

---

# ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-12-02-01-02:2023

---

## 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: 16

## Πρόλογος

Η παρούσα Ελληνική Τεχνική Προδιαγραφή αναθεωρεί και αντικαθιστά την ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-12-02-01-02:2009.

Η παρούσα Ελληνική Τεχνική Προδιαγραφή εκπονήθηκε από Εμπειρογνώμονες και ελέγχθηκε και αξιολογήθηκε από Επιμελητή/ Ειδικό – Εμπειρογνώμονα στο αντικείμενό της, που υποβοήθησαν το έργο της ΕΛΟΤ/ΤΕ99 «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 2023-03-24 από την ΕΛΟΤ/ΤΕ 99 σύμφωνα με τον κανονισμό σύνταξης και έκδοσης Ελληνικών Προτύπων και Προδιαγραφών .

Τα αναφερόμενα στις τυποποιητικές παραπομπές ευρωπαϊκά, διεθνή και εθνικά Πρότυπα διατίθενται από τον ΕΛΟΤ.

© ΕΛΟΤ 2023

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

## Περιεχόμενα

Εισαγωγή.....	5
1 Αντικείμενο .....	7
2 Τυποποιητικές παραπομπές.....	7
3 Όροι και ορισμοί .....	8
4 Απαιτήσεις.....	11
4.1 Γεωμετρία των εκσκαφών .....	11
4.2 Γραμμές εκσκαφής και γραμμές επιμέτρησης.....	12
4.3 Γενικές απαιτήσεις σχεδιασμού για τις μηχανές διάνοιξης της σήραγγας .....	12
4.4 Απαιτήσεις σχεδιασμού για μηχανές ολομέτωπης κοπής χωρίς άμεση υποστήριξη.....	13
4.5 Απαιτήσεις σχεδιασμού για μηχανές ολομέτωπης κοπής με περιφερειακή άμεση υποστήριξη.....	14
4.6 Απαιτήσεις σχεδιασμού για μηχανές ολομέτωπης κοπής με άμεση υποστήριξη της περιφέρειας και του μετώπου εκσκαφής .....	14
4.7 Αποκομιδή προϊόντων εκσκαφής .....	16
4.8 Λοιπές απαιτήσεις μηχανών διάνοιξης σήραγγας.....	17
4.9 Επιλογή της μηχανής διάνοιξης σήραγγας .....	18
4.10 Παρέκκλιση για καινοτομικές πρακτικές .....	19
4.11 Απαιτήσεις για τα χρησιμοποιούμενα υλικά .....	19
4.12 Στεγανωτικές διατάξεις ουριαίου τμήματος .....	21
5 Μεθοδολογία εκτέλεσης εργασιών .....	21
5.1 Λειτουργία μηχανής διάνοιξης σήραγγας .....	21
5.2 Χρήση πεπιεσμένου αέρα κατά τη διάνοιξη της σήραγγας .....	22
5.3 Τηρούμενα στοιχεία εκσκαφής σήραγγας .....	23
5.4 Κυκλοφορία οχημάτων υποστήριξης στις κατασκευαζόμενες σήραγγες .....	24
5.5 Καύσεις, ηλεκτροσυγκολλήσεις, ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις και εξοπλισμός .....	25
5.6 Αντλήσεις.....	25
6 Κριτήρια αποδοχής περαιωμένης εργασίας .....	25

7	Τρόπος επιμέτρησης εργασιών .....	26
7.1	Επιμέτρηση εκσκαφής σήραγγας με μηχάνημα χωρίς ασπίδες .....	26
7.2	Επιμέτρηση εκσκαφής σήραγγας με μηχανήματα πλην αυτών της παρ. 7.1.....	27
7.3	Διακοπές προώθησης του μηχανήματος.....	28
7.4	Προσκόμιση, συναρμολόγηση, αποσυναρμολόγηση, απομάκρυνση του μηχανήματος .....	28
7.5	Μεταφορά προϊόντων εκσκαφής .....	28
7.6	Γεωλογικές καταπτώσεις.....	28
	Παράρτημα Α (πληροφοριακό) Όροι υγείας, ασφάλειας και προστασίας του περιβάλλοντος.....	29
	Παράρτημα Β (πληροφοριακό) Χαρακτηριστικά και δοκιμές αφριστικών μιγμάτων και συνθέσεων	34
	Βιβλιογραφία.....	42

## Εισαγωγή

Η παρούσα Ελληνική Τεχνική Προδιαγραφή (ΕΤΕΠ) εντάσσεται στην ενότητα των τεχνικών κειμένων που είχαν αρχικά προετοιμασθεί από το ΥΠΕΧΩΔΕ και το ΙΟΚ και στην συνέχεια επεξεργάστηκε ο ΕΛΟΤ προκειμένου να εφαρμόζονται στην κατασκευή των δημοσίων τεχνικών έργων στην χώρα, με σκοπό την παραγωγή έργων άρτιων και ικανών να ανταποκριθούν και να ικανοποιήσουν τις ανάγκες που υπέδειξαν την κατασκευή τους και να αποβούν επωφελή για το κοινωνικό σύνολο.

Στο πλαίσιο σύμβασης μεταξύ του ΕΣΥΠ/ΕΛΟΤ και του Υπουργείου Υποδομών και Μεταφορών (ΑΔΑ 6ΕΟΒ465ΧΘΞ-02Τ), ο ΕΛΟΤ ανέλαβε την υποχρέωση να επεξεργασθεί και να επικαιροποιήσει τριακόσιες δεκατέσσερις (314) Ελληνικές Τεχνικές Προδιαγραφές (ΕΤΕΠ), ως Έκδοση 2η σύμφωνα με τα ισχύοντα Ευρωπαϊκά Πρότυπα και Κανονισμούς και με τις διαδικασίες που προβλέπονται στον Κανονισμό σύνταξης και έκδοσης Ελληνικών Προτύπων και Προδιαγραφών και στον Κανονισμό σύστασης και λειτουργίας Τεχνικών Οργάνων Τυποποίησης.

Η παρούσα Ελληνική Τεχνική Προδιαγραφή εκπονήθηκε από τον ανάδοχο του κλειστού διαγωνισμού με αριθμ. διακήρυξης 1/2020 για την ανάθεση του έργου «Αναθεώρηση 1ης έκδοσης 314 ΕΤΕΠ» (ΑΔΑ ΩΕΕΑΟΞΜΓ-ΞΗΔ), ελέγχθηκε και αξιολογήθηκε από Επιμελητή / Ειδικό – Εμπειρογνώμονα στο αντικείμενό της και υποβλήθηκε σε Δημόσια Κρίση. Εγκρίθηκε από την Τεχνική Επιτροπή ΕΛΟΤ/ΤΕ 99 «Προδιαγραφές τεχνικών έργων», η οποία συστάθηκε με την Απόφαση Διευθύνοντος Συμβούλου ΕΣΥΠ, Δν.Σ. 285-19/08-02-2019 (ΑΔΑ6ΩΛΡΟΞΜΓ-15Ξ).

Η παρούσα ΕΤΕΠ καλύπτει τις απαιτήσεις όπως απορρέουν από το Ενωσιακό Δίκαιο και τις σχετικές Οδηγίες Νέας Προσέγγισης που ισχύουν σήμερα, το Εθνικό Δίκαιο, παραπέμπει σε εναρμονισμένα ευρωπαϊκά πρότυπα και είναι συμβατή με αυτά.



# Υπόγεια εκσκαφή σηράγγων με μηχανικά μέσα ολομέτωπης ή σημειακής κοπής

## 1 Αντικείμενο

Αντικείμενο της παρούσας Τεχνικής Προδιαγραφή αποτελεί η 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 Τεχνική 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 EN 16191	<i>Tunnelling machinery - Safety requirements -- Μηχανήματα κατασκευής σήραγγας- Απαιτήσεις ασφαλείας</i>
ΕΛΟΤ EN 12110	<i>Tunnelling machines - Air locks - Safety requirements -- Μηχανήματα κατασκευής σήραγγας - Αεροθυλάκια - Απαιτήσεις ασφαλείας</i>
ΕΛΟΤ EN 12111	<i>Tunnelling machines - Road headers and continuous miners - Safety requirements -- Μηχανήματα κατασκευής σήραγγας- Μηχανήματα σημειακής και συνεχούς κοπής - Απαιτήσεις ασφαλείας</i>
ΕΛΟΤ EN ISO 13500	<i>Petroleum and natural gas industries - Drilling fluid materials - Specifications and tests -- Βιομηχανίες πετρελαίου και φυσικού αερίου - Ρευστά υλικά εξόρυξης - Προδιαγραφές και δοκιμές</i>
ΕΛΟΤ EN ISO 19225	<i>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 ασφαλείας για συστήματα οδοντοφόρων εκσκαφών και φορτωτές οριζόντιας εξόρυξης</i>
ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-12-02-01-01	<i>Tunnel excavation with conventional means - Υπόγεια εκσκαφή σηράγγων με μηχανικά μέσα ολομέτωπης ή σημειακής κοπής.</i>

### 3 Όροι και ορισμοί

Στην παρούσα Τεχνική Προδιαγραφή χρησιμοποιούνται οι ακόλουθοι όροι και ορισμοί:

#### 3.1 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.

#### 3.2 Γεωυλικό ή γεωμάζα (ground)

Κάθε φυσικό υλικό μέσα στο οποίο εκσκάπτεται η σήραγγα. Σαν όρος περιέχει το έδαφος και το βράχο.

#### 3.3 Ασπίδα (shield)

Μεταλλική κατασκευή, για την προστασία του χώρου εργασίας

#### 3.4 Εξωράχιο (extrados)

Το εξωτερικό περίγραμμα της επένδυσης (άμεσης ή τελικής) της σήραγγας.

#### 3.5 Εσωράχιο (intrados)

Το εσωτερικό περίγραμμα της επένδυσης (άμεσης ή τελικής) της σήραγγας.

#### 3.6 Κάτω όριο εκρηκτικότητας (Lower Explosive Limit ή LEL)

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).

#### 3.7 Κοπτική κεφαλή (cutter head)

Το περιστρεφόμενο τμήμα στο εμπρόσθιο μέρος της μηχανής, το οποίο φέρει τα κοπτικά εργαλεία.

#### 3.8 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.

#### 3.9 Πλακούντας λάσπης (Mud Cake)

Λεπτή μεμβράνη αφυδατωμένου αιωρήματος μέσα στο γεωυλικό ή στην επιφάνεια εκσκαφής για τη σταθεροποίησή της

#### 3.10 Στεγανωτική διάταξη ουράς (tail seal)

Φραγμός από εύκαμπτο υλικό που αποτρέπει την εισροή νερού ή ενέματος μεταξύ της επένδυσης της σήραγγας και της ασπίδας της μηχανής.

#### 3.11 Στέψη ή κλείδα (crown)

Το ανώτατο τμήμα του περιγράμματος μιας σήραγγας.

#### 3.12 Στόμιο (Portal)

Μία είσοδος ή έξοδος της σήραγγας.

#### 3.13 Τελική επένδυση (final lining)

Το δομικό σύστημα που έχει σκοπό τη διασφάλιση της επιτελεστικότητας της σήραγγας για την τεχνική διάρκεια ζωής της.



### 3.14 Ταξινόμηση των μηχανικών μέσων (μηχανών) διάνοιξης σηράγγων

Ως βάση της ταξινόμησης των μηχανών διάνοιξης σηράγγων λαμβάνεται η δυνατότητα εφαρμογής και εγκατάστασης μέτρων άμεσης υποστήριξης. Η διάκριση των μηχανών σε ομάδες γίνεται αναλόγως της παρεχόμενης άμεσης υποστήριξής 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.

**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	ΟΛΟΜΕΤΩΠΗΣ ΚΟΠΗΣ
		ΜΕ ΤΜΗΜΑΤΙΚΗ ΑΣΠΙΔΑ	ΟΛΟΜΕΤΩΠΗΣ Η/ ΚΑΙ ΤΜΗΜΑΤΙΚΗΣ ΚΟΠΗΣ
		ΔΙΠΛΗΣ ΑΣΠΙΔΑΣ	ΟΛΟΜΕΤΩΠΗΣ ΚΟΠΗΣ
	ΜΗΧΑΝΕΣ ΣΗΜΕΙΑΚΗΣ ΠΡΟΣΒΟΛΗΣ ROADHEADER		
ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗ ΚΑΙ ΜΕΤΩΠΟΥ	ΤΒΜ ΚΛΕΙΣΤΟΥ ΤΥΠΟΥ ΜΕ ΑΣΠΙΔΑ	ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ	ΟΛΟΜΕΤΩΠΗΣ Η/ ΚΑΙ ΤΜΗΜΑΤΙΚΗΣ ΚΟΠΗΣ
		ΑΣΠΙΔΑ - ΠΕΠΙΕΣΜΕΝΟ ΑΕΡΑ	
		ΑΣΠΙΔΑ -ΑΙΩΡΗΜΑ (SLURRY)	ΟΛΟΜΕΤΩΠΗΣ ΚΟΠΗΣ
		ΜΗΧΑΝΕΣ ΕΡΒΜ	
		ΜΗΧΑΝΕΣ ΑΣΠΙΔΑΣ ΜΙΚΤΟΥ ΤΥΠΟΥ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	
	ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΤΥΠΟΥ ΚΑΙ ΕΡΒΜ	ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΤΥΠΟΥ ΚΑΙ SLURRY	ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΕΡΒΜ ΚΑΙ SLURRY

#### 3.14.1 Μηχανές που δεν προσφέρουν άμεση υποστήριξη

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

##### Α. 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 ανάλογα με το σχήμα και τη θέση. Χρησιμοποιούνται τα εξής εκσκαπτικά εργαλεία:

- i. Κλασσικός μηχανικός εκσκαφέας, ρίπερ ή υδραυλική σφύρα.

- ii. Μηχανές σημειακής προσβολής (Roadheader) με διαμήκη κοπτική κεφαλή.
- iii. 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 τη σήραγγα σε μία απλή διαδρομή. Η ώθηση στην κοπτική κεφαλή μεταδίδεται με τα έδρανα προώθησης (ή τις σιαγώνες), που πιέζονται ακτινικά στο γεωυλικό των παρειών της σήραγγας. Η μηχανή προωθείται με αλληλουχία δύο κυρίων φάσεων:

- i. Εκσκαφή (έδρανα ή σιαγώνες σταθερά).
- ii. 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. 3.14.1.B. αλλά διανοίγουν την τελική διατομή της σήραγγας από μία κεντρική πιλοτική σήραγγα, από την οποία προωθούνται μέσω εδράνων ή σιαγώνων

### 3.14.2 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 τη 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. 3.14.1.B. και μετακινούνται μέσα σε κυλινδρική ασπίδα στην οποία περιλαμβάνονται τα έδρανα προώθησης 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. 3.14.1.A. Τα έμβολα προώθησης 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 προώθησης κάθε φορά εξαρτάται από τον τύπο του γεωυλικού. Η μηχανή έχει τρία ή περισσότερα τμήματα ασπίδας και μία τηλεσκοπική κεντρική μονάδα προώθησής της.

### 3.14.3 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 εκσκαπόμενου υλικού μπροστά προς το γεωυλικό του μετώπου. Τα προϊόντα εκσκαφής απομακρύνονται μέσω ανοιγμάτων στην κοπτική κεφαλή και η ποσότητα ρυθμίζεται με ελεγχόμενες πόρτες.

**Β. 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. 3.14.1.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 απομάκρυνση από τον θάλαμο εκσκαφής, μέσω ατέρμονα κοχλία, του μίγματος εκσκαπόμενου γεωυλικού, νερού και πιθανώς ρυθμιστικών του ιξώδους του μίγματος.

**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. Οι τρεις κύριες κατηγορίες αυτών των μηχανών είναι:

- i. 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 μεταφορέα.
- ii. 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.
- iii. 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 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.

Στη Μελέτη 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 ανάλογα (α) με τις επικρατούσες γεωλογικές και γεωτεχνικές συνθήκες, (β) τη μέθοδο εκσκαφής.

Κατά τη διάνοιξη παρουσιάζονται ανάγκες ειδικών διευρύνσεων για διάφορους λόγους όπως:

- i. Εσοχές, φρέατα ή τάφροι για ειδικές εγκαταστάσεις (H/M εγκαταστάσεις, συστήματα, εξυπηρετήσεις, φωλεές φρεατίων κ.λπ.).
- ii. Ειδικές διατομές (για στάθμευση κ.λπ.).
- iii. Κατασκευαστικές απαιτήσεις (για προσωρινούς θαλάμους εξυπηρέτησης έναρξης εκσκαφών, διαπλάτυνσεις, χώρους απόθεσης ή συναρμολόγησης ή αποσυναρμολόγησης μηχανημάτων κ.λπ.).

- iv. 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:

- i. Γραμμή Ελάχιστης Απαιτούμενης Εκσκαφής "Α"
- ii. Γραμμή Μέγιστης Αποδεκτής Εκσκαφής "Β"

Οι Γραμμές Α και Β, όπως έχουν οριστεί στην Τεχνική Προδιαγραφή ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-12-02-01-01, ισχύουν και για την εκσκαφή σηράγγων 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. 3.14.1.Α), για τις οποίες μπορεί να καθορίζεται απόσταση Α-Β μεγαλύτερη της μηδενικής.

#### 4.3 Γενικές απαιτήσεις σχεδιασμού για τις μηχανές διάνοιξης της σήραγγας

Ο Ανάδοχος πρέπει να 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.

Οι μηχανές εκσκαφής και οι ασπίδες πρέπει να είναι αυτοκινούμενες. Η επιφάνεια έδρασης των εμβόλων προώθησης ή των αντίστοιχων σιαγώνων πρέπει να είναι σχεδιασμένη ανάλογα με τη φέρουσα ικανότητα του γεωυλικού και της επένδυσης για να αποφεύγονται αστοχίες ή διεισδύσεις αυτών. Τα έμβολα προώθησης ή οι σιαγόνες πρέπει να λειτουργούν είτε μεμονωμένα είτε όλα μαζί σε οποιονδήποτε συνδυασμό και 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, πρέπει να λειτουργούν είτε μεμονωμένα είτε όλα μαζί ή σε οποιονδήποτε συνδυασμό. Η λειτουργία των εμβόλων αυτών πρέπει να συνδέεται με τη λειτουργία των εμβόλων προώθησης της μηχανής και να είναι εφικτή η μεμονωμένη αντικατάσταση των εμβόλων.

Πρέπει να εξασφαλίζεται επαρκής πρόσβαση σε όλες τις περιοχές εργασίας ή συντήρησης της μηχανής εκσκαφής και να υπάρχουν ασφαλείς χώροι για την είσοδο και διαφυγή του προσωπικού σε επείγουσες περιστάσεις.

Ο Ανάδοχος οφείλει να μεθοδεύσει τις εκσκαφές κατά τρόπο που να αποτρέπεται οποιαδήποτε χαλάρωση στο γεωυλικό που μπορεί να επηρεάσει δυσμενώς υφιστάμενα έργα και κατασκευές. Στο πλαίσιο αυτό πρέπει να υποβάλει στην Αρμόδια Αρχή έκθεση μεθοδολογίας εκσκαφής με τα ακόλουθα κατ' ελάχιστον στοιχεία:

- (1) Την προτεινόμενη μέθοδο μεταφοράς και συναρμολόγησης της μηχανής εκσκαφής ή και της ασπίδας.
- (2) Την προτεινόμενη μέθοδο έναρξης της υπόγειας εκσκαφής, λαμβάνοντας υπόψη και το χρόνο εγκατάστασης του βοηθητικού εξοπλισμού, τις τυχόν απαιτούμενες βελτιώσεις των εδαφών ή και αποστραγγίσεις/ αποχετεύσεις.
- (3) Λεπτομερή περιγραφή των προσωρινών διατάξεων ώθησης.
- (4) Τη μέθοδο προσδιορισμού των συνθηκών του εδάφους (όπως π.χ. γεωλογικές και γεωτεχνικές συνθήκες, τυχόν κρυμμένες υποδομές – δίκτυα, ή άλλες μη καταγεγραμμένες υπόγειες κατασκευές).
- (5) Ανάλυση επικινδυνότητας από τη μεταβολή των εδαφικών συνθηκών
- (6) Την προτεινόμενη μέθοδο παρακολούθησης τυχόν απωλειών εδάφους κατά τη διάρκεια της εκσκαφής καθώς και της ενόργανης παρακολούθησης των καθιζήσεων.

- (7) Την προτεινόμενη μέθοδο εργασιών σε διασταυρώσεις καθώς και της αποσυναρμολόγησης της μηχανής εκσκαφής ή της ασπίδας.

Πριν από την έναρξη της εκσκαφής ο Ανάδοχος πρέπει να εξασφαλίσει ότι όλα τα μηχανικά συστήματα καθώς και τα συστήματα εφαρμογής της άμεσης υποστήριξης ή και της μόνιμης επένδυσης λειτουργούν καλώς, όπως και να διασφαλίζεται επαρκές απόθεμα προκατασκευασμένων στοιχείων μόνιμης επένδυσης της σήραγγας.

Η εκσκαφή πρέπει να είναι συμβατή με την Τεχνική Προδιαγραφή ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-12-02-01-01 (εκσκαφή σηράγγων με συμβατικά μέσα) όπου οι δύο τεχνικές διάνοιξης συνυπάρχουν.

Η κίνηση της μηχανής εκσκαφής πρέπει να γίνεται όταν έχει ολοκληρωθεί ο προηγούμενος κύκλος κατασκευής της υποστήριξης, έτσι ώστε κάθε φορά να ολοκληρώνεται ένας πλήρης κύκλος εκσκαφής και κατασκευής της υποστήριξης. Η προτεινόμενη μέθοδος πρέπει να εξασφαλίζει τη σωστή κατεύθυνση της εκσκαφής χωρίς να επιβάλλονται παραπάνω από τα προβλεπόμενα φορτία επί της υποστήριξης της σήραγγας, της επένδυσης ή του περιβάλλοντος γεωυλικού και να αποτρέπονται υπερεκσκαφές και απώλεια εδάφους. Η τυχόν απαιτούμενη υπέρβαση των ορίων της εκσκαφής για λόγους πρακτικούς, πρέπει να είναι η ελάχιστη δυνατή προκειμένου να διατηρείται η γεωμετρία εκσκαφής περιμετρικά της μηχανής ή της ασπίδος.

Όταν η επένδυση της σήραγγας κατασκευάζεται πίσω από ασπίδα χωρίς διατάξεις «ουράς», η εκσκαφή πρέπει να διακόπτεται μέχρις ότου το σύνολο της επένδυσης να τοποθετηθεί στις ανυψωτικές διατάξεις. Η ανύψωση του δακτυλίου της επένδυσης πρέπει να αρχίζει αμέσως μετά την ολοκλήρωση της προώθησης της ασπίδας.

Όταν η εκσκαφή γίνεται κοντά σε υπάρχουσες κατασκευές πρέπει να υποβάλλεται στην Αρμόδια Αρχή ειδική έκθεση μεθοδολογίας για την αντιμετώπιση των ενδεχομένων προβλημάτων.

Όταν στο μέτωπο εκσκαφής ή οπουδήποτε αλλού, η παρουσία νερού μπορεί να δημιουργήσει επικίνδυνες συνθήκες εργασίας ή κίνδυνο βλαβών στην υποστήριξη, τότε ο Ανάδοχος πρέπει να προβεί στις απαραίτητες ενέργειες αποσόβησης των κινδύνων πριν από την έναρξη των εργασιών (π.χ. κατασκευή αποστραγγιστικών οπών, ανακουφιστικών οπών, βελτίωση εδαφών κ.λπ.).

Σε περίπτωση παύσης των εργασιών πρέπει να εξασφαλίζεται η ευστάθεια όλων των υπογείων εκσκαφών και όλα τα μέτωπα και οι χώροι εργασίας να επιθεωρούνται σε διαστήματα συμφωνημένα με την Αρμόδια Αρχή.

Ο Ανάδοχος οφείλει να αποκαθιστά άμεσα τυχόν βλάβες λόγω της εκσκαφής ή άλλων εργασιών που εκτελεί κατόπιν σχετικής συμφωνίας με την Αρμόδια Αρχή.

Οι μηχανές διάνοιξης σηράγγων πρέπει να συμμορφώνονται με την Οδηγία 2006/42/ΕΚ περί μηχανών. Τα εναρμονισμένα πρότυπα βάσει της ανωτέρω Οδηγίας κατά το χρόνο σύνταξης της παρούσας είναι τα εξής: ΕΛΟΤ EN 16191, ΕΛΟΤ EN ISO 19225, ΕΛΟΤ EN 12110, και ΕΛΟΤ EN 12111.

Οι διατάξεις των ανωτέρω χρησιμεύουν στους μελετητές και κατασκευαστές των μηχανών, αλλά και στους χρήστες αυτών. Πέραν των ανωτέρω διατάξεων και προβλέψεων έχουν εφαρμογή και τα αναφερόμενα στις παρακάτω παραγράφους για κάθε ιδιαίτερο τύπο μηχανήματος.

#### **4.4 Απαιτήσεις σχεδιασμού για μηχανές ολομέτωπης κοπής χωρίς άμεση υποστήριξη**

Οι μηχανές αυτού του τύπου είναι κατάλληλες για τη διάνοιξη σηράγγων σε βραχώδεις σχηματισμούς. Η κοπτική κεφαλή της μηχανής πρέπει να είναι ικανή να περιστρέφεται ωρολογιακά και ανθρωπολογιακά, 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 πρέπει να μπορούν να τοποθετούνται από το πίσω μέρος της κοπτικής κεφαλής με απόλυτη ασφάλεια.

Η επιφάνεια έδρασης των εμβόλων προώθησης ή των αντίστοιχων σιαγώνων πρέπει να ανταποκρίνεται στη φέρουσα ικανότητα της βραχόμαζας για να αποφεύγονται αστοχίες ή διεισδύσεις αυτών. Αντίστοιχα ισχύουν 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 τσιμεντενέσεων για τη βελτίωση του γεωυλικού μπροστά από το μέτωπο εκσκαφής, ή την τοποθέτηση ελαφρών δοκών προπορείας (spiles), ή διάνοιξη στραγγιστηρίων οπών, αν αυτό απαιτηθεί

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

Η διάταξη υποστήριξης του ανυποστήρικτου ανοίγματος του θόλου μεταξύ τέλους μηχανής και θέσεων τοποθέτησης μέτρων αρχικής υποστήριξης πρέπει να επιτρέπει την άμεση και γρήγορη εφαρμογή τους σύμφωνα με τη Μελέτη και να είναι συμβατή με τη διαμόρφωση και τις λειτουργικές απαιτήσεις της μηχανής, όπως αυτές έχουν επιβληθεί από την αναμενόμενη ποιότητα της βραχόμαζας. Πρέπει να είναι σχεδιασμένη, έτσι ώστε να μπορεί να εφαρμόζει τα μέτρα υποστήριξης στο θόλο, σε όλα τα στάδια εργασίας, τόσο κατά την προώθηση της μηχανής, όσο και όταν δεν γίνεται εκσκαφή.

Για τον περιορισμό της σκόνης στο μέτωπο, η μηχανή πρέπει να είναι εφοδιασμένη με σύστημα ψεκασμού νερού στο μέτωπο, κονιοσυλλέκτες και φίλτρα.

#### **4.5 Απαιτήσεις σχεδιασμού για μηχανές ολομέτωπης κοπής με περιφερειακή άμεση υποστήριξη**

Η μηχανή ολομέτωπης κοπής με ασπίδα ανοικτού τύπου πρέπει να είναι εφοδιασμένη με διάταξη εφαρμογής υποστήριξης του ανυποστήρικτου ανοίγματος του θόλου μεταξύ άκρου ασπίδας και μετώπου εκσκαφής. Αυτή η διάταξη πρέπει να είναι σχεδιασμένη έτσι ώστε να μπορεί να εφαρμόζει πίεση στον θόλο σε όλα τα στάδια εργασίας, τόσο κατά την προώθηση της μηχανής, όσο και όταν δεν γίνεται εκσκαφή.

Η κοπτική κεφαλή της μηχανής θα είναι ικανή να περιστρέφεται ωρολογιακά και ανθρωπολογιακά, 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 κοπήρες, οι κυκλικοί δίσκοι, τα δόντια και τα ελάσματα εκσκαφής πρέπει να 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 τσιμεντενέσεων για τη βελτίωση του γεωυλικού μπροστά από το μέτωπο εκσκαφής ή την τοποθέτηση ελαφρών δοκών προπορείας (spiles), ή διάνοιξη στραγγιστηρίων οπών, αν αυτό απαιτηθεί.

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

#### **4.6 Απαιτήσεις σχεδιασμού για μηχανές ολομέτωπης κοπής με άμεση υποστήριξη της περιφέρειας και του μετώπου εκσκαφής**

Για σήραγγες διαμέτρου μέχρι 12 m, ο τύπος και τα χαρακτηριστικά του γεωυλικού είναι ο καθοριστικός παράγοντας για την επιλογή και το σχεδιασμό της υποστήριξης του μετώπου. Για μεγαλύτερες διατομές απαιτείται 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 ότι στις μηχανές με αιώρημα και παρουσιάζεται ο κίνδυνος να ρολάρει η κεφαλή) και η οικονομική απόδοση.

Ιδιαίτερης σημασίας 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 πρέπει να είναι μικρότερο από τη διάμετρο  $D$  της σήραγγας, ενώ σε ευνοϊκές συνθήκες μπορεί να μειωθεί μέχρι  $0,8 D$ , αν και υπάρχουν εφαρμογές με EPBM κάτω από  $0,5 D$  και κατάλληλο έλεγχο της πίεσης στο μέτωπο.

Για μικρότερα πάχη υπερκειμένων οι πιέσεις υποστήριξης πρέπει να 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 πρέπει να εξασφαλίζεται η ασφάλεια του μετώπου και η ασφάλεια έναντι ανύψωσης του εδάφους.

Για τις EPB μηχανές, εφ' όσον αναμένονται σημαντικές υδροστατικές πιέσεις και παροχές, πρέπει να εξασφαλίζεται η στεγανότητα του κοχλιωτού μεταφορέα ή η αντιμετώπιση πιθανών εισροών σε αυτόν. Επίσης στις μηχανές αυτές πρέπει να ενσωματώνονται στην κοπτική κεφαλή ακροθυρίδες εισαγωγής των πρόσθετων. Η διαμόρφωση και διάταξη των ακροθυρίδων πρέπει να συμβάλλει στη γρηγορότερη και αμεσότερη εισαγωγή του πρόσθετου (κοντά στην επιφάνεια προσβολής) και στην ομοιόμορφη κατανομή του στο εκσκαπτόμενο υλικό. Κάθε ακροθυρίδα πρέπει να έχει τη δική της ξεχωριστή γραμμή τροφοδοσίας.

Η κοπτική κεφαλή της μηχανής ολομέτωπης κοπής με ασπίδα κλειστού τύπου πρέπει να είναι ικανή να περιστρέφεται και να εκσκάπτει, ωρολογιακά και ανθρωπολογιακά (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 πρέπει να μπορούν να αναλάβουν όλες τις απαιτούμενες πιέσεις προώθησης και μετώπου χωρίς να προκληθεί 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 πρέπει να εξοπλίζεται με συνδυασμούς των παραπάνω εργαλείων, αφού εξετασθεί η αλληλεπίδραση αυτών και η προκύπτουσα φθορά τους. Τα κοπτικά εργαλεία πρέπει να μπορούν να αλλάζουν από το πίσω μέρος της κοπτικής κεφαλής, με τρόπο που δεν επηρεάζει την πίεση υποστήριξης στο μέτωπο της εκσκαφής. Σε αντίθετη περίπτωση η όποια διαφοροποίηση αυτής της πίεσης δεν πρέπει να 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 πρέπει να επιτρέπει σε τεμάχια κατά μέγιστον 300 mm. να περνούν μέσα από την κοπτική κεφαλή και τον κοχλιωτό μεταφορέα χωρίς ειδική διαδικασία.

Η μηχανή πρέπει να 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 πρέπει να ελαχιστοποιεί την πιθανότητα εμφράξεων. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με:

- (1) Υψηλές παροχές και πιέσεις απόπλυσης (flushing).
- (2) Παρακαμπτήριους αγωγούς απόπλυσης.
- (3) Ευρεία κατανομή των ακροφυσίων απόπλυσης στο θάλαμο εκσκαφής.
- (4) Διαμόρφωση του κεντρικού τμήματος της κοπτικής κεφαλής με κατάλληλη διάταξη κοπτικών εργαλείων.
- (5) Ενσωμάτωση διάταξης θραύσης βραχωδών τεμαχίων.
- (6) Διατάξεις εισαγωγής πρόσθετων.
- (7) Ανάμιξη του αιωρήματος με κατάλληλη διάταξη.
- (8) Γεωμετρικό και υδραυλικό σχεδιασμό του θαλάμου εκσκαφής.

Η μηχανή πρέπει να είναι σχεδιασμένη και να λειτουργεί έτσι ώστε να επιτρέπει την εκτέλεση εργασιών όπως δειγματοληπτικών διατρήσεων προπορείας μέσω της κοπτικής κεφαλής για τη διερεύνηση των γεωλογικών - γεωτεχνικών συνθηκών μπροστά από το μέτωπο εκσκαφής και τιμμεντενέσεων για τη

βελτίωση του γεωυλικού μπροστά από το μέτωπο εκσκαφής αν αυτό απαιτηθεί, αλλά και περιφερειακά μέσω της ασπίδας για τη διερεύνηση των γεωλογικών - γεωτεχνικών συνθηκών περιμετρικά του μηχανήματος. Ο αριθμός και οι θέσεις των σημείων εφαρμογής τσιμεντενέσεων πρέπει να επαρκούν για την άμεση εκτέλεση εργασιών σταθεροποίησης στο μέτωπο και περιφερειακά για όλες τις γεωλογικές - γεωτεχνικές συνθήκες.

Η μηχανή πρέπει να είναι εφοδιασμένη με σύστημα εφαρμογής υποστήριξης του ανοίγματος του θόλου μεταξύ άκρου ασπίδας και μετώπου εκσκαφής και του ίδιου του μετώπου εκσκαφής. Αυτή η διάταξη πρέπει να είναι σχεδιασμένη, έτσι ώστε να μπορεί να εφαρμόζει με επαρκή ασφάλεια την απαιτούμενη πίεση στο θόλο και στο μέτωπο εκσκαφής, τόσο κατά την προώθηση της μηχανής, όσο όταν δεν γίνεται εκσκαφή. Το σύστημα ελέγχου πίεσης πρέπει να μπορεί να διατηρεί αυτόματα την απαιτούμενη πίεση στο μέτωπο κατά τη λειτουργία και τη στάση της μηχανής και να την προσαρμόζει με επάρκεια και ασφάλεια στις αλλαγές των συνθηκών στο μέτωπο.

Η μηχανή πρέπει να είναι εφοδιασμένη με ειδική «στεγανωτική διάταξη ουράς», για να αποκόπεται η εισροή υπογείου νερού ή τσιμεντενέματος εντός της ασπίδας ή της μηχανής. Η διάταξη αυτή πρέπει να μπορεί να αντικαθίσταται γρήγορα μέσα από τη σήραγγα. Στο τέλος της ασπίδας πρέπει να προβλεφθεί διάταξη για την αποκοπή της ροής του τσιμεντενέματος έξω από την ασπίδα προς την κοπτική κεφαλή. Οι στεγανωτικές διατάξεις πρέπει να παρέχουν επαρκή ασφάλεια έναντι των μέγιστων ασκούμενων πιέσεων και των λειτουργικών πιέσεων προώθησης και ενεμάτωσης. Πρέπει επίσης να προβλέπεται εφεδρική στεγανωτική διάταξη για την περίπτωση διαρροών από το κύριο σύστημα στεγάνωσης.

Η μηχανή πρέπει να επιτρέπει τη συνεχή πλήρωση με τσιμεντένεμα του κενού μεταξύ του εξωραχίου του δακτυλίου επένδυσης (από προκατασκευασμένα στοιχεία από σκυρόδεμα) και του γεωυλικού μέσα από την ασπίδα. Το δίκτυο ενεμάτωσης του τσιμεντενέματος πρέπει να μπορεί να καθαριστεί ή να αντικατασταθεί στην περίπτωση μπλοκαρίσματος.

Η μηχανή πρέπει να διαθέτει διάταξη οπτικής και ηχητικής προειδοποίησης και αυτόματης κατάσβεσης πυρκαϊάς, σε καλή κατάσταση λειτουργίας για όλη τη διάρκεια των εργασιών διάνοιξης της σήραγγας.

Όλες οι μηχανές κλειστού τύπου πρέπει επίσης να διαθέτουν αεροφυλάκιο (air-lock) δύο θαλάμων, για την πρόσβαση των εργαζομένων στην κοπτική κεφαλή και στο μέτωπο εκσκαφής της σήραγγας

#### **4.7 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.:

- (1) με ανατρεπόμενα οχήματα,
- (2) με τραίνο ή ελαστικοφόρα οχήματα (τύπου MSV)
- (3) με σύστημα υδραυλικής μεταφοράς,
- (4) με απ' ευθείας άντληση,
- (5) με μεταφορικές ταινίες.

Στις μηχανές αιωρημάτων και EPB είναι δυνατόν να παρουσιαστούν προβλήματα οφειλόμενα στις ιδιότητες των προϊόντων εκσκαφής να επικολλώνται (stickiness) στο μεταφορικό μέσο ή να δημιουργούν συσσωματώματα. Για τον λόγο αυτό πρέπει να υπάρχει δυνατότητα ρύθμισης των θυρίδων αποκομιδής των προϊόντων εκσκαφής.

Στις μηχανές αιωρημάτων τα προϊόντα εκσκαφής αναμιγνύονται με το αιώρημα σε κατάλληλη ογκομετρική αναλογία και το μίγμα μεταφέρεται, με αντλίες και σωληνώσεις, στη διάταξη διαχωρισμού, όπου διαχωρίζονται και απορρίπτονται ενώ το αιώρημα ανακυκλώνεται για επαναχρησιμοποίηση. Η τροφοδοσία της μηχανής με αιώρημα πρέπει να σχεδιάζεται και για τις περιπτώσεις έκτακτης κατάστασης που απαιτείται η αναπλήρωση απώλειας αιώρηματος.



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 πρέπει να καλύπτει την αιχμή ωριαίας παραγωγής, την αιχμή της βάρδιας και την αιχμή της ημερήσιας παραγωγής που προκύπτει από το χρονοδιάγραμμα του έργου.

#### 4.8 Λοιπές απαιτήσεις μηχανών διάνοιξης σήραγγας

Ανεξαρτήτως της πληρότητας των διατιθέμενων μελετών, ο Ανάδοχος πρέπει να υποβάλλει Μελέτη με λεπτομερή περιγραφή των διαδικασιών, των υλικών διάνοιξης άμεσης υποστήριξης ή/και μόνιμης επένδυσης της σήραγγας που να συνάδουν με τα τεχνολογικά χαρακτηριστικά των χρησιμοποιούμενων μέσων.

Η ασπίδα της μηχανής διάνοιξης της σήραγγας πρέπει να είναι κυκλική (χωρίς να αποκλείεται κάποιο άλλο σχήμα αν κάτι τέτοιο προβλέπεται στη Μελέτη), επαρκώς ανθεκτική για να αποφευχθούν παραμορφώσεις της κατά τη διάνοιξη της σήραγγας και κατάλληλη για τις εργασίες τοποθέτησης του δακτυλίου επένδυσης από προκατασκευασμένα στοιχεία από σκυρόδεμα και την εφαρμογή των απαιτούμενων μέτρων άμεσης υποστήριξης.

Η μηχανή διάνοιξης της σήραγγας πρέπει να αποτελείται από τμήματα κατάλληλου μεγέθους για τη μεταφορά - εισκόμιση στη θέση του έργου, τη συναρμολόγηση - εγκατάσταση, την τελική αποσυναρμολόγηση και την οριστική αποκόμισή της από το έργο. Πρέπει να διαθέτει σύστημα προώθησης ικανοποιητικής επάρκειας για να μπορεί να διέλθει απρόσκοπτα μέσα από όλα τα γεωυλικά που θα συναντηθούν, στις γραμμές και στις κλίσεις που δείχνονται στα σχέδια.

Οι υδραυλικοί κύλινδροι πρέπει να είναι ταυτόχρονης ή επί μέρους ενεργοποίησης, ελεγχόμενης πίεσης και μεταβλητού μήκους προχώρησης, να είναι δε εφοδιασμένοι με κατάλληλες πλάκες στήριξης έτσι ώστε η τάση από τα έμβολα να κατανέμεται με ασφάλεια στους δακτυλούς της επένδυσης ή στην επιφάνεια της βραχώδους εκσκαφής.

Η μηχανή πρέπει να είναι εφοδιασμένη με σύστημα εγκατάστασης προκατασκευασμένων στοιχείων (εφ' όσον αυτά προβλέπονται από τη Μελέτη), ικανό να τα τοποθετεί με ασφάλεια στην ακριβή τελική τους θέση. Τα τοποθετημένα στοιχεία δεν πρέπει να επηρεάζονται κατά την προώθηση της μηχανής από άλλα στοιχεία της πέραν των ειδικών διατάξεων προώθησης (έμβολα).

Η μηχανή πρέπει να συνοδεύεται από διάταξη πλήρους υποστήριξης (back up), για την αποκομιδή των προϊόντων εκσκαφής από το μέτωπο εκσκαφής μέχρι τον χώρο απόθεσης με τις παρακάτω λειτουργίες:

- (1) Τον διαχωρισμό των γραμμικών ροών μεταφοράς του εκσκαπτόμενου υλικού.
- (2) Τον διαχωρισμό των περιοχών εργασίας από τη διαδικασία μεταφοράς.
- (3) Τον διαχωρισμό των συστημάτων υποστήριξης της μηχανής από τις περιοχές εργασίας και τη διαδικασία μεταφοράς.

Η διάταξη υποστήριξης επιπρόσθετα λειτουργεί ως:

- i. 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.
- ii. Γεφύρωση του χώρου εργασίας με τον περαιωμένο ανάστροφο πυθμένα.

Το σύστημα διεύθυνσης πρέπει να 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:

- α) Να εξασφαλίζεται η μεταφορά όδευσης μέσα στη σήραγγα και να κλείνει όσο το δυνατόν σε κοντινές αποστάσεις.
- β) Να εξασφαλίζεται η εκτέλεση κανονικών και ακριβείας τοπογραφικών ελέγχων της θέσης της μηχανής και της επένδυσης.

γ) Να καθορίζεται πόσο γρήγορα (ταχύτητα, χρόνος, απόσταση) η μηχανή μπορεί να αντιδράσει σε τροποποίηση της διαδρομής της.

Το σύστημα ελέγχου διεύθυνσης στις μηχανές ολομέτωπης κοπής πρέπει να είναι πλήρως αυτόματο ή ημιαυτόματο. Ο συνολικός σχεδιασμός της μηχανής και της υποστηρικτικής διάταξης πρέπει να εξασφαλίζει την απρόσκοπτη διαδρομής ακτίνα laser.

Κατά τη διάρκεια της διάνοιξης πρέπει να καταγράφονται και να ελέγχονται:

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

Ανάλογα με τον επιλεγόμενο τύπο της μηχανής πρέπει να ελέγχονται τα παρακάτω στοιχεία:

- (1) Η πίεση θαλάμου της κοπτικής κεφαλής.
- (2) Η πίεση, η παροχή και η πυκνότητα του μπεντονιτικού αιωρήματος.
- (3) Το επίπεδο του αιωρήματος.
- (4) Η πληρότητα του θαλάμου της κοπτικής κεφαλής και η πυκνότητα του υλικού στις μηχανές EPB.
- (5) Η ταχύτητα του κοχλιωτού μεταφορέα αποκομιδής.
- (6) Η πίεση στον κοχλιωτό μεταφορέα αποκομιδής.
- (7) Η πίεση του πεπιεσμένου αέρα στον θαλαμίσκο.
- (8) Ο όγκος του αποκομισθέντος εδάφους και αντίστοιχης προχώρησης.

Η μηχανή και το σύστημα εγκατάστασης της μόνιμης επένδυσης πρέπει 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.

#### 4.9 Επιλογή της μηχανής διάνοιξης σήραγγας

Η επιλογή της κατηγορίας και του τύπου της μηχανής διάνοιξης σήραγγας πρέπει να γίνεται με αξιολόγηση:

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

Η λήψη απόφασης επιλογής πρέπει να υποστηρίζεται και να συνοδεύεται από κατάλληλη ανάλυση επικινδυνότητας. Ο υποψήφιος Ανάδοχος πρέπει να παρουσιάσει τεκμηριωμένα αποδεικτικά της εμπειρίας που διαθέτει για τη χρήση της συγκεκριμένης μεθόδου που προτίθεται να χρησιμοποιήσει.

Ο Ανάδοχος πρέπει να υποβάλλει στην Αρμόδια Αρχή πλήρη περιγραφή των μέσων που προτίθεται να χρησιμοποιήσει, εναλλακτικούς τρόπους αντιμετώπισης διαφορετικών συνθηκών. Πρέπει επίσης να δηλώσει τον υπεύθυνο μηχανικό και τους χειριστές της μηχανής με αποδεικτικά της εμπειρίας τους.

Η επιλογή της κατηγορίας και του τύπου της μηχανής διάνοιξης που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί γίνεται με αποκλειστική ευθύνη του Αναδόχου, εκτός αν διαφορετικά ορίζεται στα Συμβατικά Τεύχη.

Ο Ανάδοχος οφείλει να υποβάλλει πλήρη τροποποιημένη (ως προς την τυχόν υπάρχουσα) οριστική μελέτη εκσκαφής, άμεσης υποστήριξης και μόνιμης επένδυσης καθώς και αναλυτική μεθοδολογία κατασκευής της σήραγγας πλήρως συμβατή με την επιλεγείσα μηχανή με βάση τις ειδικές απαιτήσεις του έργου και της Μελέτης.

Ο Ανάδοχος μπορεί να εκτελέσει (εάν το κρίνει απαραίτητο) πρόσθετες γεωερευνητικές εργασίες κατά μήκος της χάραξης της σήραγγας, για να επιβεβαιώσει την καταλληλότητα της μεθόδου και του μηχανήματος εκσκαφής της σήραγγας που προτείνει.

#### 4.10 Παρέκκλιση για καινοτομικές 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 αυτής μετά από τεκμηριωμένη αιτιολόγηση και έγκριση από την Αρμόδια Αρχή.

#### 4.11 Απαιτήσεις για τα χρησιμοποιούμενα υλικά

##### 4.11.1 Γενικά

Τα υλικά που είναι πιθανόν να χρησιμοποιηθούν κατά τη διάνοιξη σηράγγων με μηχανικά μέσα σε μαλακά εδάφη, σχετίζονται με τον τύπο των μηχανών: με υποστήριξη του μετώπου με αιώρημα (slurry) και με εδαφική εξισορροπιστική πίεση (EPBM). Οι κύριες κατηγορίες αυτών των υλικών και προϊόντων είναι:

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

Γενικώς όλα αυτά τα υλικά πρέπει να είναι μη εύφλεκτα και μη διαδίδοντα τη φωτιά.

##### 4.11.2 Ρυθμιστές εδάφους

Οι μηχανές των παραπάνω τεχνικών έχουν τη 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 τη 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

λειαίνει 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 επιτελεσματικότητας 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 πρέπει να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις του Προτύπου ΕΛΟΤ EN ISO 13500, ενώ η περιεκτικότητά του στο αιώρημα συνήθως είναι 3 - 5 % κατά βάρος.

Τα απαιτούμενα χαρακτηριστικά του αιωρήματος εξαρτώνται από τις ιδιότητες της μηχανής και τις γεωλογικές και γεωτεχνικές συνθήκες και παραμέτρους και πρέπει να εξειδικεύονται κάθε φορά από τον Ανάδοχο για να επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα υποστήριξης.

Για τον εργαστηριακό έλεγχο του αιωρήματος πρέπει να προβλεφθούν τουλάχιστον οι δοκιμές βασικών παραμέτρων, που αναφέρονται στον Πίνακα 2:

**Πίνακας 2 - Βασικές παράμετροι αιωρήματος και σχετικές δοκιμές**

Ιδιότητα	Μονάδες	Μέθοδος Δοκιμής	Τύπος Δοκιμής
Πυκνότητα - ρ	kg/m <sup>3</sup>	Δοκ. Σωλήνας + Ζυγός	Εργαστήριο ή επί τόπου
Περιεκτικότητα στερεών	%	Φούρνος ξήρανσης	Εργαστήριο
PH	-	Πεχαμετρικός χάρτης	Επί τόπου
Marsh fluidity - t <sub>m</sub>	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 <sup>3</sup>	EN ISO 13500	Εργαστήριο ή επί τόπου

## **B. Υλικά για μηχανές με εδαφική εξισοροπιστική πίεση (EPB)**

Στις μηχανές με εδαφική εξισοροπιστική πίεση (EPB) η υποστήριξη του μετώπου εκσκαφής είναι μία βασική απαίτηση, η οποία καλύπτεται με το ίδιο το εκσκαπτόμενο γεωυλικό που γεμίζει το θάλαμο της κοπτικής κεφαλής. Η απαιτούμενη υποστήριξη του μετώπου επιτυγχάνεται:

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

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

Η τεχνική με εδαφική εξισοροπιστική 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 κυρίως με την προσθήκη αφρού ή/και άλλων προσθέτων που υποβοηθούν την άσκηση και διατήρηση της υποστηρικτικής πίεσης, τη ρευστότητα του εκσκαπόμενου γεωυλικού, τη δημιουργία ομογενούς εδαφικής μάζας, τη μείωση της διαπερατότητας, τη μείωση της ροπής στρέψης της κοπτικής κεφαλής και τη μείωση της λείανσης και φθοράς των κοπτικών άκρων.

Η επιλογή του τύπου του αφρού εξαρτάται κυρίως 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 τη μείωση της διαπερατότητας και νερό σε ορισμένες περιπτώσεις.

Τα χαρακτηριστικά και οι μέθοδοι δοκιμής των αφριστικών παραγόντων αναλύονται στο Παράρτημα Β της παρούσας Τεχνικής Προδιαγραφής.

#### 4.12 Στεγανωτικές διατάξεις ουριαίου τμήματος

Το στεγανωτικό μίγμα και η στεγανωτική διάταξη του ουριαίου τμήματος της μηχανής στοχεύουν να το σφραγίσουν έναντι εισροών νερού, ενεμάτων και αιωρήματος (αν χρησιμοποιείται). Προς τούτο απαιτούνται:

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

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

## 5 Μεθοδολογία εκτέλεσης εργασιών

### 5.1 Λειτουργία μηχανής διάνοιξης σήραγγας

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

Προτού εισκομισθεί η μηχανή στην περιοχή του έργου, πρέπει να συναρμολογηθεί πλήρως στις εγκαταστάσεις του Αναδόχου ή του Κατασκευαστή (Εργοστασιακές Δοκιμές Αποδοχής – Factory Acceptance Test) με όλα τα υδραυλικά συστήματα πλήρως ενσωματωμένα για επιθεώρηση ετοιμότητας για εργασία. Προκατασκευασμένα στοιχεία από σκυρόδεμα για το δακτύλιο υποστήριξης πρέπει να βρίσκονται σε ετοιμότητα για επίδειξη της εγκατάστασής τους.

Ο Ανάδοχος πρέπει να παράσχει στην Αρμόδια Αρχή όλες τις απαραίτητες πληροφορίες για την παρακολούθηση του ελέγχου λειτουργίας της μηχανής, για να διασφαλισθεί ότι η σχεδίαση και η κατασκευή της έγινε σύμφωνα με τις απαιτούμενες προδιαγραφές.

Η μηχανή όταν προσκομιστεί στο έργο πρέπει να συναρμολογηθεί στον προβλεφθέντα χώρο εγκατάστασης, στην απαιτούμενη θέση και υψόμετρο, με μέγιστη ανοχή 6 mm στην εξωτερική διάμετρο εκσκαφής και 20 mm στην εσωτερική περιφέρεια ή όπως αλλιώς καθορισθεί στη Μελέτη. Μετά την πλήρη συναρμολόγηση του μηχανήματος και των υποστηρικτικών εργοταξιακών εγκαταστάσεων (επιφανειακών και υπογείων), θα πρέπει διενεργηθούν οι Εργοταξιακές Δοκιμές Αποδοχής (Site Acceptance Test), με έλεγχο όλων των απαιτούμενων λειτουργιών.

Ο Ανάδοχος πρέπει να λειτουργεί και να συντηρεί τη μηχανή σύμφωνα με τις οδηγίες του Κατασκευαστή της. Η διαθεσιμότητα (availability) της μηχανής πρέπει να συνάδει με τις απαιτήσεις του Έργου.

Ο Ανάδοχος πρέπει να διαθέτει στο εργοτάξιο πλήρεις οδηγίες συντήρησης της μηχανής, συντεταγμένες και υπογεγραμμένες από τον Κατασκευαστή και να παραδώσει αντίγραφο αυτών στην Αρμόδια Αρχή.

Στις οδηγίες αυτές πρέπει να καθορίζεται η φύση των επισκευών και τα συνιστώμενα χρονικά ή λειτουργικά διαστήματα εκτέλεσής τους. Ειδικότερα, τα κοπτικά εργαλεία πρέπει να επιθεωρούνται και αντικαθίστανται προτού η φθορά επηρεάσει τους αντιτριβικούς δακτυλίους (κουζινέτα, bushes).

Στις μηχανές που η επιθεώρηση και ο έλεγχος είναι δύσκολος ή/και χρονοβόρος, πρέπει να 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 πρέπει να επιβλέπονται από εντεταλμένο Μηχανικό και να καταχωρούνται σε ειδικά λεπτομερή έντυπα.

Ο Ανάδοχος πρέπει να διαθέτει επί τόπου του έργου βασικά ανταλλακτικά και υλικά συντήρησης της μηχανής όπως ενδεικτικά:

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

Οι χειριστές και οι μηχανικοί συντήρησης της μηχανής του Αναδόχου πρέπει να εκπαιδευτούν από τον Κατασκευαστή πριν από την έναρξη των εργασιών. Τεχνικός αντιπρόσωπος του Κατασκευαστή της μηχανής με τις απαραίτητες γνώσεις σχετικά με την εγκατάσταση - συναρμολόγηση, τη λειτουργία, τη συντήρηση και την επιδιόρθωση σε περίπτωση βλάβης της μηχανής πρέπει να 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 πρέπει να αποσυναρμολογηθεί και να μετακινηθεί έξω από τη σήραγγα. Αν απαιτηθεί να μετακινηθεί η μηχανή για τη διάνοιξη άλλης σήραγγας στο Έργο, πρέπει να καθαρισθεί, να επισκευασθεί και να δοκιμασθεί προτού αρχίσουν οι επόμενες εργασίες διάνοιξης.

Στις περιπτώσεις των μηχανών χωρίς υποστήριξη στο μέτωπο εκσκαφής, όταν για κάποιο λόγο δεν γίνεται εκσκαφή, η επιφάνεια πρέπει να διασφαλίζεται με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα ή με οποιοδήποτε άλλο μέσο εγκριθεί από την Αρμόδια Αρχή, για την αποφυγή μετακινήσεων ή απώλειας εδάφους στην ευρύτερη περιοχή της σήραγγας.

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

Οι εργασίες υπόγειας εκσκαφής σήραγγας πρέπει να γίνονται για μήκος ενός δακτυλίου επένδυσης με προκατασκευασμένα στοιχεία από σκυρόδεμα τη 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 πρέπει να συνεχίζεται χωρίς διακοπή μέχρι την εκτέλεση τσιμεντένεσης επαφής του δακτυλίου.

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

## 5.2 Χρήση πεπιεσμένου αέρα κατά τη διάνοιξη της σήραγγας

Όπου πρόκειται να χρησιμοποιηθεί πεπιεσμένος αέρας, πρέπει να γίνουν τα ακόλουθα:

- α) Ο Ανάδοχος να προσκομίσει, να εγκαταστήσει και να 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 κ.λπ.
- β) Η βασική εγκατάσταση χαμηλής πίεσης πρέπει να είναι ικανή να παρέχει αέρα στον θάλαμο εργασίας στη μέγιστη απαιτούμενη πίεση. Η εγκατάσταση πρέπει να περιλαμβάνει τουλάχιστον τρεις μονάδες της ίδιας περίπου δυναμικότητας και εφεδρική μονάδα για την τροφοδοσία των θαλάμων μετάβασης.
- γ) Ο Ανάδοχος πρέπει να υπολογίσει την απαιτούμενη δυναμικότητα της εγκατάστασης για να αντιμετωπισθούν οι επί τόπου συνθήκες και η περατότητα σε αέρα της επένδυσης.

- δ) Οι αεροσυμπιεστές πρέπει να είναι ηλεκτρικοί και να έχουν πετρελαιοκινητήρες σε εφεδρεία που 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
- στ) Οι διατάξεις ελέγχου των αεροσυμπιεστών πρέπει να ανταποκρίνονται στις συνθήκες μετώπου και σε κάθε περίπτωση να διατηρούν την πίεση στα  $\pm 7$  kPa της επιθυμητής.
- ζ) Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στη μελέτη και την κατασκευή του κτιρίου των συμπιεστών για να διατηρηθεί ο θόρυβος στο χαμηλότερο δυνατό επίπεδο. Επαρκής ηχομόνωση πρέπει να προβλεφθεί στην οροφή και στους τοίχους.
- η) Ο Ανάδοχος πρέπει να υποβάλλει για έγκριση στην Αρμόδια Αρχή την πλήρη και λεπτομερειακή του πρόταση για την εγκατάσταση του συστήματος πεπιεσμένου αέρα πριν από την έναρξη λειτουργίας του.

Στο χώρο της σήραγγας που διανοίγεται με χρήση πεπιεσμένου αέρα πρέπει να υπάρχει παρουσία ιατρού σε όλες τις ώρες εργασίας.

Ο Ανάδοχος πρέπει να υποβάλλει προς έγκριση στην Αρμόδια Αρχή πλήρεις λεπτομέρειες των προτάσεών του για την προμήθεια κεφαλών μετάβασης και θαλάμων μετάβασης για εργαζομένους και υλικά και να προσκομίσει, να εγκαταστήσει και να 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, πρέπει να κατασκευασθεί και η τελική επένδυση από σκυρόδεμα πριν από την εφαρμογή πεπιεσμένου αέρα. Μήκος 10 m. σήραγγας στην πλευρά ατμοσφαιρικής πίεσης από την κεφαλή μετάβασης πρέπει επίσης να προστατεύεται από απώλεια πεπιεσμένου αέρα.

Μεταξύ του τμήματος όπου γίνονται οι εργασίες υπό πεπιεσμένο αέρα και αυτού όπου δεν γίνονται πρέπει να εγκατασταθεί και να συντηρείται δίκτυο τηλεφωνικής επικοινωνίας, και οι υπεύθυνοι των θαλάμων μετάβασης να βρίσκονται σε τηλεφωνική επικοινωνία με το προσωπικό του ελέγχου της πίεσης στις εγκαταστάσεις πεπιεσμένου αέρα.

Οι θύρες του θαλάμου μετάβασης πρέπει να είναι κατασκευασμένες από χάλυβα (δεν επιτρέπεται η χρήση χυτοσιδήρου στις θύρες αυτές).

Οι θάλαμοι μετάβασης πρέπει να κατασκευασθούν σε περιοχές εγκεκριμένες από την Αρμόδια Αρχή και να είναι άμεσα έτοιμοι, έτσι ώστε να μπορούν να τεθούν σε λειτουργία χωρίς καθυστερήσεις όταν απαιτηθεί η χρήση πεπιεσμένου αέρα.

Η πίεση αέρα στο κάθε μέτωπο εργασίας πρέπει να καταγράφεται συνεχώς σε εικοσιτετράωρη βάση και αντίγραφο των στοιχείων αυτών θα υποβάλλεται στην Αρμόδια Αρχή κάθε ημέρα.

Ο Ανάδοχος πρέπει να υποβάλλει στην Αρμόδια Αρχή σε εβδομαδιαία βάση ενημερωμένα στοιχεία με τον αριθμό των αποσυμπιέσεων και επανασυμπιέσεων και τον αριθμό των περιστατικών υγείας σχετικά με τις αποσυμπιέσεις.

Για τις περιπτώσεις ανάγκης εισόδου του προσωπικού για συντήρηση της κοπτικής κεφαλής σε συνθήκες σε αέρα υπό πίεση (υπερβαρικό περιβάλλον), προτείνεται να ακολουθούνται ευρωπαϊκές και διεθνείς οδηγίες υγείας & ασφάλειας για εργασίες σε περιβάλλον υπό πίεση [21].

### 5.3 Τηρούμενα στοιχεία εκσκαφής σήραγγας

Ο Ανάδοχος πρέπει να τηρεί ακριβή στοιχεία για όλες τις υπόγειες εκσκαφές. Τα στοιχεία πρέπει να 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 πρέπει να παραδίδει στην Αρμόδια Αρχή τα στοιχεία εκσκαφής που καταγράφηκαν στη βάρδια αυτή, καταχωρημένα σε εγκεκριμένα έντυπα υπογεγραμμένα από εκπρόσωπο του Αναδόχου και της Αρμόδιας Αρχής

Ενδεικτικά και όχι περιοριστικά τα έντυπα πρέπει να περιλαμβάνουν τα ακόλουθα στοιχεία της εκσκαφής και της λειτουργίας της μηχανής:

- (1) Τη χιλιομετρική θέση του μετώπου κατά την έναρξη και το τέλος κάθε κύκλου προχώρησης.
- (2) Τα τοπογραφικά στοιχεία της προχώρησης όπως άξονα, αζιμούθιο κ.λπ. και τη διάμετρο εκσκαφής (στην περίπτωση που η μηχανή είναι εφοδιασμένη με εξοπλισμό δημιουργίας υπερεκσκαφής).
- (3) Την κατηγορία της βραχομάζας και τον τύπο της άμεσης υποστήριξης.
- (4) Το χρόνο λειτουργίας της μηχανής (τόσο διάτρησης όσο και μη διάτρησης) με τον τελικό αριθμό των τοποθετημένων προκατασκευασμένων στοιχείων άμεσης ή/και τελικής επένδυσης.
- (5) Λεπτομέρειες βλαβών και εκτελεσθεισών συντηρήσεων της μηχανής.
- (6) Κατάλογο αλλαγών δίσκων και κοπτήρων της κοπτικής κεφαλής της μηχανής.
- (7) 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 εκτοξευόμενου σκυροδέματος, των ενσωματωμένων χαλύβδινων ινών, των προκατασκευασμένων στοιχείων της επένδυσης (μετά των στοιχείων δαπέδου) κ.λπ. που χρησιμοποιήθηκαν.
- (8) Τον αριθμό και τις ειδικότητες των εργαζομένων και τον αριθμό και τις κατηγορίες εξοπλισμού που χρησιμοποιήθηκε.
- (9) Ασυνήθη περιστατικά που θα περιλαμβάνουν, ενδεικτικά αλλά όχι περιοριστικά, καταπτώσεις τεμαχίων βράχου, εισροές υπόγειου νερού ή αερίων κ.λπ.

#### 5.4 Κυκλοφορία οχημάτων υποστήριξης στις κατασκευαζόμενες σήραγγες

Θα παρέχεται κατάλληλο σύστημα μεταφοράς, εντός της σήραγγας, για τη διακίνηση υλικών τροφοδοσίας του μηχανήματος (π.χ. προκατασκευασμένων στοιχείων, ανταλλακτικών, σωληνώσεων κλπ) και ατόμων, έχοντας λάβει υπόψη το μήκος και την κλίση των σηράγγων.

##### 5.4.1 Σιδηροδρομικοί συρμοί

Τις μηχανές έλξης πρέπει να χειρίζεται προσωπικό κατάλληλα εκπαιδευμένο και βεβαιωμένης εμπειρίας. Οι τροχίες, οι διασταυρώσεις, κ.λπ. πρέπει να είναι ανθεκτικές για να παραλαμβάνουν με ασφάλεια τα προβλεπόμενα φορτία και να έχουν τις απαιτούμενες διαστάσεις για την κίνηση των προβλεπόμενων βαγονέτων.

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

Οι μηχανές έλξης πρέπει να είναι εφοδιασμένες με αποτελεσματικά φρένα. Εάν τα φρένα της μηχανής έλξης δεν είναι αποτελεσματικά, τότε πρέπει να τοποθετούνται φρένα και στα βαγονέτα. Η ταχύτητα κίνησης πρέπει να 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 πρέπει να έχει προστατευτικό κάλυμμα, χωρίς όμως να εμποδίζεται η ορατότητά του.

Τα τρένα πρέπει να είναι εφοδιασμένα με οπτικά και ηχητικά σήματα μεγαλύτερης έντασης αυτής των εργασιών. Ο Ανάδοχος πρέπει να εγκαθιστά φωτισμό σε όλα τα σημεία των τροχιών και στα στόμια των σηράγγων.



#### 5.4.2 Ελαστιχοφόρα οχήματα (Multi Service Vehicles, MSV)

Στην περίπτωση χρήσης ελαστιχοφόρων οχημάτων δεν απαιτείται η διαδικασία τοποθέτησης ραγών, αλλαγών/διασταυρώσεων τύπου California και τοποθέτησης / κατασκευής προσωρινού ανάστροφου πυθμένα, δεδομένου ότι τα οχήματα αυτά κινούνται απ' ευθείας επί της επένδυσης των προκατασκευασμένων στοιχείων της σήραγγας και επί της πλάκας πυθμένα των σταθμών. Στην περίπτωση αυτή θα πρέπει, όπου απαιτηθεί, να τοποθετηθούν ράμπες (π.χ. κινητές μεταλλικές ράμπες, ή από άοπλο σκυρόδεμα) σε κατάλληλες θέσεις κατά μήκος της σήραγγας για την ταυτόχρονη διέλευση δυο οχημάτων εντός της σήραγγας.

Οι σιδηροδρομικοί συρμοί (αμαξοστοιχίες) ή τα ελαστιχοφόρα οχήματα πρέπει να είναι εφοδιασμένα κατ' ελάχιστο με φορητούς πυροσβεστήρες, φωτισμό θαλάμου, ενδοεπικοινωνία (θάλαμος μεταφοράς προσωπικού – χειριστής οχήματος / βαγονιού και κέντρο ελέγχου του TBM), φανούς πορείας παλλόμενου φωτός, ηχητικό σήμα και κάμερες παρακολούθησης της οπισθοπορείας. Οι εγκαταστάσεις θα πρέπει να υπόκεινται στις απαιτήσεις των ισχυόντων κανονισμών και προτύπων.

#### 5.5 Καύσεις, ηλεκτροσυγκολλήσεις, ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις και εξοπλισμός

Τυχόν καύσεις και ηλεκτροσυγκολλήσεις πρέπει να γίνονται εκτός υπογείου όπου αυτό είναι εφικτό. Τέτοιες εργασίες εντός του υπογείου μπορούν να γίνονται μόνον μετά από σχετική έγκριση της Αρμόδιας Αρχής.

Οι ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις και εξοπλισμός πρέπει να πληρούν τις σχετικές ισχύουσες διατάξεις, ο δε Ανάδοχος οφείλει να υποβάλει προς έγκριση στην Αρμόδια Αρχή τον λεπτομερή σχεδιασμό αυτών.

#### 5.6 Αντλήσεις

Για τον έλεγχο των νερών και της λάσπης κατά τη φάση της κατασκευής ο Ανάδοχος πρέπει να εγκαθιστά, λειτουργεί και συντηρεί τον απαιτούμενο αντλητικό εξοπλισμό αποστράγγισης/αποχέτευσης για τη σωστή εκτέλεση και ολοκλήρωση των εργασιών.

Η ικανότητα άντλησης των εγκατεστημένων συγκροτημάτων πρέπει να είναι κατά τουλάχιστον 50% μεγαλύτερη της απαιτούμενης για την άντληση του εκτιμώμενου όγκου υδάτων.

### 6 Κριτήρια αποδοχής περαιωμένης εργασίας

- (1) Έλεγχος συμμόρφωσης και αποδοχής χρησιμοποιούμενων υλικών.
- (2) Έλεγχος των καθιζήσεων που επήλθαν (ικανοποίηση απαιτήσεων της Μελέτης), εάν περιλαμβάνεται τέτοιο θέμα στις απαιτήσεις επιτελεστικότητας.
- (3) Έλεγχος υπερεκκαφών και διερεύνηση του βαθμού πλήρωσής τους με ένεμα συμβατό με τον τύπο της κατασκευής.

Εκτός από τις ανοχές που ενσωματώνονται στη διατομή της σήραγγας με βάση τη Μελέτη, πρέπει να εξετάζονται και οι τυχόν αποκλίσεις του άξονα της πραγματικής εκσκαφής της σήραγγας από τον θεωρητικό άξονα, οριζοντιογραφικά και υψομετρικά. Αν στη Μελέτη δεν ορίζεται διαφορετικά, ως μέγιστες αποδεκτές αποκλίσεις ορίζονται οι ακόλουθες:

	Οδικές	Σιδηροδρομικές	Υδραυλικές
<b>Για σήραγγες μήκους <math>L \leq 500</math> m</b>			
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
<b>Για σήραγγες μήκους <math>L \geq 1.000</math> m</b>			
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

Σημείωση: Για ενδιάμεσα μήκη να γίνεται γραμμική παρεμβολή.

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

Για σήραγγες:	Οδικές	Σιδηροδρομικές	Υδραυλικές
Μέγιστη απόκλιση ως ποσοστό της ακτίνας =	1,0%	0,5%	1,0%

Στις μηχανές ολομέτωπης κοπής με ασπίδα πρέπει να εξασφαλίζεται η ακριβής τοποθέτηση των προκατασκευασμένων στοιχείων επένδυσης ως προς τον άξονα της Μελέτης (κεντράρισμα της επένδυσης). Οι μέγιστες αποδεκτές αποκλίσεις πρέπει να εμπεριέχονται σε κύκλο διαμέτρου κατά 20 cm μεγαλύτερης από τη θεωρητική διάμετρο της σήραγγας ή όπως αλλιώς προδιαγράφεται στα Συμβατικά Τεύχη. Η περιβάλλουσα αυτή εμπεριέχει και τις πιθανές παραμορφώσεις της επένδυσης.

Για σήραγγες Μετρό με μηχανές ολομέτωπης κοπής με ασπίδα και επένδυση από προκατασκευασμένα στοιχεία η μέγιστη επιτρεπτή απόκλιση συνιστώσας κατακόρυφης και οριζόντιας απόκλισης του κέντρου (θέση) ανέρχεται σε 75-80 mm και η εσωτερική περίμετρος κάθε δακτυλίου δεν θα απέχει από αυτήν του τέλειου κύκλου (σχήμα) περισσότερο από 25mm.

## 7 Τρόπος επιμέτρησης εργασιών

### 7.1 Επιμέτρηση εκσκαφής σήραγγας με μηχανήμα χωρίς ασπίδες

A. Η επιμέτρηση της εκσκαφής σήραγγας με μηχανήμα χωρίς ασπίδες (shields), με έναν ή περισσότερους βραχίονες με εκσκαπτικά εργαλεία γίνεται σε κυβικά μέτρα της συμβατικής κατηγορίας που προβλέπεται στη Μελέτη. Ως αρχή και τέλος της επιμέτρησης της σήραγγας θεωρείται το σημείο τομής του άξονα στο μέσο ύψος της διατομής με το επίπεδο της επιφάνειας του στομίου.

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

- 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.)
- Συναρτήσει του μεγέθους της διατομής εκσκαφής της σήραγγας. Προβλέπεται διάκριση της επιμέτρησης σε σήραγγες με εμβαδόν διατομής μικρότερο των 15 m<sup>2</sup>, σε σήραγγες με εμβαδόν μεταξύ 15 και 40 m<sup>2</sup> και σε σήραγγες με εμβαδόν μεγαλύτερο των 40 m<sup>2</sup>.

Το όριο των επιμετρούμενων εκσκαφών πρέπει να καθορίζεται στα Συμβατικά Τεύχη με επιλογή ενός από τους δύο ακόλουθους τρόπους, που επιλέγεται από την Αρμόδια Αρχή:

- (1) Στη Γραμμή «Α».
- (2) Στη «Γραμμή Επιμέτρησης Γ», η οποία θα απέχει απόσταση ίση με  $d_0/2$  από τη Γραμμή «Α» προς τη Γραμμή «Β» (δηλαδή βρίσκεται στη μέση απόσταση των Γραμμών «Α» και «Β» όπως αυτές ορίζονται στην παρ. 4.2 της παρούσας).

Τονίζεται ότι οι τυχόν επί πλέον των ανωτέρω ορίων ποσότητες εκσκαφών της σήραγγας δεν επιμετρώνται και δεν αποζημιώνονται.

Διευκρινίζεται ότι η κατάταξη κάθε διατομής σε συμβατική κατηγορία εκσκαφής αφορά ολόκληρη τη διατομή και δεν επιτρέπεται να κατατάσσεται ένα ποσοστό αυτής σε μία συμβατική κατηγορία και το υπόλοιπο σε μία άλλη.

Για τις εκσκαφές των διευρύνσεων, διόδων διαφυγής, εγκαρσίων συνδέσεων κ.λπ. έχουν εφαρμογή τα προαναφερθέντα για τις κύριες εκσκαφές.

Στις ως άνω επιμετρούμενες μονάδες εργασιών περιλαμβάνονται:

- (1) Η διάθεση και χρήση του μηχανήματος εκσκαφής και των συνοδών και υποστηρικτικών συστημάτων
- (2) Η διαχείριση και λειτουργία αυτών και η χρησιμοποίησή τους στο έργο σύμφωνα με τις προβλέψεις της παρούσας, με τη 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
- (3) Η διατήρηση στο εργοτάξιο αποθέματος σε ετοιμότητα εξαρτημάτων ανταλλακτικών, υλικών και μικρο-υλικών για την υποστήριξη της λειτουργίας των μηχανημάτων
- (4) Η απαιτούμενη ενέργεια για τη λειτουργία των μηχανημάτων
- (5) Οι εργασίες φόρτωσης και μεταφοράς εκτός σήραγγας, σε απόσταση 50 m από το στόμιό της, και απόθεσης των προϊόντων εκσκαφής
- (6) Οι εργασίες ξεσκαρώματος της διατομής
- (7) Η απόσβεση και οι σταλίες του εξοπλισμού
- (8) 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.λπ. για εκτέλεση της εργασίας σύμφωνα με την παρούσα Προδιαγραφή, καθώς και η λήψη διορθωτικών μέτρων (εργασία και υλικά), εάν διαπιστωθούν μη συμμορφώσεις, κατά τις δοκιμές και τους ελέγχους.
- (9) Η διαμόρφωση των προσωρινών αποθέσεων, η διάστρωση και συμπύκνωση των προϊόντων στις τελικές τους θέσεις

## 7.2 Επιμέτρηση εκσκαφής σήραγγας με μηχανήματα πλην αυτών της παρ. 7.1

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

Στις ως άνω επιμετρούμενες μονάδες εργασιών περιλαμβάνονται:

- (1) Η διάθεση και χρήση του μηχανήματος εκσκαφής και των συνοδών και υποστηρικτικών συστημάτων
- (2) Η διαχείριση και λειτουργία αυτών και η χρησιμοποίησή τους στο έργο σύμφωνα με τις προβλέψεις της παρούσας, με τη 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
- (3) Η διατήρηση στο εργοτάξιο αποθέματος σε ετοιμότητα εξαρτημάτων ανταλλακτικών, υλικών και μικρο-υλικών για την υποστήριξη της λειτουργίας των μηχανημάτων
- (4) Η απαιτούμενη ενέργεια για τη λειτουργία των μηχανημάτων
- (5) Οι εργασίες φόρτωσης και μεταφοράς εκτός σήραγγας, σε απόσταση 50 m από το στόμιό της, και απόθεσης των προϊόντων εκσκαφής
- (6) Η απόσβεση και οι σταλίες του εξοπλισμού
- (7) 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.λπ. για την εκτέλεση της εργασίας σύμφωνα με την παρούσα Προδιαγραφή, καθώς και η λήψη διορθωτικών μέτρων (εργασία και υλικά), εάν διαπιστωθούν μη συμμορφώσεις, κατά τις δοκιμές και τους ελέγχους
- (8) 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 Αρμόδιας Αρχής, επιμετράται σε κυβοχιλιόμετρα, για την επιπλέον απόσταση της νέας θέσης από τη συμβατική (50 m 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 γίνεται σε διακριτά μήκη ανά διαφορετικό τύπο λειτουργίας.

### 7.3 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 Αρμόδιας Αρχής, επιμετρώνται σε ώρες.

Στις ως άνω επιμετρούμενες μονάδες εργασιών περιλαμβάνονται:

- (1) Η αναλίσκόμενη ενέργεια κατά τη σταλία των μηχανημάτων
- (2) Η απόσβεση και οι σταλίες του εξοπλισμού και τυχόν αργούντος προσωπικού.

### 7.4 Προσκόμιση, συναρμολόγηση, αποσυναρμολόγηση, απομάκρυνση του μηχανήματος

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

B. 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.

### 7.5 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 Αρμόδιας Αρχής, επιμετράται σε κυβοχιλιόμετρα, για την επιπλέον απόσταση της νέας θέσης από τη συμβατική (50 m από το στόμιο της σήραγγας)

### 7.6 Γεωλογικές καταπτώσεις

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

Η υπερεκσκαφή, λόγω καταπτώσεων οφειλομένων σε γεωλογικά αίτια, επιμετράται μόνον εφόσον εκτείνεται τουλάχιστον 70 cm πέραν της Γραμμής «Α» ή της Γραμμής «B». Σε αυτές τις περιπτώσεις ο όγκος της πρόσθετης εκσκαφής επιμετράται σε όλο το τμήμα του πέραν της Γραμμής «Α» ή της Γραμμής «B».

## Παράρτημα Α (πληροφοριακό)

### Όροι υγείας, ασφάλειας και προστασίας του περιβάλλοντος

#### A.1 Ασφάλεια και Υγεία

##### A.1.1 Γενικά

Κατά την εκτέλεση των εργασιών θα τηρούνται οι κείμενες διατάξεις περί Μέτρων Ασφαλείας και Υγείας Εργαζομένων, οι δε εργαζόμενοι θα είναι εφοδιασμένοι με τα κατά περίπτωση απαιτούμενα Μέσα Ατομικής Προστασίας (ΜΑΠ), τα οποία πρέπει να πληρούν τις απαιτήσεις του Κανονισμού 2016/425 ΕΕ και να φέρουν την ανάλογη σήμανση από τον κατασκευαστή.

Θα τηρούνται επίσης αυστηρά τα καθοριζόμενα στην ισχύουσα Νομοθεσία περί Υγείας και Ασφάλειας, στα σχετικά εθνικά και διεθνή Πρότυπα και στην καλή διεθνή πρακτική.

##### A.1.2 Οι κατ' ελάχιστον κίνδυνοι κατά την εκτέλεση των εργασιών.

- i. Κατάπτωση μετώπου εκσκαφής ή στοιχείων της άμεσης υποστήριξης.
- ii. Καθιζήσεις/μετακινήσεις γαιών
- iii. Εργασίες συντήρησης κοπτικής κεφαλής σε περιορισμένο χώρο (υπό κανονικές συνθήκες, σε υπερβαρικό περιβάλλον).
- iv. Κίνδυνοι από την ανύψωση φορτίων
- v. Κίνδυνοι από την κίνηση συρμών ή ελαστικοφόρων οχημάτων μεταφοράς υλικών ή/και προσωπικού.
- vi. Πτώση από ύψος.
- vii. Έκθεση σε θόρυβο.
- viii. Έκθεση σε επιβλαβείς αέριους ρύπους.
- ix. Επαφή με ηλεκτρικό ρεύμα.
- x. Εισροή υδάτων εντός σήραγγας.
- xi. Πυρκαγιά/Εκρηξη.
- xii. Βλάβες στα υποστηρικτικά συστήματα του μηχανήματος (ταινιόδρομος μεταφοράς προϊόντων εκσκαφής, γεννήτριες, αντλίες, φωτισμός, αερισμός, πυροπροστασία, κλπ).
- xiii. Επαφή με επικίνδυνα υλικά.

##### A.1.3. Ενδεικτικά μέτρα υγείας - ασφάλειας

Η Ανάλυση Επικινδυνότητας που θα συντάξει ο Ανάδοχος στο ΣΑΥ και στις επιμέρους Μεθοδολογίες Εργασιών και θα ελέγξει και θα διορθώσει η Αρμόδια Αρχή, όπως τελικώς θα είναι εγκεκριμένη, θα καθορίζει τους συγκεκριμένους κινδύνους, ανάλογα με το προσωπικό, εξοπλισμό, υλικά και το εργασιακό περιβάλλον. Στην Ανάλυση Επικινδυνότητας θα προτείνονται τα μέτρα πρόληψης και αντιμετώπισης των κινδύνων, καθώς και τα ανάλογα Μέσα Ατομικής Προστασίας (Μ.Α.Π.).

Ενδεικτικά και όχι περιοριστικά αναφέρονται τα παρακάτω:

#### **A.1.3.1 Εκπαίδευση προσωπικού**

Το σύνολο του προσωπικού που θα εργάζεται στους υπόγειους χώρους (ειδικοί τεχνίτες, χειριστές, εργοδηγοί, μηχανικοί) για την εκτέλεση της εργασίας, θα έχει τις ανάλογες άδειες (όπου αυτό απαιτείται), θα είναι έμπειρο και θα έχει λάβει την ανάλογη εκπαίδευση ανά θέση εργασίας. Η ιατρική καταλληλότητα του προσωπικού ανά θέση εργασίας θα αξιολογείται από τον Ιατρό Εργασίας, ανάλογα με τη κλινική εικόνα που παρουσιάζει και το ιατρικό του ιστορικό.

#### **A.1.3.2 Ομάδα Έκτακτης Ανάγκης**

Θα οργανώνεται ομάδα έκτακτης ανάγκης ανά βάρδια εργασίας 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 και εκκένωση,, 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.

#### **A.1.3.3 Τηλεπικοινωνιακές Συνδέσεις**

Τα μέτωπα εκσκαφής σήραγγας και οι άλλες θέσεις εκτέλεσης εργασιών θα συνδέονται τηλεπικοινωνιακά με τις εισόδους σηράγγων.. Οι αναγκαίες συσκευές θα είναι αναρτημένες στα τοιχώματα των σηράγγων, κοντά στο μέτωπο εκσκαφής και τις άλλες θέσεις εργασίας, πάνω σε ανθεκτικά κιβώτια, κατάλληλα σημασμένα για χρήση σε περίπτωση ανάγκης. Οι συσκευές στις εισόδους των σηράγγων 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. Θα διατίθεται επικοινωνία και στους συρμούς ή ελαστικοφόρων οχημάτων μεταφοράς υλικών ή/και προσωπικού

#### **A.1.3.4 Μέτρα Πυρασφάλειας**

Θα εκπονηθεί Σχέδιο Αντιμετώπισης Πυρκαγιάς σε συνεργασία με την αρμόδια Πυροσβεστική Υπηρεσία. Στο Σχέδιο θα προβλεφθούν μέτρα για την ανίχνευση και καταστολή πυρκαγιών στις θέσεις εργασίας του μηχανήματος και της σήραγγας, σε όλες τις κλειστές εγκαταστάσεις του μηχανήματος (πχ ηλεκτρικές και υδραυλικές), στους συρμούς (ή ελαστικοφόρων οχημάτων) κ.λπ. και θα λαμβάνεται μέριμνα για τη διασφάλιση της διάθεσης όλου του απαιτούμενου για τον σκοπό αυτό εξοπλισμού

Ο εξοπλισμός πυρόσβεσης θα συντηρείται και θα βρίσκεται πάντοτε σε ετοιμότητα. Θα προβλέπεται ηχητικό και οπτικό σύστημα προειδοποίησης.

Θα προβλέπεται η εγκατάσταση θαλάμου διάσωσης (Refuge Chamber), ο οποίος θα πληροί τις απαιτήσεις του BS 6164 και ΕΛΟΤ EN 16191.

#### **A.1.3.5 Εξοπλισμός Παροχής Πρώτων Βοηθειών**

Θα διατίθεται δωμάτιο παροχής Πρώτων Βοηθειών με τηλεπικοινωνία, στο οποίο θα υπάρχει όλος ο απαραίτητος εξοπλισμός σύμφωνα με τη σχετική νομοθεσία και την εκτίμηση κινδύνου που θα συντάξει ο Ιατρός Εργασίας.

#### **A.1.3.6 Μέτρηση επικίνδυνων αερίων ρύπων**

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 θερμοκρασίας, ταχύτητας και υγρασίας αέρα, σκόνης (SiO<sub>2</sub>), της περιεκτικότητας του αέρα σε οξυγόνο, CO<sub>2</sub>, CO, εκρηκτικά/εύφλεκτα αέρια, καθώς και κάθε άλλου αερίου που θα έχει προκύψει από την Ανάλυση Επικινδυνότητας και έχει απαιτηθεί από την Αρμόδια Αρχή. Οι μετρητές αερίων θα εγκατασταθούν σε κάθε μέτωπο εκσκαφής, σε διάφορα σημεία εντός του μηχανήματος καθώς και εντός σήραγγας σε αποστάσεις που θα καθορισθούν από την Αρμόδια Αρχή. Ειδικά οι μετρήσεις αερίων στο μέτωπο εκσκαφής θα παρακολουθούνται αυτόματα και

συνεχώς και τα αποτελέσματα θα είναι ορατά σε πραγματικό χρόνο τουλάχιστον από τον χειριστή του μηχανήματος και όπου αλλού απαιτηθεί από την Αρμόδια Αρχή.

Σε περιπτώσεις υπέρβασης των ορίων όλων των μετρητών του μηχανήματος και της σήραγγας θα προβλέπεται ηχητικό και οπτικό σύστημα προειδοποίησης.

Όλα τα όργανα για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης αερίων θα εγκρίνονται και θα βαθμονομούνται από ειδικευμένο εργαστήριο το οποίο θα έχει εγκριθεί από την Αρμόδια Αρχή.

#### **A.1.3.7 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.

#### **A.1.3.8 Διακίνηση προσωπικού στις θέσεις εργασίας**

Εκτός από τη χρήση συρμών ή ελαστικοφόρων οχημάτων για τη διακίνηση προσωπικού, θα κατασκευαστεί και πεζοδιάδρομος καθόλο το μήκος της σήραγγας. Αυτός θα φέρει επαρκές πλάτος, αντιστοίχη επιφάνεια (όχι ξύλινη), χειρολισθήρες (κουπαστές) έναντι πτώσης, ενώ θα προβλέπεται πρόσβαση από/και προς τη σήραγγα όπου αυτή απαιτηθεί. Κατά μήκος του πεζοδιαδρόμου θα τοποθετηθούν πυροσβεστήρες και τηλεφωνο επικοινωνίας σε αποστάσεις που θα καθορισθούν από την Αρμόδια Αρχή.

#### **A.1.3.9 Αερισμός / Φωτισμός Σήραγγας**

Ο Ανάδοχος θα υποβάλλει και θα εγκρίνει η Αρμόδια Αρχή, Μελέτη Αερισμού και Φωτισμού Σήραγγας σύμφωνα με την ισχύουσα Νομοθεσία.

### **A.2 Περιβάλλον**

#### **A.2.1 Πιθανοί κίνδυνοι για το περιβάλλον**

##### **A.2.1.1 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 Αρμόδιας Αρχής.

##### **A.2.1.2 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.

##### **A.2.1.3 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 διασπάζονται από τους συνθετικούς.

## A.2.2 Μέτρα μείωσης των κινδύνων για το περιβάλλον

### A.2.2.1 Μέτρα μείωσης των καθιζήσεων

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

- (1) Η ορθολογική επιλογή της τεχνικής διάνοιξης και της μηχανής.
- (2) Η εφαρμογή συνολικού συστήματος διασφάλισης ποιότητας, μέσα από το οποίο θα διασφαλίζεται και η ορθή λειτουργία και προώθηση της μηχανής.
- (3) 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.
- (4) Η προβελτίωση /προενίσχυση του εδαφικού υλικού μπροστά από την κοπτική κεφαλή.
- (5) Η μέτρηση και ο έλεγχος του εκσκαπόμενου υλικού. Η μηχανή θα είναι εφοδιασμένη με διάταξη μέτρησης (άμεσα ή έμμεσα) του όγκου του εκσκαπόμενου υλικού. Η μέτρηση θα γίνεται χωρίς καθυστερήσεις και θα αντιστοιχεί σε συγκεκριμένες θέσεις εκσκαφής.
- (6) Η ρύθμιση της ταχύτητας εκσκαφής σε συνδυασμό με την εφαρμογή των μέσων προσωρινής ή/και μόνιμης επένδυσης της σήραγγας.
- (7) Η επιλογή, η συνεχής παρακολούθηση και η ρύθμιση της πίεσης υποστήριξης που η μηχανή εφαρμόζει στο μέτωπο και στην περίμετρο της εκσκαφής.
- (8) 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.
- (9) 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.
- (10) 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.
- (11) 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 εισπύησης, 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.



(12) Η υπερκοπή που πραγματοποιείται κατά την προώθηση της μηχανής θα διατηρείται όσο το δυνατόν μικρότερη.

(13) Το σύστημα πλοήγησης θα αποφεύγει απότομες διορθώσεις της διαδρομής της μηχανής.

#### **A.2.2.2 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 υδροφορέα 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.

## Παράρτημα Β (πληροφοριακό)

### Χαρακτηριστικά και δοκιμές αφριστικών μιγμάτων και συνθέσεων

#### B.1 Γενικά

Στις μηχανές με εδαφική εξισορροπιστική πίεση (EPB), η υποστήριξη του μετώπου εκσκαφής είναι μία βασική απαίτηση, η οποία καλύπτεται με 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 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 κυρίως με την προσθήκη αφρού ή/και άλλων προσθέτων που υποβοηθούν την άσκηση και διατήρηση της υποστηρικτικής πίεσης, τη ρευστότητα του εκσκαπόμενου γεωυλικού, τη δημιουργία ομογενούς εδαφικής μάζας, τη μείωση της διαπερατότητας, τη μείωση της ροπής στρέψης της κοπτικής κεφαλής και τη μείωση της λείανσης και φθοράς των κοπτικών άκρων.

Η επιλογή του τύπου του αφρού εξαρτάται κυρίως 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.

#### B.2 Χαρακτηριστικά αφριστικών μιγμάτων

Οι χρησιμοποιούμενοι αφροί χαρακτηρίζονται από τις εξής παραμέτρους:

1.  $C_F$  : 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
2. FER : Λόγος διαστολής του αφρού  
 $FER = V_{CA} / V_F$  όπου:  
 $V_{CA}$  : ο όγκος του αφρού  
 $V_F$  : ο όγκος του αφριστικού διαλύματος
3. FIR : Λόγος εισπίεσης του αφρού, δηλαδή ο λόγος του όγκου του εισπνευσμένου αφρού σε ατμοσφαιρική πίεση προς τον όγκο του επί τόπου εκσκαπόμενου γεωυλικού.

Γενικά οι τιμές των παραμέτρων αυτών έχουν τα εξής εύρη:

- i. Η συγκέντρωση  $C_F$  του αφριστικού διαλύματος τυπικά είναι 0,5 – 5,0% και συνήθως κοντά στο 3%. Εξαρτάται κυρίως από την ποσότητα του εισπνευσμένου νερού ή αυτού που ήδη υπάρχει στο έδαφος και επί πλέον από την ενεργότητα του χρησιμοποιούμενου αφρού.

- ii. 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.
- iii. Ο λόγος FIR μπορεί να είναι 10 – 80%, συνήθως βρίσκεται στο 30 – 60%. Ιδιαίτερης σημασίας είναι ή ποσότητα του συνολικού νερού (εισπιεζόμενο και εδαφικό), η δε βέλτιστη τιμή πρέπει να καθορίζεται με εργαστηριακές δοκιμές.
- iv. 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 αμμώδη 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 τυγχάνουν εφαρμογής είναι πολυακρυλαμίδια και τα παράγωγά τους, όπως μερικώς υδρολυθέντα πολυακρυλαμίδια (PHPA), ενώ τα ημισυνθετικά περιλαμβάνουν ανθρακομεθυλική κυτταρίνη (CMC) και πολυανιονική κυτταρίνη (PAC).
- v. 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 πρέπει να συναρτάται με την πίεση 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 σταθερότερες 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 βρίσκονται στο θάλαμο της κοπτικής κεφαλής για να προσεγγιστεί το αποτέλεσμα στην υποστήριξη, ανάμιξη και μεταφορά. Τα αποτελέσματα των δοκιμών που προτείνονται στην συνέχεια, πρέπει να θεωρούνται συγκριτικά και όχι ως απόλυτες τιμές. Οι δοκιμές αυτές είναι οι εξής:

- (1) Δοκιμή ευστάθειας του αφριστικού μίγματος (stability of a foam mixture), παρ.Β.3.
- (2) Δοκιμή ευστάθειας μίγματος αφρού/άμμου (stability (half-life) of a foam/sand mixture),παρ.Β.4..
- (3) Δοκιμή για τον καθορισμό του πλαστοποιητικού αποτελέσματος αφρού αποτελούμενου από αφριστικό παράγοντα και πολυμερή (Plasticising effect of foam made of foaming agent or polymer), παρ. Β.5.

Ο Ανάδοχος πρέπει να 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:

- i. Παράγοντες που αποτρέπουν την εμφραξη, κυρίως σε συνεκτικά εδάφη με υψηλό ποσοστό αργίλου, στην κοπτική κεφαλή, μειώνουν την απαιτούμενη ροπή και επιτρέπουν την πλήρωση του θαλάμου εργασίας (working chamber)
- ii. Πρόσθετα πολυμερή, για τη σταθεροποίηση του αφρού ή ρύθμιση της συνάφειας του υλικού που περνά προς τον κοχλιωτό μεταφορέα.
- iii. Αντιπριβικοί 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.

### B.3 Δοκιμή ευστάθειας αφριστικού μίγματος.

Μέθοδος για τη μέτρηση της ευστάθειας (χρόνος ημι-ζωής) ενός αφρού στη φυσική του κατάσταση. Σημειώνεται 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 Β.1 - Υπόδειγμα δελτίου καταγραφής αποτελεσμάτων δοκιμής ευστάθειας αφριστικού μίγματος**

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

### B.4 Δοκιμή ευστάθειας μίγματος αφρού άμμου

Αυτή η δοκιμή μετρά την ευστάθεια ενός αφρού όταν αναμιγνύεται με μια πρότυπη άμμο σε διάφορες ποσότητες. Η δοκιμή πρέπει να 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 πρέπει να 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
- 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 εξάπλωσης (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

#### Γ. Διαδικασία δοκιμής

- Ζυγίζεται 1,5 kg άμμου και τοποθετείται στον κάδο του αναμικτήρα
- Προστίθενται 45 ml αποσταγμένου νερού και αναμιγνύονται στην ταχύτητα 1 για 3 λεπτά.
- Προετοιμάζεται ο αφρός όπως στη δοκιμή της παρ.Β.3 (Σημείωση: Για κάθε δοκιμή πρέπει να παρασκευάζεται ένα νέο δείγμα αφρού)
  - Η συγκέντρωση του αφριστικού παράγοντα στο νερό  $C_F$  πρέπει να συμμορφώνεται με τις οδηγίες του παραγωγού (δεν αποκλείεται πάντως η χρήση και διαφορετικών τιμών)
  - Ο λόγος διαστολής του αφρού (FER) συνιστάται να είναι 10 εκτός και αν απαιτείται να ελεγχθεί διαφορετική τιμή
  - Αν απαιτείται η προσθήκη πολυμερών πρέπει να ακολουθούνται οι συστάσεις του παραγωγού.
  - Για κάθε συγκέντρωση του αφριστικού παράγοντα στο νερό  $C_F$ , η προετοιμασία πρέπει να γίνεται για δύο δοκιμές. Η ποσότητα FIR (λόγος εισπύησης του αφρού) για τις δύο δοκιμές πρέπει να 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 σταματάει η λειτουργία του αναμικτήρα και 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 Β.2 - Υπόδειγμα δελτίου καταγραφής αποτελεσμάτων δοκιμής ευστάθειας μίγματος αφρού άμμου**

<b>Δοκιμή ευστάθειας μίγματος αφρού άμμου</b>				
Αφριστικοί παράγοντες				
Προμηθευτής - Κατασκευαστής				
Αφριστικό διάλυμα (C <sub>F</sub> )				
Ημερομηνία				
FIR λόγος εισπίεσης		25 gr		
FER λόγος διαστολής		10		
Αρχική στάθμη				
	Χρόνος			
Χρόνος έναρξης				
3 ημέρες				

**B.5 Δοκιμή για τον καθορισμό του πλαστοποιητικού αποτελέσματος αφρού που αποτελείται από αφριστικό παράγοντα και πολυμερή**

Αυτή η δοκιμή μετρά το πλαστικοποιητικό αποτέλεσμα ενός αφρού χρησιμοποιώντας μια πρότυπη άμμο και αφρό σε διάφορες ποσότητες. Η δοκιμή συνιστάται να 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 όλα τα κλάσματα που είναι μεγαλύτερα των 5 mm.

**A. Εξοπλισμός**

- Ένας βαρύς αναμικτήρας (τύπου Hobart) με τρεις ταχύτητες και πρότυπα πτερύγια
- 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 κατασκευαστής αφρού
- Ζυγός ακρίβειας 0,1 gr
- Χρονόμετρο
- Δοχείο υγρών γυάλινο ή πλαστικό
- Τράπεζα εξάπλωσης (30 cm) 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

**Γ. Διαδικασία δοκιμής**

- Ζυγίζεται 1,5 kg άμμου 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. Β.3 (Σημείωση: Για κάθε δοκιμή πρέπει να παρασκευάζεται ένα νέο δείγμα αφρού)
  - Η συγκέντρωση του αφριστικού παράγοντα στο νερό CF πρέπει να συμμορφώνεται με τις οδηγίες του κατασκευαστή (δεν αποκλείεται πάντως η χρήση και διαφορετικών τιμών)
  - Ο λόγος διαστολής του αφρού (FER) πρέπει να είναι 10 εκτός και αν απαιτείται να ελεγχθεί διαφορετική τιμή
  - Αν απαιτείται η προσθήκη πολυμερών πρέπει να ακολουθούνται οι συστάσεις του κατασκευαστή.
  - Για κάθε συγκέντρωση του αφριστικού παράγοντα στο νερό CF, η προετοιμασία πρέπει να γίνεται για δύο δοκιμές. Η ποσότητα FIR (λόγος εισπίεσης του αφρού) για τις δύο δοκιμές πρέπει να είναι 25 και 50 gr αντίστοιχα του όγκου της άμμου..
- Η δοκιμή πρέπει να περατώνεται εντός 10 λεπτών από την ανάμιξη νερού και άμμου.
- Καταγράφονται τα αποτελέσματα της δοκιμής σε τυπική φόρμα της παρακάτω μορφής:

**Πίνακας Β.3 - Υπόδειγμα δελτίου καταγραφής αποτελεσμάτων δοκιμής καθορισμού το πλαστικοποιητικού αποτελέσματος αφρού που αποτελείται από αφριστικό παράγοντα και πολυμερή**

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

## B.6 Δημιουργία αφρού στο εργαστήριο

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

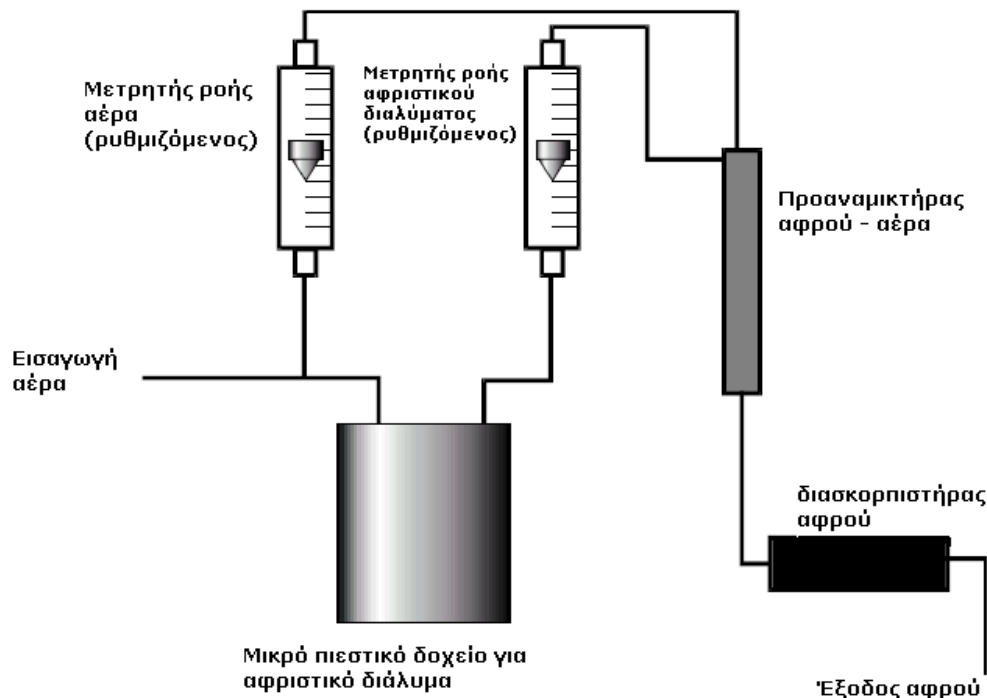
Η συνιστώμενη και προτιμώμενη μέθοδος είναι ο εργαστηριακός παρασκευαστής αφρού. Η ποιότητα του αφρού είναι παρόμοια με του αφρού που δημιουργείται στο TBM.

Ο εργαστηριακός παρασκευαστής 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. Η μέτρηση του παρασκευαζόμενου αφρού γίνεται σε lt/min.

Ένα μικρό πιεστικό δοχείο χρησιμοποιείται για να αποθηκεύσει το αφριστικό διάλυμα CF. Αυτό απλοποιεί τον εξοπλισμό και κάνει ευκολότερη την απόληψη σε σταθερό ρυθμό του 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. Το αφριστικό διάλυμα και οι γραμμές του πεπιεσμένου αέρα καταλήγουν σε ένα προαναμικτήρα όπου το διάλυμα και ο αέρας σχηματίζουν ομογενές μίγμα προτού εισέλθουν στον διασκορπιστή στον οποίο 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 Β.1.



Σχήμα Β.1 - Γενική διάταξη εργαστηριακού παρασκευαστή αφρού.

## Β.7 Δοκιμή της στεγανωτικής διάταξης ουράς

Πρόκειται για δοκιμή πίεσης νερού. (Water pressure test). Οι απαιτήσεις απόδοσης στη δοκιμή αυτή φαίνονται στον παρακάτω πίνακα Β.4.

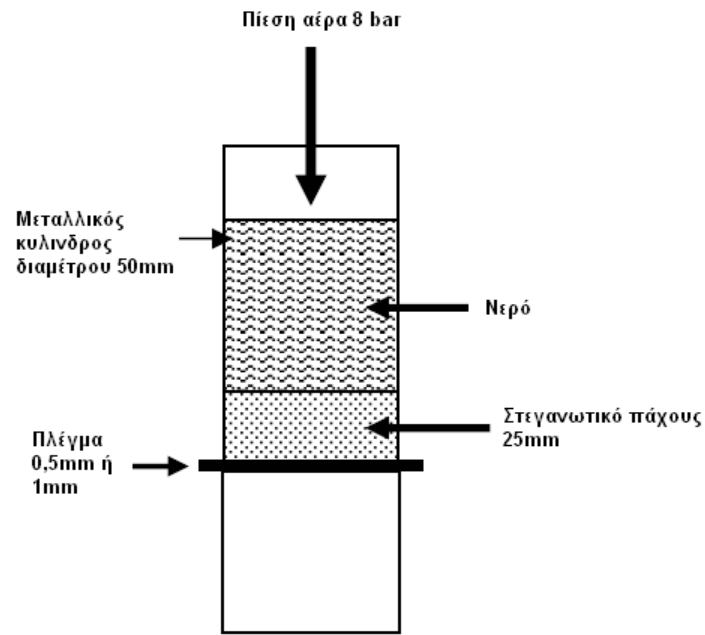
Πίνακας Β.4 - Βασικές απαιτήσεις δοκιμής πίεσης νερού για στεγανωτικό ουριαίου τμήματος TBM

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

Καθορίζεται η αντίσταση του στεγανωτικού, σε πίεση 8 bar, δια μέσου ενός πλέγματος. Σχηματική διάταξη της δοκιμής δείχνεται στο σχήμα Β.2.

Είναι δυνατόν να προταθεί οποιαδήποτε άλλη δόκιμη μέθοδος από τον Ανάδοχο και να εφαρμοστεί μετά από έγκριση της Αρμόδιας Αρχής.





Σχήμα Β.2 - Γενική διάταξη δοκιμής στεγανωτικού ουράς

## Βιβλιογραφία

- [1] Π.Δ.1073/16-9-81, “Περί μέτρων ασφαλείας κατά την εκτέλεση εργασιών εις εργοτάξια οικοδομικών και πάσης φύσεως έργων αρμοδιότητας Πολιτικού Μηχανικού”.
- [2] 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).
- [3] ΕΛΟΤ 60364, Απαιτήσεις για ηλεκτρικές εγκαταστάσεις.
- [4] Κανονισμός Μεταλλευτικών και Λατομικών Εργασιών (2019).
- [5] 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..
- [6] Π.Δ. 396/94 ΦΕΚ:221/Α/94, “Ελάχιστες προδιαγραφές ασφάλειας και υγείας για την χρήση από τους εργαζόμενους εξοπλισμών ατομικής προστασίας κατά την εργασία, σε συμμόρφωση προς την Οδηγία του Συμβουλίου 89/656/ΕΟΚ”.
- [7] Π.Δ. 149/06 (ΦΕΚ 159/Α06) “Ελάχιστες προδιαγραφές υγείας και ασφάλειας όσον αφορά την έκθεση των εργαζομένων σε κινδύνους προερχόμενους από φυσικούς παράγοντες (θόρυβος) σε εναρμόνιση με την οδηγία 2003/10/ΕΚ“
- [8] 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“.
- [9] 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“
- [10] 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)“
- [11] Π.Δ.338/2001 (ΦΕΚ 227/Α/2001), “Προστασία της υγείας και ασφάλειας των εργαζομένων κατά την εργασία από κινδύνους οφειλόμενους σε χημικούς παράγοντες“
- [12] 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“
- [13] 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)
- [14] Οδηγία 94/9/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23<sup>ης</sup> Μαρτίου 1994 σχετικά με την προσέγγιση των νομοθεσιών των κρατών - μελών για τις συσκευές και τα συστήματα προστασίας που προορίζονται για χρήση σε εκρήξιμες ατμόσφαιρες (Επίσημη Εφημερίδα αριθ. L 100 της 19/04/1994 σ. 0001 – 0029),

- [15] Π.Δ. 42/2003 (ΦΕΚ44/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”.
- [16] Οδηγία 2006/42/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 17ης Μαΐου 2006 σχετικά με τα μηχανήματα και την τροποποίηση της οδηγίας 95/16/ΕΚ (αναδιατύπωση)
- [17] Π.Δ. 57/2010: Προσαρμογή της Ελληνικής Νομοθεσίας προς την οδηγία 2006/42/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου «σχετικά με τα μηχανήματα και την τροποποίηση της οδηγίας 95/16/ΕΚ» και κατάργηση των Π.Δ. 18/96 και 377/93 (Α' 97)
- [18] Κανονισμός (ΕΕ) 2016/425 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 9ης Μαρτίου 2016 σχετικά με τα μέσα ατομικής προστασίας και για την κατάργηση της οδηγίας 89/686/ΕΟΚ του Συμβουλίου.
- [19] Π.Δ. 225/1989, *Υγιεινή και Ασφάλεια στα Υπόγεια Τεχνικά Έργα*, (ΦΕΚ 106/Α/1989)
- [20] BS 6164\_2019, *Health and Safety in tunnelling in the construction industry - Code of Practice*
- [21] ΕΛΟΤ EN ISO 45001, *Συστήματα διαχείρισης για την υγεία και ασφάλεια στην εργασία Απαιτήσεις και οδηγίες εφαρμογής*
- [22] ITA Working Group N°5, Health & Safety in Works\_04/2015, “*Guidelines for good working practice in high pressure compressed air*”
- [23] ITA - Guidelines on Services of Machinery for Mechanized Tunnel Excavation
- [24] ITA - Guidelines for the Provision of Refuge Chambers in Tunnels
- [25] ITA - Recommendations and Guidelines for Tunnel Boring Machines (TBMs).