

ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-12-02-01-02:2009

**ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΤΕΧΝΙΚΗ
ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΗ**

**HELLENIC TECHNICAL
SPECIFICATION**



Υπόγεια εκσκαφή σηράγγων με μηχανικά μέσα ολομέτωπης ή σημειακής κοπής

Tunnel excavation with full-facers or roadheaders

Κλάση τιμολόγησης: 17

Πρόλογος

Η παρούσα Ελληνική Τεχνική Προδιαγραφή ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-12-02-01-02 «Υπόγεια εκσκαφή σηράγγων με μηχανικά μέσα ολομέτωπης ή σημειακής κοπής» βασίζεται στην Προσωρινή Εθνική Τεχνική Προδιαγραφή (ΠΕΤΕΠ) που συντάχθηκε από το Ινστιτούτο Οικονομίας Κατασκευών (ΙΟΚ) υπό την εποπτεία της 2^{ης} Ομάδας Διοίκησης Έργου (2^η ΟΔΕ) του Υπουργείου Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων (ΥΠΕΧΩΔΕ).

Την επεξεργασία και την έκδοση της παρούσας Ελληνικής Τεχνικής προδιαγραφής ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-12-02-01-02, ανέλαβε η Ειδική Ομάδα Έργου ΕΟΕ ΣΤ της ΕΛΟΤ ΤΕ 99 «Προδιαγραφές τεχνικών έργων», την γραμματεία της οποίας έχει η Διεύθυνση Τυποποίησης του Ελληνικού Οργανισμού Τυποποίησης (ΕΛΟΤ).

Το κείμενο της παρούσας Ελληνικής Τεχνικής Προδιαγραφής ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-12-02-01-02 εγκρίθηκε την 23^η Δεκεμβρίου 2009 από την ΕΛΟΤ ΤΕ 99 σύμφωνα με τον κανονισμό σύνταξης και έκδοσης ελληνικών προτύπων και προδιαγραφών.

© ΕΛΟΤ 2009

Όλα τα δικαιώματα έχουν κατοχυρωθεί. Εκτός αν καθορίζεται διαφορετικά, κανένα μέρος αυτού του Προτύπου δεν επιτρέπεται να αναπαραχθεί ή χρησιμοποιηθεί σε οποιαδήποτε μορφή ή με οποιοδήποτε τρόπο, ηλεκτρονικό ή μηχανικό, περιλαμβανομένων φωτοαντιγραφής και μικροφίλμ, δίχως γραπτή άδεια από τον εκδότη.

Περιεχόμενα

Εισαγωγή.....	5
1 Αντικείμενο	7
2 Τυποποιητικές παραπομπές.....	7
3 Όροι και ορισμοί	9
3.1 Ορισμοί	9
3.2 Ταξινόμηση των μηχανικών μέσων (μηχανών) διάνοιξης σήραγγων	10
4 Απαιτήσεις.....	13
4.1 Γεωμετρία των εκσκαφών	13
4.2 Γραμμές εκσκαφής και γραμμές επιμέτρησης.....	13
4.3 Απαιτήσεις σχεδιασμού για τις μηχανές διάνοιξης της σήραγγας	13
4.4 Παρέκκλιση για καινοτόμους πρακτικές	20
4.5 Απαιτήσεις χρησιμοποιούμενων υλικών.....	21
5 Μέθοδος εκτέλεσης της εργασίας	25
5.1 Επιλογή της μηχανής διάνοιξης σήραγγας	25
5.2 Λειτουργία μηχανής διάνοιξης σήραγγας	25
5.3 Εργασίες διάνοιξης σήραγγας με χρήση πεπιεσμένου αέρα	26
5.4 Τηρούμενα στοιχεία εκσκαφής σήραγγας	28
5.5 Κυκλοφορία σιδηροδρομικών συρμών στις κατασκευαζόμενες σήραγγες.....	28
5.6 Καύσεις, ηλεκτροσυγκολλήσεις, ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις και εξοπλισμός	29
5.7 Αντλήσεις.....	29
6 Αποδοχή περαιωμένης εργασίας – Ανοχές - Δοκιμές.....	29
6.1 Δοκιμές.....	30
7 Όροι και απαιτήσεις υγείας - ασφάλειας εργαζομένων και προστασίας περιβάλλοντος	36
7.1 Πηγές κινδύνου κατά την εκτέλεση των εργασιών.	36
7.2 Μέτρα υγείας - ασφάλειας	37
7.3 Πιθανοί κίνδυνοι για το περιβάλλον	43
7.4 Μέτρα μείωσης των κινδύνων για το περιβάλλον	43

8	Τρόπος επιμέτρησης εργασιών	44
8.1	Επιμέτρηση εκσκαφής σήραγγας με μηχάνημα χωρίς ασπίδες	44
8.2	Επιμέτρηση εκσκαφής σήραγγας με μηχανήματα πλην αυτών της παρ. 8.1	46
8.3	Διακοπές προώθησης του μηχανήματος	47
8.4	Προσκόμιση, συναρμολόγηση, αποσυναρμολόγηση, απομάκρυνση του μηχανήματος	47
8.5	Μεταφορά προϊόντων εκσκαφής	48
8.6	Γεωλογικές καταπτώσεις	48

Εισαγωγή

Η παρούσα Ελληνική Τεχνική Προδιαγραφή εντάσσεται στη σειρά των Π.Ε.Τ.Ε.Π που έχουν προετοιμασθεί από το ΥΠΕΧΩΔΕ και το ΙΟΚ και οι οποίες πρόκειται να εφαρμοστούν στην κατασκευή των δημοσίων τεχνικών έργων στην χώρα, με σκοπό την παραγωγή έργων άριτων και ικανών να ανταποκριθούν και να ικανοποιήσουν τις ανάγκες που υπέδειξαν την κατασκευή τους και να αποβούν επωφελή για το κοινωνικό σύνολο.

Ο ΕΛΟΤ ανέλαβε την υποχρέωση να επεξεργασθεί και να εκδώσει τις ΠΕΤΕΠ ως Ελληνικές Τεχνικές Προδιαγραφές (ΕΛΟΤ ΤΠ – ΕΤΕΠ) σύμφωνα με τις διαδικασίες που προβλέπονται στον Κανονισμό σύνταξης και έκδοσης Ελληνικών Προτύπων και Προδιαγραφών και στον Κανονισμό σύστασης και λειτουργίας Τεχνικών Οργάνων Τυποποίησης.

Υπόγεια εκσκαφή σηράγγων με μηχανικά μέσα ολομέτωπης ή σημειακής κοπής

1 Αντικείμενο

Οι εργασίες που προδιαγράφονται στην παρούσα Προδιαγραφή αφορούν στη διάνοιξη σηράγγων με τεχνικές στις οποίες η εκσκαφή εκτελείται με μηχανικά μέσα, όπως κυκλικούς δίσκους, δόντια ή ελάσματα. Δεν περιλαμβάνονται στο πεδίο που εφαρμόζεται η παρούσα οι τεχνικές εκσκαφής με διατρήματα και ανατινάξεις ή με μηχανικούς εκσκαφείς υπογείων ή με χρήση υδραυλικής ή άλλης σφύρας κι επίσης όλες οι εφαρμογές μηχανικής διάνοιξης φρεάτων.

Οι εργασίες κατασκευής των έργων υποστήριξης, ή ενίσχυσης καλύπτονται από άλλες Προδιαγραφές, αλλά στη θεώρηση της παρούσας Προδιαγραφής περιλαμβάνονται και όλες οι έμμεσες επιπτώσεις (π.χ. καθυστερήσεις για την πραγματοποίηση απαραίτητων υποστηρίξεων) ή προϋποθέσεις (π.χ. αντλήσεις) για την έντεχνη και ασφαλή ολοκλήρωση της εκσκαφής.

2 Τυποποιητικές παραπομπές

Η παρούσα Προδιαγραφή ενσωματώνει, μέσω παραπομπών, προβλέψεις άλλων δημοσιεύσεων, χρονολογημένων ή μη. Οι παραπομπές αυτές αναφέρονται στα αντίστοιχα σημεία του κειμένου και κατάλογος των δημοσιεύσεων αυτών παρουσιάζεται στη συνέχεια. Προκειμένου περί παραπομπών σε χρονολογημένες δημοσιεύσεις, τυχόν μεταγενέστερες τροποποιήσεις ή αναθεωρήσεις αυτών θα έχουν εφαρμογή στην παρούσα όταν θα ενσωματωθούν σε αυτή, με τροποποίηση ή αναθεώρησή της. Όσον αφορά τις παραπομπές σε μη χρονολογημένες δημοσιεύσεις ισχύει η τελευταία έκδοσή τους.

ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-12-02-01-01	Tunnel excavation with conventional means - Υπόγεια εκσκαφή σηράγγων με συμβατικά μέσα
ΕΛΟΤ EN 196.01 E3	Methods of testing cement - Part 1: Determination of strength - Μέθοδοι δοκιμής τσιμέντου - Μέρος 1: Προσδιορισμός αντοχών
ΕΛΟΤ EN 815	Safety of unshielded tunnel boring machines and rodless shaft boring machines for rock - Ασφάλεια μηχανημάτων άνευ ασπίδας προστασίας για διάνοιξη σηράγγων και μηχανήματα άνευ διατρητικών στελεχών για διάνοιξη φρεάτων σε πετρώματα
ΕΛΟΤ EN 12110	Tunnelling machines - Air locks - Safety requirements - Μηχανήματα κατασκευής σήραγγας - Αεροθυλάκια - Απαιτήσεις ασφαλείας
ΕΛΟΤ EN 12111	Tunnelling machines - Road headers, continuous miners and impact rippers - Safety requirements - Μηχανήματα κατασκευής σήραγγας - Μηχανήματα σημειακής κοπής, συνεχούς κοπής και κρουστικές σφύρες - Απαιτήσεις ασφαλείας
ΕΛΟΤ EN 12336+A1	Tunnelling machines - Shield machines, thrust boring machines, auger boring machines, lining erection equipment - Safety requirements - Μηχανήματα κατασκευής σήραγγας - Θωρακισμένα μηχανήματα, διατρητικά μηχανήματα, γεωτρήπανα, εξοπλισμός κατασκευής τοιχωμάτων - Απαιτήσεις ασφαλείας

ΕΛΟΤ EN 1552	Underground mining machines - Mobile extracting machines at the face - Safety requirements for shearer loaders and plough systems - Μηχανήματα υπόγειας εξόρυξης - Κινητά μηχανήματα μετωπικής εξόρυξης - Απαιτήσεις ασφάλειας για συστήματα οδοντοφόρων εκσκαφών και φορτωτές οριζόντιας εξόρυξης
ΕΛΟΤ EN ISO 13500 E2	Petroleum and natural gas industries - Drilling fluid materials - Specifications and tests - Βιομηχανίες πετρελαίου και φυσικού αερίου - Ρευστά υλικά εξόρυξης - Προδιαγραφές και δοκιμές
ΕΛΟΤ EN 863	Protective clothing - Mechanical properties - Test method: Puncture resistance - Προστατευτική ενδυμασία. Μηχανικές ιδιότητες. Δοκιμή αντοχής σε διάτρηση.
ΕΛΟΤ EN 397 A/1	Industrial safety helmets (Amendment A1: 2000) - Κράνη προστασίας.
ΕΛΟΤ EN 388 E2	Protective gloves against mechanical risks -- Γάντια προστασίας έναντι μηχανικών κινδύνων
ΕΛΟΤ EN ISO 20345	Safety Footwear for Professional Use - Υποδήματα ασφαλείας για επαγγελματική χρήση
ΕΛΟΤ EN 136 E2	Respiratory protective devices - Full face masks - Requirements, testing, marking - Μέσα προστασίας της αναπνοής - Μάσκες ολοκλήρου προσώπου - Απαιτήσεις, δοκιμές, σήμανση
ΕΛΟΤ EN 140 E2	Respiratory protective devices - Gas filters and combined filters - Requirements, testing, marking - Μέσα προστασίας της αναπνοής - Φίλτρα αερίων και φίλτρα συνδυασμού - Απαιτήσεις, δοκιμές, σήμανση
ΕΛΟΤ EN 143/A1	Respiratory protective devices - Particle filters - Requirements, testing, marking - Μέσα προστασίας της αναπνοής - Φίλτρα για σωματίδια - Απαιτήσεις, δοκιμές, σήμανση
ΕΛΟΤ EN 149 E2 + AC	Respiratory protective devices - Filtering half masks to protect against particles - Requirements, testing, marking - Μέσα προστασίας της αναπνοής - Φιλτράμασκες για προστασία έναντι σωματιδίων - Απαιτήσεις, δοκιμές, σήμανση
ΕΛΟΤ EN 405 E2	Respiratory protective devices - Valved filtering half masks to protect against gases or gases and particles - Requirements, testing, marking - Μέσα προστασίας της αναπνοής - Φιλτράμασκες με βαλβίδα για προστασία από αέρια ή αέρια και σωματίδια - Απαιτήσεις, δοκιμές, σήμανση
ΕΛΟΤ EN 352.01 E2	Hearing protectors - General requirements - Part 1: Ear-muffs - Μέσα προστασίας της ακοής - Γενικές απαιτήσεις - Μέρος 1: Ωτοασπίδες
ΕΛΟΤ EN 352.02 E2	Hearing protectors - General requirements - Part 2: Ear-plugs - Μέσα προστασίας της ακοής - Γενικές απαιτήσεις - Μέρος 2: Ωτοβύσματα
ΕΛΟΤ EN 352.03 E2	Hearing protectors - General requirements - Part 3: Ear-muffs attached to an industrial safety helmet - Μέσα προστασίας της ακοής - Γενικές απαιτήσεις - Μέρος 3: Ωτοασπίδες επί βιομηχανικού κράνους ασφαλείας
ΕΛΟΤ EN 352.04	Hearing protectors - Safety requirements and testing - Part 4: Level-dependent ear-muffs - Μέσα προστασίας της ακοής - Απαιτήσεις ασφαλείας και δοκιμές - Μέρος 4: Ωτοασπίδες με εξασθένιση εξαρτώμενη από τη στάθμη του θορύβου

CEN/TR 15419

Protective clothing - Guidelines for selection, use care and maintenance of chemical protective clothing - Προστατευτική ενδυμασία - Κατευθυντήριες γραμμές για την επιλογή, χρήση και συντήρηση της προστατευτικής ενδυμασίας έναντι χημικών

ΕΛΟΤ EN 50033

Electrical apparatus for potentially explosive atmospheres - Caplamps for mine susceptible to firedamp - Ηλεκτρικές συσκευές για εκρήξιμες ατμόσφαιρες - Φανοί κράνους για ορυχεία με εύφλεκτο μείγμα αερίων

3 Όροι και ορισμοί

3.1 Ορισμοί

Για τους σκοπούς του παρόντος προτύπου εφαρμόζονται οι ακόλουθοι όροι και ορισμοί.

3.1.1 Άμεση ή αρχική υποστήριξη (primary support): Η υποστήριξη της διατομής της σήραγγας που τοποθετείται για να εξασφαλίσει τη διατήρηση του ανοίγματος και να παρέχει ασφάλεια στη διάνοιξη μέχρι να τοποθετηθεί η τελική επένδυση. Αποτελείται συνήθως από εκτοξευμένο σκυρόδεμα, αγκύρια και χαλύβδινα πλαίσια.

3.1.2 Ανάδοχος (contractor) είναι η Εργοληπτική Επιχείρηση ή Κοινοπραξία που συνάπτει σύμβαση εκτέλεσης με τον κύριο του έργου.

3.1.3 Γεωυλικό ή γεωμάζα (ground): Κάθε φυσικό υλικό μέσα στο οποίο εκσκάπτεται η σήραγγα. Σαν όρος περιέχει το έδαφος και το βράχο.

3.1.4 Ασπίδα (shield): σύστημα προστασίας, από μεταλλική κατασκευή, για προστασία του χώρου εργασίας

3.1.5 Εξωράχειο (extrados): Το εξωτερικό περίγραμμα της επένδυσης (άμεσης ή τελικής) της σήραγγας.

3.1.6 Εσωράχειο (intrados): Το εσωτερικό περίγραμμα της επένδυσης (άμεσης ή τελικής) της σήραγγας.

3.1.7 Κάτω όριο εκρηκτικότητας (Lower Explosive Limit ή LEL) είναι η οριακή συγκέντρωση ενός αερίου ή ατμών στον αέρα, που είναι ικανή να προκαλέσει φωτιά ή έκρηξη στην περίπτωση παρουσίας πηγής έναυσης (π.χ. φλόγα, θερμότητα).

3.1.8 Κοπτική κεφαλή (cutter head): Το περιστρεφόμενο τμήμα στο εμπρόσθιο μέρος της μηχανής, το οποίο φέρει τα κοπτικά εργαλεία.

3.1.9 Μέτωπο εκσκαφής (face): Η εκάστοτε επιφάνεια του γεωυλικού, από την οποία γίνεται η προσβολή του για την προχώρηση της εκσκαφής. Μπορεί να αναφέρεται στο σύνολο της διατομής ή σε τμήματά της.

3.1.10 Πλακούντας Λάσπης (Mud Cake): Λεπτή μεμβράνη αφυδατωμένου αιωρήματος μέσα στο γεωυλικό ή στην επιφάνεια εκσκαφής για τη σταθεροποίησή της

3.1.11 Στεγανωτική διάταξη ουράς (tail seal): Φραγμός εύκαμπτου υλικού που αποτρέπει την εισροή νερού ή ενέματος μεταξύ της επένδυσης της σήραγγας και της ασπίδας της μηχανής.

3.1.12 Στέψη ή κλειδα (crown): Το ανώτατο τμήμα του περιγράμματος μιας σήραγγας.

3.1.13 Στόμιο (Portal): Μία είσοδος ή έξοδος της σήραγγας.

3.1.14 Τελική επένδυση (final lining): Το δομικό σύστημα που έχει σκοπό τη διασφάλιση της επιτελεστικότητας της σήραγγας για την τεχνική διάρκεια ζωής της.

3.2 Ταξινόμηση των μηχανικών μέσων (μηχανών) διάνοιξης σηράγγων

Ως βάση της ταξινόμησης των μηχανών διάνοιξης σηράγγων θεωρείται η δυνατότητα εφαρμογής και εγκατάστασης μέτρων άμεσης υποστήριξης. Η διάκριση των μηχανών σε ομάδες γίνεται αναλόγως της παρεχόμενης άμεσης υποστήριξης των, η οποία μπορεί:

- να μην υφίσταται,
- να υφίσταται μόνο στην περιφέρεια της εκσκαπτόμενης διατομής,
- να υφίσταται στην περιφέρεια της διατομής και στο μέτωπο εκσκαφής.

Η ταξινόμηση που υιοθετείται στην παρούσα προδιαγραφή παρουσιάζεται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1 - Ταξινόμηση μηχανών διάνοιξης σηράγγων

ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ	ΟΜΑΔΑ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΤΥΠΟΣ
ΧΩΡΙΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ	ΜΗΧΑΝΕΣ ΜΕ ΒΡΑΧΙΟΝΑ	ΜΗΧΑΝΕΣ ΣΗΜΕΙΑΚΗΣ ΠΡΟΣΒΟΛΗΣ ROADHEADER	
	ΤΒΜ ΚΥΡΙΑΣ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΔΟΚΟΥ	ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ ΕΚΣΚΑΦΕΙΣ	
	ΜΗΧΑΝΕΣ ΔΙΕΥΡΥΝΣΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ		
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ	ΤΒΜ ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΤΥΠΟΥ ΜΕ ΑΣΠΙΔΑ	ΜΕ ΑΣΠΙΔΑ ΚΑΙ ΣΙΑΓΟΝΕΣ	Ολομέτωπης κοπής
		ΜΕ ΤΜΗΜΑΤΙΚΗ ΑΣΠΙΔΑ	Ολομέτωπης ή/και τμηματικής κοπής
		ΔΙΠΛΗΣ ΑΣΠΙΔΑΣ	Ολομέτωπης κοπής
	Μηχανές Σημειακής Προσβολής Roadheader		
ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗ ΚΑΙ ΜΕΤΩΠΟΥ	ΤΒΜ ΚΛΕΙΣΤΟΥ ΤΥΠΟΥ ΜΕ ΑΣΠΙΔΑ	ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ	Ολομέτωπης ή/και τμηματικής κοπής
		ΑΣΠΙΔΑ - ΠΕΠΙΕΣΜΕΝΟ ΑΕΡΑ	
		ΑΣΠΙΔΑ -ΑΙΩΡΗΜΑ (SLURRY)	Ολομέτωπης κοπής
		ΜΗΧΑΝΕΣ ΕΡΒΜ	

				ΜΗΧΑΝΕΣ ΑΣΠΙΔΑΣ ΜΙΚΤΟΥ ΤΥΠΟΥ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ		
		ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΤΥΠΟΥ ΚΑΙ ΕΡΒΜ		ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΤΥΠΟΥ ΚΑΙ SLURRY		ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΕΡΒΜ ΚΑΙ SLURRY

3.2.1 Μηχανές που δεν προσφέρουν άμεση υποστήριξη

Το πεδίο εφαρμογής τέτοιων μηχανών είναι σήραγγες σε γεωυλικά που δεν απαιτούν άμεση και συνεχή υποστήριξη.

A. Μηχανές διάνοιξης με κοπτική διάταξη επί βραχίονα

Πρόκειται για μηχανές με έναν (ή περισσότερους) επιλεκτικό βραχίονα, επί του οποίου προσαρμόζεται ειδική κεφαλή με κατάλληλο εκσκαπτικό εργαλείο. Η εργασία της εκσκαφής γίνεται με μία σειρά διελεύσεων της κεφαλής, που καλύπτουν όλη τη διατομή του μετώπου της σήραγγας αναλόγως σχήματος και θέσης. Χρησιμοποιούνται τα εξής εκσκαπτικά εργαλεία:

- Κλασσικός μηχανικός εκσκαφέας, ρίπερ ή υδραυλική σφύρα.
- Μηχανές σημειακής προσβολής (Roadheader) με διαμήκη κοπτική κεφαλή.
- Μηχανές σημειακής προσβολής (Roadheader) με εγκάρσια κοπτική κεφαλή.

B. TBM κύριας κεντρικής δοκού

Η μηχανή αυτού του τύπου έχει μία κοπτική κεφαλή που εκσκάπτει ολομέτωπα την σήραγγα σε μία απλή διαδρομή. Η ώθηση στην κοπτική κεφαλή μεταδίδεται δια των εδράνων προωθήσεως (ή τις σιαγώνες), που πιέζονται ακτινικά στο γεωυλικό των παρειών της σήραγγας. Η μηχανή προωθείται με αλληλουχία δύο κυρίων φάσεων:

- Εκσκαφή (έδρανα ή σιαγώνες σταθερά).
- Τοποθέτηση εδράνων ή σιαγώνων σε νέο βήμα.

Τα προϊόντα εκσκαφής συγκεντρώνονται και μεταφέρονται προς τα πίσω με διάταξη της ίδιας της μηχανής.

Γ. Μηχανές διεύρυνσης σήραγγας

Έχουν τις ίδιες βασικές λειτουργίες όπως αυτές της παρ.3.2.1.B. αλλά διανοίγουν την τελική διατομή της σήραγγας από μία κεντρική πιλοτική σήραγγα, από την οποία προωθούνται μέσω εδράνων ή σιαγώνων

3.2.2 Μηχανές που προσφέρουν άμεση υποστήριξη στην περίμετρο της εκσκαφής (ασπίδες)

Ανήκουν στην ομάδα των μηχανών ανοικτού τύπου, δηλαδή η πρόσβαση στο μέτωπο εκσκαφής είναι συνεχής χωρίς να απαιτείται η παρεμβολή ενδιάμεσου ειδικού θαλάμου. Κατά την διάρκεια της εκσκαφής υποστηρίζουν, μέσω ειδικής διάταξης ασπίδας, την περίμετρο της εκσκαφείσας διατομής, σε αντίθεση με το μέτωπο το οποίο δεν υποστηρίζεται. Η ασπίδα μπορεί να είναι είτε μονή είτε διπλή αρθρωτή.

A. Μηχανές (TBM) ανοικτού τύπου με ασπίδα και σιαγώνες

Είναι αντίστοιχες με αυτές της παρ. 3.2.1.B. και μετακινούνται μέσα σε κυλινδρική ασπίδα στην οποία περιλαμβάνονται τα έδρανα προωθήσεως ή οι σιαγώνες. Η ασπίδα προσφέρει άμεση περιμετρική παθητική υποστήριξη.

B. Μηχανές (TBM) ανοικτού τύπου τμηματικής ασπίδας

Οι μηχανές αυτού του τύπου εξοπλίζονται είτε με μία κοπτική κεφαλή ολομέτωπης κοπής, είτε με βραχίονα, όπως οι μηχανές της παρ. 3.2.1.A. Τα έμβολα προωθήσεως της μηχανής αντιδρούν με την επένδυση της σήραγγας, που τοποθετείται από ειδική διάταξη που συμπεριλαμβάνεται στη μηχανή.

Γ. Μηχανές (TBM) ανοικτού τύπου διπλής ασπίδας

Οι μηχανές αυτού του τύπου εξοπλίζονται με κοπτική κεφαλή ολομέτωπης κοπής και δύο σειρές προωθητικών εμβόλων που αντιδρούν είτε με το γεωυλικό είτε με την επένδυση της σήραγγας. Η μέθοδος προωθήσεως κάθε φορά εξαρτάται από τον τύπο του γεωυλικού. Η μηχανή έχει τρία ή περισσότερα τμήματα ασπίδας και μία τηλεσκοπική κεντρική μονάδα προώθησής της.

3.2.3 Μηχανές που προσφέρουν άμεση υποστήριξη στην περίμετρο και στο μέτωπο της εκσκαφής

Αυτές οι μηχανές ανήκουν στην ομάδα των μηχανών κλειστού τύπου, δηλαδή η εκσκαφή λαμβάνει χώρα στο μέτωπο με την κοπτική κεφαλή σε ειδικό κλειστό θάλαμο, μέσα στον οποίο η πίεση μπορεί να ελέγχεται συνεχώς αναλόγως των συνθηκών του μετώπου, ενώ για την πρόσβαση στον θάλαμο αυτό απαιτείται η παρεμβολή άλλου ενδιάμεσου ειδικού θαλάμου (εκτός από τις μηχανές με μηχανική υποστήριξη). Η υποστήριξη της περιμέτρου της εκσκαφής γίνεται και εδώ με χρήση ασπίδας. Η προώθηση γίνεται με έμβολα που πιέζουν την επένδυση.

A. Μηχανές (TBM) με μηχανική υποστήριξη

Οι μηχανές αυτού του τύπου έχουν μια ολομέτωπη κοπτική κεφαλή ή οποία δίνει υποστήριξη του μετώπου εκσκαφής με σταθερή ώθηση του εκσκαπτόμενου υλικού μπροστά προς το γεωυλικό του μετώπου. Τα προϊόντα εκσκαφής απομακρύνονται μέσω ανοιγμάτων στην κοπτική κεφαλή και η ποσότητα ρυθμίζεται με ελεγχόμενες πόρτες.

B. Μηχανές (TBM) με πεπιεσμένο αέρα

Οι μηχανές αυτού του τύπου εξοπλίζονται είτε με μία κοπτική κεφαλή ολομέτωπης κοπής, είτε με βραχίονα, όπως οι μηχανές της παρ. 3.2.1.A. Η υποστήριξη του μετώπου επιτυγχάνεται με πεπιεσμένο αέρα μέσα στο θάλαμο της κοπτικής κεφαλής.

Γ. Μηχανές (TBM) με αιώρημα (slurry)

Οι μηχανές αυτού του τύπου έχουν μία ολομέτωπη κοπτική κεφαλή. Η ενεργός υποστήριξη του μετώπου εκσκαφής επιτυγχάνεται με ελεγχόμενη εισπίεση μπεντονιτικού (συνήθως) ή άλλου αιωρήματος στο θάλαμο της κοπτικής κεφαλής. Η ροή και κυκλοφορία του αιωρήματος απομακρύνει τα υλικά εκσκαφής ελέγχοντας τους ρυθμούς αποκομιδής.

Δ. Μηχανές (TBM) εδαφικής εξισορροπιστικής πίεσης (EPBM)

Οι μηχανές αυτού του τύπου έχουν μία ολομέτωπη κοπτική κεφαλή. Η ενεργός υποστήριξη του μετώπου εκσκαφής επιτυγχάνεται με ελεγχόμενη εισπίεση στο θάλαμο της κοπτικής κεφαλής μίγματος εκσκαπτόμενου γεωυλικού και νερού.

Ε. Μηχανές (TBM) μικτού τύπου λειτουργίας

Οι μηχανές αυτού του τύπου έχουν μία ολομέτωπη κοπτική κεφαλή και μπορούν να λειτουργήσουν ως ανοικτού ή κλειστού τύπου και με διάφορες τεχνικές υποστήριξης του μετώπου. Η εναλλαγή των τύπων λειτουργίας απαιτεί μηχανική παρέμβαση για την αλλαγή της διαμόρφωσης της μηχανής, ενώ χρησιμοποιούνται και διαφορετικές τεχνικές αποκομιδής των προϊόντων εκσκαφής. **Αλλαγή του τρόπου λειτουργίας από κλειστό σε ανοικτό τύπο θα γίνεται με έγκριση της Υπηρεσίας.** Οι τρεις κύριες κατηγορίες αυτών των μηχανών είναι:

- Μηχανές που μπορούν να λειτουργούν ως ανοικτού τύπου, με μεταφορική ταινία απομάκρυνσης των προϊόντων εκσκαφής, και ως κλειστού τύπου, με υποστήριξη του μετώπου με εδαφική εξισορροπιστική πίεση (EPBM) και κοχλιωτό μεταφορά.

- Μηχανές που μπορούν να λειτουργούν ως ανοικτού τύπου, με μεταφορική ταινία απομάκρυνσης των προϊόντων εκσκαφής, και ως κλειστού τύπου, με υποστήριξη του μετώπου με αιώρημα (slurry) και σύστημα υδραυλικής μεταφοράς των προϊόντων εκσκαφής, μετά την απενεργοποίηση της μεταφορικής ταινίας.
- Μηχανές που μπορούν να λειτουργούν με υποστήριξη του μετώπου είτε με αιώρημα (slurry) είτε με εδαφική εξισορροπιστική πίεση (EPBM).

4 Απαιτήσεις

4.1 Γεωμετρία των εκσκαφών

Τα απαιτούμενα από τη Μελέτη γεωμετρικά στοιχεία των διατομών εκσκαφής της σήραγγας, πέρα από το εσωράχιο της τελικής επένδυσης, καθορίζονται στα σχέδια και διαμορφώνονται κατά τις εργασίες διάνοιξης, έτσι ώστε να ελαχιστοποιούνται οι αποκλίσεις από τις γραμμές, τις κλίσεις και τις διαστάσεις που δείχνονται σε αυτά.

Από τη Μελέτη της σήραγγας καθορίζονται λεπτομερώς τα στοιχεία που ορίζουν τη γεωμετρία των χαρακτηριστικών γραμμών "Α" και "Β" της διατομής της σήραγγας, οι οποίες περιγράφονται αναλυτικά στην παράγραφο 4.2. και είναι ενδεχόμενο να διαφοροποιούνται κατά την εφαρμογή και με τις προβλέψεις της μελέτης και των λοιπών συμβατικών τευχών, αναλόγως (α) των επικρατουσών γεωλογικών και γεωτεχνικών συνθηκών, (β) της μεθόδου εκσκαφής. Στη διάνοιξη παρουσιάζονται ανάγκες ειδικών διευρύνσεων για διάφορους λόγους όπως π.χ.

- Εσοχές, φρέατα ή τάφρους για ειδικές εγκαταστάσεις (H/M εγκαταστάσεις, συστήματα, εξυπηρετήσεις, φωλεές φρεατίων κ.λπ.).
- Ειδικές διατομές (για στάθμευση κ.λπ.).
- Κατασκευαστικές απαιτήσεις (για προσωρινούς θαλάμους εξυπηρέτησης έναρξης εκσκαφών, διαπλατύνσεις, χώρους απόθεσης ή συναρμολόγησης ή αποσυναρμολόγησης μηχανημάτων κ.λπ.).
- Κατασκευαστικές ανάγκες κατά την εκσκαφή (διευρύνσεις συνεπακόλουθες του τρόπου κατασκευής ράβδων προπορείας κ.λπ.).

Οι διευρύνσεις αυτές ορίζονται από τη Μελέτη. Διευρύνσεις που γίνονται για την κατασκευαστική ευκολία του Αναδόχου δεν είναι αποδεκτές και οι συνέπειές τους βαρύνουν τον ίδιο.

4.2 Γραμμές εκσκαφής και γραμμές επιμέτρησης

Στη διατομή της σήραγγας ορίζονται οι ακόλουθες γραμμές:

- Γραμμή Ελάχιστης Απαιτούμενης Εκσκαφής "Α"
- Γραμμή Μέγιστης Αποδεκτής Εκσκαφής "Β"

Οι γραμμές Α και Β, όπως έχουν οριστεί στην προδιαγραφή ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-12-02-01-01, ισχύουν και για την εκσκαφή σήραγγων με μηχανικά μέσα, με την παρατήρηση ότι οι γραμμές συμπίπτουν (η απόσταση γραμμών Α-Β είναι μηδενική με μετατόπιση της γραμμής Β προς το εσωτερικό). Η ανωτέρω παρατήρηση μπορεί να μην ισχύει για τις μηχανές με βραχίονα χωρίς υποστήριξη (παρ. 3.2.1.Α), για τις οποίες μπορεί να καθορίζεται απόσταση Α-Β μεγαλύτερη της μηδενικής.

4.3 Απαιτήσεις σχεδιασμού για τις μηχανές διάνοιξης της σήραγγας

4.3.1 Γενικά

Ο Ανάδοχος θα έχει εξασφαλίσει την υποστήριξη του κατασκευαστή της μηχανής για όλες τις αναγκαίες δράσεις λειτουργίας, συντήρησης και επισκευής, ώστε να είναι εξασφαλισμένη η κανονική και αποτελεσματική λειτουργία της μηχανής.

Ο Ανάδοχος θα επιβεβαιώσει με λεπτομερέστερη ανάλυση, παρέχοντας τις κατάλληλες σχετικές εγγυήσεις, τον ρυθμό κατασκευής, παρέχοντας τεκμηριωμένη εκτίμηση για την απόδοση και τον χρόνο εργασίας, συντήρησης και επισκευής του εξοπλισμού.

Όλες οι μηχανές εκσκαφής θα είναι ανθεκτικές ώστε να εξασφαλιστεί η συνεχής και ασφαλής λειτουργία τους. Όπου είναι εφικτό οι υδραυλικές σωληνώσεις θα είναι μεταλλικές υψηλής αντοχής. Η χρήση εύκαμπτων σωληνώσεων θα περιορίζεται στο ελάχιστο. Τα υγρά του υδραυλικού εξοπλισμού θα είναι μη τοξικά και με ελάχιστη ευφλεκτικότητα.

Όλες οι μηχανές εκσκαφής και οι ασπίδες θα πρέπει να είναι αυτοκινούμενες. Η επιφάνεια έδρασης των εμβόλων προώθησης ή των αντίστοιχων σιαγώνων θα είναι σχεδιασμένη ανάλογα με τη φέρουσα ικανότητα του γεωυλικού και της επένδυσης για να αποφεύγονται αστοχίες ή διεισδύσεις αυτών. Τα έμβολα προώθησης ή οι σιαγώνες θα πρέπει να λειτουργούν είτε μεμονωμένα είτε όλα μαζί σε οποιονδήποτε συνδυασμό. Θα πρέπει να επιτρέπουν την τοποθέτηση του προκατασκευασμένου στοιχείου ολοκλήρωσης του δακτυλίου της επένδυσης (key closing segment), σε οποιαδήποτε θέση, εάν αυτό προβλέπεται.

Τα έμβολα για την υποστήριξη των εκσκαφών, σε ασπίδες ανοικτού τύπου, θα πρέπει να λειτουργούν είτε μεμονωμένα είτε όλα μαζί ή σε οποιονδήποτε συνδυασμό. Η λειτουργία των εμβόλων αυτών θα πρέπει να συνδέεται με την λειτουργία των εμβόλων προώθησης της μηχανής. Πρέπει να είναι εφικτή η μεμονωμένη αντικατάσταση των εμβόλων.

Θα προβλέπεται επαρκής πρόσβαση σε όλες τις περιοχές εργασίας ή συντήρησης της μηχανής εκσκαφής. Θα πρέπει να προβλέπονται ασφαλείς χώροι για την είσοδο και διαφυγή του προσωπικού σε επείγουσες περιστάσεις. Οι διαστάσεις τους θα είναι οι προβλεπόμενες από τα Πρότυπα ΕΛΟΤ EN 815, ΕΛΟΤ EN 12110, ΕΛΟΤ EN 12111, ΕΛΟΤ EN 12336+A1, ΕΛΟΤ EN 1552.

Ο Ανάδοχος θα σχεδιάσει τις διαδικασίες εκσκαφής, συμπεριλαμβανομένων της έναρξης και πέρατος των εκσκαφών έτσι ώστε να αποτραπεί οποιαδήποτε χαλάρωση στο γεωυλικό που θα επηρεάσει δυσμενώς υφιστάμενα έργα και κατασκευές. Η μεθοδολογία εκσκαφής που θα υποβάλει στην Υπηρεσία ο Ανάδοχος θα περιλαμβάνει κατ' ελάχιστον τα παρακάτω:

- Την προτεινόμενη μέθοδο μεταφοράς και συναρμολόγησης της μηχανής εκσκαφής ή και της ασπίδας.
- Την προτεινόμενη μέθοδο έναρξης της υπόγειας εκσκαφής, λαμβάνοντας υπόψη και το χρόνο εγκατάστασης όλου του βοηθητικού εξοπλισμού, συμπεριλαμβανομένων τυχόν απαιτούμενες βελτιώσεις των εδαφών ή και αποστραγγίσεις/ αποχετεύσεις. Θα πρέπει επίσης να περιγραφούν λεπτομερώς οι προσωρινές διατάξεις ώθησης.
- Τη μέθοδο προσδιορισμού των συνθηκών του εδάφους (όπως π.χ. γεωλογικές και γεωτεχνικές συνθήκες, τυχόν κρυμμένες υποδομές – δίκτυα - ή άλλες μη καταγεγραμμένες υπόγειες κατασκευές).
- Ανάλυση επικινδυνότητας από την μεταβολή των εδαφικών συνθηκών
- Την προτεινόμενη μέθοδο παρακολούθησης τυχόν απωλειών εδάφους από το μέτωπο εκσκαφής και κατά τη διάρκεια της εκσκαφής, συμπεριλαμβανομένης της ενόργανης παρακολούθησης των καθιζήσεων.
- Την προτεινόμενη μέθοδο εργασιών σε διασταυρώσεις συμπεριλαμβανομένης της αποσυναρμολόγησης των μηχανών εκσκαφής ή των ασπίδων.

Πριν από την έναρξη της εκσκαφής ο Ανάδοχος θα εξασφαλίσει ότι όλα τα μηχανικά συστήματα λειτουργούν καλώς συμπεριλαμβανομένων των συστημάτων εφαρμογής της άμεσης υποστήριξης ή και της μόνιμης επένδυσης.

Η εκσκαφή θα είναι συμβατή με την Προδιαγραφή ΕΛΟΤ Τ.Π. 1501-12-02-01-01 όπου αυτές συνυπάρχουν.

Η κίνηση της μηχανής εκσκαφής θα γίνεται όταν έχει ολοκληρωθεί ο προηγούμενος κύκλος κατασκευής της υποστήριξης, έτσι ώστε κάθε φορά να ολοκληρώνεται ένας κύκλος εκσκαφής και κατασκευής της υποστήριξης. Η προτεινόμενη μέθοδος θα εξασφαλίζει τη σωστή κατεύθυνση της εκσκαφής κάθε φορά

χωρίς να επιβάλλονται παραπάνω από τα προβλεπόμενα φορτία επί της υποστήριξης της σήραγγας, της επένδυσης ή του περιβάλλοντος γεωυλικού. Η εκσκαφή θα γίνεται έτσι ώστε να αποτρέπονται υπερεκσκαφές και απώλεια εδάφους. Η τυχόν απαιτούμενη υπέρβαση των ορίων της εκσκαφής για λόγους πρακτικούς, θα είναι η ελάχιστη δυνατή προκειμένου να διατηρείται η απαιτούμενη γεωμετρία εκσκαφής περιμετρικά της μηχανής εκσκαφή ή της ασπίδος.

Όταν η επένδυση της σήραγγας κατασκευάζεται πίσω από ασπίδα χωρίς διατάξεις «ουράς», η εκσκαφή δεν θα πραγματοποιείται μέχρις ότου το σύνολο της επένδυσης είναι τοποθετημένο στις ανυψωτικές διατάξεις. Η έναρξη της ανύψωσης του δακτυλίου της επένδυσης θα αρχίζει αμέσως μετά την ολοκλήρωση της προώθησης της ασπίδας.

Όταν η εκσκαφή γίνεται πλησίον υπαρχόντων κατασκευών θα υποβάλλεται στη Διευθύνουσα Υπηρεσία προς έγκριση ειδική μεθοδολογία που θα λαμβάνει υπόψη τις υπάρχουσες ιδιαιτερότητες.

Όταν στο μέτωπο εκσκαφής ή οπουδήποτε αλλού, η παρουσία νερού μπορεί να δημιουργήσει επικίνδυνες συνθήκες εργασίας ή κίνδυνο βλαβών στην υποστήριξη, τότε ο Ανάδοχος θα προβεί στις απαραίτητες ενέργειες (π.χ. κατασκευή αποστραγγιστικών οπών, ανακουφιστικών οπών, βελτίωση εδαφών κ.λ.π) αποσόβησης των κινδύνων πριν την έναρξη των εργασιών. Σε περίπτωση παύσης των εργασιών θα εξασφαλίζεται η ευστάθεια όλων των υπογείων εκσκαφών σύμφωνα με τους κανόνες της επιστήμης και της τεχνικής. Κατά τη διάρκεια της παύσης των εργασιών όλα τα μέτωπα και οι χώροι εργασίας θα επιθεωρούνται σε διαστήματα συμφωνημένα με τη Διευθύνουσα Υπηρεσία.

Οποιαδήποτε βλάβη λόγω της εκσκαφής ή άλλων εργασιών του Αναδόχου θα αποκαθίστανται αμέσως από τον Ανάδοχο. Οι σχετικές διαδικασίες θα συμφωνούνται με τη Διευθύνουσα Υπηρεσία.

Οι μηχανές διάνοιξης σηράγγων θα συμμορφώνονται με τους κανονισμούς της Οδηγίας 98/37/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 22-6-1998, για την προσέγγιση της νομοθεσίας των κρατών - μελών σχετικά με τις μηχανές, όπως τροποποιήθηκε με την Οδηγία 98/79/EK. Τα εναρμονισμένα πρότυπα βάσει της ανωτέρω Οδηγίας κατά το χρόνο σύνταξης της παρούσας είναι τα εξής: ΕΛΟΤ EN 815, ΕΛΟΤ EN 12110, ΕΛΟΤ EN 12111 ΕΛΟΤ EN 12336+A1 και ΕΛΟΤ EN 1552.

Οι διατάξεις των ανωτέρω χρησιμεύουν κατ' αρχάς στους μελετητές και κατασκευαστές των μηχανών, αλλά και στους χρήστες αυτών. Επιπρόσθετα των ανωτέρω διατάξεων και προβλέψεων θα ισχύουν και τα αναφερόμενα στις παρακάτω παραγράφους για κάθε ιδιαίτερο τύπο.

4.3.2 Απαιτήσεις σχεδιασμού για μηχανές ολομέτωπης κοπής χωρίς άμεση υποστήριξη

Οι μηχανές αυτού του τύπου είναι κατάλληλες για τη διάνοιξη σηράγγων σε βραχύδεις σχηματισμούς. Η κοπτική κεφαλή της μηχανής θα είναι ικανή να περιστρέφεται τόσο σύμφωνα, όσο και αντίθετα με την κίνηση των δεικτών του ωρολογίου, να σκάβει μόνον όταν τα υδραυλικά έμβολα προώθησης είναι ενεργοποιημένα, και αν απαιτείται, να κάνει και επιστροφή σε κάποιο περιορισμένο μήκος.

Οι κοπτήρες, οι κυκλικοί δίσκοι, τα δόντια και τα ελάσματα εκσκαφής θα μπορούν να τοποθετούνται από το πίσω μέρος της κοπτικής κεφαλής με απόλυτη ασφάλεια.

Η επιφάνεια έδρασης των εμβόλων προώθησης ή των αντίστοιχων σιαγώνων θα είναι σχεδιασμένη ανάλογα με τη φέρουσα ικανότητα της βραχώμαζας για να αποφεύγονται αστοχίες ή διεισδύσεις αυτών. Αντίστοιχη θεώρηση θα γίνεται και για την έδραση στον πυθμένα της ίδιας της μηχανής και της υποστηρικτικής διάταξης (back up).

Η μηχανή πρέπει να είναι σχεδιασμένη να λειτουργεί έτσι, ώστε να επιτρέπει την εκτέλεση δειγματοληπτικών διατρήσεων και διατρήσεων προ-πορείας μέσω της κοπτικής κεφαλής για τη διερεύνηση των γεωλογικών-γεωτεχνικών συνθηκών μπροστά από το μέτωπο εκσκαφής, και την εκτέλεση εργασιών τσιμεντενέσεων για την βελτίωση του γεωυλικού μπροστά από το μέτωπο εκσκαφής, ή τοποθέτησης ελαφρών δοκών προπορείας (spiles) αν αυτό απαιτηθεί, ή στραγγιστηρίων οπών.

Η διάταξη της κεφαλής να προβλέπεται να μπορεί να δημιουργεί υπερεκσκαφή για ανοχή των συγκλίσεων σε περιπτώσεις συθλιβόμενων γεωυλικών.

Η διάταξη εφαρμογής υποστήριξης του ανυποστήρικτου ανοίγματος του θόλου μεταξύ τέλους μηχανής και θέσης ή θέσεων τοποθέτησης μέτρων αρχικής υποστήριξης θα επιτρέπει την άμεση και γρήγορη εφαρμογή τους σύμφωνα με τη μελέτη και οπωσδήποτε θα είναι συμβατή με τη διαμόρφωση και τις λειτουργικές απαιτήσεις της μηχανής, όπως αυτές έχουν επιβληθεί από την αναμενόμενη ποιότητα της βραχόμαζας. Αυτή η διάταξη θα είναι έτσι σχεδιασμένη, ώστε να μπορεί να εφαρμόζει τα μέτρα υποστήριξης στο θόλο, σε όλα τα στάδια εργασίας, τόσο κατά τη διάρκεια προώθησης της μηχανής, όσο και στο χρόνο κατά τον οποίο δεν γίνονται εργασίες εκσκαφής.

Για τον περιορισμό της σκόνης στο μέτωπο, η μηχανή θα είναι εφοδιασμένη με σύστημα περιορισμού και συλλογής της (π.χ. σύστημα ψεκασμού νερού στο μέτωπο, κονιοσυλλέκτες, φίλτρα).

4.3.3 Απαιτήσεις σχεδιασμού για μηχανές ολομέτωπης κοπής με περιφερειακή άμεση υποστήριξη

Η μηχανή ολομέτωπης κοπής με ασπίδα ανοικτού τύπου θα είναι εφοδιασμένη με διάταξη εφαρμογής υποστήριξης του ανυποστήρικτου ανοίγματος του θόλου μεταξύ άκρου ασπίδας και μετώπου εκσκαφής. Αυτή η διάταξη θα είναι έτσι σχεδιασμένη, ώστε να μπορεί να εφαρμόζει πίεση στον θόλο σε όλα τα στάδια εργασίας, τόσο κατά την διάρκεια προώθησης της μηχανής, όσο και στον χρόνο κατά τον οποίο δεν γίνονται εργασίες εκσκαφής.

Η κοπτική κεφαλή της μηχανής θα είναι ικανή να περιστρέφεται τόσο σύμφωνα, όσο και αντίθετα με την κίνηση των δεικτών του ωρολογίου, να σκάβει μόνον όταν τα υδραυλικά έμβολα προώθησης είναι ενεργοποιημένα, και αν απαιτείται να είναι ικανή να κάνει και επιστροφή σε κάποιο περιορισμένο μήκος.

Οι κοπτήρες, οι κυκλικοί δίσκοι, τα δόντια και τα ελάσματα εκσκαφής θα μπορούν να τοποθετούνται από το πίσω μέρος της κοπτικής κεφαλής με απόλυτη ασφάλεια.

Η μηχανή πρέπει να είναι σχεδιασμένη να λειτουργεί έτσι, ώστε να επιτρέπει την εκτέλεση δειγματοληπτικών διατρήσεων και διατρήσεων προ-πορείας μέσω της κοπτικής κεφαλής, για τη διερεύνηση των γεωλογικών-γεωτεχνικών συνθηκών μπροστά από το μέτωπο εκσκαφής και την εκτέλεση εργασιών τσιμεντενέσεων για την βελτίωση του γεωυλικού μπροστά από το μέτωπο εκσκαφής ή τοποθέτησης ελαφρών δοκών προπορείας (spiles), αν αυτό απαιτηθεί, ή στραγγιστηρίων οπών.

Η διάταξη της κεφαλής θα προβλέπεται να μπορεί να δημιουργεί υπερεκσκαφή για ανοχή των συγκλίσεων σε περιπτώσεις συνθλιβόμενων γεωυλικών.

4.3.4 Απαιτήσεις σχεδιασμού για μηχανές ολομέτωπης κοπής με άμεση υποστήριξη της περιφέρειας και του μετώπου εκσκαφής

Για σήραγγες διαμέτρου μέχρι 12 μ, ο τύπος και τα χαρακτηριστικά του γεωυλικού είναι ο καθοριστικός παράγοντας για την επιλογή και το σχεδιασμό της τεχνικής υποστήριξης του μετώπου. Για την περίπτωση μεγαλύτερων διατομών απαιτείται περαιτέρω εξέταση και άλλων παραμέτρων, όπως είναι η μεταβίβαση της ροπής στρέψης από την κοπτική κεφαλή στο γεωυλικό (στις EPB μηχανές είναι 2,5 φορές μεγαλύτερη από τις μηχανές με αιώρημα και παρουνιάζεται ο κίνδυνος να ρολάρει η κεφαλή) και η οικονομική απόδοση.

Ιδιαίτερης θεώρησης αντικείμενο είναι και η επιλογή του είδους της ενέργειας τροφοδοσίας της κεφαλής της μηχανής. Με ηλεκτρική ενέργεια επιτυγχάνεται μεγαλύτερος συντελεστής απόδοσης αλλά απαιτείται πιο εξελιγμένο και ακριβές σύστημα διεύθυνσης, ενώ τα συστήματα με υδραυλική ενέργεια είναι πιο ευέλικτα.

Το ύψος των υπερκειμένων γενικά δεν θα είναι μικρότερο από την διάμετρο D της σήραγγας, ενώ σε ευνοϊκές συνθήκες μπορεί να μειωθεί μέχρι 0,8 D, αν και υπάρχουν περιστατικά με EPBM κάτω από 0,5 D και κατάλληλο έλεγχο της πίεσης στο μέτωπο. Για μικρότερα πάχη υπερκειμένων οι πιέσεις υποστήριξης θα περιοριστούν σε ένα μικρό εύρος τιμών, ώστε να εξασφαλίσουν αφ' ενός την ευστάθεια του μετώπου και αφ' ετέρου να αποφευχθούν απώλειες υγρού ή αέρα. Αντίστοιχα σε όλα τα στάδια της κατασκευής θα εξασφαλίζεται η ασφάλεια του μετώπου και η ασφάλεια έναντι ανύψωσης του εδάφους.

Για τις EPB μηχανές, εφ' όσον αναμένονται σημαντικές υδροστατικές πιέσεις και παροχές, θα εξασφαλίζεται η στεγανότητα του κοχλιωτού μεταφορέα ή η αντιμετώπιση πιθανών εισροών σε αυτόν. Επίσης στις μηχανές αυτές θα ενσωματώνονται στην κοπτική κεφαλή ακροθυρίδες εισαγωγής των πρόσθετων. Η διαμόρφωση και

διάταξη των ακροθυρίδων θα συμβάλλει στη γρηγορότερη και αμεσότερη εισαγωγή του πρόσθετου (κοντά στην επιφάνεια προσβολής) και στην ομοιόμορφη κατανομή του στο εκσκαπτόμενο υλικό. Κάθε ακροθυρίδα θα έχει τη δική της ξεχωριστή γραμμή τροφοδοσίας.

Η κοπτική κεφαλή της μηχανής ολομέτωπης κοπής με ασπίδα κλειστού τύπου θα είναι ικανή να περιστρέφεται και να εκσκάπτει, τόσο σύμφωνα, όσο και αντίθετα με την κίνηση των δεικτών του ωρολογίου (με κατάλληλη διαρρύθμιση και τοποθέτηση των κοπτικών εργαλείων), να εκσκάπτει μόνον όταν τα υδραυλικά έμβολα προώθησης είναι ενεργοποιημένα και αν απαιτείται να είναι ικανή να κάνει και επιστροφή. Τα υδραυλικά έμβολα προώθησης θα πρέπει να μπορούν να αναλάβουν όλες τις απαιτούμενες πιέσεις προώθησης και μετώπου χωρίς να επισυμβεί βλάβη στην επένδυση της σήραγγας.

Τα κοπτικά εργαλεία συνήθως είναι κυκλικοί δίσκοι, ελάσματα και δόντια. Γενικά οι δίσκοι εφαρμόζονται σε εκσκαφή βραχομαζών, τα ελάσματα σε άμμους και τα αποξεστικά δόντια σε συνεκτικά εδάφη. Στις περιπτώσεις γεωυλικού με μικτά χαρακτηριστικά η κοπτική κεφαλή θα εξοπλίζεται με συνδυασμούς των παραπάνω εργαλείων, αφού θα εξετάζεται η αλληλεπίδραση αυτών και η προκύπτουσα φθορά τους. Τα κοπτικά εργαλεία θα μπορούν να αλλάζουν από το πίσω μέρος της κοπτικής κεφαλής. Η αλλαγή θα γίνεται με τρόπο που δεν θα επηρεάζει την πίεση υποστήριξης στο μέτωπο της εκσκαφής. Σε αντίθετη περίπτωση η όποια διαφοροποίηση αυτής της πίεσης δεν θα επιφέρει οποιοδήποτε βλαπτικό αποτέλεσμα στη σήραγγα, στις υπερκείμενες ή παρακείμενες (υπόγειες) κατασκευές, στο γεωυλικό και στην ίδια τη μηχανή.

Όταν αναμένεται να συναντηθούν βραχώδη τεμάχια στο μέτωπο εκσκαφής, η κοπτική κεφαλή θα μπορεί να επιτρέψει σε τεμάχια κατά μέγιστον 300 χλστ. να περνούν μέσα από την κοπτική κεφαλή και τον κοχλιωτό μεταφορέα χωρίς ειδική διαδικασία. Η μηχανή θα έχει επίσης την ικανότητα να αντιμετωπίζει και να σπάζει ή να μετακινεί βραχώδη τεμάχια μεγαλύτερα από τα παραπάνω αναφερθέντα.

Για τις μηχανές με αιωρήματα ο σχεδιασμός της κοπτικής κεφαλής θα περιλαμβάνει μέτρα και διατάξεις που ελαχιστοποιούν την πιθανότητα εμφράξεων. Τέτοια μέτρα είναι:

- Υψηλές παροχές και πιέσεις απόπλυσης (flushing).
- Παρακαμπτήριοι αγωγοί απόπλυσης.
- Ευρεία κατανομή των ακροφυσίων απόπλυσης στο θάλαμο εκσκαφής.
- Διαμόρφωση του κεντρικού τμήματος της κοπτικής κεφαλής με κατάλληλη διάταξη κοπτικών εργαλείων.
- Ενσωμάτωση διάταξης θραύσης βραχωδών τεμαχίων.
- Διατάξεις εισαγωγής πρόσθετων.
- Ανάμιξη του αιωρήματος με ενσωμάτωση κατάλληλης διάταξης.
- Γεωμετρικός και υδραυλικός σχεδιασμός του θαλάμου εκσκαφής.

Η μηχανή θα πρέπει να είναι σχεδιασμένη και να λειτουργεί έτσι ώστε να επιτρέψει τη διενέργεια εκτέλεσης εργασιών όπως π.χ. δειγματοληπτικών διατρήσεων προπορείας μέσω της κοπτικής κεφαλής για τη διερεύνηση των γεωλογικών - γεωτεχνικών συνθηκών μπροστά από το μέτωπο εκσκαφής και την εκτέλεση εργασιών τσιμεντενέσεων για την βελτίωση του γεωυλικού μπροστά από το μέτωπο εκσκαφής αν αυτό απαιτηθεί. Οι δυνατότητες και προδιαγραφές αυτού του εξοπλισμού εξαρτώνται από τις ειδικές απαιτήσεις κάθε επί μέρους περίπτωσης. Ο αριθμός και οι θέσεις των σημείων εφαρμογής τσιμεντενέσεων θα είναι επαρκείς για την άμεση υλοποίηση των εργασιών σταθεροποίησης στο μέτωπο για όλες τις γεωλογικές - γεωτεχνικές συνθήκες.

Η μηχανή θα είναι εφοδιασμένη με διάταξη ή με σύστημα εφαρμογής υποστήριξης του ανυποστήρικτου ανοίγματος του θόλου μεταξύ άκρου ασπίδας και μετώπου εκσκαφής, όπως επίσης υποστήριξης και του ίδιου του μετώπου εκσκαφής. Αυτή η διάταξη θα είναι έτσι σχεδιασμένη, ώστε να μπορεί να εφαρμόζει με επαρκή ασφάλεια την απαιτούμενη πίεση στο θόλο και στο μέτωπο εκσκαφής, σε όλα τα στάδια εργασίας, τόσο κατά τη διάρκεια προώθησης της μηχανής, όσο και στο χρόνο κατά τον οποίο δεν γίνονται εργασίες εκσκαφής. Το σύστημα ελέγχου της πίεσης θα πρέπει να μπορεί αυτόματα να διατηρεί την απαιτούμενη πίεση στο μέτωπο σε όλα τα στάδια λειτουργίας της μηχανής συμπεριλαμβανομένης και της στάσης αυτής. Η πίεση θα πρέπει να μπορεί να προσαρμόζεται με επάρκεια και ασφάλεια στις αλλαγές των συνθηκών στο

μέτωπο. Η μηχανή θα πρέπει να είναι εφοδιασμένη με μετρητές της πίεσης στα κατάλληλα κάθε φορά σημεία.

Η ουρά της μηχανής θα είναι εφοδιασμένη με ειδική «στεγανωτική διάταξη ουράς», για να αποκόπτεται εισροή υπογείου νερού ή τσιμεντενέματος εντός της ασπίδας ή της μηχανής. Η ειδική στεγανωτική διάταξη της ουράς της μηχανής θα μπορεί να αντικαθίσταται γρήγορα μέσα από τη σήραγγα. Διάταξη αποκοπής ροής τσιμεντενέματος στο τέλος της ασπίδας θα πρέπει να προβλεφθεί και για την αποκοπή της ροής του τσιμεντενέματος έξω από την ασπίδα προς την κοπτική κεφαλή. Οι στεγανωτικές διατάξεις θα σχεδιάζονται με επαρκή ασφάλεια έναντι των μέγιστων ασκούμενων πιέσεων συν τις λειτουργικές πιέσεις προώθησης και ενεμάτωσης. Θα προβλέπεται εφεδρική στεγανωτική διάταξη για την περίπτωση διαρροών από το κύριο σύστημα στεγάνωσης.

Η μηχανή θα σχεδιασθεί έτσι, ώστε να επιτρέπει την συνεχή πλήρωση του κενού μεταξύ εξωρραχίου δακτυλίου επένδυσης (από προκατασκευασμένα στοιχεία από σκυρόδεμα) και γεωυλικού με τσιμεντένεμα μέσα από την ασπίδα, καθώς αυτή προωθείται προς τα μπροστά, εφόσον αυτό προβλέπεται από την Μελέτη. Η σχεδίαση θα είναι τέτοια, ώστε οι αγωγοί του τσιμεντενέματος να μπορούν να καθαριστούν ή να αντικατασταθούν στην περίπτωση μπλοκαρίσματος.

Πρόβλεψη για διάταξη κατάλληλης οπτικής και ηχητικής προειδοποίησης και αυτόματης κατάσβεσης πυρκαϊάς θα υπάρχει στη μηχανή, θα συντηρείται και θα βρίσκεται συνεχώς σε καλή κατάσταση λειτουργίας για όλη τη διάρκεια των εργασιών διάνοιξης της σήραγγας.

Όλες οι μηχανές κλειστού τύπου θα είναι εφοδιασμένες με αεροφυλάκιο (air-lock) δύο θαλάμων, για να επιτρέπουν την πρόσβαση των εργαζομένων στην κοπτική κεφαλή και στο μέτωπο εκσκαφής της σήραγγας

4.3.5 Αποκομιδή προϊόντων εκσκαφής

Η μέθοδος αποκομιδής των προϊόντων εκσκαφής σχετίζεται σε μεγάλο βαθμό με την κατηγορία και τον τύπο της μηχανής, ενώ και αντίστροφα οι τυχόν περιορισμοί αποκομιδής των προϊόντων μπορούν να επηρεάσουν την επιλογή της μηχανής.

Οι μέθοδοι και τεχνικές αποκομιδής μπορούν να είναι π.χ.:

- με ανατρεπόμενα οχήματα,
- με τραίνο,
- με σύστημα υδραυλικής μεταφοράς,
- με απ' ευθείας άντληση,
- με μεταφορικές ταινίες.

Τα προβλήματα που είναι δυνατόν να παρουσιαστούν, αναφέρονται στις ιδιότητες των προϊόντων εκσκαφής να επικολλώνται (stickiness) στο μεταφορικό μέσο ή να δημιουργούν συσσωματώματα και κατά βάση συνδέονται με μηχανές αιωρημάτων και EPB. Στις μηχανές EPB θα εξασφαλίζεται η δυνατότητα ρύθμισης των θυρίδων αποκομιδής των προϊόντων εκσκαφής.

Στις μηχανές αιωρημάτων τα προϊόντα εκσκαφής αναμιγνύονται με το αιώρημα σε μία ογκομετρική αναλογία κατάλληλη και το μίγμα αυτό μεταφέρεται, με κατάλληλης δυναμικότητας αντλίες και σωληνώσεις, στην διάταξη διαχωρισμού, όπου τα προϊόντα εκσκαφής διαχωρίζονται και απορρίπτονται ενώ το αιώρημα ανακυκλώνεται για επαναχρησιμοποίηση. Η διάταξη διαχωρισμού απαιτεί προσεκτικό σχεδιασμό, ο οποίος θα ενσωματώνει τα χαρακτηριστικά κάθε ιδιαίτερης περίπτωσης και τις απαιτήσεις απόρριψης των προϊόντων εκσκαφής. Η τροφοδοσία της μηχανής με αιώρημα θα σχεδιάζεται και για περιπτώσεις διαχείρισης έκτακτης κατάστασης όπου απαιτείται η αναπλήρωση απώλειας αιωρήματος.

Στις μηχανές EPB η προσθήκη μπεντονιτικού αιωρήματος είναι δυνατόν να οδηγήσει σε προβλήματα επικόλλησης των υλικών, ενώ η προσθήκη αφρών μπορεί να εισάγει προβλήματα απόρριψης υλικών με μη επιτρεπτές συγκεντρώσεις υδρογονανθράκων.

Το σύστημα μεταφοράς θα σχεδιάζεται έτσι, ώστε να καλύπτει τουλάχιστον την αιχμή ωριαίας παραγωγής, την αιχμή της βάρδιας και την αιχμή της ημερήσιας παραγωγής που ο Ανάδοχος έχει θεωρήσει για την υλοποίηση του χρονοδιαγράμματος του έργου. Ο Κύριος του Έργου θα καθορίζει στα συμβατικά τεύχη την απαίτηση για ύπαρξη εφεδρικού μεταφορικού συστήματος και τη δυναμικότητά του.

4.3.6 Λοιπές απαιτήσεις μηχανών διάνοιξης σήραγγας

Ανεξαρτήτως του επιπέδου και της πληρότητας των διατιθέμενων κατά την υποβολή της προσφοράς μελετών, ο Ανάδοχος θα υποβάλλει Μελέτη όπου θα περιγράφονται λεπτομερώς οι διαδικασίες, τα υλικά και οι τρόποι εφαρμογής για την πραγματοποίηση της διάνοιξης, της άμεσης υποστήριξης ή/και της μόνιμης επένδυσης της σήραγγας κατά τρόπο τέτοιο ώστε να είναι συμβιβασμένες οι επί μέρους τεχνολογικές ιδιαιτερότητες χρησιμοποιήσιμων μέσων. Η ασπίδα της μηχανής διάνοιξης της σήραγγας θα είναι κυκλική (χωρίς να αποκλείεται κάποιο άλλο σχήμα αν κάτι τέτοιο προβλέπεται στην Μελέτη), επαρκώς ανθεκτική για να αποφευχθούν παραμορφώσεις της κατά τη διάρκεια των εργασιών διάνοιξης της σήραγγας και κατάλληλη για τις εργασίες τοποθέτησης του δακτυλίου επένδυσης από προκατασκευασμένα στοιχεία εκ σκυροδέματος ή όλων των άλλων μέτρων άμεσης υποστήριξης όπως φαίνονται στα συμβατικά Σχέδια. Η σχεδίαση της ασπίδας θα προνοεί για την ασφάλεια των εργαζομένων και την ασφαλή εκτέλεση όλων των εργασιών διάνοιξης της σήραγγας.

Η μηχανή διάνοιξης της σήραγγας θα αποτελείται από τμήματα κατάλληλου μεγέθους για τη μεταφορά - εισκόμιση στην θέση του έργου, τη συναρμολόγηση - εγκατάσταση, την τελική αποσυναρμολόγηση και την οριστική αποκόμισή της από το έργο. Η μηχανή θα είναι εφοδιασμένη με σύστημα προώθησης ικανοποιητικής επάρκειας για να μπορεί να διέλθει απρόσκοπτα η μηχανή μέσα από όλα τα γεωυλικά που θα συναντηθούν, στις γραμμές και στις κλίσεις που δείχνονται στα σχέδια. Οι υδραυλικοί κύλινδροι θα είναι ικανοί για ταυτόχρονη ή επί μέρους ενεργοποίηση, ελεγχόμενης πίεσης και μεταβλητού μήκους προχώρησης. Επιπλέον θα είναι εφοδιασμένοι με κατάλληλες πλάκες στήριξης και αντίστοιχης θέσης, έτσι ώστε η τάση από τα έμβολα να κατανέμεται με ασφάλεια στους δακτυλίους της επένδυσης με τα προκατασκευασμένα στοιχεία από σκυρόδεμα ή στην επιφάνεια της βραχύδους εκσκαφής. Η μηχανή θα είναι εφοδιασμένη με σύστημα εγκατάστασης προκατασκευασμένων στοιχείων (εφ' όσον αυτά προβλέπονται από τη Μελέτη), ικανό να τοποθετήσει κάθε προκατασκευασμένο στοιχείο με ασφάλεια στην ακριβή τελική του θέση, στην περιφέρεια του υπό εγκατάσταση δακτυλίου. Τα τοποθετημένα στοιχεία δεν θα πρέπει να επηρεάζονται κατά την προώθηση της μηχανής από άλλα στοιχεία της πέραν των ειδικών διατάξεων προώθησης (έμβολα).

Θα γίνει πρόβλεψη για ηλεκτρική σύνδεση όλων των συστημάτων στην ασπίδα στο στόμιο της σήραγγας και σε διαστήματα που δεν θα υπερβαίνουν τα 500 μ. σε όλο το μήκος της σήραγγας, επιπρόσθετα των προβλέψεων που θα υπάρχουν στην ασπίδα.

Στη μηχανή θα υπάρχει πρόβλεψη για διάταξη κατάλληλης οπτικής και ηχητικής προειδοποίησης και αυτόματης κατάσβεσης πυρκαγιάς, η οποία θα συντηρείται και θα βρίσκεται συνεχώς σε καλή κατάσταση λειτουργίας για όλη την διάρκεια των εργασιών διάνοιξης της σήραγγας. Η μηχανή θα συνοδεύεται από διάταξη πλήρους υποστήριξης (back up), για την αποκομιδή των προϊόντων εκσκαφής από το μέτωπο εκσκαφής, τη σήραγγα, τους δρόμους μεταφοράς μέχρι τον χώρο απόθεσης. Η διάταξη υποστήριξης θα πρέπει να οργανώνει τις παρακάτω λειτουργίες:

- Το διαχωρισμό των γραμμικών ροών μεταφοράς του εκσκαπόμενου υλικού.
- Το διαχωρισμό των περιοχών εργασίας από την διαδικασία μεταφοράς.
- Το διαχωρισμό των συστημάτων υποστήριξης της μηχανής από τις περιοχές εργασίας και την διαδικασία μεταφοράς.

Η διάταξη υποστήριξης λειτουργεί σαν:

- Φορείο των συστημάτων υποστήριξης της μηχανής, όπως κινητήρων, αντλιών, ηλεκτρικών και υδραυλικών συστημάτων, καμπίνας ελέγχου, μεταφορικών ταινιών, σωληνώσεων νερού, αγωγών αερισμού, αποθήκης εξαρτημάτων, εγκατάστασης υγιεινής.
- Γεφύρωμα του χώρου εργασίας με τον περαιωμένο ανάστροφο πυθμένα.

Το σύστημα διεύθυνσης και πλοήγησης θα είναι συμβατό με την κατηγορία και τον τύπο της μηχανής, τη μόνιμη επένδυση της σήραγγας και τη χρήση της (οδική, υδραυλική κ.λπ.). Ανεξάρτητα από την πολυπλοκότητα του συστήματος πρέπει κατ' ελάχιστον:

- Να εξασφαλίζεται η μεταφορά όδευσης μέσα στη σήραγγα και να κλείνει όσο το δυνατόν σε κοντινές αποστάσεις.
- Να εξασφαλίζεται η εκτέλεση κανονικών και ακριβών τοπογραφικών ελέγχων της θέσης της μηχανής και της επένδυσης.
- Να καθορίζεται πόσο γρήγορα (ταχύτητα, χρόνος, απόσταση) η μηχανή μπορεί να αντιδράσει σε τροποποίηση της διαδρομής της.

Το σύστημα ελέγχου διεύθυνσης και πλοήγησης στις μηχανές ολομέτωπης κοπής θα είναι πλήρως αυτόματο ή ημιαυτόματο. Ο συνολικός σχεδιασμός της μηχανής και της υποστηρικτικής διάταξης θα εξασφαλίζει τη συνέχεια ενός ανοικτού παραθύρου διαδρομής ακτίνας laser, ενώ θα περιλαμβάνει και όλα τα εξαρτήματα έντεχνης λειτουργίας σε θέση εύκολα προσπελάσιμη.

Κατά τη διάρκεια της διάνοιξης θα καταγράφονται και θα ελέγχονται:

- Η δύναμη προώθησης.
- Η πίεση του εμβόλου προώθησης.
- Η δύναμη προώθησης στην κοπτική κεφαλή.
- Οι στροφές της κοπτικής κεφαλής.
- Η πίεση ροής και η θερμοκρασία λαδιού και γράσου του κυρίου τριβέα.
- Το αζιμούθιο της μηχανής και η θέση όπου βρίσκεται.
- Η σχετική θέση της μηχανής και της επένδυσης σε σχέση με αυτή της Μελέτης.
- Τα χαρακτηριστικά του ηλεκτρικού φορτίου.

Ανάλογα με τον τύπο της μηχανής που θα επιλεγεί, τα παρακάτω στοιχεία θα πρέπει να ελέγχονται:

- Η πίεση θαλάμου της κοπτικής κεφαλής.
- Η πίεση, η παροχή και η πυκνότητα του μπεντονιτικού αιωρήματος.
- Το επίπεδο του αιωρήματος.
- Η πληρότητα του θαλάμου της κοπτικής κεφαλής και η πυκνότητα του υλικού στις μηχανές EPB.
- Η ταχύτητα του κοχλιωτού μεταφορέα αποκομιδής.
- Η πίεση στον κοχλιωτό μεταφορέα αποκομιδής.
- Η πίεση του πεπιεσμένου αέρα στον θαλαμίσκο.
- Ο όγκος του αποκομισθέντος εδάφους και αντίστοιχης προχώρησης.

Η μηχανή και το σύστημα εγκατάστασης της μόνιμης επένδυσης θα είναι τέτοια, ώστε να επιτρέπουν την κατασκευή σήραγγας σε καμπύλο άξονα με ακτίνα καμπυλότητας μέχρι 70 φορές την εσωτερική ακτίνα της μόνιμης επένδυσης σε οριζοντιογραφία ή/ και μηκοτομή.

4.4 Παρέκκλιση για καινοτόμους πρακτικές

Για να επιτραπεί η χρήση καινοτόμου εξοπλισμού ή η χρήση υλικών που εξασφαλίζουν καλύτερη ικανοποίηση των απαιτήσεων επιτελεσματικότητας, από τις τρέχουσες τεχνολογίες, όπως περιγράφονται στην παρούσα, είναι δυνατή η παρέκκλιση από τις προβλέψεις τούτης της Προδιαγραφής με βάση δεόντως τεκμηριωμένη αιτιολόγηση και έγκριση του αρμοδίου οργάνου

4.5 Απαιτήσεις χρησιμοποιούμενων υλικών

Τα υλικά που είναι πιθανόν να χρησιμοποιηθούν κατά τη διάνοιξη σιηράγγων με μηχανικά μέσα, αναφέρονται κατά βάση σε ειδικά προϊόντα και εφαρμογές κατά την διάνοιξη σιηράγγων σε μαλακά εδάφη, σχετίζονται δε με τις τεχνικές μηχανών τύπου με υποστήριξη του μετώπου με αιώρημα (slurry) και με εδαφική εξισορροπιστική πίεση (EPBM). Οι κύριες κατηγορίες αυτών των υλικών και προϊόντων είναι:

- Ρυθμιστές εδάφους (soil conditioners).
- Υλικά αιωρήματος.
- Κονίες ενεμάτωσης δακτυλίου.
- Μίγμα σφράγισης ουριαίου τμήματος.

Σημειώνεται ότι τα υλικά που αναφέρονται στην επένδυση των σιηράγγων δεν αποτελούν αντικείμενο της παρούσας.

Γενικώς όλα τα υλικά θα κατηγοριοποιούνται ως μη εύφλεκτα και μη διαδίδοντα την φωτιά.

4.5.1 Ρυθμιστές εδάφους

Οι μηχανές των παραπάνω τεχνικών έχουν την δυνατότητα να αντιμετωπίσουν ένα συγκεκριμένο εύρος γεωτεχνικών συνθηκών και παραμέτρων, ενώ οι πραγματικές επί τόπου απαντώμενες πολλές φορές παρουσιάζουν μεταβαλλόμενες και αποκλίνουσες τιμές. Σε πολλές από αυτές τις περιπτώσεις είναι προτιμότερο να προσαρμόζονται και να τροποποιούνται οι ιδιότητες του εδάφους ώστε αυτό να καταστεί διαχειρίσιμο από την μηχανή, έναντι δαπανηρών μετατροπών και αλλαγών στην ίδια τη μηχανή.

A. Υλικά αιωρήματος

Αυτή η τεχνική είναι εφαρμόσιμη σε ένα ευρύ φάσμα εδαφών, από αργίλους μέχρι χάλικες, με υδραυλικές αγωγιμότητες (K) μεταξύ 10^{-8} έως 10^{-2} m/s και με διάφορες παροχές νερού. Τα όρια εφαρμογής της τεχνικής αυτής συνδέονται με τον σχηματισμό Πλακούντα Λάσπης (Mud Cake) και με την κοκκομετρία του γεωυλικού.

Ο Πλακούντας Λάσπης (Mud Cake) είναι λεπτή μεμβράνη αφυδατωμένου αιωρήματος μέσα στο γεωυλικό ή πάνω στην επιφάνεια εκσκαφής για τη σταθεροποίησή της. Η αποτελεσματικότητά του εξαρτάται από τις ιδιότητες του αιωρήματος και το πορώδες του εδάφους. Ο ρόλος του είναι να εξασφαλίζει την ευστάθεια του μετώπου και γι' αυτό πρέπει να έχει επαρκώς χαμηλή διαπερατότητα για τη διατήρηση της πίεσης. Γενικά η αφυδάτωση του αιωρήματος και η δημιουργία του πλακούντα γίνονται με την απομάκρυνση του νερού από το αιώρημα υπό την εφαρμογή πίεσης.

Το αιώρημα βοηθά στην εφαρμογή και διατήρηση της πίεσης στο μέτωπο για την ευστάθειά του και την ελαχιστοποίηση των καθιζήσεων, στην αποκομιδή των προϊόντων εκσκαφής, ενώ παράλληλα ψύχει και λειαινεί τα κοπτικά άκρα. Το αιώρημα ανακυκλώνεται μετά την απομάκρυνση των προϊόντων εκσκαφής και ελέγχονται οι βασικές του ιδιότητες όπως πυκνότητα, pH, απώλεια νερού, ιξώδες, περιεκτικότητα στερεών, διαρροή (yield value). Η επίτευξη των ιδιοτήτων αυτών επιτυγχάνεται με την προσθήκη μπεντονίτη και πρόσθετων όπως πολυμερή, σταθεροποιητές PH, διασπορικοί παράγοντες (dispersants).

Τα αιωρήματα αποτελούνται συνήθως από νερό, μπεντονίτη και πρόσθετα. Οι απαιτήσεις επιτελεστικότητας όπως καθορίστηκαν παραπάνω είναι: η διατήρηση της πίεσης για την απόληψη υποστηρικτικής δράσης, η αιώρηση και απομάκρυνση των προϊόντων εκσκαφής, η ψύξη και λίπανση των κοπτικών άκρων για τη μείωση των φθορών τους.

Ο μπεντονίτης θα συμμορφώνεται και θα ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις του Προτύπου ΕΛΟΤ EN ISO 13500, ενώ η περιεκτικότητά του στο αιώρημα συνήθως είναι 3 - 5 % κατά βάρος.

Οι τεχνικές προδιαγραφές του αιωρήματος θα εξειδικεύονται κάθε φορά από τον Ανάδοχο για να επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα υποστήριξης. Θα εξαρτώνται από τις ιδιότητες της μηχανής και τις γεωλογικές και γεωτεχνικές συνθήκες και παραμέτρους. Θα καθορίζουν όλες τις βασικές ιδιότητες (συγκέντρωση, ιξώδες κ.λπ.) και θα περιγράφουν λεπτομερώς τα απαραίτητα χημικά πρόσθετα και τις μεθόδους μηχανικής επεξεργασίας (κοσκίνισμα, υδροκυκλώνες) του προς ανακύκλωση αιωρήματος. Στον εργαστηριακό έλεγχο

του αιωρήματος θα προβλεφθούν τουλάχιστον οι παρακάτω δοκιμές βασικών παραμέτρων, όπως στον πίνακα 2

Πίνακας 2 - Βασικές παράμετροι αιωρήματος και σχετικές δοκιμές

Ιδιότητα	Μονάδες	Μέθοδος Δοκιμής	Τύπος Δοκιμής
Πυκνότητα - ρ	Kg/m ³	Δοκ. Σωλήνας +Ζυγός	Εργαστήριο ή επί τόπου
Περιεκτικότητα στερεών	%	Φούρνος ξήρανσης	Εργαστήριο
ΡΗ	-	Πεχαμετρικός χάρτης	Επί τόπου
Marsh fluidity - t_M	s	EN ISO 13500	Επί τόπου
Πλαστικό ιξώδες - η	Pa.s	EN ISO 13500	Εργαστήριο
Yield value - τ	Pa	EN ISO 13500	Επί τόπου
Διήθηση νερού	m ³	EN ISO 13500	Εργαστήριο ή επί τόπου

Επίσης ο Ανάδοχος θα υποβάλει και μεθοδολογία εκτίμησης των αποτελεσμάτων από τη χρήση του αιωρήματος.

Β. Υλικά για μηχανές με εδαφική εξισορροπιστική πίεση (EPB)

α) Σκοπός - λειτουργία

Στις μηχανές αυτής της κατηγορίας η υποστήριξη του μετώπου εκσκαφής είναι μία βασική προς ικανοποίηση απαίτηση, η οποία επιτυγχάνεται από το ίδιο το εκσκαπτόμενο γεωυλικό που γεμίζει το θάλαμο της κοπτικής κεφαλής. Η απαιτούμενη υποστήριξη του μετώπου επιτυγχάνεται:

- με την ώθηση της ασπίδας προς το γεωυλικό,
- με ρύθμιση της ταχύτητας απαγωγής του εκσκαπόμενου υλικού π.χ. με ρύθμιση της περιστροφής του κοχλιωτού μεταφορέα.

Η ασκούμενη πίεση υποστήριξης συνολικά πρέπει να εξισορροπεί την πίεση από το γεωυλικό και την πίεση του νερού.

Η τεχνική με εδαφική εξισορροπιστική πίεση γενικά μπορεί να απαιτεί και τη χρήση πρόσθετων που επιτρέπουν ή διευκολύνουν την υλοποίηση με οικονομικούς όρους της εκσκαφής, υποστήριξης και μεταφοράς των προϊόντων εκσκαφής. Στην τεχνική αυτή, όταν απαιτείται, η ρύθμιση του γεωυλικού γίνεται κύρια με την προσθήκη αφρού και πιθανόν και άλλων πρόσθετων. Με την προσθήκη του αφρού υποβοηθείται η άσκηση και διατήρηση της υποστηρικτικής πίεσης, η ρευστότητα του εκσκαπόμενου γεωυλικού, η δημιουργία ομογενούς εδαφικής μάζας, η μείωση της διαπερατότητας, η μείωση της ροπής στρέψης της κοπτικής κεφαλής και η μείωση της λείανσης και φθοράς των κοπτικών άκρων. Η επιλογή του τύπου του αφρού εξαρτάται κύρια από τον τύπο του γεωυλικού αλλά και από τα χαρακτηριστικά της μηχανής. Άλλα πρόσθετα είναι διασπορικοί παράγοντες για την αποφυγή συσσωρεύσεων και εμπλοκών κυρίως σε αργιλικά εδάφη, αντιλειαντικά πρόσθετα για την κοπτική κεφαλή και τον κοχλιωτό μεταφορέα, μπεντονίτης για την αποφυγή διαχωρισμών και την μείωση της διαπερατότητας και νερό σε ορισμένες περιπτώσεις.

β) Χαρακτηριστικά χρησιμοποιούμενων ρευστών

Οι χρησιμοποιούμενοι αφροί χαρακτηρίζονται από τις εξής παραμέτρους:

- C_F : η συγκέντρωση του αφριστικού παράγοντα στο νερό (αφριστικό διάλυμα)
 $C_F = 100 \times m_s / m_F$ όπου
 m_s : η μάζα του αφριστικού παράγοντα στο αφριστικό διάλυμα
 m_F : η μάζα του αφριστικού διαλύματος
- FER : Λόγος διαστολής του αφρού
 $FER = V_{CA} / V_F$ όπου:
 V_{CA} : ο όγκος του αφρού
 V_F : ο όγκος του αφριστικού διαλύματος
- FIR : Λόγος εισπίεσης του αφρού, δηλαδή ο λόγος του όγκου του εισπνευσμένου αφρού σε ατμοσφαιρική πίεση προς τον όγκο του επί τόπου γεωυλικού που θα εκσκαφεί.

Γενικά οι τιμές των παραμέτρων αυτών έχουν τα εξής εύρη:

- Η συγκέντρωση C_F του αφριστικού διαλύματος τυπικά είναι 0,5 – 5,0% και συνήθως κοντά στο 3%, αλλά πάντα πρέπει να ακολουθεί τις υποδείξεις του κατασκευαστή. Η συγκέντρωση αυτή εξαρτάται κυρίως από την ποσότητα του εισπνευζόμενου νερού ή αυτού που ήδη υπάρχει στο έδαφος και επί πλέον από την ενεργότητα του χρησιμοποιούμενου αφρού.
- Ο λόγος FER είναι 5 – 30 με συνηθέστερες τιμές κοντά στο 10. Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή αυτή, τόσο ξηρότερος είναι ο δημιουργούμενος αφρός. Όσο πιο υγρό είναι το έδαφος, τόσο ξηρότερος πρέπει να είναι ο δημιουργούμενος αφρός και το αντίθετο.
- Ο λόγος FIR μπορεί να είναι 10 – 80%, συνήθως βρίσκεται στο 30 – 60%. Ιδιαίτερης σημασίας είναι η ποσότητα του συνολικού νερού (εισπνευζόμενο και εδαφικό), η δε βέλτιστη τιμή πρέπει να καθορίζεται με εργαστηριακές δοκιμές.
- Πολυμερικά πρόσθετα μπορούν να χρησιμοποιούνται σε ορισμένες περιπτώσεις, για να βελτιώνουν την ευστάθεια του αφρού ή να ρυθμίζουν τη συνεκτικότητα του εδαφικού μίγματος στο θάλαμο και στον κοχλιωτό μεταφορέα. Τυπικό παράδειγμα χρήσης είναι σε υγρά αμμόδη εδάφη με μικρή συνοχή. Η συγκέντρωσή τους είναι συνήθως 0,1 – 5 % του αφριστικού διαλύματος. Τα χρησιμοποιούμενα φυσικά πολυμερή είναι άμυλα, σάκχαρα, κυτταρίνες και πρωτεΐνες. Τα συνθετικά πολυμερή που τυχάνουν εφαρμογής είναι πολυακρυλαμίδια και τα παράγωγά τους, όπως μερικώς υδρόλυθέντα πολυακρυλαμίδια (PHPA), ενώ τα ημισυνθετικά περιλαμβάνουν ανθρακομεθυλική κυτταρίνη (CMC) και πολυανιονική κυτταρίνη (PAC).
- Σταθεροποιητικά πρόσθετα βοηθούν στην αποφυγή διαχωρισμού και στα σχετιζόμενα αποτελέσματα στο θάλαμο (μείωση ευστάθειας μετώπου, εμφράξεις κ.λπ.). Η συγκέντρωσή τους είναι συνήθως 0,1 – 5 % του αφριστικού διαλύματος.

Στις πρακτικές εφαρμογές ο όγκος του αφρού θα συναρτάται με το επίπεδο της πίεσης των υπερκειμένων.

Όλοι οι αφροί είναι μετα-σταθερά υλικά και τελικά μετά από κάποια χρονική περίοδο καταρρέουν. Για τη χρήση τους στις σήραγγες είναι ιδιαίτερα σημαντικό να είναι καθορισμένος ο χρόνος κατά τον οποίο το μίγμα αφρού – γεωυλικού μπορεί να είναι σταθερό στο θάλαμο της κοπτικής κεφαλής και στον κοχλιωτό μεταφορέα. Πέρα από το χρόνο αυτό η πιθανότητα κατάρρευσης του αφρού είναι αυξημένη, γεγονός που μπορεί να έχει ανεπιθύμητα έως καταστροφικά αποτελέσματα. Η σταθερότητα του αφρού είναι συνάρτηση του μεγέθους και της ομοιομορφίας των φυσαλίδων και της αντοχής του υμένα (όσο μικρότερες και πλέον ομοιόμορφες είναι οι φυσαλίδες, τόσο σταθερότερος είναι ο αφρός).

Προς το παρόν δεν υπάρχουν τυποποιημένες δοκιμές που να επιτρέπουν την πλήρη προσομοίωση του εδάφους και του αφρού υπό τις συνθήκες που αυτά τα υλικά θα βρεθούν στο θάλαμο της κοπτικής κεφαλής για να προσεγγιστεί το αποτέλεσμα στην υποστήριξη, ανάμιξη και μεταφορά. Οι δοκιμές που προτείνονται στην παράγραφο 6.1, θα θεωρούνται συγκριτικά και όχι με απόλυτες τιμές. Ειδικότερα οι δοκιμές αυτές είναι:

- Δοκιμή για την ευστάθεια του αφριστικού μίγματος (stability of a foam mixture), παρ.6.1.1.

- Δοκιμή για την ευστάθεια του μίγματος αφρού/άμμου (stability (half-life) of a foam/sand mixture), παρ.6.1.2..
- Δοκιμή για τον καθορισμό του πλαστοποιητικού αποτελέσματος αφρού που αποτελείται από αφριστικό παράγοντα και πολυμερή (Plasticising effect of foam made of foaming agent or polymer), παρ. 6.1.3..

Ο Ανάδοχος θα εξειδικεύει κάθε φορά τις τεχνικές προδιαγραφές των υλικών που προτίθεται να χρησιμοποιεί και τις μεθόδους των εργαστηριακών ή επί τόπου δοκιμών για τη λήψη συγκριτικών στοιχείων, αναλόγως του απαιτούμενου αποτελέσματος υποστήριξης των γεωυλικών. Είναι δυνατόν στα πλαίσια της παρ.4.4. να προταθεί οποιαδήποτε άλλη δόκιμη μέθοδος από τον Ανάδοχο και να εφαρμοστεί μετά από έγκριση του αρμόδιου φορέα.

Άλλα υλικά που χρησιμοποιούνται είναι:

- Παράγοντες που αποτρέπουν την έμφραξη, κυρίως σε συνεκτικά εδάφη με υψηλό ποσοστό αργίλου, στην κοπτική κεφαλή, μειώνουν την απαιτούμενη ροπή και επιτρέπουν την πλήρωση του θαλάμου εργασίας (working chamber)
- Πρόσθετα πολυμερή, για τη σταθεροποίηση του αφρού ή ρύθμιση της συνάφειας του υλικού που περνά προς τον κοχλιωτό μεταφορέα.
- Αντιτριβικοί παράγοντες για τη μείωση της φθοράς των κοπτικών εργαλείων.

Τα υλικά αυτά θα είναι αποδεκτά από άποψη περιβαλλοντικών επιβαρύνσεων και ασφαλώς διαχειρίσιμα υπό τις συνθήκες συνθήκες ενός εργοταξίου σήραγγας.

4.5.2 Στεγανωτικές διατάξεις ουριαίου τμήματος

Το στεγανωτικό μίγμα και η στεγανωτική διάταξη του του ουριαίου τμήματος της μηχανής στοχεύουν να σφραγίσουν αυτό έναντι εισροών νερού, ενεμάτων και αιωρήματος (αν χρησιμοποιείται). Για την ικανοποίηση αυτής της απαίτησης θα πρέπει:

- Πολύ καλή αντίσταση έναντι της αναμενόμενης πίεσης νερού και ενέματος.
- Πολύ καλή αντίσταση έναντι: απόπλυσης, φθοράς τριβής, εκροής, εξώθησης και μηχανικής πίεσης
- Καλές ιδιότητες άντλησης - εισπίεσης σε διάφορες θερμοκρασίες.
- Καλή πρόσφυση και επικόλληση σε σκυρόδεμα και μέταλλο.
- Καλή ευστάθεια (χωρίς διαχωρισμό υγρών) κατά την αποθήκευση και υπό το αναμενόμενο επίπεδο πίεσης.
- Χαμηλή και περιβαλλοντικά αποδεκτή τοξικότητα.
- Δεν θα έχει δυσμενείς συνέπειες στα στεγανωτικά παρεμβύσματα

Συστήνεται η υιοθέτηση των δοκιμών που προδιαγράφονται στην παρ. 6.1.5. Πρόκειται για δοκιμή πίεσης νερού (Water pressure test). Οι απαιτήσεις απόδοσης στη δοκιμή αυτή φαίνονται στον παρακάτω πίνακα 3.

Πίνακας 3 - Βασικές απαιτήσεις δοκιμής πίεσης νερού για στεγανωτικό ουριαίου τμήματος TBM

Χαρακτηριστικό	Κλάση Α	Κλάση Β	Κλάση Γ
Αντίσταση νερού σε 8 bar για 5 min	Διέλευση από πλέγμα 1mm σε >5min	Διέλευση από πλέγμα 0,5mm σε >5min	Διέλευση από πλέγμα 0,5mm σε <5min

Είναι δυνατόν στα πλαίσια της παρ.4.4. να προταθεί οποιαδήποτε άλλη δόκιμη μέθοδος από τον Ανάδοχο και να εφαρμοστεί μετά από έγκριση του αρμόδιου φορέα.

Άλλα χαρακτηριστικά, όπως πυκνότητα, χρώμα, οσμή, σημείο καύσης θα είναι σύμφωνα με τις τιμές και περιγραφές του κατασκευαστή και θα συμμορφώνονται με τα καθορισμένα όρια.

5 Μέθοδος εκτέλεσης της εργασίας

5.1 Επιλογή της μηχανής διάνοιξης σήραγγας

Η επιλογή της κατηγορίας και του τύπου της μηχανής διάνοιξης σήραγγας θα γίνεται στη βάση αξιολόγησης:

- των γεωλογικών, υδρογεωλογικών και γεωτεχνικών συνθηκών και παραμέτρων των γεωυλικών στη ζώνη διέλευσης της σήραγγας,
- των γεωμετρικών στοιχείων της διατομής της σήραγγας και της χάραξής της (π.χ. κλίση, μήκος),
- των περιορισμών και όρων που επιβάλλονται από τις περιβαλλοντικές ρυθμίσεις και τις σχετικές άδειες,
- των συνθηκών ευστάθειας στο μέτωπο εκσκαφής και στη διατομή της σήραγγας,
- των απαιτήσεων χρονισμού τοποθέτησης των μέτρων της άμεσης υποστήριξης,
- των απαιτήσεων επίτευξης αποδεκτών καθιζήσεων,
- των χρονικών περιορισμών για τη διάνοιξη της σήραγγας.

Η λήψη απόφασης επιλογής θα υποστηρίζεται και θα συνοδεύεται από κατάλληλη ανάλυση επικινδυνότητας. Ο υποψήφιος Ανάδοχος θα παρουσιάσει τεκμηριωμένα αποδεικτικά της εμπειρίας που διαθέτει για τη χρήση της συγκεκριμένης μεθόδου που προτίθεται να χρησιμοποιήσει και θα παρέχει τις σχετικές εγγυήσεις που του ζητούνται. Ο Ανάδοχος θα παρουσιάσει υποβάλλοντας στη Διευθύνουσα Υπηρεσία πλήρη περιγραφή των μέσων που θα χρησιμοποιήσει, εναλλακτικούς τρόπους αντιμετώπισης διαφορετικών συνθηκών και θα δίνει πρόσθετες πλήρεις εγγυήσεις για την ολοκλήρωση του έργου. Ο Ανάδοχος θα δηλώσει τον υπεύθυνο μηχανικό και τους χειριστές της μηχανής με σαφή αποδεικτικά της εμπειρίας τους.

Η επιλογή της κατηγορίας και του τύπου της μηχανής διάνοιξης που θα χρησιμοποιηθεί γίνεται με αποκλειστική ευθύνη του Αναδόχου, εκτός αν διαφορετικά ορίζεται στα συμβατικά τεύχη. Ο Ανάδοχος θα υποβάλλει προς έγκριση πλήρη τροποποιημένη (ως προς την τυχόν υπάρχουσα) οριστική μελέτη εκσκαφής, άμεσης υποστήριξης και μόνιμης επένδυσης καθώς και αναλυτική μεθοδολογία κατασκευής της σήραγγας που θα είναι πλήρως συμβατή με την επιλεγείσα μηχανή. Επίσης θα υποβάλλει Τεχνική Προδιαγραφή για τη μεθοδολογία κατασκευής της σήραγγας και του μηχανήματος με τα τεχνικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά. Η Τεχνική Προδιαγραφή θα συνταχθεί σύμφωνα προς τις οδηγίες και απαιτήσεις της παρούσης Προδιαγραφής και των σχετιζόμενων με αυτήν και των ειδικών απαιτήσεων του έργου και της μελέτης.

Ο Ανάδοχος θα εκτελέσει (εάν κριθεί από αυτόν απαραίτητο) πρόσθετες γεωερευνητικές εργασίες κατά μήκος της χάραξης της σήραγγας, για να επιβεβαιώσει την καταλληλότητα της μεθόδου και του μηχανήματος εκσκαφής της σήραγγας που θα επιλέξει.

5.2 Λειτουργία μηχανής διάνοιξης σήραγγας

Ο Ανάδοχος θα προμηθεύσει, θα εγκαταστήσει, θα συντηρήσει, θα προωθήσει και στο τέλος των εργασιών διάνοιξης θα αποσυναρμολογήσει και θα μετακινήσει από το έργο τη μηχανή διάνοιξης της σήραγγας.

Πριν εισκομισθεί η μηχανή στην περιοχή του έργου, θα συναρμολογηθεί πλήρως στις εγκαταστάσεις του Αναδόχου ή του Κατασκευαστή με όλα τα υδραυλικά συστήματα πλήρως ενσωματωμένα για επιθεώρηση ετοιμότητας και πληρότητας για εργασία. Προκατασκευασμένα στοιχεία από σκυρόδεμα για το δακτύλιο υποστήριξης θα πρέπει να βρίσκονται σε ετοιμότητα για επίδειξη της εγκατάστασής τους.

Ο Ανάδοχος θα προμηθεύσει στη Διευθύνουσα Υπηρεσία όλες τις απαραίτητες πληροφορίες που θα βοηθήσουν στην παρακολούθηση του ελέγχου λειτουργίας της, για να διασφαλισθεί ότι η σχεδίαση και η κατασκευή της μηχανής έγινε σύμφωνα με τις απαιτούμενες προδιαγραφές.

Η μηχανή για την εγκατάσταση της στο έργο θα συναρμολογηθεί στον προβλεφθέντα χώρο εγκατάστασης, στην απαιτούμενη θέση και υψόμετρο, με μέγιστη ανοχή 6 χλστ. στην εξωτερική διάμετρο εκσκαφής και 20 mm στην εσωτερική περιφέρεια ή όπως αλλιώς καθορισθεί στη Μελέτη.

Ο Ανάδοχος θα λειτουργήσει και θα συντηρεί τη μηχανή σύμφωνα με τις οδηγίες λειτουργίας και συντήρησης του Κατασκευαστή της μηχανής. Η διαθεσιμότητα (availability) της μηχανής δεν θα είναι μικρότερη από 85%.

Ο Ανάδοχος θα διαθέτει στο εργοτάξιο πλήρεις οδηγίες συντήρησης της μηχανής, συντεταγμένες και υπογεγραμμένες από τον Κατασκευαστή, ενώ θα παραδώσει δύο σειρές και στη Διευθύνουσα Υπηρεσία. Σε αυτές θα καθορίζεται η φύση των επισκευών και τα συνιστώμενα χρονικά ή λειτουργικά διαστήματα εκτέλεσής τους. Ειδικότερα, τα κοπτικά εργαλεία θα επιθεωρούνται και αντικαθίστανται πριν η φθορά επηρεάσει τους αντιτριβικούς δακτυλίους (κουζινέτα, bushes). Στις μηχανές όπου η επιθεώρηση και ο έλεγχος είναι δύσκολος ή/και χρονοβόρος, θα καθορίζονται οι ενδείξεις (π.χ. αύξηση της ροπής στρέψης, της δύναμης προώθησης) που πρέπει να αξιολογούνται για την επιλογή του βέλτιστου χρόνου αντικατάστασης των κοπτικών εργαλείων. Όλες οι εργασίες συντήρησης θα επιβλέπονται από εντεταλμένο Μηχανικό και θα καταχωρούνται σε ειδικά λεπτομερή έντυπα.

Ο Ανάδοχος θα εξασφαλίσει, μετά από πρόταση του Κατασκευαστή της μηχανής, επί τόπου του έργου επαρκείς ποσότητες ανταλλακτικών και υλικών συντήρησης, που, χωρίς να περιορίζονται, θα περιλαμβάνουν τα εξής:

- Μία πλήρη σειρά κυκλικών δίσκων, κοπτήρων και δοντιών.
- Ειδικά υδραυλικά έμβολα, υδραυλικούς σωλήνες και συναφή.
- Ράουλα του συστήματος αποκομιδής προϊόντων εκσκαφής.

Οι χειριστές και οι μηχανικοί συντήρησης της μηχανής του Αναδόχου θα εκπαιδεύονται από τον Κατασκευαστή πριν την έναρξη των εργασιών. Τεχνικός αντιπρόσωπος του Κατασκευαστή της μηχανής με τις απαραίτητες γνώσεις σχετικά με την εγκατάσταση - συναρμολόγηση, την λειτουργία, τη συντήρηση και την επιδιόρθωση σε περίπτωση βλάβης της μηχανής θα ενσωματωθεί στο προσωπικό του Αναδόχου επί τόπου του έργου καθ' όλη τη διάρκεια των εργασιών διάνοιξης της σήραγγας.

Με την περάτωση της διάνοιξης της σήραγγας, η μηχανή θα αποσυναρμολογηθεί και θα μετακινηθεί έξω από τη σήραγγα. Αν απαιτηθεί να μετακινηθεί η μηχανή για τη διάνοιξη άλλης σήραγγας στο Έργο, αυτή θα καθαρισθεί, θα επανεπισκευασθεί και θα δοκιμασθεί πριν αρχίσουν οι εργασίες διάνοιξης στην επόμενη σήραγγα.

Στις περιπτώσεις των μηχανών χωρίς υποστήριξη στο μέτωπο εκσκαφής, όταν για κάποιο λόγο δεν γίνονται εργασίες εκσκαφής, θα διασφαλίζονται με εκταξιδυμένο σκυρόδεμα ή με οποιοδήποτε άλλο μέσο εγκριθεί από τη Διευθύνουσα Υπηρεσία, για την αποφυγή οποιωνδήποτε μετακινήσεων ή απώλειας εδάφους στην ευρύτερη περιοχή της σήραγγας.

Η υπερκοπή θα διατηρηθεί στο ελάχιστο δυνατό. Πιθανά κενά μεταξύ μόνιμης επένδυσης και αρχικής υποστήριξης ή γεωυλικού θα πληρωθούν με ένεμα το γρηγορότερο δυνατό.

Όλες οι εργασίες υπόγειας εκσκαφής σήραγγας θα γίνονται για μήκος ενός δακτυλίου επένδυσης με προκατασκευασμένα στοιχεία από σκυρόδεμα την φορά (αν αυτή η μέθοδος άμεσης υποστήριξης τελικά υιοθετηθεί). Όταν αρχίσουν οι εργασίες υπόγειας εκσκαφής για μήκος ενός δακτυλίου επένδυσης (προσωρινής ή τελικής), η εργασία θα συνεχίσει χωρίς διακοπή μέχρι την πλήρη εγκατάσταση και τσιμεντένωση επαφής του δακτυλίου.

Εάν οι συνθήκες ευστάθειας της σήραγγας σε σχέση με τη λειτουργία του μηχανήματος το επιβάλλουν, η εκσκαφή θα γίνεται συνεχώς, χωρίς διακοπή, μέρα και νύχτα.

5.3 Εργασίες διάνοιξης σήραγγας με χρήση πεπιεσμένου αέρα

Ο Ανάδοχος θα υποβάλλει στη Διευθύνουσα Υπηρεσία σε εβδομαδιαία βάση ενημερωμένα στοιχεία με τον αριθμό των αποσυμπίεσεων και επανασυμπίεσεων και τον αριθμό των περιστατικών υγείας σχετικά με τις αποσυμπίεσεις.

Ο Ανάδοχος θα τηρεί πλήρη και συνεχή στοιχεία ποσοτήτων αέρα χαμηλής πίεσης στα διάφορα μέτωπα εργασίας και θα υποβάλλει αντίγραφο στην Υπηρεσία κάθε ημέρα. Η πίεση αέρα σε κάθε μέτωπο εργασίας

θα καταγράφεται συνεχώς σε εικοσιτετράωρη βάση και αντίγραφο των στοιχείων αυτών θα υποβάλλεται στην Υπηρεσία κάθε ημέρα.

Όλη η ξυλεία που χρησιμοποιείται ή υπάρχει στην περιοχή όπου χρησιμοποιείται πεπιεσμένος αέρας θα πρέπει να μην αναφλέγεται.

Όπου πρόκειται να χρησιμοποιηθεί πεπιεσμένος αέρας, θα γίνουν οι παρακάτω προβλέψεις:

- α) Ο Ανάδοχος θα προμηθεύσει, θα εγκαταστήσει και θα συντηρεί επί τόπου του έργου πλήρη εγκατάσταση πεπιεσμένου αέρα χαμηλής πίεσης, αποτελούμενου από τους απαραίτητους συμπιεστές, κινητήρες, ψύκτες, σωληνώσεις στους θαλάμους μετάβασης, βάνες, εξοπλισμό πυρόσβεσης, μετασχηματιστές, ηλεκτρικές καλωδιώσεις, όλες τις ηλεκτρικές συσκευές και τις θεμελιώσεις.
- β) Η βασική εγκατάσταση χαμηλής πίεσης θα είναι ικανή να παρέχει αέρα στον θάλαμο εργασίας στην μέγιστη απαιτούμενη πίεση. Η εγκατάσταση δεν θα περιλαμβάνει λιγότερες από τρεις μονάδες της ίδιας περίπου δυναμικότητας. Εναλλακτική εφεδρική μονάδα θα πρέπει να είναι διαθέσιμη για την τροφοδοσία των θαλάμων μετάβασης.
- γ) Ο Ανάδοχος θα υπολογίσει την απαιτούμενη δυναμικότητα της εγκατάστασης για να αντιμετωπισθούν οι επί τόπου συνθήκες και την περατότητα σε αέρα της επένδυσης. Θα προμηθεύσει την εγκατάσταση για παροχή του απαιτούμενου όγκου αέρα με επαρκή εφεδρική ικανότητα για απρόβλεπτες καταστάσεις.
- δ) Οι αεροσυμπιεστές θα είναι ηλεκτρικοί και θα έχουν πετρελαιοκινητήρες σε εφεδρεία που θα μπαίνουν αυτόματα σε λειτουργία σε περίπτωση διακοπών ηλεκτρικής ενέργειας.
- ε) Οι προδιαγραφές της ελαχίστης δυναμικότητας δεν αίρουν την ευθύνη του Αναδόχου για την προμήθεια συμπληρωματικής εγκατάστασης αν αυτή απαιτηθεί χωρίς πρόσθετη δαπάνη στην Υπηρεσία.
- στ) Οι διατάξεις ελέγχου της πίεσης θα είναι τέτοιες, ώστε να μπορούν να ανταποκρίνονται στις συνθήκες μετώπου και σε κάθε περίπτωση θα παραμένουν ± 7 kPa της επιθυμητής πίεσης.
- ζ) Μέγιστη προσοχή θα δοθεί στην μελέτη και στην κατασκευή του κτιρίου των συμπιεστών για να διατηρηθεί το επίπεδο του θορύβου στο χαμηλότερο δυνατό. Επαρκής ηχομόνωση θα προβλεφθεί στην οροφή και στους τοίχους.
- η) Ο Ανάδοχος θα υποβάλλει για έγκριση στη Διευθύνουσα Υπηρεσία την πλήρη και λεπτομερειακή του πρόταση για την εγκατάσταση της χαμηλής πίεσης πριν την έναρξη λειτουργίας της.

Στο χώρο του έργου σήραγγας που διανοίγεται με χρήση πεπιεσμένου αέρα θα υπάρχει συνεχής παρουσία ιατρού σε όλες τις ώρες εργασίας.

Ο Ανάδοχος θα υποβάλλει προς έγκριση στη Διευθύνουσα Υπηρεσία πλήρεις λεπτομέρειες των προτάσεων του για την προμήθεια κεφαλών μετάβασης και θαλάμων μετάβασης για εργαζομένους και υλικά και θα προμηθεύσει, θα εγκαταστήσει και θα συντηρεί όλες τις απαραίτητες κεφαλές μετάβασης (bulkheads) και τους θαλάμους μετάβασης που μπορεί να απαιτηθούν στην κατασκευή.

Για την αποφυγή απωλειών πεπιεσμένου αέρα στο διανοιχθέν τμήμα της σήραγγας, θα κατασκευασθεί και η τελική επένδυση από σκυρόδεμα πριν την εφαρμογή πεπιεσμένου αέρα. Μήκος 10 μ. σήραγγας στην πλευρά ατμοσφαιρικής πίεσης από την κεφαλή μετάβασης επίσης θα προστατεύεται από απώλεια πεπιεσμένου αέρα.

Δίκτυο τηλεφωνικής επικοινωνίας θα εγκατασταθεί και θα συντηρείται μεταξύ του τμήματος όπου γίνονται οι εργασίες κάτω από πεπιεσμένο αέρα και αυτού όπου δεν γίνονται, και οι υπεύθυνοι των θαλάμων μετάβασης θα βρίσκονται σε τηλεφωνική επικοινωνία με το προσωπικό του ελέγχου της χαμηλής πίεσης στις εγκαταστάσεις πεπιεσμένου αέρα. Ο Ανάδοχος θα προμηθεύσει, θα εγκαταστήσει και θα συντηρεί τις απαραίτητες τηλεφωνικές συσκευές για τον παραπάνω σκοπό έχοντας πάντοτε εφεδρική διαθεσιμότητα.

Όλες οι θύρες του θαλάμου μετάβασης θα είναι κατασκευασμένες από χάλυβα. Χρήση χυτοσιδήρου για την κατασκευή των θυρών του θαλάμου μετάβασης δεν επιτρέπεται.

Οι θάλαμοι μετάβασης θα κατασκευασθούν σε περιοχές που θα συμφωνηθούν με την Υπηρεσία και θα είναι άμεσα έτοιμοι, έτσι ώστε να μπορούν να τεθούν σε λειτουργία χωρίς καθυστερήσεις όταν απαιτηθεί η χρήση πεπιεσμένου αέρα.

5.4 Τηρούμενα στοιχεία εκσκαφής σήραγγας

Ο Ανάδοχος θα τηρεί ακριβή στοιχεία για όλες τις υπόγειες εκσκαφές που θα εκτελεσθούν στα πλαίσια αυτής της σύμβασης. Τα στοιχεία θα είναι πλήρη ώστε να επιτρέπουν την ακριβή απεικόνισή τους σε κάτοψη και τομή στο γενικό δελτίο καταγραφής των στοιχείων εκσκαφής των θέσεων και των ορίων της προχώρησης.

Στο τέλος κάθε βάρδιας, ο Ανάδοχος θα παραδίδει στη Διευθύνουσα Υπηρεσία δύο (2) αντίγραφα των στοιχείων εκσκαφής που καταγράφηκαν στην βάρδια αυτή. Τα στοιχεία θα καταγράφονται σε εγκεκριμένα έντυπα και θα φέρουν τις υπογραφές του εκπροσώπου του Αναδόχου και της Διευθύνουσας Υπηρεσίας, οι οποίοι θα ελέγχουν και θα πιστοποιούν τα στοιχεία των σχετικών εντύπων στο τέλος κάθε βάρδιας.

Χωρίς να περιορίζεται η γενικότητα των προαναφερθέντων, οι εκθέσεις κάθε βάρδιας θα περιλαμβάνουν τα ακόλουθα στοιχεία τόσο της εκσκαφής όσο και της λειτουργίας της μηχανής όπως παρακάτω:

- Τη χιλιομετρική θέση του μετώπου κατά την έναρξη και το τέλος κάθε κύκλου προχώρησης.
- Τα τοπογραφικά στοιχεία της προχώρησης όπως άξονα, αζιμούθιο κ.λπ. και την διάμετρο εκσκαφής (στην περίπτωση που η μηχανή είναι εφοδιασμένη με εξοπλισμό δημιουργίας υπερεκσκαφής).
- Την κατηγορία της βραχομάζας και τον τύπο της άμεσης υποστήριξης.
- Το χρόνο λειτουργίας της μηχανής (τόσο διάτρησης όσο και μη διάτρησης) με τον τελικό αριθμό των τοποθετηθέντων προκατασκευασμένων στοιχείων άμεσης ή/και τελικής επένδυσης.
- Λεπτομέρειες βλαβών της μηχανής.
- Λεπτομέρειες εκτελεσθεισών συντηρήσεων της μηχανής.
- Κατάλογο αλλαγών δίσκων και κοπτήρων της κοπτικής κεφαλής της μηχανής.
- Αριθμό, μήκος, θέση και τύπο χαλύβδινων πλαισίων ή ημιπλαισίων, αγκυρίων βράχου, μεταλλικού πλέγματος κ.λπ. που έχουν τοποθετηθεί σαν άμεση υποστήριξη. Επίσης όλα τα στοιχεία του εκτοξευομένου σκυροδέματος, των ενσωματωμένων χαλυβδίνων ινών, των προκατασκευασμένων στοιχείων της επένδυσης (μετά των στοιχείων δαπέδου) κ.λπ. που χρησιμοποιήθηκαν.
- Τον αριθμό και τις ειδικότητες των εργαζομένων και τον αριθμό και τις κατηγορίες εξοπλισμού που χρησιμοποιήθηκε.
- Ασυνήθη περιστατικά που θα περιλαμβάνουν, ενδεικτικά αλλά όχι περιοριστικά, καταπτώσεις τεμαχίων βράχου, εισροές υπόγειου νερού ή αερίων κ.λπ.

5.5 Κυκλοφορία σιδηροδρομικών συρμών στις κατασκευαζόμενες σήραγγες

Ενδεικτικά και όχι περιοριστικά θα τηρούνται τα ακόλουθα:

Οι μηχανές έλξης θα κινούνται από προσωπικό κατάλληλα εκπαιδευμένο, έμπειρο και υγιές με ικανότητα να αντιδράσει και να αποφασίσει σωστά και γρήγορα. Οι τροχιές, οι διασταυρώσεις, κ.λπ. θα είναι ανθεκτικές για να παραλαμβάνουν με ασφάλεια τα προβλεπόμενα φορτία και θα έχουν τις απαιτούμενες διαστάσεις για την κίνηση των προβλεπόμενων βαγονέτων.

Το σύστημα των σιδηροτροχιών θα διατηρείται σε καλή κατάσταση και θα δίνεται ιδιαίτερη προσοχή για την αποφυγή συγκρούσεων, εκτροχιασμών ή άλλων ατυχημάτων. Οι διασυνδέσεις θα είναι εφοδιασμένες με ανθεκτικούς και ισχυρούς μοχλούς. Στο τέλος των τροχιών θα είναι τοποθετημένες αποτελεσματικές διατάξεις απορρόφησης της ενέργειας σε περίπτωση σύγκρουσης.

Οι μηχανές έλξης θα είναι εφοδιασμένες με αποτελεσματικά φρένα. Εάν τα φρένα της μηχανής έλξης δεν είναι αποτελεσματικά, τότε φρένα θα τοποθετούνται και στα βαγονέτα. Η ταχύτητα κίνησης θα είναι συμβατή με την πραγματική κατάσταση της τροχιάς, του φορτίου και της ορατότητας, προκειμένου να είναι εφικτή η αποτελεσματική ακινητοποίηση του συρμού.

Η καμπίνα του οδηγού θα έχει προστατευτικό κάλυμμα, χωρίς όμως να εμποδίζεται η ορατότητά του. Τα τρένα θα είναι εφοδιασμένα με οπτικά και ηχητικά σήματα μεγαλύτερης έντασης αυτής των εργασιών. Ο Ανάδοχος θα εγκαθιστά φωτισμό σε όλα τα σημεία των τροχιών και στα στόμια των σήραγγων.

5.6 Καύσεις, ηλεκτροσυγκολλήσεις, ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις και εξοπλισμός

Τυχόν καύσεις και ηλεκτροσυγκολλήσεις θα γίνονται εκτός υπογείου όπου αυτό είναι εφικτό. Τέτοιες εργασίες εντός του υπογείου θα γίνονται με την έγκριση της Διευθύνουσας Υπηρεσίας. Οι σχετικοί απαιτούμενοι μηχανισμοί θα είναι συμβατοί με τις απαιτούμενες εγκεκριμένες διατάξεις.

Ο Ανάδοχος θα υποβάλει προς έγκριση λεπτομερή σχεδιασμό των ηλεκτρολογικών εγκαταστάσεων και του εξοπλισμού.

5.7 Αντλήσεις

Για τον έλεγχο των νερών και λασπών κατά τη φάση κατασκευής ισχύουν τα προβλεπόμενα στην Προδιαγραφή ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-12-02-02-00. Ο Ανάδοχος θα εγκαθιστά, λειτουργεί και συντηρεί το σύνολο του αντλητικού εξοπλισμού και αποστράγγισης/αποχέτευσης για την απομάκρυνση των συγκεντρωμένων νερών και της λάσπης για τη σωστή εκτέλεση και ολοκλήρωση των εργασιών.

Η ικανότητα άντλησης του εγκατεστημένου συγκροτήματος θα είναι τουλάχιστον 1+1/2 φορές αυτή που απαιτείται για την άντληση του εκτιμώμενου όγκου υδάτων.

6 Αποδοχή περαιωμένης εργασίας – Ανοχές - Δοκιμές

- Έλεγχος συμμόρφωσης και αποδοχής χρησιμοποιούμενων υλικών.
- Έλεγχος των καθιζήσεων που επιτεύχθηκαν (ικανοποίηση απαιτήσεων της Μελέτης), εάν περιλαμβάνεται τέτοιο θέμα στις απαιτήσεις επιτελεστικότητας.
- Έλεγχος υπερεκκαφών και διερεύνηση του βαθμού πλήρωσής τους με ένεμα συμβατό με τον τύπο της κατασκευής.
- Έλεγχος των γεωμετρικών στοιχείων της σήραγγας. Ιδιαίτερα θα ελέγχονται οι γραμμές Α και Β, όπως έχουν οριστεί στην παράγραφο 4.2.

Εκτός από τις ανοχές που έχουν ενσωματωθεί στην διατομή της σήραγγας από τη Μελέτη, θα εξετάζονται και οι τυχόν αποκλίσεις του άξονα της πραγματικής εκσκαφής της σήραγγας σε σχέση με το θεωρητικό άξονα της σήραγγας, έτσι ώστε να εξασφαλισθεί η απαιτούμενη, σύμφωνα με τη Μελέτη, γεωμετρία του θεωρητικού άξονα της σήραγγας (οριζοντιογραφικά και υψομετρικά). Αν στην Μελέτη δεν ορίζεται διαφορετικά, οι μέγιστες αποκλίσεις είναι οι ακόλουθες:

	Οδικές Σιδηροδρομικές Υδραυλικές ή Metro		
- <u>Για σήραγγες μήκους $L \leq 500$ m</u>			
Μέγιστη οριζοντιογραφική απόκλιση άξονα	= $\pm 0,05$ m	$\pm 0,03$ m	$\pm 0,10$ m
Μέγιστη υψομετρική απόκλιση άξονα	= $\pm 0,03$ m	$\pm 0,02$ m	$\pm 0,06$ m
- <u>Για σήραγγες μήκους $L \geq 1.000$ m</u>			
Μέγιστη οριζοντιογραφική απόκλιση άξονα	= $\pm 0,10$ m	$\pm 0,03$ m	$\pm 0,15$ m
Μέγιστη υψομετρική απόκλιση άξονα	= $\pm 0,05$ m	$\pm 0,02$ m	$\pm 0,08$ m
- Για ενδιάμεσα μήκη θα ισχύει γραμμική παρεμβολή.			

Ως προς την εσωτερική και εξωτερική ακτίνα της μόνιμης επένδυσης της σήραγγας, αν στη Μελέτη δεν ορίζεται διαφορετικά, οι μέγιστες αποκλίσεις είναι οι ακόλουθες:

	Οδικές	Σιδηροδρομικές ή Metro	Υδραυλικές
Μέγιστη απόκλιση ως ποσοστό της ακτίνας	1,0%	0,5%	1,0%

Στις μηχανές ολομέτωπης κοπής με ασπίδα και επένδυση από προκατασκευασμένα στοιχεία θα εξασφαλίζεται η ακριβής τοποθέτηση αυτών ως προς τον άξονα της Μελέτης (κεντράρισμα της επένδυσης). Οι μέγιστες αποδεκτές ανοχές στο κεντράρισμα της επένδυσης καθορίζονται ως η περιβάλλουσα που σχηματίζει κύκλο διαμέτρου κατά 20 εκ. μεγαλύτερης από την θεωρητική διάμετρο της σήραγγας ή όπως αλλιώς προδιαγράφεται στα συμβατικά τεύχη. Η περιβάλλουσα αυτή εμπεριέχει και τις ανοχές πιθανών παραμορφώσεων της επένδυσης.

6.1 Δοκιμές

6.1.1 Δοκιμή ευστάθειας αφριστικού μίγματος.

Στην παρούσα παράγραφο περιγράφεται μια μέθοδος για τη μέτρηση της ευστάθειας (χρόνος ημι-ζωής) ενός αφρού στη φυσική του κατάσταση. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ο χρόνος ημι-ζωής του αφρού εξαρτάται από τη φύση του γεωυλικού και άλλους παράγοντες όπως η υγρασία και η θερμοκρασία.

A. Χρησιμοποιούμενος εξοπλισμός

- Ένα χωνί διήθησης χωρητικότητας 1 lt με ένα μη-απορροφητικό φίλτρο.
- Ένα τυπικό γυάλινο δοχείο Schott – Duran ή Pyrex
- Ένα βαθμονομημένο ογκομετρικό δοχείο χωρητικότητας 1 ή 2 lt από πλαστικό ή άλλο άθραυστο υλικό
- Ένα βαθμονομημένο κύλινδρο χωρητικότητας 50ml
- Μία παραλληλόγραμμη βάση.
- Μέσο παρασκευής αφρού με γνωστό λόγο διαστολής του αφρού (FER), όπως ένας παρασκευαστής αφρού που περιγράφεται στην παρ.
- Ζυγός ακρίβειας 0,1 gr
- Χρονόμετρο

B. Υλικά

- Αφριστικοί παράγοντες και κάθε πολυμερές που θα ελεγχθεί
- Αποσταγμένο νερό

Γ. Διαδικασία δοκιμής

Παρασκευάζεται διάλυμα του αφριστικού παράγοντα στο αποσταγμένο νερό σε προκαθορισμένο λόγο (τυπικές τιμές συνήθως 3 – 5%). Για παράδειγμα 97 ml αποσταγμένου νερού και 3 gr αφριστικού παράγοντα.

Ενσωματώνονται τα πολυμερή που πιθανώς προβλέπονται ακολουθώντας τις οδηγίες του κατασκευαστή.

Προετοιμάζεται, χρησιμοποιώντας τον εργαστηριακό παρασκευαστή, ο αφρός στην απαιτούμενη διαστολή.

Τοποθετείται στο χωνί διήθησης ποσότητα 80 gr αφρού.

Μετράται ο χρόνος στον οποίο συλλέγονται 40 ml υγρού στον κατώτερο κύλινδρο

Καταγράφονται τα αποτελέσματα της δοκιμής σε τυπική φόρμα της παρακάτω μορφής:

Πίνακας 4 - Δελτίο καταγραφής αποτελεσμάτων δοκιμής ευστάθειας αφριστικού μίγματος

Δοκιμή ευστάθειας αφριστικού μίγματος				
Αφριστικοί παράγοντες				
Προμηθευτής - Κατασκευαστής				
Αφριστικό διάλυμα (C _F)				
Ημερομηνία και ώρα				
Λόγος διαστολής του αφρού (FER)				
Χρόνος έναρξης				
Χρόνος λήξης				

6.1.2 Δοκιμή ευστάθειας μίγματος αφρού άμμου

Αυτή η δοκιμή μετρά την ευστάθεια ενός αφρού όταν αναμινύεται με μια πρότυπη άμμο σε διάφορες ποσότητες. Η δοκιμή θα χρησιμοποιείται μόνο για συγκριτικούς σκοπούς, δεδομένου ότι δεν μπορεί να προσομοιώσει τα πραγματικά αποτελέσματα των συνθηκών του επί τόπου γεωυλικού και της μηχανής (TBM). Η δοκιμή μετρά πόσο γρήγορα ένας αφρός τείνει να αποδομηθεί όταν εμπεριέχεται σε μια μήτρα με άλλο υλικό (άμμος). Η δοκιμή μπορεί να διαρκέσει μέχρι 3 ημέρες αν απαιτείται και οι μετρήσεις θα λαμβάνονται δύο φορές την ημέρα. Είναι δυνατόν να αντικατασταθεί η άμμος με γεωυλικό (έδαφος) από το έργο.

A. Εξοπλισμός

- Ένας βαρύς αναμικτήρας (τύπου Hobart) με τρεις ταχύτητες και πρότυπα πτερύγια με τη μηχανή
- Ένα βαθμονομημένο ογκομετρικό δοχείο χωρητικότητας 1 ή 2 lt από πλαστικό ή άλλο άθραυστο υλικό
- Μέσο παρασκευής αφρού με γνωστό λόγο διαστολής του αφρού (FER), όπως ένας παρασκευαστής αφρού που περιγράφεται στην παρ.
- Ζυγός ακρίβειας 0,1 gr
- Χρονόμετρο
- Δοχείο υγρών γυάλινο ή πλαστικό
- Τράπεζα εξαπλώσεως (30cm) με πρότυπο κώνο
- Βαθμονομημένο γυάλινο ή καθαρό πλαστικό ογκομετρικό κύλινδρο χωρητικότητας 1 lt με διάτρητη βάση

B. Υλικά

- Αφριστικοί παράγοντες και κάθε πολυμερές εφόσον χρησιμοποιείται.

- Αποσταγμένο νερό
- Άμμος σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 196.01 E3

Γ. Διαδικασία δοκιμής

Ζυγίζεται 1,5 Kgr άμμου και τοποθετείται στον κάδο του αναμικτήρα

Προστίθενται 45 ml αποσταγμένου νερού και αναμινύονται στην ταχύτητα 1 για 3 λεπτά.

Προετοιμάζεται ο αφρός όπως στη δοκιμή της παρ.6.1.1 (Σημείωση: Για κάθε δοκιμή θα παρασκευάζεται ένα νέο δείγμα αφρού)

Η συγκέντρωση του αφριστικού παράγοντα στο νερό C_F θα συμμορφώνεται με τις οδηγίες του κατασκευαστή (δεν αποκλείεται πάντως η χρήση και διαφορετικών τιμών)

Ο λόγος διαστολής του αφρού (FER) θα είναι 10 εκτός και αν απαιτείται να ελεγχθεί διαφορετική τιμή

Αν απαιτείται η προσθήκη πολυμερών θα ακολουθούνται οι συστάσεις του κατασκευαστή.

Για κάθε συγκέντρωση του αφριστικού παράγοντα στο νερό C_F , η προετοιμασία θα γίνεται για δύο δοκιμές

Η ποσότητα FIR (λόγος εισπίεσης του αφρού) για τις δύο δοκιμές θα είναι 25 και 50 gr αντίστοιχα.

Αφού εκκινήσει ο αναμικτήρας προστίθεται το απαιτούμενο βάρος αφρού ή μίγματος αφρού – πολυμερούς στην άμμο. Η ανάμιξη διαρκεί μέχρι την πλήρη ενσωμάτωση του αφρού στην άμμο και την απόληψη ομογενούς μίγματος. Αν είναι απαραίτητο θα σταματάει η λειτουργία του αναμικτήρα και θα γίνεται απόξεση της περίσσιας του αφρού από τα πτερύγια και τις παρειές του κάδου.

Το μίγμα αφρού – άμμου τοποθετείται στο γυάλινο ή πλαστικό ογκομετρικό κύλινδρο με τη διάτρητη βάση μέχρι το σημάδι του 1 lt και επιπεδώνεται η επιφάνεια. Σημειώνεται η ημερομηνία και η ώρα.

Ελέγχεται η στάθμη του υλικού δύο φορές την ημέρα επί τρεις ημέρες.

Καταγράφονται τα αποτελέσματα της δοκιμής σε τυπική φόρμα της παρακάτω μορφής:

Πίνακας 5 - Δελτίο καταγραφής αποτελεσμάτων δοκιμής ευστάθειας μίγματος αφρού άμμου

Δοκιμή ευστάθειας μίγματος αφρού άμμου					
Αφριστικοί παράγοντες					
Προμηθευτής - Κατασκευαστής					
Αφριστικό διάλυμα (C_F)					
Ημερομηνία					
FIR λόγος εισπίεσης		25 gms			
FER λόγος διαστολής		10			
Αρχική στάθμη					

	Χρόνος				
Χρόνος έναρξης					
3 ημέρες					

6.1.3 Δοκιμή για τον καθορισμό του πλαστοποιητικού αποτελέσματος αφρού που αποτελείται από αφριστικό παράγοντα και πολυμερή

Αυτή η δοκιμή μετρά το πλαστοποιητικό αποτέλεσμα ενός αφρού χρησιμοποιώντας μια πρότυπη άμμο και αφρό σε διάφορες ποσότητες. Η δοκιμή θα χρησιμοποιείται μόνο για συγκριτικούς σκοπούς, δεδομένου ότι δεν μπορεί να προσομοιώσει τα πραγματικά αποτελέσματα των συνθηκών του επί τόπου γεωυλικού και της μηχανής (TBM). Είναι δυνατόν να αντικατασταθεί η άμμος με γεωυλικό (έδαφος) από το έργο, αφού αφαιρεθούν όλο το κλάσμα που είναι μεγαλύτερο των 5mm.

A. Εξοπλισμός

- Ένας βαρύς αναμικτήρας (τύπου Hobart) με τρεις ταχύτητες και πρότυπα πτερύγια με τη μηχανή
- Ένα βαθμονομημένο ογκομετρικό δοχείο χωρητικότητας 1 ή 2 lt από πλαστικό ή άλλο άθραυστο υλικό
- Μέσο παρασκευής αφρού με γνωστό λόγο διαστολής του αφρού (FER), όπως ένας παρασκευαστής αφρού που περιγράφεται στην παρ.
- Ζυγός ακρίβειας 0,1 gr
- Χρονόμετρο
- Δοχείο υγρών γυάλινο ή πλαστικό
- Τράπεζα εξαπλώσεως (30cm) με πρότυπο κώνο
- Βαθμονομημένο ογκομετρικό μετρητή χωρητικότητας τουλάχιστον 250 ml για τον καθορισμό της πυκνότητας της άμμου και του μίγματος άμμου – αφρού.

B. Υλικά

- Αφριστικοί παράγοντες και κάθε πολυμερές εφόσον χρησιμοποιείται.
- Αποσταγμένο νερό
- Άμμος σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 196.01 E3

Γ. Διαδικασία δοκιμής

Ζυγίζεται 1,5 Kgr άμμου EN 196 και τοποθετείται στον κάδο του αναμικτήρα

Προστίθενται 45 ml αποσταγμένου νερού και αναμιγνύονται στην ταχύτητα 1 για 3 λεπτά.

Καθορίζεται η πυκνότητα της άμμου

Εκτελείται μια δοκιμή εξάπλωσης με 15 κτύπους

Όλο το υλικό επανατοποθετείται στον αναμικτήρα.

Προετοιμάζεται ο αφρός όπως στη δοκιμή της παρ.6.1.1 (Σημείωση: Για κάθε δοκιμή θα παρασκευάζεται ένα νέο δείγμα αφρού)

Η συγκέντρωση του αφριστικού παράγοντα στο νερό C_F θα συμμορφώνεται με τις οδηγίες του κατασκευαστή (δεν αποκλείεται πάντως η χρήση και διαφορετικών τιμών)

Ο λόγος διαστολής του αφρού (FER) θα είναι 10 εκτός και αν απαιτείται να ελεγχθεί διαφορετική τιμή

Αν απαιτείται η προσθήκη πολυμερών θα ακολουθούνται οι συστάσεις του κατασκευαστή.

Για κάθε συγκέντρωση του αφριστικού παράγοντα στο νερό C_F , η προετοιμασία θα γίνεται για δύο δοκιμές

Η ποσότητα FIR (λόγος εισπίεσης του αφρού) για τις δύο δοκιμές θα είναι 25 και 50 gms αντίστοιχα του όγκου της άμμου..

Η δοκιμή θα πρέπει να περατώνεται εντός 10 λεπτών από την ανάμιξη νερού και άμμου.

Καταγράφονται τα αποτελέσματα της δοκιμής σε τυπική φόρμα της παρακάτω μορφής:

Πίνακας 6 - Δελτίο καταγραφής αποτελεσμάτων δοκιμής καθορισμού το πλαστικοποιητικού αποτελέσματος αφρού που αποτελείται από αφριστικό παράγοντα και πολυμερή

Δοκιμή καθορισμού το πλαστικοποιητικού αποτελέσματος αφρού που αποτελείται από αφριστικό παράγοντα και πολυμερή				
Αφριστικοί παράγοντες				
Προμηθευτής - Κατασκευαστής				
Αφριστικό διάλυμα (C_F)				
Υλικό για τη δοκιμή	Άμμος πρότυπη	Άλλο (έδαφος από το έργο)		
Μάζα εδάφους/άμμου(gm)		Μάζα νερού(gm)		
Πυκνότητα (Kgr/m^3)				
	Εξάπλωση σε cms μετά από 15 κτύπους στην τράπεζα			
FER	10			
Αφρός 0%				
Αφρός 25 gm				
Αφρός 50 gm				

6.1.4 Δημιουργία αφρού στο εργαστήριο

Η ποιότητα και αναπαραξιμότητα των ανωτέρω δοκιμών είναι απολύτως εξαρτημένη από την ποιότητα του αφρού που θα χρησιμοποιηθεί σε αυτές. Σε ένα άσχημα προετοιμασμένο αφρό οι φυσαλίδες καταρρέουν πιο γρήγορα και η ποιότητα του αφρού ποικίλλει από δοκιμή σε δοκιμή.

Η συνιστώμενη και προτιμώμενη μέθοδος είναι ο εργαστηριακός παρασκευαστής αφρού. Η ποιότητα του αφρού είναι παρόμοια με του αφρού που δημιουργείται στο TBM.

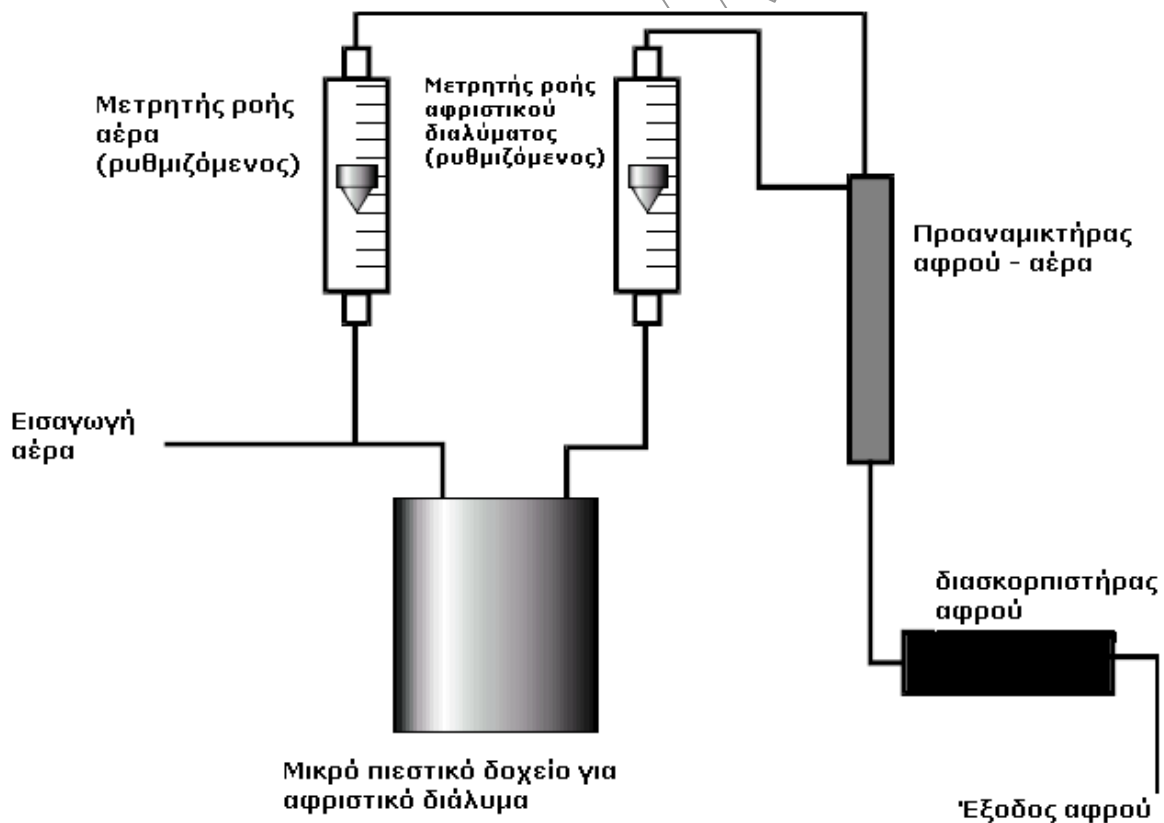
Ο εργαστηριακός παρασκευαστής θα πρέπει να έχει τη δυνατότητα να δημιουργήσει αφρούς με λόγο διαστολής FER μεταξύ 3 και 20. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί εύκολα, διατηρώντας ένα σταθερό όγκο υγρού στο διασκορπιστή και ρυθμίζοντας τον όγκο του αέρα για να επιτευχθεί ο απαιτούμενος FER.

Οι δυσκολίες που πρέπει να υπερκερασθούν στη μέθοδο αυτή είναι ένας σταθερός και μετρήσιμος όγκος του αέρα και ένα επαρκώς μικρό εξάρτημα που θα περιορίζει τον όγκο του παραγόμενου αφρού. Η μέτρηση του απολαμβανόμενου αφρού μπορεί να υπολογίζεται σε lt/min.

Ένα μικρό πιεστικό δοχείο χρησιμοποιείται για να αποθηκεύσει το αφριστικό διάλυμα C_F . Αυτό απλοποιεί τον εξοπλισμό και κάνει ευκολότερη την απόληψη ενός σταθερού ρυθμού αφριστικού διαλύματος. Ο όγκος του αφριστικού διαλύματος ελέγχεται από ένα μετρητή μεταβλητής ροής.

Για την εξασφάλιση της πίεσης στο πιεστικό δοχείο και τη ροή του αέρα μέσω του μετρητή χρησιμοποιείται πεπιεσμένος αέρας σε επαρκή πίεση και ποσότητα όγκου. Το αφριστικό διάλυμα και οι γραμμές του πεπιεσμένου αέρα καταλήγουν σε ένα προαναμικτήρα όπου το διάλυμα και ο αέρας σχηματίζουν ένα ομογενές μίγμα πριν εισέλθουν στον διασκορπιστή όπου δημιουργείται ο αφρός.

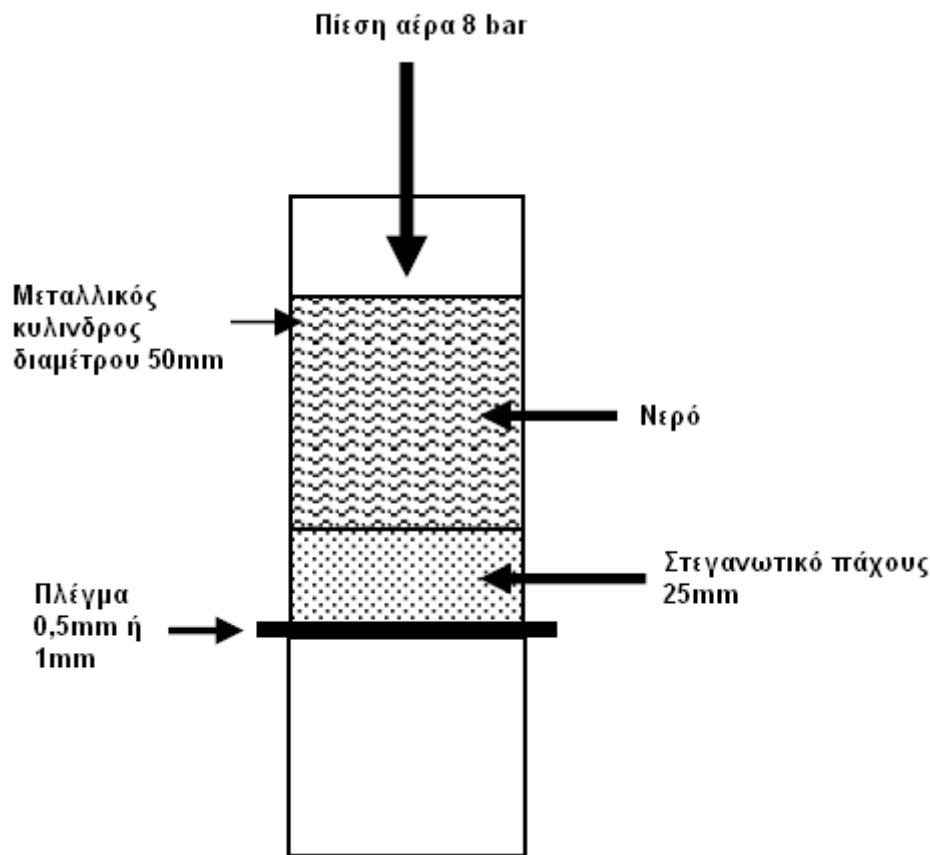
Με τη χρήση αυτού του απλού εξοπλισμού είναι δυνατή η παραγωγή δεκάδων λίτρων αφρού ανά ώρα σε κάθε λόγο διαστολής. Η γενική διάταξη φαίνεται στο παρακάτω σχήμα 1.



Σχήμα 1 - Γενική διάταξη εργαστηριακού παρασκευαστή αφρού.

6.1.5 Δοκιμή της στεγανωτικής διάταξης ουράς

Πρόκειται για δοκιμή πίεσης νερού. Καθορίζεται η αντίσταση του στεγανωτικού, σε πίεση 8 bar, δια μέσου ενός πλέγματος. Σχηματική διάταξη της δοκιμής δείχνεται στο σχήμα 2.



Σχήμα 2 - Γενική διάταξη δοκιμής στεγανωτικού ουράς

7 Όροι και απαιτήσεις υγείας - ασφάλειας εργαζομένων και προστασίας περιβάλλοντος

Η ανάλυση επικινδυνότητας που θα συντάξει ο Ανάδοχος και θα ελέγξει και θα διορθώσει η Υπηρεσία, όπως τελικώς θα είναι εγκεκριμένη, θα καθορίζει τους πιθανούς κινδύνους και τις σχετιζόμενες επικινδυνότητες και θα προτείνει μέτρα πρόληψης και αντιμετώπισης των επιπτώσεων. Σε γενική προσέγγιση οι πιθανοί κίνδυνοι και τα μέτρα πρόληψης και αντιμετώπισης είναι αυτά που φαίνονται ενδεικτικά και όχι περιοριστικά παρακάτω και για τα οποία θα πρέπει να υπάρχει ειδική ανάλυση στο σχετικό ΣΑΥ.

7.1 Πηγές κινδύνου κατά την εκτέλεση των εργασιών.

- Καταπτώσεις γεωυλικών ή στοιχείων της άμεσης υποστήριξης.
- Τεχνολογική αστοχία επιλογής μηχανής και τρόπος εργασίας ως προς την ικανότητα αντιμετώπισης των συνθηκών σε μέρος ή σε όλο το μήκος του έργου ή και ανάγκη προσαρμογής για αντιμετώπιση εκτάκτων ειδικών συνθηκών.
- Καθιζήσεις μεγαλύτερες από τις αναμενόμενες. Βλάβες σε δημόσια ή ιδιωτική περιουσία.
- Θόρυβος από τη λειτουργία του μηχανικού εξοπλισμού, ο οποίος αυξάνεται με την ανάκλαση στα τοιχώματα της σήραγγας. Οι μεγαλύτερες πηγές θορύβου είναι η κοπτική κεφαλή (κυρίως στις ανοικτού τύπου μηχανές), τα οχήματα σιδηροδρομικής μεταφοράς, οι σωληνώσεις μεταφοράς του αιωρήματος και τα μηχανήματα συμπληρωματικών εργασιών στο υπόγειο εργοτάξιο.
- Εργασία σε περιορισμένο χώρο, με παρουσία εμποδίων και με την υποχρέωση εξασφάλισης ασφαλών συνθηκών διακίνησης στη σήραγγα κατά τη διάρκεια της κατασκευής. Διακίνηση στην

διανοιγείσα σήραγγα κατά την διάρκεια κατασκευής - διάδρομοι πεζών. Δεδομένου ότι οι μεγαλύτεροι κίνδυνοι οφείλονται σε κακές συνθήκες ή σε εμπόδια στους διαδρόμους κίνησης πεζών, θα εξασφαλίζονται επαρκώς ασφαλείς συνθήκες διακίνησης, λαμβάνοντας υπόψη τον περιορισμένο διατιθέμενο χώρο και την ολισθηρότητα.

- Εργασία σε περιορισμένο χώρο, μεταφοράς δια χειρός ή μηχανικών μέσων αντικειμένων μεγάλου βάρους. Επέκταση των σωληνώσεων εισκόμισης αιωρήματος και αποκομιδής μίγματος αιωρήματος – προϊόντων εκσκαφής. Καθώς η μηχανή προωθείται με συνεχή τρόπο και οι εύκαμπτοι σύνδεσμοι επιτρέπουν μόνο περιορισμένες μετακινήσεις, οι σωληνώσεις πρέπει να επεκτείνονται σε ορισμένα διαστήματα. Η δυσκολία είναι σημαντική καθώς οι σωληνώσεις μπορεί να έχουν σημαντικό βάρος και πρέπει να τοποθετηθούν σε συνθήκες περιορισμένου χώρου, με γερανούς, ανυψωτικά βίντσια και μυϊκή δύναμη.
- Κίνηση συρμών και διασταύρωση με άλλα οχήματα και πεζούς σε υπόγειο χώρο.
- Εργασία σε ύψος.
- Εργασία με πεπιεσμένο αέρα.
- Εργασία σε περιβάλλον με παρουσία σκόνης, και πιθανώς επιβλαβών αερίων.
- Ηλεκτροπληξία.
- Βραχυκύκλωμα και πυρκαγιά ή επέκταση της πυρκαγιάς σε υδραυλικά λάδια.
- Κίνδυνοι από χρήση ουσιών. Τα ακρυλαμίδια κατηγοριοποιούνται ως καρκινογενείς παράγοντες κατηγορίας 2. Τα πολυακρυλαμίδια με υπολειπόμενη περιεκτικότητα μονομερούς μικρότερη από 0,1% δεν κατατάσσονται στην κατηγορία 2.. Οι κίνδυνοι για τις κυριότερες ουσίες φαίνονται στον παρακάτω πίνακα 7:

Πίνακας 7 - Κίνδυνοι από ουσίες που χρησιμοποιούνται σε αφρούς και αιωρήματα

ΥΛΙΚΑ	ΠΙΘΑΝΟΙ ΚΙΝΔΥΝΟΙ
Μπεντονίτης	Σε ξηρή κατάσταση δημιουργεί αναπνεύσιμη σκόνη. Σε υγρή κατάσταση δημιουργεί ολισθηρές επιφάνειες.
Πολυμερή	Γενικά χαμηλού κινδύνου για την υγεία.
Αφροί και Αφριστικοί Παράγοντες	Βλαβερά. Δημιουργούν ερεθισμούς.

7.2 Μέτρα υγείας - ασφάλειας

Ποσοστό 10% τουλάχιστον του κυρίου προσωπικού (ειδικοί τεχνίτες, χειριστές, εργοδηγοί, μηχανικοί) για την εκτέλεση της εργασίας θα έχουν αποδεδειγμένη προϋπηρεσία σε ανάλογη εργασία. Η συμμόρφωση προς τα παρακάτω νομικά κείμενα ή και άλλα σχετικά ισχύοντα, που είναι σχετικά με την ασφάλεια και υγιεινή των εργαζομένων σε υπόγεια τεχνικά έργα είναι υποχρεωτική.

Είναι υποχρεωτική η συμμόρφωση προς τις ακόλουθες ή και άλλες ισχύουσες σχετικές διατάξεις σχετικά με την ασφάλεια και υγιεινή των εργαζομένων σε υπόγεια τεχνικά έργα:

- Π.Δ.1073/16-9-81 "Περί μέτρων ασφαλείας κατά την εκτέλεση εργασιών εις εργοτάξια οικοδομικών και πάσης φύσεως έργων αρμοδιότητας Πολιτικού Μηχανικού".
- Υπουργική Απόφαση Δ7/Α/Φ114080/732/96 "Ενσωμάτωση των διατάξεων της οδηγίας 92/104/ΕΟΚ "Περί των ελαχίστων προδιαγραφών για την βελτίωση της προστασίας, της ασφάλειας και της υγείας των εργαζομένων στις υπαίθριες ή υπόγειες εξορυκτικές βιομηχανίες" στον Κανονισμό Μεταλλευτικών και Λατομικών Εργασιών" (ΦΕΚ 771/Β).
- Π.Δ.252/89 "Περί υγιεινής και ασφαλείας στα υπόγεια τεχνικά έργα" (ΦΕΚ 106Β/ /2.5.89).

- ΕΛΟΤ HD 384-E2: Απαιτήσεις για ηλεκτρικές εγκαταστάσεις.
- Κανονισμός Μεταλλευτικών και Λατομικών Εργασιών (ΦΕΚ 931B/ 31.12.84).
- Π.Δ. 305/96 “Ελάχιστες προδιαγραφές ασφαλείας και υγείας που πρέπει να εφαρμόζονται στα προσωρινά ή κινητά εργοτάξια, σε συμμόρφωση προς την Οδηγία 92/57/ΕΟΚ” σε συνδυασμό με την υπ’ αριθμ. 130159/7-5-97 Εγκύκλιο του Υπουργείου Εργασίας και την Εγκύκλιο 11 (Αρ. Πρωτ. Δ16α/165/10/258/ΑΦ/19-5-97) του ΥΠΕΧΩΔΕ, σχετικά με το εν λόγω Π.Δ..
- Π.Δ. 396/94 ΦΕΚ:221/Α/94 “Ελάχιστες προδιαγραφές ασφαλείας και υγείας για την χρήση από τους εργαζόμενους εξοπλισμών ατομικής προστασίας κατά την εργασία, σε συμμόρφωση προς την Οδηγία του Συμβουλίου 89/656/ΕΟΚ”.
- Π.Δ. 85/91 (ΦΕΚ 38/Α/91) “Σχετικά με την προστασία των εργαζομένων από τους κινδύνους που διατρέχουν λόγω της έκθεσής τους στον θόρυβο κατά την εργασία, σε συμμόρφωση προς την οδηγία 86/188/ΕΟΚ”.
- Π.Δ. 397/94 (ΦΕΚ 221/Α/94) “Ελάχιστες προδιαγραφές ασφαλείας και υγείας κατά την χειρωνακτική διακίνηση φορτίων που συνεπάγεται κίνδυνο ιδίως για την ράχη και την οσφυϊκή χώρα των εργαζομένων σε συμμόρφωση προς την οδηγία του Συμβουλίου 90/269/ΕΟΚ”.

Υποχρεωτική επίσης είναι η χρήση μέσων ατομικής προστασίας (ΜΑΠ) κατά την εκτέλεση των εργασιών. Οι ελάχιστες απαιτήσεις είναι οι εξής (σε ότι αφορά τα ΜΑΠ της αναπνοής και ακοής η επιλογή θα γίνεται με βάση τις αναμενόμενες ή επικρατούσες περιβαλλοντικές συνθήκες):

Πίνακας 8 - ΜΑΠ

Είδος ΜΑΠ	Σχετικό Πρότυπο
Προστατευτική ενδυμασία	ΕΛΟΤ EN 863
Προστασία χεριών και βραχιόνων	ΕΛΟΤ EN 388
Προστασία κεφαλιού	ΕΛΟΤ EN 397
Προστασία ποδιών	ΕΛΟΤ EN ISO 20345
Προστασία της αναπνοής	ΕΛΟΤ EN 136 E2
Προστασία της αναπνοής	ΕΛΟΤ EN 140 E2
Προστασία της αναπνοής	ΕΛΟΤ EN 143/A1
Προστασία της αναπνοής	ΕΛΟΤ EN 149 E2 + AC
Προστασία της αναπνοής	ΕΛΟΤ EN 405 E2
Προστασία ακοής	ΕΛΟΤ EN 352.01 E2
Προστασία ακοής	ΕΛΟΤ EN 352.02 E2

Προστασία της ακοής	ΕΛΟΤ EN 352.03 E2
Προστασία της ακοής	ΕΛΟΤ EN 352.04
Προστασία από χημικά	CEN/TR 15419
Στην περίπτωση παρουσίας εύφλεκτου μίγματος αερίων (συγκέντρωση μεθανίου άνω του 5%) οι φανοί του κράνους θα ανταποκρίνονται στις προβλέψεις του προτύπου ΕΛΟΤ EN 50033	

Σε περίπτωση που το Σχέδιο Υγιεινής και Ασφάλειας (Σ.Α.Υ.) και ο Φάκελος Υγιεινής και Ασφάλειας (Φ.Α.Υ.) δεν προβλέπουν διαφορετικά, θα προβλέπονται και τουλάχιστον τα παρακάτω:

A. Ομάδα Έκτακτης Επέμβασης

Θα οργανώνεται ομάδα έκτακτης ανάγκης από το προσωπικό διάνοιξης της σήραγγας. Η ομάδα αυτή θα είναι κατάλληλα οργανωμένη, ώστε επαρκής αριθμός μελών της να είναι διαθέσιμος για δράση και βοήθεια, οποτεδήποτε κατά τη διάρκεια των εργασιών. Η υπ' όψη ομάδα θα εκπαιδευτεί από ειδικευμένο πρόσωπο. Κάθε μέλος της ομάδας θα είναι ικανό να δώσει πρώτες βοήθειες και να λειτουργήσει τον εξοπλισμό υποβοήθησης της αναπνοής και τον εξοπλισμό πυρόσβεσης και θα έχει γνώση των τοπικών συνθηκών. Στη διάθεση της ομάδας θα είναι εξοπλισμός και μηχανήματα για την προσπέλαση και του πιο απομακρυσμένου χώρου εργασίας.

B. Τηλεπικοινωνιακές Συνδέσεις

Τα μέτωπα εκσκαφής σήραγγας και οι άλλες θέσεις εκτέλεσης εργασιών θα συνδέονται τηλεπικοινωνιακά με τα στόμια. Οι αναγκαίες συσκευές θα είναι αναρτημένες στα τοιχώματα των σιράγγων, κοντά στο μέτωπο εκσκαφής και τις άλλες θέσεις εργασίας, πάνω σε ανθεκτικά κιβώτια, κατάλληλα σημασμένα για χρήση σε περίπτωση ανάγκης. Οι συσκευές στα στόμια των σιράγγων θα είναι εφοδιασμένες με σειρήνα. Επί πλέον θα εξασφαλίζεται η δυνατότητα επικοινωνίας των εργαζομένων στο μέτωπο της σήραγγας και στις άλλες θέσεις εργασίας με τα γραφεία του εργοταξίου, είτε μέσω εγκατάστασης τηλεφώνου, είτε με οποιονδήποτε άλλο τρόπο τηλεπικοινωνίας.

Γ. Μέτρα Πυρασφάλειας

Θα λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα για την πρόληψη και την καταστολή πυρκαϊών στις θέσεις εργασίας, σε κατασκευές, αποθήκες, μηχανήματα κ.λπ. και θα λαμβάνεται μέριμνα για τη διασφάλιση της διάθεσης όλου του απαιτούμενου για τον σκοπό αυτό εξοπλισμού.

Ο εξοπλισμός πυρόσβεσης θα αποτελείται από συστήματα ψεκασμού, φορητούς πυροσβεστήρες τύπου αερίου, σκόνης ή άλλων κατάλληλων χημικών καθώς και από αυτόνομες αντλίες νερού, ανάλογης παροχής και μανομετρικού ύψους, συνοδευόμενες από τους απαραίτητους σωλήνες. Ο εξοπλισμός πυρόσβεσης θα συντηρείται και θα βρίσκεται πάντοτε σε ετοιμότητα.

Θα προβλέπεται ηχητικό και οπτικό σύστημα προειδοποίησης.

Δ. Εξοπλισμός Παροχής Πρώτων Βοηθειών

Ενδεικτικά αλλά όχι περιοριστικά, για την αντιμετώπιση έκτακτων περιστατικών και για την παροχή πρώτων βοηθειών θα διατίθενται τα παρακάτω υλικά:

- α. Φορεία τραυματιών.
- β. Μάλλινες κουβέρτες.

- γ. Συσκευές υποβοήθησης της αναπνοής.
- δ. Φιάλες οξυγόνου.
- ε. Υλικά για επίδεση τραυμάτων, απολύμανση, νάρθηκες κ.λπ.
- στ. Ενέσεις αναλγητικές.
- ζ. Αναπνευστικές συσκευές με φίλτρα για την παρακράτηση σκόνης.
- η. Λαμπτήρες ανθεκτικοί σε έκρηξη.

Ε. Έλεγχος Σκόνης και Πυριτίου

Για τον περιορισμό της σκόνης μέσα στις σήραγγες θα πρέπει, παράλληλα με την εγκατάσταση ικανοποιητικού συστήματος αερισμού, όπου απαιτείται οι διατρήσεις να εκτελούνται με νερό και οι μηχανές ανοικτού τύπου να διαθέτουν σύστημα διαβροχής του γεωυλικού στο μέτωπο εκσκαφής.

Η συγκέντρωση λεπτής σκόνης και η περιεκτικότητα αυτής σε διοξείδιο του πυριτίου (SiO_2) θα μετρώνται σε όλες τις δραστηριότητες (μέσα στις σήραγγες) που προκαλούν δημιουργία σκόνης, με μέθοδο της έγκρισης της Διευθύνουσας Υπηρεσίας.

Δείγματα αέρα θα λαμβάνονται 10 ημέρες μετά την έναρξη των υπογείων εκσκαφών, κατόπιν ανά διαστήματα 90 ημερών (ή 30 ημερών τουλάχιστον μετά από σημαντικές αλλαγές στην μέθοδο εκσκαφής) ή όταν απαιτηθεί από τη Διευθύνουσα Υπηρεσία. Τα δείγματα θα λαμβάνονται από πραγματικούς χώρους εργασίας. Η δειγματοληψία και οι δοκιμές θα εκτελούνται από ειδικευμένο άτομο ή εργαστήριο. Αντίγραφο των αποτελεσμάτων των δοκιμών θα υποβάλλεται στην Υπηρεσία μέσα σε 2 εβδομάδες από την ημερομηνία δειγματοληψίας.

Η συγκέντρωση λεπτής σκόνης (διαμέτρου μικρότερης από 0,005 mm) δεν θα πρέπει να είναι γενικά μεγαλύτερη από 3 mg/m³ αέρα και σε σχέση με την περιεκτικότητα διοξειδίου του πυριτίου, αυτή η τιμή μεταβάλλεται ως εξής (πίνακας 9):

Πίνακας 9

Ποσοστό SiO_2 στην λεπτή σκόνη κατά βάρος	Συγκέντρωση λεπτής σκόνης στον αέρα σε mg/m ³ αέρα
1 - 15%	8,0
20%	6,0
30%	4,0
60%	2,0
80%	1,5
100%	1,3

Εάν η συγκέντρωση λεπτής σκόνης υπερβεί τα παραπάνω όρια, ο Ανάδοχος θα λάβει όλα τα απαραίτητα μέτρα και θα εγκαταστήσει πρόσθετο εξοπλισμό, με τον σκοπό να εξασφαλισθεί ότι η συγκέντρωση σκόνης θα είναι μέσα στα προδιαγραφόμενα ασφαλή όρια.

ΣΤ. Δηλητηριώδη και Εύφλεκτα Αέρια

Η χρήση μηχανών εσωτερικής καύσης, που χρησιμοποιούν ως καύσιμο βενζίνη ή υγραέριο, όπως προπάνιο, βουτάνιο, προπυλένιο ή βουτυλένιο, δεν θα επιτρέπεται στους υπόγειους χώρους εργασίας.

Ο Ανάδοχος θα προμηθεύσει και θα συντηρεί εξοπλισμό για τη μέτρηση της περιεκτικότητας του αέρα σε δηλητηριώδη αέρια και οξυγόνο σε κάθε μέτωπο εκσκαφής. Δοκιμές για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης μονοξειδίου του άνθρακα, διοξειδίου του άνθρακα, μεθανίου, άλλων ευφλέκτων αερίων και οξυγόνου θα γίνονται στην αρχή κάθε βάρδιας από πεπειραμένο προσωπικό. Θα τηρείται αρχείο των μετρήσεων, που θα είναι διαθέσιμο στη Διευθύνουσα Υπηρεσία ανά πάσα στιγμή.

Οι συγκεντρώσεις αερίων στους υπόγειους χώρους εργασίας δεν θα υπερβαίνουν τα παρακάτω όρια:

- Μονοξείδιο του άνθρακα	:	0,005%	(50 ppm)
- Διοξείδιο του άνθρακα	:	0,5%	(5000 ppm)
- Υδροθείο	:	0,0005%	(5 ppm)
- Μεθάνιο	:	1,0%	(10000 ppm)
- Νιτρικό οξύ	:	0,01%	(mg/l)

Η συγκέντρωση άλλων εύφλεκτων αερίων δεν θα υπερβαίνει το 20% του LEL (Lower Explosive Limit) στην ατμόσφαιρα γενικά των σήραγγων.

Θα χρησιμοποιούνται τουλάχιστον δύο όργανα σε κάθε σήραγγα, που θα δείχνουν συνεχώς σε βαθμονομημένη κλίμακα την συγκέντρωση υδροθείου σε θέσεις σε απόσταση 15 cm από το δάπεδο των σήραγγων. Τα όργανα αυτά αυτόματα θα θέτουν σε λειτουργία σειρήνα που θα είναι δυνατόν να ακουστεί από όλο το προσωπικό στις σήραγγες, όταν η συγκέντρωση υδροθείου υπερβαίνει τα 5 mg/l.

Ο Ανάδοχος θα προμηθεύσει και θα εγκαταστήσει άλλα όργανα για την παρακολούθηση του LEL αερίων σε απόσταση μικρότερη από 30 cm από την κλειδα της σήραγγας. Επίσης θα προμηθεύσει και θα εγκαταστήσει τουλάχιστον δύο όργανα που θα δείχνουν συνεχώς σε βαθμονομημένη κλίμακα το ποσοστό του LEL που επικρατεί σε δύο τουλάχιστον θέσεις σε κάθε σήραγγα, όπως θα εγκριθεί από τη Διευθύνουσα Υπηρεσία.

Σύστημα σειρήνας και φωτισμού συναγερμού θα είναι εγκατεστημένο, ώστε να προειδοποιείται το προσωπικό σε θέσεις εργασίας στις σήραγγες, όταν το ποσοστό 5% του LEL καταγράφεται.

Όλα τα παραπάνω όργανα για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης αερίων θα εγκρίνονται και θα βαθμονομούνται από ειδικευμένο εργαστήριο της έγκρισης της Διευθύνουσας Υπηρεσίας.

Όταν η συγκέντρωση δηλητηριωδών ή άλλων εύφλεκτων αερίων υπερβεί τα επιτρεπόμενα όρια που προδιαγράφονται παραπάνω, όλες οι δραστηριότητες θα διακόπτονται αμέσως και το προσωπικό θα μετακινείται άμεσα σε ασφαλείς περιοχές. Όλες οι πηγές σπινθήρων ή φλογών θα απομακρύνονται ή θα διακόπτονται. Η λειτουργία όλου το εξοπλισμού, με εξαίρεση τον εξοπλισμό αερισμού, θα διακόπτεται.

Τα απαιτούμενα μέτρα θα καθορισθούν αμοιβαία από τον Ανάδοχο και τη Διευθύνουσα Υπηρεσία. Σε περίπτωση ανάγκης, ο Ανάδοχος θα απασχολήσει ανεξάρτητο σύμβουλο, πεπειραμένο σε εργασίες σε σήραγγες με αέρια. Η επανείσοδος του προσωπικού και η επανέναρξη της εργασίας απαγορεύονται μέχρις ότου η Υπηρεσία δώσει γραπτή άδεια. Θα εξετασθεί και θα συμφωνηθεί η χρήση μηχανών με αντικερκτική προστασία.

Z. Ετοιμότητα μηχανημάτων και επάρκεια επί τόπου υλικών

Ο Ανάδοχος οφείλει να διαθέτει και να διατηρεί σε ετοιμότητα εξοπλισμό και επαρκείς ποσότητες υλικών, ώστε να καταστεί δυνατό να αντιμετωπιστούν αποτελεσματικά και χωρίς σοβαρές καθυστερήσεις, έκτακτες ή απρόβλεπτες καταστάσεις και προβλήματα κατά τη διάνοιξη και την κατασκευή της σήραγγας. Για την έγκαιρη εφαρμογή των επιβαλλομένων, από τις εκάστοτε αποκαλυπτόμενες και συναντώμενες συνθήκες, μέτρων σταθεροποίησης και υποστήριξης των επιφανειών εκσκαφής των σήραγγων και των μετώπων αυτών, θα διατίθενται επί τόπου των έργων εφεδρικές ποσότητες αγκυρών διαφόρων τύπων, χαλύβδινων πλαισίων, μεταλλικών δικτυωτών υποστηρίγμάτων, μεταλλικών πλεγμάτων, υλικών παραγωγής εκτοξευόμενου σκυροδέματος κ.λπ.

Η. Μέτρα αντιμετώπισης διακριτών κινδύνων

Για τη μείωση του θορύβου από τα σιδηροδρομικά οχήματα μεταφοράς, οι σιδηροτροχιές θα έχουν το ίδιο ύψος, ενώ κοντά στην περιοχή εργασίας, αν απαιτείται, οι στρωτήρες θα είναι ξύλινοι (μη αναφλέξιμοι). Γενικά θα ισχύουν οι προβλέψεις του Π.Δ. 85/91 (ΦΕΚ 38/Α91) σχετικά με την προστασία των εργαζομένων από τους κινδύνους που διατρέχουν λόγω της έκθεσής τους στο θόρυβο κατά την εργασία σε συμμόρφωση προς την οδηγία 86/188/ΕΟΚ.

Αν άλλοι λόγοι δεν επιβάλλουν διαφορετικά, για τη διευκόλυνση των αλλαγών των κοπτήρων δίσκων, το μέγεθός τους θα κυμαίνεται μέχρι 17". Η επέκταση των σωληνώσεων των μηχανών με αιωρήματα θα γίνεται με γερανούς, ανυψωτικά βίντσια και μυϊκή δύναμη. Γενικά θα ισχύουν οι προβλέψεις του Π.Δ. 397/94 (ΦΕΚ 221/Α/94): "Ελάχιστες προδιαγραφές ασφάλειας και υγείας κατά την χειρωνακτική διακίνηση φορτίων που συνεπάγεται κίνδυνο ιδίως για την ράχη και την οσφυϊκή χώρα των εργαζομένων σε συμμόρφωση προς την οδηγία του Συμβουλίου 90/269/ΕΟΚ".

Για τη διακίνηση των πεζών θα κατασκευάζεται διάδρομος διέλευσης πεζών με αντιολισθηρή επιφάνεια σε όλο το μήκος της σήραγγας όπου γίνονται εργασίες διάνοιξης ή άλλες συνοδές εργασίες. Οι διάδρομοι θα προστατεύονται από εναπόθεση διαρροών, κυρίως μπεντονίτη, που δημιουργούν ολισθηρή επιφάνεια.

Για τη διαρρύθμιση των μηχανών και των λοιπών εγκαταστάσεων, στην περίπτωση που πιθανολογείται η ύπαρξη εκρήξιμης ατμόσφαιρας, θα ισχύουν οι προβλέψεις της Οδηγίας 94/9/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23^{ης} Μαρτίου 1994 σχετικά με την προσέγγιση των νομοθεσιών των κρατών - μελών για τις συσκευές και τα συστήματα προστασίας που προορίζονται για χρήση σε εκρηξιμες ατμόσφαιρες (*Επίσημη Εφημερίδα αριθ. L 100 της 19/04/1994 σ. 0001 – 0029*), αλλά και αυτές του Π.Δ. 42/2003 (ΦΕΚ 44/Α/21-02-2003) "Σχετικά με τις ελάχιστες απαιτήσεις για την βελτίωση της προστασίας και της ασφάλειας των εργαζομένων οι οποίοι είναι δυνατόν να εκτεθούν σε κίνδυνο από εκρηκτικές ατμόσφαιρες σε συμμόρφωση με την οδηγία 1999/92/ΕΚ της 16-12-1999 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου".

Όλες οι επί μέρους μηχανικές διατάξεις θα συμμορφώνονται προς τα Πρότυπα για την Ασφάλεια των Μηχανών (Κατάλογος ΕΛΟΤ όπως κάθε φορά ισχύει).

Για τη διαχείριση των παντός είδους χρησιμοποιούμενων υλικών θα εφαρμόζονται οι εκάστοτε ισχύουσες διατάξεις όπως τροποποιούνται και προσαρμόζονται στην τεχνική πρόοδο. Ενδεικτικά ισχύουν και θα εφαρμόζονται:

- Π.Δ. 77/93 (ΦΕΚ 34/Α/93): "Για την προστασία των εργαζομένων από φυσικούς, χημικούς και βιολογικούς παράγοντες και τροποποίηση και συμπλήρωση του Π.Δ. 307/86 (135/Α) σε συμμόρφωση προς την οδηγία του Συμβουλίου 88/642/ΕΟΚ"
- Π.Δ. 399/94 (ΦΕΚ 221/Α/94) "Προστασία των εργαζομένων από τους κινδύνους που συνδέονται με την έκθεση σε καρκινογόνους παράγοντες κατά την εργασία σε συμμόρφωση με την οδηγία του Συμβουλίου 90/394/ΕΟΚ" και οι τροποποιήσεις του με τα Π.Δ. 127/2000 (ΦΕΚ 111/Α/2000) και Π.Δ. 43/2003 (ΦΕΚ 44/Α/21-2-2003)
- Π.Δ. 90/1999 (ΦΕΚ 94/Α/99) "Καθορισμός οριακών τιμών έκθεσης και ανωτάτων οριακών τιμών έκθεσης των εργαζομένων σε ορισμένους χημικούς παράγοντες κατά την διάρκεια της εργασίας τους σε συμμόρφωση με τις οδηγίες 91/322/ΕΟΚ και 96/94/ΕΚ της Επιτροπής και τροποποίηση και συμπλήρωση του Π.Δ. 307/86 (135/Α) όπως τροποποιήθηκε με το Π.Δ. 77/93 (ΦΕΚ 34/Α/93)"
- Π.Δ. 338/2001 (ΦΕΚ 227/Α/2001) "Προστασία της υγείας και ασφάλειας των εργαζομένων κατά την εργασία από κινδύνους οφειλόμενους σε χημικούς παράγοντες"
- Π.Δ. 339/2001 (ΦΕΚ 227/Α/2001) Τροποποίηση του Π.Δ. 307/86 (135/Α) "Προστασία της υγείας των εργαζομένων που εκτίθενται σε ορισμένους χημικούς παράγοντες κατά την διάρκεια της εργασίας τους"
- Π.Δ. 186/95 (ΦΕΚ 97/Α/95): "Προστασία των εργαζομένων από κινδύνους που διατρέχουν λόγω της έκθεσής τους σε βιολογικούς παράγοντες κατά την εργασία σε συμμόρφωση με τις οδηγίες του Συμβουλίου 90/679/ΕΟΚ και 93/88/ΕΟΚ" και οι τροποποιήσεις του με τα Π.Δ. 174/1997 (ΦΕΚ 150/Α/1997) και Π.Δ. 15/1999 (ΦΕΚ 9/Α/99)

7.3 Πιθανοί κίνδυνοι για το περιβάλλον

7.3.1 Καθιζήσεις

Παρ' ότι η έντεχνη διάνοιξη σηράγγων με μηχανές ολομέτωπης κοπής με υποστήριξη της περιμέτρου και του μετώπου εργασίας παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα, ακόμη και σε μαλακά εδάφη με παρουσία νερού, ο κίνδυνος εμφάνισης μη αποδεκτών καθιζήσεων είναι υπαρκτός και πολλές φορές η αντίστοιχη επικινδυνότητα είναι πολύ μεγάλη και απαιτεί μέτρα πρόληψης και αποκατάστασης εάν κάτι τέτοιο συμβεί. Οι αποδεκτές καθιζήσεις καθορίζονται στη Μελέτη της σήραγγας και αποτελούν πολλές φορές τον κύριο προς υλοποίηση στόχο. Παρεκκλίσεις από τα όρια της Μελέτης επιτρέπονται μόνο με έγκριση της Διευθύνουσας Υπηρεσίας.

7.3.2 Επηρεασμός του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα

Οι διατιθέμενες μηχανές διάνοιξης σηράγγων έχουν τη δυνατότητα να ελαχιστοποιούν τον επηρεασμό του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα κατά τη διάνοιξη της σήραγγας (εφ' όσον κάτι τέτοιο επιβάλλεται από τους εγκεκριμένους περιβαλλοντικούς όρους ή/και τη Μελέτη της σήραγγας). Παρ' όλα αυτά ο κίνδυνος εξακολουθεί να είναι υπαρκτός.

7.3.3 Επηρεασμός από χρησιμοποιούμενα υλικά

Γενικά οι πληροφορίες που υπάρχουν για τα χρησιμοποιούμενα υλικά είναι μάλλον περιορισμένες. Τα πρόσθετα που χρησιμοποιούνται στα αιωρήματα σε μεγάλο βαθμό θα παραμένουν μέσα σε ένα κλειστό κύκλωμα (μέχρι το τέλος του έργου), εφόσον η ανάκτησή τους από το απορριπτόμενο υλικό είναι τεχνικά και οικονομικά εφικτή. Αντίθετα τα πρόσθετα στην εγκατάσταση διαχωρισμού που τον υποβοηθούν σε μεγάλο βαθμό παραμένουν στο προς απόθεση υλικό.

Τα πρόσθετα που χρησιμοποιούνται στις μηχανές EPB κατά βάση παραμένουν στο προς απόθεση υλικό, συνεπώς κατά γενική αρχή πρέπει να είναι βιοδιασπώμενα και μη-τοξικά. Η βιοδιάσπαση πρέπει να είναι ελεγχόμενη καθώς μία πολύ γρήγορα εξελισσόμενη μπορεί να προκαλέσει περιβαλλοντικά προβλήματα, π.χ. αν τα αντίστοιχα πρόσθετα παρασυρθούν προς υδάτινους αποδέκτες μπορούν να προκαλέσουν δέσμευση του οξυγόνου της υδατικής μάζας.

Τα συνθετικά πολυαμίδια είναι μη-τοξικά αλλά διασπώνται πολύ αργά. Τα ημισυνθετικά υλικά όπως τα CMC και PAC διασπώνται γρηγορότερα και είναι μη-τοξικά. Τα φυσικά πολυμερή είναι βιοδιασπώμενα. Γενικά τα πλέον ασφαλή περιβαλλοντικά υλικά είναι αυτά που βασίζονται σε φυσικώς απαντώμενα υλικά.

Οι αφροί γενικά είναι χαμηλής τοξικότητας αν και οι αφριστικοί παράγοντες που βασίζονται στην γλυκόλη απαιτούν εξαιρετική προσοχή στους κανόνες υγιεινής και ασφάλειας και αυστηρούς περιορισμούς στην εναπόθεσή τους. Οι πρωτεϊνικοί αφροί είναι οι λιγότερο τοξικοί και πιο γρήγορα διασπασίμοι από τους συνθετικούς.

7.4 Μέτρα μείωσης των κινδύνων για το περιβάλλον

7.4.1 Μέτρα μείωσης των καθιζήσεων

Τα μέτρα μείωσης των καθιζήσεων και περιορισμού τους στα αποδεκτά όρια είναι:

- Η ορθολογική επιλογή της τεχνικής διάνοιξης και της μηχανής.
- Η εφαρμογή συνολικού συστήματος διασφάλισης ποιότητας, μέσα από το οποίο θα διασφαλίζεται και η ορθή λειτουργία και προώθηση της μηχανής.
- Στην περίπτωση ύπαρξης μαλακού εδαφικού υλικού με παρουσία νερού, η μηχανή θα πρέπει να μπορεί να λειτουργεί εφαρμόζοντας πίεση υποστήριξης στο μέτωπο και στην περίμετρο της εκσκαφής. Η λύση του καταβιβασμού της στάθμης του υπόγειου ορίζοντα με άντληση απαγορεύεται, εκτός και αν κατάλληλη ανάλυση επικινδυνότητας αποδείξει ότι η πιθανότητα εμφάνισης μη αποδεκτών καθιζήσεων είναι επαρκώς μικρή.

- Η προβελτίωση /προενίσχυση του εδαφικού υλικού μπροστά από την κοπτική κεφαλή.
- Η μέτρηση και ο έλεγχος του εκσκαπτόμενου υλικού. Η μηχανή θα είναι εφοδιασμένη με διάταξη μέτρησης (άμεσα ή έμμεσα) του όγκου του εκσκαπτόμενου υλικού. Η μέτρηση θα γίνεται χωρίς καθυστερήσεις και θα αντιστοιχεί σε συγκεκριμένες θέσεις εκσκαφής.
- Η ρύθμιση της ταχύτητας εκσκαφής σε συνδυασμό με την εφαρμογή των μέσων προσωρινής ή/και μόνιμης επένδυσης της σήραγγας.
- Η επιλογή, η συνεχής παρακολούθηση και η ρύθμιση της πίεσης υποστήριξης που η μηχανή εφαρμόζει στο μέτωπο και στην περίμετρο της εκσκαφής.
- Το σύστημα τροφοδοσίας του μετώπου με αιώρημα θα σχεδιάζεται έτσι ώστε να μπορεί να αντιμετωπίσει απώλειες μέχρι κάποιο μέγεθος που προκύπτει από την ανάλυση επικινδυνότητας.
- Η πίεση στο θάλαμο της κοπτικής κεφαλής θα διατηρείται σε κατάλληλο επίπεδο σε όλες τις κατασκευαστικές και λειτουργικές φάσεις. Ιδιαίτερη μέριμνα θα λαμβάνεται κατά την αλλαγή των κοπτικών άκρων.
- Εφ' όσον απαιτείται η είσοδος στο θάλαμο της κοπτικής κεφαλής/μηχανής αιωρημάτων, ο θάλαμος θα εκκενώνεται από το αιώρημα με παράλληλη εισπύση αέρα υπό κατάλληλη πίεση. Αν ο πλακούντας λάσπης ξηραίνεται και υπάρχει κίνδυνος αστοχίας του και διαφυγής του αέρα, τότε είτε θα σφραγίζεται το μέτωπο με πρόσθετα μέτρα είτε κατά διαστήματα θα προστίθεται αιώρημα για την επαναδημιουργία του πλακούντα.
- Η ενεμάτωση του ουριαίου δακτυλίου θα είναι συνεχής και προσεκτική, μέσα από σωλήνες που κατανέμονται ομοιόμορφα στην περίμετρο. Το όλο σύστημα θα παρέχει συνεχείς μετρήσεις και καταγραφές των κριτηρίων επιτυχούς εκτέλεσης της εισπύσης, δηλαδή της πίεσης, του όγκου ενέματος και τυχόν ασυνήθιστων γεγονότων και φαινομένων. Δεδομένου ότι το σύστημα ενεμάτωσης είναι τυφλό, μη δυνάμενο να ελέγξει άμεσα, με τις παραπάνω καταγραφές το βαθμό πλήρωσης, θα εκτελούνται μη καταστροφικοί έλεγχοι με σεισμικές μεθόδους ή υπερήχους.
- Η υπερκοπή που πραγματοποιείται κατά την προώθηση της μηχανής θα διατηρείται όσο το δυνατόν μικρότερη.
- Το σύστημα πλοήγησης θα αποφεύγει απότομες διορθώσεις της διαδρομής της μηχανής.

7.4.2 Μέτρα μείωσης του επηρεασμού του υπόγειου ορίζοντα

Τα μέτρα και οι λειτουργικές διαδικασίες που περιγράφονται στην ανωτέρω παρ. 7.4.1. μπορούν να ελαχιστοποιήσουν τις επιπτώσεις από τη διάνοιξη της σήραγγας στον υπόγειο υδροφόρα όταν αυτό προβλέπεται από περιβαλλοντικούς όρους ή επιβάλλεται από τις προβλέψεις της Μελέτης. Για τις περιπτώσεις των μηχανών EPB θα προβλέπεται διάταξη ελαχιστοποίησης των εισροών στον κοχλιωτό μεταφορέα.

Επιπρόσθετα σε ότι αφορά στα ποιοτικά χαρακτηριστικά, τα όρια επηρεασμού του υπόγειου νερού θα συμμορφώνονται με τις προβλέψεις της Μελέτης και εάν απαιτείται θα λαμβάνονται ειδικά μέτρα στεγάνωσης του εδάφους γύρω από τη σήραγγα με τρόπους που επιλέγονται και με τη σύμφωνη γνώμη του Κυρίου του Έργου.

8 Τρόπος επιμέτρησης εργασιών

8.1 Επιμέτρηση εκσκαφής σήραγγας με μηχανήμα χωρίς ασπίδες

Α. Η επιμέτρηση της εκσκαφής σήραγγας με μηχανήμα χωρίς ασπίδες (shields), με έναν ή περισσότερους βραχίονες με εκσκαπτικά εργαλεία θα γίνεται σε κυβικά μέτρα εκσκαφής (προ της εκσκαφής του γεωυλικού) της αντίστοιχης συμβατικής κατηγορίας, όπως αυτή προβλέπεται στη Μελέτη. Για λόγους επιμέτρησης, σαν αρχή και τέλος της σήραγγας θεωρείται το σημείο εκείνο, όπου τουλάχιστον το μέσον του ύψους στον άξονα της διατομής είναι μέσα στο ανάγλυφο του στομίου.

Η επιμέτρηση της εκσκαφής της σήραγγας καθορίζεται με τις ακόλουθες διακριτοποιήσεις:

- i. Αναλόγως της κατηγορίας του γεωυλικού. Η διάκριση γίνεται με βάση την κατηγοριοποίηση των τεχνικογεωλογικών ενοτήτων και των ζωνών ομοιογενούς συμπεριφοράς της Μελέτης (Η εκάστοτε τιμή εκφράζει το σχετικώς μεγαλύτερο κόστος στα σκληρά πετρώματα αλλά με συνεπαγόμενο μικρότερο κόστος για την υποστήριξη και το σχετικώς μικρότερο κόστος στα μαλακά πετρώματα αλλά με συνεπαγόμενο μεγαλύτερο κόστος για την υποστήριξη.)
- ii. Συναρτήσει του μεγέθους της διατομής ολικής εκσκαφής της σήραγγας. Προβλέπεται διακριτοποίηση της επιμέτρησης σε σήραγγες με εμβαδόν διατομής μικρότερο των 15 m², σε σήραγγες με εμβαδόν μεταξύ 15 και 40 m² και σε σήραγγες με εμβαδόν μεγαλύτερο των 40 m².

Η επιμέτρηση της εργασίας εκσκαφής της σήραγγας θα γίνεται σε κυβικά μέτρα (m³) εκσκαπόμενου υλικού, στο όριο το οποίο θα καθορίζεται ως εξής (εναλλακτικά, ένας από τους δύο ακόλουθους τρόπους, της επιλογής της Υπηρεσίας στα συμβατικά τεύχη):

- Στη Γραμμή «Α».
- Στη «Γραμμή Επιμέτρησης Γ», η οποία θα απέχει απόσταση ίση με d₀/2 από την Γραμμή «Α» προς τη Γραμμή «Β» (δηλαδή βρίσκεται στη μέση απόσταση των γραμμών «Α» και «Β»).

Επισημαίνεται ότι η επιλογή ενός από τους ανωτέρω δύο τρόπους συνεπάγεται αντίστοιχη επιλογή στην επιμέτρηση του εκτοξευόμενου σκυροδέματος και ότι αντιστοίχως είναι διαμορφωμένη η τιμή της εκσκαφής. Τονίζεται ότι οι τυχόν επί πλέον των ανωτέρω ορίων ποσότητες της εργασίας εκσκαφής της σήραγγας δεν θα επιμετρώνται και δεν θα αποζημιώνονται.

Επισημαίνεται επίσης ότι οι γραμμές «Α» και «Β» καθορίζονται όπως στην παρ. 4.2 της παρούσας.

Η επιμέτρηση θα γίνεται ανά συμβατική κατηγορία στην οποία έχει καταταχθεί το κάθε τμήμα της σήραγγας. Διευκρινίζεται ότι η κατάταξη κάθε διατομής σε συμβατική κατηγορία εκσκαφής αφορά σε ολόκληρη την διατομή και δεν επιτρέπεται να κατατάσσεται ένα ποσοστό αυτής σε μία συμβατική κατηγορία και το υπόλοιπο σε μία άλλη.

Όλες οι εργασίες για την κατασκευή των διευρύνσεων, δόδων διαφυγής, εγκαρσίων συνδέσεων κ.λπ. θα αποζημιώνονται με την ίδια τιμή μονάδας της αντίστοιχης συμβατικής κατηγορίας.

Δεν επιμετρώνται χωριστά, διότι είναι ενσωματωμένες, όλες οι επιμέρους εργασίες υπόγειας εκσκαφής, φόρτωσης, μεταφοράς εκτός σήραγγας, σε απόσταση 50 m από το στόμιό της, και απόθεσης των προϊόντων εκσκαφής, το προσωπικό και ο απαιτούμενος μηχανικός εξοπλισμός καθώς και το αργούν προσωπικό και κάθε είδους σταλίες ολόκληρου του εξοπλισμού εκσκαφής, φόρτωσης, μεταφοράς, διάσθρωσης και εφαρμογής των μέτρων άμεσης υποστήριξης, τα πάσης φύσεως υλικά και εξοπλισμός, καθώς και κάθε άλλη συμπαραγορεύουσα δράση απαιτούμενη για την πλήρη και έντεχνη κατά τα ανωτέρω εκσκαφή σήραγγων με μηχανήματα χωρίς ασπίδες. Ειδικότερα (ενδεικτικά αλλά όχι περιοριστικά), δεν επιμετρώνται χωριστά τα παρακάτω:

- Η διάθεση και χρήση του μηχανήματος εκσκαφής και των συνοδών και υποστηρικτικών συστημάτων
- Η διαχείριση και λειτουργία αυτών και η χρησιμοποίησή τους στο έργο σύμφωνα με τις προβλέψεις της παρούσας, με την διάθεση και χρήση κάθε απαραίτητου εξαρτήματος, ανταλλακτικού, υλικού ή μικρο-υλικού για την απρόσκοπτη, ασφαλή και σύμφωνη με τις προδιαγραφές του Κατασκευαστή και τις απαιτήσεις της παρούσας, λειτουργία των μηχανημάτων
- Η διατήρηση στο εργοτάξιο αποθέματος σε ετοιμότητα εξαρτημάτων ανταλλακτικών, υλικών και μικρο-υλικών για την υποστήριξη της λειτουργίας των μηχανημάτων
- Η απαιτούμενη ενέργεια για τη λειτουργία των μηχανημάτων
- Οι εργασίες φόρτωσης και μεταφοράς εκτός σήραγγας, σε απόσταση 50 m από το στόμιό της, και απόθεσης των προϊόντων εκσκαφής
- Οι εργασίες ξεκαρώματος της διατομής

- Η απόσβεση και οι σταλίες του εξοπλισμού
- Η πραγματοποίηση όλων των απαιτούμενων δοκιμών, καταγραφών, ελέγχων, οι εργασίες μετρήσεων συγκέντρωσης αερίων (προμήθεια και χρήση απαιτούμενων οργάνων, απασχόληση για την καταγραφή και παρουσίαση των μετρήσεων) κ.λ.π. για την πλήρη και έντεχνη εκτέλεση της εργασίας σύμφωνα με την παρούσα Προδιαγραφή, καθώς και των τυχόν διορθωτικών μέτρων (εργασία και υλικά), εάν διαπιστωθούν μη συμμορφώσεις, κατά τις δοκιμές και τους ελέγχους.
- Η διαμόρφωση των προσωρινών αποθέσεων, η διάστρωση και συμπύκνωση των προϊόντων στις τελικές τους θέσεις

Η μεταφορά των προϊόντων εκσκαφής σε απόσταση μεγαλύτερη των 50 m από το στόμιο της σήραγγας, για την οποία απαιτείται σύμφωνη γνώμη ή εντολή της Διευθύνουσας Υπηρεσίας, επιμετρώνται σε κυβοχιλιόμετρα, για την επιπλέον απόσταση της νέας θέσης από τη συμβατική (50m από το στόμιο της σήραγγας).

Β. Εναλλακτικά και αν ορίζεται στα λοιπά τεύχη δημοπράτησης, στην παραπάνω μονάδα μέτρησης περιλαμβάνονται και δεν επιμετρώνται ξεχωριστά, οι εργασίες των Προδιαγραφών. ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-12-01-01-00, ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-12-01-02-00 και ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-12-02-02-00

Γ. Εναλλακτικά, η επιμέτρηση για την εκσκαφή μπορεί να γίνεται με ενιαία τιμή (κατ' αποκοπήν) ανά μέτρο ή για το συνολικό μήκος διατομής σήραγγας, ανεξαρτήτως των συνθηκών του πετρώματος

Δ. Εναλλακτικά, αν ορίζεται στα λοιπά τεύχη δημοπράτησης, η επιμέτρηση κατά την ανωτέρω περίπτωση Γ και επί πλέον των μέτρων άμεσης υποστήριξης θα γίνεται σε τρέχοντα μέτρα μήκους σήραγγας, και στη μονάδα μέτρησης ανάγονται και οι εργασίες άμεσης υποστήριξης, μη επιμετρώμενες ξεχωριστά.

8.2 Επιμέτρηση εκσκαφής σήραγγας με μηχανήματα πλην αυτών της παρ. 8.1

Α. Η επιμέτρηση της εκσκαφής σήραγγας με μηχανήματα όλων των άλλων κατηγοριών και τύπων θα γίνεται σε μέτρα μήκους, συναρτήσει της διαμέτρου της διατομής της σήραγγας, της κατηγορίας του γεωυλικού και του τρόπου λειτουργίας του εξοπλισμού (π.χ. με χρήση αιωρήματος, με χρήση εξισοροπιστικής πίεσης κ.λπ.).

Δεν επιμετρώνται χωριστά, διότι είναι ενσωματωμένες, όλες οι επιμέρους εργασίες υπόγειας εκσκαφής, φόρτωσης, μεταφοράς εκτός σήραγγας, σε απόσταση 50 m από το στόμιο της, και απόθεσης των προϊόντων εκσκαφής, το προσωπικό και ο απαιτούμενος μηχανικός εξοπλισμός καθώς και το αργούν προσωπικό και κάθε είδους σταλίες ολόκληρου του εξοπλισμού εκσκαφής, φόρτωσης, μεταφοράς, διάστρωσης και εφαρμογής των μέτρων άμεσης υποστήριξης, τα πάσης φύσεως υλικά και εξοπλισμός, καθώς και κάθε άλλη συμπαραγομαρτούσα δράση απαιτούμενη για την πλήρη και έντεχνη κατά τα ανωτέρω εκσκαφή σήραγγων με μηχανήματα χωρίς ασπίδες. Ειδικότερα (ενδεικτικά αλλά όχι περιοριστικά), δεν επιμετρώνται χωριστά τα παρακάτω:

- Η διάθεση και χρήση του μηχανήματος εκσκαφής και των συνοδών και υποστηρικτικών συστημάτων
- Η διαχείριση και λειτουργία αυτών και η χρησιμοποίησή τους στο έργο σύμφωνα με τις προβλέψεις της παρούσας, με την διάθεση και χρήση κάθε απαραίτητου εξαρτήματος, υλικού ή μικρο-υλικού για την απρόσκοπτη, ασφαλή και σύμφωνη με τις προδιαγραφές του Κατασκευαστή και τις απαιτήσεις της παρούσας, λειτουργία των μηχανημάτων
- Η διατήρηση στο εργοτάξιο αποθέματος σε ετοιμότητα εξαρτημάτων ανταλλακτικών, υλικών και μικρο-υλικών για την υποστήριξη της λειτουργίας των μηχανημάτων
- Η απαιτούμενη ενέργεια για τη λειτουργία των μηχανημάτων
- Οι εργασίες φόρτωσης και μεταφοράς εκτός σήραγγας, σε απόσταση 50 m από το στόμιο της, και απόθεσης των προϊόντων εκσκαφής
- Η απόσβεση και οι σταλίες του εξοπλισμού
- Η πραγματοποίηση όλων των απαιτούμενων δοκιμών, καταγραφών, ελέγχων, οι εργασίες μετρήσεων συγκέντρωσης αερίων (προμήθεια και χρήση απαιτούμενων οργάνων, απασχόληση για

την καταγραφή και παρουσίαση των μετρήσεων) κ.λ.π. για την πλήρη και έντεχνη εκτέλεση της εργασίας σύμφωνα με την παρούσα Προδιαγραφή, καθώς και των τυχόν διορθωτικών μέτρων (εργασία και υλικά), εάν διαπιστωθούν μη συμμορφώσεις, κατά τις δοκιμές και τους ελέγχους

- Η διαμόρφωση των προσωρινών αποθέσεων, η διάστρωση και συμπτύκνωση των προϊόντων στις τελικές τους θέσεις

Η μεταφορά των προϊόντων εκσκαφής σε απόσταση μεγαλύτερη των 50 m από το στόμιο της σήραγγας, , για την οποία απαιτείται σύμφωνη γνώμη ή εντολή της Διευθύνουσας Υπηρεσίας, επιμετράται σε κυβοχιλιόμετρα, για την επιπλέον απόσταση της νέας θέσης από τη συμβατική (50m από το στόμιο της σήραγγας).

Στην επιμέτρηση διεύρυνσης σήραγγας με μηχανικό εξοπλισμό δεν περιλαμβάνεται η πιλοτική σήραγγα η οποία επιμετράται ξεχωριστά.

Στην περίπτωση χρησιμοποίησης εξοπλισμού μικτού τύπου λειτουργίας η επιμέτρηση θα γίνεται σε διακριτά μήκη ανά διαφορετικό τύπο λειτουργίας.

Β. Εναλλακτικά η επιμέτρηση για τη διάνοιξη μπορεί να γίνεται σε μέτρα μήκους ή για το συνολικό μήκος διατομής σήραγγας (επιμέτρηση ως τεμάχιο), ανεξαρτήτως των συνθηκών του πετρώματος, με την επιμέτρηση να περιλαμβάνει ότι και στην ανωτέρω περίπτωση Α

Γ. Εναλλακτικά και αν ορίζεται στα λοιπά τεύχη δημοπράτησης, στις παραπάνω μονάδες μέτρησης περιλαμβάνονται και δεν επιμετρώνται ξεχωριστά, οι εργασίες των Προδιαγραφών. ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-12-01-01-00, ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-12-01-02-00 και ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-12-02-02-00

Δ. Εναλλακτικά, αν ορίζεται στα λοιπά τεύχη δημοπράτησης, η επιμέτρηση κατά τις ανωτέρω περιπτώσεις Β και Γ και επί πλέον των μέτρων άμεσης υποστήριξης θα γίνεται σε τρέχοντα μέτρα μήκους σήραγγας, και στη μονάδα μέτρησης ανάγονται και οι εργασίες άμεσης υποστήριξης ή και επένδυσης της σήραγγας, μη επιμετρώμενες ξεχωριστά.

8.3 Διακοπές προώθησης του μηχανήματος

Οι διακοπές προώθησης του εκσκαπτικού μηχανήματος λόγω εκτέλεσης δειγματοληπτικών γεωτρήσεων, διατρήσεων προπορείας, τσιμεντενέσεων βελτίωσης του εδάφους, τοποθέτησης ελαφρών δοκών προπορείας ή αναγνωρισμένων γεωλογικών καταπτώσεων που οδηγούν σε διακοπή προώθησης κατ' εντολή της Διευθύνουσας Υπηρεσίας, επιμετρώνται σε ώρες.

Δεν επιμετρώνται χωριστά, διότι είναι ενσωματωμένο, το προσωπικό και το αργούν προσωπικό και κάθε είδους σταλίες ολόκληρου του εξοπλισμού εκσκαφής, φόρτωσης, μεταφοράς, διάστρωσης και εφαρμογής των μέτρων άμεσης υποστήριξης, καθώς και κάθε άλλη συμπαραομαρτούσα δράση συνδεδεμένη με τη διακοπή προώθησης του μηχανήματος για τους προαναφερθέντες λόγους. Ειδικότερα (ενδεικτικά αλλά όχι περιοριστικά), δεν επιμετρώνται χωριστά τα παρακάτω:

- Η απαιτούμενη ενέργεια για τη σταλία των μηχανημάτων
- Η απόσβεση και οι σταλίες του εξοπλισμού και τυχόν αργούντος προσωπικού

8.4 Προσκόμιση, συναρμολόγηση, αποσυναρμολόγηση, απομάκρυνση του μηχανήματος

Α. Η προσκόμιση, συναρμολόγηση, αποσυναρμολόγηση και απομάκρυνση του εκσκαπτικού εξοπλισμού στην θέση έναρξης της εργασίας διάνοιξης, επιμετράται κατ' αποκοπή ως τεμάχιο

Β. Εναλλακτικά και αν ορίζεται στα λοιπά τεύχη δημοπράτησης, η προσκόμιση, συναρμολόγηση, αποσυναρμολόγηση και απομάκρυνση του εκσκαπτικού εξοπλισμού στην θέση έναρξης της εργασίας διάνοιξης, περιλαμβάνεται στις παραπάνω μονάδες μέτρησης της εκσκαφής και δεν επιμετράται ξεχωριστά

8.5 Μεταφορά προϊόντων εκσκαφής

Η μεταφορά των προϊόντων εκσκαφής σε απόσταση μεγαλύτερη των 50 m από το στόμιο της σήραγγας, για την οποία απαιτείται σύμφωνη γνώμη ή εντολή της Υπηρεσίας, επιμετράται σε κυβοχλιομέτρα, για την επιπλέον απόσταση της νέας θέσης από τη συμβατική (50m από το στόμιο της σήραγγας).

8.6 Γεωλογικές καταπτώσεις

Η επιμέτρηση θα γίνεται σε κυβικά μέτρα υπερεκσκαφής με μέτρηση του όγκου του γεωυλικού προ της κατάπτωσής του, σύμφωνα με σχετικό πρωτόκολλο που θα συντάσσεται, και στο οποίο θα αναφέρονται οι λόγοι και οι παράγοντες που συνετέλεσαν στην κατάπτωση και ως εκ τούτου θα τεκμηριώνεται η επιμέτρηση των εν λόγω προϊόντων. Στο πρωτόκολλο θα φαίνονται η θέση και οι ακριβείς διαστάσεις της κατάπτωσης και θα υπολογίζεται ο όγκος της προ της κατάπτωσης.

Η αιτιολογημένη υπερεκσκαφή, εξαιτίας των συντελεσθισών καταπτώσεων λόγω γεωλογικών αιτίων, θα επιμετράται για πληρωμή μόνον εφόσον εκτείνεται τουλάχιστον 70 cm πέραν της γραμμής «Α» ή της γραμμής «Β», και σύμφωνα με όσα αναφέρονται και στην παρ. 5.8 της Προδιαγραφής ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-12-02-01-01. Σε αυτές τις περιπτώσεις ο όγκος της πρόσθετης εκσκαφής επιμετράται σε όλο το τμήμα του πέραν της γραμμής «Α» ή της γραμμής «Β».

Δεν επιμετρώνται ξεχωριστά όλες οι επιμέρους εργασίες φόρτωσης, μεταφοράς και απόθεσης, περιλαμβανομένων των τυχόν προσωρινών αποθέσεων και των εκείθεν φορτοεκφορτώσεων και της μεταφοράς των προϊόντων αυτών μέχρι την οριστική θέση απόθεσής τους, το προσωπικό, ο απαιτούμενος μηχανικός εξοπλισμός, καθώς και το αργούν προσωπικό και κάθε είδους σταλίες ολόκληρου του εξοπλισμού εκσκαφής, φόρτωσης, μεταφοράς, διάστρωσης και εφαρμογής των μέτρων άμεσης υποστήριξης.