκοσιδήρου Lattice Girder) καθώς και με μεθόδους βελτίωσης εδάφους ( αγκύρια, πάσσαλοι κλπ).

### *Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα*

Η επένδυση με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πραγματοποιείται μετά το πέρας της εκσκαφής για την υποστήριξη των τοιχωμάτων, αρχίζοντας με πορεία από κάτω προς τα πάνω. Πριν την εφαρμογή σκυροδέματος, η επιφάνεια πρέπει να καθαριστεί και να απομακρυνθούν χαλαρά τεμάχια. Η κατεύθυνση εκτόξευσης είναι κάθετη προς την επιφάνεια που εφαρμόζεται με κατάλληλη απόσταση μεταξύ του στομίου και της επιφάνειας. Το ζητούμενο πάχος της τελικής επένδυσης από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, πραγματοποιείται με διαδοχικές στρώσεις εκτοξευόμενου σκυροδέματος, ενώ το υλικό του εκτοξευόμενου σκυροδέματος που αναπηδάει από την επιφάνεια εφαρμογής (rebound), πρέπει να απομακρύνεται από την περιοχή εργασίας.

Η τελική διαμόρφωση της διατομής της σήραγγας, με τη χρήση εκτοξευόμενου σκυροδέματος, σε κυκλική ή ημικυκλική, μειώνει τον κίνδυνο ανάπτυξης τάσεων. Το πάχος της επένδυσης εκτοξευόμενου σκυροδέματος είναι σημαντικό για τη μέγιστη απόδοσή του.

### *Δικτυωτά πλαίσια (Lattice Girder)*

Τα δικτυωτά μεταλλικά πλαίσια σχηματίζονται με μπάρες και τεμάχια από ανοξείδωτο ατσάλι σε δικτυωτή διάταξη και κατασκευάζονται ακολουθώντας κάποια στάνταρ όπου οι διαστάσεις και τα μεγέθη αποφασίζονται ανάλογα με το δομικό μοντέλο ή τις κατασκευαστικές απαιτήσεις.

Η συνολική ανοχή του τόξου είναι 8 εκ. (ανοχή τοποθέτησης 5 εκ., ανοχή κατά την εργασία 3 εκ.). Για την καλύτερη σταθερότητα των πλαισίων και τη διατήρηση σωστής μεταξύ τους απόστασης, τοποθετούνται ράβδοι μεταξύ των πλαισίων.

Λειτουργούν ως δομικά στοιχεία στύλωσης του μετώπου με τη μορφή τόξου με μεταβλητό προφίλ και κλίση. Αμέσως μετά την εγκατάσταση των μεταλλικών πλαισίων γίνεται χρήση εκτοξευόμενου σκυροδέματος, που λειτουργεί αποτελεσματικά ως ένα συνεχές στρώμα μεταξύ των πλαισίων και των τοιχωμάτων.

Τα μεταλλικά πλαίσια υποβοηθούν στο σχηματισμό της επιφάνειας της σήραγγας και στην επίτευξη σωστού πάχους εκτοξευόμενου σκυροδέματος.

Οι κατασκευαστικές συνδέσεις της αρχικής υποστήριξης καθαρίζονται καλά για την αποφυγή υπολειμμάτων και υλικού αναπήδησης στις συνδέσεις. Με τον τρόπο αυτό γίνεται αποτελεσματικότερα η μεταφορά των φορτίων.

### *Κοχλίες*

Οι κοχλίες χρησιμοποιούνται στην κατασκευή σηράγγων είτε για τοπική σταθεροποίηση όγκου πετρώματος στα τοιχώματα της σήραγγας με μεμονωμένη κοχλίωση, είτε για την επίτευξη, σε συνδυασμό με το κέλυφος από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, μιας αποτελεσματικής αντίστασης υποστήριξης για τον γύρω βραχώδη θάλαμο με χρήση συστηματικής κοχλίωσης.

Ο κοχλίας αποτελείται από απλή ασάλινη ράβδο που έχει μια μηχανική αγκύρωση στη μια της άκρη και μια μεταλλική πλάκα στην άλλη με σπείρωμα και παξιμάδι. Μετά την εγκατάστασή τους ασκείται τάση, για καλύτερα αποτελέσματα. Το κενό ανάμεσα στον κοχλία και το πέτρωμα τσιμεντώνεται.

Οι τύποι κοχλιών της αρχικής επένδυσης είναι:

- Κοχλίες εισπιεζόμενου σκυροδέματος, όπου η διάτρηση οπών δεν είναι εφικτή σε ασταθές έδαφος και απαιτείται σταθεροποίηση με χρήση σκυροδέματος. Αφού τοποθετηθούν οι κοχλίες εισπιέζεται το κονίαμα μέσα στο σωλήνα από όπου, μέσω των διαστημάτων του εδάφους, διαχέεται σε αυτό.
- Κοχλίες διευρυνόμενου σωλήνα, όπου απαιτείται ικανότητα πλήρους φορτίου μετά την εγκατάσταση. Ο κοχλίας εγκαθίσταται σε μια οπή που έχει ήδη διανοιχθεί. Μετά την εισαγωγή του κοχλία, ο σωλήνας διευρύνεται στο περιβάλλον πέτρωμα με την εισπίεση νερού για την επίτευξη τέλει εφαρμογής.
- Κοχλίες SN. Οι οπές γεμίζονται με σκυρόδεμα από τον πυθμένα τους προς το στόμιο. Μετά το γέμισμα, εισέρχεται ο κοχλίας και αφήνεται για 24 ώρες. Μετά την πάροδο 24 ωρών, τοποθετούνται οι μεταλλικές πλάκες και τα παξιμάδια και ασφαλίζονται.
- Διογκούμενοι κοχλίες.

Οι ιδιότητες των κοχλιών είναι:

- Χαλύβδινοι κοχλίες : Διάμετρος κοχλία 25 mm  
Μέγιστο φορτίο 450 bars  
Αντοχή σε εφελκυσμό 0,23 MPa
- Κοχλίες fibber glass: Διάμετρος 22 mm ως 25 mm, βάρος 720 - 820 g/m  
Φορτίο αστοχίας κεφαλής κοχλία 70 - 160 kN  
Φορτίο αστοχίας ράβδου >380 kN  
Αντοχή σε εφελκυσμό >1000 N/mm<sup>2</sup>

### *Αγκύρια*

Τα αγκύρια είναι σχεδιασμένα να ανθίστανται σε φορτία με φορά προς τα έξω στο πέτρωμα, παραλαμβάνοντας αυτά τα φορτία και μεταδίδοντάς τα στο ίδιο το πέτρωμα σε βαθύτερο σημείο όπου το πέτρωμα είναι υγιές.

Οι τύποι των αγκυριών είναι οι εξής:

- Αγκύρια με έλασμα

Τα αγκύρια αυτά κατασκευάζονται από χαλύβδινα ελάσματα, προκατασκευασμένες τσιμεντένιες πλάκες, πλάκες από χυτό σκυρόδεμα ή ξύλινα φύλλα. Εγκαθίστανται αφού το έδαφος εκσκαφθεί μέχρι ένα συγκεκριμένο βάθος. Έπειτα, τοποθετείται η πλάκα του αγκυρίου και λιθογομώνεται με υλικό καλής ποιότητας. Η εγκατάσταση των πλακών οριζόντια, ανθίσταται στην κατακόρυφη και ανοδική κατεύθυνση των φορτίων, τοποθετούμενη κατακόρυφα ανθίσταται στην οριζόντια κατεύθυνση των φορτίων, ενώ σε κεκλιμένη θέση ανθίσταται στο αξονικό φορτίο.

- Προωθούμενα αγκύρια

Τα αγκύρια αυτά έχουν τριγωνικό ή άλλο διαπεραστικό σχήμα και εγκαθίστανται κάθετα με τη βοήθεια ράβδου στο επιθυμητό βάθος. Η ράβδος αποσύρεται και το καλώδιο τίθεται σε τάση για την περιστροφή του αγκυρίου κατά 90° στην τελική του θέση.



- Ελικοειδή αγκύρια

Τα αγκύρια αυτά κατασκευάζονται από μεταλλικό άξονα με μια ή περισσότερες έλικες. Οδηγούνται στο έδαφος με περιστροφική κίνηση με τη βοήθεια περιστροφικής διάταξης σε διατρητικό μηχάνημα. Τα ελικοειδή αγκύρια μπορούν να εγκατασταθούν σε κάθετη ή κεκλιμένη θέση.

- Αγκύρια εκχυνόμενου σκυροδέματος

Τα αγκύρια αυτά αποτελούνται από μεταλλική ράβδο ή μεταλλικό καλώδιο που τοποθετούνται σε οπή και στη συνέχεια σκυροδετούνται. Χωρίζονται στα εξής:

α) Βαρύτητας: Το υλικό σκυροδέτησης εκχύνεται στην οπή από την επιφάνεια του εδάφους, χωρίς πίεση.

β) Χαμηλής πίεσης: Το υλικό σκυροδέτησης εισπιέζεται στην οπή με πίεση όση και η πίεση του υπερκειμένου.

γ) Υψηλής πίεσης: Εδώ το υλικό σκυροδέτησης εισπιέζεται με υψηλή πίεση. Η πίεση αυτή βελτιώνει τη δρώσα διάμετρο του αγκυρίου και πιέζει το χαλαρό έδαφος γύρω από το αγκύριο

Τα αγκύρια που τοποθετούνται σε ήδη ανοιχθείσα οπή είναι:

- Αγκύρια προσωρινής υποστήριξης που έχουν περιορισμένο χρόνο ζωής και συνήθως σχεδιάζονται για την υποστήριξη της εκσκαφής έως την κατασκευή του έργου. Η διάρκεια ζωής τους είναι 1,5 ως 2 χρόνια.
- Αγκύρια μόνιμης προστασίας που έχουν αντισκωριακή προστασία.
- Προεντεταμμένα αγκύρια ή δραστικά.
- Συγκολλημένα αγκύρια.

Τα αγκύρια μεταφέρουν τις δυνάμεις στο έδαφος με τρεις τρόπους :

- Με προσκόλληση. Μέρος του τένοντα μπλοκάρεται στο έδαφος με πηλό ή ρητίνη και μεταφέρει τη δύναμη μέσω της γόμωσης στο έδαφος.
- Με τη χρήση απλού μηχανισμού με τον οποίο το αγκύριο σφίγγεται και δένει πάνω στο βράχο.
- Με αγκύρωση με πλάκες.

### Τελική επένδυση

Η απόφαση να χρησιμοποιηθεί η NATM για την αρχική υποστήριξη του εδάφους, δίνει συμπεράσματα για το σχεδιασμό της τελικής επένδυσης όπως:

- Την ανθεκτικότητα της αρχικής υποστήριξης από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα.
- Την υδατοστεγανότητα και απορροή της τελικής επένδυσης.

Συνήθης πρακτική στον σχεδιασμό της NATM είναι να υποθέτουμε ότι μακροπρόθεσμα η αρχική υποστήριξη υποβιβάζεται, σε ένα λιγότερα συνεκτικό κοκκώδες υλικό χωρίς καμία δομική λειτουργία, εκτός αυτής του να μεταδίδει τα φορτία του εδάφους στην τελική επένδυση. Αυτό δεν ισχύει στην περίπτωση που το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα έχει προδιαγραφές για την τελική υποστήριξη. Έτσι, η τελική υποστήριξη συνήθως υποτίθεται ότι παίρνει όλα τα μακροπρόθεσμα εδαφικά φορτία, παρόλο που αυτό μπορεί να μη συμβεί στην πραγματικότητα για μεγάλο χρονικό διάστημα.



Εικόνα 4-2: Τοποθέτηση τελικής επένδυσης με τη μέθοδο NATM, Αττικό Μετρό Α.Ε.

Η υδατοστεγανότητα της τελικής επένδυσης μπορεί να επηρεαστεί από την τοποθέτηση μιας υδατοστεγανής μεμβράνης μεταξύ της αρχικής και της τελικής υποστήριξης της NATM. Με σκοπό να προστατευθούν οι εύκαμπτες μεμβράνες, κατά τη διάρκεια της κατασκευής ένα γεωύφασμα μπορεί να τοποθετηθεί μεταξύ της αρχικής υποστήριξης από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα και της μεμβράνης. Το ύφασμα μπορεί να ενωθεί σε ένα ανάστροφο σύστημα απορροής και να προσδώσει μια προσωρινή απορροή κατά τη διάρκεια της κατασκευής της τελικής υποστήριξης. Πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη ότι ένα μόνιμο σύστημα απορροής για την τελική επένδυση σε άργιλο μπορεί να σημαίνει ότι εκεί προκύπτει μια μακροπρόθεσμη καθίζηση από την μείωση της πίεσης των πόρων, που συνδέεται με την μόνιμη απορροή. Σε αστικές περιοχές αυτό είναι ανεπιθύμητο. Η υπόθεση της χαμηλής πίεσης νερού, εξαιτίας της απορροής, μπορεί να αντιμετωπιστεί. Εξάλλου, υπάρχουν ήδη παραδείγματα για συστήματα απορροής που έστω και τμηματικά μπλόκαραν εξαιτίας έκπλυσης του εκτοξευόμενου σκυροδέματος της αρχικής υποστήριξης. Παρόλα αυτά, το φαινόμενο μπορεί να ελαχιστοποιηθεί με κατάλληλες προδιαγραφές(πηγή: Σοφιανός,2009).

#### ❖ Φάσεις εκσκαφής

Η εκσκαφή της NATM γίνεται σε περισσότερες από μια φάσεις. Τα κυριότερα συστήματα είναι τα εξής:

#### *Εκσκαφή μετώπου – Βαθμίδα (Top heading and bench)*

Η εκσκαφή της σήραγγας γίνεται από πάνω προς τα κάτω. Η πρώτη φάση εκσκαφής (Top heading) μπορεί να εκσκαφθεί και σε περισσότερες υπό-φάσεις κατά το πλάτος της σήραγγας. Στην περίπτωση αυτή η πρώτη φάση ουσιαστικά αποτελεί σήραγγα-πλότο που χρησιμεύει για τη διερεύνηση των συνθηκών που αναμένεται να συναντηθούν κατά τη διάνοιξη της σήραγγας.

Η ακολουθία συνοψίζεται ως εξής:

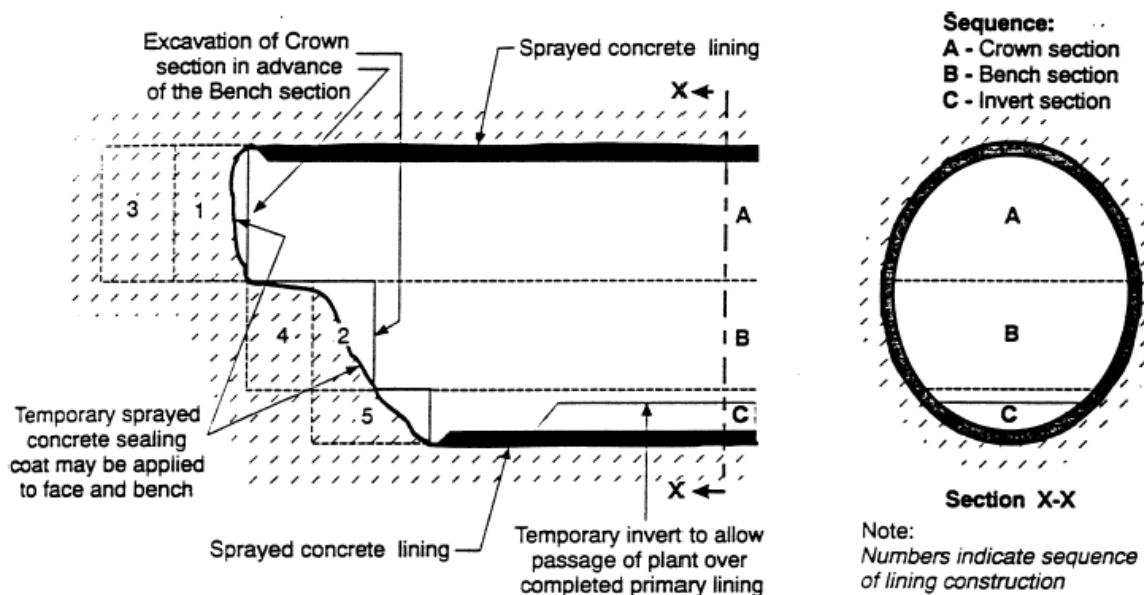
α) Top heading. Είναι το τμήμα που βρίσκεται μπροστά στην κατασκευή της σήραγγας πέρα από το τελικά επενδυμένο τμήμα.

β) Bench. Είναι το μεσοδιάστημα μεταξύ στέψης και invert στην τμηματική εκσκαφή με τη μέθοδο NATM σε οριζόντια τμηματική εκσκαφή.

γ) Invert. Είναι το χαμηλότερο σημείο σε μια τμηματική όρυξη με τη μέθοδο NATM και το τελευταίο κομμάτι που θα εξορυχθεί.

Στη συνέχεια ακολουθεί η τοποθέτηση της προσωρινής επένδυσης ως εξής:

- Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα οροφής πάχους 5 εκ. ως προσωρινή υποστήριξη.
- Τοποθέτηση μόνιμης υποστήριξης της σήραγγας (πλέγμα και πλαίσια) σε κάθε προχώρηση.
- Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα 25 εκ., σαν πρώτη στρώση.
- Τοποθέτηση μεταλλικού πλέγματος.
- Δεύτερη στρώση εκτοξευόμενου σκυροδέματος πάχους 10 εκ.
- Η εκσκαφή του invert ξεκινά από το τέλος της σήραγγας προς την αρχή, τοποθετώντας τη μόνιμη υποστήριξη.

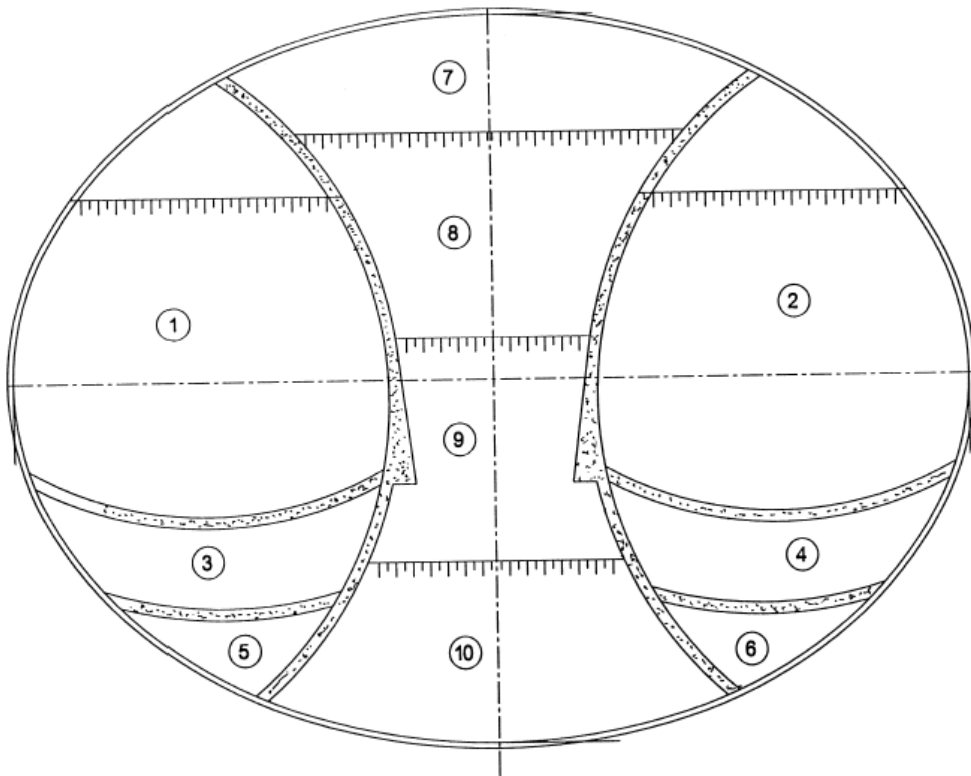


Σχήμα 4-1: Εκσκαφή της σήραγγας σε τρεις φάσεις καθ' ύψος (Top heading Bench Invert)

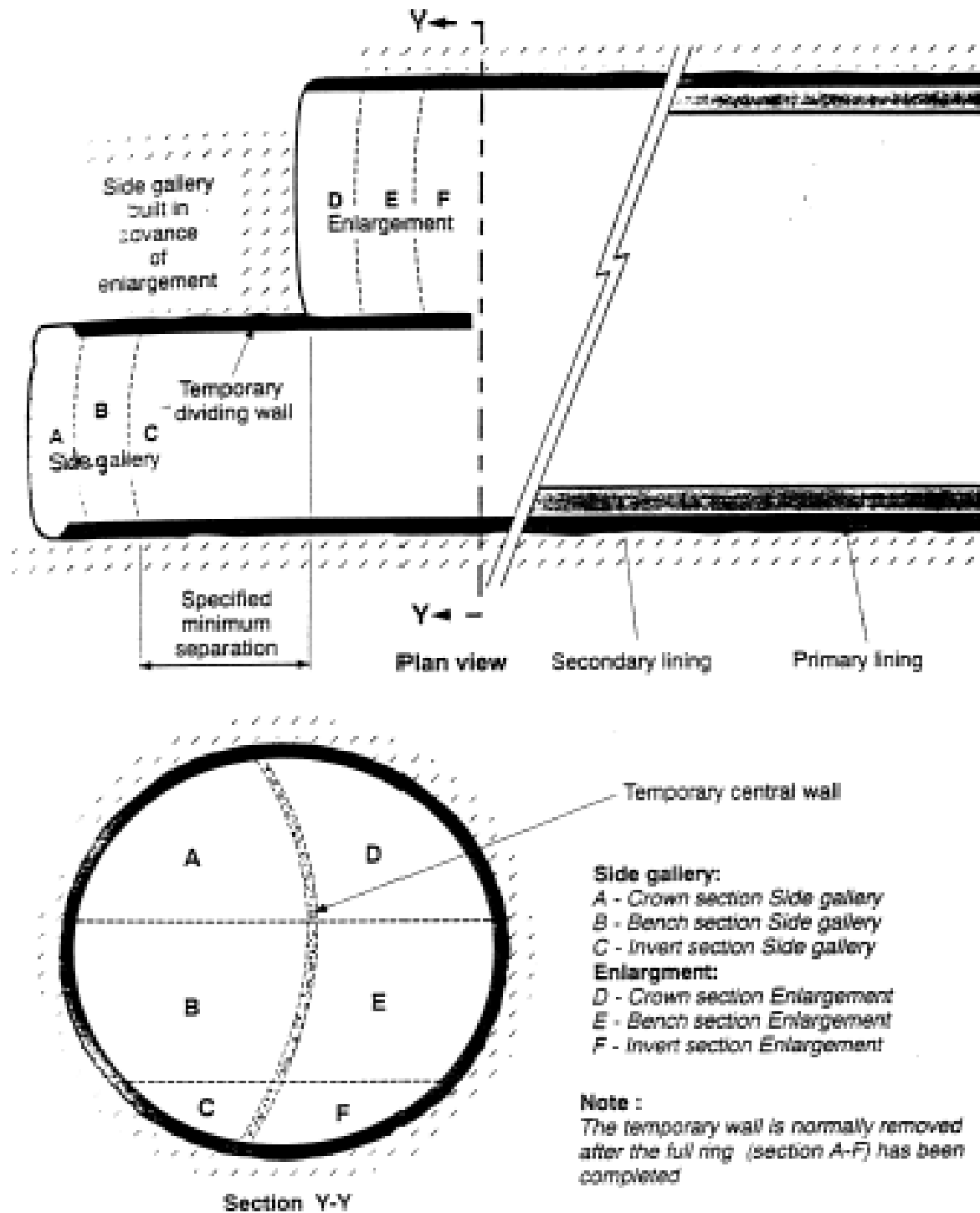
*Εκσκαφή με πλευρικές στοές (Side-wall drifts)*

Η μέθοδος εφαρμόζεται σε σήραγγες μεγάλου εύρους σε βραχομάζες με σχετικά φτωχά χαρακτηριστικά ή στις περιπτώσεις όπου είναι κρίσιμος ο περιορισμός της σύγκλισης του τοιχώματος (π.χ. σε αστικές περιοχές). Περιλαμβάνει την υποδιαίρεση της διατομής κατά το πλάτος και διάνοιξη πρώτα της μιας πλευράς και στη συνέχεια της άλλης πλευράς. Σε ιδιαίτερα δύσκολες συνθήκες η μέθοδος μπορεί να περιλάβει δυο πλευρικές στοές και ενδιάμεσο πυλώνα (twin side-wall drifts with central pillar) (Σχήμα 4-2). Στην περίπτωση αυτή, πρώτα διανοίγονται οι πλευρικές στοές και στο τέλος διανοίγεται ο κεντρικός πυλώνας. Για την εξασφάλιση επαρκούς ευστάθειας του μετώπου, το ύψος της αψίδας δεν πρέπει να ξεπερνά το 1 μ.

Η διπλής και τριπλής τροχιάς σήραγγα, εξορύσσεται σε πέντε ή έξι φάσεις. Η εξόρυξη του πρώτου invert ξεκινά όπως και πριν από το τέλος προς την αρχή. Μετά από 10 τμήματα της εξόρυξης, ξεκινά το δεύτερο invert. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται μέχρι τέλους.



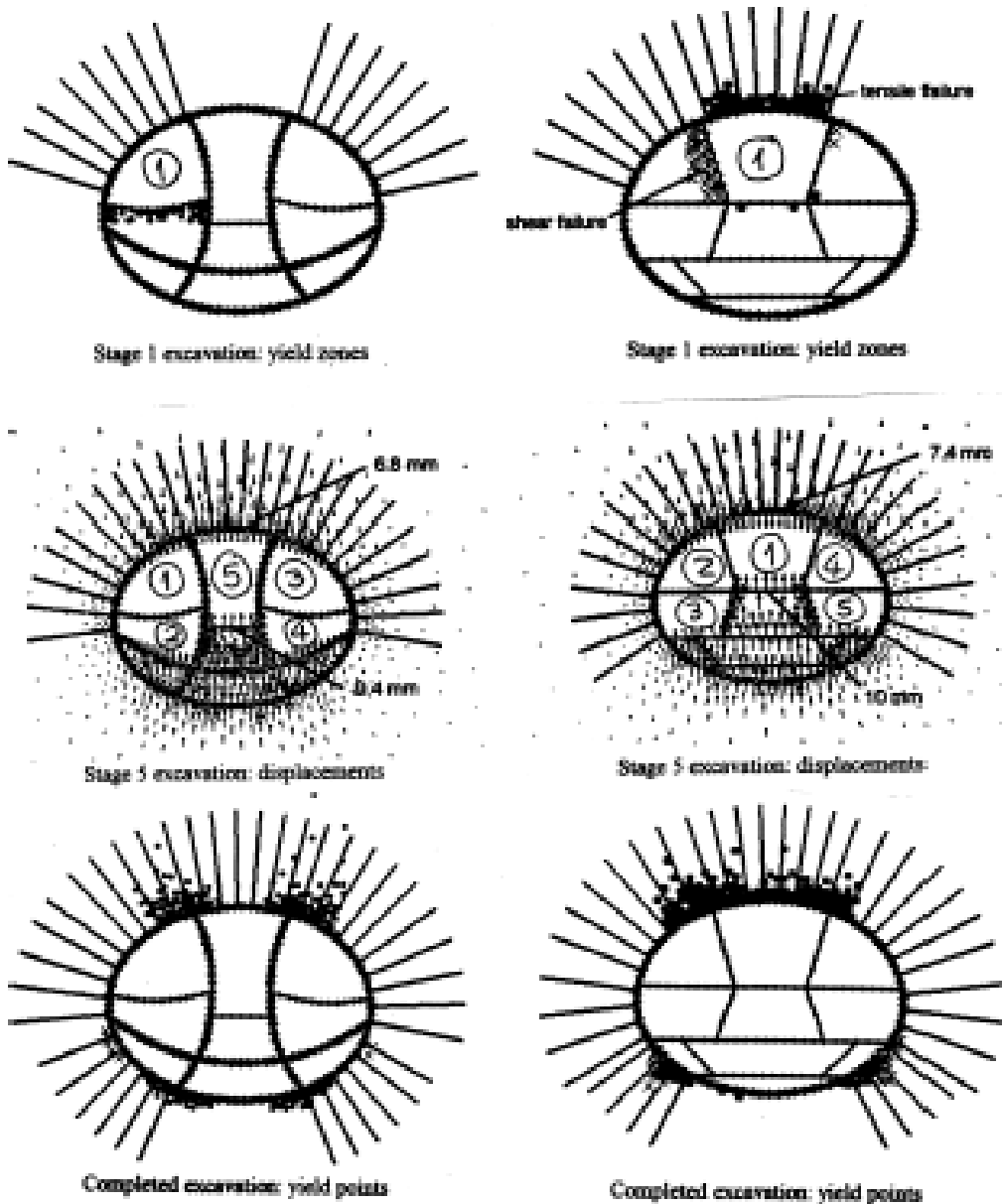
**Σχήμα 4-2: Διάνοιξη σήραγγας με δυο πλευρικές στοές και κεντρικό πυλώνα**



Σχήμα 4-3: Εκσκαφή της σήραγγας σε έξι φάσεις (δύο κατά πλάτος και τρεις καθ' ύψος)

COMPARISON OF METHODS:

1. TWO-SIDE-WALLS + CENTRAL PILLAR,
2. MULTI-PHASE HEADING-BENCH-INVERT



Σχήμα 4-4: Σύγκριση διάνοιξης σταθμού του Μετρό Αθηνών με την μέθοδο των διπλών πλευρικών στοών και την μέθοδο μετώπου-βαθμίδος

❖ Επιλογή άμεσης υποστήριξης

*Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα*

Ο όρος χρησιμοποιείται για σκυρόδεμα που συνίστανται από τσιμέντο, νερό και λεπτόκοκκα αδρανή (συνήθως έως 10 χιλ.) τα οποία εφαρμόζονται με εκτόξευση (με τη βοήθεια πεπιεσμένου αέρα). Το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα παρασκευάζεται είτε ως ξηρό μίγμα (dry mix) με προσθήκη νερού στο στόμιο εκτοξεύσεως, είτε ως υγρό μίγμα (wet mix) όπου η ανάμιξη με νερό γίνεται στον αναδευτήρα κατά την παρασκευή του μίγματος. Το υγρό μίγμα χρησιμοποιείται συχνότερα στις περιπτώσεις κατανάλωσης εκτοξευόμενου σκυροδέματος σε μεγάλες ποσότητες. Κατά την παρασκευή εκτοξευόμενου σκυροδέματος η αναλογία ανάμιξης είναι η εξής (για την παραγωγή ενός κυβικού μέτρου βάρους 2250-2350 kg):

- Τσιμέντο: 400-450 kg
- Αδρανή (διάσταση κόκκου έως 10 mm): 1.600-1.700 kg
- Παιπάλη πυριτίου (micro-silica): 30-50 kg
- Επιταχυντής πήξεως: 10-15 kg
- Νερό: 200-250 kg

Η παιπάλη πυριτίου είναι μια λεπτόκοκκη ποζολάνη η οποία αντιδρά με το υδροξείδιο του ασβεστίου ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) που παράγεται κατά την ενυδάτωση του τσιμέντου και συντελεί στην αύξηση της αντοχής του σκυροδέματος και τη μείωση της διαπερατότητάς του. Επιπλέον με την προσθήκη της ποζολάνης επιτυγχάνεται μείωση της αναπήδησης (rebound) κατά την εκτόξευση, βελτίωση της πρόσφυσης στη βραχομάζα και δυνατότητα αύξησης του πάχους της στρώσης του νωπού σκυροδέματος (λόγω αύξησης του ιξώδους και της πρόσφυσης) έως και 200 χιλ.

Η αντοχή και η πλαστικότητα του εκτοξευόμενου σκυροδέματος μπορούν να αυξηθούν με την προσθήκη μεταλλικών ινών (steel fibres) οι οποίες δρουν ως οπλισμός. Η προσθήκη μεταλλικών ινών ως οπλισμού του εκτοξευόμενου σκυροδέματος τείνει να αντικαταστήσει την όπλιση με μεταλλικά πλέγματα (wire mesh reinforcement). Η συνήθης αναλογία μεταλλικών ινών είναι 40-60 kg ανά κυβικό μέτρο σκυροδέματος. Η προσθήκη μεταλλικών ινών πλεονεκτεί ως προς τη χρήση μεταλλικού πλέγματος και για τους εξής λόγους:



- Δεν προκαλεί αυξημένη αναπήδηση (rebound) του σκυροδέματος όπως το μεταλλικό πλέγμα.
- Δεν υπόκειται σε ηλεκτρολυτική διάβρωση (corrosion) επειδή οι ίνες δεν είναι συνεχείς όπως το μεταλλικό πλέγμα.
- Η χρήση των ινών είναι ταχύτερη και κατασκευαστικά ευκολότερη απ' ό τι η χρήση μεταλλικού πλέγματος ιδίως στην περίπτωση που η επιφάνεια της βραχομάζας είναι αρκετά ανώμαλη.

### *Αγκύρια βράχου*

Τα αγκύρια βράχου διακρίνονται σε δυο κατηγορίες:

(α) Προεντεταμένα αγκύρια, (tensioned cables) που αποτελούνται από χαλύβδινους τένοντες (strands) και βασίζονται στην ενεργητική φόρτιση της βραχομάζας λόγω της προέντασης.

(β) Παθητικά αγκύρια (rock-bolts) των οποίων η λειτουργία βασίζεται στη φόρτισή τους λόγω της παραμόρφωσης της βραχομάζας.

Τα παθητικά αγκύρια διακρίνονται σε αγκύρια:

- συνεχούς πρόσφυσης (fully bonded) και
- πρόσφυσης άκρου (end anchored)

Τα αγκύρια πρόσφυσης άκρου είναι συνήθως τύπου διαστελλόμενης κεφαλής.

Στα αγκύρια συνεχούς πρόσφυσης ανήκουν οι εξής τύποι:

(α) Οι ηλώσεις βράχου (grouted nails) που αποτελούνται από μια χαλύβδινη ράβδο (τυπικά ράβδο οπλισμού S11V διαμέτρου 20-25 χιλ.) η οποία τοποθετείται εντός οπής στη βραχομάζα (διαμέτρου 38-50 χιλ.) που πληρώνεται με ένεμα (τσιμεντένεμα ή ένεμα συνθετικής ρητίνης). Οι ηλώσεις αυτές είναι συνήθως προσωρινές (δηλαδή έχουν περιορισμένη διάρκεια ζωής), μπορούν όμως να λειτουργήσουν και ως μόνιμες με κατάλληλη προστασία από τη διάβρωση (double corrosion protection).

(β) Οι ηλώσεις χωρίς ενεμάτωση τύπου Swellex (που παράγονται από την εταιρεία Atlas Copco) ή τύπου Split-Set (που παράγονται από την εταιρεία IngersollRand). Οι ηλώσεις αυτές αποτελούνται από κοίλη μεταλλική διατομή και

αποκτούν συνεχή πρόσφυση με τη βραχομάζα με εισπίεση νερού στο εσωτερικό της διατομής που προκαλεί τη διόγκωσή της. Λόγω έλλειψης προστασίας από τη διάβρωση, αλλά και λόγω της λεπτότοιχης διατομής τα αγκύρια αυτά έχουν μικρή διάρκεια ζωής. Το κύριο πλεονέκτημά τους είναι ότι αναλαμβάνουν φορτία πολύ γρήγορα επειδή δεν απαιτούν την πήξη του ενέματος για την επίτευξη πρόσφυσης με την περιβάλλουσα βραχομάζα.

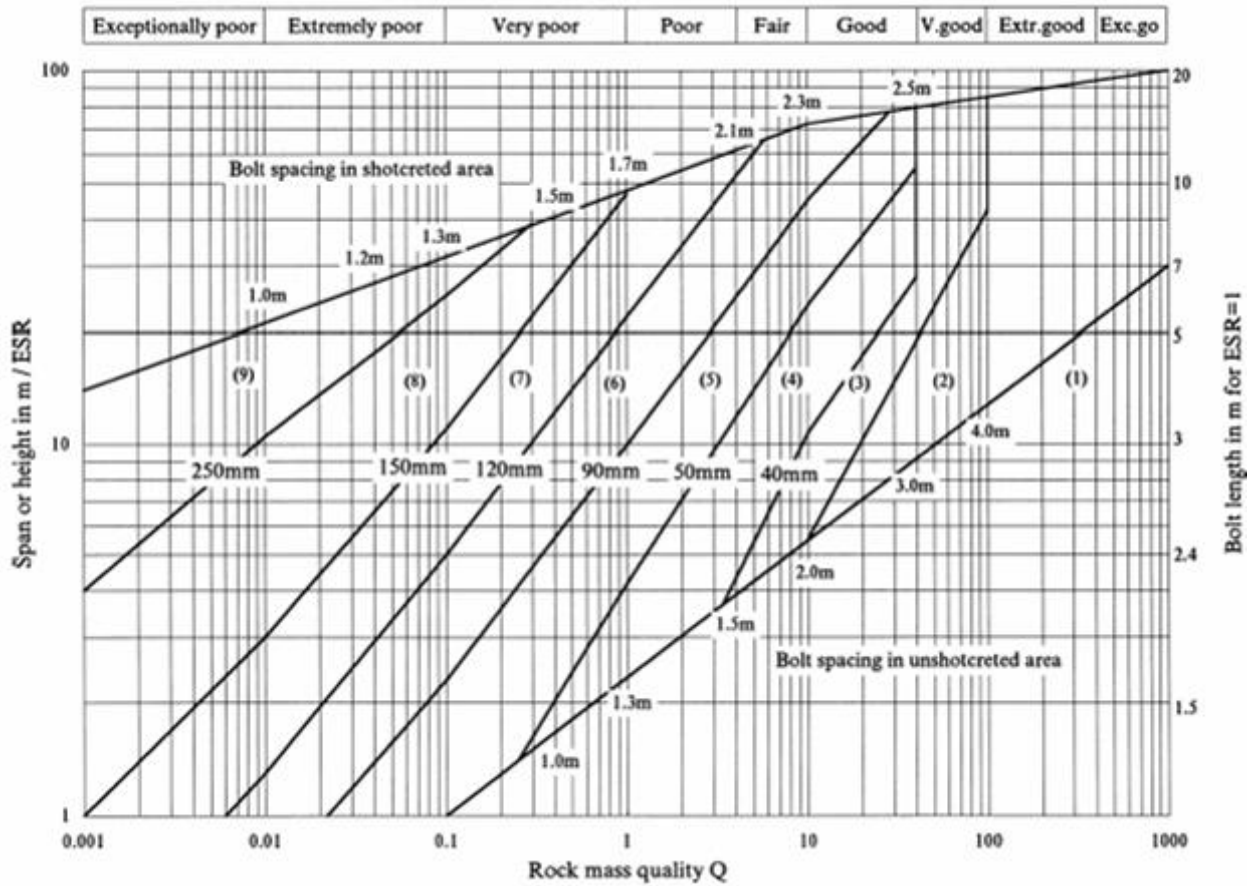
### *Χαλύβδινες νευρώσεις*

Οι χαλύβδινες νευρώσεις λειτουργούν κυρίως ως οπλισμός του εκτοξευόμενου σκυροδέματος για την αύξηση της δυσκαμψίας και της πλαστικότητάς του, αλλά και για τη βελτίωση της δυνατότητας ανάληψης φορτίων. Οι χαλύβδινες νευρώσεις τοποθετούνται κατά τη διατομή της σήραγγας και χωρίζονται στους εξής τύπους:

- Τυποποιημένες διατομές, συνήθως πλατύπελμες HEB 100-160.
- Δικτυωτά πλαίσια (lattice girders) που αποτελούνται από ράβδους οπλισμού και συνδετήρες με τη μορφή χωροδικτυώματος.
- Συστοιχίες χαλύβδινων ράβδων οπλισμού (π.χ. 4-6 ράβδοι Φ28 σε παράλληλη διάταξη συνδεδεμένες με εγκάρσιους συνδετήρες σε αποστάσεις της τάξεως του μέτρου).

### *❖ Σχεδιασμός μέτρων άμεσης υποστήριξης*

Ο σχεδιασμός των μέτρων άμεσης υποστήριξης μπορεί να γίνει με αναλυτικές μεθόδους από τις οποίες υπολογίζονται τα φορτία στην άμεση υποστήριξη της σήραγγας και στη συνέχεια ελέγχεται η επάρκεια των μέτρων υποστήριξης για την ανάληψη των φορτίων αυτών. Έχουν αναπτυχθεί και εμπειρικές μέθοδοι εκτίμησης των απαιτούμενων μέτρων άμεσης υποστήριξης. Μια τέτοια μέθοδος είναι η μέθοδος NGI που βασίζεται στο σύστημα Q.



Σχήμα 4-5: Εκτίμηση των μέτρων άμεσης υποστήριξης κατά το σύστημα Q (NGI)

❖ Παρακολούθηση της συμπεριφοράς των σηράγγων

Η επιτυχής διάνοιξη και προσωρινή υποστήριξη σηράγγων 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 αραίωση των μέτρων προσωρινής υποστήριξης, τροποποίηση του πάχους του εκτοξευόμενου σκυροδέματος, τροποποίηση του μήκους των αγκυρίων, προσθήκη αγκυρίων σε χαρακτηριστικές θέσεις κλπ). Η παρακολούθηση της συμπεριφοράς της σήραγγας γίνεται μέσω συστηματικών μετρήσεων και κατάλληλης αξιολόγησής τους.

Κατά τη διάνοιξη και υποστήριξη σηράγγων συνήθως μετριούνται τα εξής:

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

Στη συνέχεια περιγράφονται συνοπτικά οι μέθοδοι που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τις παραπάνω μετρήσεις. Σημειώνεται ότι το είδος των μετρήσεων, οι θέσεις τοποθέτησης των οργάνων μέτρησης, η συχνότητα των μετρήσεων, ο τρόπος της αξιολόγησής τους, τα αποδεκτά όρια των μετρήσεων και, τέλος, οι ενέργειες που θα πρέπει να αναλαμβάνονται σε περίπτωση που οι μετρήσεις υπερβούν τα αποδεκτά όρια, αποτελούν αντικείμενο ειδικής μελέτης. Δεν είναι σπάνια η περίπτωση που οι μετρήσεις γίνονται μεν, αλλά δεν αξιολογούνται ή δεν είναι γνωστά τα μέγιστα αποδεκτά όρια ή, τέλος, δεν έχουν αποφασισθεί οι ενέργειες σε περίπτωση υπέρβασης των αποδεκτών ορίων.

### *Μετρήσεις μετακινήσεων*

#### *A) Μετακινήσεις των τοιχωμάτων της σήραγγας*

- Τοπογραφική αποτύπωση της μετακίνησης σε τρεις άξονες (3-D convergency). Αμέσως μετά την εκσκαφή της σήραγγας τοποθετούνται στο τοίχωμα (με κατάλληλα βλήτρα) οπτικοί ανακλαστήρες (reflex targets). Οι συντεταγμένες στο χώρο των ανακλαστήρων μετριοούνται σε τακτά διαστήματα με τοπογραφικό όργανο (total station). Με τον τρόπο αυτό μπορεί να παρακολουθείται η χρονική εξέλιξη της μετακίνησης ενός σημείου του τοιχώματος της σήραγγας ή η σχετική απόσταση μεταξύ δυο σημείων του τοιχώματος. Η ακρίβεια των μετρήσεων εξαρτάται από την απόσταση σκόπευσης, την ακρίβεια του οργάνου αλλά και άλλους παράγοντες όπως η θερμοκρασία του αέρα και η παρουσία καυσαερίων στη σήραγγα. Η συνήθης ακρίβεια τέτοιων μετρήσεων είναι 2-4 χιλ.
- Χωροσταθμική υψομετρική αποτύπωση (levelling). Με τοπογραφικό όργανο (χωροβάτη) μετράται το υψόμετρο στόχων που τοποθετούνται στο δάπεδο και τις παρειές της σήραγγας. Η συνήθης ακρίβεια των μετρήσεων αυτών είναι 1-2 χιλ.
- Μέτρηση της απόστασης μεταξύ δυο σημείων στο τοίχωμα της σήραγγας με μεταλλική μετροταινία (tape extensiometer). Η ακρίβεια των μετρήσεων είναι της τάξεως του 0,5 χιλ.

#### *B) Μετακινήσεις της βραχομάζας*

- Εκτασιόμετρα ράβδου τοποθετούμενα εντός γεωτρήσεων (multi-point rod extensometers). Εντός γεώτρησης τοποθετούνται μεταλλικές ράβδοι των οποίων το ένα άκρο πακτώνεται εντός της γεώτρησης (με κάποιο σύστημα αγκύρωσης) και το άλλο άκρο προεξέχει ελαφρώς από το στόμιο της γεώτρησης. Στην ίδια γεώτρηση μπορούν να τοποθετηθούν περισσότερες της μιας ράβδοι που πακτώνονται σε διάφορα βάθη. Με το όργανο αυτό μετράται η σχετική μετακίνηση του σημείου πάκτωσης της ράβδου ως προς

το στόμιο της γεώτρησης (δηλαδή ως προς το τοίχωμα της σήραγγας, εφόσον οι γεωτρήσεις γίνονται από το εσωτερικό της σήραγγας).

- Μαγνητικά εκτασιόμετρα τοποθετούμενα εντός γεωτρήσεων (magnetic probe extensometers). Εντός γεώτρησης τοποθετείται πλαστικός σωλήνας ο οποίος φέρει μεταλλικούς δακτυλίους σε τακτά διαστήματα (π.χ. ανά 0,50 μ.). Ο σωλήνας πακτώνεται εντός της γεώτρησης με τσιμεντένεμα. Κατά τη μέτρηση, εισάγεται στο σωλήνα μια βολίδα η οποία με μαγνητική μέθοδο μετρά την απόσταση μεταξύ των δακτυλίων. Η σχετική μετακίνηση των δακτυλίων δίνει την παραμόρφωση της βραχομάζας, αφού οι δακτύλιοι παρακολουθούν τη μετακίνηση της βραχομάζας.
- Ολισθαίνοντα εκτασιόμετρα (sliding micrometer). Εντός γεώτρησης τοποθετείται ειδικός πλαστικός σωλήνας ο οποίος σε τακτά διαστήματα φέρει μεταλλικούς δακτυλίους κατάλληλου σχήματος (measuring marks). Ο σωλήνας πακτώνεται στη γεώτρησης με τσιμεντένεμα. Κατά τη μέτρηση εισάγεται στο σωλήνα μεταλλικό στέλεχος που ολισθαίνει κατά μήκος του και σταματά (κλειδώνει) στις θέσεις των μεταλλικών δακτυλίων. Με τον τρόπο αυτό μετράται η σχετική απόσταση μεταξύ των δακτυλίων με μεγάλη ακρίβεια (της τάξεως του 0,01 χιλ.). Η σχετική μετακίνηση των δακτυλίων δίνει την παραμόρφωση της βραχομάζας αφού οι δακτύλιοι παρακολουθούν τη μετακίνησή της.
- Αποκλισιόμετρα (inclinometers). Εντός γεώτρησης τοποθετείται (και πακτώνεται με τσιμεντένεμα) ειδικός πλαστικός σωλήνας. Κατά τη μέτρηση εισάγεται εντός του σωλήνα ειδική βολίδα η οποία εφαρμόζει ακριβώς και ολισθαίνει κατά μήκος του. Η βολίδα διαθέτει ένα ηλεκτρονικό σύστημα (ηλεκτρονικό εκκρεμές) με το οποίο καταγράφεται η απόκλιση από την κατακόρυφο της βολίδας σε κάθε θέση. Με ολοκλήρωση των αποκλίσεων μπορεί να υπολογισθεί η μετακίνηση του σωλήνα σε διεύθυνση εγκάρσια προς τον άξονά του. Τα αποκλισιόμετρα συνήθως τοποθετούνται από την επιφάνεια του εδάφους σε κατακόρυφη διεύθυνση και μετρώνται οι

οριζόντιες αποκλίσεις του σωλήνα με την πάροδο του χρόνου.

### *Γ) Μετακινήσεις της επιφάνειας του εδάφους*

Οι βυθίσεις (καθιζήσεις) της επιφάνειας του εδάφους λόγω της κατασκευής υπογείων έργων μπορούν να μετρηθούν με τα εξής όργανα:

- Με χωροσταθμική υψομετρική αποτύπωση (levelling) με χρήση χωροβάτη.
- Με οριζοντίως διατεταγμένα αποκλισιόμετρα (electro-levels). Με τα όργανα αυτά μετράται η απόκλιση από την οριζόντια διεύθυνση σε διάφορα σημεία μιας πρακτικώς οριζόντιας γραμμής (π.χ. κατά μήκος του δαπέδου ενός κτιρίου). Με την ολοκλήρωση των αποκλίσεων μπορούν να υπολογισθούν οι βυθίσεις των σημείων της αρχικά οριζόντιας γραμμής.
- Με όργανα μέτρησης του ανοίγματος ρωγμών (crack meters). Τέτοια όργανα τοποθετούνται π.χ. στη μεσοτοιχία γειτονικών κτιρίων με σκοπό να μετρηθεί η σχετική απομάκρυνσή τους.

### *Μετρήσεις των πιέσεων.*

- Οι εδαφικές πιέσεις στην επένδυση της σήραγγας μπορούν να μετρηθούν με κύτταρα πίεσεως (pressure cells) που τοποθετούνται στη διεπιφάνεια κατά την κατασκευή της επένδυσης.
- Οι υδατικές πιέσεις στο έδαφος γύρω από μια σήραγγα μπορούν να μετρηθούν με πιεζόμετρα. Τα πιεζόμετρα είναι διαφόρων τύπων: υδραυλικά (stand-pipe), ηλεκτρικά (vibrating wire, strain gauge) ή πνευματικά (pneumatic).

### *Μετρήσεις δυνάμεων*

- Φορτία εφελκόμενων ή θλιβόμενων στοιχείων (π.χ. αγκύρια, χαλύβδινα πλαίσια κλπ.) μπορούν να μετρηθούν με την τοποθέτηση ηλεκτρομηκυνσιομέτρων (strain gauges) ή μετρητών φορτίου (load cells) κατά την κατασκευή των φορτιζόμενων στοιχείων. Στην περίπτωση που

είναι επιθυμητή η μέτρηση του φορτίου σε ένα φορτιζόμενο στοιχείο στο οποίο δεν έχει τοποθετηθεί εκ των προτέρων σύστημα μέτρησης, η συνηθέστερη μέθοδος είναι η μέθοδος της αποφόρτισης με δειγματοληψία (overcoring). Κατά τη μέθοδο αυτή ανοίγεται μια μικρή οπή στο φορτιζόμενο στοιχείο, τοποθετείται ένα σύστημα τριών ηλεκτρομηκυνσιομέτρων τα οποία στη συνέχεια πακτώνονται εντός της οπής με εποξειδική ρητίνη. Στη συνέχεια αφαιρείται ένα αρκετά μεγάλο τμήμα του φορτιζόμενου στοιχείου που περιλαμβάνει και τα ηλεκτρομηκυνσιόμετρα. Κατά την αφαίρεση (overcoring) το στοιχείο αποφορτίζεται και τα ηλεκτρομηκυνσιόμετρα φορτίζονται με φορτίο ίσο και αντίθετο με το φορτίο του στοιχείου πριν αφαιρεθεί.

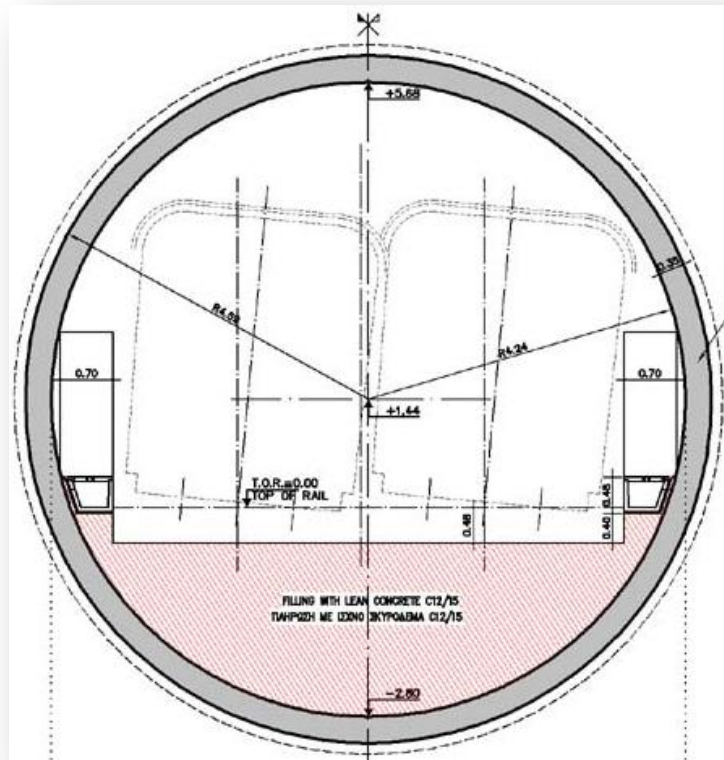
#### *Μετρήσεις παροχών*

Η μέτρηση υδατικών παροχών εντός της σήραγγας γίνεται με παροχόμετρα ή με σύστημα ελεγχόμενης υπερχειλίσης.

#### **4.4 Χαρακτηριστικά σήραγγας Μετρό στη Λευκωσία**

Με βάση τη μελέτη των γεωλογικών και τεχνικών χαρακτηριστικών που αναλύθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια προτείνεται μονή σήραγγα διπλής τροχιάς, στα πρότυπα του μετρό της Αθήνας. Η σήραγγα της Λευκωσίας πρόκειται να έχει μήκος περίπου 12 χιλιόμετρα, διάμετρο 9,5 μέτρα και το βάθος της να κυμαίνεται από 15 έως 35 μέτρα. Η μεγάλη διαφορά του βάθους αυτού, προέκυψε λόγω της μεγάλης διακύμανσης του ανάγλυφου του εδάφους (μηκοτομή).





Εικόνα 4-3: Μονή σήραγγα διπλής τροχιάς, ΟΜΕΤΕ Α.Ε

Η επιλογή του τρόπου διάνοιξης της σήραγγας αποτελεί τη σημαντικότερη ίσως απόφαση για την ομαλή και ασφαλή συνέχιση της κατασκευής ενός έργου. Ενδεχόμενο λάθος στο στάδιο της επιλογής του τρόπου διάνοιξης είναι δυνατό να πολλαπλασιάσει τόσο το κόστος όσο και τον χρόνο κατασκευής του.

Τα κριτήρια σύμφωνα με τα οποία αποφασίζεται ο τρόπος διάνοιξης είναι:

- Η ποιότητα του εδάφους
- Το συνολικό μήκος της σήραγγας

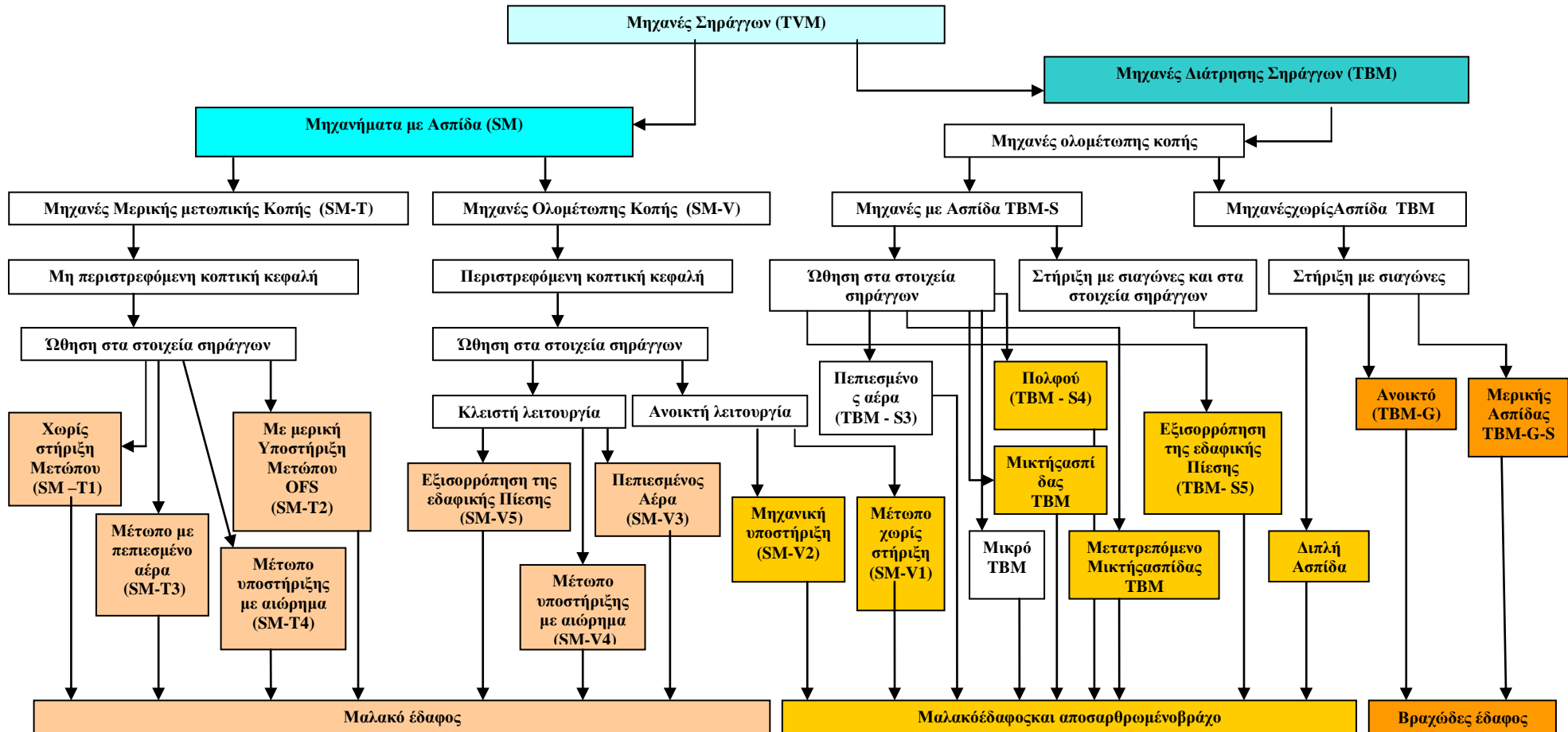
Όσο μεγαλύτερο είναι το μέγεθος ενός έργου τόσο μεγαλύτερη είναι η απαίτηση εκμηχάνισης του. Οι εργασίες διάτρησης και ανατίναξης είναι πιθανόν να απαγορεύονται όταν η διάνοιξη γίνεται σε αστικές περιοχές, για τεχνικούς ή

περιβαλλοντικούς λόγους. Σε αυτές τις περιπτώσεις κρίνεται ως η πλέον συμφέρουσα ή επιβάλλεται η εξόρυξη με μηχανές ολομέτωπης κοπής.

#### **4.5 Επιλογή T.B.M. για τη διάνοιξη της σήραγγας**

Με βάση τα παραπάνω κριτήρια η επιλογή του τρόπου διάνοιξης της σήραγγας στην Λευκωσία προτείνεται να γίνει με την χρήση T.B.M και συγκεκριμένα με τον τύπο μηχανήματος T.B.M S5. Ο παρακάτω πίνακας 4-2 δίνει μια πλήρη περιγραφή όλων των μηχανών σηράγγων(TVM),στοχεύοντας στην πλήρη κατανόηση της εφαρμογής τους.

Πίνακας 4-2: Ταξινόμηση των Μηχανών Διάνοιξης Σηράγγων ( Σ. Κουκουτάς,2010 )



Κατάταξη TBM κατά DAUB, OGG, FGSV, SIA)

#### **4.5.1. Γενικά χαρακτηριστικά T.B.M**

Η χρήση μηχανών ολομέτωπης κοπής T.B.M. απαιτεί το μήκος της σήραγγας όπου θα χρησιμοποιηθεί να είναι μεγάλο. Αυτό οφείλεται τόσο στο κόστος αγοράς ενός τέτοιου μηχανήματος όσο και στο κόστος συναρμολόγησης και αποσυναρμολόγησής του που είναι ιδιαίτερα σημαντικά. Επομένως για να δικαιολογηθεί η αγορά του πρέπει να αποσβέσει τα χρήματα που δαπανήθηκαν, δηλαδή να διανοίξει μεγάλους μήκους σήραγγες. Επιπλέον ο χρόνος που απαιτείται για τις παραπάνω διαδικασίες συναρμολόγησης και αποσυναρμολόγησης είναι και αυτός σημαντικός. Το ίδιο ισχύει και για το χρόνο εκμάθησης του μηχανήματος ώστε να έχουμε τη μέγιστη δυνατή απόδοση. Αν το άθροισμα των παραπάνω χρόνων συνυπολογιστεί στο έμμεσο κόστος γίνεται αντιληπτό γιατί είναι τόσο σημαντικό το μήκος της σήραγγας. Στην περίπτωση διάνοιξης της γραμμής το μήκος αυτό είναι της τάξεως των 12,000μ όπως έχει αναφερθεί παραπάνω και με μια πρώτη ματιά κρίνεται θετικό το ενδεχόμενο χρήσης ενός τέτοιου μηχανήματος.

Τα οικονομικά πλεονεκτήματα της εκμηχανισμένης διάνοιξης σηράγγων μπορούν να εκμεταλλευθούν πλήρως επιλέγοντας το βέλτιστο μηχανήμα ολομέτωπης κοπής.

Για μικρούς χρόνους ευστάθειας του εδάφους η μηχανή συνδυάζεται με ασπίδα. Η επιλογή του κατάλληλου τύπου μηχανής με ασπίδα εξαρτάται κυρίως από τις γεωλογικές συνθήκες. Όταν το έδαφος στο οποίο πρόκειται να διανοιχθεί η σήραγγα είναι χαμηλής αντοχής αντιμετωπίζονται έντονα προβλήματα καθιζήσεων στην επιφάνεια του εδάφους πάνω και γύρω από τη στέψη της σήραγγας. Το πρόβλημα γίνεται εντονότερο όταν το πάχος των υπερκειμένων είναι μικρό. Σε αυτές τις περιπτώσεις είναι δυνατό να δημιουργηθούν ζημιές στις υπερκείμενες κατασκευές (κτίρια, δρόμους κτλ.). Σημαντικές λύσεις στα προβλήματα αυτού του τύπου ήρθαν να δώσουν τα μηχανήματα E.P.B. (Earth Pressure Balanced). Τα μηχανήματα αυτά πιέζουν το μέτωπο της εκσκαφής χωρίς να το αφήνουν να χαλαρώσει. Έτσι αποτρέπουν τη μετάδοση μιας πιθανής χαλάρωσης πάνω και γύρω από τη σήραγγα, γεγονός που αποτελεί συνήθως την αιτία των επιφανειακών καθιζήσεων.

#### **4.5.2. Περιγραφή μηχανήματος εξισορρόπησης της πίεσης του εδάφους (Earth Pressure)**

Η ανάπτυξη των μηχανών ολομέτωπης κοπής με ασπίδα εξισορρόπησης της πίεσης του εδάφους (E.P.B.), ξεκίνησε στις αρχές της δεκαετίας του 70 στην Ιαπωνία. Η πρώτη μηχανή E.P.B., χρησιμοποιήθηκε στο Τόκιο το 1974 με διάμετρο εκσκαφής 3,72 μ. και για μήκος σήραγγας 1.900 μ. Η μηχανή E.P.B. είναι ένας συνδυασμός της «Τυφλής» μηχανής (Blind) και της μηχανής «Πολφού» (Slurry).

Η τυφλή ασπίδα, η οποία λέγεται και χειρονακτική ασπίδα, χρησιμοποιείται σε συνεκτικά και μαλακά εδάφη, σε στοές μικρού μήκους και σε μεγάλης πλαστικότητας εδάφη όπου δεν χρειάζεται να γίνει κάποια προετοιμασία. Η ονομασία τυφλή ασπίδα σημαίνει ότι το μέτωπο της σήραγγας δεν φαίνεται. Το έδαφος δεν χαλαρώνεται μηχανικά, αλλά πιέζεται μέσα από τη σήραγγα μέσω ενός ή περισσοτέρων ανοιγμάτων που βρίσκονται στο διάφραγμα πίεσης.

Οι μηχανές ολομέτωπης κοπής με πολφό χρησιμοποιούνται σε μη συνεκτικά εδάφη. Η λειτουργία των μηχανών πολφού βασίζεται στη σταθεροποίηση του μετώπου μέσω ενός πλακούντα που διοχετεύεται στην κεφαλή κοπής. Οι μηχανές πολφού λειτουργούν πλέον επιτυχημένα σε εδάφη με σχετικά υψηλή διαπερατότητα, των οποίων η σύσταση ποικίλει από λεπτόκοκκο άμμο μέχρι χαλίκι μεγάλου μεγέθους. Στις ασπίδες πολφού, το εξορυγμένο υλικό πέφτει στο θάλαμο της κοπτικής κεφαλής, αναμιγνύεται με μπεντονίτη και στη συνέχεια μέσω σωληνώσεων, αντλείται υδραυλικά στην επιφάνεια. Το εκσκαμμένο υλικό, αποτελείται από 10 % στερεά και 90 % υγρά. Ο διαχωρισμός του μπεντονίτη γίνεται σε ειδικό χώρο στο εργοτάξιο και ανακυκλώνεται για νέα χρήση. Οι ασπίδες πολφού χρησιμοποιούν το μίγμα από μπεντονίτη για να διατηρήσουν μια πίεση εξισορρόπησης στο θάλαμο της κοπτικής κεφαλής.

Η αρχή λειτουργίας της μηχανής με ασπίδα E.P.B. σε ασταθείς εδαφικές καταστάσεις, είναι η ελαχιστοποίηση των επιφανειακών καθιζήσεων μέσω του ελέγχου της φυσικής εδαφικής πίεσης (υποστήριξη εξισορρόπησης της

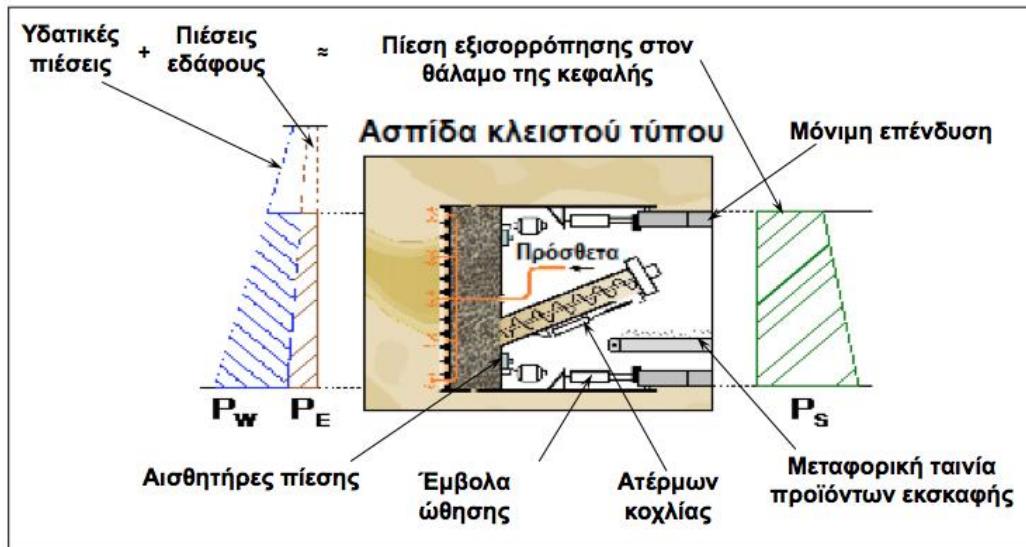
εδαφικής πίεσης) στο μέτωπο της σήραγγας. Η πίεση εξισορρόπησης του εδάφους πρέπει να είναι ισοδύναμη ή ελάχιστα υψηλότερη από την επικρατούσα πίεση του περιβάλλοντος εδάφους, για να αντιστέκεται στις μετακινήσεις και στη δυναμική εισροή νερού. Η φυσική πίεση του εδάφους ποικίλει από 3 έως 8 bars και εξαρτάται από τα υπερκείμενα. Η εξισορρόπηση του μετώπου καθώς το E.P.B. προωθείται επιτυγχάνεται κρατώντας τον θάλαμο της κοπτικής κεφαλής, μπροστά από το κλειστό διάφραγμα και τον ατέρμονα κοχλία μεταφοράς προϊόντων εκσκαφής, γεμάτο από εκσκαμμένο υλικό.



Εικόνα 4-4: Εμπρόσθιο τμήμα E.P.B.

Το εξορυγμένο υλικό αποσπάται με ελεγχόμενο τρόπο μέσω ενός μεταφορικού ατέρμονα κοχλία, μαζί με τους ρυθμιστικούς παράγοντες, από το θάλαμο της κοπτικής κεφαλής. Στις μηχανές με ασπίδα E.P.B. το εκσκαμμένο υλικό, αποτελείται από 70 % στερεά και 30 % υγρά. Μεταφέρεται διαμέσου της

σήραγγας και για αυτό το λόγο δεν είναι αναγκαίες ούτε οι εγκαταστάσεις διαχωρισμού, ούτε υπάρχουν απαιτήσεις για άντληση, για την βελτίωση του υπό εκσκαφή υλικού με ενέσεις λάσπης ή άλλους ρυθμιστικούς πρόσθετους παράγοντες όπως αυτό απαιτείται στα μηχανήματα πολφού.



Σχήμα 4-6: Κοπτική κεφαλή και ατέρμων κοχλίας E.P.B.

Η κεφαλή κοπής είναι εξοπλισμένη, με σταθερούς κοπτικούς δίσκους, σιαγώνες σύνθλιψης και ρυθμιζόμενους έκκεντρους μονταρισμένους κοπτικούς δίσκους, οι οποίοι επιτρέπουν υπερεκσκαφή 30 χιλ. περιμετρικά της κεφαλής κοπής.

Στην περίπτωση που απαιτείται η διάνοιξη σηράγγων καμπύλης τροχιάς, τότε απαιτείται η ύπαρξη άρθρωσης στο μέσον περίπου της ασπίδας που θα επιτρέπει τη στροφή της. Μια δεύτερη άρθρωση τοποθετείται μεταξύ κοπτικής κεφαλής και σώματος. Στην περιοχή της στροφής η σήραγγα διευρύνεται αναγκαστικά με τις αρθρώσεις να βοηθούν στην ελαχιστοποίηση αυτής της υπερεκσκαφής.

#### **4.5.3. Εδαφικές συνθήκες όπου χρησιμοποιείται το E.P.B.**

Τα αργιλώδη - ιλυώδη και τα ιλυώδη - αμμώδη εδάφη με πολφώδη έως αραιή σύσταση είναι απόλυτα κατάλληλα για χρήση, μηχανής E.P.B.

Εξαρτώμενο από τη σύσταση του εδάφους, είτε δεν χρειάζεται καθόλου ανάμιξη νερού, είτε απαιτείται ελάχιστη ποσότητα.

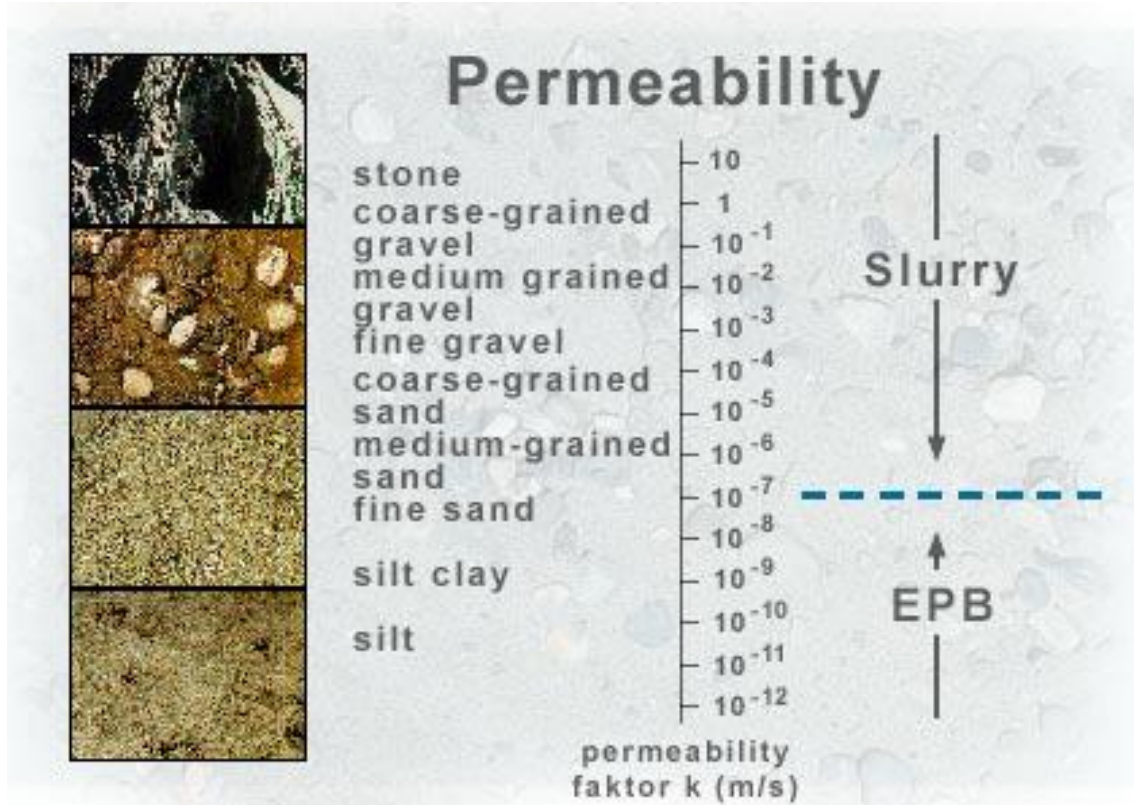
Οι καλύτερες εδαφικές συνθήκες συναντώνται όταν το υπό εκσκαφή έδαφος έχει τις ακόλουθες ιδιότητες:

- Καλή πλαστικότητα
- Πολφώδη έως αραιή σύσταση
- Μικρή γωνία εσωτερικής τριβής
- Μικρή διαπερατότητα

Γενικότερα, οι μηχανές E.P.B. είναι κατάλληλες σε μαλακά συνεκτικά εδάφη κάτω από τον υδροφόρο ορίζοντα καθώς έχουν εκτελέσει πολλές εργασίες με επιτυχία. Τα κριτήρια για την επιλογή μιας μηχανής E.P.B. είναι:

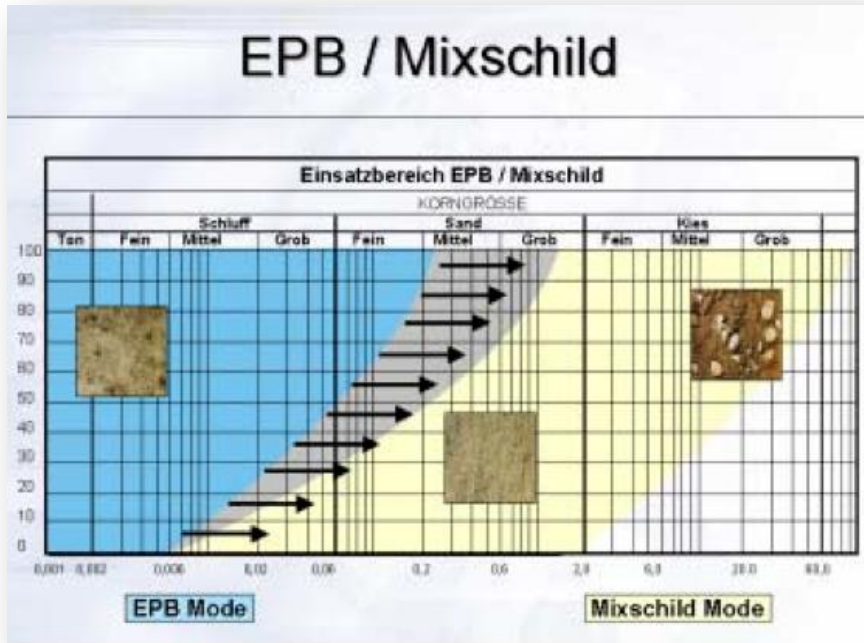
- Η κοκκομετρική καμπύλη (μέγεθος κόκκου) του εδάφους
- Η διαπερατότητα του εδάφους (συντελεστής διαπερατότητας  $k(m/s) 10^{-5}$ )
- Τα όρια συνεκτικότητας (περιεκτικότητα σε νερού (W), όριο υδαρότητας ( $L_L$ ), δείκτης πλαστικότητας ( $P_L$ ,  $P_L$ ,  $I_c$  και άλλα), αραιά έως μαλακά εδάφη
- Η ορυκτολογία του βράχου / αργίλου
- Η ποιότητα του εδάφους
- Η αντοχή του πετρώματος για βραχώδη εδάφη
- Το κοκκομετρικό κλάσμα των λεπτομερών εδαφών  $< 60 \mu m$ , άργιλος και ιλύς  $>25 - 30 \%$
- Πολύ μαλακές έως άκαμπτες άργιλοι / πολύ χαλαρές μέχρι μέτριες άμμοι: αριθμός κρούσεων N: 0 -15
- Γωνία εσωτερικής τριβής  $\phi$ : 0 – 30°





Σχήμα 4-7: Εφαρμογές μηχανών Πολφού και Ε.Ρ.Β. σε σχέση με το έδαφος

Προκειμένου να πετύχουμε καλύτερα αποτελέσματα μπορούν να εφαρμοστούν τεχνικές με χρήση αφρού έκχυσης ή μπεντονίτη στο μέτωπο της εκσκαφής. Αυτό προϋποθέτει την ολοκληρωμένη γνώση των γεωλογικών σχηματισμών. Πρόσθετοι ρυθμιστικοί παράγοντες απαιτούνται για να μειώσουν τη διαπερατότητα του εδάφους ακόμα και όταν υπάρχουν σχετικά μικρά επίπεδα πίεσης του υπογείου νερού. Η πρόσθετη έκχυση ρυθμιστικών παραγόντων (αφρού η μπεντονίτη), δεν είναι αναγκαία εάν δεν υπάρχει υπόγειο νερό. Διαπερατότητα της τάξεως των  $10^{-5}$  m/s, είναι ένα εμπειρικό όριο λειτουργίας του Ε.Ρ.Β., και μπορεί να ελεγχθεί με έκχυση μπεντονίτη ή άλλων πρόσθετων παραγόντων. Εάν το έδαφος έχει υψηλή διαπερατότητα, το υπόγειο νερό θα καταφέρει να βρει το δρόμο του μέσα από το υλικό, στο θάλαμο εκσκαφής και στον ατέρμονα κοχλία.



Σχήμα 4-8: Όρια εφαρμογής πρόσθετων ρυθμιστικών παραγόντων στο Ε.Ρ.Β.

Εάν το υλικό δεν είναι συνεκτικό, το ποσοστό του υλικού λίπανσης που απαιτείται είναι μικρότερο, επειδή το υλικό δεν έχει την τάση να κολλά στην κεφαλή κοπής και στον ατέρμονα κοχλία (όπως οι άμμοι). Τα κολλώδη, ιξώδη υλικά, όπως η άργιλος, έχουν την τάση να προσκολλούνται στον ατέρμονα κοχλία και να αντιστέκονται στην απόθεση τους στην πρώτη μεταφορική ταινία.

*Είναι σημαντικό να τονιστεί σε αυτό το σημείο, ότι για την παρούσα διπλωματική εργασία δεν υπήρξαν τα απαραίτητα κοκκομετρικά στοιχεία του εδάφους ώστε να μπορέσει να χρησιμοποιηθεί το σχήμα 4-8, η επιλογή του μηχανήματος διάνοιξης βασίστηκε σε εμπειρική ανάλυση των στοιχείων.*

#### **4.5.4. Είσοδος και έξοδος Τ.Β.Μ.**

Η είσοδος και η έξοδος του Τ.Β.Μ. μπορεί να γίνει είτε μέσω ενός φρέατος εισόδου διαμέτρου Φ 10 μ. πριν το σταθμό του Νέου Γ.Σ.Π., είτε όπως έχουμε προαναφέρει από το αμαξοστάσιο στα Λατσιαί με κατάλληλη προχώρηση και κλίση του μηχανήματος μέχρι το βάθος των 19 μέτρων. Όσον αφορά την έξοδο του μηχανήματος κατά το πέρας των εργασιών του σταθμού στο Μακάριο Στάδιο θα συνεχίσει την διάνοιξη της σήραγγας 110 μέτρα ώστε

να δημιουργηθεί ο επίσταθμος και εν συνεχεία με φρέαρ (Φ10) να γίνει η έξοδος του.

#### **4.5.5. Συναρμολόγηση και εκκίνηση του E.P.B.**

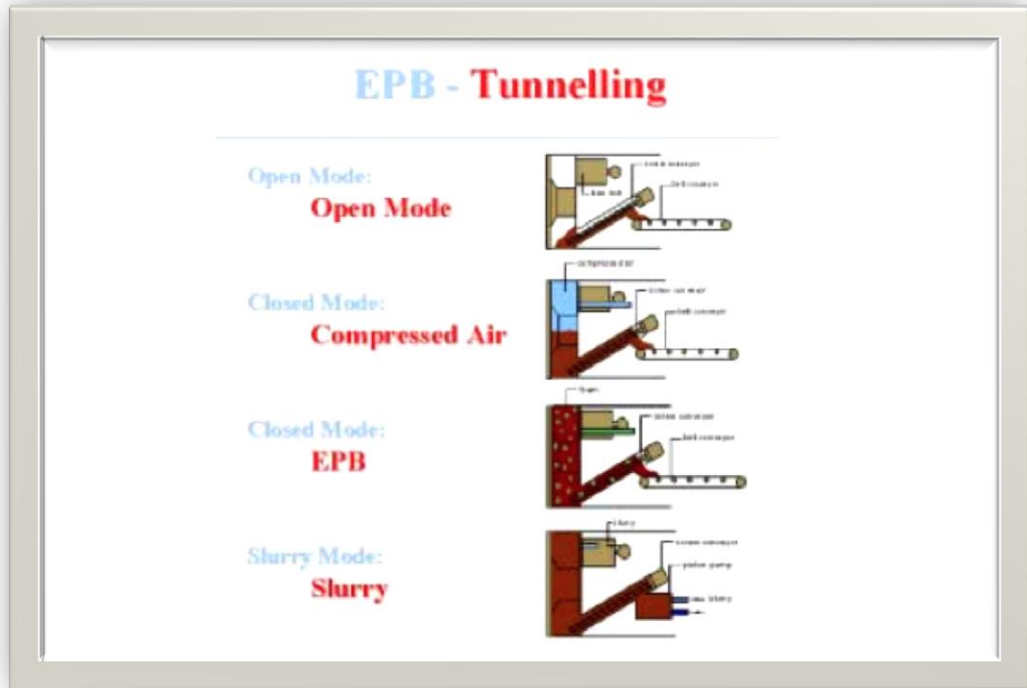
Η συναρμολόγηση του E.P.B. και των υποστηρικτικών τμημάτων απαιτεί συγκεκριμένες διαδικασίες. Ατσάλινα ελάσματα τοποθετούνται σε παράλληλα τμήματα εκατέρωθεν του κέντρου της γραμμής του δαπέδου του σταθμού.

Για την διαδικασία εκκίνησης του E.P.B., θα σχεδιαστεί και κατασκευαστεί ένα μεταλλικό πλαίσιο εκκίνησης για να αποφευχθεί η περιστροφή της ασπίδας και υποδοχή των δυνάμεων κατά την ώθηση του μηχανήματος. Επίσης το μεταλλικό πλαίσιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την τοποθέτηση των προκατασκευασμένων στοιχείων της σήραγγας.

Η προώθηση του E.P.B. είναι ήλεκτρο-υδραυλική και κινείται μπροστά σπρώχνοντας πάνω στον τελευταίο τοποθετημένο προκατασκευασμένο δακτύλιο της σήραγγας με τα 28 έμβολα ώθησης.

#### **4.5.6. Βασικά χαρακτηριστικά της μηχανής E.P.B.**

Η ασπίδα E.P.B. είναι ικανή να λειτουργήσει σε ανοιχτή λειτουργία (open mode όπου ο ατέρμονας κοχλίας και ο θάλαμος της κεφαλής κοπής δεν λειτουργούν υπό πίεση) και σε κλειστή λειτουργία (close mode όπου ο ατέρμων κοχλίας και ο θάλαμος της κεφαλής κοπής, λειτουργούν υπό πίεση).



Εικόνα 4-5: Ανοιχτή και κλειστή λειτουργία ασπίδας (Herrenknecht A.G.)

Το Ε.Ρ.Β. χωρίζεται σε δυο κύρια τμήματα:

- α) Στην κεφαλή ολομέτωπης κοπής με ασπίδα
- β) Και στο σύστημα υποστήριξης (Back-up)

Η κεφαλή κοπής και το σύστημα υποστήριξης του Ε.Ρ.Β. χωρίζονται σε τομείς για την εύκολη μεταφορά και συναρμολόγηση τους στο εκάστοτε εργοτάξιο έναρξης εργασιών. Τα στοιχεία της ασπίδας έχουν σχεδιαστεί ώστε να διευκολύνουν την μεταφορά, συναρμολόγηση και αποσυναρμολόγηση, καθώς επίσης την μετακίνηση μέσα στη σήραγγα και την εγκατάλειψη της ατράκτου (κέλυφος) για υποστήριξη του εδάφους σε περίπτωση ανάγκης. Όλα τα εξαρτήματα του Ε.Ρ.Β. που δεν αντικαθίστανται έχουν ελάχιστη διάρκεια ζωής 10.000 ωρών λειτουργίας.

Η πίεση λειτουργίας είναι 3 bars και η εξωτερική διάμετρος της μπροστινής ασπίδας είναι  $\Phi 9,440\mu$ . Το συνολικό μήκος του Ε.Ρ.Β., συμπεριλαμβανομένου και του υποστηρικτικού τμήματος, είναι περίπου 90 μ.

Η κατασκευή του E.P.B. έχει σχεδιαστεί σύμφωνα με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- Ο σχεδιασμός της κατασκευής της ασπίδας της ατράκτου και άλλων σημαντικών τμημάτων έγινε με τη μέθοδο υπολογισμών των πεπερασμένων στοιχείων (Finite Element - FE).
- Ο σχεδιασμός της κατασκευής του E.P.B. βασίστηκε στους ευρωπαϊκούς κανόνες και πρότυπα. Για τις δευτερεύουσες εργασίες, που έχουν να κάνουν με την ασφάλεια, τα υλικά, την εργασία και άλλα, καλύφθηκαν από τα ευρωπαϊκά πρότυπα ακολουθούμενα από τα ελληνικά πρότυπα και τους νόμους. Επιπλέον, ο σχεδιασμός ικανοποιεί τις απαιτήσεις των προτύπων ασφάλειας CEN.

Οι αρχές λειτουργίας του E.P.B. συναινούν τις ακόλουθες μη-εξαντλητικές μεθόδους:

- Μέθοδος αυτόματης ογκομέτρησης του εδάφους ανά προχώρηση και σύγκριση με την πραγματική προχώρηση του E.P.B. για να αποτρέψει εσφαλμένους χειρισμούς που θα οδηγήσουν σε υπερεκσκαφές και εδαφικές καθιζήσεις.
- Καταγραφή της πίεσης και του όγκου του εισπνειζόμενου ενέματος (υδαρές τσιμεντοκονίαμα) στο δακτυλίδι ανά προχώρηση. Ο κενός χώρος μεταξύ της εξωτερικής επιφάνειας του προκατασκευασμένου δακτυλίου και της περιφέρειας που έχει εκσκαφθεί γεμίζει με ένεμα, έτσι ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι εδαφικές καθιζήσεις και να σταθεροποιηθεί η επένδυση της σήραγγας.

Σχετικά με τη μηχανική - μηχανολογική κατασκευή στοιχείων του E.P.B., μπορούν να παρατηρηθούν τα ακόλουθα:

- Όλες οι ευαίσθητες συγκολλημένες κατασκευές της κοπτικής κεφαλής είναι απαλλαγμένες από φορτίσεις για να εξαλειφθούν οι εσωτερικές τάσεις της κατασκευής πριν τη μηχανουργική κατεργασία.
- Καμία μεγάλη εργασία συγκόλλησης δεν πραγματοποιείται μετά τη μηχανουργική κατεργασία, στην περιοχή των κατεργασμένων κατασκευών.

- Η συναρμολόγηση και η αποσυναρμολόγηση απαιτούν μόνο κάρφωμα και ξεκάρφωμα. Δεν επιτρέπεται καμία κατεργασία εν θερμώ, όπως η συγκόλληση ή η κοπή με φλόγα.

#### *Διαμόρφωση της ασπίδας και της κεφαλής του E.P.B.*

Η ασπίδα του E.P.B., σχεδιάστηκε για να αντέχει όλα τα φορτία και τις δυνάμεις που θα εμφανιστούν από:

α) το υπερκείμενο έδαφος και

β) όλα τα φορτία και τις δυνάμεις από τη λειτουργία του E.P.B., τόσο στην κανονική λειτουργία όσο και στις λειτουργίες που απαιτείται διόρθωση της ευθυγράμμισης της σήραγγας.

Αποδεκτές είναι μόνο οι οριακές εκείνες παραμορφώσεις, από αυτά τα φορτία, που επιτρέπουν την ανενόχλητη λειτουργία του E.P.B.

#### Πρόσθια ασπίδα

Η μπροστινή ασπίδα περιλαμβάνει τα ακόλουθα κομμάτια:

- Κοπτική κεφαλή
- Ανθρωποθυρίδα
- Κυλίνδρους άρθρωσης της ασπίδας
- Κύριο τριβέα

Αναλυτικότερα:

- Κοπτική κεφαλή

Η κοπτική κεφαλή είναι μια ουσιώδης βαριά κατασκευή, που παρέχει την αναγκαία μηχανική υποστήριξη στο μέτωπο της σήραγγας. Ενσωματώνει την αναγκαία προστασία ώστε να επιτρέψει στην ασπίδα να ολοκληρώσει την εκσκαφή της σήραγγας μέσα στους διάφορους γεωλογικούς σχηματισμούς.

Για να διατηρηθεί ο έλεγχος του εδάφους σε συνάρτηση με την αποκομιδή των προϊόντων εκσκαφής με μια μηχανή E.P.B., η εκσκαφή ξεκινά

περιστρέφοντας την κοπτική κεφαλή και ρυθμίζοντας στον ατέρμονα κοχλία το άνοιγμα της θύρας αποκομιδής του υλικού. Καθώς τα έμβολα προώθησης του μηχανήματος εκτείνονται, τα προϊόντα εκσκαφής γεμίζουν το θάλαμο της κεφαλής κοπής με αποτέλεσμα το έδαφος μπροστά από το E.P.B. και μέσα στην κοπτική κεφαλή να βρίσκονται υπό πίεση. Οι κυψέλες μέτρησης της πίεσης του εδάφους, που βρίσκονται μέσα στο θάλαμο της κοπτικής κεφαλής μετρούν την πίεση του εδάφους. Εάν η πίεση υπερβεί ένα συγκεκριμένο όριο, οι υδραυλικά ελεγχόμενες θύρες εκτόνωσης της πίεσης, που βρίσκονται στον περιστρεφόμενο ατέρμονα κοχλία, αναγκάζονται να ανοίξουν και επιτρέπουν στο υλικό εκσκαφής να περάσει από τις θύρες αυτές στην πρώτη μεταφορική ταινία.

Η κατασκευή της κύριας έδρασης, μαζί με το σύστημα υποστήριξης της κοπτικής κεφαλής του E.P.B. είναι τέτοια ώστε να απορροφά τις μέγιστες δυνάμεις που εμφανίζονται κατά τη λειτουργία.

Η κοπτική κεφαλή περιλαμβάνει τα ακόλουθα:

- Ένα συνδυασμό εναλλασσόμενων σιαγόνων σύνθλιψης και κοπτικών δίσκων που αποτελούν ένα σύστημα προστασίας έναντι φθοράς
- Χειροκίνητη έκταση των κοπτικών δίσκων περιμετρικής εκσκαφής (10 - 20 - 30 χιλ.).

Όλα τα κοπτικά εργαλεία της κεφαλής έχουν σχεδιαστεί ώστε να αντικαθίστανται από το πίσω μέρος της κοπτικής κεφαλής μέσα από το θάλαμο αποκομιδής των προϊόντων εκσκαφής.

- Ανθρωποθυρίδα

Ένας αεροστεγής θάλαμος, συμμορφωμένος στις απαιτήσεις των προτύπων ασφαλείας CEN prEN12110 περιλαμβάνει 2 διαμερίσματα:

α) της εκτάκτου ανάγκης (2 ατόμων), και

β) του κυρίως διαμερίσματος(4 ατόμων) που λειτουργούν με πίεση εργασίας 3 bar

- Κύλινδροι άρθρωσης της ασπίδας

Η μπροστινή ασπίδα είναι ουσιαστικά ανεξάρτητη από την υπόλοιπη ασπίδα και συνδέεται με την οπίσθια ασπίδα με αρθρωτούς γρύλους, οι οποίοι λειτουργούν με πίεση 250 bars. Με αυτόν τον τρόπο επιτρέπουν τον προσανατολισμό της πίσω ασπίδας, σε σχέση με την μπροστινή, σε κάθε διεύθυνση στο χώρο.

- Κύριος τριβέας

Ο κύριος τριβέας που είναι τοποθετημένος στην μπροστινή ασπίδα είναι σχεδιασμένος για να μεταδίδει ροπή στην κοπτική κεφαλή. Το εξωτερικό και το εσωτερικό σύστημα ασφάλισης του κύριου τριβέα είναι ικανό να προστατεύει τον τριβέα για 10.000 ώρες. Η εκτιμώμενη διάρκεια ζωής του είναι 10.000 ώρες.

- Πρόσθετοι ρυθμιστικοί παράγοντες

Το έδαφος μπορεί να ρυθμιστεί με πρόσθετα υλικά ώστε να αποκτήσει την αναγκαία πλαστική ρευστότητα ελέγχοντας τον όγκο που εκσκάπτεται κατά την προχώρηση του E.P.B. Τα υλικά που δρουν ως ρυθμιστικοί παράγοντες προστίθενται διαμέσου του διαφράγματος στο υπό εκσκαφή έδαφος ώστε να διασφαλιστεί ότι το υλικό που βρίσκεται στο θάλαμο της κοπτικής κεφαλής έχει αποκτήσει την επιθυμητή σύσταση.

Οι ρυθμιστικοί παράγοντες, συμπεριλαμβανομένου του απλού νερού, της λάσπης με βάση τον μπεντονίτη, τα χημικά πολυμερή και τους παράγοντες με βάση τον αφρό έχουν εισαχθεί για τρεις λόγους:

- Για να λιπαίνουν τη ροή του υλικού διαμέσου του διαμερίσματος της κοπτικής κεφαλής και του ατέρμονα κοχλία.
- Για να μειώνουν τη διαπερατότητα του υλικού σε πολύ υγρές εδαφικές συνθήκες και να αποτρέπουν το πέρασμα του νερού διαμέσου της θύρας εκτόνωσης του ατέρμονα κοχλία.
- Για να βελτιώνουν τη σύσταση του υλικού και για καλύτερη διαχείριση της λάσπης από τη θύρα εκτόνωσης προς την τελική απόθεση.



Ο ρυθμιστικός παράγοντας στο προς εκσκαφή υλικό, παρέχεται από το E.P.B. και μειώνει τον κίνδυνο εισροής νερού από το έδαφος. Εάν το περιεχόμενο νερό στο εκσκαμμένο υλικό, είναι αυξημένο και το μέγεθος των κόκκων που επικρατούν είναι μέσο έως μεγάλο, είναι πολύ δύσκολο να δημιουργηθεί το αναγκαίο παρέμβυσμα στεγανότητας στον ατέρμονα κοχλία. Το υγρό, που μένει στο χώμα εκσκαφής δημιουργεί προβλήματα στο χώρο εργασίας και στη μεταφορά του. Επίσης αυξάνει το βάρος της λάσπης στο σύστημα των μεταφορικών ταινιών της σήραγγας και ελαττώνει την μεταφορική χωρητικότητα.

Η χρήση ρυθμιστικών παραγόντων απαιτεί τη δημιουργία επαρκών εγκαταστάσεων για την προετοιμασία και τη μεταφορά των ρυθμιστικών διαλυμάτων. Αυτόματα συστήματα για έκχυση ρυθμιστών είναι αναγκαία για να ελέγχουν τον όγκο του υλικού που εκχύνεται σε σχέση με το ρυθμό προχώρησης της ασπίδας E.P.B., τη ροπή της κοπτικής κεφαλής και την εξισορρόπηση της πίεσης του εδάφους.

Ο αφρός ως ρυθμιστικό υλικό είναι φυσαλίδες αέρα που βρίσκονται σε κάψουλες με έλαιο-διαλυτά (92-94 %) ρευστά, ο οποίος προστίθεται στο υλικό και κρατά τους κόκκους του εδάφους χωριστά μειώνοντας την εσωτερική τριβή και τη διαπερατότητα του εδάφους. Επίσης εξαλείφεται η ανάγκη για παροχή μεγάλης ποσότητας νερού από το E.P.B. και αποτρέπεται η ροή νερού από το έδαφος. Η εισπίεση αφρού μειώνει το βάρος και την περιεχόμενη υγρασία του εξορυσσόμενου υλικού, με αποτέλεσμα τη μείωση του κόστους μεταφοράς. Επιπροσθέτως χρησιμοποιεί πολύ μικρό ποσοστό χημικών πρόσθετων, που κάνουν την απόρριψη της λάσπης ευκολότερη.

Ο χημικός πρόσθετος παράγοντας που χρησιμοποιείται για να παρασκευαστεί ο αφρός και οι περιεχόμενες φυσαλίδες αέρα δρουν ως λιπαντικό στη διαδικασία εκσκαφής, προλαμβάνοντας την προσκόλληση των ασθενών στρώσεων (συνήθως σκληρές άργιλοι) στην κοπτική κεφαλή, στους κοπτικούς δίσκους και στις κοπτικές ακμές. Ακόμα μειώνουν την κατανάλωση ενέργειας και την αποξεστική δράση των σιαγώνων σύνθλιψης, με αποτέλεσμα να επεκτείνεται η διάρκεια ζωής της κοπτικής κεφαλής. Το απαιτούμενο αποτέλεσμα του αφρού στη ρύθμιση των προϊόντων εκσκαφής επιτυγχάνεται με τη ρύθμιση του μεγέθους των εισερχόμενων φυσαλίδων αέρα και της

αντοχής των μεμβρανών των φυσαλίδων. Αυτό με τη σειρά του επιτυγχάνεται με τη ρύθμιση της πυκνότητας του αφρού, ο οποίος είναι συνάρτηση της συγκέντρωσης του αφριστικού χημικού πρόσθετου παράγοντα στο διάλυμα του αφρού και της αναλογίας αέρα στο διάλυμα. Η αναλογία του αφρού στον εκσκαμμένο όγκο διατηρείται σχετικά σταθερή (περίπου 25-35 %), καθώς η πυκνότητα και η αντοχή του αφρού ρυθμίζεται για να ταιριάζει στις διάφορες εδαφικές συνθήκες.

Ο αφρός προμηθεύεται από μια συσκευή αφρού τοποθετημένη στην ασπίδα ή στο συρμό υποστήριξης, συνοδεύεται με νερό και πεπιεσμένο αέρα και ελέγχεται από τον χειριστή του E.P.B.

#### *Κεντρική και οπίσθια ασπίδα*

Η διαμόρφωση της κεντρικής ασπίδας μήκους περίπου 2500mm έχει ως ακολούθως:

- Έμβολα ώθησης του E.P.B.

Τα 28 έμβολα ώθησης είναι τοποθετημένα γύρω από την οπίσθια ασπίδα ομαδοποιημένα ανά δύο σε ένα πέδιλο (σύνολο 14 πέδιλα), ορθογώνιου παραλληλόγραμμου που έρχεται σε επαφή με τα προκατασκευασμένα στοιχεία. Έξι έμβολα ώθησης έχουν μετρητή και συνδέονται με τους υπολογιστές καθοδήγησης. Το υδραυλικό σύστημα των γρύλων είναι σχεδιασμένο να παρέχει δυο λειτουργίες, προέκτασης και επαναφοράς.

- Κατά την προχώρηση του μηχανήματος που συμπίπτει με την φάση εκσκαφής, τα έμβολα έχουν μικρή ταχύτητα έκτασης και ασκούν μεγάλη πίεση.
- Κατά την τοποθέτηση της επένδυσης των προκατασκευασμένων στοιχείων -7 κανονικά στοιχεία και ένα «κλειδί» (σφήνα) - τα έμβολα λειτουργούν με μεγάλη ταχύτητα έκτασης και επαναφοράς και ασκούν μικρές πιέσεις ώστε να επιτραπεί η τοποθέτηση και να αποτραπεί η κατάρρευση του προκατασκευασμένου δακτυλίου. Σε όλη την φάση των εργασιών υπάρχει μια ελάχιστη πίεση που ασκούν τα έμβολα στο δακτύλιο για να τον κρατούν στην θέση του.

Σε όλες τις περιπτώσεις, η πίεση των εμβόλων διατηρείται μόνιμα χωρίς να πέσει η πίεση, έτσι ώστε να αποτρέψει την κατάρρευση του προκατασκευασμένου δακτυλίου της επένδυσης σε όλη τη διάρκεια του κύκλου εκσκαφής και τοποθέτησης στοιχείων. Η πίεση ώθησης του E.P.B. προσαρμόζεται ανάλογα με την τριβή μεταξύ της ασπίδας και του εδάφους.

Η πίεση που εφαρμόζεται στην επένδυση είναι ένας συνδυασμός μεταξύ της υποστήριξης του προκατασκευασμένου δακτυλίου και της ακινησίας του μηχανήματος, ακόμα και κατά το διάστημα προσωρινής διακοπής της παραγωγής του μηχανήματος. Η ονομαστική πίεση λειτουργίας στο υδραυλικό σύστημα είναι περιορισμένη στα 350 bars.

Η έκταση των εμβόλων είναι συνάρτηση του μήκους του δακτυλίου (1,471 - 1,529 μ.), της άνετης τοποθέτησης της σφήνας και της απρόσκοπτης λειτουργίας της άρθρωσης της ασπίδας.. Στη λειτουργία της τοποθέτησης του προκατασκευασμένου δακτυλίου δύο, τέσσερις ή έξι γρύλοι δουλεύουν μαζί σε μειωμένη πίεση λειτουργίας.

- Οπίσθιο τμήμα ασπίδας του E.P.B.

Η οπίσθια ασπίδα έχει σκοπό:

α) να εφοδιάζει συνεχώς με ένεμα (τσιμεντοκονίαμα) το κενό μεταξύ του προκατασκευασμένου δακτυλίου της σήραγγας και του εδάφους μέσω διόδων στο οπίσθιο τμήμα της ασπίδας. Η έγχυση ενέματος πίσω από τα προκατασκευασμένα στοιχεία εκτελείται ταυτόχρονα με την λειτουργία εκσκαφής.

β) να αποτρέπει την εισροή υπόγειου νερού ή ενέματος στο χώρο τοποθέτησης των νέων προκατασκευασμένων στοιχείων μέσω δύο περιμετρικών σειρών συρμάτων βουρτσών τοποθετημένων στο άκρο της πίσω ασπίδας.

#### Ατέρμονας κοχλίας

Ο ατέρμονας κοχλίας (Αρχιμήδειος έλικας) είναι τοποθετημένος στην πρόσθια ασπίδα και μέσω του σφραγισμένου θαλάμου της κοπτικής κεφαλής

που λειτουργεί υπό πίεση, μεταφέρει το εκσκαμμένο υλικό και το αποθέτει στην πρώτη μεταφορική ταινία σε κανονικές συνθήκες.

Όταν η κοπτική κεφαλή περιστρέφεται το σύστημα προώθησης ενεργοποιείται και ο ατέρμονας κοχλίας ξεκινά. Η ταχύτητα περιστροφής του κοχλία καθορίζει το ρυθμό της εκσκαφής και με την ελεγχόμενη αποκομιδή του υλικού της κεφαλής εξασφαλίζει την ευστάθεια του μετώπου. Το υλικό της εκσκαφής απομακρύνεται διαμέσου ενός Αρχιμήδειου έλικα, από το θάλαμο μίξης της κοπτικής κεφαλής σε υψηλή πίεση και τα εκκενώνει στο άλλο άκρο του σε ατμοσφαιρική πίεση, πάνω στην πρώτη μεταφορική ταινία.

Η αντιδιαβρωτική προστασία του κοχλία αποτελείται από ειδικό αντιδιαβρωτικό χάλυβα. Η πλαστική ρευστότητα του εξορυγμένου υλικού είναι απαραίτητη ώστε να υπάρχει ομαλή ροή πάνω στον ατέρμονα κοχλία και να μην προκαλούνται φθορές στα κοπτικά εργαλεία και στον κοχλία.

Ακροφύσια πρόσθετων ρυθμιστικών υλικών είναι τοποθετημένα κατά μήκος της ατράκτου του κοχλία, επιτρέποντας την έκχυσή τους στο έδαφος ειδικά σε περιπτώσεις που το έδαφος παρουσιάζει αύξηση της αντοχής του σε θλίψη.

Αφαιρώντας το μπροστινό τμήμα του ατέρμονα κοχλία από το χώρο της κεφαλής κοπής, η θύρα ασφαλείας μέσα στο διάφραγμα του θαλάμου εκσκαφής μπορεί να κλείσει και να απομονώσει το θάλαμο.

Στην περίπτωση που παρουσιασθεί υψηλή ποσότητα νερού στο έδαφος, μια αντλία νερού, τοποθετημένη στο τέλος του ατέρμονα κοχλία τίθεται σε λειτουργία για την απορροή του νερού.

Ένας σπαστήρας υλικών είναι τοποθετημένος μεταξύ της πρώτης και δεύτερης μεταφορικής ταινίας με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- Ελάχιστη χωρητικότητα 550 tonnes/h
- Τύπος με δυο κυλίνδρους
- Σπάσιμο εκσκαμμένου υλικού στο μέγεθος των 200 χιλ.

### Σύστημα μεταφορικών ταινιών

Το σύστημα των ταινιών έχει μεταφορική ικανότητα 650 m<sup>3</sup>/h. Ξεκινά από τον ατέρμονα κοχλία και μέσω της σήραγγας αποθέτει το υλικό στην επιφάνεια του εργοταξίου.

#### **4.5.7. Τοποθέτηση προκατασκευασμένων στοιχείων**

Ο δακτύλιος από προκατασκευασμένα στοιχεία της σήραγγας τοποθετείται, στην ουρά της πίσω ασπίδας μετά από εκσκαφή και προχώρηση 1,5 μ. του Ε.Ρ.Β.



**Εικόνα 4-6: Τοποθέτηση προκατασκευασμένων στοιχείων**

Η τοποθέτηση των προκατασκευασμένων στοιχείων από οπλισμένο σκυρόδεμα γίνεται από ένα σύστημα ανύψωσης (erector) που είναι εξοπλισμένο με ένα βραχίονα ημιπεριστρεφόμενου τύπου. Η αξονική του κίνηση είναι αρκετή ώστε να του επιτρέπει την ανάληψη των προκατασκευασμένων στοιχείων από τον τροφοδοτικό μεταλλικό διάδρομο (segment feeder). Το τραπέζι του ανυψωτήρα είναι εξοπλισμένο με ένα σύστημα δημιουργίας και διατήρησης του κενού (βεντούζα), για την ανύψωση και προσωρινή συγκράτηση των στοιχείων μέχρι την τοποθέτησή τους. Εφαρμόζεται συντελεστής ασφάλειας 2:1 για την ανέλκυση των βαρύτερων στοιχείων (6 tonnes). Το κλειδί της επένδυσης (σφήνα) ανελκύεται από ξεχωριστό τμήμα του τραπεζιού του συστήματος ανύψωσης. Στην περίπτωση

που χαθεί η παροχή ισχύος το σύστημα κενού είναι ικανό να διατηρήσει συγκρατημένο το στοιχείο για 30 λεπτά. Ο ανυψωτήρας μπορεί να κινηθεί τόσο κατά τη φορά του ρολογιού, όσο και με την αντίθετη φορά κατά  $\pm 200^\circ$ . Έχει ασύρματο χειριστήριο, και έτσι υπάρχει οπτικό πεδίο για να ελέγχονται όλες οι κινήσεις του ανυψωτήρα κατά την τοποθέτηση των στοιχείων.

Οι έξι βαθμοί ελευθερίας, οι οποίοι περιγράφονται παρακάτω, με τους οποίους σχεδιάστηκε το σύστημα τοποθέτησης προκατασκευασμένων στοιχείων, ενεργοποιούνται από υδραυλικούς γρύλους με τηλεσκοπικούς βραχίονες και λειτουργούν ξεχωριστά και ταυτόχρονα.

Οι έξι βαθμοί ελευθερίας είναι:

- Περιστροφή γύρω από τον διαμήκη άξονα του T.B.M.
- Επιμήκυνση
- Διαμήκης κίνηση
- Ρύθμιση γύρω από τον διαμήκη άξονα
- Ρύθμιση γύρω από τον εγκάρσιο άξονα (βύθιση, κλίση)
- Περιστροφικές κινήσεις γύρω από τον εγκάρσιο άξονα

Το σύστημα τοποθέτησης προκατασκευασμένων στοιχείων είναι σχεδιασμένο για την τοποθέτηση ενός δακτυλίου σε 30 λεπτά. Το μεταλλικό τροφοδοτικό σύστημα των στοιχείων είναι σχεδιασμένο να δέχεται μια σειρά 8 τεμαχίων-στοιχείων και να τα προωθεί στη θέση ανάληψης από τον βραχίονα του ανελκυστήρα.

Τα γενικά χαρακτηριστικά των προκατασκευασμένων στοιχείων επένδυσης είναι τα ακόλουθα:

- Πάχος προκατασκευασμένου δακτυλίου 2 x 350 χιλ.
- Μήκος στοιχείων 1.500 χιλ.
- Βάρος κανονικού στοιχείου 6.000 kgr
- Αριθμός στοιχείων 7+1
- Εξωτερική διάμετρος δακτυλίου 9,180 μ.

- Εσωτερική διάμετρος δακτυλίου 8,48 μ.
- Πάχος των στοιχείων 0,35 μ.
- Ελάχιστη ακτίνα ευθυγράμμισης  $R = 300$  μ.
- Ελάχιστη ακτίνα διόρθωσης του Ε.Ρ.Β.  $R = 250$  μ.



**Εικόνα 4-7: Προκατασκευασμένα στοιχεία μόνιμης επένδυσης**

Ο μεταφορικός μεταλλικός διάδρομος χωράει ένα δακτύλιο επένδυσης (7+1) και έχει την δυνατότητα να κινείται και ανάστροφα για να απομακρύνει ένα κατεστραμμένο στοιχείο από την περιοχή της ανάληψης.

Υπάρχουν δυο τύποι κωνικών προκατασκευασμένων δακτυλίων από οπλισμένο σκυρόδεμα, τα αριστερά (L) και τα δεξιά (R). Το κωνικό σχήμα του δακτυλίου και η σωστή επιλογή του τύπου του είναι αυτά τα στοιχεία που βοηθούν ώστε η επένδυση να μπορέσει να ακολουθήσει τη τροχιά της σήραγγας. Κάθε είδος δακτυλίου (συνολικού βάρους 40,6 tonnes) αποτελείται από 8 κομμάτια, 5 κανονικά προκατασκευασμένα στοιχεία, 2 στοιχεία με υποδοχή για σφήνα και μια σφήνα (κλειδί).

Η τοποθέτηση των προκατασκευασμένων στοιχείων ξεκινά από τον πυθμένα της οπίσθιας ασπίδας του T.B.M. και συνεχίζεται εναλλάξ, αριστερά / δεξιά έως τη σφήνα. Η τοποθέτηση των στοιχείων γίνεται με τη χρήση του ανελκυστήρα και με την βοήθεια του κενού αέρος. Αναλόγως του μέρους

τοποθέτησης της σφήνας ( 14 διαφορετικές γωνιακές θέσεις ) τα στοιχεία του δακτυλίου αλλάζουν, εξασφαλίζοντας έτσι την κλίση της επένδυσης σήραγγας. Η σφήνα τοποθετείται παράλληλα προς τον άξονα της σήραγγας, ως τελευταίο κομμάτι του δακτυλίου. Το ελαστικό παρέμβυσμα που συγκολλάται θερμικά στην υποδοχή στις όψεις του κάθε προκατασκευασμένου στοιχείου συμπιέζεται μεταξύ των στοιχείων και των δακτυλίων της σήραγγας εξασφαλίζοντας την υδατοστεγανότητα της σήραγγας. Τα προκατασκευασμένα στοιχεία βιδώνονται μεταξύ τους με χαλύβδινες βίδες υψηλής αντοχής διαμέτρου 25 χιλ. και μήκους 500 χιλ. μέσα σε πλαστικές υποδοχές που είναι ενσωματωμένες στα προκατασκευασμένα στοιχεία. Τα προωθητικά έμβολα βοηθούν στη στήριξη των στοιχείων κατά την τοποθέτηση των δακτυλίων της σήραγγας. Το προκατασκευασμένο στοιχείο πυθμένας σήραγγας τοποθετείται μόνιμα μετά από την ολοκλήρωση της εγκατάστασης του δακτυλίου, και στην επίπεδη επιφάνεια του τοποθετούνται οι σιδηροτροχιές τύπου 38 kg/m για την ολίσθηση των βαγονιών υποστήριξης του E.P.B. και του τροχαίου υλικού.

#### *Σύστημα ρευστοκονιάματος*

Η έγχυση του ενέματος (grouting), πίσω από τα προκατασκευασμένα στοιχεία εκτελείται ταυτόχρονα με τη διάρκεια της εκσκαφής και ώθησης του E.P.B. Το ένεμα (τσιμεντοκονίαμα) διοχετεύεται με τρεις εμβολοφόρες αντλίες με πίεση λειτουργίας 2 bars. Ο καθαρισμός του δικτύου του υδαρούς τσιμεντοκονιάματος (αντλίες, σωλήνες, αυλακώσεις) γίνεται με τη χρήση ελαστικών σφαιρών, ύδατος και αέρα (μπαλάκια), εργασία απαραίτητη γιατί εξασφαλίζει την σταθεροποίηση της σήραγγας και συνεισφέρει πολύ στη στεγανοποίηση της. Το ένεμα αναμιγνύεται στη μονάδα παραγωγής σκυροδέματος του εργοταξίου. Μεταφέρεται στο βαγόκι υποστήριξης E.P.B. με συρμούς που έχουν δεξαμενές ανάδευσης τσιμεντοκονιάματος.

#### **4.5.8. Κέντρο πλοήγησης και ελέγχου του E.P.B.**

Ένα κλιματιζόμενο δωμάτιο ελέγχου είναι τοποθετημένο στο πρώτο βαγόκι υποστήριξης, σε απόσταση 22 μ. από το μέτωπο εκσκαφής. Η καμπίνα πλοήγησης, περιέχει όλα τα απαραίτητα συστήματα καταγραφής και ελέγχου της ασφαλούς λειτουργίας του E.P.B. Στην καμπίνα ελέγχου χωρούν τέσσερα



άτομα από όπου παρακολουθούν και καταγράφουν τις παραμέτρους λειτουργίας του Ε.Ρ.Β. και των συστημάτων του (Εικόνα 4-8). Ένα κλειστό κύκλωμα τηλεόρασης είναι εγκατεστημένο στο δωμάτιο ελέγχου απ όπου μπορούν να ελεγχθούν τα ακόλουθα:

- Ο χώρος χτισίματος της επένδυσης των προκατασκευασμένων δακτυλίων
- Η μεταφορά των χωμάτων εκσκαφής από τον ατέρμονα κοχλία καθώς και η μεταφορά τους στην πρώτη μεταφορική ταινία
- Το τέλος του συρμού του συστήματος υποστήριξης του Ε.Ρ.Β.



**Εικόνα 4-8: Κέντρο πλοήγησης και ελέγχου του Ε.Ρ.Β.**

Το δωμάτιο ελέγχου είναι εξοπλισμένο με σύστημα καθοδήγησης του Ε.Ρ.Β. ελεγχόμενο από υπολογιστή. Το σύστημα καθοδήγησης SLS-T, που σχετίζεται με τις λειτουργίες του Ε.Ρ.Β., αναπτύχθηκε από της εταιρείας VMT GmbH. Γερμανίας. Το SLS-T παρέχει όλες τις σημαντικές πληροφορίες, οι οποίες είναι αναγκαίες για να οδηγήσουν το Ε.Ρ.Β. κατά μήκος του

σχεδιασμένου άξονα της σήραγγας. Μέρος των χαρακτηριστικών του συστήματος SLS-T είναι τα ακόλουθα:

- Υπολογισμοί και εμφάνιση της τρέχουσας θέσης του E.P.B. με γραφικά και αριθμητικά δεδομένα
- Υπολογισμός και εμφάνιση της οριζόντιας και κατακόρυφης θέσης του E.P.B.
- Υπολογισμός της καμπύλης διόρθωσης που οδηγεί το E.P.B. εφαπτομενικά πίσω στον θεωρητικό άξονα της σήραγγας.
- Αυτόματη οδήγηση του E.P.B.
- Υπολογισμός της θέσης και του τύπου των μελλοντικών δακτυλίων προς κτίσιμο. Ο δακτύλιος επιλέγεται, σύμφωνα με τη γνωστή θέση του E.P.B. και με τις μετρούμενες εκτάσεις των αρθρωτών γρύλων ώθησης. Τα δεδομένα αυτά μεταδίδονται στον υπολογιστή του E.P.B., που βρίσκεται στο δωμάτιο ελέγχου.
- Εμφάνιση της οθόνης οδήγησης της ασπίδας στο γραφείο επιφανείας ή σε οποιοδήποτε άλλο σημείο στο κόσμο (μέσω Διαδικτύου)

Η μέγιστη απόκλιση του πραγματικού άξονα της σήραγγας από τον θεωρητικό άξονα τόσο οριζόντια, όσο και κατακόρυφα, είναι  $\pm 40$  mm. Στην περίπτωση που παρατηρηθεί μια σημαντική απόκλιση από το σύστημα καθοδήγησης, μια διορθωτική καμπύλη καθορίζεται (οριακή ακτίνα καμπυλότητας 250 m), η οποία προοδευτικά επαναφέρει το E.P.B. στους θεωρητικούς κύκλους εκσκαφής.

#### **4.5.9. Σύστημα υποστήριξης του E.P.B.**

Το σύστημα υποστήριξης είναι εφοδιασμένο με:

- Το σύστημα μεταφοράς της υποστήριξης που κινείται με ρόδες πάνω σε τροχιά
- Κατάστρωμα με σύστημα μονής τροχιάς για εκφόρτωση των στοιχείων της επένδυσης και των άλλων υλικών που χρειάζονται
- Γερανό για την εκφόρτωση και μεταφορά των στοιχείων της

επένδυσης και των άλλων υλικών από τα οχήματα παράδοσης στον τροφοδοτικό μεταφορικό μεταλλικό διάδρομο

- Χώρους αποθήκευσης με τα αντίστοιχα δίκτυα των πρόσθετων ρυθμιστικών παραγόντων
- Σύστημα αντλιών τσιμεντοκονιάματος με τα αντίστοιχα δίκτυα
- Υποδομή και σύνδεση με τις επιφανειακές εγκαταστάσεις για:
  - i. Αερισμό,
  - ii. Επικοινωνία,
  - iii. Σωλήνες αποστράγγισης,
  - iv. Κεντρική παροχή ρεύματος,
  - v. Πεπιεσμένος αέρας,
  - vi. Νερό ψύξης,
  - vii. Ηλεκτρογεννήτρια.
- Εγκαταστάσεις για το προσωπικό: τουαλέτα, πλύσιμο, τραπεζαρία.
- Το σύστημα αερισμού του T.B.M. αποτελείται από ένα υπέρ-τροφοδοτούμενο εξαεριστήρα στη σήραγγα. Ο όγκος του αέρα που διέρχεται είναι  $816 \text{ m}^3 / \text{min}$  και η διατομή του σωλήνα εξαερισμού  $1\text{X}\Phi 800$  χιλ.
- Ένα σύστημα ενδοεπικοινωνίας για το μηχάνημα και τηλεφωνικό δίκτυο
- Ένα σύστημα πυροπροστασίας και καταπολέμησης πυρκαγιάς
- Εξοπλισμό πρώτων βοηθειών.

Το κύριο υδραυλικό σύστημα του E.P.B. περιλαμβάνει:

- Οδήγηση της κοπτικής κεφαλής με ποικίλες ταχύτητες περιστροφής
- Λειτουργίες αρθρωτών γρύλων
- Ατέρμονα κοχλία
- Ανελκυστήρα στοιχείων επένδυσης

- Μεταφορικές ταινίες
- Μεταλλικό διάδρομο μεταφοράς στοιχείων επένδυσης
- Βοηθητικές υποστηρικτικές λειτουργίες

Όλα τα υδραυλικά συστήματα συμμορφώνονται με τους τεχνικούς κανονισμούς ISO/DIN - NORM, και η ονομαστική πίεση λειτουργίας στο υδραυλικό σύστημα περιορίζεται στα 350 bars/5000 psi.

#### *Εγκατεστημένη ισχύς*

Όλα τα εξαρτήματα και οι εγκαταστάσεις του E.P.B. είναι συμμορφωμένα με τους ευρωπαϊκούς κανονισμούς και είναι σχεδιασμένα για να λειτουργούν κάτω από τις ακόλουθες περιβαλλοντικές συνθήκες:

- ✓ Θερμοκρασία περιβάλλοντος 40 βαθμοί
- ✓ Περιεχόμενη σκόνη Ατμόσφαιρα υψηλά φορτισμένη με σκόνη
- ✓ Υγρασία Μέχρι 85 % σχετική υγρασία

Το μηχάνημα E.P.B. είναι εξοπλισμένο με ένα εύκαμπτο συρόμενο ηλεκτρικό καλώδιο (3 X 95 χιλ.) που βρίσκεται σε ένα μηχανικό τύμπανο, (επεκτείνεται μέχρι 250 μ.), πίσω από το τέλος της υποστήριξης του.

Το ηλεκτρικό σύστημα λειτουργεί με τις ακόλουθες μέγιστες τάσεις:

- ✓ Τάση ελέγχου 24 V
- ✓ Φωτισμός 230 V
- ✓ Φωτισμός ασφαλείας 24 V
- ✓ Τάση βαλβίδας 24 V
- ✓ Προστασίας (ηλεκτρικοί κινητήρες) IP 55
- ✓ Μετασχηματισμός εγκατεστημένης τάσης 4.000 kVA
- ✓ Αρχική τάση 20 kV
- ✓ Δευτερεύουσα τάση 400 V
- ✓ Συχνότητα 50 Hz

Η εγκατεστημένη ισχύς έχει ως εξής:

✓ Κίνηση κοπτικής κεφαλής 6 x 400 kW	2.400 kW
✓ Ατέρμονας κοχλίας	400 kW
✓ Έμβολα υδραυλικής ώθησης, έμβολα ελέγχου	110 kW
✓ Υδραυλικό σύστημα ανελκυστήρα	95,5 kW
✓ Βοηθητικά	45 kW
✓ Αντλία 1, λαδιών κινητήρα	7,5 kW
✓ Αντλία 2, λαδιών κινητήρα	7,5 kW
✓ Φίλτρο και δεξαμενή 1 κυκλώματος ψύξης	22 kW
✓ Αεροσυμπιεστής	45 kW
✓ Δευτερεύων αερισμός	45 kW
✓ Σύστημα έκχυσης τσιμεντοκονιάματος	30 kW
✓ Κυκλική αντλία, σύστημα αφρού	11 kW
✓ Αντλία μπεντονίτη	7,5 kW
✓ Μεταφορική ταινία	22 kW
✓ Δεξαμενή κονιάματος	7,5 kW
✓ Αντλία νερού ψύξης	11 kW
✓ Εξαεριστήρας	45 kW
✓ Ενισχυτής δεξαμενής κονιάματος	1,1 kW
✓ Κύκλωμα φιλτραρίσματος	22 kW
✓ Αντλία ρευστών	0,37 kW
✓ Σπαστήρας	220 kW
✓ Αντλίες κενού	3,7 kW
✓ Γερανοί	50 kW
✓ Ολική εγκατεστημένη ισχύς	3.580kW

Το βοηθητικό σύστημα γεννητριών του E.P.B. υποστηρίζει τα ακόλουθα:

- Φωτισμό
- Αεροσυμπιεστή
- Σύστημα αντλιών κενού
- Σύστημα καταστολής πυρκαγιάς
- Σύστημα παρακολούθησης του περιβάλλοντος
- Επικοινωνίες
- PLC και σύστημα ελέγχου μηχανήματος

#### **4.5.10. Συντελεστές απόδοσης**

Το E.P.B. είναι ικανό να ακολουθεί τους μικρότερους συντελεστές απόδοσης που περιγράφονται παρακάτω:

- Ρυθμός εκσκαφής

Η μέγιστη ταχύτητα προώθησης του E.P.B. ανταποκρίνεται στην εκσκαφή ενός βήματος 1,5 μ. μήκους, όσο και το μήκος των δακτυλίων των προκατασκευασμένων στοιχείων της επένδυσης:

- Ανοιχτή λειτουργία: 25 λεπτά (6 cm/min)
- Κλειστή λειτουργία: 30 λεπτά (5 cm/min)
- Τροφοδοσία επένδυσης της σήραγγας και τοποθέτηση

## **4.6 Ανάλυση κόστους-χρόνου**

### **4.6.1. Εισαγωγή**

Τα συστήματα καθοδηγούμενης τροχιάς, έχουν υψηλό κόστος κατασκευής αφού στις υποδομές τους περιλαμβάνεται ο υπόγειος διάδρομος κίνησης, τα συστήματα τροφοδοσίας και ελέγχου των μέσων, οι σταθμοί και τα αμαξοστάσια και οι χώροι υποστήριξης των συστημάτων. Ειδικότερα σε ό,τι αφορά σε υπόγεια συστήματα, το κόστος διαφοροποιείται σημαντικά ανάλογα με

το μέγεθος του συστήματος, τα χαρακτηριστικά του εδάφους, τη μεθοδολογία κατασκευής και το μέγεθος των σταθμών. Η εκτίμηση της Παγκόσμιας Τράπεζας για ένα μέσο κόστος κατασκευής υπογείου αστικού σιδηροδρόμου (Μετρό) είναι αυτή των 101 εκατομμυρίων Ευρώ ανά km (τιμές δεκαετίας 2000-2010). Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τιμές κόστους κατασκευής για νέα κατασκευή ή επέκταση τμημάτων Μετρό.

Πίνακας 4-3: Τιμές κόστους κατασκευής μετρό ,πηγή:

[http://www.madrid.org/metro/madrid\\_ext/madrid\\_extensions.htm](http://www.madrid.org/metro/madrid_ext/madrid_extensions.htm)

Πόλη	Διάρκεια κατασκευής σε χρόνια	Μήκος σε χιλιόμετρα	Αριθμός Σταθμών	Συνολικό Κόστος (σε δις \$)	Κόστος ανά χλμ.(εκατ.\$)
Λονδίνο	9	16	11	6	375
Αθήνα	12	18	21	2.8	156
Παρίσι	8	7	7	1.09	155
Λισσαβόνα	8	12	20	1.43	118
Μαδρίτη	4	56	37	1.08	30

Αν εξαιρεθούν οι πιθανές ανάγκες απόκτησης γης, η κατασκευή επίγειων συστημάτων είναι σαφώς οικονομικότερη. Εκτιμάται ότι το κόστος κατασκευής μιας γραμμής τροχιόδρομου είναι ίσο με το 1/6 έως και το 1/8 του κόστους κατασκευής ενός συστήματος Μετρό.

#### **4.6.2. Κόστος κατασκευής γραμμής Μετρό στη Λευκωσία**

Ο υπολογισμός του κόστους της γραμμής που μελετήθηκε βασίζεται σε στοιχεία από προηγούμενα έργα της Αττικό Μετρό. Γίνεται αντιληπτό ότι τα σφάλματα σε αυτήν την περίπτωση είναι σημαντικά καθώς το κόστος κατασκευής παρουσιάζει διαφοροποιήσεις που οφείλονται στις ιδιαιτερότητες κάθε περιοχής όπως π.χ. τα μηχανικά χαρακτηριστικά των γεωλογικών σχηματισμών που πρόκειται να συναντηθούν.

Το κόστος κατασκευής εξαρτάται από παράγοντες όπως:

- Η μέθοδος διάνοιξης της σήραγγας. Όταν το μήκος της σήραγγας είναι μικρό, το κόστος διάνοιξης της είναι μικρότερο με τη μέθοδο εκσκαφής NATM σε σύγκριση με τη μέθοδο της διάτρησης με μηχανήματα ολομέτωπης κοπής (T.B.M.). Αντίθετα για μεγαλύτερα μήκη σηράγγων η διάνοιξη με T.B.M. είναι οικονομικότερη για αυτό το λόγο προτιμήθηκε ο συγκεκριμένος τρόπος διάνοιξης.
- Η ύπαρξη δικτύων των Οργανισμών Κοινής Ωφελείας (αποχέτευση, ύδρευση, ΔΕΗ, ΟΤΕ, φυσικό αέριο), των οποίων θα απαιτηθεί η μετακίνηση. Οι εργασίες για τη μετακίνηση αυτών αυξάνουν σημαντικά το κόστος του έργου.
- Το μέγεθος των σταθμών και η απόσταση μεταξύ τους. Μεγαλύτεροι σταθμοί αυξάνουν το κόστος κατασκευής.

#### **4.6.3. Στοιχεία κόστους από έργα της Αττικό Μετρό στην Αθήνα**

Τα στοιχεία που παρουσιάζονται στη συνέχεια αναφέρονται σε μονή σήραγγα διπλής τροχιάς. Στο κόστος της μεθόδου διάνοιξης με T.B.M. περιλαμβάνεται διάμετρος εκσκαφής 9,5 μέτρα και μόνιμη επένδυση με προκατασκευασμένα στοιχεία.

##### **Κόστος διάνοιξης με T.B.M.**

Το κόστος κατασκευής της σήραγγας με T.B.M. ανέρχεται περίπου σε 15.000 Ευρώ/μέτρο.

##### **Κόστος κατασκευής σταθμών**

Μια μέση τιμή για το κόστος κατασκευής κάθε σταθμού με βάση τα στοιχεία που δόθηκαν για τη μελέτη αυτή είναι με την μέθοδο NATM περίπου 12.000.000 Ευρώ, ενώ για κατασκευή σταθμού με τη μέθοδο Cut and Cover μια μέση τιμή κόστους είναι 8.000.000 Ευρώ.



### Κόστος κατασκευής φρεάτων

Στη μελέτη αυτή θα τοποθετηθούν φρέατα σε αποστάσεις σταθμών άνω των 1000 μέτρων και το κόστος κάθε φρέατος υπολογίζεται ότι κοστίζει περίπου 800.000 Ευρώ.

### Κοστολόγηση γραμμής στη Λευκωσία

Στη συνέχεια γίνεται εκτίμηση για το κόστος κατασκευής της γραμμής με βάση τα παραπάνω. Οι τιμές που προκύπτουν περιλαμβάνουν μόνο τα έργα πολιτικού μηχανικού που αποτελούν περίπου τα 4/10 του συνολικού κόστους της γραμμής. Τα ηλεκτρομηχανολογικά αποτελούν περίπου τα άλλα 4/10 και τέλος τα άλλα 2/10 περιλαμβάνουν τα αρχιτεκτονικά έργα.

Το κόστος των έργων του πολιτικού μηχανικού θα προκύψει από το παρακάτω άθροισμα:

Συνολικό κόστος = Κόστος διάνοιξης με Τ.Β.Μ. + Κόστος σταθμών + Κόστος φρεάτων

### Αναλυτικότερα

- Το συνολικό μήκος της σήραγγας είναι που θα εκσκαφή με Τ.Β.Μ. είναι 10.873 μέτρα.
- Η γραμμή περιλαμβάνει 11 σταθμούς. Από αυτούς 5 θα κατασκευαστούν με NATM και 6 θα κατασκευαστούν με τη μέθοδο Cut and Cover.
- Οι αποστάσεις 6 σταθμών ξεπερνάνε τα 1000μ οπότε γίνεται υπολογισμός για 6 φρέατα.

Επομένως το κόστος των έργων πολιτικού μηχανικού της γραμμής υπολογίζεται από τη σχέση:

Συνολικό Κόστος = Κόστος διάνοιξης με Τ.Β.Μ. + Κόστος σταθμών + Κόστος φρεάτων =  $15,000 \cdot 10,873 + (5 \cdot 12,000,000 + 6 \cdot 8,000,000) + 6 \cdot 800,000$  Ευρώ = 275,895,000 Ευρώ.

**Πίνακας 4-4: Υπολογισμός συνολικού κόστους γραμμής μετρό Λευκωσίας**

	Ποσοστό συμμετοχής στο συνολικό κόστος	Κόστος (Euro)
Έργα πολιτικού μηχανικού	4/10	275,895,000
Ηλεκτρομηχανολογικά έργα	4/10	275,895,000
Αρχιτεκτονικά έργα	2/10	137,947,500
<b>Σύνολο</b>	<b>10/10</b>	<b>689,737,500</b>

**4.6.4.Χρόνος Κατασκευής της Γραμμής Μετρό**

Στην παρούσα παράγραφο θα μελετηθεί το ελάχιστο χρονικό διάστημα μέσα στο οποίο είναι δυνατή η κατασκευή του έργου. Όπως στον υπολογισμό του κόστους του έργου έτσι και εδώ θα χρησιμοποιηθούν στοιχεία από τα έργα της Αττικό Μετρό στην Αθήνα. Πρέπει να τονισθεί και σε αυτό το σημείο ότι οι υπολογισμοί που ακολουθούν περιέχουν σημαντικά σφάλματα και για αυτό οι χρόνοι που θα προκύψουν δεν πρέπει να θεωρούνται δεδομένοι.

**4.6.5. Στοιχεία χρόνων κατασκευής από έργα της Αττικό Μετρό στην****Αθήνα**

Οι χρόνοι κατασκευής των επιμέρους έργων μιας γραμμής της Αττικό Μετρό διαμορφώνονται ως εξής:

**Εκσκαφή με Τ.Β.Μ.**

- Χρονική διάρκεια συναρμολόγησης και εκκίνησης Τ.Β.Μ.: 2 μήνες
- Ταχύτητα προχώρησης με Τ.Β.Μ.: 10 μ./μέρα
- Χρονική διάρκεια αποσυναρμολόγησης Τ.Β.Μ.: 6 μήνες (Περιλαμβάνει και την κατασκευή φρέατος Φ10 μ. για την έξοδο του Τ.Β.Μ.)

**Κατασκευή σταθμών**

- Χρονική διάρκεια αρχαιολογικών ερευνών: 2, 4 μήνες για επίπεδο σοβαρότητας Γ, Β αντίστοιχα.

- Χρονική διάρκεια εκσκαφής σταθμού: 4 μήνες
- Κατασκευή σταθμού: 11 μήνες

### Υπολογισμός χρονικής διάρκειας ολοκλήρωσης του έργου στη Λευκωσία

#### *Μέθοδος υπολογισμού χρονικής διάρκειας εργασιών*

Πριν ξεκινήσει και φτάσει η διάνοιξη της σήραγγας με το μηχάνημα ολομέτωπης κοπής ( T.B.M.) στον σταθμό , πρέπει οι εργασίες σε αυτόν το σταθμό να έχουν ολοκληρωθεί. Τότε το μηχάνημα θα μπορέσει να προχωρήσει χωρίς εκσκαφή κατά μήκος του σταθμού (αφού θα έχει ήδη γίνει) και στη συνέχεια (στο τέλος του σταθμού) θα ξεκινήσει πάλι την εκσκαφή.

#### *Εκσκαφή σταθμών*

Ο χρόνος εκσκαφής και κατασκευής του σταθμού όπως προαναφέρθηκε είναι περίπου 15 μήνες. Θεωρείται λοιπόν ότι όλοι οι σταθμοί ξεκινάνε άμεσα με την αρχή της κατασκευής του έργου.

#### *Εκσκαφή με T.B.M.*

Η χρονική διάρκεια κατασκευής της σήραγγας με T.B.M. προκύπτει πολλαπλασιάζοντας την ταχύτητα προχώρησης του T.B.M. με το αντίστοιχο μήκος της σήραγγας. Έτσι λοιπόν για μήκος σήραγγας 10,873μ και 10 μέτρα προχώρησης ανά ημέρα, η ολοκλήρωση του έργου γίνεται σε 1,088 μέρες και με την προϋπόθεση ότι ένας μήνας έχει 20 πραγματικές μέρες έναντι ημερολογιακών(λειτουργίας μηχανήματος και 10 μέρες συντήρησή του) έχουμε ολοκλήρωση της σήραγγας σε περίπου 55 μήνες και άλλους 15 μήνες για τη διάρκεια κατασκευής του πρώτου σταθμού. Προσθέτοντας και 8 μήνες (2 μήνες συναρμολόγηση και 6 μήνες αποσυναρμολόγηση) το TBM μπορεί να έχει ολοκληρώσει όλη τη σήραγγα σε περίπου 6,5 χρόνια.



## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το οξύτατο συγκοινωνιακό πρόβλημα της Λευκωσίας οδήγησε στην σύλληψη της ιδέας ύπαρξης μιας γραμμής μετρό. Οι ήδη προτεινόμενες λύσεις όπως τραμ, λεωφορεία και ποδηλατοδρόμοι χρησιμοποιούν μόνο τον επίγειο χώρο. Η παρούσα προτεινόμενη λύση διαφοροποιείται προτείνοντας ένα σύστημα μετρό, αξιοποιώντας έτσι κυρίως τον υπόγειο χώρο. Η πρόταση αυτή είναι σημαντική καθώς παρέχει τα πλεονεκτήματα να μην επιβαρύνει περιβαλλοντικά, κοινωνικά αλλά και να μην διαταράσσει το επίγειο κυκλοφοριακό σύστημα. Επίσης προβλέπεται να προσφέρει σημαντική μείωση του χρόνου μετακίνησης μέσα στη πόλη.

Με γνώμονα λοιπόν τα πλεονεκτήματα αυτά, έγινε η προσπάθεια μιας ολοκληρωμένης πρότασης-μελέτης γραμμής μετρό. Η μελέτη αυτή κινήθηκε σε δύο βασικούς άξονες. Ο πρώτος ήταν η επιλογή μιας βέλτιστης χάραξης γραμμής, με κύριο στόχο την εξυπηρέτηση των κεντρικότερων σημείων της Λευκωσίας αλλά και με μία σχεδιαστική κατεύθυνση που να μπορεί στο μέλλον να δεχθεί επεκτάσεις όπως για παράδειγμα να γίνει σε σχήμα δακτυλίου, ώστε να καλύψει μελλοντικά το μεγαλύτερο τμήμα της περιφέρειας της πόλης. Χαρακτηριστικό παράδειγμα σε μεγαλύτερη κλίμακα είναι το μετρό της Μόσχας, που έχει σχήμα δακτυλίου και εξυπηρετεί το μεγαλύτερο μέρος της, λειτουργώντας άψογα.

Ο δεύτερος άξονας, που αποτελεί ουσιαστικά την υλοποίηση από τεχνικής πλευράς αυτής της πρότασης, αφορά την επιλογή βέλτιστων μεθόδων για τη διάνοιξη των σταθμών και της σήραγγας με βάση τα γεωλογικά και γεωτεχνικά χαρακτηριστικά κατά μήκος της γραμμής χάραξης. Η πρόταση αυτή μπορεί επίσης στο μέλλον να δεχθεί κάποιες αλλαγές για τη μείωση του κόστους κατασκευής της, όπως για παράδειγμα μπορεί να μελετηθεί η μείωση του αριθμού των σταθμών ή κατασκευαστικά να γίνει επιλογή μονής σήραγγας μονής τροχιάς που μόνο στους σταθμούς θα γίνεται διπλή ή ακόμη να επιλεχθεί δίδυμη σήραγγα μονής τροχιάς.

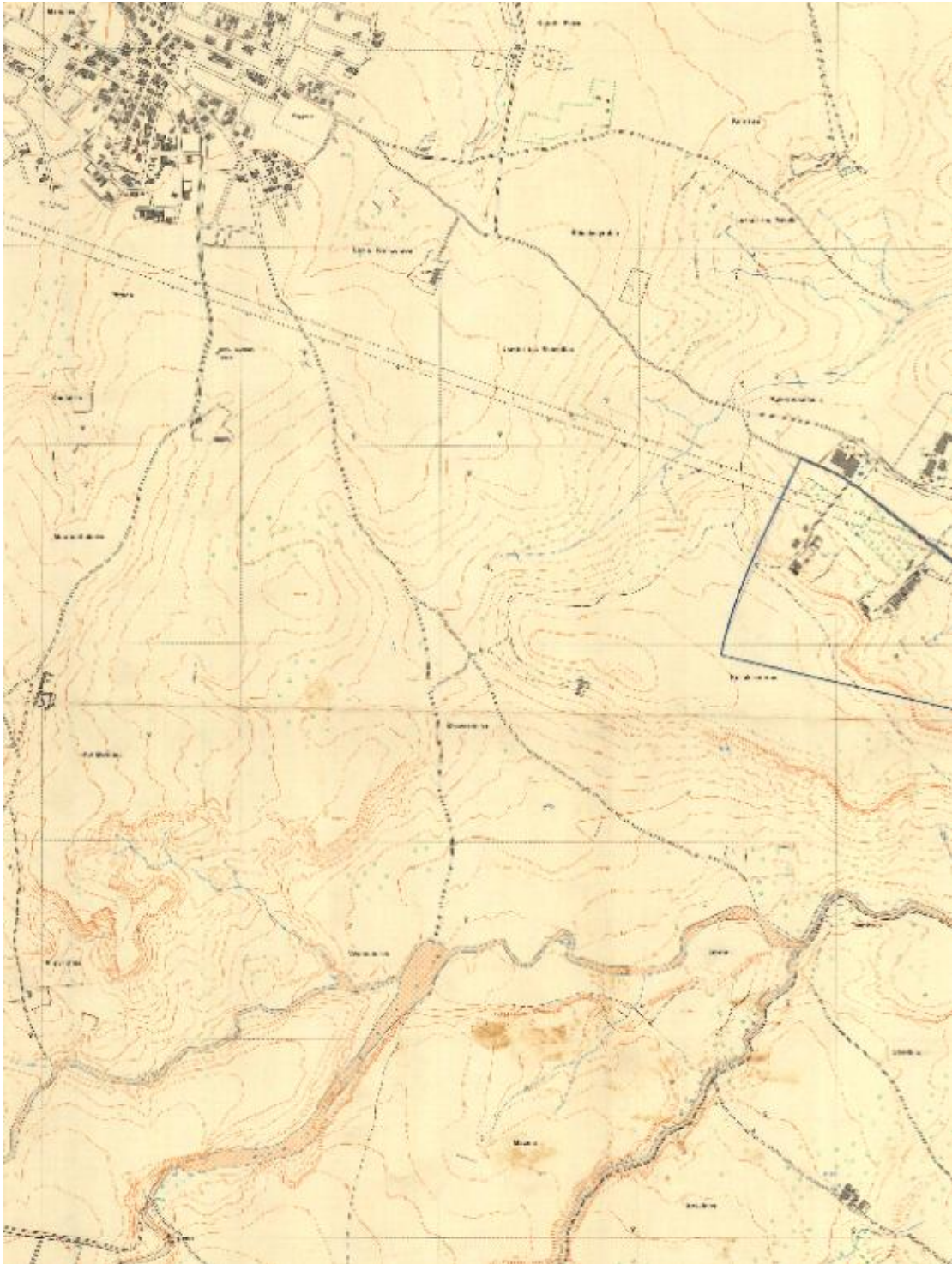
Τέλος, θεωρούμε ότι με την ολοκλήρωση του Μετρό μπορεί να δοθεί ριζική λύση στο κυκλοφοριακό πρόβλημα της Λευκωσίας, γεγονός που συνέβη και στην περίπτωση της Αθήνας αλλά και σε άλλες Ευρωπαϊκές πόλεις όμοιες πληθυσμιακά με την Λευκωσία (Λοζάνη ,Λιλ κ.α) όπου το μετρό αποτελεί το βασικότερο μέσο μαζικής μεταφοράς βελτιώνοντας σημαντικά την ποιότητα ζωής των κατοίκων.



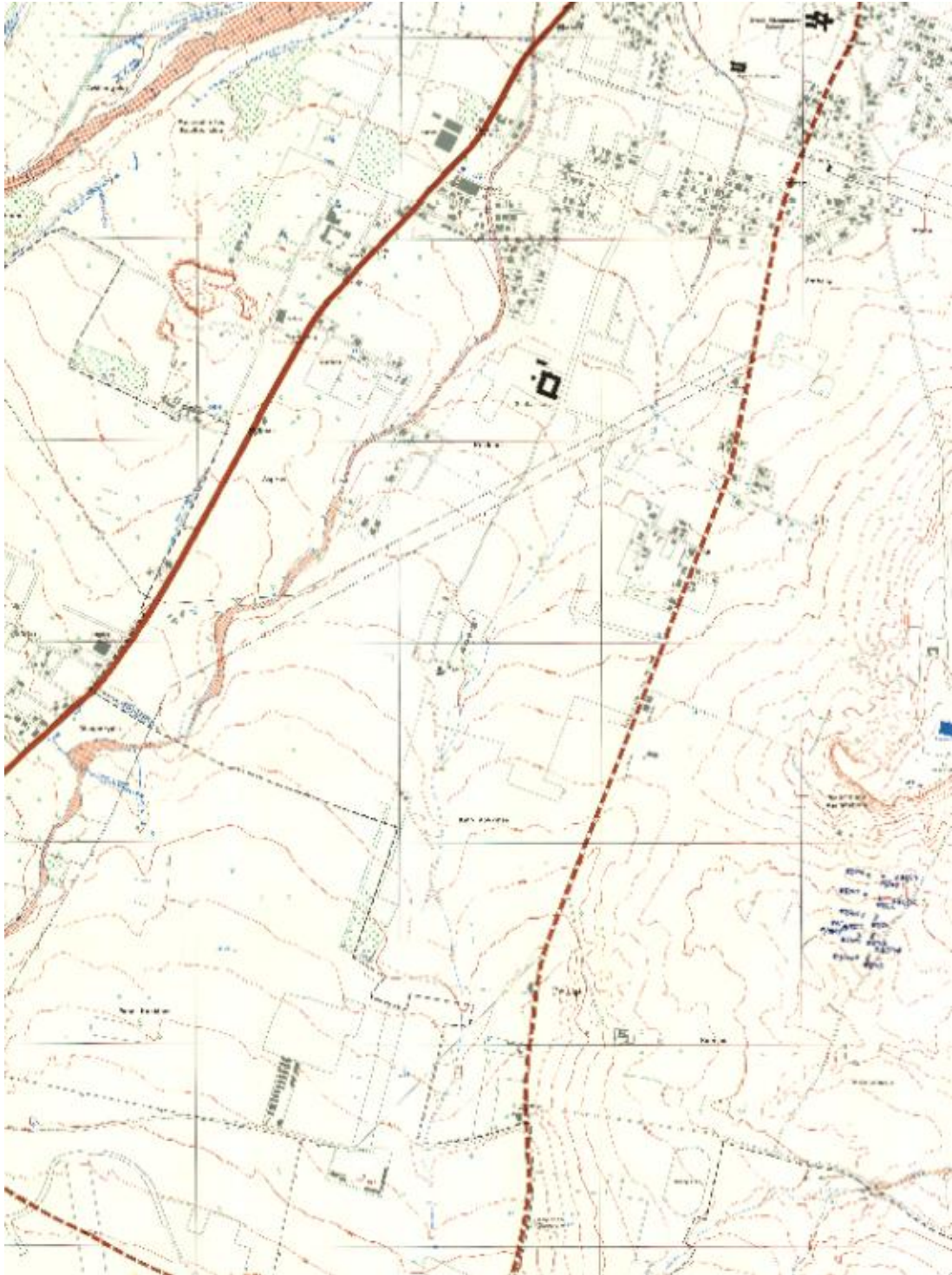
## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ**



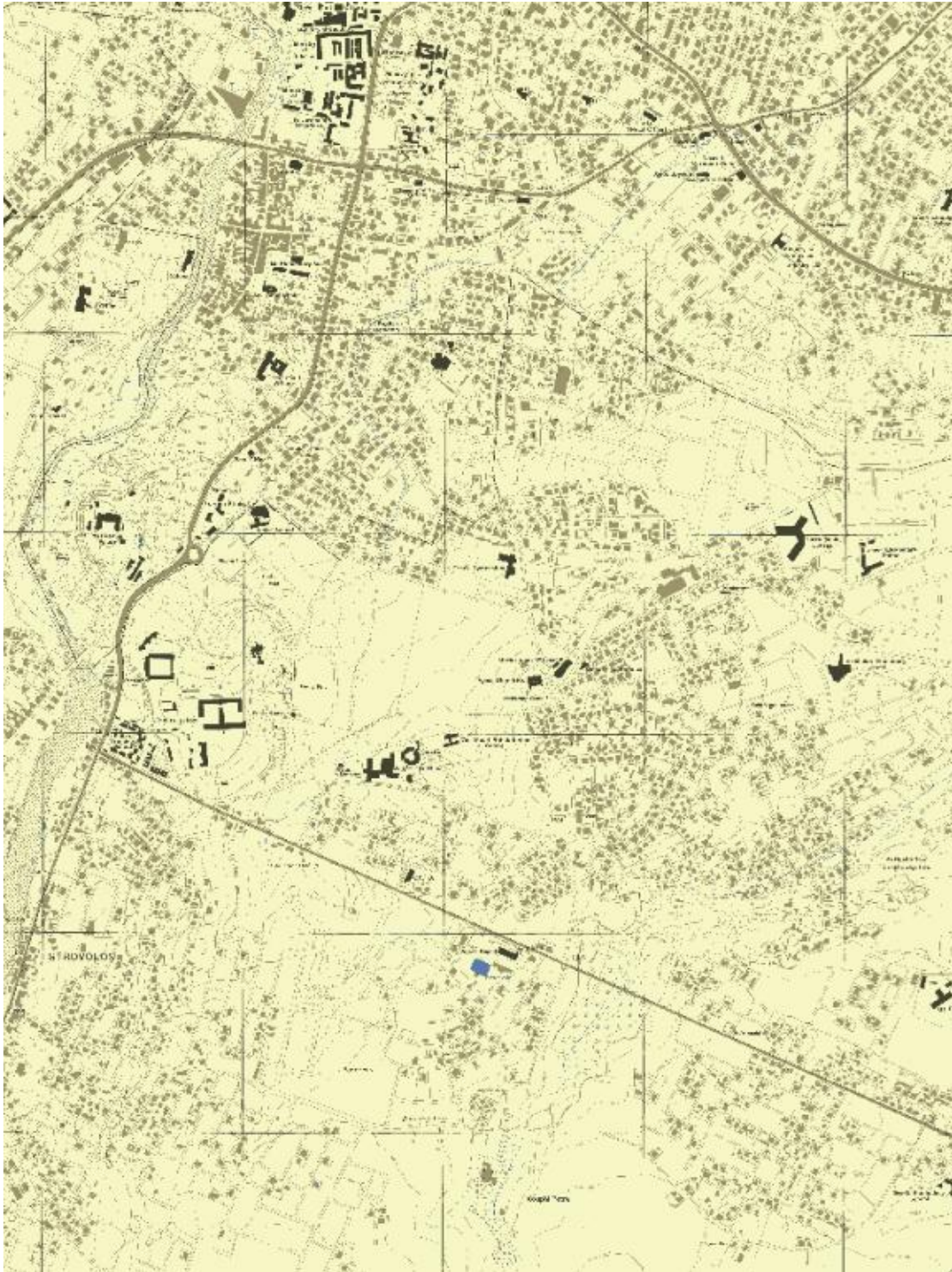




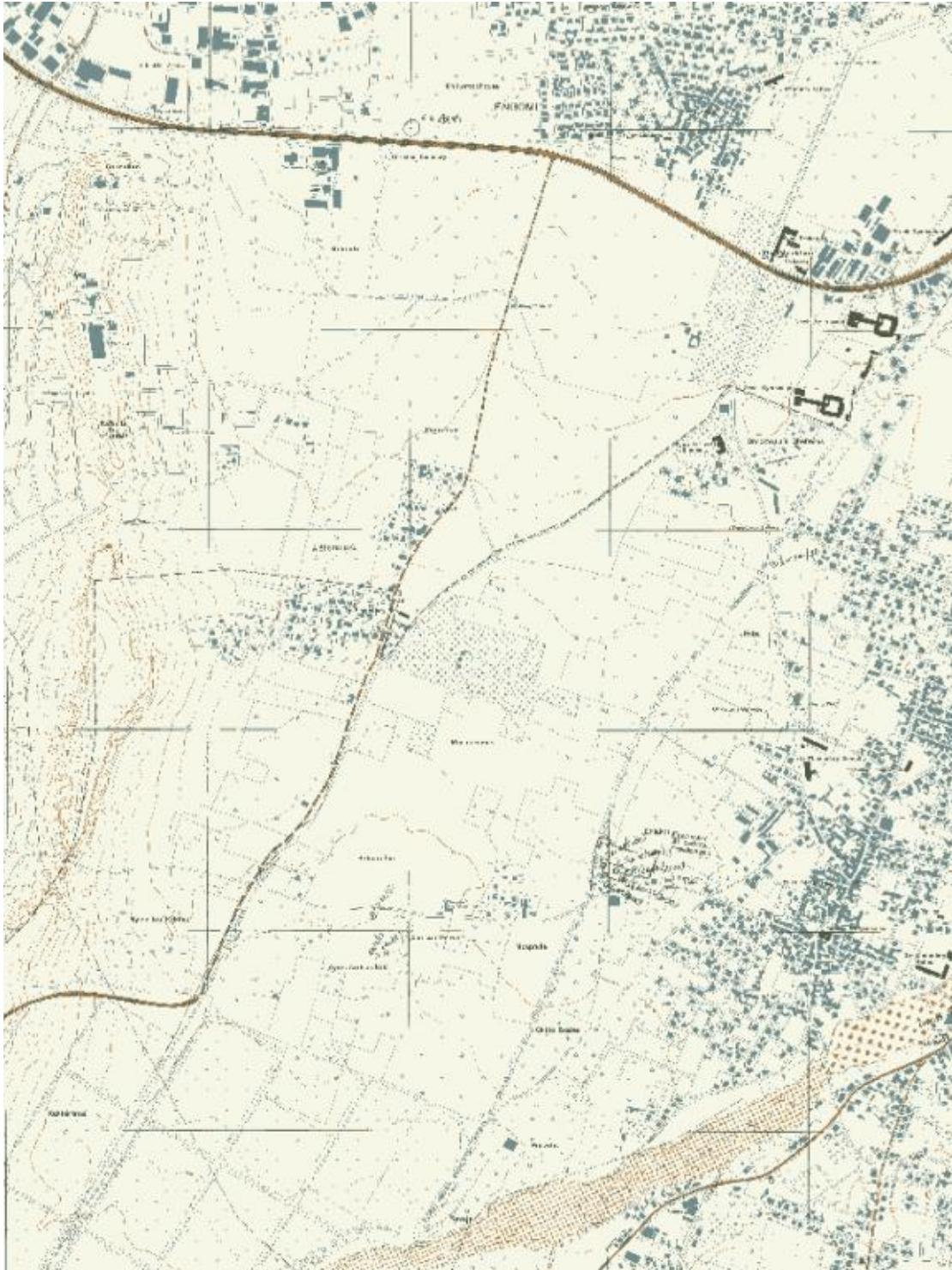
Τοπογραφικός χάρτης 1



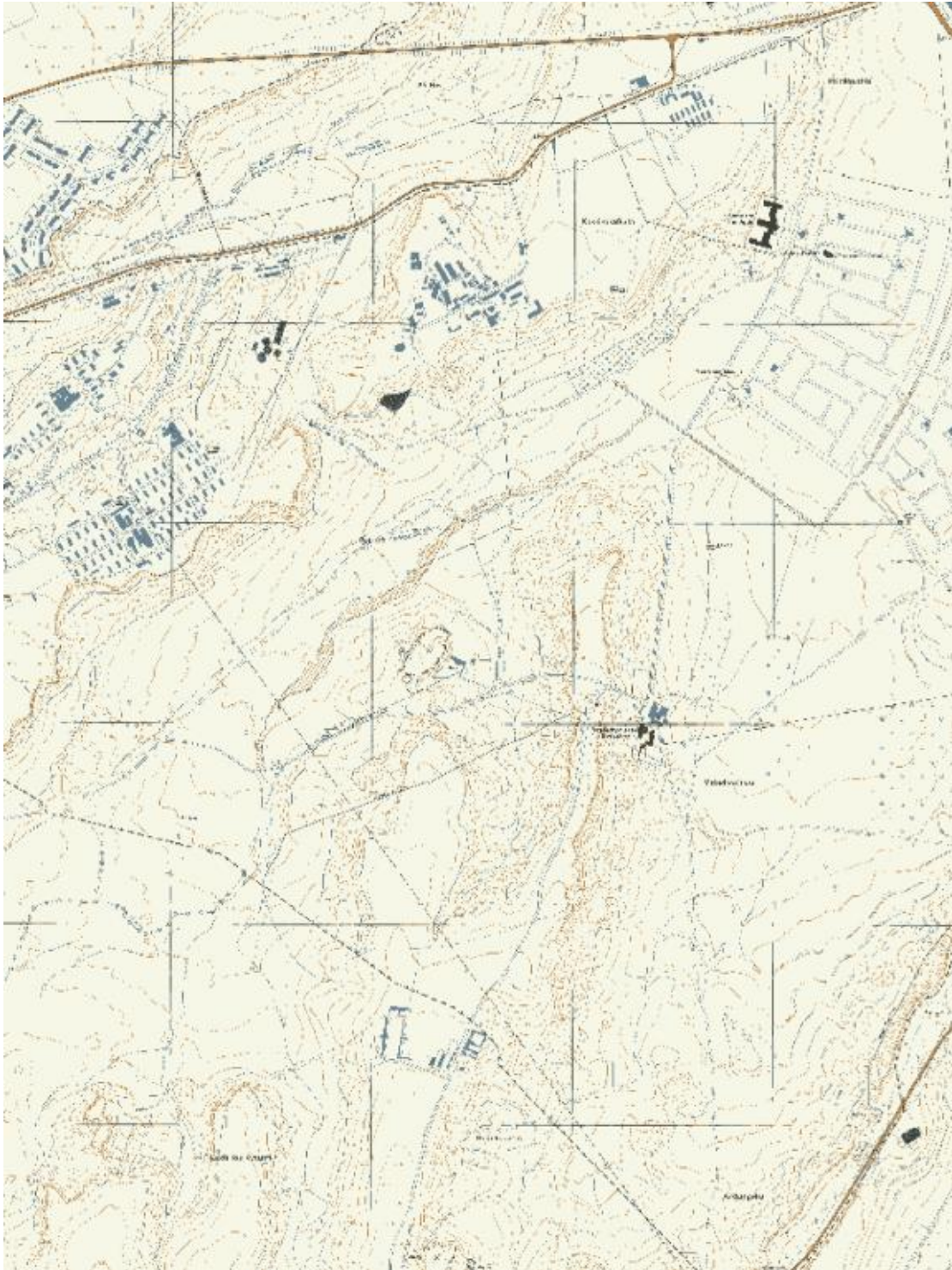
Τοπογραφικός χάρτης 2



Τοπογραφικός χάρτης 3

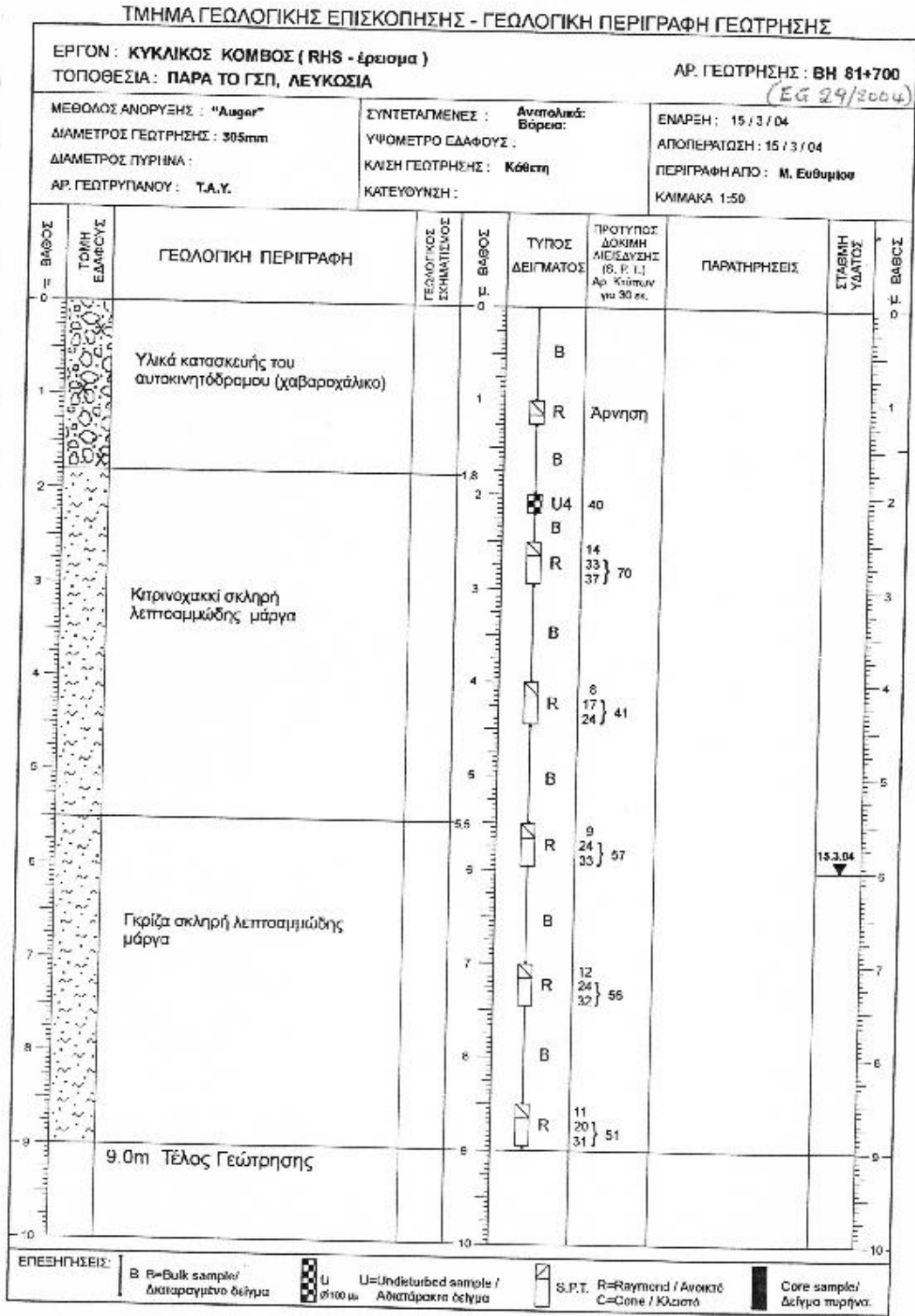


Τοπογραφικός χάρτης 4



Τοπογραφικός χάρτης 5





**Γεώτρηση στην περιοχή Λατσιά**

**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗΣ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ - ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ**

ΕΡΓΟΝ : ΓΕΦΥΡΑ ( LHS - έρρευμα )		ΑΡ. ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ : ΒΗ 81+770	
ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ : ΠΑΡΑ ΤΟ ΓΣΠ, ΛΕΥΚΩΣΙΑ		(ΕΓ 30/2004)	
ΜΕΘΟΔΟΣ ΛΗΘΥΡΣΗΣ : "Auger"	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΟΣ : Ανατολικά: Βόρεια:	ΕΝΑΡΞΗ : 17/3/04	ΑΠΟΠΕΡΑΤΩΣΗ : 17/3/04
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ : 305mm	ΥΨΟΜΕΤΡΟ ΕΔΑΦΟΥΣ :	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΙΩ : Μ. Ευθυρίου	
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΠΥΡΗΝΑ :	ΚΛΙΣΗ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ : Κάθετη	ΚΛΙΜΑΚΑ 1:50	
ΑΡ. ΓΕΩΤΡΥΠΑΝΟΥ : Τ.Α.Υ.	ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ :		

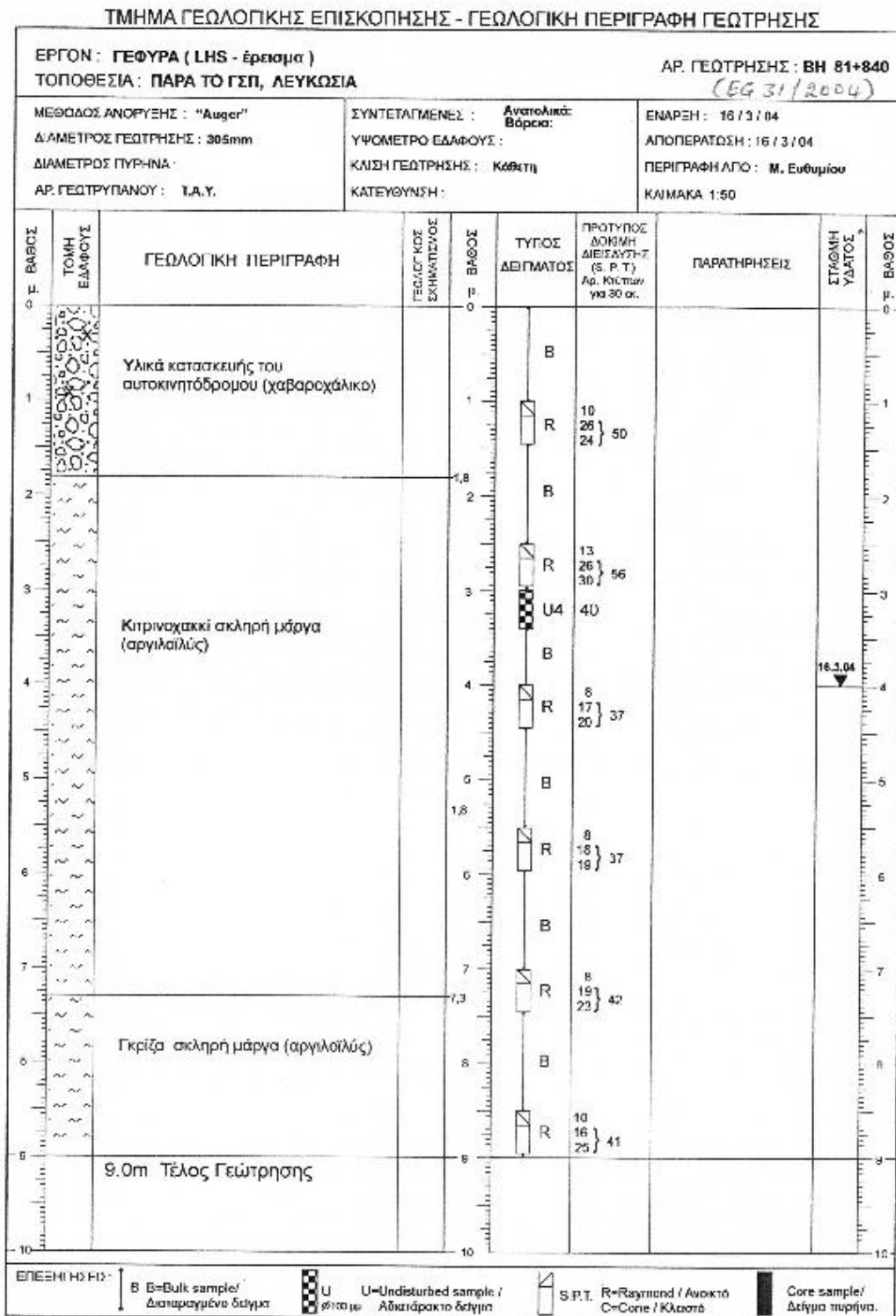
ΒΑΘΟΣ	ΤΟΜΗ ΕΔΑΦΟΥΣ	ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΣΗΜΑΤΙΣΜΟΣ	ΒΑΘΟΣ	ΤΥΠΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	ΠΡΟΤΥΠΟΣ ΔΟΚΙΜ. ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ (S.P.T) Αρ. Κτύπων για 30 εκ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ	ΒΑΘΟΣ
0		Υλικά κατασκευής του αυτοκινητόδρομου (χαβαροχάλικο)		0				0
1		Κίτρινοχακί σκληρή λεπτοαμμώδης μάργα		1	B			1
2				2	R	5 13 20 } 33		2
3				3	B			3
4				4	R	7 12 21 } 33		4
5		Γκριζα σκληρή λεπτοαμμώδης μάργα		5	U4	40		5
6				6	R	9 17 22 } 39		6
7				7	B			7
8		9.0m Τέλος Γεώτρησης		8	B			8
9				9	R	9 17 22 } 39		9
10				10	B			10
					R	10 18 23 } 41		

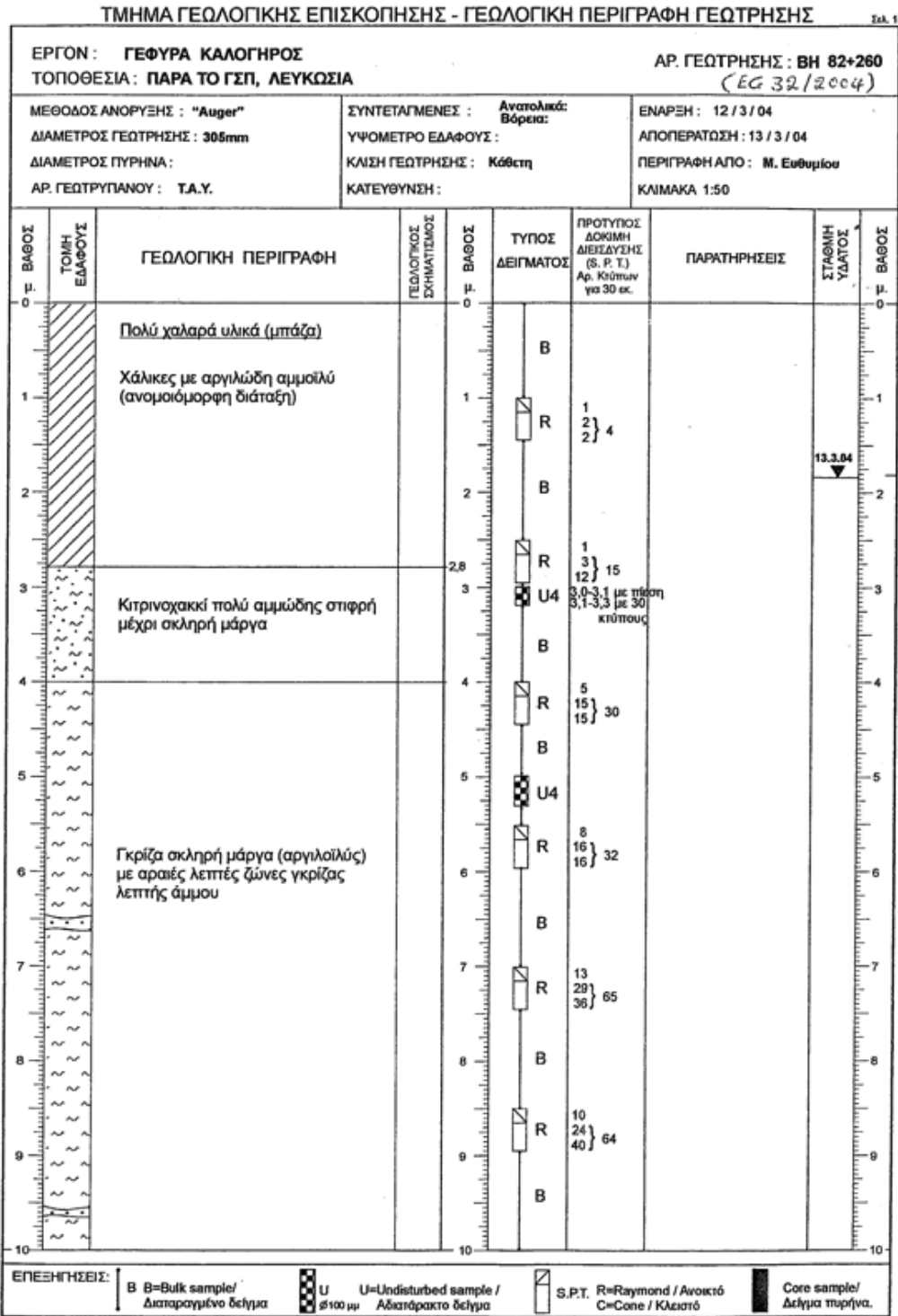
ΕΠΕΞΗΓΗΣΕΙΣ:	B Bulk sample / Διαταραγμένο δείγμα	U Undisturbed sample / Αδιστάρακτο δείγμα	S.P.T. R=Raymond / Ανακρίβ. C=Cone / Κλίμακα	Core sample / Δείγμα πυρήνα
--------------	-------------------------------------	---	--	-----------------------------

**Γεώτρηση 1 στην περιοχή του σταθμού «Νέο Γ.Σ.Π.»**

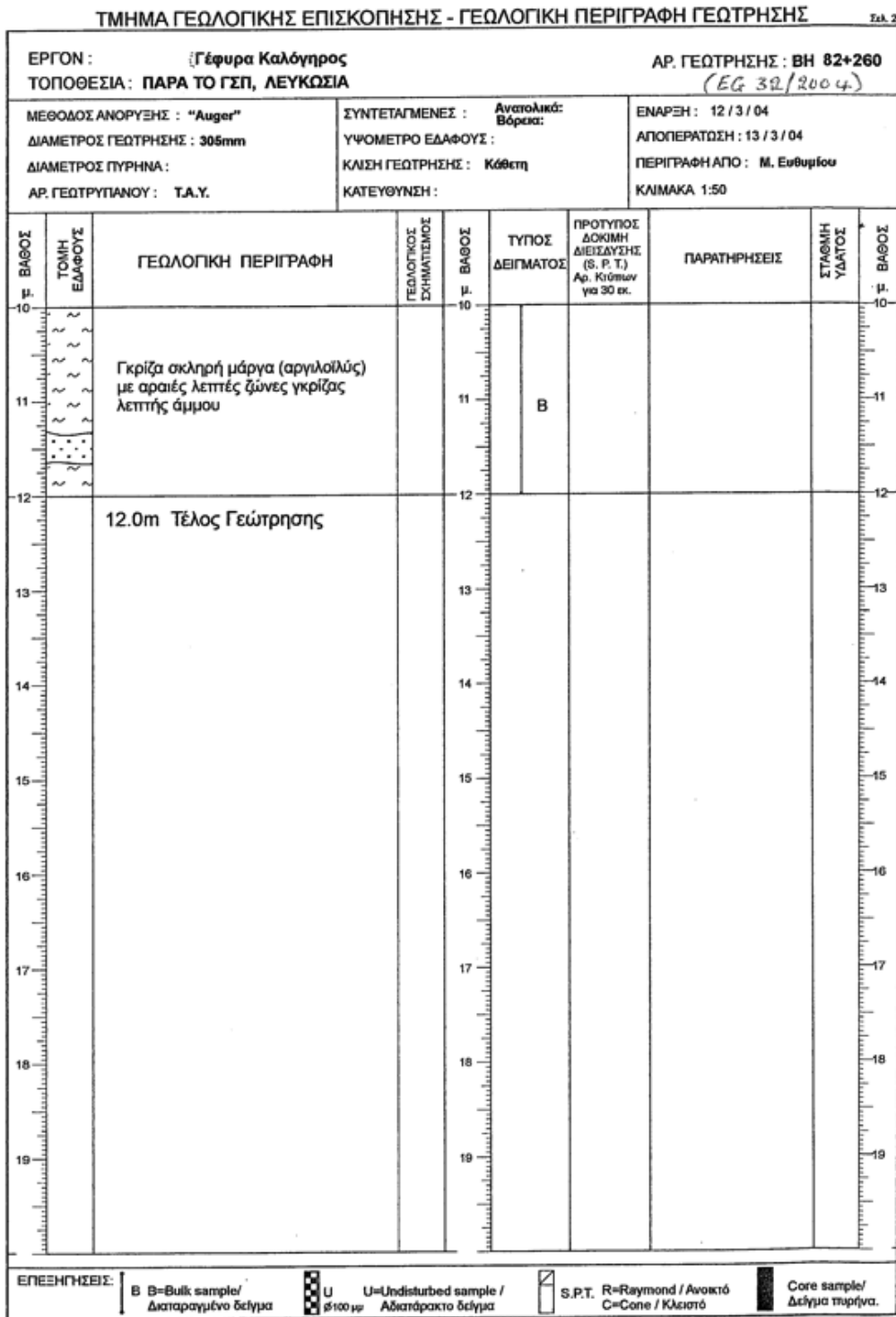




**Γεώτρηση 2 στην περιοχή του σταθμού «Νέο Γ.Σ.Π.»**



<<ΧΑΡΑΞΗ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΡΟ ΣΤΗΝ ΛΕΥΚΩΣΙΑ>>

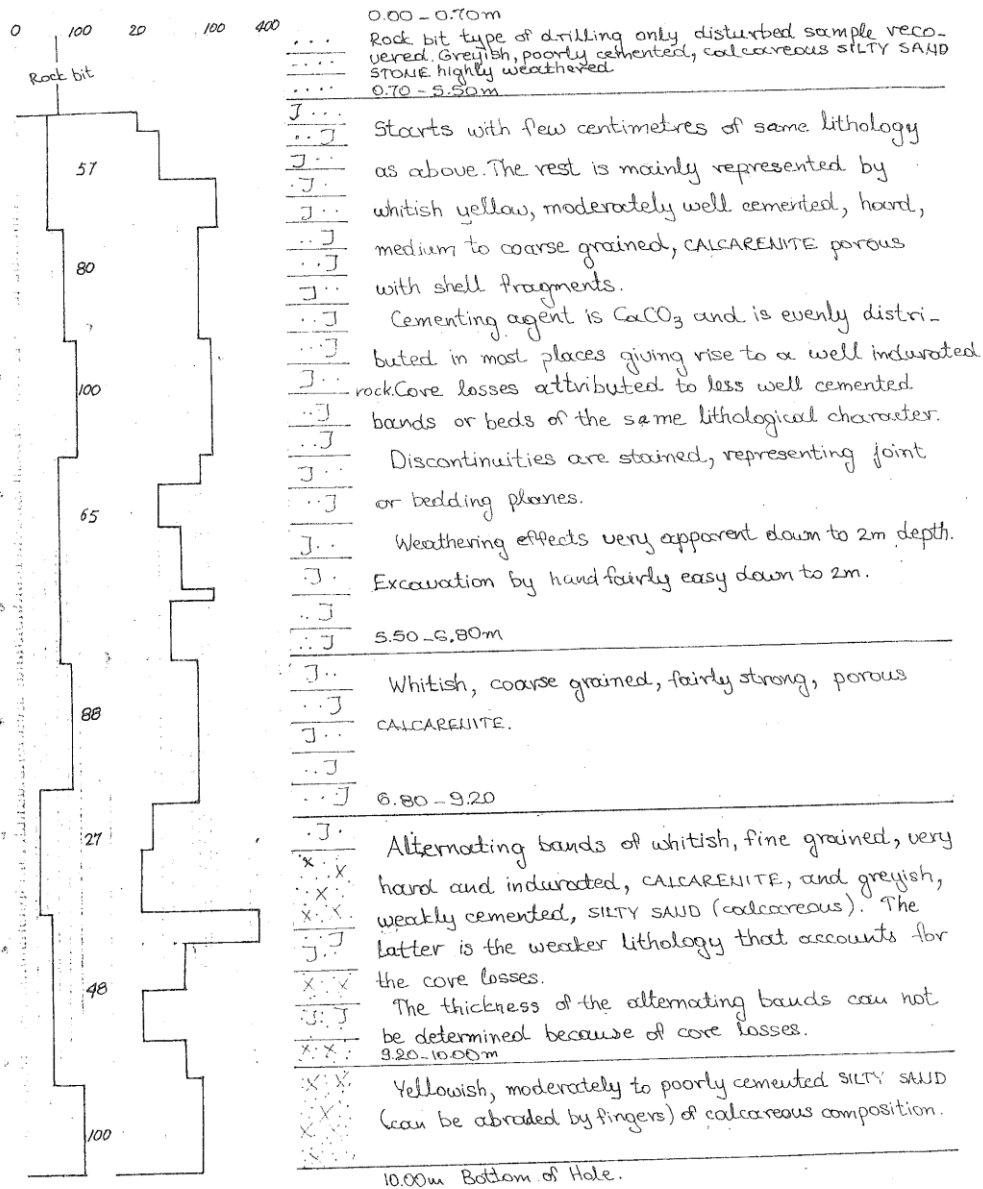


Γεώτρηση 3 στην περιοχή του σταθμού «Νέο Γ.Σ.Π.»

EG/19/76

STATION 82+900  
121mm  
Borehole No 27

Rotary  
0.00 - 0.70 m 18.4.76  
0.70 - 10.00 19.4.76



**Γεώτρηση 4 γύρω από την περιοχή του: σταθμού «Βιομηχανική Περιοχή»**

<<ΧΑΡΑΞΗ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΡΟ ΣΤΗΝ ΛΕΥΚΩΣΙΑ>>

ROADS SECTION		BORED FOR NEW NICOSIA LIMASSOL ROAD						
LOCATION: KALOYEROS RIVER		BOREHOLE NO: 2 EL 1976/148						
GROUND SURFACE LEVEL		TYPE OF BORING: AUGER DRILLING						
DATE: 12.1.76 - 14.1.76		DIAMETER: 0.25 m						
		INCLINATION: VERTICAL						
DESCRIPTION OF STRATA	SECTION	DEPTH	THICK	LEVEL	SAMPLE	SPT BLOWS/ft	WATER LEVEL	REMARKS
		BELOW SURFACE M	NESS M	M	TYPE & DEPTH M			
Brown SANDY SILT	X. x. x.	0.00			B	0.00		Few isolated igneous sub-angular to subrounded GRAVEL
	o	0.60	0.60		B	0.60		
Grey, subangular to subrounded mostly igneous GRAVEL with some small weathered igneous BOULDER and some SAND and SILT	o o o		1.70		B			
	o	2.30			R	16		
Pale brown, medium dense SILTY CLAY	-x λ -		0.70		R	2.50		
		3.00			R	3.00		
Grey, medium dense SILTY CLAY with pale brown CLAY	-x x - -		0.70		R	22	3.20m	
		3.70			R	3.50		
Grey, very stiff SILTY CLAY & / OR CLAYEY SILT	-x x - x -		1.30		R	23		
		5.00			R	4.50		
Grey, hard CLAYEY SILT	x - x -		0.70		R	68		
		5.70			R	5.50		
Grey, very dense, FINE SILTY SANDSTONE	x x x		1.00		R	60		
	x x	6.70			R	6.50		
Grey, dense, fine SANDSTONE with some SILT	x x		1.00		R	32		
		7.70			R	7.00		
Grey, very dense					B	7.50		
					B	8.00		

CONTINUED

<<ΧΑΡΑΞΗ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΡΟ ΣΤΗΝ ΛΕΥΚΩΣΙΑ>>

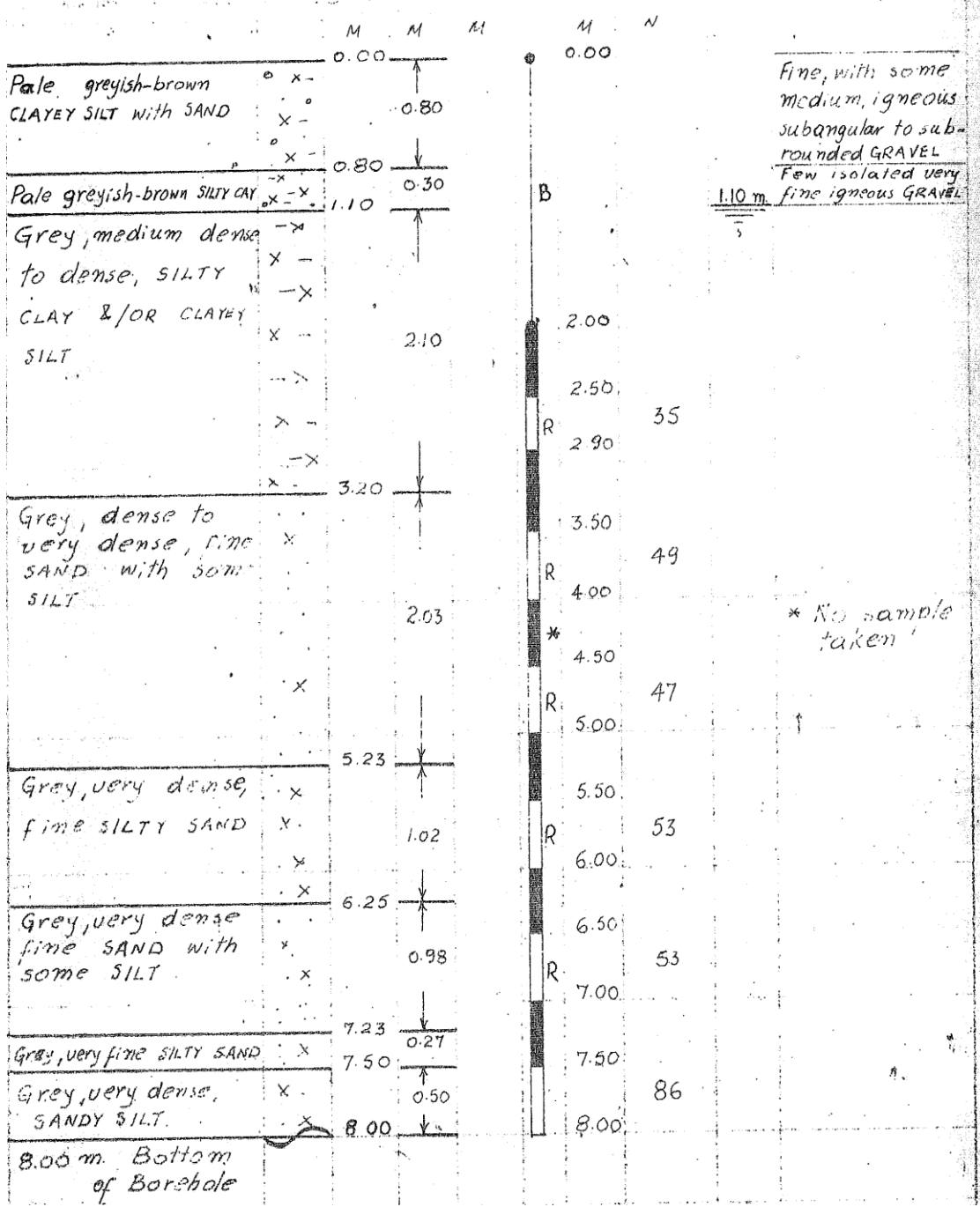
ROADS SECTION		BORED FOR NEW NICOSIA LINDSOL ROAD						
LOCATION: KALOYEROS RIVER		BOREHOLE No: 2 ΕΛ 1976/148		TYPE OF BORING: AUGER DRILLING				
GROUND SURFACE LEVEL:		DATE: 12.1.76 - 14.1.76		DIAMETER: 0.25 m.		INCLINATION: VERTICAL		
DESCRIPTION OF STRATA	SECTION	DEPTH SECTION M	THICKNESS M	LEVEL M	SAMPLES TYPE DEPTH M	BLOWS/N	WATER LEVEL	REMARKS
SANDY SILTSTONE giving refusal in the S.P.T.	X		1.05		R 8.00	*		* Refusal at 22 cm. pen. (83 blows)
Grey, dense, SANDY SILTSTONE and SILTY SANDSTONE	X	8.75			B 9.00			
	X		0.95		R 9.50	43		
Grey, very dense, SANDY SILTSTONE	X	9.70			R 10.00			
	X		0.70		R 10.40	80		
10.40 m. Bottom of Borehole		10.40						

Γεώτρηση 5 γύρω από την περιοχή του: σταθμού «Βιομηχανική Περιοχή»

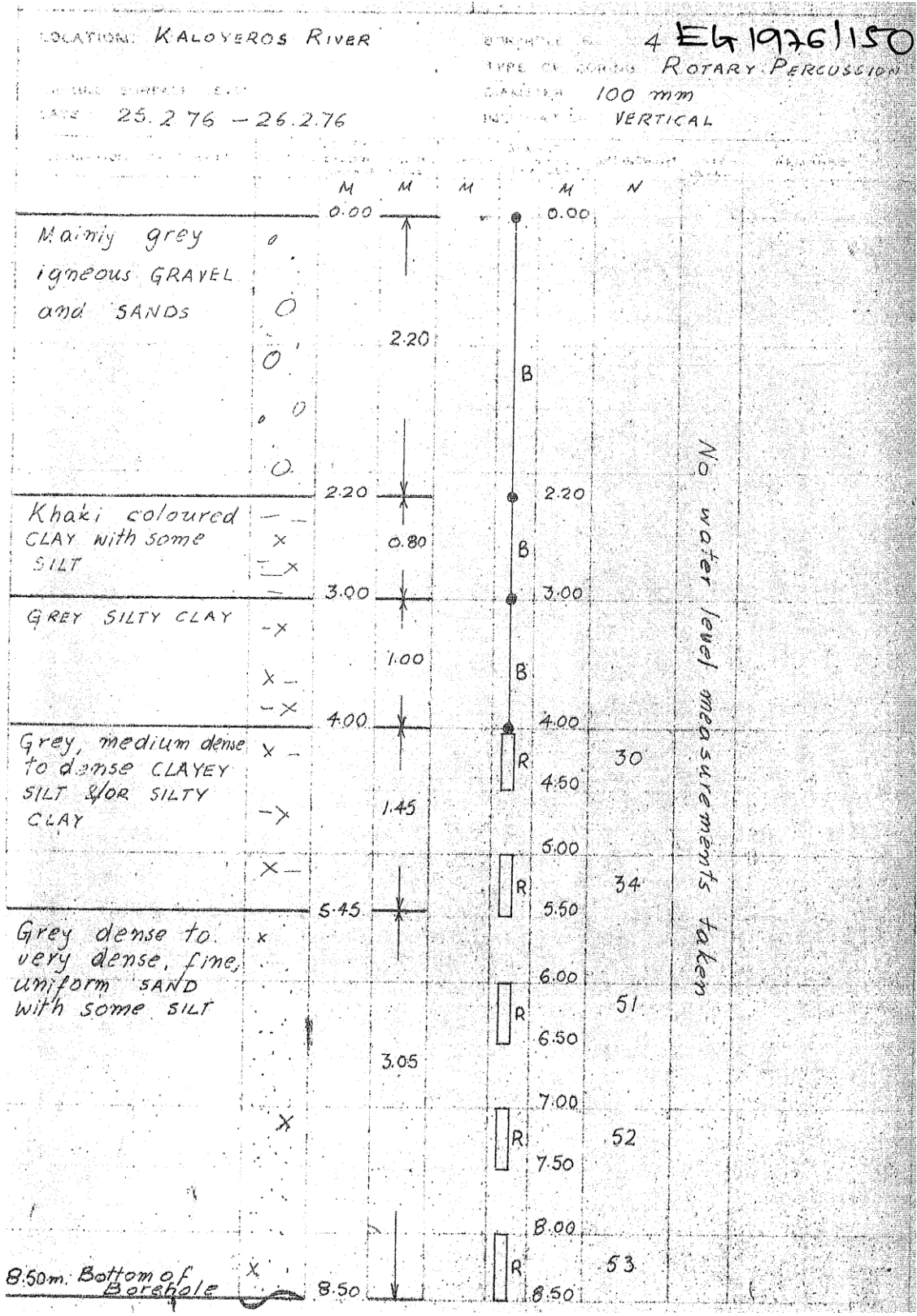
LOCATION KALOYEROS RIVER  
 DATE 21.1.76 - 23.1.76

3 EG-1976/149  
 AUGER DRILLING

0.25 cm  
 VERTICAL



Γεώτρηση 6 γύρω από την περιοχή του: σταθμού «Βιομηχανική Περιοχή»

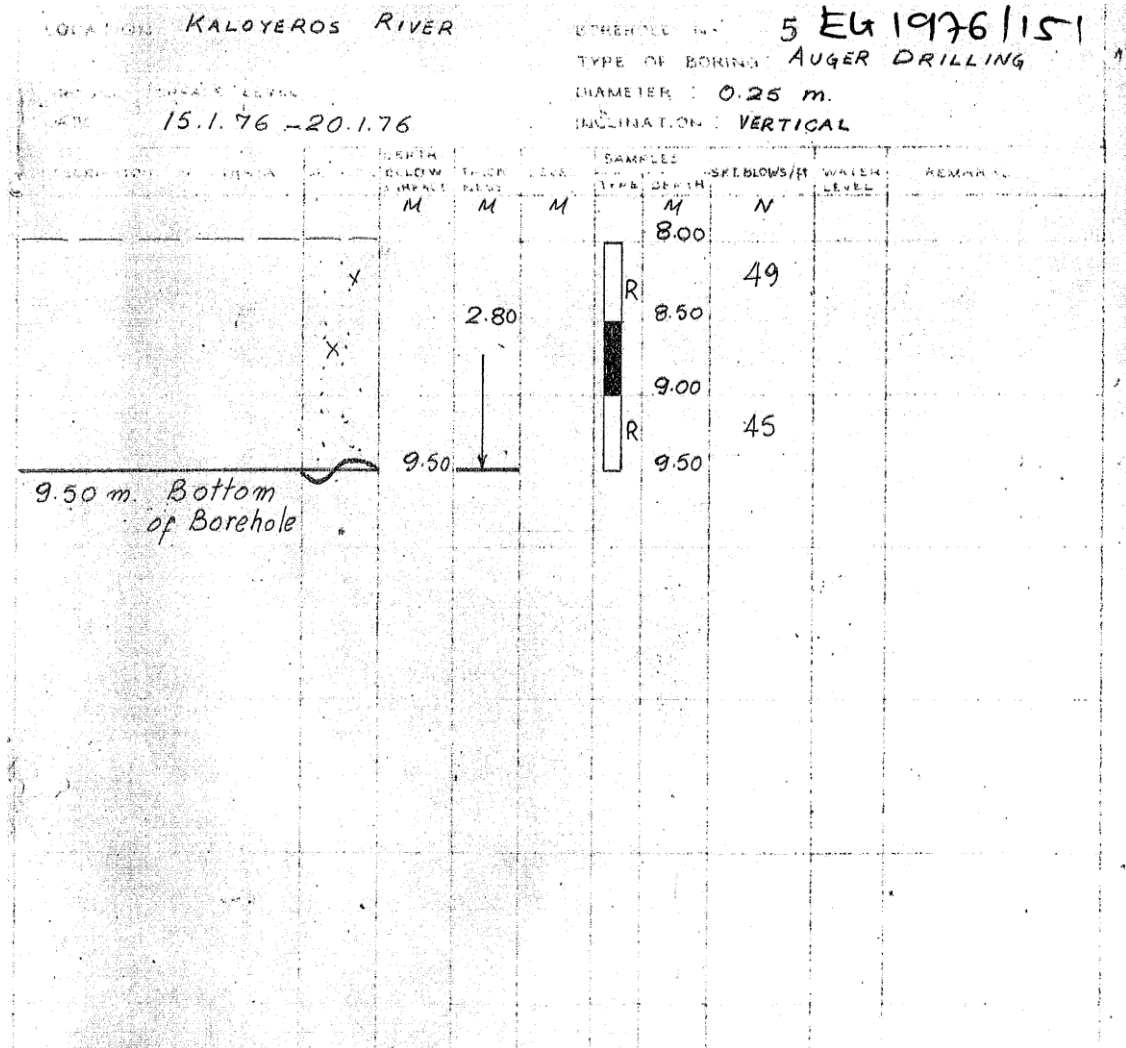


Γεώτρηση 7 γύρω από την περιοχή του: σταθμού «Βιομηχανική Περιοχή»

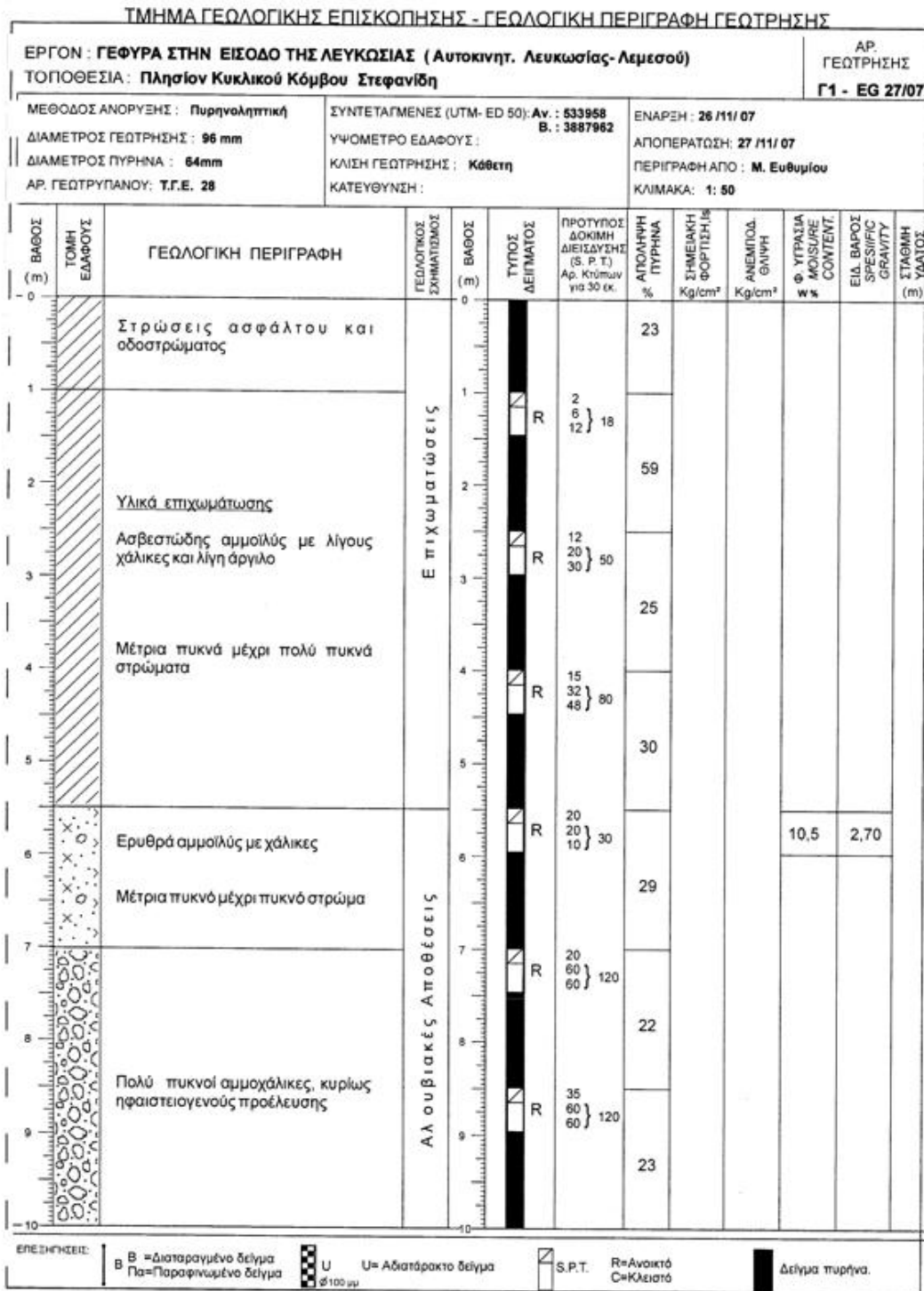


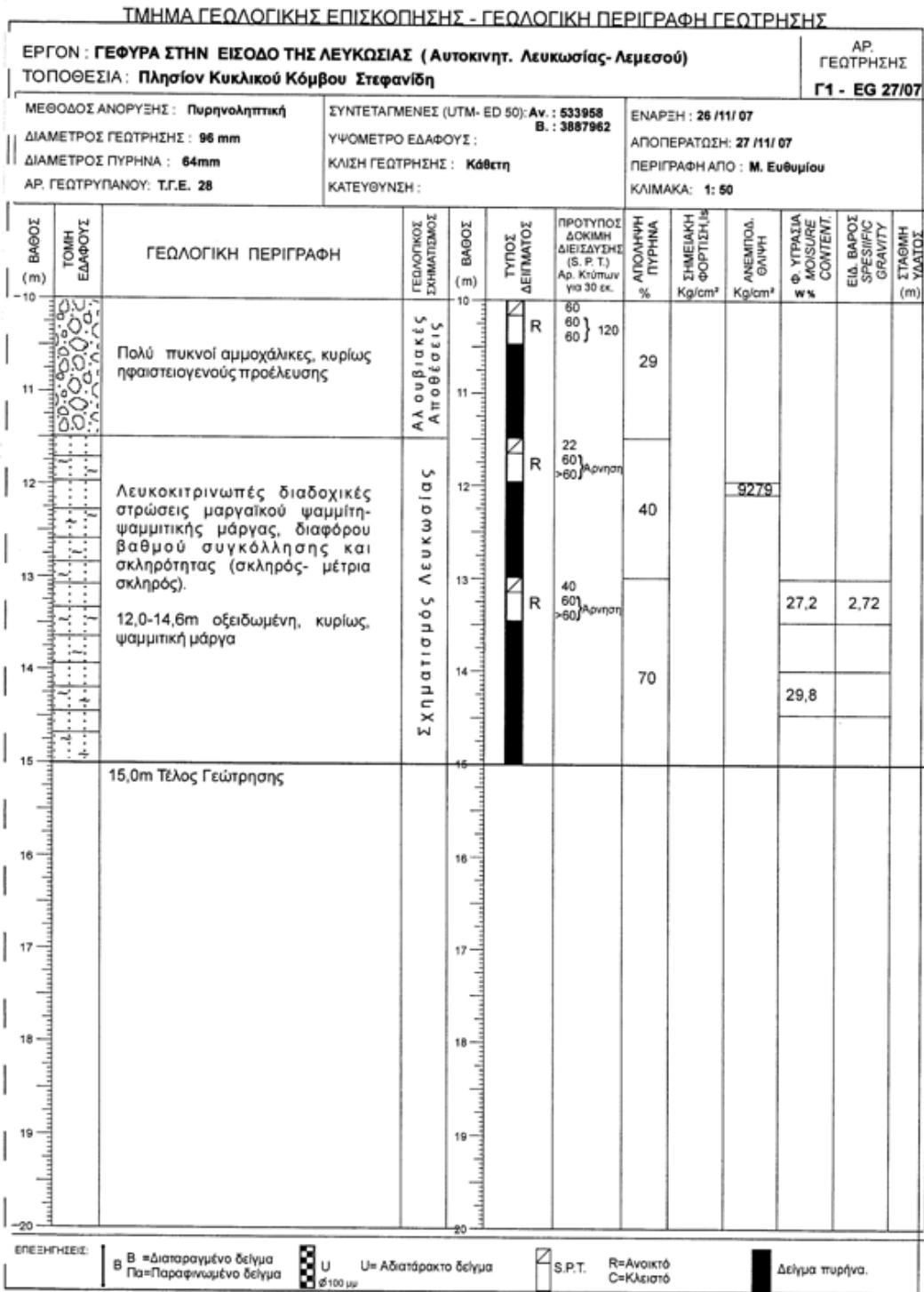
LOCATION: KALOYEROS RIVER		BOREHOLE No. 5 EL 1926/151						
GROUND SURFACE LEVEL:		TYPE OF BORING: AUGER DRILLING						
DATE: 15.1.76-20.1.76		DIAMETER: 0.25 m						
		INCLINATION: VERTICAL						
DESCRIPTION OF STRATA	SECTION	DEPTH BELOW SURFACE	THICKNESS	LEVEL	SAMPLES	SPT BLOWS/F	WATER LEVEL	REMARKS
		M	M	M	TYPE DEPTH			
Grey igneous GRAVEL with some SAND	o o o o o o	0.00	2.00	2.00	B	0.00		
		2.00						
Pale brownish, loose to medium dense FINES (SAND, SILT & some CLAY)	o x o o x o	2.00	0.70	2.70	R	2.00	13	Fine igneous subangular GRAVEL present
		2.70				2.50		
Grey, medium dense to dense CLAYEY SILT with some fine SAND	x - - x x -	2.70	1.00	3.70	R	3.00	30	7
		3.70				3.40		
Grey, dense CLAYEY SILT &/OR SILTY CLAY	x - - x x -	3.70	1.00	4.70	R	4.00	35	
		4.70				4.50		
Grey, dense SILT with some CLAY and some fine SAND	x - - x x -	4.70	1.00	5.70	R	5.00	46	
		5.70				5.50		
Grey, very dense, fine SILTY SAND	x x x	5.70	1.00	6.70	R	6.00	52	
		6.70				6.50		
Grey, dense, fine SAND with some SILT	x x x	6.70			R	7.00	46	
						7.50		
CONTINUED						8.00		

<<ΧΑΡΑΞΗ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΡΟ ΣΤΗΝ ΛΕΥΚΩΣΙΑ>>



**Γεώτρηση 8 γύρω από την περιοχή του: σταθμού «Βιομηχανική Περιοχή»**





**Γεώτρηση 9 στη περιοχή του σταθμού «Στρόβολος»**

**<<ΧΑΡΑΞΗ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΡΟ ΣΤΗΝ ΛΕΥΚΩΣΙΑ>>**

**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗΣ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ - ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ**

ΕΡΓΟΝ : <b>ΓΕΦΥΡΑ ΣΤΗΝ ΕΙΣΟΔΟ ΤΗΣ ΛΕΥΚΩΣΙΑΣ ( Αυτοκινητ. Λευκωσίας-Λεμεσού )</b> ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ : <b>Πλησίον Κυκλικού Κόμβου Στεφανίδη</b>						ΑΡ. ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ : <b>G2 - EG 28/07</b>						
ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΝΟΡΥΞΗΣ : <b>Πυρηνοληπτική</b> ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ : <b>96 mm</b> ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΠΥΡΗΝΑ : <b>64mm</b> ΑΡ. ΓΕΩΤΡΥΠΑΝΟΥ : <b>Τ.Γ.Ε. 28</b>		ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΟΣ (UTM- ED 50): <b>Av : 533985 B. : 3887908</b> ΥΨΟΜΕΤΡΟ ΕΔΑΦΟΥΣ : ΚΛΙΣΗ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ : <b>Κάθετη</b> ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ :		ΕΝΑΡΞΗ : <b>28 /11/ 07</b> ΑΠΟΠΕΡΑΤΩΣΗ : <b>29 /11/ 07</b> ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΠΟ : <b>Μ. Ευθυμίου</b> ΚΛΙΜΑΚΑ : <b>1: 50</b>								
ΒΑΘΟΣ (m)	ΤΟΜΗ ΕΔΑΦΟΥΣ	ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ	ΒΑΘΟΣ (m)	ΤΥΠΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	ΠΡΟΤΥΠΟΣ ΔΟΚΙΜΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ (S. P. T.) Αρ. Κτύπων για 30 εκ.	ΑΠΟΛΗΨΗ ΠΥΡΗΝΑ %	ΣΗΜΕΙΑΚΗ ΦΟΡΤΙΣΗ Is Kg/cm <sup>2</sup>	ΑΝΕΜΠΛΩ. ΘΛΨΗ Kg/cm <sup>2</sup>	Φ. ΥΓΡΑΣΙΑ MOISURE CONTENT W %	ΕΙΔ. ΒΑΡΟΣ SPECIFIC GRAVITY	ΣΤΑΘΜΗ ΥΔΑΤΟΣ (m)
0		Στρώσεις ασφάλτου και οδοστρώματος		0								
1		Υλικά επιχωμάτωσης • 1,0 -2,0 m : χαβαροχάλικα • 2,0 -3,0m : από ασβεστώδη Ψαμμίτη • 3,0 -5,0 m : ασβεστώδης αμμοίλυς με λίγη άργιλο (Χαβάρια)  Πρόκειται για πυκνά στρώματα	Επιχωματώσεις	1		15 15 20 } 35	33					
2				2	R							
3				3								
4				4	R	12 15 20 } 35	29			18,3	2,68	
5		Λευκοκιτρινωπές διαδοχικές στρώσεις μαργαϊκού ψαμμίτη-ψαμμιτικής μάργας, διαφόρου βαθμού συγκόλλησης και σκληρότητας (σκληρός- μέτρια σκληρός).	Σχηματισμός Λευκωσίας	5	R	60 >60 } Αρνηση >60	64			28,7	2,70	
6				6								
7				7	R	15 30 49 } 79	100			26,4	2,76	
8		Λευκοκιτρινωπές μαργαϊκές ψαμμίτης με λιγώτερη ψαμμιτική μάργα. Σκληρά στρώματα	Σχηματισμός Λευκωσίας	8	R	60 >60 } Αρνηση >60						
9				9								
10		<b>10,0m Τέλος Γεώτρησης</b>		10								

ΕΠΕΞΗΓΗΣΕΙΣ: B = Διαταραγμένο δείγμα Πα=Παραφινωμένο δείγμα U = Αδιάτακτο δείγμα S.P.T. R=Ανοικτό C=Κλειστό Δείγμα πυρήνα.

**Γεώτρηση 10 στη περιοχή του σταθμού «Στρόβολος»**

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗΣ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ-ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ

ΕΡΓΟΝ: Οίκητα Ένωσης ΣΥΣΤΑΚΕΩΝ		ΑΡ. ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ: ΒΗ1 (Ε614/98)	
ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ: Περιοχή ΡΙΚ			
ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΝΟΡΤΗΣΗΣ: ΠΥΡΝΟΛΗΠΤΙΚΗ		ΥΨΟΜΕΤΡΟ ΕΔΑΦΟΥΣ:	
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ: 96 mm		ΚΛΙΣΗ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ: Κάθετη	
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΠΥΡΗΝΑ: 62 mm		ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ:	
ΑΡ. ΓΕΩΤΡΥΜΑΝΟΥ:		ΕΝΑΡΞΗ: 10.3.98	
		ΑΠΟΠΕΡΑΤΩΣΗ: 11.3.98	
		ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΠΟ: Μαρία Ευθυμίου	
		ΚΛΙΜΑΚΑ 1:50	

F	ΒΑΘΟΣ	ΤΟΜΗ ΕΔΑΦΟΥΣ	ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΣ	F	ΒΑΘΟΣ	ΤΥΠΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	ΠΡΟΤΥΠΟΣ ΔΟΣΙΜΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ (S.P.T.) Αρ. Κύπτων χ/α 30 εκ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ	ΕΓΓΡΑΦΗ ΥΛΑΤΟΣ	F	ΒΑΘΟΣ
0											0	
1		I	Άευσός δευτερογενής αββετολίθος ασβή δρυφατιβένος "Κανιάλλα"				Rock Bit	Απόλυτη Πυρήνα (Α.Π.)			1	
		I						%				
2		I	Άευσοκιτρινωδός αββετολίθος γαφρίτης με μέτρια συμμόρφένους κόκκους, κοιλιά, στωχί συμμόρφης ασβή δρυφατιβένος					40			2	
3		I										
4		I	Κιτρινωδός πορδρόμοικος αββετολ. γαφρίτης, με καλή συμμόρφης των κόκκων, συζηρός, ελαφρά δρυφατιβένος					95			4	
5		I										
6		I										
7		I	Κιτρινωδός πορδρόμοικος αββετολ. γαφρίτης, μέτρια συζηρός μέχρι μέτρια αδύνατος, κοιλιά με ζώνες χωρίς συμμόρφης των κόκκων, αρκετά δρυφατιβένος					87			7	
8		I										
9		I	Άευσοκιτρινωδός αββετολ. γαφρίτης, κοιλιά, πρώτες ζώνες αββετογαφρίτινης					93			9	
10		I	→ ΓΕΛ 2 Συνεχία								10	

Επεξηγήσεις:			
B=Bulk sample/ Διαταραχμένο δείγμα	U=Undisturbed sample/ Αδιατάρακτο δείγμα	S.P.T. R= Raymond/Ανοκτό C= Cone/Κλειστό	Core sample/ Δείγμα πυρήνα

**Γεώτρηση 11 στη περιοχή του σταθμού «Κωστή Παλάμα»**

<<ΧΑΡΑΞΗ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΡΟ ΣΤΗΝ ΛΕΥΚΩΣΙΑ>>

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗΣ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ-ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ

ΕΡΓΟΝ: Οίκημα Ένωσης Συνακτών		ΑΡ. ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ: ΒΗ (EGIS/98)	
ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ: Περιοχή ΡΙΚ			
ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΝΟΡΥΞΗΣ: Πυρηνοληπτική		ΥΨΟΜΕΤΡΟ ΕΔΑΦΟΥΣ:	ΕΝΑΡΞΗ: 12.3.98
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ: 96 mm		ΚΛΙΣΗ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ: Κάθεση	ΑΝΟΡΕΨΑΤΩΣΗ: 12.3.98
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΠΥΡΗΝΑ: 62 mm		ΚΑΤΕΣΦΥΣΙΣ:	ΠΕΡΙΨΑΦΗ ΑΠΟ: Μαρία Ευθυμίου
ΑΡ. ΓΕΩΤΡΥΜΑΝΟΥ:			ΚΛΙΜΑΚΑ 1:50

ΒΑΘΟΣ F	ΤΟΜΗ ΕΔΑΦΟΥΣ	ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΣΥΜΒΑΤΙΣΜΟΣ	ΒΑΘΟΣ F	ΤΥΠΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	ΠΡΟΤΥΠΟΣ ΔΟΚΙΜΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ (S.P.T.) Αρ. Κύπτων για 30 εκ.	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ	ΣΤΑΘΜΙ ΥΨΑΤΟΣ	ΒΑΘΟΣ F
0	I	<p>Ζευγός δευτερογενούς αββετόλιθου, χωρίς θρυμματιζόμενος (1,5-2,0 m χωρίς θρυμμα- τίωση των κοκκίων)</p>		0	Rock bit				0
1	I			1	Απόμυμν Πυρήν				1
2	I				2	%			2
3	I				3	57			3
4	I				4				4
5	I	<p>Κιτρινοζευγός αββετόλι- θικός γαφρίτης, κοκκία με φτωχή θρυμμάτωση των κόκκων, χωρίς θρυμμα- τιζόμενος</p>		5				5	
6	I	<p>4,7-6,3 βρεζιλιά σφρη- ρός γαφρίτης</p>		6				6	
7	I	<p>2,0-4,7 θερτογαβαρέ- ται και πα- ραυός γαφρίτης</p>		7	Πυρηνοληπτικός			7	
8	I	<p>Ζευγός, τοσκά κιτρι- νωτός, με καλή θρυμμά- τωση των κοκκίων, μέτρια σφρηρός αββε- τόλιθικός γαφρίτης</p>		8				8	
9	I	<p>μέτρια θρυμματιζόμενος</p>		9				9	
10	I	<p>8,6-8,9 } λεπτές ζώνες 9,8-9,9 } άπτον χωρίς                   θρυμμάτωση</p>		10				10	
10m τμήμα γένεσης									

<p>Επεξηγήσεις:</p> <p>B = Bulk sample/ Διαταραγμένο δείγμα</p>	<p>U = Undisturbed sample/ Αδυστάρακτο δείγμα</p>	<p>S.P.T.</p> <p>R = Raymond/Ανοικτό C = Cone/Κλειστό</p>
---	---	---

**Γεώτρηση 12 στη περιοχή του σταθμού «Κωστή Παλαμά»**

REPUBLIC OF CYPRUS MINISTRY OF AGRICULTURE AND NATURAL RESOURCES WATER DEVELOPMENT DEPARTMENT		PROJECT <b>NEW CYTA NICOSIA HEADQUARTERS</b> Rep. 105	
RECORD OF BORING AND LABORATORY TESTS			B.N. No. 6
Location: <i>Nicosia</i>		Boring Method: <i>Mobile Auger Drill</i>	Rig: <i>W.D.D. 560</i>
Total Depth: <i>15.0m</i>		Method: <i>Auger Flight Boring</i>	Logged by: <i>E. Kyriacou</i>
Ground Level: <i>176.70 M</i>		Date Commenced: <i>16/3/78</i>	Engineer: <i>C. Kiriakos (I. Kaslana)</i>
Formation Level:		Date Completed: <i>16/3/78</i>	Geologist: <i>E. Kyriacou</i>

Depth m	Meters Level	Description of strata	Sample Type No.	Sample Depth m	Undisturbed Soil Classification	Grain Size Distribution	Natural moist cont. %	Natural Bulk Density Mg/m <sup>3</sup>	Specific Gravity	Atterberg Limits		Proctor Standard	Triaxial Shear Strength	Compressive (Unconfined)	Penetration (Cone)	Swellability Index
										LL %	PL %					
0		Yellowish to whitish yellow, fine to medium grained, moderately in places well cemented, shelly, CALCARENITE. The uppermost part consists of thin layer "Kafkalla".		0.000												
1			0.100													
2		Whitish yellow very slightly brownish, moderately in places well cemented, medium grained, shelly, CALCARENITE.		2.000												
3			3.000													
4		Whitish yellow, moderately in places well cemented, medium grained, shelly, CALCARENITE.		4.000												
5			5.000													
6				6.000												
7				6.500												
8		At this depth interval a large CAVE is encountered, artificially formed during old quarrying processes.														
9																
10		Yellowish white slightly brownish and well cemented, CALCARENITE. In places, well cemented, medium to coarse grained, shelly, CALCARENITE.		10.000												
11			11.000													
12		Yellowish, slightly to moderately cemented, medium to coarse grained, shelly, CALCARENITE.		12.000												
13			13.000													
14		Pale yellowish, weakly cemented, wet and shelly, CALCARENITE with some marly layers.		14.000												
15			15.000													
		Bottom of Borehole														

Notes:

Γεώτρηση 13 στη περιοχή του σταθμού «Αγλατζιά»



REPUBLIC OF CYPRUS MINISTRY OF AGRICULTURE AND NATURAL RESOURCES WATER DEVELOPMENT DEPARTMENT		PROJECT <i>NEW CYTA NICOSIA HEADQUARTERS</i> <i>Rep 105</i>																
RECORD OF BORING AND LABORATORY TESTS			B.H. No. 9 <i>ΕΥ 1978/071</i>															
Location: <i>Nicosia</i>		Boring: <i>Mobile Auger Drilling</i>	Rig: <i>W.D.D 360</i>															
Total Depth: <i>18.0m</i>		Method: <i>Auger Flight Boring</i>	Logged by: <i>E. Kyriacou</i>															
Ground Level: <i>177.65 M</i>		Date Commenced: <i>21/3/78</i>	Engineer: <i>C. Kiriakos (I. Kiriakos)</i>															
Formation Level:		Date Completed: <i>21/3/78</i>	Geologist: <i>E. Kyriacou</i>															
Depth m.	Water Level Reduced Level m. d.a.s.l.	Description of strata Log.	Standard Penetration Test Type, Blows/ft.	Sample Type & No.	Sample Depth m.	Undrained Soil Classification	Grain Size Distribution	Natural moist. cont. %	Natural Bulk Density kg/m <sup>3</sup>	Specific Gravity	Atterberg Limits			Proctor Standard Opt. moist. cont. % γ <sub>d</sub> max. kg/m <sup>3</sup>	Triaxial Shear Strength	Consolidation (Oedometer)		Permeability cm/sec
											L.L. %	P.L. %	P.I. %			e <sub>s</sub> (%)	e <sub>c</sub> (%)	
0		Yellowish white, compact to fine-grained, moderately to well cemented CALCARENITE. The upper most part consists of very dense thin layer of "Mullite".			0.00													
1					1.00													
2					2.00													
3		Whitish yellow, moderately in places well cemented (hard) CALCARENITE partly recrystallized			3.00													
4					4.00													
5		Whitish yellow, moderately to well cemented, hard, medium-grained, shelly CALCARENITE			5.00													
6					6.00													
7		Yellowish, in places whitish yellow, moderately cemented, in places well cemented medium to coarse-grained, shelly CALCARENITE			7.00													
8					8.00													
9					9.00													
10					10.00													
11		Yellowish, moderately cemented, medium to coarse-grained, shelly CALCARENITE. In places whitish, strongly cemented and very hard, fine grained CALCARENITE is present			11.00													
12					12.00													
13		Pale yellowish, well HARDY CALCARENITE, in places whitish, strongly cemented and hard CALCARENITE			13.00													
14					14.00													
15		Pale yellowish to yellowish grey, weakly to moderately cemented, well hard CALCARENITE with sandy matrix and to HARDY CALCARENITE			15.00													
16					16.00													
17		Yellowish grey to greyish yellow, well hard CALCARENITE HARD TO HARDY CALCARENITE			17.00													
18					18.00													
19		Greenish yellow, slightly weathered, very hard CALCARENITE HARD TO HARD (mostly clayey soil)			19.00													
20		Bottom of Borehole			18.00													

Notes:

Γεώτρηση 14 στη περιοχή του σταθμού «Αγλατζιά»

<<ΧΑΡΑΞΗ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΡΟ ΣΤΗΝ ΛΕΥΚΩΣΙΑ>>

REPUBLIC OF CYPRUS MINISTRY OF AGRICULTURE AND NATURAL RESOURCES WATER DEVELOPMENT DEPARTMENT		PROJECT- <i>NEW CYTA NICOSIA HEADQUARTERS</i> <i>Rep. 105</i>																		
RECORD OF BORING AND LABORATORY TESTS							B.H. No. <i>12</i> <span style="float: right;">EL1978/074</span>													
Location: <i>Nicosia</i>		Boring: <i>Mobile Auger Drilling</i>		Rig: <i>WDD 560</i>																
Total Depth: <i>15.0 m</i>		Method: <i>Auger Flight Boring</i>		Logged by: <i>E. Kyriacou</i>																
Ground Level: <i>178.00 M</i>		Date Commenced: <i>7/4/78</i>		Engineer: <i>C. Kiriakides (I. Kostas)</i>																
Formation Level:		Date Completed: <i>10/4/78</i>		Geologist: <i>E. Kyriacou</i>																
Date	Depth m	Reduced Level m a.s.l.	Water Level	Log	Description of strata	Standard Penetration Test Type, blows/ft.	Sample Type + No.	Sample Depth m.	Universal Soil Classification	Grain Size Distribution	Natural moist. cont. %	Natural Bulk Density kg/m <sup>3</sup>	Specific Gravity	Atterberg Limits			Proctor Standard	Triaxial Shear Strength	Consolidation (Oedometer)	Permeability cm/sec
														L.L. %	P.L. %	P.I. %				
<i>7/4</i>	0							0.00												
	1				<i>Yellowish white, slightly laminated, well cemented and hard CALCARENITE. The upper most part consists of "Ks/Ks2a"</i>			1.00												
	2				<i>Whitish yellow, moderately to planes well cemented, shaly CALCARENITE.</i>			2.00												
	3							3.00												
	4				<i>Bright yellowish, weakly to moderately cemented, friable and shaly, medium-grained CALCARENITE.</i>			4.00												
	5				<i>Bright yellowish, weakly to moderately cemented CALCARENITE, in places whitish, strongly cemented and very hard CALCARENITE.</i>			5.00												
	6							6.00												
	7							7.00												
	8				<i>Orange yellow, weakly cemented and friable, medium to coarse-grained, shaly CALCARENITE.</i>			8.00												
	9							9.00												
	10							10.00												
	11							11.00												
	12				<i>Yellowish weakly cemented, harder CALCARENITE, in places strongly cemented and very hard CALCARE- NITE.</i>			12.00												
	13				<i>Pale yellowish CALCARENITE TOE HARD to HARDLY clayey silt)</i>			13.00												
	14				<i>Pale yellowish, slightly weathered, wet HARDLY clayey silt)</i>			14.00												
<i>7/4</i>	15				<i>Bottom of borehole.</i>			15.00												

Γεώτρηση 15 στη περιοχή του σταθμού «Αγλατζιά»

REPUBLIC OF CYPRUS MINISTRY OF AGRICULTURE AND NATURAL RESOURCES WATER DEVELOPMENT DEPARTMENT		PROJECT <i>NEW GYTA NICOSIA HEADQUARTERS</i> <i>Rep 105</i>																		
RECORD OF BORING AND LABORATORY TESTS			B.H. No. 13 <i>Ex 1978/075</i>																	
Location: <i>Nicosia</i>		Boring Method: <i>Mobile Auger Drilling</i>	Rig: <i>W.D.D. 560</i>																	
Total Depth: <i>14.0 m</i>		<i>Auger Flight Boring</i>	Logged by: <i>E. Kyriacou</i>																	
Ground Level: <i>177.35 M</i>		Date Commenced: <i>11/4/78</i>	Engineer: <i>C. Kyriacou (C. Kostas)</i>																	
Formation Level:		Date Completed: <i>11/4/78</i>	Geologist: <i>E. Kyriacou</i>																	
Date	Depth m	Reduced Level m c.m.s.l.	Water Level	Log	Description of strata	Standard Penetration Test Type, Blows/ft.	Sample Type + No.	Sample Depth m.	Universal Soil Classification	Grain Size Distribution	Natural moist. cont. %	Natural Bulk Density Mg/m <sup>3</sup>	Specific Gravity	Atterberg Limits			Proctor Standard	Triaxial Shear Strength	Consolidation (Oedometer)	Permeability cm/sec
														L.L. %	P.L. %	P.I. %				
	0							0.00												
	1			T	<i>Whitish to yellowish white, slightly kaolinised moderately to well cemented and very hard CALCARENITE. The upper part consists of "Kallada"</i>			1.00												
	2			T				2.00												
	3			T				3.00												
	4			T	<i>Yellowish white to whitish yellow, moderately, in places well cemented and hard, shelly CALCARENITE, slightly kaolinised</i>			4.00												
	5			T				5.00												
	6			T				6.00												
	7				<i>Pale yellowish, weakly to moderately cemented, medium-grained shelly CALCARENITE</i>			7.00												
	8							8.00												
	9							9.00												
	10				<i>Yellowish, moderately cemented, shelly CALCARENITE. In places whitish strongly cemented and very hard CALCARENITE</i>			10.00												
	11							11.00												
	12							12.00												
	13			WL	<i>Pale yellowish, slightly weathered, wet MARL</i>			13.00												
	14							14.00												
	15				<i>Bottom of Borehole</i>															

Γεώτρηση 16 στη περιοχή του σταθμού «Αγλατζιά»

**<<ΧΑΡΑΞΗ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΡΟ ΣΤΗΝ ΛΕΥΚΩΣΙΑ>>**

WATER DEVELOPMENT DEPARTMENT  
RECORD OF BORING AND TESTING

LOCATION: <i>Nicosia Rep. 105</i>		BEARING: _____		GROUND LEVEL: <i>176.50 m</i>		BEGIN: <i>12.4.78</i>		BOREHOLE No. <i>14</i>
METHOD: <i>Diamond core drill</i>		INCLINATION: _____		FORMATION LEVEL: _____		COMPLETED: <i>25.4.78</i>		
BOREHOLE DIAMETER: <i>76 mm</i>		CORE DIAMETER: _____		CORE DIAMETER: <i>62 mm</i>		RIG USED: _____		

DATE	TIME	WATER PRESSURE TESTS				DEPTH (m)	CORE RECOVERED (%)	FRAGILE SPECIMENS	POINT LOAD INDEX, I <sub>s</sub>	SPT BLOW COUNT	SPT CORRECTED BLOW COUNT	UNCONFINED COMPRESSIVE STRENGTH	GEOLOGICAL DESCRIPTION	DEPTH (m)
		Pressure (kg/cm <sup>2</sup> )	Head (m)	Duration (min)	Lugeon (l/min/m)									
													Yellowish white to whitish tan, strongly cemented and very hard, fine-grained to coarse grained shelly CALCARENITE. At top and top 0.45 m thin layers of Nafflosites also occur. <i>Alter</i>	0
													Whitish yellow to pale yellow, strongly cemented and very hard, medium to coarse grained, shelly CALCARENITE. In places slightly weathered. At 2.55 - 3.00 m some microcarities are present.	1
													Whitish yellow to pale yellow, well cemented and hard, medium to coarse grained, shelly CALCARENITE, in places slightly weathered.	2
													Whitish yellow to pale yellow, well cemented, medium to coarse-grained, shelly CALCARENITE. At 6.00 m in depth some microcarities are present.	3
													Whitish yellow to pale yellow, moderately cemented and friable, medium-grained and shelly CALCARENITE. At base the horizon becomes MARLY CALCARENITE.	4
													Greyish yellow, moderately cemented and friable MARLY CALCARENITE with high staining, in places fine-grained CALCARENITE. At top of horizon some microcarities are present.	5
													Greyish yellow to yellowish grey, moderately cemented and friable MARLY CALCARENITE in places CALCARENITIC MARL stained by Mn-oxides and limonite matter.	6
													Yellowish grey to pale grey, stiff and friable CALCARENITIC MARL, becoming gradually stiff MARL towards the base of horizon. It contains macrofossils and is stained by Mn-oxides.	7
													Yellowish grey to pale grey, slightly weathered, stiff and relatively intact MARL in places with some calcarenitic matter. It contains some macrofossils.	8
													Pale grey, slightly weathered, very stiff MARL (clayey silt) in places with traces of calcarenitic matter and stained by Mn-oxides.	9
													Pale grey, slightly weathered, very stiff MARL (clayey silt) stained by Mn-oxides.	10
													Dark grey, fresh hard and overconsolidated MARL.	11
													Bottom of Borehole	12

**NOTES:**

- Water Pressure Tests: (a) Total Pressure = Pressure head + Head of water during testing.  
(b) Lugeon = l/min/m / at 10 kg/cm<sup>2</sup> pressure  
(c) Duration of test ..... mins per pressure
- Point Load Index, I<sub>s</sub> =  $\frac{P}{D^2}$  (Force in kgm)  
D<sup>2</sup> (Distance of loading points)
- Crushing Value = Unconfined Compressive strength of Core at failure.

**Γεώτρηση 17 στη περιοχή του σταθμού «Αγλατζιά»**

**ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΤΟΠΙΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ**  
 ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗΣ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ

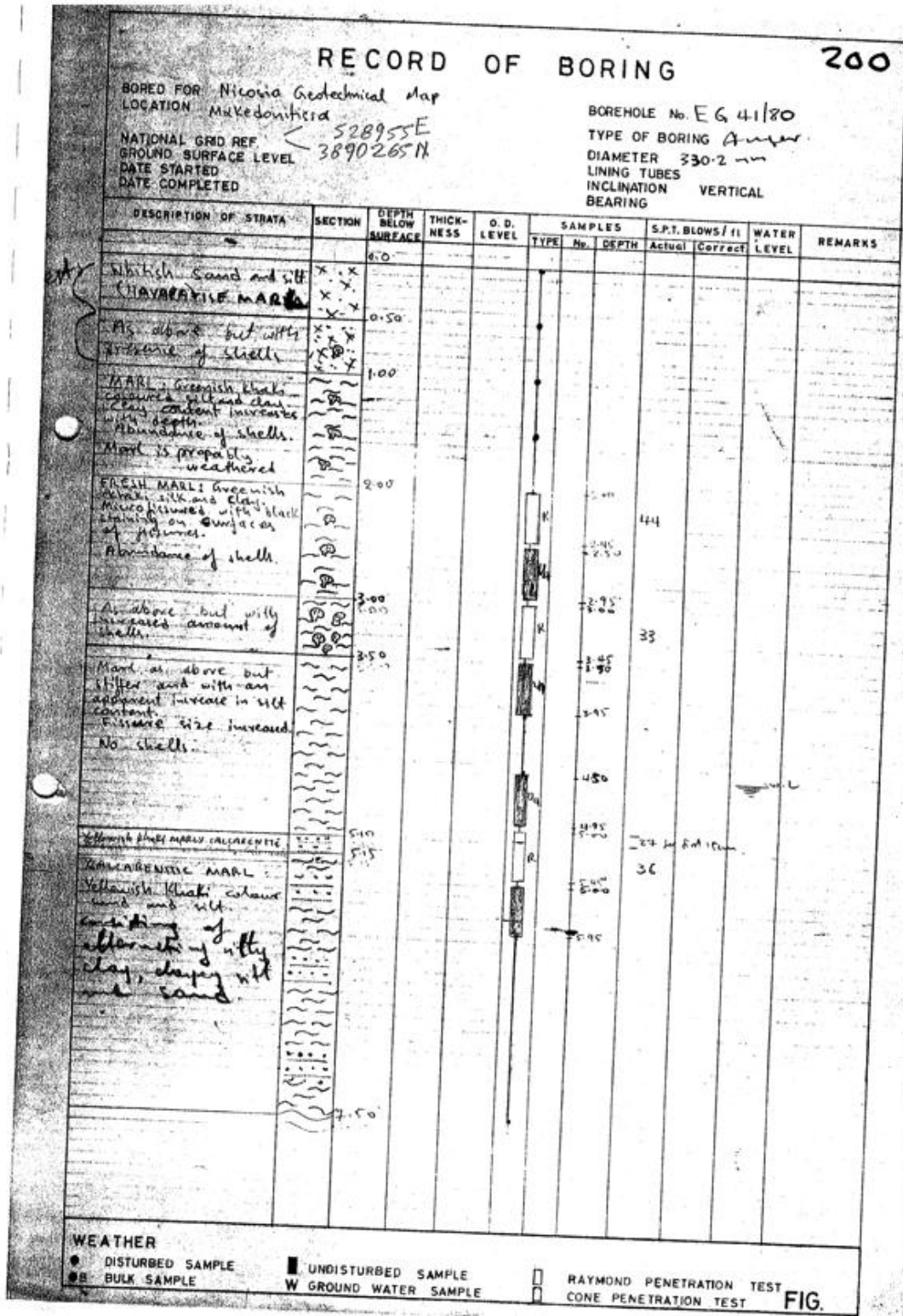
ΑΡ.ΣΧΕΔ. 2.4

ΕΡΓΟΝ: ΕΡΕΥΝΑ ΘΕΜΕΛΙΣΗΣ ΔΗΜΟΤΙΚΟΥ ΣΧΟΛΕΙΟΥ ΑΚΡΟΠΟΛΗΣ		ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ: ΚΑΘΕΗ	ΥΨΟΜΕΤΡΟΝ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ: . . . . .	ΕΠΗΡΕΣΗ ΑΠΟΠΡΑΞΕΩΝ: 20.7.92	ΑΡ. ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ: 14
ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ: Οδός Τριφυγενείας, Ακρόπολη (Νότια)		ΔΙΑΜ. ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ: 120 χιλ.μ.	ΜΕΘΟΔΟΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ: Ύδρινολιψία	ΑΡ. ΓΕΩΤΡΗΤΑΝΟΣ: ΕΛΙΓΓΟΥ Α.Υ.	(Εκ 29/92)
		ΔΙΑΜ. ΠΥΡΗΝΑΙ: . . 92 . . . .		ΓΕΩΛΟΓΟΣ: Ι.Τ. ΜΙΧΑΗΛΙΔΗΣ	

ΗΜΕΡΑ	ΔΟΚΙΜΗ ΕΙΣΠΕΣΕΣ ΤΑΛΑΤΣ			ΒΑΘΟΣ	ΑΡΧΑΙΑ ΠΥΡΗΝΑ	ΔΙΑΣΤΗΜΑ ΘΡΑΥΣΕΩΝ ΠΥΡΗΝΑ	Π.Π.βρ./Π.Ο.Δ (ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΒΡΑΧΟΥ)	ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΒΑΘΟΣ
	μ.	kg/cm <sup>2</sup>	L						
0				0			0 20 40 60 80 100		0
1				1	46			ΜΠΕΤΟΝ Μυλός	1
2				2				0.10-2.50 f: Ελαφρώς αχνός, αμμο-	2
3				3				250-3.50 f: Ημιεγκλωμμένο Αμμοχαλίκι	3
4				4				3.50-6.00 f: Φατώδης, πολύ αχνή-αχνή, ομοιογενή ΜΑΡΓΑ	4
5				5				6.00-6.70 f: ΚΕΝΟ. (.)	5
6				6				6.70-15.00 f: Εναλλασσόμενα στρώματα κίτρινου, αχνού-εγκλωμμένου (από CaO <sub>2</sub> ) ΔΕΒΕΣΤΟΛΙΘΙΟΥ ΦΑΝΙΤΗ με Διατρώσεις κίτρινος, πολύ σπέρης Αμμοδόχε ΜΑΡΓΑΣ.	6
7				7					7
8				8					8
9				9	100				9
10				10					10
11				11					11
12				12	85				12
13				13					13
14				14	76				14
15				15					15

**Γεώτρηση 18 στην περιοχή του σταθμού «Αγλατζιά»**



Γεώτρηση 19 στην περιοχή του σταθμού Arxaggellos Mixahl Station.

RECORD OF BORING EG 1973/003									
BORED FOR <b>NEW ENGOMI RESERVOIR</b>					BOREHOLE No. <b>6</b>				
LOCATION <b>NICOSIA Rep. 71</b>					TYPE OF BORING <b>AUGER DRILLING</b>				
NATIONAL GRID REF.					DIAMETER <b>220 mm</b>				
GROUND SURFACE LEVEL <b>187.71 m. (619.14 ft)</b>					LINING TUBES <b>UNLINED</b>				
DATE STARTED <b>27.9.73</b>					INCLINATION <b>VERTICAL</b>				
DATE COMPLETED <b>2.10.73</b>					BEARING				
DESCRIPTION OF STRATA	SECTION	DEPTH BELOW SURFACE m	THICKNESS m	LEVEL m	SAMPLES		S.P.T Blows per ft	GROUND WATER OBSERVATIONS	REMARKS
					TYPE	DEPTH m			
<b>FANGLOMERATE</b>		0.00		188.71					
						1.00	38		
						1.46			
				3.50			2.00	50	FOR LAST 5.0 cms
							2.30		
							3.00	60	FOR 4 cms
							3.04		
				3.50					
							4.00	60	FOR LAST 5.0 cms
							4.13		
	<b>MARLY CALCARENITE &amp; MARL</b>		4.70		184.01		5.00	60	FOR LAST 6.5 cms
						5.14			
						5.40		80 BLOWS FOR LAST 7.5 cms	
						5.55			
						6.50		89 BLOWS FOR LAST 7.5 cms	
						6.72			
				6.25			8.00		88 BLOWS FOR LAST 7.5 cms
							8.25		
		9.00							

WEATHER  
 ○ DISTURBED SAMPLE      ■ UNDISTURBED SAMPLE      □ R RAYMOND PENETRATION TEST  
 ⊙ B BULK SAMPLE          W GROUND WATER SAMPLE      □ C CONE PENETRATION TEST

FIG. 5

Γεώτρηση 20 στην περιοχή του σταθμού Arxagellos Mixahli Station.

RECORD OF BORING § 202									
BORED FOR: Νίκος Ιν. Γεωτεχνική Α.Ε.Π.					BOREHOLE No: Ε630/81				
LOCATION: ΣΤΡΟΒΙΛΟΣ and Ref.					TYPE OF BORING: Αύλα				
NATIONAL GRID REF. 894.0 299.0					DIAMETER: 12"				
GROUND SURFACE LEVEL					LINING TUBES				
DATE STARTED: 4/12/81					INCLINATION: VERTICAL ✓				
DATE COMPLETED: 4/12/81					BEARING				
DESCRIPTION OF STRATA	SECTION	DEPTH BELOW SURFACE	THICKNESS	O.D. LEVEL	SAMPLES			GROUND WATER OBSERVATIONS	REMARKS
					TYPE	No.	DEPTH		
TOP SOIL		0.00							
Heavy colored, silty and fine to medium SAND with isolated dispersed gravels. Deposit is to medium dense to dense. Clay if present is very limited.		0.30	0.30		B	1	0.50		
					B	2	1.00		
			1.70		B	3	1.50	27	
Gravelly GRAVEL and SAND. Deposit is med dense to dense. 1.50m Bottom of Hole.		2.00	0.50						
		2.50							Blows 26 Blows 60

Γεώτρηση 21 στην περιοχή του σταθμού «Ελικώνα».

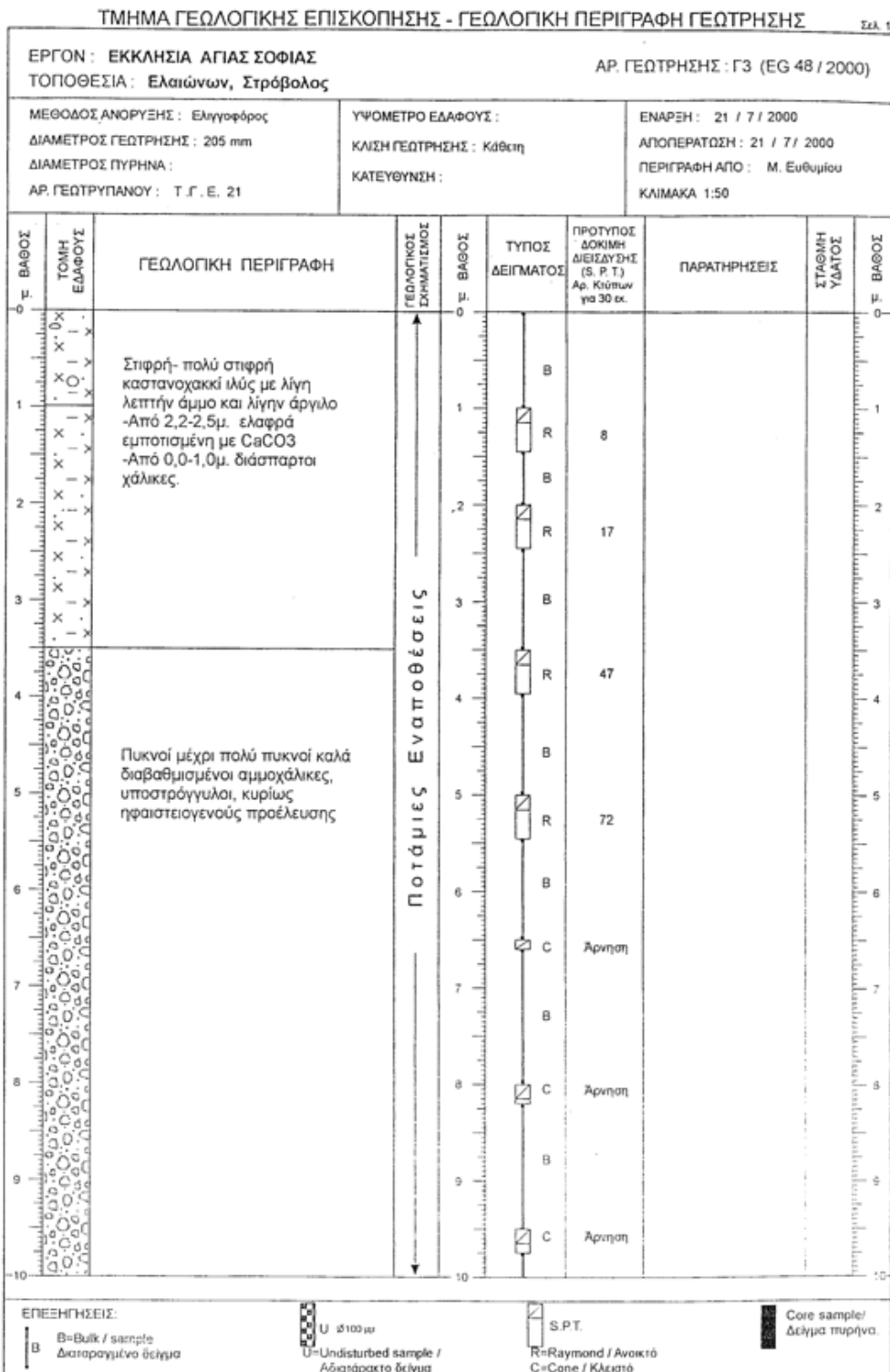
RECORD OF BORING § 203									
BORED FOR: Νίκος Ιν. Γεωτεχνική Α.Ε.Π.					BOREHOLE No: Ε631/81				
LOCATION: ΣΤΡΟΒΙΛΟΣ and Ref.					TYPE OF BORING: Αύλα				
NATIONAL GRID REF. 894.0 299.0					DIAMETER: 12"				
GROUND SURFACE LEVEL					LINING TUBES				
DATE STARTED: 4/12/81					INCLINATION: VERTICAL ✓				
DATE COMPLETED: 4/12/81					BEARING				
DESCRIPTION OF STRATA	SECTION	DEPTH BELOW SURFACE	THICKNESS	O.D. LEVEL	SAMPLES			GROUND WATER OBSERVATIONS	REMARKS
					TYPE	No.	DEPTH		
TOP SOIL		0.00							
Slightly organic, silty and sandy with traces of clay.		0.50	0.50						
		0.90	0.50				0.50		
GRAVEL and SAND. Gravel mostly of igneous origin.		1.00							
1.00m Bottom of Hole.							1.00		

Γεώτρηση 22 στην περιοχή του σταθμού «Ελικώνα».

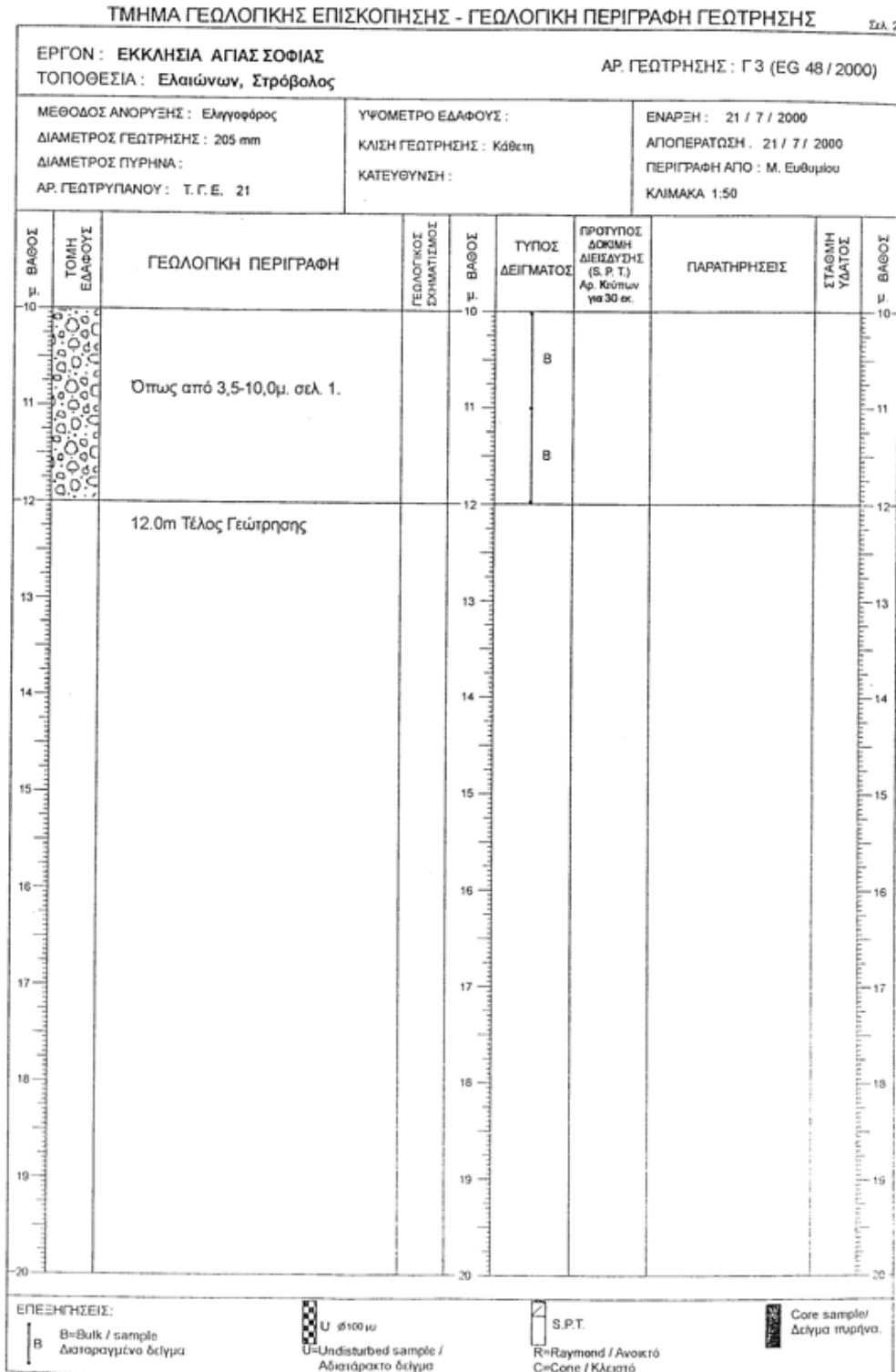


RECORD OF BORING S' 204										
BORED FOR LOCATION ΣΤΑΥΡΟΣ		Grid Ref 895.5 299.0		BOREHOLE No ΕΑ 32/81						
NATIONAL GRID REF		GROUND SURFACE LEVEL		TYPE OF BORING Auger						
DATE STARTED 7/12/81		DATE COMPLETED 7/12/81		DIAMETER						
				LINING TUBES						
				INCLINATION VERTICAL ✓						
				BEARING						
DESCRIPTION OF STRATA	SECTION	DEPTH BELOW SURFACE	THICKNESS	O D LEVEL	SAMPLES			SPT Blows per ft	GROUND WATER OBSERVATIONS	REMARKS
					TYPE	No	DEPTH			
TOP SOIL		0.00	0.30							
Tan colored, uniform loose to medium dense fine to medium SAND with silt and traces of clay. Layers (im thick) clean sand also present. Calcs veinules & nodules are present.		0.30			B	1	0.50			
					B	2	1.00			
			1.10		R	3	1.50	12		
					UA	4	2.00			pressure
Whitish yellowish calcareous SILT and fine SAND with disseminated calcs. Thin layers of loose fine gravels. Also dispersed fine gravels. Some cementation present and it increases below 3.50.		2.20			B	5	2.50			
			1.10		R	6	3.00	72		
					UA	7	3.50			300-325 perc 325-385 flow 280 bl/ft
GRAVEL-COBBLE and SAND loose to med dense		4.10	0.40		B	8	4.00			
150m Bottom of BH		4.50			RA	9	4.30	>60		

Γεώτρηση 23 στην περιοχή του σταθμού «Ελικώνα».



<<ΧΑΡΑΞΗ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΡΟ ΣΤΗΝ ΛΕΥΚΩΣΙΑ>>



**Γεώτρηση 24 στην περιοχή του σταθμού «Ελικώνα».**

<<ΧΑΡΑΞΗ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΡΟ ΣΤΗΝ ΛΕΥΚΩΣΙΑ>>

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗΣ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ - ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ

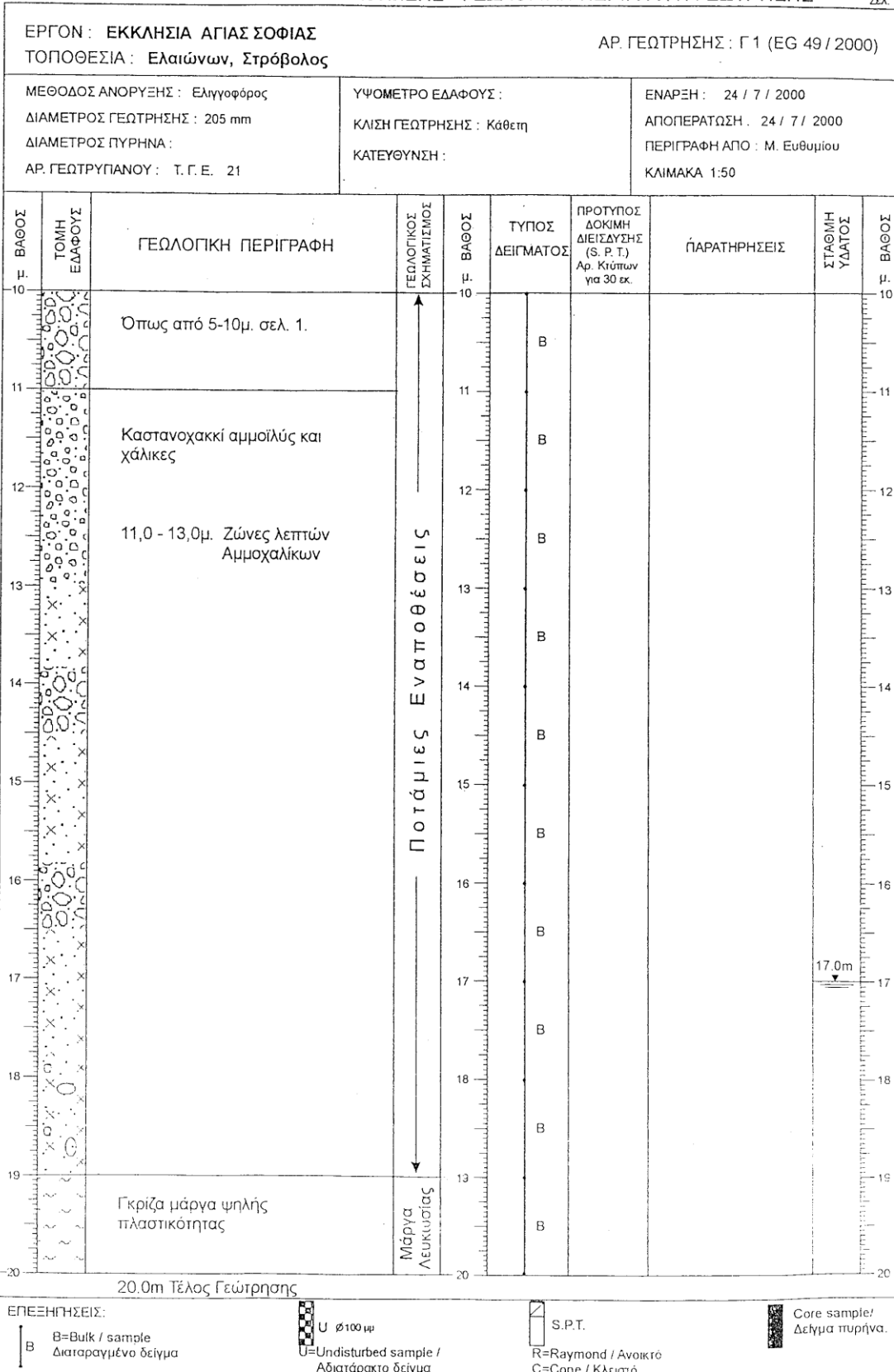
Σελ. 1

ΕΡΓΟΝ : ΕΚΚΛΗΣΙΑ ΑΓΙΑΣ ΣΟΦΙΑΣ		ΑΡ. ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ : Γ1 (ΕΓ 49 / 2000)							
ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ : Ελαιώνων, Στρόβολος									
ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΝΟΡΥΞΗΣ : Ελιγγοφόρος		ΥΨΟΜΕΤΡΟ ΕΔΑΦΟΥΣ :		ΕΝΑΡΞΗ : 24 / 7 / 2000					
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ : 205 mm		ΚΛΙΣΗ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ : Κάθετη		ΑΠΟΠΕΡΑΤΩΣΗ : 24 / 7 / 2000					
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΠΥΡΗΝΑ :		ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ :		ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΠΟ : Μ. Ευθυμίου					
ΑΡ. ΓΕΩΤΡΥΠΑΝΟΥ : Τ.Γ.Ε. 21				ΚΛΙΜΑΚΑ 1:50					
Φ. ΒΑΘΟΣ	ΤΟΜΗ ΕΔΑΦΟΥΣ	ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ	Φ. ΒΑΘΟΣ	ΤΥΠΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	ΠΡΟΤΥΠΟΣ ΔΟΚΙΜΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ (S. P. T.) Αρ. Κιύπων για 30 εκ.	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ	ΣΤΑΘΜΗ ΥΔΑΤΟΣ	Φ. ΒΑΘΟΣ
0	X	Στιφρή- πολύ στιφρή καστανοχακκή ιλύς με λίγη λεπτή άμμο και λίγη άργιλο	Ποτάμιες Εναποθέσεις	0	B				0
1	X			1	B				1
2	X	Μέτρια πυκνή καστανοχακκή λεπτή αμμοίλυς και λίγοι χάλικες		2	B				2
3	X	Πυκνοί λεπτοί μέχρι μέτρια χονδροί αμμοχάλικες ηφαιστειογενούς προέλευσης καλά διαβαθμισμένοι		3	B				3
4	X			4	B				4
5	X	Πυκνοί μέχρι πολύ πυκνοί καλά διαβαθμισμένοι αμμοχάλικες, υποστρόγγυλοι, ηφαιστειογενούς προέλευσης πιο χονδροί από αυτούς μεταξύ 3-5μ.		5	B				5
6	X			6	B				6
7	X			7	B				7
8	X			8	B				8
9	X			9	B				9
10	X		10	B				10	

<<ΧΑΡΑΞΗ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΡΟ ΣΤΗΝ ΛΕΥΚΩΣΙΑ>>

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗΣ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ - ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ

Σελ. 2



**Γεώτρηση 25 στην περιοχή του σταθμού «Ελικώνα».**

**<<ΧΑΡΑΞΗ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΡΟ ΣΤΗΝ ΛΕΥΚΩΣΙΑ>>**

**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗΣ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ - ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ**

Σελ. 1

<b>ΕΡΓΟΝ : ΕΚΚΛΗΣΙΑ ΑΓΙΑΣ ΣΟΦΙΑΣ</b> <b>ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ : Ελαιώνων, Στρόβολος</b>		<b>ΑΡ. ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ : Γ2 (EG 50 / 2000)</b>	
ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΝΟΡΥΞΗΣ : Ελιγγοφόρος ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ : 205 mm ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΠΥΡΗΝΑ : ΑΡ. ΓΕΩΤΡΥΠΑΝΟΥ : Τ.Γ.Ε. 21		ΥΨΟΜΕΤΡΟ ΕΔΑΦΟΥΣ : ΚΛΙΣΗ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ : Κάθετη ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ :	
ΕΝΑΡΞΗ : 25 / 7 / 2000 ΑΠΟΠΕΡΑΤΩΣΗ : 25 / 7 / 2000 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΠΟ : Μ. Ευθυμίου ΚΛΙΜΑΚΑ 1:50			

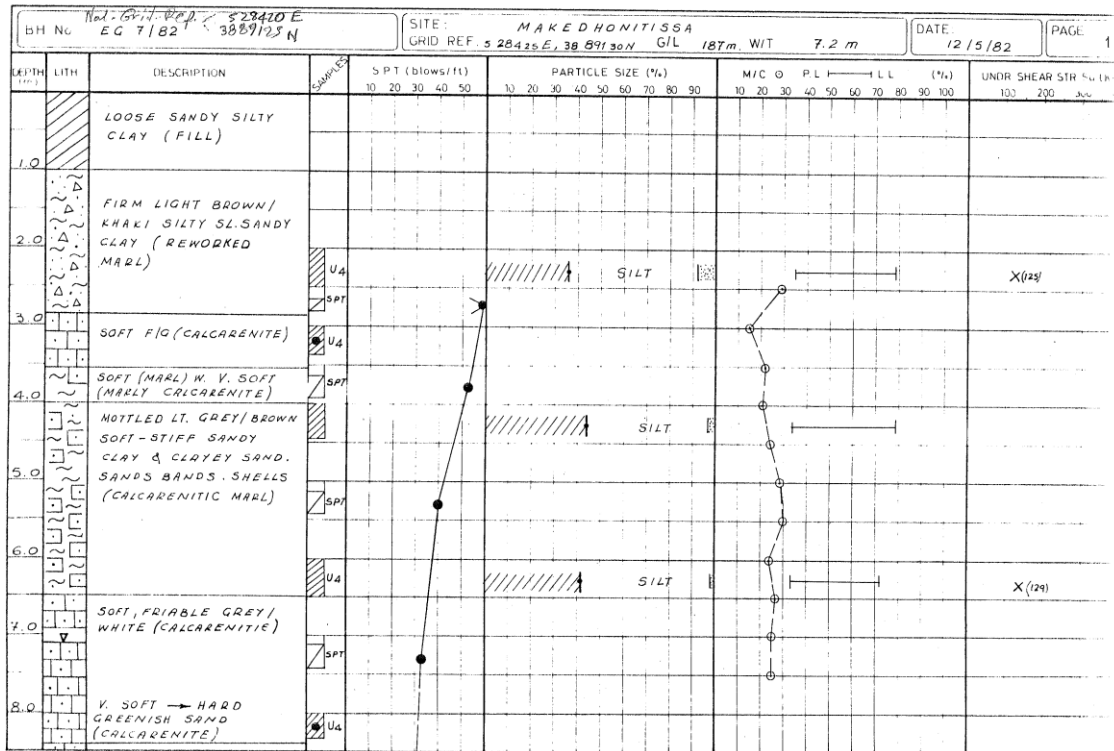
ΒΑΘΟΣ μ.	ΤΟΜΗ ΕΔΑΦΟΥΣ	ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ	ΒΑΘΟΣ μ.	ΤΥΠΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	ΠΡΟΤΥΠΟΣ ΔΟΚΙΜΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ (S. P. T.) Αρ. Κτύπων για 30 εκ.	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ	ΣΤΑΘΜΗ ΥΔΑΤΟΣ	Β. ΒΑΘΟΣ μ.
0			↑	0	B				0
1		Στιφρή- πολύ στιφρή καστανοχακκή ιλύς με λίγη λεπτή άμμο και λίγη άργιλο Από 0,0-1,0μ. διάσπαρτοι χάλικες.	Ποτάμιες Εναποθέσεις	1	R	14			1
2				2	R	17			2
3		Μέτρια πυκνή καστανοχακκή λεπτή αμμοίλυς με σποραδικήν άργιλο		3	B				3
4				4	R	26			4
5				5	C	Άρνηση			5
6		Πυκνοί μέχρι πολύ πυκνοί καλά διαβαθμισμένοι αμμοχάλικες, υποστρογγυλοι, κυρίως ηφαιστειογενούς προέλευσης Από 4,0-5,0μ. σχετικά πιο χονδροί χάλικες.		6	B				6
7				7	C	Άρνηση			7
8				8	B				8
9				9	C	Άρνηση			9
10				10	C	Άρνηση			10

10.00 m. Τέλος Γεώτρησης

<b>ΕΠΕΞΗΓΗΣΕΙΣ:</b> B=Bulk / sample Διαταραγμένο δείγμα	U=Undisturbed sample / Αδιστάρακτο δείγμα	S.P.T. R=Raymond / Άνοικτό C=Core / Κλίμακώ	Core sample/ Δείγμα πυρήνα.
---	--	---	--------------------------------

**Γεώτρηση 26 στην περιοχή του σταθμού «Ελικώνα».**

<<ΧΑΡΑΞΗ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΡΟ ΣΤΗΝ ΛΕΥΚΩΣΙΑ>>



**Γεώτρηση 27 στην περιοχή του σταθμού «Μακάριο Στάδιο».**





## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ**

1. Α.Ι. Σοφιανός. « Τεχνικές διάνοιξης σηράγγων » , Αθήνα 2009
2. Αττικό Μετρό , Αθήνα 2009 Technical Documentation
3. Β. Προφυλλίδης. 1993. « Οικονομική των μεταφορών »
4. Γεώτρηση στην πλατεία ελευθερίας, Geoinvest LTD ,2006
5. Γ. Κ. Στουρνάρας , Αθήνα 2005 , «Τεχνική Γεωλογία»
6. Δημ. Ρόζος, Αθήνα 2007 Σημειώσεις Μαθήματος «Τεχνική Γεωλογία 1»
7. Κωστής Θωμάς « Επόμενη Στάση Μακαρίου», εφημερίδα Πολίτης,(Κύπρος, Απρίλιος 2009)
8. Μ.Γ. Καρλαούτης& Κ.Π. Λυμπέρης. «Συστήματα Αστικών Συγκοινωνιών»
9. Μ.Τσίπουρα-Βλάχου, Αθήνα 2005«Σημειώσεις πετρολογίας Ιζηματογενών Πετρωμάτων»
- 10..Μ. Αγραπίδη & Α. Τζούμας,Αθήνα 2003 « Διάνοιξη σήραγγας για τη σύνδεση μετρό με την Πολυτεχνειούπολη » Διπλωματική εργασία, Σχολή ΜΜΜ,ΕΜΠ
11. Στατιστική Υπηρεσία Κύπρου
12. Στ. Κουκουτάς, « Νέα Αυστριακή μέθοδος »
13. Στ. Κουκουτάς, « Μέθοδος ανοικτού ορύγματος
14. Στ. Κουκουτάς, « Το μετρό της Αθήνας η πραγματοποίηση ενός οράματος »
15. Στ. Κουκουτάς, Αθήνα 2010, «TBM Classification»
16. Στ. Κουκουτάς, ΤΕΕ 2002, τεύχος 2202, Επέκταση της γραμμής 3 «ΗΕπιλογή του μηχανήματος Ολομέτωπης Κοπής με Ασπίδα»
17. Τμήμα αρχαιοτήτων Κύπρου  
[http://www.mcw.gov.cy/mcw/da/da.nsf/DMLexcavat\\_gr/DMLexcavat\\_gr?OpenDocument](http://www.mcw.gov.cy/mcw/da/da.nsf/DMLexcavat_gr/DMLexcavat_gr?OpenDocument)
18. British Standard August 2004, University of Birmingham
19. Denco s.a.,2009, «Appendices»,
20. Denco s.a.,2009, «Interim Report»
21. Dr Martin Herrenknecht / Dr Ulrich Rehm , «Soft Ground Tbm»

22. Web Site της ΑΤΤΙΚΟ ΜΕΤΡΟ, [www.ametro.gr](http://www.ametro.gr)
23. Web Site της Γεωλογικής Επισκόπησης της Κύπρου,  
[http://www.moa.gov.cy/moa/gsd/gsd.nsf/dmlindex\\_gr/dmlindex\\_gr?OpenDocument](http://www.moa.gov.cy/moa/gsd/gsd.nsf/dmlindex_gr/dmlindex_gr?OpenDocument)
24. Web Site του Ι.Γ.Μ.Ε., [www.igme.gr](http://www.igme.gr)
25. Web Site ΟΜΕΤΕ Α.Ε, [www.omete.gr](http://www.omete.gr)
26. Web Site Herrenknecht , <http://www.herrenknecht.com/>
27. Web Διαδυσκτιακή Εγκυκλοπαίδεια Site Wikipedia, <http://el.wikipedia.org/>