

ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-11-03-05-00:2023

**ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΤΕΧΝΙΚΗ
ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΗ**
**HELLENIC TECHNICAL
SPECIFICATION**



Ενεματώσεις εδαφών και βράχων

Soil and rock grouting

Κλάση τιμολόγησης: **12**

Πρόλογος

Η παρούσα Ελληνική Τεχνική Προδιαγραφή αναθεωρεί και αντικαθιστά την ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-11-03-05-00:2009.

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 1501-11-03-05-00 εγκρίθηκε την 2023-03-17 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 φωτοαντιγράφων και μικροφίλμ, δίχως γραπτή άδεια από τον εκδότη.

ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗΣ
Λ. ΚΗΦΙΣΟΥ 50, 121 33 ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ

Περιεχόμενα

Εισαγωγή.....	4
1 Αντικείμενο	5
2 Τυποποιητικές παραπομπές.....	5
3 Όροι και ορισμοί	6
4 Απαιτήσεις.....	7
4.1 Γενικές απαιτήσεις σχεδιασμού των εργασιών κατά το στάδιο της Μελέτης.....	7
4.2 Απαιτήσεις γεωτεχνικής διερεύνησης κατά το στάδιο της Μελέτης.....	8
4.3 Γενικές απαιτήσεις για τα υλικά παρασκευής των ενεμάτων	9
4.4 Ειδικότερες απαιτήσεις για τα υλικά παρασκευής των κονιαμάτων	10
4.5 Απαιτήσεις για τα ενέματα	11
4.6 Απαιτήσεις μετρήσεων και καταγραφών	14
5 Μεθοδολογία εκτέλεσης εργασιών	15
5.1 Εξοπλισμός	15
5.2 Διάτρηση οπών ενεμάτωσης	15
5.3 Παρασκευή ενέματος.....	16
5.4 Εισπίεση του ενέματος.....	16
5.5 Αλληλουχία ενεματώσεων	18
6 Κριτήρια αποδοχής περαιωμένων εργασιών	18
7 Τρόπος επιμέτρησης εργασιών	19
7.1 Διάτρηση οπής	19
7.2 Ενεματώσεις με ή χωρίς εκτόπιση του γεωυλικού	19
Παράρτημα Α (πληροφοριακό) Όροι υγείας, ασφάλειας και προστασίας του περιβάλλοντος	21
Παράρτημα Β (πληροφοριακό) Ενδεικτικοί τύποι ενεμάτων για διάφορους τύπους γεωυλικών	24
Βιβλιογραφία.....	28

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 επωφεληή 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 δεκατέσσερεις (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.

Ενεματώσεις εδαφών και βράχων

1 Αντικείμενο

Αντικείμενο της παρούσας Τεχνικής Προδιαγραφής είναι η εκτέλεση, των ειδικών γεωτεχνικών εργασιών ενεματώσεων γεωυλικών.

Η παρούσα Τεχνική Προδιαγραφή καλύπτει τις παρακάτω εργασίες ενεματώσεων εδαφών και βράχων:

α) Ενεματώσεις με εκτόπιση του γεωυλικού (π.χ. ενεματώσεις συμπύκνωσης, ενεματώσεις υδραυλικής θραύσης του εδαφικού υλικού).

β) Ενεματώσεις χωρίς εκτόπιση του γεωυλικού (π.χ. ενεματώσεις στεγάνωσης, ενεματώσεις πλήρωσης ρωγμών, ενεματώσεις πλήρωσης όγκου κενών).

Οι εξειδικευμένες εργασίες ενεματώσεων, που σχετίζονται με την προστασία και τη λειτουργία υπογείων έργων δεν περιλαμβάνονται στην παρούσα, αλλά αποτελούν αντικείμενο της Τεχνικής Προδιαγραφής ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-12-07-02-00.

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 197-1	<i>Cement - Part 1: Composition, specifications and conformity criteria for common cements -- Τσιμέντο. Μέρος 1: Σύσταση, προδιαγραφές και κριτήρια συμμόρφωσης για τα κοινά τσιμέντα</i>
ΕΛΟΤ EN 450-1	<i>Fly ash for concrete - Part 1: Definition, specifications and conformity criteria -- Ιπτάμενη τέφρα για σκυρόδεμα - Μέρος 1: Ορισμοί, προδιαγραφές και κριτήρια συμμόρφωσης</i>
ΕΛΟΤ EN 1008	<i>Mixing water for concrete - Specification for sampling, testing and assessing the suitability of water, including water recovered from processes in the concrete industry, as mixing water for concrete -- Νερό ανάμιξης σκυροδέματος - Προδιαγραφή για δειγματοληψία, έλεγχο και αξιολόγηση της καταλληλότητας του νερού, συμπεριλαμβανομένου του νερού που ανακτάται από διεργασίες στη βιομηχανία σκυροδέματος, για τη χρήση του ως νερό ανάμιξης σκυροδέματος</i>
ΕΛΟΤ EN 1997-1	<i>Eurocode 7: Geotechnical design - Part 1: General rules -- Ευρωκώδικας 7: Γεωτεχνικός σχεδιασμός - Μέρος 1: Γενικοί κανόνες</i>
ΕΛΟΤ EN 12715	<i>Execution of special geotechnical work – Grouting -- Εκτέλεση ειδικών γεωτεχνικών έργων - Ενεματώσεις</i>
ΕΛΟΤ EN 13139	<i>Aggregates for mortar -- Αδρανή κονιαμάτων</i>

ΕΛΟΤ EN 13242	<i>Aggregates for unbound and hydraulically bound materials for use in civil engineering work and road construction -- Αδρανή υλικών σταθεροποιημένων με υδραυλικές κονίες ή μη σταθεροποιημένων για χρήση στα τεχνικά έργα και την οδοποιία</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 22282-1	<i>Geotechnical investigation and testing - Geohydraulic testing - Part 1: General rules -- Γεωτεχνικές έρευνες και δοκιμές - Δοκιμές διαπερατότητας - Μέρος 1: Γενικοί κανόνες</i>
ΕΛΟΤ EN ISO 22282-2	<i>Geotechnical investigation and testing - Geohydraulic testing - Part 2: Water permeability tests in a borehole using open systems Γεωτεχνικές έρευνες και δοκιμές - Δοκιμές διαπερατότητας - Μέρος 2: Δοκιμές υδατοπερατότητας σε γεώτρηση με ανοιχτό σύστημα</i>
ΕΛΟΤ EN ISO 22282-3	<i>Geotechnical investigation and testing - Geohydraulic testing - Part 3: Water pressure tests in rock -- Γεωτεχνικές έρευνες και δοκιμές - Δοκιμές διαπερατότητας - Μέρος 3: Δοκιμές πίεσης νερού σε βράχους</i>
ΕΛΟΤ EN ISO 22282-4	<i>Geotechnical investigation and testing - Geohydraulic testing - Part 4: Pumping tests -- Γεωτεχνικές έρευνες και δοκιμές - Δοκιμές διαπερατότητας - Μέρος 4: Δοκιμές άντλησης</i>
ΕΛΟΤ EN ISO 22282-5	<i>Geotechnical investigation and testing - Geohydraulic testing - Part 5: Infiltration tests -- Γεωτεχνικές έρευνες και δοκιμές - Δοκιμές διαπερατότητας - Μέρος 5: Δοκιμές διήθησης</i>
ΕΛΟΤ EN ISO 22282-6	<i>Geotechnical investigation and testing - Geohydraulic testing - Part 6: Water permeability tests in a borehole using closed systems -- Γεωτεχνικές έρευνες και δοκιμές - Δοκιμές διαπερατότητας - Μέρος 6: Δοκιμές υδατοπερατότητας σε γεώτρηση με κλειστό σύστημα</i>
ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-12-07-02-00	<i>Cement grouting in tunnels -- Τσιμεντενέσεις σηράγγων</i>

3 Όροι και ορισμοί

Στην παρούσα Τεχνική Προδιαγραφή χρησιμοποιούνται οι ακόλουθοι όροι και ορισμοί:

3.1 Ενεμάτωση εδαφών και βράχων

Εννοείται η διαδικασία κατά την οποία ρευστό υλικό εισάγεται με εισπίεση εντός του γεωυλικού με ταυτόχρονο έλεγχο και ρύθμιση των χαρακτηριστικών ροής και των παραμέτρων εισπίεσης (πίεση, όγκος και ρυθμός ροής). Η διαδικασία αυτή αναλύεται στο Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 12715.

3.2 Πλήρωση όγκου κενών

Εισαγωγή ενέματος για την πλήρωση μεγάλων κενών εντός του γεωυλικού.

3.3 Ενεματώσεις συμπίκνωσης

Ενεματώσεις εκτόπισης γεωυλικού, με σκοπό την συμπίκνωσή του χωρίς την πρόκληση υδραυλικής θραύσης του.

3.4 Ενεματώσεις επαφής

Η εισπίεση ενέματος στη διεπιφάνεια μεταξύ κατασκευής και γεωυλικού.

3.5 Ενεματώσεις εκτόπισης

Ενεματώσεις κατά τη διάρκεια των οποίων ένεμα εισπνέζεται εντός του γεωυλικού, προκαλώντας την παραμόρφωση, την συμπίεση έως και την πλήρη εκτόπισή του.

3.6 Ενεματώσεις ρωγμών

Η εισπίεση ενέματος εντός υπαρχουσών ρωγμών, διακλάσεων και ασυνεχειών του γεωυλικού (βραχομάζας).

3.7 Ενεματώσεις δια βαρύτητας

Ενεματώσεις έγχυσης (tremie grouting), δηλ. χωρίς την εφαρμογή πρόσθετης πίεσης, πέραν του πιεζομετρικού ύψους του υγρού του ενέματος.

3.8 Ενεματώσεις διείσδυσης

Η εισπίεση ενέματος εντός διακλάσεων ή ρωγμών βραχομάζας ή εντός κενών πόρων εδαφικής μάζας, χωρίς την εκτόπιση του αντίστοιχου γεωυλικού. Ο όρος περιλαμβάνει τις ενεματώσεις στεγανοποίησης, τις ενεματώσεις πλήρωσης ρωγμών και τις ενεματώσεις επαφής.

3.9 Ένεμα

Υλικό (αιώρημα, διάλυμα, γαλάκτωμα ή κονίαμα) το οποίο εισπνέζεται εντός του γεωυλικού και με την πάροδο του χρόνου επέρχεται η επικάθηση, η πήξη και η σκλήρυνσή του.

3.10 Πίεση ενεμάτωσης

Η πίεση που ασκείται κατά τη διαδικασία της ενεμάτωσης και μετράται σε καθορισμένες θέσεις (συνήθως στο στόμιο της αντλίας ή στην αρχή της διάτρησης).

3.11 Υδραυλική θραύση

Θραύση του γεωυλικού, η οποία προκαλείται με την εισπίεση νερού ή ενέματος λόγω της υπέρβασης της τοπικής εφελκυστικής αντοχής του και της υπάρχουσας τάσης άντυγος της οπής.

4 Απαιτήσεις

4.1 Γενικές απαιτήσεις σχεδιασμού των εργασιών κατά το στάδιο της Μελέτης

Η εκτέλεση των ενεματώσεων γεωυλικών γίνεται σύμφωνα με ειδική Μελέτη, με βάση τα καθοριζόμενα στο Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 12715, στην οποία πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα ακόλουθα:

- (1) Οι επικρατούσες συνθήκες στην περιοχή εκτέλεσης των ενεματώσεων, δηλ. ανάγλυφο του εδάφους (τοπογραφική αποτύπωση) και προσβασιμότητα στις θέσεις εφαρμογής.
- (2) Τα πορίσματα της γεωτεχνικής διερεύνησης
- (3) Η ύπαρξη κατασκευών στην εγγύτερη ζώνη εκτέλεσης των ενεματώσεων (π.χ. κτίρια, δρόμοι, τεχνικά έργα δίκτυα κοινής ωφέλειας) που μπορούν να υποστούν καταπονήσεις ή ζημιές.
- (4) Η τυχόν υπόγεια ρύπανση ή/και άλλοι παράγοντες, που μπορεί να επηρεάσουν την μέθοδο εκτέλεσης της ενεμάτωσης ή την ασφάλεια του περιβάλλοντος χώρου.
- (5) Η ύπαρξη εμποδίων, τα οποία απαιτούν την εφαρμογή ειδικών τεχνικών διάτρησης και εκτέλεσης των ενεματώσεων (δηλ. τη χρήση ειδικού εξοπλισμού).
- (6) Οι ταυτόχρονες ή μεταγενέστερες δραστηριότητες οι οποίες είναι δυνατόν να επηρεάσουν τις εργασίες ενεματώσεων (π.χ. αποστράγγιση υπογείων υδάτων, επαναφόρτιση υπογείων υδάτων, υπόγειες εκσκαφές, ανοικτές βαθιές εκσκαφές κλπ.)
- (7) Διαδικασίες και κριτήρια για την επιβεβαίωση, τον έλεγχο και την αποδοχή των εργασιών ενεματώσεων.
- (8) Στοιχεία από την εκτέλεση ενεματώσεων υπό παρόμοιες συνθήκες.

4.2 Απαιτήσεις γεωτεχνικής διερεύνησης κατά το στάδιο της Μελέτης

4.2.1 Γενικά

Η εκτέλεση των γεωτεχνικών ερευνών πρέπει να ικανοποιεί τις γενικές απαιτήσεις και αρχές που καθορίζονται στον Ευρωκώδικα 7 (ΕΛΟΤ EN 1997-1).

Οι βασικοί στόχοι της γεωτεχνικής διερεύνησης είναι:

- α) ο έλεγχος της "ενεσιμότητας" του εδάφους και
- β) ο προσδιορισμός των κατάλληλων τύπων ενέματος για τη συγκεκριμένη εφαρμογή.

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στις ακόλουθες συνθήκες και γεωτεχνικές ιδιότητες της περιοχής εκτέλεσης των ενεματώσεων:

- (1) Τα φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά των γεωλικών.
- (2) Την παρουσία τυχόν ανισοτρόπων ή διαπερατών οριζόντων, οι οποίοι είναι δυνατόν να επηρεάσουν τις εργασίες των ενεματώσεων.
- (3) Τον προσανατολισμό, τη συχνότητα και το πλάτος των ασυνεχειών των βραχωδών σχηματισμών, καθώς επίσης τη σύσταση και τη φύση των γεωλικών πλήρωσής τους.
- (4) Τη θέση και τη φύση πληρωμένων ή κενών εγκοίλων.
- (5) Την παρουσία και τα χαρακτηριστικά των γεωλικών, των οποίων η συμπεριφορά είναι δυνατόν να επηρεασθεί από τις εργασίες διάτρησης ή ενεματώσεων με πιθανή εμφάνιση φαινομένων χαλάρωσης, αστάθειας, κατάρρευσης της δομής ή διόγκωσής τους.
- (6) Τις μεταβολές με το χρόνο της στάθμης των υπογείων νερών (εφόσον υπάρχουν).
- (7) Την ύπαρξη στρώσεων εντός των οποίων είναι δυνατόν να αναπτυχθεί καθεστώς υπόγειας ροής με μεγάλες υδραυλικές κλίσεις.
- (8) Την χημική σύσταση, την οργανική και βακτηριολογική περιεκτικότητα των υπογείων νερών ή των γεωλικών, εφόσον αναμένονται προβλήματα.

Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται κατά τη διερεύνηση ζωνών οι οποίες χαρακτηρίζονται είτε από επικράτηση συνθηκών ρύπανσης ή μόλυνσης των γεωλικών, είτε από την ύπαρξη υψηλών τάσεων.

Όταν προβλέπεται η εκτέλεση ενεματώσεων με οργανικά πήγματα (GEL), απαιτείται βακτηριολογική εξέταση των υπό ενεμάτωση γεωλικών, αλλά και των υπογείων υδάτων.

Κατά την εκτέλεση των απαιτούμενων για την ενεμάτωση διατρήσεων πρέπει να καταγράφονται συστηματικά οι παρακάτω πληροφορίες:

- i. Θέση και αιτία απωλειών του ενέματος.
- ii. Ζώνες αστάθειας και ληφθέντα μέτρα σταθεροποίησης.
- iii. Περιοχές απωλειών και εισροών νερού, μετρήσεις του επιστρεφόμενου νερού, το χρώμα του νερού και πιθανές αλλαγές του.
- iv. Χαρακτηριστικά της κίνησης των στελεχών διάτρησης (δηλ. σπασμωδική, απότομη, στρωτή, σταθερή κίνηση).
- v. Καταγραφή των παραμέτρων διάτρησης στην περίπτωση «καταστροφικών» γεωτρήσεων.

4.2.2 Δοκιμές διαπερατότητας

Η διαπερατότητα των γεωλικών είναι δυνατόν να προσδιορισθεί:

- α) με επί τόπου δοκιμές διαπερατότητας ή δοκιμές άντλησης μεγάλης κλίμακας
- β) με εργαστηριακές δοκιμές σε αντιπροσωπευτικά δείγματα
- γ) έμμεσα μέσω της κοκκομετρικής διαβάθμισης και της πυκνότητας των γεωλικών.

Συνιστάται σε κάθε ερευνητική οπή σε βράχο, να προσδιορίζονται μέσω κατάλληλων δοκιμών, η απορρόφηση νερού καθώς και οι υδροφόρες ζώνες και τα πιθανά έγκοιλα. Οι προαναφερθείσες δοκιμές είναι

δυνατόν να εκτελούνται είτε κατά τη διάνοιξη της οπής, είτε με τη χρήση παρεμβυσμάτων μετά την ολοκλήρωση της διάτρησής της.

Οι δοκιμές αυτές εκτελούνται σύμφωνα με τα Πρότυπα ΕΛΟΤ EN ISO 22282-1, ΕΛΟΤ EN ISO 22282-2, ΕΛΟΤ EN ISO 22282-3, ΕΛΟΤ EN ISO 22282-4, ΕΛΟΤ EN ISO 22282-5 και ΕΛΟΤ EN ISO 22282-6.

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στην ύπαρξη αρτεσιανών υδροφόρων οριζόντων πριν την εκτέλεση των δοκιμών διαπερατότητας.

Με την εκτέλεση δοκιμών Lugeon σε βράχο μπορεί να αποκτηθεί μια γενική εικόνα για την υδροπερατότητα του, χωρίς όμως να είναι δυνατό να καθορισθεί μία αξιόπιστη συσχέτιση με τη δυνατότητα απορρόφησης ενός συγκεκριμένου ενέματος.

4.2.3 Εκτέλεση δοκιμαστικών ενεματώσεων

Η εκτέλεση δοκιμαστικών ενεματώσεων στοχεύει στον καθορισμό ή την επιβεβαίωση των αρχών μιας μεθόδου ενεματώσεων. Οι δοκιμές αυτές αποτελούν μέρος της αρχικής γεωτεχνικής διερεύνησης και πρέπει να εκτελούνται όταν από τις αρχικές έρευνες και την τοπική σχετική εμπειρία δεν μπορεί να υποστηριχθεί/δικαιολογηθεί επαρκώς η αποτελεσματικότητα της συγκεκριμένης μεθόδου ενεματώσεων.

Από τις δοκιμές αυτές καθορίζεται η απόσταση των γεωτρήσεων, η εφαρμοζόμενη πίεση ενεμάτωσης, αλλά και ο τύπος και η αναγκαία ποσότητα του ενέματος. Εναλλακτικά, μπορούν να εκτελεστούν κατά την φάση της Μελέτης ή ακόμη και κατά την έναρξη των σχετικών εργασιών. Οι αποφάσεις για τον τρόπο εκτέλεσης των δοκιμαστικών ενεματώσεων πρέπει να λαμβάνονται σε συνεργασία του Γεωτεχνικού Μελετητή με την Αρμόδια Αρχή.

Ενδείξεις για τις επικρατούσες συνθήκες στην περιοχή εφαρμογής των ενεματώσεων είναι δυνατόν να αποκτηθούν και μέσω κατάλληλων εργαστηριακών δοκιμών διήθησης δοκιμαστικών ενεμάτων σε αναμοχλευμένα δείγματα των γεωυλικών της εν λόγω περιοχής.

Οι μετρήσεις διαπερατότητας πριν και μετά την ενεμάτωση των προαναφερθέντων δειγμάτων είναι δυνατόν να παρέχουν πληροφορίες, οι οποίες διευκολύνουν την λήψη αποφάσεων για τον κάναβο των οπών ενεμάτωσης, τις ιδιότητες του χρησιμοποιούμενου μίγματος και τον απαιτούμενο όγκο του ενέματος.

4.3 Γενικές απαιτήσεις για τα υλικά παρασκευής των ενεμάτων

Για την παρασκευή των πάσης φύσεως ενεμάτων (αιωρημάτων, διαλυμάτων κανονικών ή κολλοειδών και κονιαμάτων) χρησιμοποιείται τσιμέντο, νερό, μπεντονίτης, φυσικές άργιλοι, πρόσθετα, πρόσμικτα (π.χ. ιπτάμενη τέφρα) και αδρανή υλικά διαφόρων διαβαθμίσεων (άμμος, χάλικες) στις κατάλληλες αναλογίες ώστε να εξασφαλίζονται τα προβλεπόμενα από την Μελέτη χαρακτηριστικά του μίγματος (βλ. παράγραφο 4.2 της παρούσας).

Το τσιμέντο, η ιπτάμενη τέφρα (πρόσμικτο) και τα αδρανή υλικά πρέπει να ικανοποιούν τις απαιτήσεις των εναρμονισμένων προτύπων ΕΛΟΤ EN 197-1, ΕΛΟΤ EN 450-1, ΕΛΟΤ EN 13139 (άμμος) και ΕΛΟΤ EN 13242 (χάλικες), αντίστοιχα, και υποχρεωτικά:

- α) φέρουν σήμανση CE
- β) συνοδεύονται από δήλωση επιδόσεων βάσει του κατ' εξουσιοδότηση κανονισμού (ΕΕ) 574/2014 (ΟJ EEL159/41/28.05.2014) και δελτίο δεδομένων ασφαλείας σύμφωνα με τις διατάξεις του κανονισμού (ΕΚ) 1907/2006, όταν απαιτείται.

Επιπρόσθετα, το τσιμέντο και η ιπτάμενη τέφρα υποχρεωτικά συνοδεύονται από πιστοποιητικό σταθερότητας της επίδοσης ενώ τα αδρανή (βλ. Βιβλιογραφία [10]) πρέπει υποχρεωτικά να συνοδεύονται από πιστοποιητικό συμμόρφωσης του ελέγχου της παραγωγής στο εργοστάσιο. Τα εν λόγω πιστοποιητικά εκδίδονται από κοινοποιημένο στην ΕΕ οργανισμό και προσκομίζονται εφόσον ζητηθούν από την Αρμόδια Αρχή.

4.4 Ειδικότερες απαιτήσεις για τα υλικά παρασκευής των κονιαμάτων

4.4.1 Υδραυλικά συνδετικά (hydraulic binders)

Με τον όρο υδραυλικά συνδετικά νοούνται το τσιμέντο και οι λοιπές υδραυλικές κόνιες (ιπτάμενες τέφρες, ποζολάνες κλπ) που αναμεμιγμένες με λεπτόκοκκα αδρανή αποτελούν τη βάση των ενεμάτων μορφής υδατικού αιωρήματος.

Τα παραγόμενα κονιάματα πρέπει να είναι λεπτόκοκκα με μέγεθος κόκκου $d_{95} < 20$ mm, η δε κοκκομετρική καμπύλη των αδρανών πρέπει να επιλέγεται ανάλογα με τις διαστάσεις των υπαρχουσών ρωγμών ή κενών του υπό ενεμάτωση γεωυλικού.

4.4.2 Αργιλικά υλικά

Η προσθήκη φυσικών αργίλων και ενεργοποιημένων μπεντονιτών σε τσιμεντενώματα αποσκοπεί στη μείωση της διεισδυτικότητάς τους υπό πίεση, στην αλλαγή του ιξώδους ή στη βελτίωση της αντλησιμότητάς τους. Η καταλληλότητα των υλικών της κατηγορίας αυτής για την προσθήκη τους σε τσιμεντενώματα εξαρτάται από την ορυκτολογική σύσταση και τα φυσικά τους χαρακτηριστικά (π.χ. φυσική υγρασία και όρια Atterberg).

Όταν υπάρχει αυξημένη υπόγεια ροή, είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί μπεντονίτης ενεργοποιημένος ή μη υπό μορφή αιωρήματος, νερού-μπεντονίτη, στο ένεμα τσιμέντου-νερού.

Ο μπεντονίτης που χρησιμοποιείται στα ένεμα τσιμεντενώσεων πρέπει να συνοδεύεται από έκθεση δοκιμών εξειδικευμένου εργαστηρίου σύμφωνα με το Πρότυπο ΕΛΟΤ EN ISO 13500.

Το όριο υδαρότητας του μπεντονίτη πρέπει να είναι μεγαλύτερο από 350% (μέσος όρος τριών δοκιμών).

Επίσης είναι δυνατόν να προστεθούν στο ένεμα τσιμέντου-νερού ρευστοποιητές, πλαστικοποιητές κλπ., πρόσθετα.

4.4.3 Άμμοι, χάλικες

Οι άμμοι και οι χάλικες συνηθίζεται να χρησιμοποιούνται σε τσιμεντενώματα ή μπεντονικά αιωρήματα με σκοπό την μεταβολή της μηχανικής αντοχής και παραμορφωσιμότητάς τους.

Η ενσωμάτωση φυσικών άμμων ή χαλίκων ως πρόσθετων υλικών των ενεμάτων μπορεί να γίνεται υπό την προϋπόθεση ότι δεν περιλαμβάνουν επιβλαβή για το μίγμα συστατικά και ότι η κοκκομετρική τους διαβάθμιση ανταποκρίνεται προς τις απαιτήσεις σύνθεσης του ενέματος.

4.4.4 Νερό

Νερό προερχόμενο από φυσικές επί τόπου πηγές πρέπει να ελέγχεται ειδικότερα για την περιεκτικότητά του σε χλωρικά άλατα, θειικά άλατα και οργανικά συστατικά, σύμφωνα με τις απαιτήσεις του Προτύπου ΕΛΟΤ EN 1008.

Δεν αποκλείεται η χρήση θαλασσινού νερού, εφόσον δεν αλλοιώνονται οι ιδιότητες του χρησιμοποιούμενου ενέματος και εφ' όσον αυτό εγκρίνεται από την Αρμόδια Αρχή.

4.4.5 Χημικά προϊόντα και πρόσμικτα υλικά

Η ενσωμάτωση αντιδρώντων χημικών (π.χ. ακρυλικές ή εποξειδικές ρητίνες, πολυουρεθάνες κλπ.) στη σύνθεση των ενεμάτων απαιτεί τεκμηρίωση της συμβατότητάς τους με την ισχύουσα περιβαλλοντική νομοθεσία. Στο πλαίσιο αυτό πρέπει να διερευνώνται οι επιδράσεις τους με τα υπόλοιπα συστατικά του ενέματος και με το περιβάλλον έδαφος.

Η προσθήκη, σε μικρές ποσότητες, οργανικών ή ανόργανων προσμίκτων κατά τη διαδικασία της ανάμιξης, αποσκοπεί στη ρύθμιση των ιδιοτήτων του ενέματος (π.χ. ιξώδες, χρόνος πήξεως, αντοχή, συνοχή κλπ.), και της διεισδυτικότητάς αυτού.

Είναι δυνατή η προσθήκη ασβεστιτικών και πυριτικών υλικών, κονιορτοποιημένης καύσιμης τέφρας (rfa – pulverized fuel ash), ποζολανών και ιπτάμενης τέφρας ως συστατικά των ενεμάτων εφόσον είναι χημικώς συμβατά μεταξύ τους και ικανοποιούν τις περιβαλλοντικές απαιτήσεις.

Η ιπτάμενη τέφρα πρέπει γενικώς να ικανοποιεί τις απαιτήσεις του Προτύπου ΕΛΟΤ EN 450-1.

Στην Ελλάδα προέρχεται από τους θερμοηλεκτρικούς σταθμούς της περιοχής Μεγαλόπολης και Πτολεμαΐδας και είναι ασβεστούχου βάσης (calcareous). Δεδομένου ότι η παραγωγή των σταθμών αυτών δεν είναι σταθερή και δεν υπάρχει μέχρι στιγμής Ελληνικό ή Ευρωπαϊκό Πρότυπο για τα υλικά αυτά, παρά μόνον η Εθνική Τεχνική Προδιαγραφή "Ελληνικές Ιπτάμενες Τέφρες" που εγκρίθηκε με την Απόφαση αριθ. ΔΙΠΑΔ/οικ. 281/Φ200 (ΦΕΚ 551/Β/18-4-2007), είναι αναγκαίο κατά την προετοιμασία της κατασκευής να εξασφαλισθεί ικανή ποσότητα τέφρας από τον ίδιο σταθμό παραγωγής με σταθερά χαρακτηριστικά. Η ιπτάμενη τέφρα δεν είναι απαραίτητο να είναι κατεργασμένη, αντιθέτως πρέπει να επιδιώκεται να έχει όσο το δυνατόν μεγαλύτερο ποσοστό ελεύθερου CaO, το οποίο είναι και το πλέον δραστικό συστατικό της για τη σταθεροποίηση αργιλωδών εδαφικών υλικών.

4.5 Απαιτήσεις για τα ενέματα

4.5.1 Κατηγορίες ενεμάτων και τα χαρακτηριστικά τους

(α) Αιωρήματα στερεών σωματιδίων και κολλοειδή αιωρήματα

Τα αιωρήματα χαρακτηρίζονται από :

- την κοκκομετρική διαβάθμιση των στερεών σωματιδίων
- την αναλογία νερού/στερεών σωματιδίων
- το ρυθμό ιζηματοποίησης
- την ικανότητα κατακράτησης νερού
- τις ρεολογικές τους ιδιότητες και την εν γένει συμπεριφορά τους με το χρόνο.

Ο προσδιορισμός της κοκκομετρικής διαβάθμισης των στερεών σωματιδίων στα λεπτόκοκκα αιωρήματα πρέπει να γίνεται με κατάλληλα όργανα μεγάλης ακριβείας.

Η τάση κροκκίδωσης των αιωρούμενων στερεών (ειδικά σε λεπτόκοκκα αιωρήματα) πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψη. Τα κολλοειδή αργιλικά αιωρήματα πριν την ενεμάτωση πρέπει να υφίστανται επεξεργασία αποκροκκίδωσης των αργιλικών σωματιδίων.

Επιπλέον η τάση των αιωρούμενων στερεών σωματιδίων να επικάθονται λόγω της βαρύτητας πρέπει να εξετάζεται σε συνάρτηση με τη φύση και με τις ιδιότητες του υπό ενεμάτωση γεωυλικού.

Η χρήση των πυριτικών ενεμάτων πρέπει να γίνεται μετά από προσεκτική εκτίμηση της συμπεριφοράς τους με το χρόνο. Πρέπει επίσης να λαμβάνεται υπ' όψη η επίδραση των θερμοκρασιακών διακυμάνσεων κατά την παραγωγή και εφαρμογή τους στη συμπεριφορά τους.

Επισημαίνεται ότι ενεματώσεις γεωυλικών με οργανικά πυριτικά πήγματα (gel) είναι δυνατόν να έχουν δυσμενείς περιβαλλοντικές επιπτώσεις (π.χ. εξάπλωση βακτηρίων εντός των γεωυλικών).

(β) Κονιάματα

Στις ενεματώσεις συμπύκνωσης ή πλήρωσης κενών χρησιμοποιούνται κονιάματα τα οποία χαρακτηρίζονται από υψηλή εσωτερική τριβή.

Η εργασιμότητα των κονιαμάτων πρέπει να προσδιορίζεται με δοκιμές κάθισης σε κώνους ροής (Πίνακας του Παραρτήματος C του Προτύπου ΕΛΟΤ EN 12715, βλ. και Παράρτημα Β της παρούσας).

Η εισαγωγή κονιαμάτων εντός των γεωυλικών μέσω βαρύτητας εφαρμόζεται για την πλήρωση κοιλοτήτων, μεγάλων και ανοικτών ρωγμών καθώς επίσης και κενών σε κοκκώδη εδάφη.

Ειδικότερα, στα κονιάματα που χρησιμοποιούνται σε ενεματώσεις συμπύκνωσης, το ελάχιστο ποσοστό λεπτοκόκκων που διέρχεται κόσκινο 0,1 mm πρέπει να είναι 15%.

(γ) Ρητινικά ενέματα

Προκειμένου να εφαρμοσθούν απαιτείται να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στα εξής:

- (1) Την τοξικότητα των ρητινικών συστατικών των ενεμάτων.
- (2) Τον κίνδυνο διάλυσης του ενέματος στο υπόγειο νερό, που μπορεί να οδηγήσει σε επιμήκυνση του χρόνου πήξης ή ακόμη και σε μη εκδήλωση της χημικής αντίδρασης.
- (3) Την τοξικότητα των ουσιών που μπορεί να εισέλθουν στον υπόγειο υδροφόρα εάν η χημική αντίδραση δεν πραγματοποιηθεί επιτυχώς.

Οι χρήσεις των διαφόρων τύπων ρητινικών ενεμάτων παρουσιάζονται συνοπτικά στον Πίνακα 1 που ακολουθεί:

Πίνακας 1 – Χρήσεις ρητινικών ενεμάτων

Τύπος ρητίνης	Τύπος εδάφους	Χρήση/ Εφαρμογή
Ακρυλική	κοκκώδες έδαφος λεπτορηγματωμένος βράχος	Μείωση διαπερατότητας Βελτίωση της αντοχής
Πολυουρεθάνη	μεγάλα κενά	Δημιουργία αφρού για την παρεμπόδιση εισροής νερού Σταθεροποίηση ή πλήρωση τοπικών κενών (ρητίνες δύο συστατικών)
Φαινολική	λεπτόκοκκη άμμος και αμμοχάλικα	Σύσφιγξη δομής
Εποξειδική	ρηγματωμένος βράχος	Βελτίωση της αντοχής Μείωση διαπερατότητας

4.5.2 Παράγοντες επιλογής τύπου ενέματος

Για την επιλογή ενός ενέματος πρέπει να εξετάζονται οι παρακάτω βασικές ιδιότητες του:

- α) ρεολογία (ιξώδες, συνοχή κτλ.), χρόνος πήξης
- β) μέγεθος σωματιδίων (όπου ισχύει)
- γ) αντοχή και ανθεκτικότητα
- δ) τοξικότητα.

Οι κύριες παράμετροι που ορίζουν τις ιδιότητες των ενεμάτων πριν και μετά την πήξη, παρουσιάζονται στον ακόλουθο Πίνακα 2:

Πίνακας 2: Παράμετροι που χαρακτηρίζουν τις ιδιότητες των ενεμάτων

(Πιν. Β.2 του ΕΛΟΤ EN 12715:2021)

	Διαλύματα	Αιωρήματα	Κονιάματα
Πριν την πήξη	Χρόνος πήξης, πυκνότητα, pH, επιφανειακή τάση εφελκυσμού, χρόνος πήγματος, ιξώδες, συνοχή, θιξοτροπία	Χρόνος πήξης, πυκνότητα, pH, κοκκομετρική διαβάθμιση, ιξώδες, συνοχή, διαρροή, θιξοτροπία, ικανότητα κατακράτησης νερού	Χρόνος πήξης, πυκνότητα, pH, κοκκομετρική διαβάθμιση, ιξώδες, εργασιμότητα, ικανότητα κατακράτησης νερού
Μετά την πήξη	Σκλήρυνση μετά την πήξη, τελική αντοχή, pH, παραμορφωσιμότητα, ανθεκτικότητα, συστολικότητα, διασταλτικότητα, διατμητική αντοχή, συναίρεση (πυριτικά διαλύματα)	Χρόνος σκλήρυνσης, τελική αντοχή, παραμορφωσιμότητα, ανθεκτικότητα, συστολικότητα, διασταλτικότητα, πυκνότητα, διατμητική αντοχή	Χρόνος σκλήρυνσης, τελική αντοχή, παραμορφωσιμότητα, ανθεκτικότητα, συστολικότητα, διασταλτικότητα

4.5.3 Πεδίο εφαρμογής διαφόρων τύπων ενεμάτων

Η συμβατότητα μεταξύ όλων των χρησιμοποιούμενων συστατικών του ενέματος και η αλληλεπίδραση ενέματος και εδάφους είναι σημαντικοί παράγοντες για την επιτυχή ενεμάτωση.

Στον Πίνακα 3 παρέχονται ενδεικτικά στοιχεία για την καταλληλότητα των ενεμάτων για διάφορους τύπους γεωυλικών.

Πίνακας 3 - Ενδεικτικοί τύποι ενέματος για διάφορους τύπους γεωυλικών

Υπό ενεμάτωση γεωυλικό / συνθήκες	Εύρος εφαρμογής	Ενεματώσεις χωρίς εκτόπιση			Ενεματώσεις με εκτόπιση
		Στεγανοποίηση	Ενεματώσεις ρωγμών ή επαφής	Πλήρωση κενών	
Κοκκώδες έδαφος	Χάλικες, χονδρόκοκκες άμμοι και αμμοχάλικα $K > 5 \times 10^{-3} \text{ m/s}$	Αιωρήματα καθαρού τσιμέντου (με κύριο συστατικό το τσιμέντο)			
	Άμμοι $5 \times 10^{-5} < K < 5 \times 10^{-3} \text{ m/s}$	Πολύ λεπτόκοκκα αιωρήματα, Διαλύματα			Αιωρήματα τσιμέντου, κονίαμα
	Μέσο έως λεπτόκοκκες άμμοι $5 \times 10^{-6} < K < 1 \times 10^{-4} \text{ m/s}$	Πολύ λεπτόκοκκα αιωρήματα, Διαλύματα, Ειδικά χημικά			
Ρηγματωμένος βράχος	Ρήγματα, ρωγμές, καρστικές μορφές $e > 100 \text{ mm}$		Κονιάματα με κύριο συστατικό του τσιμέντο, αιωρήματα με κύριο συστατικό το τσιμέντο	Κονιάματα, Αιωρήματα τσιμέντου με μικρό χρόνο πήξης. Διογκούμενες πολυουρεθάνες. Προϊόντα που αντιδρούν με το νερό.	
	Ρωγμές, διακλάσεις $0,1 \text{ mm} < e < 100 \text{ mm}$		Αιωρήματα με βάση τσιμέντου, Μικρολεπτόκοκκα αιωρήματα		
	Μικρορωγμές $e < 0,1 \text{ mm}$		Πολύ λεπτόκοκκα αιωρήματα, Πυριπικά πήγματα (gel), Ειδικά χημικά		
Έγκοιλα	Μεγάλα κενά			Κονιάματα, Αιωρήματα τσιμέντου με μικρό χρόνο πήξης. Διογκούμενες πολυουρεθάνες. Προϊόντα που αντιδρούν με το νερό	

(e = πλάτος ρωγμής)

4.5.4 Απαιτήσεις ελέγχου ενεμάτων

Για τον καθορισμό του βαθμού επιτυχίας των ενεματώσεων, πρέπει να εκτελούνται το συντομότερο δυνατό κατάλληλες δοκιμές ελέγχου, έτσι ώστε να παρέχεται η δυνατότητα άμεσης λήψης διορθωτικών μέτρων αν διαπιστωθούν αποκλίσεις από τις προβλέψεις της Μελέτης.

Τα χαρακτηριστικά των ενεμάτων πρέπει να ελέγχονται εργαστηριακά σε θερμοκρασία περιβάλλοντος 20 °C. Ωστόσο, εάν οι θερμοκρασιακές συνθήκες της περιοχής εφαρμογής των ενεμάτων διαφέρουν σημαντικά από τις συνθήκες του εργαστηρίου, πρέπει να γίνονται και επιτόπου δοκιμές, κατά τη διάρκεια των οποίων πρέπει να καταγράφονται οι όποιες μεταβολές της θερμοκρασίας.

Ο Πίνακας του Παραρτήματος C του Προτύπου ΕΛΟΤ EN 12715 συνοψίζει τις μεθόδους δοκιμής των πιο σημαντικών παραμέτρων όλων των τύπων των ενεμάτων (βλ. Παράρτημα Β της παρούσας).

Οι δοκιμές ελέγχου των ενεματώσεων εξαρτώνται από τον τύπο των ενεματώσεων και τον σκοπό που αυτές εξυπηρετούν και περιλαμβάνουν δοκιμές διαπερατότητας, επιτόπου και εργαστηριακές δοκιμές καθορισμού των μηχανικών χαρακτηριστικών των ενεματούμενων γεωυλικών, δοκιμαστικές εκσκαφές κλπ.

Τα στοιχεία που καταγράφονται κατά την εκτέλεση των διατρήσεων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον έλεγχο επίτευξης των στόχων των εργασιών ενεμάτωσης.

4.6 Απαιτήσεις μετρήσεων και καταγραφών

Οι εκδηλωμένες εδαφικές μετακινήσεις ή/και οι μετακινήσεις των παρακείμενων κατασκευών πρέπει να καταγράφονται με ακρίβεια με την εγκατάσταση των οργάνων που προβλέπονται στην Μελέτη, προκειμένου να διαπιστώνεται εγκαίρως εάν οι μετακινήσεις αυτές υπερβαίνουν τα καθορισμένα στη Μελέτη ανεκτά όρια.

Πρέπει να χρησιμοποιούνται ειδικά συστήματα καταγραφών συνδεδεμένα με ηλεκτρονικό υπολογιστή για:

α) Την παρακολούθηση των διατρήσεων των οπών ενεμάτωσης, η οποία περιλαμβάνει τις μετρήσεις, τους ελέγχους και την ερμηνεία των παραμέτρων διάτρησης.

β) Τις μετρήσεις και τους ελέγχους των παραμέτρων ενεμάτωσης για τους διάφορους τύπους ενεμάτων, που εισπνέζονται σε κάθε φάση των εργασιών.

Ειδικότερα κατά τη διάρκεια των διατρήσεων των οπών ενεμάτωσης είναι δυνατόν να καταγράφονται αυτομάτως οι ακόλουθες παράμετροι:

- 1) Ο ρυθμός διείσδυσης
- 2) Η πίεση και οι παροχές των υγρών
- 3) Η ανακλώμενη ενέργεια (σε περίπτωση κρουστικών διατρήσεων)
- 4) Η ταχύτητα περιστροφής
- 5) Η εφαρμοζόμενη ροπή στρέψης
- 6) Η ασκούμενη δύναμη
- 7) Το μήκος της διάτρησης

Η αξιολόγηση των παραπάνω καταγραφών παρέχει χρήσιμες πληροφορίες σε σχέση με πιθανές εναλλαγές των γεωλογικών και γεωτεχνικών συνθηκών.

Στο εργοτάξιο πρέπει να συντάσσονται και να τηρούνται αρχειοθετημένα και τα παρακάτω έγγραφα:

- 1) Ημερήσια καταγραφή των παρατηρήσεων σχετικά με τη διάτρηση και τις ενεματώσεις
- 2) Μηνιαία καταγραφή που να δείχνει την ημερήσια πρόοδο και την κατανάλωση ενέματος
- 3) Τελική έκθεση - αναφορά με τις απαραίτητες τεχνικές και ποσοτικές λεπτομέρειες που υπογράφεται από τον υπεύθυνο μηχανικό του εργοταξίου και εκπρόσωπό της Αρμόδιας Αρχής

- 4) Έκθεση μετά την ολοκλήρωση των εργασιών, στην οποία επιβεβαιώνεται ενυπόγραφα από τον Ανάδοχο και την Αρμόδια Αρχή η επίτευξη των κριτηρίων αποδοχής των εργασιών, όπως αυτά έχουν προκαθορισθεί σύμφωνα με τη Μελέτη.

Όλα τα προαναφερθέντα έγγραφα θεωρούνται ουσιώδη επιμετρητικά στοιχεία των εργασιών ενεμάτωσης.

5 Μεθοδολογία εκτέλεσης εργασιών

5.1 Εξοπλισμός

Η εκτέλεση των ενεματώσεων πρέπει να γίνεται από εξειδικευμένο και έμπειρο προσωπικό.

Για την εκτέλεση των ενεματώσεων γεωυλικών είναι απαραίτητος ο παρακάτω εξοπλισμός:

- (1) Εξοπλισμός διάτρησης και έμπτυξης
- (2) Εξοπλισμός ανάμιξης και ανάδευσης.
- (3) Εξοπλισμός άντλησης
- (4) Σωληνώσεις εισπίεσης
- (5) Παρεμβύσματα
- (6) Εξοπλισμός καταγραφών και ελέγχου των ιδιοτήτων των ενεμάτων.

Ειδικότερα επισημαίνεται ότι εξοπλισμός εισπίεσης των ενεμάτων πρέπει να αντέχει με ασφάλεια τη μέγιστη αναμενόμενη να ασκηθεί πίεση ενεμάτωσης.

Η συντήρηση του προαναφερθέντος εξοπλισμού κατά την διάρκεια των εργασιών ενεματώσεων πρέπει να γίνεται από ειδικευμένο και έμπειρο προσωπικό.

5.2 Διάτρηση οπών ενεμάτωσης

Η διάνοιξη των οπών των ενεματώσεων είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί με:

- περιστροφική διάτρηση
- κρουστική διάτρηση (με ή χωρίς σωλήνωση)
- διατρητικά εξαρτήματα όπως τρυπάνια, αρπάγες κλπ.

Η επιτυχής διάνοιξη οπών σε ασταθή γεωυλικά προϋποθέτει τη στήριξη των τοιχωμάτων τους με χρήση:

- στηριζόντων διατρητικών υγρών (π.χ. μπεντονίτη, νερού, αφρών κλπ)
- προσωρινής σωλήνωσης
- τεχνικών προοδευτικής στήριξης των τοιχωμάτων των οπών κατά τη διάνοιξη.

Οι διατρήσεις κάτω από την επιφάνεια του υπογείου υδροφόρου ορίζοντα (με ή χωρίς αρτεσιανισμό) πρέπει να γίνονται με διατήρηση αντίθετης σταθερής υπερπίεσης ύδατος ή άλλου στηριζόντος διατρητικού υγρού.

Η επιλογή των τεχνικών διάτρησης των οπών πρέπει να γίνεται με κριτήριο την μη παρεμπόδιση της μετέπειτα εκτέλεσης ενεματώσεων (ειδικά όσον αφορά τις ενδεχόμενες μεταβολές της αρχικής διαπερατότητας των γεωυλικών στο σημείο της ενεμάτωσης).

Η διάνοιξη νέων οπών είναι απαραίτητη σε αντικατάσταση όσων έχουν φραχθεί και όσων εμφανίζουν ανεπίτρεπτες γεωμετρικές αποκλίσεις από τις προβλεπόμενες θέσεις τους.

Οι οπές ενεματώσεων βράχου πρέπει να εκπλύνονται, αμέσως μετά τη διάνοιξη τους, για την απομάκρυνση συντριμμάτων και άλλων χαλαρών υλικών, αλλά και την περαιτέρω χαλάρωση των υπαρχουσών ρωγμών και διακλάσεων, εφόσον η εν λόγω βραχομάζα δεν είναι δυνατόν να επηρεαστεί δυσμενώς από την διαδικασία αυτή.

5.3 Παρασκευή ενέματος

Η αποθήκευση των συστατικών των ενεμάτων πρέπει να γίνεται έτσι ώστε να προστατεύονται ικανοποιητικά από τις καιρικές συνθήκες (ειδικά από τη θερμοκρασία και την υγρασία), αλλά και από πιθανή ρύπανση.

Η αποθήκευση των προετοιμασμένων ενεμάτων σε δεξαμενές πρέπει να εξασφαλίζει ότι οι ρεολογικές και οι υπόλοιπες ιδιότητες τους δεν πρόκειται να διαφοροποιηθούν σημαντικά.

Η μέτρηση των δόσεων των συστατικών υλικών των ενεμάτων πρέπει γίνεται με βαθμονομημένες δοσιμετρικές διατάξεις σύμφωνα με τις προβλεπόμενες αναλογίες και εντός των ορίων των ανοχών τους.

Οι χρησιμοποιούμενοι αναμικτήρες πρέπει να εξασφαλίζουν ότι το τελικό μείγμα είναι κατά το δυνατόν ομοιογενές.

Για την αδιάλειπτη παράδοση ενεμάτων με στερεά αιωρούμενα σωματίδια και την αποφυγή διαχωρισμού ή/και πρόωρης πήξης απαιτείται μια δεξαμενή ανάδευσης, τοποθετημένη μεταξύ των δεξαμενών ανάμιξης και του αντλητικού συγκροτήματος.

Ενέματα με ελάχιστο χρόνο πήξης πρέπει να αναμιγνύονται κατά το δυνατόν πλησιέστερα στο σημείο της εισπίεσής τους.

Οι αντλίες εισπίεσης συνιστάται να διαθέτουν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- (1) ρυθμιζόμενη παροχή του ενέματος
- (2) Ρυθμιζόμενη ταχύτητα εισπίεσης του ενέματος
- (3) ευχερή καθαρισμό και συντήρηση
- (4) ρύθμιση των βαλβίδων ανάλογα με το ιξώδες του εισπιεζόμενου ενέματος.

Η πίεση διοχέτευσης των ενεμάτων εντός των γεωυλικών πρέπει να μετράται όσο το δυνατόν πλησιέστερα στο σημείο έγχυσης.

Επισημαίνεται ότι τα χρησιμοποιούμενα συστήματα εισπίεσης των ενεμάτων πρέπει να έχουν την δυνατότητα εξομάλυνσης των μεταβολών των επιβαλλόμενων πιέσεων, μειώνοντας έτσι τον κίνδυνο πρόκλησης ανεπιθύμητων και μη αντιληπτών υδραυλικών θραύσεων των γεωυλικών.

Οι σωληνώσεις παροχέτευσης των ενεμάτων πρέπει να αντέχουν τη μέγιστη αναμενόμενη πίεση εφαρμογής με έναν επαρκή συντελεστή ασφαλείας.

Το εσωτερικό των σωλήνων εισπίεσης πρέπει να καθαρίζεται στο τέλος της κάθε φάσης έγχυσης των ενεμάτων.

Η ανάδευση των αιωρημάτων είναι αναγκαία μέχρι την εισπίεση τους εντός των γεωυλικών με σκοπό την αποφυγή ιζηματοποίησής τους.

5.4 Εισπίεση του ενέματος

Οι βασικές μέθοδοι διοχέτευσης των ενεμάτων είναι οι παρακάτω:

- (1) Εισπίεση εντός οπών σε ευσταθή γεωυλικά με ανυποστήρικτα τοιχώματα.
- (2) Εισπίεση εντός προσωρινά σωληνωμένων οπές, οι οποίες έχουν διανοιχθεί σε ασταθή γεωυλικά.
- (3) Εισπίεση μέσω κατάλληλης διάταξης του τρυπανιού διάνοιξης των οπών. Η φάση αυτή θεωρείται γενικά ως προ-ενεμάτωση και είναι δυνατόν να ακολουθείται από τις μεθόδους (1) ή (2).
- (4) Εισπίεση διαμέσου σωληνώσεως που ανακτάται κατά τα ανιόντα βήματα.

Οι τρόποι εκτέλεσης των ενεματώσεων γεωυλικών συνοψίζονται στον Πίνακα 4. Η έννοια του βήματος ορίζεται ως το προκαθορισμένο μήκος εισπίεσης του ενέματος, του οποίου τα δύο όρια προσδιορίζονται είτε

με χρήση δύο παρεμβυσμάτων σε συγκεκριμένες (κάθε φορά) θέσεις, είτε με τη χρήση ενός παρεμβύσματος προχωρώντας συνεχώς από τον πυθμένα της οπής προς το στόμιο της.

Πίνακας 4 – Μέθοδοι εκτέλεσης των ενεματώσεων γεωυλικών

	ΒΡΑΧΟΣ				ΕΔΑΦΟΣ		
	Σταθερός	Ασταθής			Διατρητικό Στέλεχος	Βαλβιδωτός σωλήνας	Στέλεχος ή σωλήνωση
	Ανοικτή οπή	Βαλβιδωτός σωλήνας					
Μονό βήμα	X			X	X		X
Πολλαπλά βήματα			X			X	
Ανιόντα βήματα	X		X	X	X	X	X
Κατιόντα βήματα		X	X			X	X

Οι ενεματώσεις εδαφικών υλικών μπορούν να επιτευχθούν με τη βοήθεια σωληνώσεων, στηριζόντων υγρών και βαλβιδωτών σωλήνων.

Οι βαλβιδωτοί σωλήνες, των οποίων οι βαλβίδες "σφραγίζονται" εντός του εδάφους με τη χρήση στηρίζοντος υγρού (π.χ. μπεντονικό αιώρημα), επιτρέπουν την επαναλαμβανόμενη εισπίεση ενέματος, λόγω της μικρής αντοχής της δημιουργούμενης στρώσης φίλτρου στη διεπιφάνεια μεταξύ των σωλήνων και των τοιχωμάτων των οπών.

Κατά την ενεμάτωση εδαφικών υλικών μπορεί να εφαρμοστεί και εισπίεση νερού μέσω των παρακείμενων βαλβιδωτών σωλήνων για την αποφυγή διαρροής του ενέματος.

Μεγάλα ανοίγματα (κενά, έγκοιλα, κτλ.) είναι δυνατόν να πληρωθούν με ενέματα δια βαρύτητας, είτε άμεσα, είτε μέσω σωλήνα εκτεινόμενου έως το πέρας αυτών.

Για την απομόνωση του κάθε βήματος ενεματώσεων πρέπει να χρησιμοποιούνται παρεμβύσματα. Τα παρεμβύσματα μπορεί να είναι παθητικά, μηχανικά, πνευματικά και πρέπει να έχουν αρκετό μήκος για τον αποφυγή παράκαμψης του ενέματος διαμέσου του υπό ενεμάτωση γεωυλικού. Επιπλέον τα παρεμβύσματα πρέπει να εξασφαλίζουν απόλυτο «σφράγισμα» μεταξύ των τοιχωμάτων της οπής και του σωλήνα εισπίεσης κατά την εφαρμογή της μέγιστης πίεσης ενεματώσεων.

Το μέγιστο βήμα των ενεματώσεων σε βράχο δεν πρέπει να ξεπερνά τα 10 m. Ωστόσο υπό συνθήκες έντονα κερματισμένης και διαταραγμένης βραχομάζας, το προαναφερθέν μήκος πρέπει να ρυθμίζεται κατάλληλα.. Το μέγιστο βήμα ενεματώσεων σε γαιώδη υλικά δεν πρέπει να ξεπερνά το 1,0 m.

Κατά τη διάρκεια ενεματώσεων υπό συνθήκες υπογείου ροής, πρέπει να λαμβάνονται μέτρα για την παρεμπόδιση της αραίωσης ή ολικής απώλειας του ενέματος. Τα μέτρα αυτά εξαρτώνται από το υπό ενεμάτωση γεωυλικό, τον σκοπό της ενεμάτωσης και την παροχή της υπόγειας ροής και είναι:

- (1) Η χρήση ενέματος με πολύ μικρό χρόνο πήξης (όπως ρητίνες που αντιδρούν με το νερό, ήτσιμεντενέματα με πυριτικό νάτριο).
- (2) Η χρήση ενέματος μεγάλου ιξώδους.
- (3) Η χρήση προσθέτων για τον περιορισμό της αραίωσης του ενέματος.

Η πίεση, ο όγκος και η παροχή εισπίεσης των ενεμάτων πρέπει να ρυθμίζονται κατά την εκτέλεση των ενεματώσεων για την αποφυγή ανεπιθύμητων μετακινήσεων και παραμορφώσεων του υπό ενεμάτωση γεωυλικού, εκτός εάν αυτό αποτελεί επιδίωξη της όλης διαδικασίας. Επισημαίνεται ότι ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται σε περιοχές γεινίασης με ευπαθείς κατασκευές.

Η παροχή του χρησιμοποιούμενου ενέματος κατά την εκτέλεση ενεματώσεων στεγανοποιήσεως πολλαπλών βημάτων εξαρτάται από το ιξώδες του και τα μήκη των βημάτων εφαρμογής.

5.5 Αλληλουχία ενεματώσεων

Ο γενικός σχεδιασμός των ενεματώσεων είναι μία συνεχής διαδικασία, καθ' όλη τη διάρκεια της οποίας απαιτείται συστηματική παρακολούθηση. Πιθανές αποφάσεις που σχετίζονται με αλλαγές στη μέθοδο ή στις παραμέτρους των εκτελούμενων ενεματώσεων, καθώς και με τη συνέχιση ή τον τερματισμό των ενεματώσεων, πρέπει να λαμβάνονται από κοινού με την Αρμόδια Αρχή.

Οι ενεματώσεις σε κατιόντα βήματα χρησιμοποιούνται συνήθως για τη βελτίωση ασταθούς βραχομάζας και, εφόσον εκτελούνται σε κατιόντα βήματα μέσω διαφορετικών οπών, το ανώτερο στάδιο σε όλες τις οπές πρέπει να ενεματώνεται πριν διατρηθεί και ενεματωθεί το επόμενο (κατώτερο) στάδιο σε όλες τις γειτονικές οπές.

Οι ενεματώσεις σε ανιόντα βήματα εφαρμόζονται μόνο σε ανοικτές οπές σε σταθερό βράχο ή όταν στόχος είναι η συμπίκνωση.

Ενεματώσεις πολλαπλών σταδίων με χρήση βαλβιδωτών σωλήνων χρησιμοποιούνται συνήθως σε γαιώδη εδάφη και μερικές φορές σε ασταθείς βραχομάζες.

Η εκτέλεση ενεματώσεων με τη μέθοδο της σταδιακής πύκνωσης της απόστασης μεταξύ των οπών εισπίεσης συνοψίζεται ως εξής:

- 1) Αρχικά διανοίγονται και ενεματώνονται οι πρωτογενείς οπές.
- 2) Στη συνέχεια διανοίγονται και ενεματώνονται ενδιάμεσως των πρωτογενών οπών οι δευτερογενείς οπές.
- 3) Η πύκνωση του δικτύου των προαναφερθεισών οπών ενεμάτωσης μπορεί να περιλαμβάνει τις διανοίξεις και ενεματώσεις τριτογενών ή και τεταρτογενών οπών.

Η μέθοδος αυτή μπορεί να εφαρμοσθεί:

α) για την εξασφάλιση ομοιόμορφης ενεμάτωσης μιας ζώνης

β) για τον καθορισμό, με βάση την αποκτηθείσα εμπειρία, ζωνών που για την επιτυχή ενεμάτωσή τους απαιτούνται κοντινά διατεταγμένες οπές.

Όταν μια οπή χαρακτηρίζεται ως πρωτογενής πρέπει να αποτελεί και διερευνητική οπή ενέματος. Ως πρωτογενείς ορίζονται οι οπές που διανοίγονται εκτός των περιοχών όπου έχουν προηγηθεί δοκιμές ενεματώσεων.

Για τον περιορισμό της πλευρικής διάχυσης του ενέματος, εκτός των ορίων της προκαθορισμένης περιοχής ενεμάτωσης, οι εισπίεσεις πρέπει να ξεκινούν στην περίμετρο της υπό εξυγίανση ζώνης και να προχωρούν προοδευτικά προς το εσωτερικό της. Ωστόσο η διαδικασία αυτή δεν πρέπει να εφαρμόζεται όταν υπάρχει κίνδυνος εγκλωβισμού του υπογείου νερού ή αν ο στόχος των σχετικών εργασιών είναι η εξαγωγή του νερού από τη ζώνη ενεμάτωσης.

6 Κριτήρια αποδοχής περαιωμένων εργασιών

Η συμμόρφωση με την κατασκευαστική μεθοδολογία που περιγράφηκε παραπάνω είναι ουσιώδης για την επιτυχή ενεμάτωση των γεωυλικών. Προς τούτο απαιτείται συστηματική επίβλεψη των εργασιών καθ' όλα τα στάδια εκτέλεσής τους, προκειμένου να λαμβάνονται άμεσα τα τυχόν απαιτούμενα διορθωτικά μέτρα.

Για την αποδοχή των περαιωμένων εργασιών απαιτείται ο πλήρης έλεγχος των στοιχείων των καταγραφών που αναφέρονται στην παράγραφο 4.6 της παρούσας.

7 Τρόπος επιμέτρησης εργασιών

7.1 Διάτρηση οπής

Η επιμέτρηση της διάνοιξης των οπών ενεματώσεων γίνεται σε μέτρα μήκους οπών που διατρήθηκαν και έγιναν αποδεκτές με βάση τους όρους της παρούσας και της Μελέτης.

Η επιμέτρηση διακρίνεται ανάλογα με τη διάμετρο της οπής ή/και με διαβάθμιση του μήκους.

Λαμβάνεται υπόψη η προβλεπόμενη στη Μελέτη διάμετρος της οπής για όλο το μήκος της, ανεξαρτήτως τυχόν ενδιάμεσων διευρύνσεων οι οποίες απαιτήθηκαν για την επίτευξη της τελικά επιθυμητής διαμέτρου.

Στις ως άνω επιμετρούμενες μονάδες εργασιών περιλαμβάνονται:

- (1) Η προμήθεια όλων των απαραίτητων υλικών (νερού ή άλλου διατρητικού υγρού), μικροϋλικών και αναλωσίμων
- (2) Η μεταφορά από οποιαδήποτε απόσταση και προσωρινή αποθήκευσή τους
- (3) Η φθορά και απομείωση των υλικών και η απόσβεση και οι σταλίες του εξοπλισμού
- (4) Η διάθεση του απαραίτητου προσωπικού και εξοπλισμού για τη διάτρηση των οπών
- (5) Η τοποθέτηση και εξαγωγή σωληνώσεων που μπορεί να απαιτηθούν κατά τη διάτρηση
- (6) Ο καθαρισμός και έκπλυση της οπής
- (7) Η φορτοεκφόρτωση, μεταφορά σε οποιαδήποτε απόσταση, διάστρωση των προϊόντων διάτρησης
- (8) Η πραγματοποίηση όλων των απαιτούμενων δοκιμών, ελέγχων και καταγραφών σύμφωνα με την παρούσα Προδιαγραφή, καθώς και η λήψη διορθωτικών μέτρων (εργασία και υλικά), εάν διαπιστωθούν μη συμμορφώσεις, κατά τις δοκιμές και τους ελέγχους.

Η παραμένουσα σωλήνωση εντός της οπής μετά από ειδική εντολή της Αρμόδιας Αρχής ή όταν υπάρχει σχετική πρόβλεψη στη Μελέτη, επιμετρύται ιδιαίτερα σε χιλιόγραμμα.

7.2 Ενεματώσεις με ή χωρίς εκτόπιση του γεωυλικού

Η επιμέτρηση των ενεματώσεων με ή χωρίς εκτόπιση γεωυλικού γίνεται σε κυβικά μέτρα ενέματος, που εισπιάστηκε και έγινε αποδεκτό σύμφωνα με τους όρους της παρούσας Τεχνικής Προδιαγραφής, με διάκριση ανάλογα με την εφαρμοζόμενη πίεση, σύμφωνα με τα καθοριζόμενα στα Συμβατικά Τεύχη του Έργου. (π.χ. πίεση μικρότερη των 5 MPa, πίεση από 5 έως 20 MPa και πίεση μεγαλύτερη των 20 MPa).

Στις ως άνω επιμετρούμενες μονάδες εργασιών περιλαμβάνονται:

- (1) Η προμήθεια του νερού, διάφορων άλλων μικροϋλικών και αναλωσίμων
- (2) Η μεταφορά από οποιαδήποτε απόσταση και προσωρινή αποθήκευσή τους
- (3) Η μεταφορά από οποιαδήποτε απόσταση και προσωρινή αποθήκευση όλων των απαραίτητων υλικών για τη σύσταση του σιμεντενέματος
- (4) Η φθορά και απομείωση των υλικών και η απόσβεση και οι σταλίες του εξοπλισμού
- (5) Η διάθεση του απαραίτητου προσωπικού και εξοπλισμού για την ανάμιξη, μεταφορά και εισπίαση του ενέματος
- (6) Η σύνδεση της γραμμής παροχής ενέματος στις οπές για την εκτέλεση των ενεματώσεων
- (7) Το καλαφάτισμα και σφράγιση των ρωγμών από τις οποίες διαρρέει ένεμα
- (8) Η αφαίρεση των σωλήνων των στομιών από τις οπές ενεμάτωσης, τον έλεγχο και την απόρριψη ακάθαρτου νερού και άχρηστου ενέματος
- (9) Η πραγματοποίηση των απαιτούμενων δοκιμών, ελέγχων και καταγραφών σύμφωνα με την παρούσα, καθώς και η λήψη διορθωτικών μέτρων (εργασία και υλικά), εάν διαπιστωθούν μη συμμορφώσεις, κατά τις δοκιμές και τους ελέγχους.

Όλα τα συστατικά παραγωγής του ενέματος εκτός από το νερό και τα πρόσθετα (admixtures) επιμετρώνται ιδιαίτερα κατ' είδος, σύμφωνα με τις εγκεκριμένες αναλογίες ανάμιξης, με βάση την αποδεκτή ποσότητα ενεμάτωσης.

Οι δοκιμές διαπερατότητας και οι δοκιμαστικές ενεματώσεις που αναφέρονται στην παρούσα Τεχνική Προδιαγραφή επιμετρούνται ιδιαίτερα, σύμφωνα με τα καθοριζόμενα στα Συμβατικά Τεύχη του Έργου.

Παράρτημα Α (πληροφοριακό)

Όροι υγείας, ασφάλειας και προστασίας του περιβάλλοντος

A.1 Γενικά

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

Πρέπει επίσης να τηρούνται αυστηρά τα καθοριζόμενα στα εγκεκριμένα ΣΑΥ/ΦΑΥ του Έργου, σύμφωνα με τις Υπουργικές Αποφάσεις ΓΓΔΕ/ΔΙΠΑΔ/οικ/889 (ΦΕΚ/16 Β'/14-01-2003) και ΓΓΔΕ/ΔΙΠΑΔ/οικ/177 (ΦΕΚ/266 Β'/14-01-2001).

A.2 Πηγές κινδύνου κατά την εκτέλεση των εργασιών

- (1) Σκόνης από κονιοποιημένα χημικά που είναι τοξικά στο δέρμα, τα μάτια ή το αναπνευστικό σύστημα
- (2) Ατμοί που απελευθερώνονται από υγρά μίγματα ενεμάτων
- (3) Συστατικά ενεμάτων ή ενέματα που είναι επιβλαβή στην επαφή με το δέρμα
- (4) Μόλυνση του υπογείου νερού
- (5) Ανάμιξη χημικών που μπορεί να προκαλέσει έκρηξη
- (6) Διάθεση απορριμμάτων ή απορριφθέντος νερού
- (7) Μεταφορά, απόθεση και διακίνηση των υλικών, όπου ισχύουν όλες οι διαδικασίες χρήσης ανυψωτικών μηχανημάτων.
- (8) Εκτέλεση της διάτρησης με το γεωτρύπανο.
- (9) Διαδικασία παραγωγής τσιμεντενέματος και εισπίεσης μέσω των ευκάμπτων σωλήνων.
- (10) Πιθανές μετακινήσεις εδάφους και όμορων κατασκευών
- (11) Αλλαγές της στάθμης του υπογείου νερού
- (12) Εξάπλωση του ενέματος
- (13) Κίνδυνος μεταφοράς βαριών αντικειμένων.
- (14) Εργασία σε συνθήκες θορύβου.

A.3 Μέτρα υγείας και ασφάλειας

Είναι υποχρεωτική η συμμόρφωση προς την οδηγία 92/57/ΕΕ, που αναφέρεται στις «Ελάχιστες Απαιτήσεις Υγείας και Ασφάλειας Προσωρινών και Κινητών Εργοταξίων» (όπως ενσωματώθηκε στην Ελληνική Νομοθεσία με το ΠΔ 305/96) και προς την Ελληνική Νομοθεσία περί υγείας και ασφάλειας (Π.Δ. 17/96 και Π.Δ. 159/99 κ.λπ.).

Για την εκτέλεση των εργασιών απαιτείται η χρησιμοποίηση βαρέως εξοπλισμού και ηλεκτροεργαλείων ή εργαλείων πεπιεσμένου αέρα. Ο χειρισμός του εξοπλισμού αυτού θα γίνεται μόνον από έμπειρο αδειούχο γερανίστα.

Όταν χρησιμοποιούνται χημικές ουσίες, απαιτείται λήψη προστατευτικών μέτρων κατά περίπτωση, από το προσωπικό εκτέλεσης των εργασιών, σύμφωνα με τα καθοριζόμενα στο Δελτίο Δεδομένων Ασφαλείας Υλικού του εκάστοτε παραγωγού των υλικών (Material Safety Data Sheet, MSDS).

Οι εργαζόμενοι πρέπει σε κάθε περίπτωση να είναι εφοδιασμένοι με τα απαιτούμενα Μέσα Ατομικής Προστασίας (ΜΑΠ), ανάλογα με το αντικείμενο και τη θέση των προς εκτέλεση εργασιών καθώς και τον τύπο του εξοπλισμού που χρησιμοποιείται. Τα ΜΑΠ πρέπει να είναι σε καλή κατάσταση, χωρίς φθορές, να φέρουν σήμανση CE και Δήλωση Συμμόρφωσης σύμφωνα με τις διατάξεις του καν. (ΕΕ) 2016/425 και να εμπίπτουν στα ακόλουθα Πρότυπα:

Πίνακας Α.1 – Απαιτήσεις για τα ΜΑΠ

Είδος ΜΑΠ	Σχετικό Πρότυπο
Μέσα προστασίας της αναπνοής - Μάσκες ολοκλήρου προσώπου - Απαιτήσεις, δοκιμές, σήμανση	ΕΛΟΤ EN 136
Μέσα προστασίας της αναπνοής- Φίλτρα αερίων και φίλτρα συνδυασμού - Απαιτήσεις, δοκιμές, σήμανση	ΕΛΟΤ EN 140
Μέσα προστασίας της αναπνοής - Φίλτρα για σωματίδια - Απαιτήσεις, δοκιμές, σήμανση	ΕΛΟΤ EN 143
Μέσα προστασίας της αναπνοής - Φιλτράσκειες για προστασία έναντι σωματιδίων - Απαιτήσεις, δοκιμές, σήμανση	ΕΛΟΤ EN 149
Γάντια προστασίας έναντι μηχανικών κινδύνων	ΕΛΟΤ EN 388
Βιομηχανικά κράνη ασφαλείας	ΕΛΟΤ EN 397
Μέσα προστασίας της ακοής - Γενικές απαιτήσεις - Μέρος 1: Ωτοασπίδες	ΕΛΟΤ EN 352-1
Μέσα προστασίας της ακοής - Γενικές απαιτήσεις - Μέρος 2: Ωτοβύσματα	ΕΛΟΤ EN 352-2
Μέσα προστασίας της ακοής - Γενικές απαιτήσεις - Μέρος 3: Ωτοασπίδες προσαρτημένες σε διατάξεις προστασίας κεφαλής ή/και προσώπου	ΕΛΟΤ EN 352-3
Μέσα προστασίας της ακοής - Απαιτήσεις ασφάλειας - Μέρος 4: Ωτοασπίδες με εξασθένιση εξαρτώμενη από τη στάθμη του θορύβου	ΕΛΟΤ EN 352-4
Μέσα προστασίας της αναπνοής - Φιλτράσκειες με βαλβίδα για προστασία από αέρια ή αέρια και σωματίδια - Απαιτήσεις, δοκιμές, σήμανση	ΕΛΟΤ EN 405
Προστατευτική ενδυμασία - Γενικές απαιτήσεις	ΕΛΟΤ EN ISO 13688
Μέσα ατομικής προστασίας - Υποδήματα τύπου ασφαλείας	ΕΛΟΤ EN ISO 20345
Protective clothing - Guidelines for selection, use, care and maintenance of chemical protective clothing	CEN/TR 15419

Όλες οι επί μέρους μηχανικές διατάξεις θα συμμορφώνονται προς τα ισχύοντα Πρότυπα για την Ασφάλεια των Μηχανών

Ειδικές απαιτήσεις του εξοπλισμού μεταφοράς των χρησιμοποιούμενων ρευστών λόγω ανάπτυξης υψηλών πιέσεων.

Διαχείριση και απομάκρυνση των εξερχόμενων άχρηστων υλικών και αποφυγή μόλυνσης του περιβάλλοντος.

Τα γεωτρήματα θα ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις του Προτύπου ΕΛΟΤ EN 791.

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

Επισημαίνεται ότι για όλες τις εργασίες ενεματώσεων και κατά τη διάρκεια εκτέλεσής τους το προσωπικό πρέπει να φορά ρούχα και γάντια προστασίας, καθώς τα περισσότερα χημικά ενέματα περιέχουν μερικά συστατικά, τα οποία είναι τοξικά στο δέρμα. Επιπλέον πρέπει να είναι διαθέσιμες μάσκες προσώπου για τους εργάτες που δουλεύουν σε κλειστές περιοχές, όπου οι ατμοί από τα ενέματα ή η σκόνη από τα συστατικά των ενεμάτων είναι δυνατόν να εισπνευσθούν. Κράνη προστασίας πρέπει να είναι διαθέσιμα για όλους τους εργάτες του εργοταξίου. Γυαλιά ασφαλείας πρέπει να είναι διαθέσιμα για όλους τους εργάτες σε περιοχές όπου εκτελούνται οι εισπιέσεις των ενεμάτων. Τονίζεται ότι μεγάλα τεμάχια εποξειδικών ή πολυεστερικών ρητινών συχνά παράγουν σημαντικές ποσότητες θερμότητας και γι' αυτό ο χειρισμός τους πρέπει να γίνεται με προσοχή.

Παράρτημα Β
(πληροφοριακό)
Ενδεικτικοί τύποι ενεμάτων για διάφορους τύπους γεωυλικών

Table B.1 — Indicative grouts for different types of ground

Host medium	Range	Non-displacement grouting			Displacement Grouting
		Permeation	Rock or contact grouting	Bulk filling	Compaction, fracture and compensation grouting
Granular soil	Gravel, coarse sand and sandy gravel	Pure cement suspension, Cement based suspensions	n/a	n/a	Cement based grouts, Mortar
	Coarse to medium sand	Microfine or ultrafine suspensions, Silicate gels	n/a	n/a	Cement based grouts, Mortar
	Fine sand	Silicate gels Special chemicals	n/a	n/a	Cement based grouts, Mortar
Fissured/ jointed rock	Faults, cracks, joints, voids or channels with openings $e > 50$ mm	n/a	Cement based mortars, Cement based suspensions (clay filler), polyurethane grouts	Mortars, Cement based Suspensions Polyurethane grouts	n/a
	Fissures/joints $1 \text{ mm} < e < 50 \text{ mm}$	n/a	Cement and fine cement-based suspensions	n/a	Cement and fine cement-based suspensions
	Fissures/joints $0,1 \text{ mm} < e < 1 \text{ mm}$	n/a	Fine and microfine cement-based suspensions	n/a	Cement and fine cement-based suspensions
	Micro fissures/joints $e < 0,1 \text{ mm}$	n/a	Microfine/ultrafine suspensions Silicate gels, Special chemical grouts	n/a	Cement and fine cement-based suspensions
Cavity	Large voids or karst features	n/a	n/a	Cement based mortars Cement based, suspensions with short setting time Expansive polyurethane, Other water reactive products	n/a

NOTE e = fissure aperture (mm)

Μετρήσεις παραμέτρων ενεμάτων σύμφωνα με τον Πίνακα C.1 του Προτύπου ΕΛΟΤ EN 12715:2021

	Parameter	Unit	Measuring apparatus/method	Applicable standard	Application	Chemical grout	Cement suspension	Mortar	Remarks
1	Density	[g/cm ³]	Mud Balance	EN ISO 10414-1	Lab and site	N	A	N	
		[g/cm ³]	Pycnometer and scale	N/A	Lab	A	A	N	
		[g/cm ³]	Hydrometer (suitable graduation)	N/A	Lab and site	A	N	N	
2	Marsh Apparent Viscosity	[s/l] [s/qt]	Marsh funnel (standard, orifice diameter = 4,75 mm)	EN ISO 10414-1	Lab and site	N	A	N	see R1-R2
3	Modified Marsh Apparent Viscosity	[s/l] [s/qt]	Modified Marsh funnel, other nozzles (orifice diameter = 8, 10, 12 mm)	N/A	lab and site	N	A	N	see R1-R2
4	Flow Cone (Apparent viscosity)	[s]	Flow Cone (orifice 12,75mm)	ASTM C939	Lab and site	N	N	A	see R1-R3
5	Viscosity (apparent and plastic)	[cP = mPa*s]	Coaxial viscometer (Rheometers)	EN ISO 10414-1	Lab	A	A	N/A	see R1 and R4
6	Cohesion (Yield point, Yield stress)	[Pa]	Rheometer (direct indicating viscometer, coaxial viscometer)	EN ISO 10414-1	Lab	A	A	N	see R1 and R4
		[mm]	Cohesion Plate or equivalent Vane Shear Test	N/A	Lab and site				see R1 and R5
7	Bleeding rate (Sedimentation rate)	[%]	Graduated transparent cylinder	N/A	Lab and site	N	A	A	see R6
8	Stability under pressure (Water retention capacity)	[kpf = min ^{-0,5}]	Filter press (low pressure)	EN ISO 10414-1	Lab and site	N/A	A	A	see R7
9	Consistency (slump)	[mm]	Slump cone test set (Abrams cone)	EN 12350-2	Lab and site	N	N	A	see R8

	Parameter	Unit	Measuring apparatus/method	Applicable standard	Application	Chemical grout	Cement suspension	Mortar	Remarks
10	Setting time	[hr/min/s]	Overtured glass beaker	N/A	Lab and site	A	A	N	see R9
			Gel-meter	N/A	Lab	A	A	N	
			Vicat or Gillmore apparatus	N/A	Lab	N	A	N	
11	Mechanical Resistance	[hr/min/s]	Vane test, Unconfined compression test, Triaxial Compression Test	N/A	Lab	A	A	A	see R10
12	Durability	N/A	Pin-hole test, permeability test vs. time, Chemical analysis	N/A	Lab	A	A	A	see R11
13	Filtration Stability	mm	Suction filtration device, etc.	EN 14497	Lab	N	A	N	see R12
<p>N/A = Not Available N = Not applicable/not generally used A = Applicable</p>									

Βιβλιογραφία

- [1] Ν.1568/85 (ΦΕΚ 177Α/18.10.85), "Περί υγιεινής και ασφάλειας εργαζομένων".
- [2] Π.Δ. 17/96 (ΦΕΚ 11Α/96), "Εφαρμογή μέτρων για την προώθηση της βελτίωσης της υγιεινής και ασφάλειας των εργαζομένων" σε συμμόρφωση με την οδηγία 89/391/ΕΟΚ και 91/383/ΕΟΚ, όπως τροποποιήθηκε με το Π.Δ. 159/99.
- [3] Π.Δ. 105/95 (ΦΕΚ 67Α/95), "Ελάχιστες προδιαγραφές για την σήμανση ασφάλειας ή / και υγείας στην εργασία, σε συμμόρφωση με την Οδηγία 92/58/ΕΟΚ".
- [4] Π.Δ. 305/96 (ΦΕΚ 212Α/29.8.96), "Ελάχιστες προδιαγραφές ασφάλειας και υγείας που πρέπει να εφαρμόζονται στα προσωρινά ή κινητά εργοτάξια έργων, 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 τα εν λόγω Π.Δ.
- [5] Π.Δ.338/2001 (ΦΕΚ 227Α/2001), Προστασία της υγείας και ασφάλειας των εργαζομένων κατά την εργασία από κινδύνους οφειλόμενους σε χημικούς παράγοντες.
- [6] Π.Δ. 396/94 (ΦΕΚ 220Α/94), "Ελάχιστες προδιαγραφές ασφάλειας και υγείας για την χρήση απ' τους εργαζόμενους εξοπλισμών ατομικής προστασίας κατά την εργασία, σε συμμόρφωση με την οδηγία 89/656/ΕΟΚ".
- [7] Π.Δ 397/94 (ΦΕΚ 221Α/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.
- [8] 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
- [9] Εθνική Τεχνική Προδιαγραφή «Ελληνικές Ιπτάμενες Τέφρες» (Απόφαση αριθ. ΔΙΠΑΔ/οικ. 281/Φ200. ΦΕΚ 551/Β/18-4-2007)
- [10] Υ.Α. 269357/1-9-2022 "Αδρανή υλικά τα οποία προορίζονται για χρήση στα δημόσια έργα" (Β' 4823).