

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΩΝ
ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΑΓΩΓΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ
ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΓΙΑ
ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΝΟΣ ΔΙΚΤΥΟΥ ΥΔΡΕΥΣΗΣ**

**Εκπόνηση:
Ντεϊμεντές Γεώργιος**

**Επιβλέπων καθηγητής:
Σαραντόπουλος Ανδρέας**

ΠΑΤΡΑ 2013

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Από πολύ νωρίς οι κάτοικοι περιοχών φτωχών σε βροχοπτώσεις αναγκάστηκαν να αναπτύξουν πρωτογενή συστήματα συλλογής και διαχείρισης του νερού για την υδροδότηση της περιοχής τους, τα οποία εξελίχθηκαν με το πέρασμα του χρόνου και την πρόοδο της τεχνολογίας. Υδραγωγεία, κρήνες, φρεάτια, δεξαμενές αποθήκευσης νερού, δίκτυα διανομής και μεταγενέστερα κατασκευή φραγμάτων, εγκαταστάσεων επεξεργασίας του νερού και εργαστηρίων ποιοτικού του ελέγχου, αλλά και έργα αποχέτευσης και επεξεργασίας λυμάτων, αρδευτικά και αντιπλημμυρικά είναι μερικές πτυχές από την ιστορική πορεία των έργων που εδώ και χιλιάδες χρόνια αναπτύσσονται για την εξασφάλιση της υδροδότησης, της υγιεινής και της ποιότητας ζωής των ανθρώπων.

Σήμερα όταν αναφερόμαστε στον όρο δίκτυο ύδρευσης εννοούμε το σύνολο των αγωγών που μεταφέρουν το διυλισμένο νερό από τις κατά τόπους Μονάδες Επεξεργασίας Νερού (Μ.Ε.Ν) μέχρι τους υδρομετρητές των καταναλωτών.

Για τη σωστή διαχείριση του νερού, ενός πολύτιμου πλέον αγαθού, απαιτείται τόσο η ορθή εκλογή των κατάλληλων υλικών των αγωγών καθώς και των ειδικών τεμαχίων που θα χρησιμοποιηθούν, όσο και η σωστή εκτέλεση των απαιτούμενων εργασιών για την κατασκευή ενός δικτύου ύδρευσης.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Για την επιτυχημένη και ασφαλή υδροδότηση πόλεων και οικισμών σημαντικό ρόλο παίζει από τη μία η ορθή επιλογή αγωγών κατάλληλων για την εκάστοτε περίπτωση και από την άλλη η μελετημένη, οργανωμένη και βέβαια ορθή εκτέλεση των απαιτούμενων, βάσει εγκεκριμένων σχεδίων, εργασιών.

Η παρούσα μελέτη αφορά τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των αγωγών που προορίζονται για την κατασκευή ενός δικτύου ύδρευσης καθώς και τις απαιτούμενες εργασίες για την κατασκευή και ολοκλήρωση του δικτύου.

Όλες τα στάδια εργασιών από τη διαδικασία παραγωγής ενός αγωγού από συγκεκριμένο υλικό στο εργοστάσιο, τη συσκευασία, μεταφορά, τοποθέτηση και σύνδεση του με άλλο αγωγό στο εργοτάξιο γίνονται με βάση τα αντίστοιχα Διεθνή Πρότυπα καθώς και τις αντίστοιχες Τεχνικές Προδιαγραφές.

Επίσης, γίνεται αναφορά και στα διάφορα ειδικά τεμάχια που χρησιμοποιούνται για την ορθή συνδεσμολογία των αγωγών ενός δικτύου ύδρευσης τα οποία με τη σειρά τους έχουν παραχθεί βάσει συγκεκριμένων κοινώς αποδεκτών προτύπων.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΑΓΩΓΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ	1
1.1 ΧΑΛΚΟΣΩΛΗΝΕΣ	2
1.2 ΧΑΛΥΒΔΟΣΩΛΗΝΕΣ	3
1.2.1 Χαλύβδινοι υδροσωλήνες	5
1.2.2 Συμβατικά συστήματα επικάλυψης	7
1.2.3 Χαλυβδοσωλήνες με εξωτερική επένδυση από ασφαλτικά υλικά	8
1.2.4 Χαλυβδοσωλήνες με εσωτερική επένδυση από ασφαλτικά υλικά	8
1.2.5 Χαλυβδοσωλήνες με εσωτερική προστασία τσιμέντου και εξωτερική προστασία πολυαιθυλενίου	9
1.3 ΣΩΛΗΝΕΣ ΑΠΟ ΕΛΑΤΟ ΧΥΤΟΣΙΔΗΡΟ	10
1.3.1 Σωλήνες από ελατό χυτοσίδηρο με εσωτερική επένδυση τσιμεντοκονίας	12
1.4 ΣΩΛΗΝΕΣ ΠΟΛΥΑΙΘΥΛΕΝΙΟΥ	13
1.5 ΣΩΛΗΝΕΣ ΑΠΟ ΣΚΛΗΡΟ PVC (PVC-U)	16
1.6 ΣΩΛΗΝΕΣ ΑΠΟ ΠΟΛΥΕΣΤΕΡΑ	20
1.6.1 ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΣΩΛΗΝΩΝ	23
1.6.1.1 Βάση υδροστατικού σχεδιασμού (Hydrostatic Design Basis - HDB)	23
1.6.1.2 Συντελεστής Poisson ή θερμικός συντελεστής	24
1.6.1.3 Συντελεστής ροής, ταχύτητες ροής και ύψος τριβών	24
1.6.1.4 Υδραυλικό πλήγμα	25
1.6.2 ΕΙΔΙΚΑ ΤΕΜΑΧΙΑ	26
1.6.2.1 Σύνδεσμοι σωλήνων	26
1.6.2.1.1 Σύνδεσμοι από υαλοπλισμένο πολυεστερικό πλαστικό	26
1.6.2.1.2 Μηχανικοί σύνδεσμοι	27
1.6.2.1.3 Φλάντζες	27
1.6.2.1.4 Συμπληρωματικά εξαρτήματα	27
1.7 ΣΩΛΗΝΕΣ ΑΜΙΑΝΤΟΝΤΙΜΕΝΤΟΥ	29
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΥΔΡΕΥΣΗΣ	31
2.1 ΓΕΝΙΚΑ	31
2.2 ΕΚΣΚΑΦΕΣ	31
2.2.1 Γενικά	31
2.3 ΒΑΣΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ	32
2.3.1 Στάθμες και κλίσεις πυθμένα	32
2.3.2 Βάθος σκάμματος	32
2.3.3 Πλάτος λαρίδας εργασίας	33
2.3.4 Πλάτος ορύγματος	33

2.4 ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΕΡΓΑΣΙΩΝ	36
2.4.1 Προκαταρκτικές εργασίες	36
2.4.2 Μόρφωση του πυθμένα και των πρανών	37
2.4.3 Έλεγχος επιφανειών και υπόγειων υδάτων	37
2.4.4 Αναπετάσεις, φορτοεκφορτώσεις, μεταφορές	38
2.4.5 Αντιστηρίξεις	38
2.4.6 Σταθεροποίηση πυθμένα σκάμματος	40
2.4.7 Υποστηρίξεις αγωγών Οργανισμών Κοινής Ωφελείας	40
2.4.8 Περιφράγματα – Φράγματα προστασίας	41
2.5 ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΑΓΩΓΩΝ	42
2.5.1 Προμήθεια και παραλαβή σωλήνων	42
2.5.2 Μεταφορά, αποθήκευση αγωγών και ειδικών τεμαχίων	43
2.5.3 Κοπή σωλήνων	43
2.5.4 Τοποθέτηση σωλήνων	44
2.5.5 Συναρμολόγηση σωλήνων	44
2.5.6 Μόνωση ραφών και οργάνων στο εργοτάξιο	47
2.5.7 Σώματα αγκύρωσης	48
2.5.8 Εγκιβωτισμός αγωγών με άμμο λατομείου	49
2.5.9 Δοκιμές αντοχής και στεγανότητας	50
2.5.10 Παραλαβή έργου	53
2.5.11 Τελικές εργασίες	54
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΩΝ	55
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	61

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. Υλικά κατασκευής αγωγών δικτύων ύδρευσης

Γενικά

Τα δίκτυα ύδρευσης («υδροδιανομής») σύμφωνα με την Τ.Ο.ΤΕΕ 2411/86 – σελ. 17) χαρακτηρίζονται τόσο από τις σωληνώσεις κεντρικής διανομής του νερού, δηλαδή αυτές που μεταφέρουν νερό από τον δημοτικό αγωγό υδροδότησης (αμέσως μετά το μετρητή) στους διάφορους κλάδους της εγκατάστασης, όσο και τις επί μέρους τροφοδοτήσεις όλων των καταναλώσεων μέσα στο κτίριο. Δηλαδή το σύστημα υδροδιανομής περιλαμβάνει οριζόντια και κατακόρυφα τμήματα και διακλαδώσεις της κεντρικής διανομής όπως και τροφοδοτικές σωληνώσεις σύνδεσης με τα σημεία κατανάλωσης (υδραυλικοί υποδοχείς).

Τα κριτήρια εκλογής των υλικών είναι τεχνικά και οικονομικά. Οι σωληνώσεις και τα ειδικά τεμάχια που είναι απαραίτητα για τη δημιουργία των δικτύων πρέπει να διαθέτουν ικανοποιητικά χαρακτηριστικά αντοχής, μορφής, εγγυημένης ποιότητας κατασκευής και καταλληλότητας υλικών.

Από την ποιότητα του εδάφους και τον κίνδυνο εξωτερικής οξείδωσης των αγωγών εξαρτάται αν επιλεγούν σωλήνες με εξωτερική επένδυση και ποια θα είναι η καταλληλότερη. Από την ποιότητα του νερού εξαρτάται αν επιλεγεί εσωτερική επένδυση και ποια θα είναι. Από την πίεση λειτουργίας, την υδροστατική πίεση και τα υδραυλικά πλήγματα εξαρτάται η αντοχή των υλικών που θα επιλεγούν. Ειδικότερα πρέπει να διαθέτουν:

- επαρκή μηχανική αντοχή σε σχέση με τις πιέσεις που επικρατούν στις εγκαταστάσεις
- να είναι κατασκευασμένες από υλικό κατάλληλο για το νερό που διοχετεύουν
- πρέπει να μη διευκολύνουν τη συσσώρευση αλάτων ή καταλοίπων που μπορεί να οδηγήσουν σε απόφραξη
- να έχουν διαστάσεις κατάλληλες για τις παροχές για τις οποίες προορίζονται.

Όλα τα υλικά που χρησιμοποιούνται σε μία εγκατάσταση ύδρευσης πρέπει (Τ.Ο.ΤΕΕ 2411/86) να αντέχουν σε εσωτερική πίεση τουλάχιστον 1 Μρα (10 bar). Με κριτήριο το βασικό υλικό (πρώτη ύλη) κατασκευής σωλήνων ύδρευσης που επιτρέπεται να επιλεγούν για την κατασκευή δικτύων ύδρευσης (σωλήνες και εξαρτήματα σύνδεσης, διακλάδωσης κ.λπ.) , σύμφωνα με την Τ.Ο.ΤΕΕ 2411/86, γίνεται αναφορά σε:

- Χαλκοσωλήνες
- Χαλυβδοσωλήνες
- Χυτοσιδηρούς σωλήνες
- Πλαστικούς σωλήνες
 - α. Από μη πλαστικοποιημένο πολυβινυλχλωρίδιο (U-PVC)
 - β. Από σκληρό πολυαιθυλένιο (HDPE)
- Από σκυρόδεμα
- Από πολυεστέρα
- Από αμιαντοτσιμέντο

Κάθε κατηγορία από τις παραπάνω παρουσιάζει ιδιαιτερότητες που επηρεάζουν την καταλληλότητα. Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι πολλά έχουν αλλάξει από την εποχή σύνταξης της Τ.Ο.ΤΕΕ/86 και στην αγορά διατίθενται πιστοποιημένοι σωλήνες και εξαρτήματα με βελτιωμένες ιδιότητες και για χρήσεις που δεν προβλέπονται από την Τ.Ο.ΤΕΕ.

1.1 ΧΑΛΚΟΣΩΛΗΝΕΣ

Οι χαλκοσωλήνες κατασκευάζονται από αποξειδωμένο χαλκό (Cu) καθαρότητας 99,9% κατ' ελάχιστον, με προσμίξεις φωσφόρου (P) από 0,015 – 0,040%, σύμφωνα με τα πρότυπα:

- ΕΛΟΤ EN1057/96 (E30), (E12)
- DIN 1786/1754 (E12)

Συχνά προσφέρονται με προστατευτικό πλαστικό περίβλημα. Προσφέρονται σε ευθύγραμμα μήκη (δύσκαμπτοι) και σε κουλούρες (εύκαμπτοι).

Σύμφωνα με την Τ.Ο.ΤΕΕ/86 υπάρχει πλήρης αντιστοιχία μεταξύ των προτύπων:

ΕΛΛΗΝΙΚΑ	ΓΕΡΜΑΝΙΚΑ	ΒΡΕΤΑΝΙΚΑ
ΕΛΟΤ 616 ΕΛΟΤ 617	DIN 1754	BS 1386 & BS 864 BS 659 & BS 61

Οι ενώσεις και οι συνδέσεις των χαλκοσωλήνων μεταξύ τους (σύμφωνα με την Τ.Ο.ΤΕΕ) γίνονται με παρεμβολή ειδικών τεμαχίων (μούφες). Με ειδικά τεμάχια γίνεται και η διαμόρφωση των σωληνώσεων στις διακλαδώσεις, αλλαγές πορείας κ.λπ.

Συχνά τα ειδικά χάλκινα και ορειχάλκινα ειδικά τεμάχια σύνδεσης που χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση με άλλους μεταλλοσωλήνες συνδέονται με κόλληση. Στις περιπτώσεις αυτές πρέπει να αποκλείεται ο κίνδυνος χημικής αλληλεπίδρασης. Ο τρόπος κόλλησης που καθορίζει και τη θερμοκρασία και τις κολλητικές ύλες αναφέρεται σε ειδικές διατάξεις τυποποίησης (ΕΛΟΤ 617). Τα θέματα σύνδεσης σωλήνων και εξαρτημάτων έχουν παρουσιάσει αλματώδη πρόοδο τα τελευταία χρόνια και έχουν «ξεπεράσει» όσα αναφέρονται στην Τ.Ο.ΤΕΕ 2411/86.

Στην Ελληνική αγορά προσφέρονται χαλκοσωλήνες για ύδρευση, οι οποίοι παράγονται:

1. Κατά EN 1057 (E12 / E30)
2. Κατά ΕΛΟΤ EN 13349 και EN 1057 με επένδυση (E30)
3. Κατά DIN 1786 / 1754 (E12)

Σήμερα χαλκοσωλήνες χρησιμοποιούνται στα εσωτερικά δίκτυα διανομής νερού (δηλαδή από το μετρητή διανομής και μέσα) και όχι στα δίκτυα υδροδότησης πόλεων και χωριών (εξωτερικά δίκτυα διανομής).

1.2 ΧΑΛΥΒΔΟΣΩΛΗΝΕΣ

Οι χαλυβδοσωλήνες παράγονται από ειδικούς χάλυβες με διέλαση εν θερμώ ή διαμόρφωση και συγκόλληση τεμαχίων επίμηκων ελασμάτων από ειδικούς χάλυβες. Οι χαλυβδοσωλήνες που επιτρέπεται να χρησιμοποιούνται στις εγκαταστάσεις ύδρευσης πρέπει (Τ.Ο.ΤΕΕ 2411) να προστατεύονται με επιψευδαργύρωση (γαλβάνισμα) ή πισσοειδή επικάλυψη εσωτερικά και εξωτερικά και μόνο όπου η ποιότητα του νερού το επιτρέπει.

Οι χαλυβδοσωλήνες ύδρευσης, που διατίθενται στη χώρα μας, σύμφωνα με ενημερωτικά έντυπα Κατασκευαστών και Εμπορικών Αντιπροσώπων, παράγονται:

- από St 37.0, St 44.0, St 52.0(σε ειδικές περιπτώσεις αγωγών μεγίστης ασφαλείας St 37.4, St 44.4, St 52.4) (κατά DIN 17100) και γαλβανίζονται εν θερμώ (κατά DIN 2444)
- σύμφωνα με BS 1387, DIN 2440, DIN 2441
- σύμφωνα με ΕΛΟΤ 10204, 2.2. & 3.1.B
- σύμφωνα με DIN 2440 (Μεσαίου τύπου), DIN 2458 (Ελαφρού τύπου) και DIN 2441 (Βαρύως τύπου)

Η κατασκευή των χαλυβδοσωλήνων γίνεται είτε με ραφή (ευθεία ή ελικοειδή) (κατά DIN 2458) είτε άνευ ραφής (κατά DIN 1629).

Οι χαλύβδινοι σωλήνες με ραφή έχουν τεχνικά χαρακτηριστικά που σε πολλούς τομείς είναι καλύτερα από αυτά των σωλήνων χωρίς ραφή. Χάρη τον απλούστερο τρόπο κατασκευής, έχουν και σημαντικά οικονομικά πλεονεκτήματα. Επίσης πλεονεκτούν, γιατί μπορούν να κατασκευάζονται εύκολα σε διάφορες ποιότητες χάλυβα στις μορφές και τις διαστάσεις που απαιτούνται. Ακόμα, οι σωλήνες με ραφή προσφέρονται και σε μια ποικιλία προστατευτικών επικαλύψεων (γαλβάνισμα, αντιδιαβρωτική προστασία με ανθρακόπισσα, βαφή εποξειδική κ.λ.π.)

Οι σωλήνες ευθείας ραφής, διαμέτρου από 4 ½’’ έως 10 ¾’’, κατασκευάζονται με τη διαδικασία διαμόρφωσης των σωλήνων εν ψυχρώ (Cold Finished Pipes), ενώ οι σωλήνες από ½’’ έως και 4’’ κατασκευάζονται με περαιτέρω έλαση εν θερμώ (Hot Finished Pipes).

Σύμφωνα με τις απαιτήσεις των εφαρμοζόμενων προδιαγραφών, τα τεμάχια των σωλήνων υπόκεινται σε επεξεργασία των άκρων (λοξοκοπή, σπείρωμα κ.λ.π.) σε δοκιμές και έλεγχο από ειδικά μηχανήματα και τέλος, στην προβλεπόμενη προστατευτική επικάλυψη (γαλβάνισμα, βάψιμο κ.λ.π.). Οι σωλήνες ευθείας ραφής κατασκευάζονται σύμφωνα με τους Διεθνείς Κανονισμούς ISO, DIN, BS, NF, ASTM GOST, JIS, ELOT κ.λ.π.

Για την κατασκευή των σωλήνων αυτών σαν πρώτη ύλη χρησιμοποιούνται χαλυβδοταινίες σε ρολούς (Coils). Οι χαλυβδοταινίες εκτυλίνονται στην ανέμη και σχηματίζουν μια συνεχή ταινία χωρίς τέλος. Στη συνέχεια η ταινία αυτή διαμορφώνεται σε κυλινδρικό σωλήνα της επιθυμητής διαμέτρου. Η ραφή του σωλήνα συγκολλιέται με τη μέθοδο **ERW** (Electric Resistance), που χρησιμοποιεί ηλεκτρικό ρεύμα υψηλής συχνότητας (400 kHz) το οποίο θερμαίνει μόνο τα χείλη της ραφής. Η συγκόλληση γίνεται όταν τα χείλη αυτά συμπιεστούν μεταξύ τους, χωρίς την προσθήκη υλικού για τη συγκόλληση που γίνεται με ειδικό μηχάνημα με

υπέρηχους, διαπιστώνει έγκαιρα οποιαδήποτε ατέλεια. Ο σωλήνας που έχει σχηματισθεί, αφού ψυχθεί στον αέρα και με νερό, περνά από κατάλληλες διατάξεις μηχανημάτων για να πάρει την ακριβή διάμετρο του και να ευθυγραμμιστεί τελείως. Κατόπιν κόβεται σε μήκη από 6 μέχρι 16 μέτρων ανάλογα με τις προδιαγραφές. Τα τεμάχια των σωλήνων πηγαίνουν σύμφωνα με τις απαιτήσεις των εφαρμοζόμενων προδιαγραφών για επεξεργασία των άκρων (λοξοκοπή, σπείρωμα, κλπ.), για δοκιμές και τελικά επικαλύπτονται με την προβλεπόμενη προστατευτική επικάλυψη (γαλβάνισμα, βάψιμο κλπ.). Με την παραπάνω διαδικασία διαμόρφωσης των σωλήνων εν ψυχρώ (Cold Finished Pipes) κατασκευάζονται σωλήνες ευθείας ραφής διαμέτρου από 4 ½ μέχρι 10 ¾ ιντσών.

Οι σωλήνες από ½ μέχρι 4 ίντσες κατασκευάζονται με παρατέρα έλαση εν θερμό (Hot Finished Pipes). Γι' αυτό χρησιμοποιούνται σωλήνες ειδικής αρχικής διαμέτρου και πάχους που κατασκευάζεται όπως αναφέρθηκε παραπάνω. Ο σωλήνας αυτός αφού θερμανθεί σε ηλεκτρικό επαγωγικό κλίβανο σε θερμοκρασία περίπου 1000c, περνά μέσα από κατάλληλα έλαστρα που διαμορφώνουν τη διάμετρο του και το πάχος του τοιχώματος στα επιθυμητά μεγέθη. Στην συνέχεια ο σωλήνας κόβεται σε καθορισμένα μήκη και τα τεμάχια αυτά, αφού ψυχθούν πηγαίνουν πάλι σε μηχανήματα επεξεργασίας των άκρων, ελέγχου και δοκιμών και εφαρμογής των προστατευτικών επικαλύψεων, όπως αναφέρθηκε και για τους σωλήνες με μεγάλη διάμετρο.

Με τη μέθοδο της ελικοειδούς ραφής (σπιραλ) κατασκευάζονται σωλήνες εξωτερικής διαμέτρου από 159 mm μέχρι 2.032 mm (από 6 και 1/4 μέχρι 80 ίντσες). Οι σωλήνες μεγάλης διαμέτρου κατασκευασμένοι με ελικοειδή ραφή παρουσιάζουν, χάρη και στην εφαρμοζόμενη υψηλής στάθμης τεχνολογία, πολλά πλεονεκτήματα και μπορούν να χρησιμοποιηθούν ακόμα και σε εγκαταστάσεις με υψηλές πιέσεις.

Για την κατασκευή των σωλήνων με τη μέθοδο της ελικοειδούς ραφής χρησιμοποιούνται χαλυβδοταινίες θερμής ελάσεως σε ρόλους (colis). Το τέλος της μίας ταινίας συγκολλάται με την αρχή της επόμενης ώστε να σχηματίζεται μία ταινία χωρίς τέλος. Η χαλυβδοταινία κατά την εκτύλιξή της περνά μεταξύ δύο κοπτικών συστημάτων που διαμορφώνουν κατάλληλα τα πλευρά της ώστε να είναι έτοιμα για τη συγκόλληση. Στη συνέχεια οδηγείται στην κυρίως σωληνομηχανή που μετασχηματίζει την επίπεδη ταινία σε ένα κυλινδρικό σωλήνα με βάση την αρχή της ελικοειδούς ραφής όπως φαίνεται στην εικόνα 1.1. Καθώς σχηματίζεται ο σωλήνας τα πλευρικά άκρα της χαλυβδοταινίας συγκολλούνται μεταξύ τους αρχικά στο εσωτερικό, στο κάτω μέρος του σωλήνα και στη συνέχεια καθώς αυτός περιστρέφεται, στο εξωτερικό του στο επάνω μέρος.



Εικόνα 1.1

Τα ιδιαίτερα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει η κατασκευή σωλήνων μεγάλης διαμέτρου με ελικοειδή ραφή είναι ότι:

- Παράγονται σωλήνες υψηλής ποιότητας με οικονομικό τρόπο, σε μεγάλη ποικιλία διαμέτρων και πάχους τοιχώματος.
- Οι σωλήνες παίρνουν το τελικό τους σχήμα στη σωληνομηχανή χωρίς να χρειάζονται άλλη επεξεργασία για ευθυγράμμιση, κυλινδρικήτητα κλπ.
- Η κατανομή των τάσεων σ' ολόκληρο τον σωλήνα είναι πιο ομοιόμορφη.
- Οι σωλήνες αυτοί παρουσιάζουν μεγαλύτερη δυσκαμψία από τους σωλήνες ευθεία ραφής. Οι σωλήνες με ελικοειδή ραφή μεγάλης διαμέτρου βρίσκουν σήμερα ευρεία εφαρμογή στη μεταφορά νερού, τις αποχετεύσεις, τη μεταφορά στερεών μέσα από σωληνώσεις, ως στοιχεία δομικών κατασκευών, για πασσαλώσεις κλπ.

Οι χαλυβδοσωλήνες άνευ ραφής έχουν εφαρμογή σε δίκτυα με υψηλές απαιτήσεις πίεσεων, μηχανικής αντοχής και αντοχής έναντι της ηλιακής ακτινοβολίας. Οι συνήθεις εφαρμογές είναι σε: α) δίκτυα πυρόσβεσης β) δίκτυα θέρμανσης-κλιματισμού γ) δίκτυα υγρών και αερίων καυσίμων. Αντίθετα δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται σε δίκτυα νερού οικιακής χρήσης (κρύο ή ζεστό νερό χρήσης).

1.2.1 Χαλύβδινοι υδροσωλήνες

Οι χαλύβδινοι υδροσωλήνες με ονομαστική διάμετρο από ½ ίντσα μέχρι και 4 ίντσες κατασκευάζονται με έλαση εν θερμό. Η πρώτη ύλη αποτελείται από χαλυβδοταινίες ποιότητας St- 37.2, DIN 17100. Κάθε σωλήνας μετά την έξοδό από το έλαστρο δέχεται πρόσθετη ευθυγράμμιση, φρεζάρισμα των άκρων και υδραυλική δοκιμή σε πίεση 50 ατμοσφαιρών (50 kp/cm² = 700 psi) όπως προβλέπουν οι αντίστοιχοι κανονισμοί. Οι σωλήνες αυτοί παράγονται στα ακόλουθα είδη:

1) Σωλήνες Γαλβανισμένοι εσωτερικά και εξωτερικά, με σπείρωμα και στα δύο άκρα και μια μούφα βιδωμένη στο ένα άκρο. Η επιψευδαργύρωση είναι σύμφωνη με τον DIN 2444.

2) Σωλήνες Μαύροι με σπείρωμα και στα δύο άκρα και με μια μούφα βιδωμένη στο ένα άκρο. Οι σωλήνες είναι εξωτερικά βαμμένοι με πισσόχρωμα για απλή αντιοξειδωτική προστασία.

3) Χαλυβδοσωλήνες χωρίς σπειρώματα και μούφα για χρήση σε κατασκευές, εγκαταστάσεις, ικριώματα κ.λπ., γαλβανισμένοι, μαύρη ή άβαφη κατά παραγγελία. Οι διαστάσεις τους και τα λοιπά στοιχεία είναι σύμφωνα με τους πίνακες 1.1 – 1.3.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.1

TABLE 1.1

**ΧΑΛΥΒΔΙΝΟΙ ΥΔΡΟΣΩΛΗΝΕΣ
ΕΛΑΦΡΟΥ ΤΥΠΟΥ**
**STEEL PIPES WITH REDUCED
WALL THICKNESS**

Όνομ. Διάμετρος Nominal Bore		Εξωτερική Διάμετρος Outside Diameter		Πάχος Τοιχώματος Wall Thickness		Όνομαστικό Βάρος Nominal Weight			
						Χωρίς Σπείρωμα Plain End		Με σπείρωμα & Μουφά Threaded & Socketed	
mm	in	mm	in	mm	in	kg/m	lb/ft	kg/m	lb/ft
15	1/2	21,3	0.840	1,80	0.072	0,874	0.587	0,879	0.591
20	3/4	26,9	1.069	2,00	0.080	1,24	0.833	1,25	0.840
25	1	33,7	1.327	2,20	0.088	1,71	1.145	1,72	1.16
32	1 1/4	42,4	1.669	2,30	0.092	2,29	1.54	2,31	1.55
40	1 1/2	48,3	1.900	2,40	0.096	2,71	1.82	2,74	1.84
50	2	60,3	2.375	2,50	0.100	3,56	2.39	3,60	2.42
65	2 1/2	76,1	3.000	2,70	0.108	4,89	3.29	4,96	3.33
80	3	88,9	3.500	2,90	0.116	6,20	4.17	6,33	4.25
100	4	114,3	4.500	3,10	0.124	8,55	5.75	8,73	5.87

Πίνακας 1.1

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.4

TABLE 1.4

**ΧΑΛΥΒΔΙΝΟΙ ΥΔΡΟΣΩΛΗΝΕΣ
ΤΥΠΟΥ ISO MEDIUM**
**STEEL PIPES SUITABLE
FOR SCREWING**

Σύμφωνα με (Απόσπασμα) : **ISO 65 (M) – BS 1387 (M) – DIN 2440 – ELOT 269**
Corresponding to (Extract)

Όνομ. Διάμετρος Nominal Bore		Εξωτερική Διάμετρος Outside Diameter		Πάχος Τοιχώματος Wall Thickness		Όνομαστικό Βάρος Nominal Weight			
						Χωρίς Σπείρωμα Plain End		Με σπείρωμα & Μουφά Threaded & Socketed	
mm	in	mm	in	mm	in	kg/m	lb/ft	kg/m	lb/ft
15	1/2	21,3	0.840	2,6	0.102	1,21	0.813	1,22	0.819
20	3/4	26,9	1.069	2,6	0.102	1,56	1.05	1,57	1.05
25	1	33,7	1.327	3,2	0.126	2,41	1.62	2,43	1.63
32	1 1/4	42,4	1.669	3,2	0.126	3,10	2.08	3,13	2.10
40	1 1/2	48,3	1.900	3,2	0.126	3,56	2.39	3,60	2.42
50	2	60,3	2.375	3,6	0.142	5,03	3.38	5,10	3.43
65	2 1/2	76,1	3.000	3,6	0.142	6,42	4.31	6,54	4.39
80	3	88,9	3.500	4,0	0.157	8,36	5.62	8,53	5.73
100	4	114,3	4.500	4,5	0.177	12,20	8.20	12,5	8.40
125	5	139,7	5.500	5,0	0.197	16,60	11.15	17,10	11.49
150	6	165,1	6.500	5,0	0.197	19,80	13.30	20,40	13.71

Πίνακας 1.2

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.5

TABLE 1.5

**ΧΑΛΥΒΔΙΝΟΙ ΥΔΡΟΣΩΛΗΝΕΣ
ΤΥΠΟΥ ISO HEAVY**
**STEEL PIPES SUITABLE
FOR SCREWING**

Σύμφωνα με (Απόσπασμα) : **ISO 65 (H) – BS 1387 (H) – DIN 2441 – ELOT 268**
Corresponding to (Extract)

Όνομ. Διάμετρος Nominal Bore		Εξωτερική Διάμετρος Outside Diameter		Πάχος Τοιχώματος Wall Thickness		Όνομαστικό Βάρος Nominal Weight			
						Χωρίς Σπείρωμα Plain End		Με σπείρωμα & Μουφά Threaded & Socketed	
mm	in	mm	in	mm	in	kg/m	lb/ft	kg/m	lb/ft
15	1/2	21,3	0.840	3,2	0.126	1,44	0.967	1,45	0.974
20	3/4	26,9	1.069	3,2	0.126	1,87	1.26	1,88	1.26
25	1	33,7	1.327	4,0	0.157	2,83	1.97	2,95	1.98
32	1 1/4	42,4	1.669	4,0	0.157	3,79	2.55	3,82	2.57
40	1 1/2	48,3	1.900	4,0	0.157	4,37	2.94	4,41	2.96
50	2	60,3	2.375	4,5	0.177	6,19	4.16	6,26	4.20
65	2 1/2	76,1	3.000	4,5	0.177	7,93	5.39	8,05	5.41
80	3	88,9	3.500	5,0	0.197	10,30	6.92	10,50	7.06
100	4	114,3	4.500	5,4	0.213	14,50	9.74	14,80	9.95
125	5	139,7	5.500	5,4	0.213	17,90	12.03	18,40	12.36
150	6	165,1	6.500	5,4	0.213	21,30	14.31	21,90	14.72

Πίνακας 1.3

Η πίεση λειτουργίας των χαλυβδοσωλήνων κυμαίνεται από 16 έως 125 bar ανάλογα με τη διάμετρό τους ενώ οι μηχανικές τους ιδιότητες παρουσιάζονται συνοπτικά στον παρακάτω πίνακα.

Κατηγορία χάλυβα	Όριο διαρροής (MPa)	Εφελκυστική αντοχή (MPa)	Επιμήκυνση (%)
St 37.0(DIN 1629)	≥235	350-480	25
St 37.2(DIN 17100)	≥235	340-510	24
St 37.4(DIN 1630)	≥235	350-480	25
St 44.0(DIN 1629)	≥275	420-550	21
St 44.4(DIN 1630)	≥275	420-550	21
St 52.0(DIN 1629)	≥355	500-650	21
St 52.4(DIN 1630)	≥355	500	21

Πίνακας 1.4 Μηχανικές ιδιότητες διαφορετικών κατηγοριών χάλυβα.

1.2.2 Συμβατικά συστήματα επικάλυψης

Η ειδική αντιδιαβρωτική επικάλυψη μπορεί να εφαρμοσθεί μόνο στο εξωτερικό ή μόνο στο εσωτερικό των σωλήνων ή και στα δύο μέρη, ανάλογα με τις προδιαγραφές. Οι κανονισμοί AWWA-C203 και BS-4164 καθορίζουν την εφαρμογή των επικαλύψεων που έχουν σαν βάση την ανθρακόπισσα αναμιγμένη με αδρανή υλικά (Coal Tar Enamel) και που γίνεται εν θερμώ (225-245 °C). Πριν από την εφαρμογή της επικάλυψης ο σωλήνας υποβάλλεται σε αμμοβολισμό για τον καθαρισμό και την προετοιμασία της επιφάνειάς του να δεχθεί την επικάλυψη που αποτελείται από τα ακόλουθα στρώματα:

Για το εσωτερικό του σωλήνα:

- Αστάρι (Primer) για την καλύτερη πρόσφυση της ανθρακόπισσας.
- Στρώμα ανθρακόπισσας εφαρμοζόμενο με έγχυση και φυγοκέντρωση

Για το εξωτερικό του σωλήνα:

- Αστάρι (Primer).
- Στρώμα ανθρακόπισσας.
- Ταινία υαλοβάμβακα ελικοειδώς περιτυλιγμένη στο σωλήνα.
- Στρώμα ανθρακόπισσας.
- Ταινία με ίνες αμιάντου (Asbestos Felt) εμποτισμένη με ανθρακόπισσα, περιτυλιγμένη στο σωλήνα (μόνο σε ενισχυμένες επικαλύψεις).
- Εξωτερική βαφή με διάλυμα ασβεστηνιλέλαιου.

Εκτός από τις παραπάνω επικαλύψεις εκτελούνται και άλλες σύμφωνα με τις επιθυμητές προδιαγραφές, όπως ασφαλτικές (Bitumen) επικαλύψεις (BS 534, BS 4147 κλπ) εποξειδικές (AWWA C-120 κλπ) απλές αντισκωριακές βαφές κλπ. Το προστατευτικό στρώμα επικάλυψης τοποθετείται με προσοχή και ελέγχεται σύμφωνα με τις προβλεπόμενες προδιαγραφές.

1.2.3 Χαλυβδοσωλήνες με εξωτερική επένδυση από ασφαλτικά υλικά

Σύμφωνα με τον Βρετανικό κώδικα BS 534 η προστασία των αγωγών έναντι διάβρωσης επιτυγχάνεται με την επικάλυψή τους με διάφορα υλικά όπως για παράδειγμα τα ασφαλτικά υλικά. Μια από τις μεθόδους εφαρμογής της συγκεκριμένης επικάλυψης είναι αυτή της βύθισης. Οι σωλήνες βυθίζονται σε μια δεξαμενή γεμάτη με ασφαλτικό υλικό σε υγρή μορφή και παραμένουν εκεί μέχρι να αποκτήσουν τη θερμοκρασία που επικρατεί στη δεξαμενή. Έπειτα, απομακρύνονται από τη δεξαμενή και όπου κρίνεται απαραίτητο αφαιρείται οποιαδήποτε περίσσεια υλικού επικάλυψης (κυρίως από τις άκρες των αγωγών) προκειμένου να γίνει στη συνέχεια η σωστή σύνδεσή τους. Μία άλλη μέθοδος εφαρμογής είναι αυτή της επικάλυψης με ένα στρώμα ασφαλτικού μείγματος το οποίο περιέχει ένα ειδικό υλικό πλήρωσης σύμφωνα με τον Βρετανικό κώδικα BS 4147. Οι αγωγοί καλύπτονται με ένα παχύρευστο, υψηλής θερμοκρασίας περιβλήμα, προκειμένου να δημιουργηθεί ένα λείο και ενοποιημένο στρώμα προστασίας χωρίς να έχει προηγηθεί κάποια διαδικασία συγκόλλησης. Το ελάχιστο πάχος του περιβλήματος παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα.

Εξωτερική διάμετρος αγωγού (mm)	Ελάχιστο πάχος επικάλυψης (mm)
88.9-168.3	3.0
193.7-323.9	4.5
355.6-2235	6.0

Πίνακας 1.5

1.2.4 Χαλυβδοσωλήνες με εσωτερική επένδυση από ασφαλτικά υλικά

Σε αυτήν την περίπτωση οι σωλήνες αφού καθαριστούν και περαστούν με μια στρώση βάσης (primer) εσωτερικά, καλύπτονται στη συνέχεια από ένα ομοιογενές μείγμα φυσικού ή τεχνητού (μετά από επεξεργασία σε υψηλή θερμοκρασία και αέρα) ασφαλτικού υλικού. Όταν το υλικό εσωτερικής επίστρωσης εφαρμόζεται σε υγρή μορφή και με υψηλή θερμοκρασία τότε ακολουθείται η διαδικασία της φυγοκέντρισης σε ευθεία πάντα τμήματα αγωγών. Έτσι δημιουργείται ένα λείο και ενοποιημένο εσωτερικό επίστρωμα με ελάχιστο πάχος όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

Εξωτερική διάμετρος αγωγού (mm)	Ελάχιστο πάχος επικάλυψης (mm)
60.3-323.9	1.5
355.6-610	3.0
660-914	4.5
1016-2235	6.0

Πίνακας 1.6

1.2.5 Χαλυβδοσωλήνες με εσωτερική προστασία τσιμέντου και εξωτερική προστασία πολυαιθυλενίου

Σύμφωνα με τα πρότυπα τεύχη για περιφερειακά έργα του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Κλιματικής Αλλαγής οι αντιστοιχίες μεταξύ των διαμέτρων των σωλήνων και του ελάχιστου πάχους τοιχώματος είναι η εξής:

ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ (mm)	ΕΛΑΧΙΣΤΟ ΠΑΧΟΣ ΤΟΙΧΩΜΑΤΟΣ (mm)
≤ Φ 100	2,6
Φ150	2,6
Φ200	2,9
Φ250	3,6
Φ300	4,0
Φ400	4,0
Φ500	5,0
Φ600	5,6
Φ700	6,3
Φ800	7,1

Πίνακας 1.7

Τα ισχύοντα πρότυπα για: α) χαλυβδοσωλήνες για μεταφορά νερού β) επένδυση τσιμέντου για σωλήνες από ελατό χυτοσίδηρο, χαλυβδοσωλήνες και εξαρτήματα γ) επενδύσεις πολυαιθυλενίου για χαλυβδοσωλήνες και εξαρτήματα είναι τα ISO 559, DIN 2614 και DIN 30670 αντίστοιχα.

Ο χάλυβας του σωλήνα είναι συνήθως κατηγορίας Rst 37.2 σύμφωνα με DIN 2460 ενώ για τις διαστάσεις των σωλήνων ισχύει ο πίνακας 6 του ISO 559. Οι σωλήνες παραδίδονται σε τυποποιημένα μήκη των 12 ενώ σε ποσοστό κατά μέγιστο 5% της παραγγελίας είναι δυνατόν τα μήκη των σωλήνων να κυμαίνονται μεταξύ 5 και 10 m. Τα άκρα των σωλήνων είναι κατάλληλα προετοιμασμένα για να δεχθούν το σύνδεσμο που προβλέπεται από την εκάστοτε μελέτη του έργου. Η επένδυση με πολυαιθυλένιο είναι σύμφωνη με το DIN 30670 και γίνεται σε τρεις στρώσεις:

- Μια στρώση βάσης (primer) από θερμοσυγκολλητή εποξειδική σκόνη
- Μια στρώση συγκολλητικής επάλειψης (adhesive coat)
- Μια εξωτερική στρώση από εξελασμένο (extruded) πολυαιθυλένιο

Το ελάχιστο πάχος της επένδυσης είναι σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα

Ονομαστική διάμετρος σωλήνα	Ελάχιστο πάχος επένδυσης
DN≤100	1,8
100<DN≤250	2,0
250<DN≤500	2,2
500<DN≤800	2,5
800<DN	3,0

Πίνακας 1.8

Τα άκρα των σωλήνων δεν θα φέρουν αυτήν την επένδυση σε τόσο μήκος όσο απαιτείται για την προσαρμογή του συνδέσμου με τον οποίο προβλέπεται να ενωθούν οι αγωγοί.

Η εσωτερική επένδυση των σωλήνων γίνεται εργοστασιακά με κονίαμα τσιμέντου, κατάλληλο για πόσιμο νερό. Η επένδυση αυτή είναι σύμφωνη με το DIN 2614 και η εφαρμογή της γίνεται με φυγοκέντριση. Το πάχος και οι ανοχές της επένδυσης παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

Διάμετρος σωλήνα(mm)	Πάχος τσιμεντοκονίας (mm)	
	Κανονικό	Ελάχιστο
DN≤300	4,5	3
300<DN≤400	5,0	3,5
400<DN≤600	6,0	4,5
600<DN≤720	8,0	6,0
720<DN≤920	10,0	8,0

Πίνακας 1.9

1.3 ΣΩΛΗΝΕΣ ΑΠΟ ΕΛΑΤΟ ΧΥΤΟΣΙΔΗΡΟ (Χυτοσίδηρος με σφαιροειδή γραφίτη-Ductile Iron)

Οι σωλήνες από ελατό χυτοσίδηρο, τα ειδικά τεμάχια και τα εξαρτήματα από ελατό χυτοσίδηρο ακολουθούν τα πρότυπα του EN 545 και έχουν τα χαρακτηριστικά εφελκυσμού που αναφέρονται στην παράγραφο 4.3.1 του EN 545 όπως παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Τύπος χύτευσης	Ελάχιστη εφελκυστική τάση Rm (MPa)	Ελάχιστη επιμήκυνση μετά τη θραύση, A %	
		DN 40 εως DN 1000	DN 1100 εως DN 2000
Αγωγοί με φυγοκεντρική χύτευση	420	10	7
Αγωγοί μη χυτευμένοι φυγοκεντρικά, ειδικά τεμάχια, εξαρτήματα	420	5	5

Πίνακας 1.10

Το όριο διαρροής για τους σωλήνες από ελατό χυτοσίδηρο είναι 0.2% (Rp 0.2). Δεν πρέπει να είναι μικρότερο από :

- 270 MPa όταν $A \geq 12\%$ για DN 40 εως DN 1000 ή $A \geq 10\%$ για DN > 1000
- 300 MPa σε άλλες περιπτώσεις

Το πάχος των τοιχωμάτων των σωλήνων υπολογίζεται σύμφωνα με την ονομαστική διάμετρο DN με τη σχέση υπολογισμού που δίδεται στην παρ. 4.2.1 του EN 545.

Επιπροσθέτως οι σωλήνες και τα ειδικά τεμάχια έχουν διαστάσεις που ορίζονται

στους πίνακες της παρ. 9 του EN 545 όπως παρουσιάζονται παρακάτω. Η σχέση που μας καθορίζει το πάχος (e) του σωλήνα για την κάθε διάμετρο είναι $e=K*(0,57+0,001DN)$.

Ονομαστική διάμετρος	Μήκος	Πάχος	Εξωτερική διάμετρος	Καμπάνα			Βάρος σωλήνα	Ανά μέτρο
				DI	P	B		
DN	L m	e mm	DE mm	DI mm	P mm	B mm	Kg	Kg
60	6	6	77	80	87	145	67.5	11.5
80	6	6	98	101	90	168	87.5	15
100	6	6.1	118	121	92	189	109	18.5
125	6	6.2	144	147	95	216	137	23
150	6	6.3	170	173	98	243	164	27.5
200	6	6.4	222	225	104	296	222	37
250	6	6.8	274	277	103	353	290	48
300	6	7.2	326	329	105	410	364	61
350	6	7.7	378	381	108	465	482	80.5
400	6	8.1	429	432	110	517	573	95.5
450	6	8.6	480	483	113	575	676	113
500	6	9	532	535	115	630	781	131
600	6	9.9	635	638	120	739	1018	170
700	7	10.8	738	741	145	863	1517	218
800	7	11.7	842	845	145	974	1862	267
900	7	12.6	945	948	145	1082	2235	320
1000	7	13.5	1048	1051	155	1191	2641	378
1100	8.27	14.4	1151	1154	160	1300	3605	441
1200	8.26	15.3	1255	1258	165	1412	4155	506
1400	8.19	17.1	1462	1465	245	1592	5643	694
1500	8.18	18	1565	1568	265	1710	6327	779
1600	8.18	18.9	1668	1671	265	1816	7049	868
1800	8.17	20.7	1875	1878	275	2032	8581	1058
2000	8.13	22.5	2082	2085	290	2253	10189	1262

Πίνακας 1.11

Οι ανοχές στις διαστάσεις ορίζονται στον πίνακα 1 του EN 545 και κυμαίνονται από +1/-2.7 (για DN 80) έως +1/-5.0 (για DN 1000). Τα μήκη και οι ανοχές τους είναι σύμφωνα με τα οριζόμενα στην παρ. 4.2.3.1 του EN 545 ενώ οι σωλήνες προσκομίζονται συνήθως σε τυποποιημένα μήκη των 6μ. ή μεγαλύτερα για τις διαμέτρους DN 60 έως DN 600 και των 7μ. ή μεγαλύτερα για DN 700 έως DN 1400. Όσον αφορά την εξωτερική επένδυση των σωλήνων γίνεται σύμφωνα με την παρ. 4.4.2 του EN 545 και είναι επένδυση μεταλλικού ψευδαργύρου και ασφαλικού στρώματος. Η εξωτερική επένδυση των σωλήνων στο εργοστάσιο επιτυγχάνεται με τη μέθοδο της ηλεκτρικής εναπόθεσης του ψευδαργύρου στο σωλήνα και με επίχρισμα στρώματος σε μορφή σπρέυ για διάβρωση εδάφους $R>1500\Omega$. Για διάβρωση εδάφους $R<1500\Omega$ η εξωτερική επένδυση αποτελείται από ψευδάργυρο, στρώμα ασφαλικού και στρώμα πολυαιθυλενίου για διάμετρο σωλήνα έως DN550. Για μεγαλύτερες διαμέτρους η εξωτερική επένδυση αποτελείται από πολυουρεθάνη. Επιπροσθέτως, η μέση ποσότητα ψευδαργύρου στη μονάδα επιφάνειας θα είναι

τουλάχιστον 200 gr/m². Το μέσο πάχος της τελειωμένης στρώσης δεν θα είναι μικρότερο των 70μm.

1.3.1 Σωλήνες από ελατό χυτοσίδηρο με εσωτερική επένδυση τσιμεντοκονίας

Οι σωλήνες προσκομίζονται επί του έργου με εργοστασιακή εσωτερική επένδυση κονιάματος τσιμέντου σύμφωνα με τα οριζόμενα στην παρ. 4.4.3 του EN 545.

Η επένδυση αυτή γίνεται στο εργοστάσιο με φυγοκεντρική μέθοδο. Το πάχος της επένδυσης είναι σύμφωνα με τον Πίνακα 8 της παρ. 4.4.3.3 του EN 545 και παρουσιάζεται στον ακόλουθο πίνακα. Η θλιπτική αντοχή της επένδυσης από τσιμεντοκονία μετά από ωρίμανση δεν θα πρέπει να είναι μικρότερη από 50MPa. Η επιφάνεια του κονιάματος της επένδυσης πρέπει να είναι ομοιόμορφη και λεία.

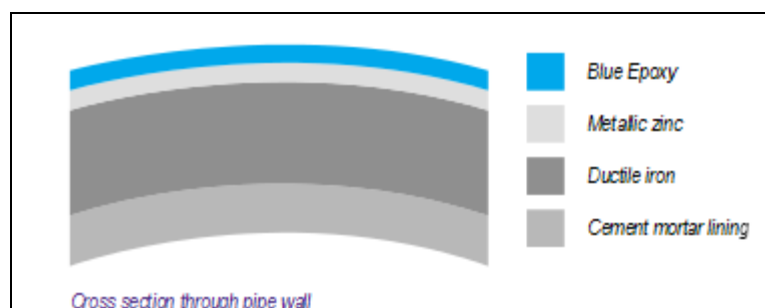
Ονομαστική διάμετρος DN	Ελάχιστο πάχος εσωτερικής επένδυσης		Μέγιστο πάχος ρωγμής
	Ονομαστική τιμή	Ανοχές	
80-300	4	-1.5	0.4
350-600	5	-2.0	0.5
700-1200	6	-2.5	0.6

Πίνακας 1.12

Το στρώμα της τσιμεντοκονίας στα άκρα του αγωγού μπορεί να έχει ένα μήκος απότμησης που φτάνει έως και τα 20mm.

Προσοχή θα πρέπει να δοθεί στην αποθήκευση των αγωγών καθώς η αποθήκευσή τους σε θερμό και ξηρό περιβάλλον θα έχει ως αποτέλεσμα τη διαστολή του σωλήνα και επομένως τη συστολή του στρώματος της επένδυσης. Με αυτόν τον τρόπο θα δημιουργηθούν στην τσιμεντοκονία περιοχές ασυνέχειας καθώς και ρωγμές με πάχος που μπορεί να ξεπεράσει τα μεγέθη που δίνονται στον πίνακα 1.12.

Στην εικόνα που παρουσιάζεται παρακάτω βλέπουμε μια εγκάρσια τομή ενός αγωγού από ελατό χυτοσίδηρο με τα εξής στρώματα επένδυσης από το εξωτερικό προς το εσωτερικό μέρος του σωλήνα: α) εποξειδική στρώση β)στρώση μεταλλικού ψευδαργύρου γ)ελατός χυτοσίδηρος δ) στρώση τσιμεντοκονίας.



Εικόνα 1.2. Εγκάρσια τομή αγωγού.

Τέλος, ο ανάδοχος του εκάστοτε έργου είναι υποχρεωμένος να υποβάλλει πιστοποιητικά που να αποδεικνύουν ότι η εφαρμοζόμενη εσωτερική επένδυση είναι κατάλληλη για να έρχεται σε επαφή με πόσιμο νερό, όπως αναφέρεται στην παρ. 4.1 του EN 545. Προκειμένου να εξασφαλιστεί η καταλληλότητά τους για το σκοπό για τον οποίο προορίζονται, οι συνδέσεις των σωλήνων και ειδικών τεμαχίων θα πρέπει να πληρούν τις απαιτήσεις της παρ. 5 του EN 545, αναφορικά με τη στεγανότητα και την αξονική απόκλιση.

1.4 ΣΩΛΗΝΕΣ ΠΟΛΥΑΙΘΥΛΕΝΙΟΥ

Οι κύριες κατηγορίες πολυαιθυλενίου και οι αντίστοιχες χρονολογίες εμφάνισης τους φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας	HDPE(High Density PE)	1955
	HPPE(High Performance PE)	1990
Πολυαιθυλένιο μέσης πυκνότητας	MDPE(Medium Density PE)	1971
Πολυαιθυλένιο χαμηλής πυκνότητας	LDPE(Low Density PE)	1945
	LLDPE(Linear Low Density PE)	1986

Πίνακας 1.13

Οι τρεις αυτές κατηγορίες PE χρησιμοποιούνται σε κατάλληλες ποιότητες για την παραγωγή σωλήνων (ανάλογα με το χρώμα, την χρήση και την αντοχή σε υδραυλική πίεση), ώστε αυτοί να ανταποκρίνονται στα διεθνή πρότυπα (DIN, EN, ISO, κλπ) ή άλλες εθνικές προδιαγραφές(ΕΛΟΤ).

Έτσι, οι σωλήνες πολυαιθυλενίου, συνδυάζοντας μια σειρά από πλεονεκτήματα, όπως το μικρό βάρος που συνεπάγεται και μικρό κόστος μεταφοράς, την εύκολη αντικατάσταση χωρίς πολλές συνδέσεις, τις πολύ καλές μηχανικές και χημικές αντοχές και την αξιοπιστία στη συγκόλληση μεταξύ τους δίνουν μια αξιόπιστη τεχνικά και οικονομικά λύση για ασφαλή λειτουργία και διάρκεια στο χρόνο.

Οι αγωγοί από σκληρό πολυαιθυλένιο (HDPE) που χρησιμοποιούνται ως αγωγοί ύδρευσης κατασκευάζονται για να αντέχουν σε πιέσεις λειτουργίας με νερό μέχρι τα 10 bar (PN10) και μέχρι τα 16 bar (PN16). Σαν ελάχιστη απαίτηση σε αντοχή στην εσωτερική πίεση και στον χρόνο είναι 50 χρόνια ζωής στους 20° C. Δεδομένου ότι η αντοχή του υλικού σε εφελκυσμό είναι 8 MPa, του αγωγού 5 MPa και 1.6 ο συντελεστής ασφαλείας συνεπάγεται ότι η συνολική τάση στα τοιχώματα του αγωγού είναι: 5MPa x 1.6= 8MPa.

Η πρώτη ύλη που χρησιμοποιείται για την κατασκευή σωλήνων πολυαιθυλενίου HDPE (MRS8=Minimum Required Strength=Ελάχιστη Απαιτούμενη Αντοχή=8MPa) πρέπει να είναι κατάλληλη για αγωγούς διανομής πόσιμου νερού και να είναι σύμφωνη με αυτά που ορίζονται στο DIN 8075. Η ονομαστική πυκνότητα της πρώτης ύλης μετρημένη σε θερμοκρασία 23 ° C κυμαίνεται από 0.942 έως 0.952 gr/cm³.

Με τον όρο ονομαστική πυκνότητα εννοείται η πυκνότητα της πρώτης ύλης μετά την προσθήκη των κατάλληλων προσθέτων όπως προβλέπεται από το DIN 8075.

Ο δείκτης ροής (melt flow index) της πρώτης ύλης μετρημένος σύμφωνα με το DIN 53375 θα είναι MFI= 0.4 έως 1.0 gr/10min. Η επιτρεπόμενη τάση τοιχώματος (σ) της πρώτης ύλης θα είναι μεγαλύτερη από 5MPa.

Οι σωλήνες κατασκευάζονται όσο αφορά τις διαστάσεις κατά DIN 8074 (βλέπε πιν. 1.13) ενώ ελέγχονται σύμφωνα με τα προβλεπόμενα από το DIN 8075. Συγκεκριμένα, εξετάζονται τα άκρα των σωλήνων, οι τομές των οποίων πρέπει να είναι κάθετες στο σωλήνα. Ακόμη, οι σωλήνες πρέπει να είναι ελεύθεροι φυσαλίδων, κενών ή ανομοιογενειών. Το χρώμα τους πρέπει να είναι ομοιόμορφο σε όλο το μήκος ενώ η επιφάνειά τους πρέπει να είναι λεία εσωτερικά και εξωτερικά χωρίς αυλακώσεις, εσοχές ή εξοχές.

DIN 8074/8075					PE 80			
Διάμετρος Diameter	PN - 6Atm		PN - 10Atm		PN - 12,5Atm		PN - 16Atm	
	SDR 17,6		SDR 11		SDR 9		SDR 7,4	
	Πάχος τοιχ. Wall thick	Βάρος Weight	Πάχος τοιχ. Wall thick	Βάρος Weight	Πάχος τοιχ. Wall thick	Βάρος Weight	Πάχος τοιχ. Wall thick	Βάρος Weight
mm	mm	gr/m	mm	gr/m	mm	gr/m	mm	gr/m
Ø 16	-	-	-	-	1,8	82	2,2	99
Ø 18	-	-	-	-	2,0	106	2,5	126
Ø 20	-	-	1,9	112	2,3	134	2,8	154
Ø 22	-	-	2,0	133	2,5	158	3,0	182
Ø 25	-	-	2,3	171	2,8	201	3,5	240
Ø 28	-	-	2,6	214	3,1	250	3,8	292
Ø 32	1,8	183	2,9	272	3,6	329	4,4	386
Ø 40	2,3	285	3,7	430	4,5	511	5,5	600
Ø 50	2,9	440	4,6	666	5,6	792	6,9	936
Ø 63	3,6	688	5,8	1050	7,1	1262	8,6	1470
Ø 75	4,3	976	6,8	1470	8,4	1772	10,3	2090
Ø 90	5,1	1390	8,2	2120	10,1	2555	12,3	3000
Ø 110	6,3	2080	10,0	3140	12,3	3793	15,1	4490
Ø 125	7,1	2660	11,4	4080	14,0	4905	17,1	5770
Ø 140	8,0	3340	12,7	5080	15,7	6142	19,2	7250
Ø 160	9,1	4348	14,6	6661	17,9	7954	21,9	9434
Ø 180	10,2	5474	16,4	8417	20,1	10063	24,6	11926
Ø 200	11,4	6779	18,2	10375	22,4	12438	27,4	14747
Ø 225	12,8	8545	20,5	13131	25,2	15741	30,8	18639
Ø 250	14,2	10544	22,7	16146	27,9	19344	34,2	23006
Ø 280	15,9	13223	25,4	20238	31,3	24312	38,3	28845
Ø 315	17,9	16689	28,6	25613	35,2	30692	43,1	36509

Πίνακας 1.13 Διαστάσεις αγωγών πολυαιθυλενίου.

Παραθέντες σωλήνες που παρουσιάζουν αποκλίσεις από τα προβλεπόμενα στο DIN8074 απορρίπτονται. Ελέγχεται επίσης και η ελλειπτικότητα (ovalite) των σωλήνων με τους εξής περιορισμούς :

Για σωλήνες σε κουλούρα Max D = 1.06 Dor

Για ευθύγραμμους σωλήνες Max D = 1.02 Dor

όπου Dor = ονομαστική διάμετρος.

Στην συνέχεια για τον έλεγχο αντοχής του σωλήνα, γίνονται οι προβλεπόμενες δοκιμές από το DIN8075, δηλαδή έλεγχος αντοχής σε εσωτερική πίεση και έλεγχος μεταβολής κατά την θερμική επεξεργασία, καθώς και έλεγχος δοκιμίων σε εφελκυσμό μέχρι θραύση, όπως περιγράφεται πιο κάτω.

Σε περίπτωση αποτυχίας από τους παραπάνω ελέγχους, απορρίπτεται όλη η μέχρι εκείνη τη στιγμή παραχθείσα ποσότητα σωλήνων της ίδιας διαμέτρου που θα υποστούν τους δύο ελέγχους που προβλέπονται από DIN8075, θα έχουν πιο πριν υποστεί squeeze-off και rerounding, όπως περιγράφεται παρακάτω.

Οι έλεγχοι αυτοί γίνονται μία φορά για κάθε διάμετρο και κάθε μηχανή παραγωγής. Σε περιπτώσεις που έχουμε σταμάτημα και εκ νέου ξεκίνημα κάποιας μηχανής θα γίνεται επανάληψη για τον παραγόμενο σωλήνα της συγκεκριμένης μηχανής.

Σε περίπτωση που η παραγωγή του σωλήνα σε κάποια μηχανή συνεχιστεί πέραν των 170 ωρών, οι έλεγχοι επαναλαμβάνονται με την συμπλήρωση κάθε 170 ωρών συνεχούς παραγωγής.

Σε περίπτωση που διαπιστώνεται αξιολογη απόκλιση μεταξύ διαδοχικών δοκιμών σε εφελκυσμό (περιγράφεται παρακάτω), οι έλεγχοι αυτοί επαναλαμβάνονται για την συγκεκριμένη μηχανή και διάμετρο που διαπιστώθηκε η απόκλιση.

Δοκιμή squeeze-off: Οι υπό προμήθεια σωλήνες πρέπει να είναι κατάλληλοι για την εφαρμογή της τεχνικής του squeeze-off. Η δοκιμή θα ακολουθήσει τις διαδικασίες:

A) Το μηχάνημα που θα χρησιμοποιηθεί, θα είναι σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα και οπωσδήποτε θα εξασφαλίζει την σύσφιξη στο κέντρο του δοκιμίου.

B) Το δοκίμιο θα έχει ελάχιστο ελεύθερο μήκος οκτώ (8) φορές την εξωτερική διάμετρο του σωλήνα.

Γ) Ο σωλήνας θα τοποθετηθεί σε χώρο με θερμοκρασία +0 έως 5°C, για μια ελάχιστη περίοδο 10 ωρών. Σε χρονικό διάστημα 10 min και ενώ το δοκίμιο θα βρίσκεται σε θερμοκρασία 0 έως 5°C, θα συσφιχθεί στο κέντρο του δοκιμίου με το ειδικό μηχάνημα squeeze-off. Το δοκίμιο θα παραμείνει σε αυτή την κατάσταση για 60 min, κατόπιν θα επαναφερθεί στην αρχική του κατάσταση με την βοήθεια ειδικού εργαλείου re-rounder για 30 min. Στην συνέχεια θα ελεγχθεί κατά DIN8075

Δοκιμή σε εφελκυσμό μέχρι θραύση: Η δοκιμή αυτή αποσκοπεί στην επιβεβαίωση της ομοιογένειας της παραγωγής και επαναλαμβάνεται κάθε φορά που συμπληρώθηκαν 24 ώρες παραγωγής.

Ο αριθμός των δοκιμών του κάθε ελέγχου είναι:

- 3 για σωλήνα Φ32
- 5 για μεγαλύτερες διαμέτρους

Οι διαστάσεις των δοκιμών είναι σύμφωνες με τον παρακάτω πίνακα:

Διάμετρος σωλήνα	Μήκος(mm)	Πλάτος	Διάμετρος οπής D
32	160		
63	160	20	10
90	160	20	10
110	160	20	10
125	160	30	15
160	160	30	15
225	160	30	15

Πίνακας 1.14

Τα δοκίμια κόβονται έτσι ώστε να υπάρχει κανονική κατανομή της θέσης τους στην περιφέρεια του σωλήνα.

Πριν από τον έλεγχο τα δοκίμια θα παραμείνουν 1 ώρα σε μπάνιο 18-22°C, ο δε έλεγχος θα γίνει αμέσως μετά το μπάνιο. Η ταχύτητα κατά τον έλεγχο θα είναι 25 mm/s. Περιγράφεται η τάση θραύσης και η επιμήκυνση κατά την θραύση.

Στην συνέχεια γίνεται αξιολόγηση, για να διαπιστωθεί αν υπάρχει αξιολογη απόκλιση

από τα δεδομένα των δοκιμίων, που κόπηκαν, μαζί με τα δοκίμια, που υπέστησαν κατά τους DIN8075 ελέγχους αντοχής για να διαπιστωθεί αν απαιτείται ή όχι επανάληψη των ελέγχων αυτών (αντοχή σε εσωτερική πίεση - μεταβολή μετά από θερμική επεξεργασία).

Μέτρηση Δείκτη ροής MFI: Μία φορά για κάθε μηχανή παραγωγής και για κάθε νέο ξεκίνημα της μηχανής θα μετρηθεί το MFI του παραγόμενου σωλήνα. Το MFI 190/5 των σωλήνων δεν πρέπει να έχει απόκλιση μεγαλύτερη από 0,2 gr/10 min από το αντίστοιχο MFI 190/5 της πρώτης ύλης.

Μέτρηση Τραχύτητας: Ο έλεγχος της τραχύτητας στην εσωτερική επιφάνεια θα γίνεται ανά 4ωρο κάθε μηχανής παραγωγής, σε κάθε νέο ξεκίνημα της μηχανής και επιπλέον όταν κρίνεται απαραίτητος μετά από μακροσκοπικό έλεγχο κατά τη διάρκεια παραγωγής.

Η τραχύτητα δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 0,05 mm. Και θα μετράται κάθετα στον διαμήκη άξονα του αγωγού.

Σε περίπτωση απόκλισης μεγαλύτερη του 50 % προς τα πάνω δηλαδή εάν η τραχύτητα βρεθεί μεγαλύτερη του 0,075 mm η παραχθείσα ποσότητα μετά την τελευταία σωστή μέτρηση θα απορρίπτεται.

Τα προσφερόμενα μήκη σωλήνων είναι συνήθως σε ρολά των 250μ για διάμετρο σωλήνα από Φ16 έως Φ32, ρολά των 100μ για Φ40 έως Φ125, σε ευθεία μήκη 12μ για διάμετρο από Φ140 και για ορισμένες διαμέτρους σωλήνων η συσκευασία σε ρολά ή ευθεία μήκη μπορεί να είναι και μεγαλύτερη.

1.5 ΣΩΛΗΝΕΣ ΑΠΟ ΣΚΛΗΡΟ PVC (PVC-U)

Οι σωλήνες αυτής της κατηγορίας κι ελαστικοί δακτύλιοι σωλήνων ύδρευσης, από σκληρό PVC προσφέρονται για εγκαταστάσεις υπόγειων δικτύων ύδρευσης πόσιμου νερού και γενικά δικτύων μεταφοράς νερού υπό πίεση.

Ακολουθούνται τα παρακάτω πρότυπα:

- DIN 8061 & 8062 (Σωλήνες μεταφοράς νερού υπό πίεση)
- DIN 19532 (Σωλήνες μεταφοράς πόσιμου ύδατος)
- ΕΛΟΤ 474 & EN 1452-7 (Σωλήνες μεταφοράς νερού υπό πίεση)
- ISO 4422 (Σωλήνες μεταφοράς νερού)
- EN 1452 (Σωλήνες μεταφοράς νερού υπό πίεση)

Είναι απρόσβλητοι σε όλα σχεδόν τα είδη διαβρωτικών ουσιών που συναντώνται, ως επί το πλείστον, στα υπόγεια συστήματα δικτύων είτε πρόκειται για χημικές είτε για ηλεκτροχημικές (γαλβανική) διαβρώσεις. Το PVC είναι κακός αγωγός του ηλεκτρισμού και ως εκ τούτου αποκλείει φαινόμενα γαλβανικής και ηλεκτροχημικής επίδρασης. Συνεπώς οι σωλήνες εγκαθίστανται δίχως πρόβλημα σε διαβρωτικό περιβάλλον αλλά και δίχως απαίτηση οποιασδήποτε προστασίας στο εσωτερικό ή εξωτερικό περιβάλλον των σωλήνων.

Παρουσιάζουν μικρό ειδικό βάρος και χαμηλό κόστος μεταφοράς και εγκατάστασης, επίσης διαθέτουν λεία εσωτερική επιφάνεια που ελαχιστοποιεί τις τριβές εξασφαλίζοντας ανεμπόδιστη ροή. Είναι εύκολοι στην εγκατάσταση τους λόγω του

απλού τρόπου σύνδεσης και εύκολα προσαρμόσιμοι στις μικροκαθιζήσεις του εδάφους.

Οι τεχνικές προδιαγραφές των Γερμανικών κανονισμών DIN 19532, 8061 και 8062 καθορίζουν για τους σωλήνες τα εξής:

α) το υλικό κατασκευής, αποτελούμενο από μη πλαστικοποιημένο χλωριούχο πολυβινίλιο με προσθήκη περιορισμένων ποσοτήτων λιπαντικών και σταθεροποιητικών ως και ουσίες αναγκαίες για να δοθεί το κατάλληλο χρώμα.

β) την εξωτερική εμφάνιση, δηλαδή το χρώμα και την επιφάνεια των σωλήνων η οποία πρέπει να είναι λεία εσωτερικά και εξωτερικά χωρίς ραβδώσεις και σχισμές. Οποιαδήποτε δε τομή του υλικού δεν πρέπει να παρουσιάζει φυσαλίδες ή κοιλώματα.

γ) τις διαστάσεις, δηλαδή την εξωτερική διάμετρο και το πάχος των τοιχωμάτων, ανάλογα με την ονομαστική πίεση καθώς επίσης και τις επιτρεπόμενες ανοχές στις διαστάσεις γενικά.

δ) την αντοχή σε εσωτερική υδραυλική πίεση σε 60ο C για διάστημα 1000 ωρών και με τιμή πίεσης τέτοια ώστε να προκύπτει από τον τύπο του Barlow περιφερειακή τάση εφελκυσμού ίση με 100KG/GM².

ε) την αντοχή σε εσωτερική υδραυλική πίεση σε 20ο C για διάστημα 100, 1000 και 10.000 πρώτων λεπτών της ώρας και με τιμή πίεσης η οποία εξαρτάται από την εκάστοτε ονομαστική πίεση.

στ) την αντοχή σε κρούση από έξω.

ζ) την διαστολή και συστολή σε 150° C

η) την επίδραση στο νερό έτσι ώστε να μην δίνεται σε αυτό οσμή, γεύση, χρώμα ή οποιοδήποτε δηλητηριώδες συστατικό σε πυκνότητα επιβλαβή για την υγεία.

θ) τη σύνδεση των άκρων με σύνδεσμο στεγανό σε εσωτερική υδραυλική πίεση ίση με 2,5φορές μεγαλύτερη από την ονομαστική πίεση και για χρονικό διάστημα τουλάχιστον 10 πρώτων λεπτών της ώρας. Η σύνδεση θα γίνεται με κεφαλή η οποία θα φέρει ελαστικό δακτύλιο δηλαδή όπως και για τους σωλήνες.

Οι αγωγοί κατασκευάζονται για να αντέχουν σε πιέσεις λειτουργίας με νερό μέχρι τα 4,6,10,12 και τα 16 bar. Δεδομένου ότι η αντοχή του υλικού σε εφελκυσμό είναι 25 MPa, του αγωγού 10 MPa και 2.5 ο συντελεστής ασφαλείας προκύπτει ότι η συνολική τάση στα τοιχώματα του αγωγού είναι: 10MPa x 2.5= 25MPa.

Οι μηχανικές, φυσικές και ηλεκτρικές ιδιότητες του σκληρού PVC (πολυβινυλοχλωρίδιο) συνοψίζονται στους πίνακες που ακολουθούν:

ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ	ΜΕΓΕΘΟΣ	ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΗ
Μέτρο ελαστικότητας	30000Kp/cm ²	DIN 53457
Αντοχή σε εφελκυσμό	500-600 Kp/cm ²	DIN 53455
Επιμήκυνση σε θραύση	10-80%	ISO/R 527
Αντοχή σε κρούση	Χωρίς θραύση	DIN 53453
Αντοχή σε κάμψη	850 Kp/cm ²	DIN 53452
Αντοχή σε θλίψη	>800 Kp/cm ²	DIN 53454

Πίνακας 1.15

ΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ	ΜΕΓΕΘΟΣ	ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΗ
Πυκνότητα	1,35-1,46 g/cm ³	ISO 4439
Συντελεστής γραμμικής διαστολής	0,08mm/m °C	-
Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	0,14kcal/mh °C	DIN 52612
Απορροφητικότητα σε νερό	4mg/cm ²	DIN 8061
Ειδική θερμότητα	0,24kcal/kg °C	-

Πίνακας 1.16

ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ	ΜΕΓΕΘΟΣ	ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΗ
Επιφανειακή αντίσταση	10 ¹³ Ω	DIN 53482
Ειδική αντίσταση	10 ¹⁵ -10 ¹⁶ Ωcm	DIN 53482
Διηλεκτρική σταθερά σε 10 ⁴ Hz	3,2	ASTM D150-657
Διηλεκτρική σταθερά σε 800Hz	3,5-4,0	DIN 53483

Πίνακας 1.17

Οι σωλήνες πίεσεως υπόκεινται σε συνεχείς και συστηματικούς ελέγχους. Οι έλεγχοι ξεκινούν από το στάδιο των πρώτων υλών, περιλαμβάνουν τα ημιέτοιμα προϊόντα και περικλείουν τα τελικά προϊόντα, σύμφωνα με τις απαιτήσεις των προδιαγραφών ISO, ASTM, DIN, BS, ΕΛΟΤ. Στη συνέχεια αναφέρονται οι πιο σημαντικές από τις μεθόδους ελέγχου και δοκιμής των αγωγών από σκληρό PVC.

Δοκιμή σε εσωτερική υδραυλική πίεση: Η δοκιμή αυτή ελέγχει την αντοχή των σωλήνων σε μια δεδομένη εσωτερική πίεση για ορισμένο χρονικό διάστημα. Τα δοκίμια που χρησιμοποιούνται καθώς και η μέθοδος της δοκιμής περιγράφονται στο DIN 8061 και ISO 2044.

Δοκιμή για την απορρόφηση νερού: Η απορρόφηση νερού από το PVC έχει σαν αποτέλεσμα τη διόγκωσή του και τη μείωση των αντοχών του σωλήνα. Για το λόγο αυτό το ποσοστό απορροφήσεως πρέπει να είναι χαμηλό και να ελέγχεται συστηματικά, ώστε να εξασφαλίζεται η καλή ποιότητα των σωλήνων. Τα δοκίμια και η μέθοδος προσδιορισμού της απορροφήσεως νερού περιγράφονται στο DIN 8061, ISO 2508 και ΕΛΟΤ 362.

Προσδιορισμός σε μόλυβο: Ο προσδιορισμός σε μόλυβο προβλέπεται από το DIN 8061, ISO 3114, ΕΛΟΤ 363 και έχει σκοπό την εξακρίβωση της μη τοξικότητας των σωλήνων από σκληρό PVC. Η περιεκτικότητα σε μόλυβο δεν πρέπει να υπερβαίνει το 2%.

Έλεγχος συμπεριφοράς στη θερμική επεξεργασία: Με τη δοκιμή αυτή εξακριβώνεται η μεταβολή των διαστάσεων που παρουσιάζονται στους αγωγούς κάτω από την επίδραση της θερμοκρασίας. Η δοκιμή γίνεται σύμφωνα με το DIN 8061.

Προσδιορισμός της αντοχής σε κρούση: Αυτή είναι μια συγκριτική εργαστηριακή μέθοδος η οποία παρέχει ενδείξεις της αντοχής των σκληρών πλαστικών σε κρούσεις. Χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της παραγωγής όπως και για την αποδοχή ή μη των τελικών προϊόντων. Η μέθοδος αυτή περιγράφεται λεπτομερώς στο ISO R 179, ISO R 180, DIN 53453, BS 2782, ASTM D 256, DIN 8061.

Δοκιμή αντοχής σε κρούση (σωλήνα) από πτώση βάρους: Με τη δοκιμή αυτή καταπονείται ο σωλήνας σε συνθήκες κρούσεως όμοιες με τις φυσιολογικές (πτώσεις

και κρούσεις διαφόρων σκληρών αντικειμένων στον αγωγό, όταν έχει τοποθετηθεί στην επιφάνεια του εδάφους) και διαπιστώνεται έτσι η αντοχή του. Η μέθοδος αυτή προβλέπεται από τις προδιαγραφές BS 2782 μέρος 3/1965, ASTM D 2444 και ISO 3127.

Προσδιορισμός της σκληρότητας(shore D): Η μέθοδος που ακολουθείται είναι συμβατική και χρησιμοποιείται κυρίως για τον ποιοτικό έλεγχο του έτοιμου προϊόντος. Η προσδιοριζόμενη σκληρότητα εξαρτάται από το μέτρο ελαστικότητας και την ελαστική συμπεριφορά υλικού. Ο τρόπος μετρήσεως περιγράφονται στις προδιαγραφές DIN 53505-ASTM D 2240.

Προσδιορισμός σημείου μαλακώσεως (Vicat): Η μέθοδος σκοπεύει στον προσδιορισμό της θερμοκρασίας στην οποία το σκληρό PVC αρχίζει να μαλακώνει υπό ορισμένες συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης. Με αυτή τη μέθοδο είναι δυνατή η σύγκριση σωλήνων από σκληρό PVC όσον αφορά τη συμπεριφορά τους στην επίδραση της θερμοκρασίας-πίεσεως (εσωτερική πίεση ή εξωτερική). Η συσκευή που χρησιμοποιείται, η μορφή και οι διαστάσεις των δοκιμίων καθώς και η μέθοδος προσδιορισμού του σημείου μαλακώσεως περιγράφονται στα ISO R 306, ISO 2507, DIN 53460, BS 278/1965, ASTM D 1525 και ELOT 287.

Προσδιορισμός των δυναμομετρικών ιδιοτήτων: Η δοκιμή αυτή γίνεται για να καθοριστούν οι δυναμομετρικές ιδιότητες του σκληρού PVC και συγκεκριμένα:

- α) Η αντοχή του στον εφελκυσμό
- β) Το μέτρο ελαστικότητάς του
- γ) Η επιμήκυνσή του κατά τη θραύση.

Αυτές οι ιδιότητες που είναι ενδεικτικές για την ποιότητα του υλικού και για το τελικό προϊόν χρησιμοποιούνται για τον έμμεσο έλεγχο της ποιότητας των πρώτων υλών και για το έλεγχο στα έτοιμα προϊόντα. Κατόπιν μπορούμε να υπολογίσουμε τις υδραυλικές αντοχές του σωλήνα διότι αυτές είναι ανάλογες με την αντοχή του υλικού στον εφελκυσμό. Η συσκευή που χρησιμοποιείται, η μορφή και οι διαστάσεις των δοκιμίων καθώς και η μέθοδος της δοκιμής περιγράφονται με λεπτομέρεια στα ISO R 527, DIN 53455, DIN 53457, BS 2782, ASTM D 638, ELOT 368.

Προσδιορισμός ρεολογικών ιδιοτήτων και θερμική αντοχή: Η δοκιμή αυτή γίνεται για να καθοριστεί η ροή που παρουσιάζουν τα ημιέτοιμα προϊόντα (μείγματα) του σκληρού PVC στις μηχανές παραγωγής των σωλήνων και των εξαρτημάτων PVC, όπως επίσης και για να καθοριστεί η δυναμική θερμική αντοχή μειγμάτων στη φάση της παραγωγικής διαδικασίας. Οι έλεγχοι αυτοί γίνονται με το εργαστηριακό μηχάνημα Brabenter Plastograph το οποίο είναι ένα όργανο ακριβείας και δίνει χρήσιμες ενδείξεις για την ποιότητα και την καταλληλότητα των πρώτων υλών που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή των προϊόντων PVC.

Το απαιτούμενο πάχος τοιχωμάτων των σωλήνων υπολογίζεται από τον παρακάτω

τύπο: $s = \frac{d_a \times p}{20 \sigma_{\varepsilon\pi} + p}$ (mm) όπου ▶ d_a = εξωτερική διάμετρος(mm)

▶ $\sigma_{\varepsilon\pi}$ = 10 MPa

▶ p = πίεση λειτουργίας(bar)

Οι διατομές των αγωγών κυμαίνονται από Φ50 έως Φ355 ενώ κατασκευάζονται σε μήκη 5 – 12 m , με επιτρεπόμενη απόκλιση +10 mm (σε 10 0C). Οι επιτρεπόμενες αποκλίσεις βαρών, κατά DIN 8062, είναι 8% προς τα κάτω για κάθε χωριστό σωλήνα και για σύνολο 100σωλήνων (φορτίο), 5%. Οι σωλήνες P.V.C. παραδίδονται συνήθως σε τεμάχιο ωφέλιμου μήκους 6.00 μ.

Οι διαστάσεις των αγωγών σύμφωνα με τον EN 1452 δίδονται στον παρακάτω πίνακα:

ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ	PN 6ATM		PN 10ATM		PN 12.5ATM		PN 16ATM	
	ΠΑΧΟΣ ΤΟΙΧΩ ΜΑΤΟΣ	ΒΑΡΟΣ	ΠΑΧΟΣ ΤΟΙΧΩ ΜΑΤΟΣ	ΒΑΡΟΣ	ΠΑΧΟΣ ΤΟΙΧΩ ΜΑΤΟΣ	ΒΑΡΟΣ	ΠΑΧΟΣ ΤΟΙΧΩ ΜΑΤΟΣ	ΒΑΡΟΣ
	D mm	S mm	kg/m	S mm	kg/m	S mm	kg/m	S mm
50	1,8	422	2,4	552	2,9	0,65	3,7	809
63	1,9	562	3	854	3,7	1,04	4,7	1,29
75	2,2	782	3,6	1,22	4,4	1,47	5,6	1,82
90	2,7	1,13	4,3	1,75	5,3	2,1	6,7	2,61
110	3,2	1,64	5,3	2,61	6,5	3,15	8,2	3,9
125	3,7	2,13	6	3,34	7,4	3,97	9,3	5,01
140	4,1	2,65	6,7	4,18	8,2	5,05	10,4	6,27
160	4,7	3,44	7,7	5,47	9,4	6,58	11,9	8,17
180	5,3	4,37	8,6	6,88	10,6	8,35	13,4	10,4
200	5,9	5,37	9,6	8,51	11,8	10,31	14,9	12,8
225	6,6	6,76	10,8	10,8	13,2	13	16,7	16,1
250	7,3	8,31	11,9	13,2	14,7	16,03	18,6	19,9
280	8,2	10,4	13,4	16,6	16,5	20,04	20,8	24,9
315	9,2	13,2	15	20,9	18,5	25,4	23,4	31,5
355	10,4	16,7	16,9	26,5	20,9	32,36	26,3	39,9
400	11,7	21,1	19,1	33,7	23,5	40,93	29,7	50,8
450	13,2	26,8	21,5	42,7	26,5	63,9	-0	-0
500	14,6	32,9	23,9	52,6	29,4	51,9	-0	-0
630	18,4	52,2	30	83,2	-0	63,9	-0	-0

Πίνακας 1.18

1.6 ΣΩΛΗΝΕΣ ΑΠΟ ΠΟΛΥΕΣΤΕΡΑ

Οι σωλήνες είναι κατασκευασμένοι από φυγοκεντρικά έγχυτο και ενισχυμένο με ίνες γυαλιού θερμοσκληρυνόμενο πολυεστέρα CC-GRP (Centrifugally Cast Glass Reinforced Polyester).

Οι σωλήνες CC-GRP αποτελούνται από ακόρεστες πολυεστερικές ρητίνες (GF - UP), ίνες γυαλιού και χαλαζιακή άμμο. Υπάρχουν διαθέσιμες τρεις διαφορετικές τυποποιημένες ρητίνες, οι οποίες αναμιγνύονται με τα λοιπά υλικά με την μέθοδο της φυγοκέντρισης, για να επιτευχθούν οι απαιτούμενες ιδιότητες.

Η παραγωγή είναι πλήρως αυτοματοποιημένη και ηλεκτρονικά ελεγχόμενη. Για το κάθε μέτρο σωλήνα υπάρχει αρχείο με την ακριβή του σύνθεση. Η παραγωγή γίνεται με φυγοκέντριση των υλικών με επιταχύνσεις της τάξης των 70 g. Με αυτή τη διαδικασία το υλικό γίνεται εξαιρετικά πυκνό, συμπαγές και απολύτως ελεύθερο από φυσαλίδες αέρα (δεν παγιδεύονται στην υγρή ρητίνη). Επίσης, με αυτή τη διαδικασία δημιουργούνται διακριτά επάλληλα στρώματα διαφορετικής σύνθεσης υλικών, που το καθένα προσφέρει διαφορετικές ιδιότητες στο σωλήνα. Σε κάθε σωλήνα τοποθετείται, από το εργοστάσιο κατασκευής, δακτύλιος στεγανότητας.

Η σύνθεση του υλικού του σωλήνα καθώς και η ποσότητα των πρώτων υλών εξαρτάται από την προγραμματιζόμενη χρήση αυτού και σύμφωνα με της ιδιότητες του, δίπλα στην διάμετρο (DN), αναγράφεται η τάξη πίεσης (PN) και η τάξη ακαμψίας (SN). Η εσωτερική και εξωτερική πλευρά του σωλήνα προστατεύεται από ειδικά ανθεκτικά στρώματα, ώστε οι τελικές ιδιότητές του να μην επηρεασθούν για εξαιρετικά μακρύ χρονικό διάστημα.

Συγκεκριμένα, κάθε σωλήνας CC-GRP αποτελείται από τα παρακάτω διακριτά, επάλληλα στρώματα υλικών:

α. Εξωτερική προστατευτική επένδυση από πολυεστερική ρητίνη (προσφέρει προστασία έναντι της UV ακτινοβολίας, έναντι της διάβρωσης και έναντι της τριβής και της κρούσης).

β. Δομικά Στρώματα

1) Εξωτερικό ενισχυτικό στρώμα από ίνες υάλου εντός πολυεστερικής ρητίνης (προσφέρει αντοχή στη φόρτιση)

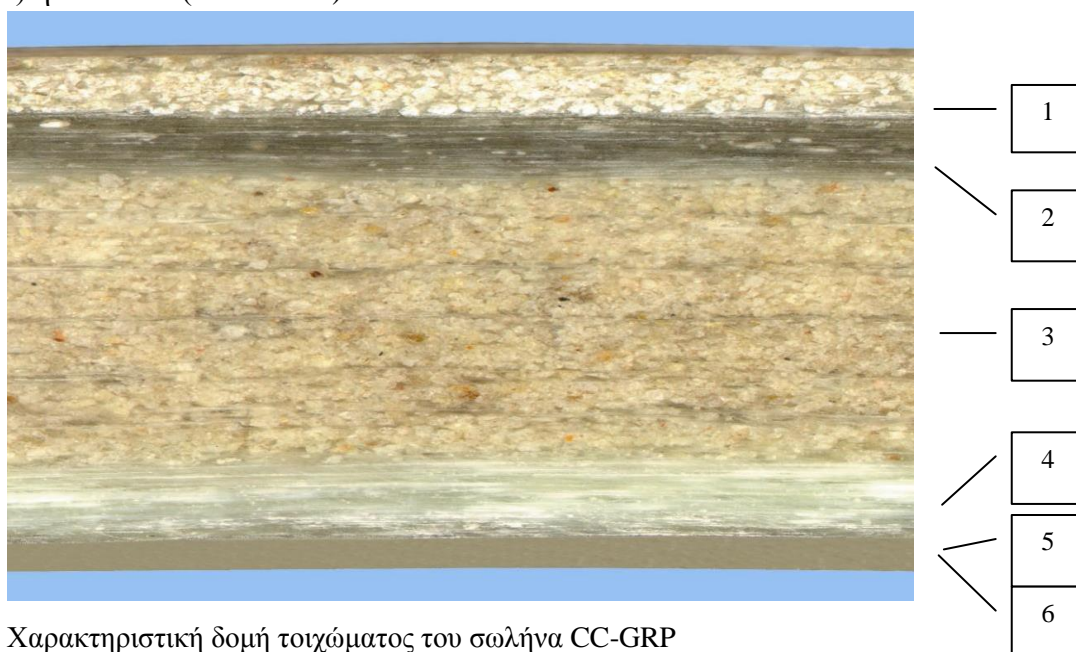
2) Πυρήνας από ίνες υάλου εντός πολυεστερικής ρητίνης και χαλαζιακή άμμο (προσφέρει αντοχή στη φόρτιση και ακαμψία SN 2500 έως 1.000.000 N/m²).

3) Εσωτερικό ενισχυτικό στρώμα από ίνες υάλου εντός πολυεστερικής ρητίνης (προσφέρει αντοχή στη φόρτιση)

4) Στρώμα απομόνωσης (προσφέρει ελαστικότητα και αδιαπερατότητα).

γ. Εσωτερική προστατευτική επένδυση ελεύθερη από ίνες υάλου (προσφέρει εξαιρετικά χαμηλό συντελεστή τριβής $K \sim 0,010$ mm, καθώς και προστασία έναντι της τριβής και των χημικών ουσιών).

Κύριο στοιχείο από την άποψη της σωστής συναρμολόγησης είναι η ακρίβεια των διαστάσεων των σωλήνων, που ανταποκρίνεται στις προδιαγραφές EN 14364 (ISO 10457) ή EN 1796 (ISO 10639).



1. Εξωτερική προστατευτική επένδυση
2. Εξωτερικό ενισχυτικό στρώμα
3. Πυρήνας
4. Εσωτερικό ενισχυτικό στρώμα
5. Στρώμα απομόνωσης
6. Εσωτερική προστατευτική επένδυση

Το συγκεκριμένο υλικό προσφέρει αρκετά πλεονεκτήματα σε υδροηλεκτρικές εφαρμογές και σε αγωγούς μεταφοράς υπό πίεση όπως:

- Είναι αντιδιαβρωτικό υλικό. Δεν απαιτούνται επενδύσεις, επαλείψεις, καθοδική προστασία ή κάποιου άλλου είδους αντιδιαβρωτική προστασία.
- Υδραυλικά χαρακτηριστικά που παραμένουν ουσιαστικά αμετάβλητα με την πάροδο του χρόνου.
- Σταθερή απόδοση του προϊόντος σε εξαιρετικά θερμά και ψυχρά κλίματα.
- Χαμηλό ύψος τριβών εξαιτίας της λείας εσωτερικής επιφάνειάς τους.
- Η υπερπίεση λόγω του υδραυλικού πλήγματος είναι 50% χαμηλότερη σε σύγκριση με τους χαλυβδοσωλήνες ή τους σωλήνες από ελατό χυτοσίδηρο σε παρόμοιες συνθήκες.
- Οικονομική και εύκολη εγκατάσταση, καθώς και απλός χειρισμός ακόμη και σε απαιτητικό έδαφος εξαιτίας του χαμηλού βάρους τους (περίπου 25% του βάρους των σωλήνων από ελατό χυτοσίδηρο και 10% του βάρους των τσιμεντοσωλήνων) και των προσυναρμολογημένων συνδέσμων με παρεμβύσματα.
- Αντοχή στην υπεριώδη ακτινοβολία.
- Οι σύνδεσμοι ακρίβειας με ελαστικά παρεμβύσματα επιτρέπουν την εύκολη εγκατάσταση και αποτρέπουν την διαφυγή και τη διείδυση.
- Χαμηλό λειτουργικό κόστος.
- Δεν απαιτούνται μελέτες διάβρωσης.
- Χαμηλό κόστος συντήρησης.
- Μεγάλη διάρκεια ζωής.

Οι τυπικές διαμέτροι σε mm στις οποίες διατίθενται οι σωλήνες από θερμοσκληρυνόμενο πολυεστέρα CC-GRP είναι οι εξής:

100 · 150 · 200 · 250 · 300 · 350 · 400 · 450 · 500
600 · 700 · 800 · 900 · 1000 · 1200 · 1400
1600 · 1800 · 2000 · 2400 · 2600 · 2800 · 3000

Όλοι οι σωλήνες διατίθενται στους τυπικούς δείκτες ακαμψίας των SN 2500 Pa, SN 5000 Pa και SN 10000 Pa. Διατίθενται όμως και σωλήνες με διαφορετικούς δείκτες ακαμψίας (N/m²) κατόπιν παραγγελίας.

Ανάλογα με τις διαμέτρους τους, οι σωλήνες GRP διατίθενται σε κατηγορίες ονομαστικής πίεσης που κυμαίνονται μεταξύ 1 bar και 32 bar.

Τυπική κατηγορία πίεσης PN σε bar
6
10
16
20
25
32

Η βασική έκδοση των σωλήνων έχει μήκος που ανέρχεται στα 12 μέτρα. Ωστόσο, είναι αποδεκτά και άλλα μήκη κατόπιν παραγγελίας.

1.6.1 ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΣΩΛΗΝΩΝ

Τα συστήματα σωλήνων GRP παρέχουν λύσεις για εφαρμογές που θέτουν υψηλές απαιτήσεις αντοχής στη διάβρωση και την υψηλή πίεση. Οι σωλήνες GRP χαρακτηρίζονται από υψηλή αντοχή εξαιτίας των ινών υάλου, ενώ παράλληλα επιδεικνύουν ένα υψηλό επίπεδο αντοχής στη διάβρωση εξαιτίας της ρητίνης.

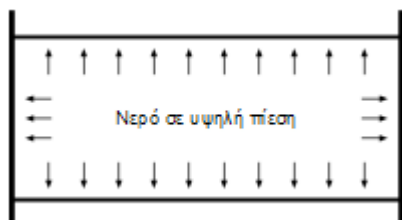
Αυτός ο συνδυασμός μηχανικών και χημικών ιδιοτήτων τις καθιστά ιδανικές για υδροηλεκτρικές εφαρμογές και εφαρμογές με αγωγούς μεταφοράς υπό πίεση.

Αντοχή στη διάβρωση	++
Αντοχή στην υπεριώδη ακτινοβολία	+
Θερμική διαστολή	+
Χημική αντοχή	+
Θερμική μόνωση	+
Αναλογία kg/m	++
Ταχύτητα ροής/υδραυλικά χαρακτηριστικά	++

1.6.1.1 Βάση υδροστατικού σχεδιασμού (Hydrostatic Design Basis - HDB)

Μια σημαντική δοκιμή πιστοποίησης για τη χρήση των σωλήνων σε υδροηλεκτρικές εφαρμογές είναι η καθιέρωση της Βάσης υδροστατικού σχεδιασμού. Αυτή η δοκιμή απαιτεί τον έλεγχο της υδροστατικής πίεσης, προκειμένου να διαπιστωθεί η αποτυχία (διαρροή) ενός καθορισμένου αριθμού δειγμάτων σωλήνων σε μια σειρά από πολύ υψηλά, σταθερά επίπεδα πίεσης. Αυτά τα αποτελέσματα αξιολογούνται βάσει μιας διλογαριθμικής κλίμακας για πίεση (ή περιφερειακή τάση εφελκυσμού) έναντι του χρόνου αποτυχίας και, στη συνέχεια, παρεκτείνονται σε 50 έτη. Η πίεση αποτυχίας (παραμόρφωση) που έχει παρεκταθεί σε 50 έτη, η οποία ονομάζεται βάση υδροστατικής σχεδίασης (παραμόρφωσης) ή HDB, πρέπει να είναι μεγαλύτερη

από την κατηγορία πίεσης (παραμόρφωση στην ονομαστική πίεση) σύμφωνα με το συντελεστή ασφαλείας. Επειδή έχει ληφθεί υπόψη ο συνδυασμός των φορτίων που ασκούνται, δηλαδή η αλληλεπίδραση της εσωτερικής πίεσης και των εξωτερικών φορτίων εδάφους, ο πραγματικός μακροπρόθεσμος συντελεστής για την ασφάλεια ενάντια στην αποτυχία πίεσης από μόνος του είναι υψηλότερος από αυτόν το συντελεστή ασφαλείας. Αυτή η δοκιμή πιστοποίησης διασφαλίζει την μακροπρόθεσμη απόδοση του σωλήνα σε συνθήκες πίεσης.



Μεταφορά εξωτερικού τελικού φορτίου.

1.6.1.2 Συντελεστής Poisson ή θερμικός συντελεστής

Ο συντελεστής δακτυλίου (περιφερειακός συντελεστής) έχει μια ακτίνα αξονικής αντίδρασης και κυμαίνεται από 0,2 ως 0,29. Για αξονικό φορτίο και περιφερειακή αντίδραση ο συντελεστής Poisson μπορεί να είναι ελαφρώς μικρότερος. Ο θερμικός συντελεστής, αξονικής διαστολής και συστολής για σωλήνες GRP είναι 24 ως $30 \times 10^{-6} \text{ cm/cm}^{\circ}\text{C}$.

1.6.1.3 Συντελεστής ροής, ταχύτητες ροής και ύψος τριβών

Βάσει δοκιμών που διεξήχθησαν σε υπάρχουσες σωληνώσεις, ο συντελεστής Colebrook-White λαμβάνεται ως 0,029 χιλ. στο εργοτάξιο. Αυτή η τιμή αντιστοιχεί σε ένα συντελεστή ροής Hazen-Williams που ανέρχεται σε $C = 150$ κατά προσέγγιση. Ο συντελεστής Manning ισούται με $n = 0,009$. Σε αντίθεση με άλλα διαβρωτικά υλικά, η τραχύτητα της εσωτερικής επιφάνειας των σωλήνων δεν μεταβάλλεται με το χρόνο, καθώς οι σωλήνες GRP δεν διαβρώνονται. Μπορούν να υλοποιηθούν ταχύτητες έως και 4 m/s, εάν το νερό είναι καθαρό και δεν περιέχει αποξেসτικά υλικά.

Υλικό σωλήνων	Τραχύτητα (mm)	Ύψος τριβών (m)	Απώλεια στην παραγωγή (kwh)	Διαφορά σε kwh
GRP	0.01 (εργαστήριο)	9.45	389,183	
GRP	0.029 (εργοτάξιο)	10.04	411,324	+22,141
Ελατό χυτοσίδηρο με τσιμεντοκονίαμα	0.1 (νέα, εργαστηριακή μέτρηση)	11.53	468,876	+79,693
Ελατό χυτοσίδηρο με τσιμεντοκονίαμα	1 (εργοτάξιο μετά από κάποιο χρονικό διάστημα)	18.1	730,139	+340,956

Ύψος τριβών* - Σύγκριση τιμών

*αγωγός μεταφοράς υπό πίεση DN 800

1.6.1.4 Υδραυλικό πλήγμα

Το υδραυλικό πλήγμα είναι η απότομη αυξομείωση της πίεσης που προκαλείται από την απότομη αλλαγή στην ταχύτητα του ρευστού που διέρχεται από το σύστημα των σωληνώσεων. Η συνήθης αιτία αυτών των μεταβολών ροής είναι το γρήγορο κλείσιμο και άνοιγμα των βαλβίδων ή η απότομη εκκίνηση ή διακοπή των αντλιών π.χ. κατά τη διάρκεια μιας διακοπής ρεύματος. Οι πιο σημαντικοί παράγοντες που επηρεάζουν το υδραυλικό πλήγμα σε ένα σύστημα σωληνώσεων είναι η αλλαγή της ταχύτητας του ρευστού, ο ρυθμός της αλλαγής ταχύτητας (χρόνος κλεισίματος αντλίας), η συμπιεστότητα του υγρού, η ακαμψία του σωλήνα προς την περιφερειακή διεύθυνση και η φυσική διάταξη του συστήματος σωλήνων.

Το υδραυλικό πλήγμα που αναμένεται για τα συστήματα σωληνώσεων ανέρχεται περίπου στο 50% του υδραυλικού πλήγματος που ισχύει για τους χαλύβδινους σωλήνες και τους σωλήνες από ελατό χυτοσίδηρο υπό παρεμφερείς συνθήκες. Οι σωλήνες GRP επιδεικνύουν ένα περιθώριο υδραυλικού πλήγματος 40% σε σύγκριση με την ονομαστική πίεση. Με τον ακόλουθο τύπο μπορεί να υπολογιστεί κατά προσέγγιση ο λόγος της μέγιστης απόκλισης πίεσης σε ένα δεδομένο σημείο μιας ευθείας σωληνώσεως με αμελητέα τριβή: $\Delta H = (w\Delta v)/g$

Όπου: ΔH = μεταβολή πίεσης (μέτρα)

w = ταχύτητα κύματος υδραυλικού πλήγματος (μέτρα/δευτ.)

Δv = μεταβολή ταχύτητας υγρού (μέτρα/δευτ.)

g = επιτάχυνση εξαιτίας της βαρύτητας (μέτρα/δευτ.²)

SN	PN	DN 300-400	DN 450-800	DN 900-2500
2500	6	365	350	340
	10	435	420	405
	16	500	490	480
5000	6	405	380	370
	10	435	420	410
	16	505	495	480
	25	575	570	560
10000	6	420	415	410
	10	435	425	415
	16	500	495	485
	25	580	570	560
	32	620	615	615

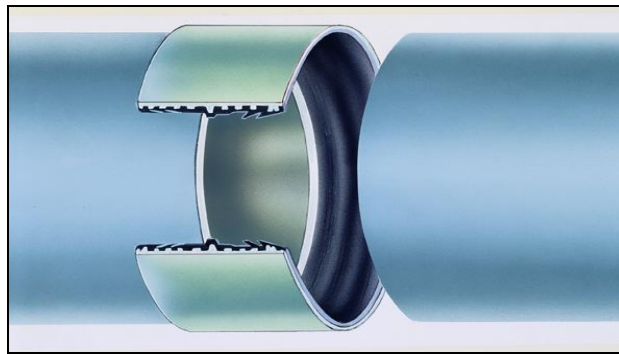
Ταχύτητα κύματος υδραυλικού πλήγματος σε μέτρα/δευτ.

1.6.2 ΕΙΔΙΚΑ ΤΕΜΑΧΙΑ

1.6.2.1 Σύνδεσμοι σωλήνων

1.6.2.1.1 Σύνδεσμοι από υαλοπλισμένο πολυεστερικό πλαστικό

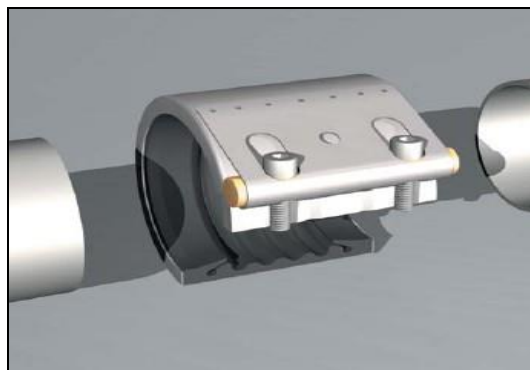
Οι σύνδεσμοι εξασφαλίζουν τη στεγανότητα του συστήματος σωλήνων καθ' όλο το χρονικό διάστημα λειτουργίας. Εξασφαλίζουν τη στεγανότητα και ανταποκρίνονται στις δοκιμασίες και προδιαγραφές EN 1796 και EN 14364. Οι διαστάσεις, η μορφή και η σήμανση εξαρτώνται από τις διαδικασίες που εφαρμόζονται από τον κατασκευαστή. Ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιείται το τεχνικό καουτσούκ με την σήμανση EPDM, το οποίο έχει ευρεία χρήση σε έργα ύδρευσης. Το κατασκευαστικό στρώμα του συνδέσμου είναι από υαλοπλισμένο πολυεστερικό πλαστικό GRP.



Σύνδεσμοι από υαλοπλισμένο πολυεστερικό πλαστικό

1.6.2.1.2 Μηχανικοί σύνδεσμοι

Οι εν λόγω σύνδεσμοι συναρμολόγησης πρέπει να πληρούν τις προδιαγραφές όπως οι σύνδεσμοι από πλαστικό με ίνες γυαλιού με την διαφορά, ότι η στεγανότητα των σωλήνων γίνεται με το σφίξιμο του εξωτερικού μεταλλικού παρεμβύσματος από ανοξείδωτο χάλυβα με βίδες, ενώ το χιτώνιο στεγανοποίησης είναι από EPDM.



Σύνδεσμος συναρμολόγησης

1.6.2.1.3 Φλάντζες

Οι συνδέσεις που απαιτείται να αντέχουν σε υψηλές πιέσεις συνδέονται κατ' εξοχή με συνδέσμους φέροντες στην κάθε πλευρά διπλές στεγανοποιητικές φλάντζες. Τα τεμάχια με φλάντζα ανταποκρίνονται στα συμπληρωματικά εξαρτήματα που φέρουν την ονομασία F- τεμάχια.

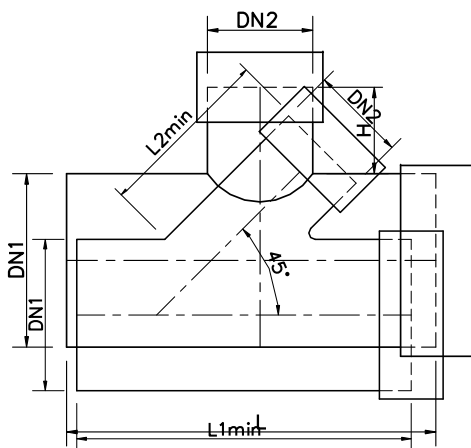


Σύνδεσμοι με φλάντζα

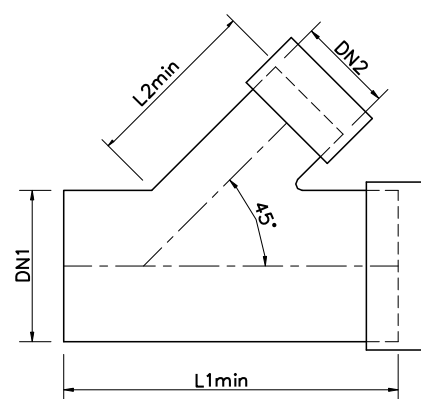
1.6.2.1.4 Συμπληρωματικά εξαρτήματα

Συνήθη συμπληρωματικά τεμάχια (προσφερόμενα από τους περισσότερους κατασκευαστές) είναι τα εξής:

1. Ταυ: Κατασκευάζονται με διάφορες κλίσεις και με διάφορα άκρα σύμφωνα με την γκάμα παραγωγής του κατασκευαστή

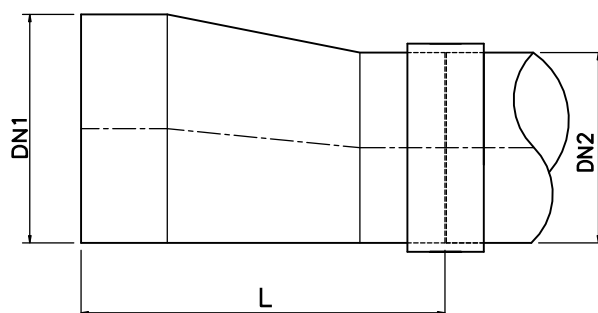


Ταυ ευθέων άκρων



Ταυ με γωνία

2. Συστολικά στοιχεία - συμμετρικά και έκκεντρα: Το μέγεθος και η μορφή των άκρων (σύνδεσμος, φλάντζα) είναι σύμφωνα με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή και τις απαιτήσεις λειτουργίας.



Έκκεντρο συστολικό

3. Γωνίες: Είναι στοιχεία με τα οποία επιτυγχάνεται η κάμψη του δικτύου. Το μέγεθος, οι κλίση των γωνιών καθώς και ο τερματισμός των άκρων (σύνδεσμος, φλάντζα) εξαρτώνται από το εύρος των προϊόντων παραγωγής του κατασκευαστή.
4. Φρεάτια: Τα φρεάτια αποχέτευσης εξασφαλίζουν την στεγανή διασύνδεση των κλάδων του δικτύου. Όταν είναι κατασκευασμένα από GRP θα είναι ανθεκτικότητας αντίστοιχης των συμβαλλόντων σωλήνων. Τα φρεάτια κατασκευάζονται με έκκεντρο λαιμό για διαμέτρους άνω των DN 800. Οι τυποποιημένοι θάλαμοι των φρεατίων είναι διαμέτρου DN 800 ή DN 1000. Διάφοροι κατασκευαστές διαθέτουν φρεάτια και άλλων διαστάσεων, κατά παραγγελία.

1.7 ΣΩΛΗΝΕΣ ΑΜΙΑΝΤΟΝΤΙΜΕΝΤΟΥ

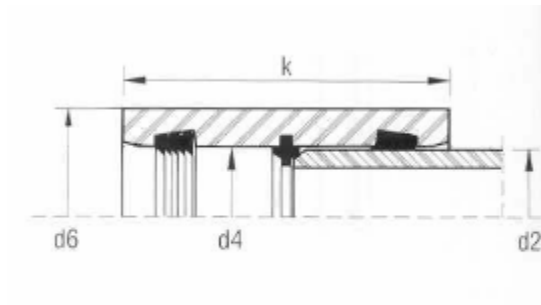
Το 55% του ολικού μήκους των αγωγών αποτελείται από σωλήνες αμιαντοτσιμέντου. Ο αμιάντος είναι ένα ινώδες πυριτικό ορυκτό που περιέχει σίδηρο, μαγνήσιο, ασβέστιο και νάτριο. Αν και κανένα από τα στοιχεία που περιέχει δεν είναι επικίνδυνο για την υγεία όταν βρίσκεται στο νερό σε συγκεντρώσεις που επιτρέπουν οι κανονισμοί η χρήση του για την κατασκευή σωλήνων ύδρευσης και η πιθανή αιώρηση ινών αμιάντου στο πόσιμο νερό έχουν προκαλέσει το ενδιαφέρον του κοινού και έχει απασχολήσει διάφορους οργανισμούς. Το ενδιαφέρον και η σχετική ανησυχία έχουν προκληθεί από το γεγονός ότι οι ίνες αμιάντου αν εισπνέονται είναι καρκινογόνες. Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας αναφέρει ότι αν και ο εισπνεόμενος αμιάντος είναι γνωστό καρκινογόνο δεν υπάρχουν στοιχεία ότι έχει κάποιο αρνητικό αποτέλεσμα όταν καταπίνεται από το πόσιμο νερό. Αυτή είναι μία επίκαιρη ανταπόκριση στη πρόσφατη ανησυχία που έχει δημιουργηθεί λόγω της χρήσης αμιαντοτσιμέντου στους σωλήνες ύδρευσης.

Η εγκύκλιος ΔΥΓ2/19028 « Αμιαντοσωλήνες στο δίκτυο ύδρευσης» δεν συμπεριλαμβάνει τις ίνες αμιάντου σαν παράμετρο που πρέπει να ελέγχεται στο πόσιμο νερό και επισημαίνει ότι «Σε ότι αφορά στις επιπτώσεις στην υγεία από την κατάποση ινών αμιάντου με το πόσιμο νερό, από τα συμπεράσματα μελετών της διεθνούς βιβλιογραφίας δεν προκύπτει τεκμηριωμένα άμεση συσχέτιση ενδεχόμενης παρουσίας ινών αμιάντου και επιπτώσεων στην υγεία από την κατάποση τους.»

Η ΕΥΔΑΠ δεν κατασκευάζει πλέον νέα τμήματα του δικτύου ύδρευσης από αμιαντοτσιμεντοσωλήνες. Τόσο για την κατασκευή νέων τμημάτων όσο και για την αντικατάσταση του πεπαλαιωμένου τμήματος του δικτύου στην περιοχή αρμοδιότητάς της η ΕΥΔΑΠ χρησιμοποιεί υλικά, όπως ο χάλυβας και το πολυαιθυλένιο.

Τα χαρακτηριστικά στοιχεία των αμιαντοτσιμεντοσωλήνων έχουν ως εξής:

- Πίεση λειτουργίας: 2,5 6 (7,5) 10 12,5 (15) 16 bar. Οι τιμές που δίνονται στις παρενθέσεις είναι η αντοχή των σωλήνων που κατασκευάζονται στην Ελλάδα. Στα δίκτυα ύδρευσης χρησιμοποιούνται σωλήνες των 10 bar και άνω.
- Η σύνδεση των σωλήνων γίνεται με τους συδέσμους REKA. Οι σύνδεσμοι REKA (βλ. σχήμα) είναι διπλής άρθρωσης και χρησιμοποιούνται σε σωλήνες χωρίς μούφα. Είναι κατάλληλοι τόσο για αγωγούς υπό κλίση όσο και σε περιπτώσεις υπερπίεσης/υποπίεσης. Αποτελούνται από από μια μούφα από ινοτσιμέντο που εσωτερικά φέρει τρεις εγκοπές. Στη μεσαία εγκοπή τοποθετείται ελαστικός δακτύλιος στάσεως ειδικής διατομής που εξασφαλίζει την παραλαβή των συστολοδιαστολών, διευκολύνει τη συναρμολόγηση και προστατεύει τα άκρα του σωλήνα. Στις δυο ακραίες εγκοπές τοποθετούνται δυο ελαστικοί δακτύλιοι στεγανότητας που εξασφαλίζουν τη στεγανότητα από το εσωτερικό προς τα έξω και αντίστροφα. Οι δυο αυτοί ελαστικοί δακτύλιοι εφαρμόζονται με μια μικρή προένταση, ώστε να μη μπορούν να μετατοπιστούν μέσα στα αυλάκια του συνδέσμου από ινοτσιμέντο.



d2: εξωτερική διάμετρος σωλήνα

d4: εσωτερική διάμετρος συνδέσμου

d6: εξωτερική διάμετρος συνδέσμου

Σύνδεσμος REKA

- Τα ειδικά τεμάχια που προορίζονται για την σύνδεση αμιαντοσιμεντοσωλήνων, είναι συνήθως από χυτοσίδηρο ομοιογενή και μη περιέχοντα ξένες επιβλαβείς προσμίξεις. Οι επιφάνειές των πρέπει να είναι λείες και ομαλές χωρίς εξογκώσεις ή κοιλότητες. Τα άκρα των θα είναι ευθεία με εσωτερική διάμετρο και πάχος ίσα αντίστοιχα με την ονομαστική πίεση λειτουργίας των κατά DIN 19800/56 ή θα φέρουν ωτίδα διαμορφωμένη ανάλογα με την ονομαστική διάμετρο και το πάχος των αμιαντοσιμεντοσωλήνων ανάλογα με την ονομαστική πίεση λειτουργίας των κατά DIN 19800/56 ή θα φέρουν ωτίδα διαμορφωμένη ανάλογα με την ονομαστική πίεση λειτουργίας των κατά DIN 2532 και 2508. Η κατασκευή των ειδικών τεμαχίων θα είναι σύμφωνη με τους διεθνείς κανονισμούς 150 – RIS. Η δοκιμή στεγανότητας των ειδικών τεμαχίων θα γίνει κατά DIN 19800/59. Κατά την δοκιμή της στεγανότητας δεν πρέπει παρουσιάζεται η ελάχιστη διαρροή και εφίδρωση. Η προστατευτική επένδυση κατά της οξείδωσης θα γίνει εσωτερικά και εξωτερικά με κατάλληλο ασφατικό διάλυμα που να ξηραίνεται γρήγορα, να επικολλάται καλά, να μην αποφλοιώνεται και να μην προσδίδει στο νερό κάποια οσμή ή γεύση ή επιβλαβή συστατικά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΥΔΡΕΥΣΗΣ

2.1 ΓΕΝΙΚΑ

Για την κατασκευή ενός δικτύου ύδρευσης οι βασικές απαιτούμενες εργασίες είναι οι παρακάτω:

- Εκσκαφή σκάμματος
- Συναρμολόγηση αγωγών
- Έλεγχος στεγανότητας και αντοχής των αγωγών
- Επίχωση και καθαρισμός των αγωγών

2.2 ΕΚΣΚΑΦΕΣ

2.2.1 Γενικά

Ως εκσκαφές «ορυγμάτων υπογείων δικτύων» νοούνται οι ανοικτές εκσκαφές για την τοποθέτηση, εγκατάσταση ή κατασκευή υπογείων δικτύων κάθε είδους:

α) εκσκαφές τάφρων εγκατάστασης αγωγών, που κατασκευάζονται επι τόπου (π.χ διατομής ορθογωνικής, ωοειδούς κ.λ.π) για πλάτος εκσκαφής μέχρι και 5,0μ.

β) εκσκαφές τάφρων τοποθέτησης προκατασκευασμένων σωληνωτών οχετών αποστράγγισης, αποχέτευσης (ομβρίων και ακαθάρτων) και άλλων αγωγών Οργανισμών Κοινής Ωφελείας (όπως ύδρευσης, δικτύων ή στεγανών σωληνώσεων ΟΤΕ κλπ) και για πλάτος τάφρου μέχρι και 5,0μ.

γ) διερευνητικές τομές εντοπισμού αγωγών δικτύων Ο.Κ.Ω ή και άλλων υπόγειων κατασκευών πλάτους εκσκαφής μέχρι και 5,0μ.

Οι εκσκαφές, ανάλογα με τις συνθήκες εκτέλεσής τους κατατάσσονται ως εξής:

A) Ως προς τον χώρο εκτέλεσης:

- Εκτός κατοικημένων περιοχών (συμπεριλαμβάνονται και οι εκσκαφές που εκτελούνται εντός του εύρους κατάληψης οδικών έργων χωρίς διερχόμενη κυκλοφορία).
- Εντός κατοικημένων περιοχών και στο εύρος κατάληψης οδικών αξόνων υπό κυκλοφορία.
- Υπό συνθήκες στενότητας χώρου όπου για την εκτέλεση της εργασίας απαιτείται ειδικός μηχανικός εξοπλισμός.

B) Ως προς τις κατηγορίες εδάφους:

- Χαλαρά ασταθή εδάφη: φυτικές γαίες, ιλύς, τύρφη και λοιπά εδάφη που έχουν προέλθει από επιχωματώσεις με ανομοιογενή υλικά, μη συνεκτική άμμος και αμμοχάλικα διαμέτρου μέχρι 70mm, τα οποία λόγω πολύ μικρής περιεκτικότητας σε άργιλο (ποσοστό λεπτόκοκκου εδάφους), είναι χαλαρά ή δεν παρουσιάζουν καμία συνοχή.

- Γαιώδη ημιβραχώδη εδάφη: που μπορούν να εκσκαφθούν αποτελεσματικά με υδραυλικό εκσκαφέα (τσάπα) ισχύος έως 120 Hp χωρίς την χρήση κρουστικού εξοπλισμού όπως αερόσφυρες ή υδραυλικές σφύρες.

- Βραχώδη εδάφη: όλα τα μη αποσαθρωμένα συμπαγή πετρώματα, τα οποία δεν μπορούν να εκσκαφθούν αν δεν χαλαρωθούν με κρουστικό εξοπλισμό όπως αερόσφυρες και υδραυλικές σφύρες ή με την χρήση εκρηκτικών υλών.

- Εξαιρετικά σκληρά κροκαλοπαγή και γρανιτικά εδάφη: μη αποσαθρωμένα συμπαγή ισχυρώς τσιμεντωμένα κροκαλοπαγή πετρώματα και γρανιτικά πετρώματα και γενικά ιδιαίτερος σκληρά πετρώματα η εκσκαφή των οποίων είναι δυσχερής και μικρής αποδόσεως και απαιτεί κρουστικό εξοπλισμό ή χρήση εκρηκτικών.

2.3 ΒΑΣΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ

2.3.1 Στάθμες και κλίσεις πυθμένα

Οι στάθμες και κλίσεις του πυθμένα είναι οι προβλεπόμενες από την εγκεκριμένη μελέτη.

- Για τις εκσκαφές τοποθέτησης αγωγών δικτύων βαρύτητας λαμβάνεται ιδιαίτερη μέριμνα για την εξασφάλιση της προβλεπόμενης στάθμης και κλίσης του πυθμένα του αγωγού.

- Για τις εκσκαφές τοποθέτησης δικτύων υπό πίεση εξασφαλίζεται το ελάχιστο προδιαγραφόμενο βάθος (επικάλυψη) από την στάθμη του εδάφους.

2.3.2 Βάθος σκάμματος

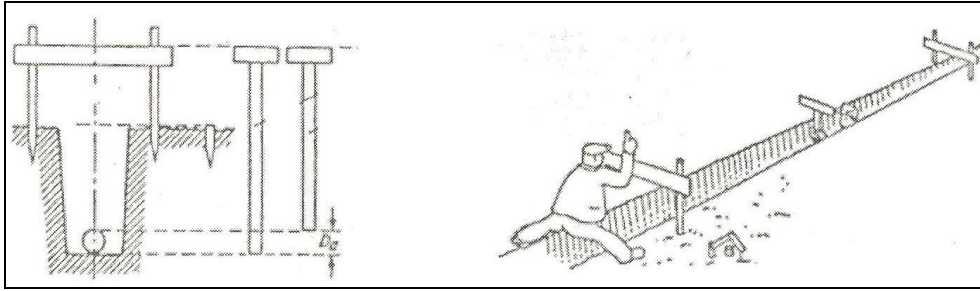
Ο προσδιορισμός του βάθους πραγματοποιείται με τα εξής στάδια εργασιών:

α) Σχεδιάζεται η μηκοτομή σε κλίμακα μηκών 1/1000 (ή 1/2500) και υψών 1/100 (ή 1/250) και λαμβάνονται τα σημεία ανά 20 μέτρα.

β) Προσδιορίζεται το ελάχιστο βάθος τοποθέτησης των αγωγών.

γ) Χαράσσεται στο σχέδιο η γραμμή τόσο του πυθμένα του σκάμματος όσο και η γραμμή σκόπευσης.

δ) Στα σημεία που η κλίση του αγωγού αλλάζει, τοποθετούνται Π που προσδιορίζουν τη γραμμή σκόπευσης (βλ. σχήμα 2.1). Με δύο ταυ που έχουν για ύψος την απόσταση μεταξύ της γραμμής σκόπευσης και του πυθμένα το ένα, το δε άλλο την απόσταση της γραμμής σκόπευσης από την κορυφή του σωλήνα, γίνεται ο έλεγχος του σωστού βάθους σκάμματος και της τοποθέτησης των σωλήνων.



Σχήμα 2.1 Έλεγχος βάθους τοποθέτησης σωλήνων.

2.3.3 Πλάτος λωρίδας εργασίας

Η λωρίδα εργασίας αποτελείται από:

- το πλάτος εκσκαφής
- λωρίδα 60 εκατοστών εκατέρωθεν του σκάμματος
- λωρίδα 2,5 μέτρων για την κίνηση των οχημάτων κατασκευής του έργου
- λωρίδα 0,9 έως 1,80 μέτρων για την εναπόθεση των αγωγών
- λωρίδα πλάτους 3,0 έως 6,0 μέτρων για την εναπόθεση των προϊόντων εκσκαφής
- λωρίδα πλάτους 1,5 έως 2,5 μέτρων για την ξεχωριστή εναπόθεση της φυτικής γης.

2.3.4 Πλάτος ορύγματος

Για εκσκαφές ορυγμάτων εντός κατοικημένων περιοχών τα πρανή είναι γενικώς κατακόρυφα, εκτός εάν η μελέτη προβλέπει διαφορετική διαμόρφωση.

Το πλάτος του ορύγματος είναι το ελάχιστο απαιτούμενο για την έντεχνη εγκατάσταση του δικτύου και την συμπύκνωση των υλικών επίχωσης, σύμφωνα με την διάμετρο του υπό κατασκευή αγωγού και το βάθος τοποθέτησής του. Σε περίπτωση που δεν υπάρχει ειδική αναφορά στην μελέτη και στα τυπικά σχέδια, το πλάτος διαμορφώνεται σύμφωνα με τα όσα ορίζονται στις Εθνικές Τεχνικές Προδιαγραφές (βλέπε πίνακα 2.1).

Εξωτερική διάμετρος αγωγού σε mm (De)	Βάθος εκσκαφής σε m			
	<1.25	>1.25x1.75	1.75x4.00	>4.00
250	600	600	700	900
300	700	700	800	900
350	750	800	900	1000
400	800	900	1000	1100
450	950	1050	1050	1150
500	1000	1100	1100	1200
600	1100	1200	1200	1300
700	1200	1300	1300	1400
800	1400	1400	1400	1600
900	1600	1700	1700	1800
1000	1700	1800	1800	1900
≥1500	De+1000	De+1000	De+1100	De+1200

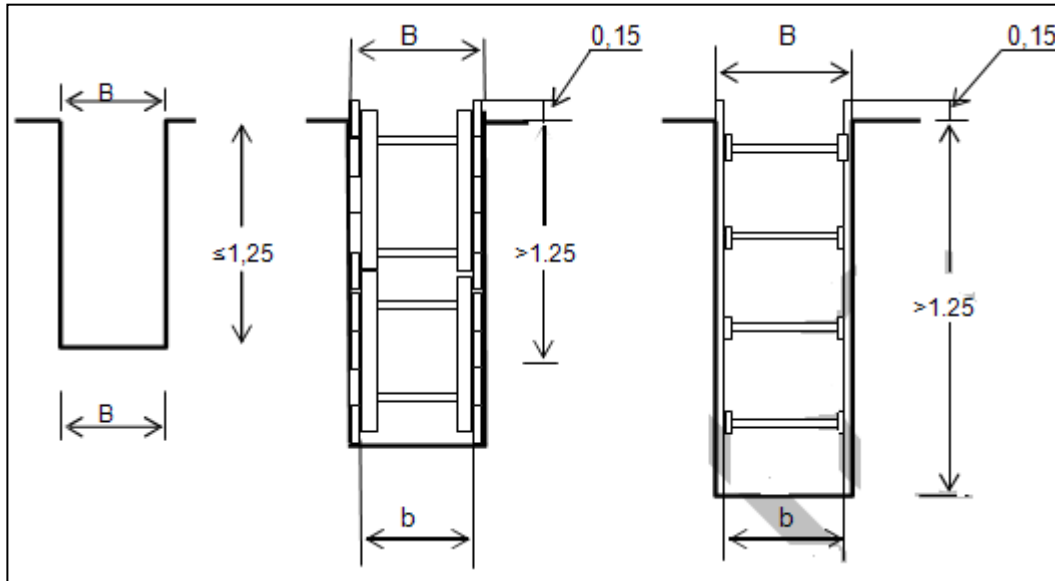
Πίνακας 2.1 Ελάχιστο πλάτος ορυγμάτων σε συνάρτηση με την διάμετρο του αγωγού και το βάθος εκσκαφής

Το ελάχιστο καθαρό πλάτος του ορύγματος, για βάθος μέχρι 1.25 m μετράται μεταξύ των παρειών του εδάφους, και για βάθος μεγαλύτερο του 1.25 m μεταξύ των εσωτερικών επιφανειών των πετασμάτων αντιστήριξης, όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχ. 2.2.

Ανεξάρτητα της διαμέτρου του υπό τοποθέτηση δικτύου, το ελεύθερο πλάτος ορύγματος με κατακόρυφες παρειές όταν προβλέπεται η εργασία προσωπικού εντός αυτού, θα είναι κατ' ελάχιστον σύμφωνο με τα οριζόμενα στον παρακάτω πίνακα 2.2 μετρούμενο μεταξύ των παρειών του εδάφους ή των επιφανειών αντιστήριξης, για εκσκαφές χωρίς ή με αντιστήριξη αντίστοιχα.

Βάθος εκσκαφής σε m	Ελάχιστο ελεύθερο πλάτος ορύγματος σε mm
<1.75	600
>1.75x4.00	700
>4.00	900

Πίνακας 2.2: Ελάχιστο ελεύθερο πλάτος εκσκαφής με χώρο εργασίας



Σχήμα 2.2 Ελάχιστο ελεύθερο πλάτος ορύγματος με χώρο εργασίας [b], επιμετρούμενο πλάτος ορύγματος [B] σε περίπτωση ύπαρξης μέτρων αντιστήριξης.

Το ελάχιστο πλάτος ορυγμάτων βάθους μέχρι 1,25 m τα οποία είναι μεν προσπελάσιμα αλλά δεν απαιτείται η ύπαρξη χώρου εργασίας για την τοποθέτηση ή τον έλεγχο του δικτύου θα είναι σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα 2.3.

Βάθος ορύγματος σε m	<0.70	>0.70x0.90	>0.90x1.00	>1.00x1.25
Πλάτος ορύγματος σε m	0.30	0.40	0.50	0.60

Πίνακας 2.3 Ελάχιστο πλάτος εκσκαφής χωρίς χώρο εργασίας.

Εκσκαφή με πλάτος μικρότερο από τα κατά τα ανωτέρω αναφερόμενα επιτρέπεται μόνο κατ' εξαίρεση και για περιορισμένα μήκη σε εξαιρετικά δύσκολες τοπικές συνθήκες. Στις περιπτώσεις αυτές λαμβάνονται ιδιαίτερα μέτρα ασφαλείας. Το βάθος εκσκαφής καθορίζεται από το υψόμετρο του δικτύου (κατά μήκος της τομής των έργων) λαμβανομένου υπόψη και του πάχους του αγωγού και των υποκειμένων στρώσεων έδρασης ή/και εξυγίανσης.

2.4 ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΕΡΓΑΣΙΩΝ

2.4.1 Προκαταρκτικές εργασίες

Πριν από την κάθε έναρξη των κυρίως γενικών εκσκαφών (γαιών-ημίβραχου και βράχου) :

α) Διερευνάται η ποιότητα του εδάφους (ευστάθεια πρανών, υπόγεια νερά, διαβρωτική ικανότητα υπόγειων νερών κλπ) με δοκιμαστικές τομές ή δοκιμαστικές γεωτρήσεις οι οποίες γίνονται κατά μήκος της χάραξης του αγωγού και

β) Πραγματοποιείται ο καθαρισμός και η εκρίζωση σε όλη την επιφάνεια της εκσκαφής. Ο καθαρισμός συνίσταται στην αφαίρεση του επιφανειακού στρώματος της φυτικής γης και λοιπών χαλαρών εδαφών, στην εκρίζωση, στην εκθάμνωση και κοπή κάθε είδους δένδρων, κορμών, ριζών κτλ. Επίσης πραγματοποιείται η κατεδάφιση τυχόν υπαρχόντων κτισμάτων ή πάσης φύσεως κατασκευών.

Όλα τα ακατάλληλα υλικά που προκύπτουν κατά τον καθαρισμό, εκρίζωση, κοπή δένδρων, κορμών κλπ. και από την κατεδάφιση κτιρίων, ρειπίων, φρακτών, παλαιών οδοστρωμάτων κλπ. απομακρύνονται από την περιοχή του έργου σε οποιαδήποτε απαιτούμενη απόσταση και σε κατάλληλες θέσεις.

Αντιθέτως σε περίπτωση που τα επιφανειακά στρώματα της φυτικής γης είναι κατάλληλα για επένδυση πρανών επιχωμάτων, τότε, με μέριμνα και ευθύνη του Αναδόχου του έργου, εναποτίθενται προσωρινώς σε θέσεις της επιλογής του, προκειμένου να χρησιμοποιηθούν κατάλληλα.

Κατά την πραγματοποίηση των εκσκαφών είναι δυνατόν να απαντηθούν διάφοροι σε λειτουργία αγωγοί εταιρειών ή και Οργανισμών Κοινής Ωφελείας(ΟΚΩ). Στην περίπτωση αυτή για κάθε συναντώμενο αγωγό («γνωστό» ή «άγνωστο»), που εμπίπτει στις εκσκαφές του έργου ή γειτνιάζει με αυτές, ο ανάδοχος με μέριμνα και δαπάνη του υποχρεούται:

-Να διακριβώσει τη φύση τουαγωγού και την οριζοντιογραφική και υψομετρική του θέση

-Να διακριβώσει τη λειτουργία του αγωγού

-Να προτείνει για κάθε «άγνωστο αγωγό» τη διατήρηση ή τη μετατόπιση του

-Να αξιολογήσει τη δοθείσα λύση των «γνωστών αγωγών» σε συσχετισμό με την ανευρεθείσα κατάσταση, π.χ. ανεύρεση τυχόν νέων εμποδίων που δεν λήφθηκαν υπόψη στη μελέτη, διαφορετική υψομετρική και οριζοντιογραφική θέση κτλ.)

-Να έρθει σε σχετικές συνεννοήσεις με τον οικείο ΟΚΩ για όλα τα παραπάνω και να ενημερώσει έγκαιρα γι' αυτά την Υπηρεσία.

Σε περίπτωση γειτνίασης των εργασιών εκσκαφής με κτίσματα και λοιπές εγκαταστάσεις που πρέπει να διατηρηθούν, ο Ανάδοχος υποχρεούται με μέριμνα και δαπάνη του, να λάβει όλα τα αναγκαία μέτρα ασφαλείας.

Στην περίπτωση που οι αγωγοί πρόκειται να τοποθετηθούν κάτω από δρόμο που υπάρχει, ο ανάδοχος είναι υποχρεωμένος να ζητήσει , από τις αρμόδιες αρχές,

σχετική άδεια για την τομή του οδοστρώματος. Μετά την περαίωση των εργασιών οφείλει να επαναφέρει το οδόστρωμα στην προηγούμενη του κατάσταση.

2.4.2 Μόρφωση του πυθμένα και των πρανών

Ο πυθμένας των τάφρων διαμορφώνεται με ομαλή επιφάνεια ώστε να εξασφαλίζεται ομοιόμορφη έδραση των αγωγών καθ' όλο το μήκος τους.

Συνεκτικές στρώσεις που τυχόν χαλαρώθηκαν κατά την εκσκαφή αφαιρούνται και αντικαθίστανται με κοκκώδες υλικό κατάλληλα συμπακνούμενο.

Τυχόν υπερεκσκαφή επανεπιχώνεται με επιλεγμένο υλικό έδρασης σωλήνα, που θα υγραίνεται και θα συμπακνώνεται σε στρώσεις πάχους 15cm.

Όταν προβλέπεται αντιστήριξη των πρανών του σκάμματος, οι επιφάνειες επαφής των πρανών της εκσκαφής με την επιφάνεια αντιστήριξης θα μορφώνονται έτσι ώστε να επιτυγχάνεται καλή επαφή μεταξύ αυτών.

Η μόρφωση των επιφανειών γενικά θα γίνεται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να μην παρουσιάζονται ανωμαλίες μεγαλύτερες από 0,03 m σε γαιώδη- ημιβραχώδη εδάφη και 0,05 m σε βραχώδη εδάφη.

2.4.3 Έλεγχος επιφανειών και υπόγειων υδάτων

Οι εργασίες εκσκαφών μπορούν να εκτελούνται είτε εν υγρώ είτε εν ξηρώ.

Η κατασκευή ή τοποθέτηση των αγωγών και η επανεπίχωση γίνονται πάντοτε εν ξηρώ.

Κατά την εκτέλεση των εργασιών λαμβάνονται μέτρα διευθέτησης της ροής των ομβρίων και καθοδήγησής τους εκτός της ζώνης του ορύγματος, για την αποφυγή εισροών εντός αυτού.

Τέτοια μέτρα ενδεικτικά και όχι περιοριστικά είναι:

- Συλλογή και καθοδήγηση των επιφανειακών απορροών εκτός ζώνης ορύγματος.
- Λήψη μέτρων αποστράγγισης της περιοχής γύρω από το ορύγμα, ώστε να μην δημιουργούνται λιμνάζοντα ύδατα (π.χ. μεταξύ των σειραδίων των προϊόντων εκσκαφών και ορίων παρακείμενων κατασκευών) και να μην δυσχεραίνεται η προσπέλαση προς τις γειτονικές ιδιοκτησίες.
- Απομάκρυνση των προϊόντων εκσκαφών.
- Αποστράγγιση του εκάστοτε πυθμένα του ορύγματος (κατά την πρόοδο των εκσκαφών) ώστε να εξασφαλίζεται η εν ξηρώ εργασία και να αποφεύγεται η διάβρωση του εδάφους.
- Αντλήσεις υδάτων και παροχέτευσή τους με σωληνώσεις σε κατάλληλο αποδέκτη πλησίον του έργου.
- Η διάρκεια εφαρμογής των μέτρων είναι τέτοια ώστε να εξασφαλίζεται η κατασκευή των έργων ή τμημάτων αυτών υπό ελεγχόμενες και ασφαλείς συνθήκες και η διενέργεια των προβλεπομένων ελέγχων ποιότητας από την Υπηρεσία (ανάλογα με το είδος του δικτύου που εγκαθίσταται).
- Αποφυγή διαποτισμού συνεκτικών εδαφών με νερό.
- Οι αντλίες που χρησιμοποιούνται για την άντληση των υδάτων είναι επαρκούς ισχύος για την κάλυψη των αναγκών, αλλά όχι υπερβολικής προκειμένου να

αποκλείονται φαινόμενα διασώληνωσης και απορρόφησης λεπτών κόκκων από τα παρακείμενα εδαφικά στρώματα. Η λειτουργία των αντλιών καθορίζεται μετά από δοκιμαστικές αντλήσεις.

Ο αποδέκτης (ή οι αποδέκτες) θα πρέπει να μπορεί να δεχθεί τις αντλούμενες ή καθοδηγούμενες με την βαρύτητα ποσότητες νερού, τα δε νερά είναι απαλλαγμένα φερτών υλών.

Αν δεν υπάρχουν φυσικοί ή τεχνητοί αποδέκτες και εφόσον τούτο είναι εφικτό, είτε κατασκευάζονται κατάλληλες απορροφητικές τάφροι (σε έργα εκτός οικισμών), λαμβανομένων υπ' όψη των όσων ισχύουν για μέτρα ασφάλειας όμορων ιδιοκτησιών ή κατασκευών, είτε θα αυξάνεται ανάλογα η ικανότητα των αντλητικών διατάξεων για την μεταφορά των απορροών σε μεγαλύτερη απόσταση.

Η απ' ευθείας στην θάλασσα παροχέτευση μπορεί να γίνεται μόνον έπειτα από την σχετική αδειοδότηση τυχόν αρμοδίων υπηρεσιών.

2.4.4 Αναπετάσεις, φορτοεκφορτώσεις, μεταφορές

Οι αναπετάσεις των προϊόντων εκσκαφής γίνονται από οποιοδήποτε βάθος, είτε με μηχανικά μέσα είτε με χειρωνακτική υποβοήθηση με ή χωρίς δημιουργία ενδιάμεσων διαπέδων εργασίας, ανάλογα με το βάθος και τις συνθήκες εκσκαφής (μεγάλα βάθη ή χώροι εντός πόλης με δυσκολίες προσέγγισης μηχανημάτων).

Κατά την αναπέταση των προϊόντων εκσκαφής θα αφήνεται ελεύθερος χώρος τουλάχιστον 0,60 m στο χείλος του σκάμματος για την κυκλοφορία των εργατοτεχνιτών και την ασφάλειά τους.

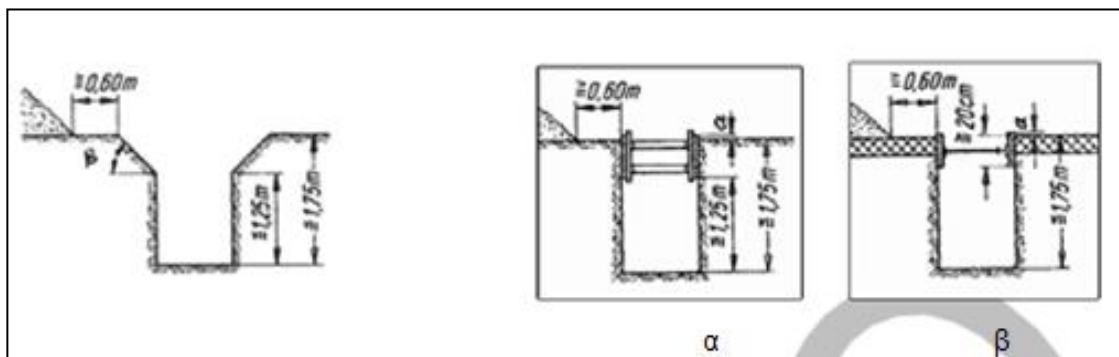
Τα κατάλληλα προϊόντα εκσκαφής που θα χρησιμοποιηθούν για επανεπίχωση του σκάμματος μπορεί να αποτίθενται προσωρινά στην περιοχή του έργου, στο τμήμα του αγωγού που έχει ήδη τοποθετηθεί, μετά από σχετική άδεια των αρμόδιων Αρχών.

2.4.5 Αντιστηρίξεις

Όταν η φύση των εδαφών το απαιτεί, θα εφαρμόζεται η κατάλληλη αντιστήριξη των παρειών του ορύγματος, όπως αυτή επιβάλλεται από τους κανόνες ασφαλείας και σύμφωνα με την σχετική μελέτη ή/ και τις οδηγίες και εντολές της Υπηρεσίας. Ορύγματα με κατακόρυφα πρανή και βάθος μμεγαλύτερο από 1,25 m θα εξασφαλίζονται γενικώς με κατάλληλη αντιστήριξη, εκτός των περιπτώσεων ευσταθούς βράχου ή εδαφών με επαρκή ευστάθεια. Κατακόρυφες παρειές βάθους μέχρι 1,25 m μπορεί να επιτραπούν γενικά χωρίς ειδικότερα μέτρα αντιστήριξης, υπό την προϋπόθεση ότι η κλίση του φυσικού εδάφους δεν είναι μεγαλύτερη από 1:10 για μη συνεκτικά εδάφη ή 1:2 για συνεκτικά εδάφη.

Σε σκληρά ή συνεκτικά εδάφη καθώς και βράχο μπορεί να επιτραπεί η εκσκαφή μέχρι βάθους 1,75 m όταν το τμήμα της παρειάς άνω του 1,25 m από τον πυθμένα εκσκαφής γίνεται υπό κλίση (σχήμα 2.3), ή εξασφαλίζεται με αντιστήριξη (σχήμα 2.4α) και με την προϋπόθεση ότι η κλίση του φυσικού εδάφους δεν είναι μεγαλύτερη από 1:10.

Για εκσκαφές σε οδούς με στρώσεις σταθεροποιημένου τύπου, μπορεί να επιτραπεί επίσης εκσκαφή με εξασφάλιση μέσω αντιστήριξης σε 20 cm του άνω τμήματος της παρειάς του ορύγματος (σχήμα 2.4β).



Σχήμα 2.3 Εκσκαφή με κεκλιμένο άνω τμήμα Σχήμα 2.4 : Εκσκαφή με αντιστήριξη άνω τμήματος

Το είδος της εφαρμοζόμενης αντιστήριξης εάν δεν καθορίζεται από την Μελέτη επιλέγεται σε συνάρτηση με τα χαρακτηριστικά του εδάφους και τις τοπικές συνθήκες (επιβαρύνσεις από κτίσματα και λοιπές κατασκευές, στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα κ.λπ.). Στην εφαρμογή της αντιστήριξης θα λαμβάνονται επίσης υπόψη οι καιρικές συνθήκες, η διάρκεια παραμονής του ορύγματος ανοιχτού, το είδος και ο τρόπος εκτέλεσης των εργασιών. Τα μέτρα αντιστήριξης είναι σύμφωνα με τους ισχύοντες κανονισμούς ασφαλείας.

Τύποι αντιστηρίξεων

Για την αντιστήριξη των παρειών των ορυγμάτων μπορούν να χρησιμοποιηθούν ενδεικτικά:

- Αντιστήριξη με ξυλοζεύγματα (με οριζόντιο ή κατακόρυφο σανίδωμα).
- Ειδικές αντιστηρίξεις με προκατασκευασμένα στοιχεία.
- Σύστημα αντιστήριξης τύπου “Βερολίνου“.
- Αντιστήριξη με πασσαλοσανίδες.
- Αντιστήριξη με ηλώσεις ή με οποιοδήποτε άλλο δόκιμο τρόπο αντιστήριξης

Ο τύπος αντιστήριξης που θα χρησιμοποιηθεί καθώς και η απαιτούμενη φέρουσα ικανότητά της αποτελούν αντικείμενο ειδικής μελέτης.

Η πορεία εφαρμογής των μέτρων αντιστήριξης των εκσκαφών θα είναι ανάλογη της προόδου των εκσκαφών. Η φέρουσα ικανότητα της αντιστήριξης θα ανταποκρίνεται προς όλες τις κατασκευαστικές φορτίσεις μέχρι την επανεπίχωση του ορύγματος.

Κατά την εφαρμογή των μέτρων αντιστήριξης των παρειών των σκαμμάτων, η επένδυση (σανίδωμα, προκατασκευασμένα στοιχεία κ.λπ.) θα δημιουργεί ενιαία

επιφάνεια ώστε να μην εισχωρεί εδαφικό υλικό από αρμούς ή συνδέσεις και θα εφαρμόζει πλήρως στα πρανή.

Η επένδυση (πέτσωμα) επίσης θα εξέχει από την επιφάνεια του εδάφους κατά 15 cm ώστε να παρεμποδίζεται η πτώση λίθων, χωμάτων ή άλλων αντικειμένων εντός του σκάμματος.

2.4.6 Σταθεροποίηση πυθμένα σκάμματος

Όταν ο πυθμένας του ορύγματος δεν είναι σταθερός, η εκσκαφή γίνεται κατά 35 εκατοστά βαθύτερα προκειμένου να επιτευχθεί η σταθεροποίησή του με λιθόστρωση πάχους 20 εκατοστών και από πάνω με στρώση άμμου 15 εκατοστών.

Σε περιοχές που η ποιότητα του εδάφους αλλάζει κατά μήκος του σκάμματος, το όρυγμα σκάβεται κατά 15 εκατοστά βαθύτερα και στη συνέχεια τοποθετείται στρώση αμμοχάλικου πάχους 15 εκατοστών.

2.4.7 Υποστηρίξεις αγωγών Οργανισμών Κοινής Ωφελείας

Μετά από προηγούμενη προσεκτική αναγνώριση του εδάφους πρέπει να λαμβάνονται κατά την διάρκεια εκτέλεσης των εργασιών τα κατάλληλα μέτρα υποστήριξης ή ανάρτησης των αγωγών που συναντώνται μέσα στο όρυγμα και κάθε μέτρο για την προστασία των αγωγών αυτών.

Οι παραπάνω εργασίες υποστήριξης ή/ και ανάρτησης εκτελούνται σύμφωνα με τις υποδείξεις των αρμοδίων Οργανισμών Κοινής Ωφελείας. Επίσης λαμβάνονται τα εκάστοτε απαιτούμενα μέτρα ασφαλείας του προσωπικού ή/ και τρίτων από πιθανούς κινδύνους λόγω της αποκάλυψης των αγωγών κατά την διάρκεια των εκτελούμενων εργασιών.

Ένας ενδεικτικός τρόπος στήριξης αγωγών είναι ο εξής:

Όταν εντοπισθεί αγωγός εγκάρσια προς την τάφρο που πρέπει να υποστηριχθεί, διακόπτεται η εκσκαφή στην θέση εκείνη σε πλάτος 0,50 m από κάθε πλευρά της σωλήνωσης και σε βάθος μέχρι τον πυθμένα της τάφρου. Το τμήμα αυτό εκσκάπτεται με προσοχή ακόμη και χειρωνακτικά, αφού προηγουμένως στηριχθεί ασφαλώς η σωλήνωση και αποκαλυφθεί μέχρι τη στάθμη έδρασής της.

Γενικά η στήριξη γίνεται με ανάρτηση της σωλήνωσης. Για το λόγο αυτό τοποθετούνται εγκάρσια στην τάφρο και πάνω από την σωλήνωση δύο δοκοί (ξυλοδοκοί, σιδηροδοκοί ή σιδηροσωλήνες) κατάλληλης διατομής, με επαρκή αντοχή για την ανάληψη του βάρους της σωλήνωσης και του βάρους ενός εργάτη που πιθανόν να στηριχθεί σε αυτές κατά τη διάρκεια της εκσκαφής, χωρίς κίνδυνο θραύσης ή αισθητή κάμψη αυτών.

Επισημαίνεται ότι απαγορεύεται η επιφόρτιση αναρτημένων ή υποστηριγμένων δικτύων ή η πρόσβαση σε αυτά.

Μετά την τοποθέτηση των δοκών ανάρτησης διατάσσονται κάτω από την σωλήνωση και σε επαφή μ' αυτήν εγκάρσια υποθέματα τα οποία δένονται στις δοκούς (στο μέσο

και από ένα στα άκρα του ανοίγματος της τάφρου).

Εάν η σωλήνωση που πρόκειται να στηριχθεί αποτελείται από πηλοσωλήνες ή τσιμεντοσωλήνες μικρού μήκους, τότε θα αναρτηθούν όλοι οι επί μέρους σωλήνες με τοποθέτηση υποθέματος σε όλο το μήκος της σωλήνωσης.

Δεν επιτρέπεται να γίνεται απ' ευθείας πρόσδεση της σωλήνωσης, χωρίς τοποθέτηση των υποθεμάτων προστασίας της σωλήνωσης κατά την εκτέλεση των υπολοίπων εργασιών (εκσκαφών, τοποθέτησης σωλήνων κ.λπ.). Η ανάρτηση και πρόσδεση θα είναι ισχυρή, ομοιόμορφης τάνυσης αλλά όχι υπερβολική, ώστε να αποφευχθεί η καταπόνηση των στηριζόμενων σωλήνων. Μετά την τοποθέτηση του αγωγού και την επίχωση της τάφρου αφαιρούνται τα μέτρα ανάρτησης και συνεχίζεται η επίχωση.

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να λαμβάνεται κατά την επίχωση, προκειμένου να αποφευχθούν υποχωρήσεις του εδάφους.

2.4.8 Περιφράγματα – Φράγματα προστασίας

Τα ορύγματα σε οδούς πρέπει να περιφράσσονται για την προστασία των περαστικών. Σε περιπτώσεις εκτέλεσης εργασιών διάρκειας μικρότερης της μίας εβδομάδας η περιφράξη αποσκοπεί κυρίως στην οριοθέτηση του ορύγματος για την ασφάλεια των πεζών και μπορεί να αποτελείται από μεταλλικά σωληνωτά πλαίσια ύψους 1x1,20 m από το έδαφος και μήκους έως 2,5 m, με κατάλληλο σύστημα για την μεταξύ τους σύνδεση.

Σε περιπτώσεις ανοιχτών ορυγμάτων επί διάστημα μεγαλύτερο από επτά ημερολογιακές ημέρες τοποθετούνται σταθερά πετάσματα ύψους τουλάχιστον ενός 1 m, μορφής και τρόπου στήριξης αυτών της έγκρισης της Υπηρεσίας. Επί πλέον τοποθετούνται στα άκρα των σκαμμάτων και σε άλλα επίκαιρα σημεία κατάλληλα σήματα και αναλάμποντες φανοί για την πρόληψη ατυχημάτων.

Εάν δεν προβλέπεται επένδυση των παρειών του ορύγματος και κατ' επέκταση υπερύψωση, δημιουργούνται ξύλινα φράγματα μικρού ύψους, ικανά να συγκρατήσουν σκύρα, λίθους ή χώματα που παρασύρονται ως εκεί, ώστε να μην πέφτουν στο σκάμμα.

Στα ορύγματα στα οποία εισέρχεται προσωπικό θα εξασφαλίζεται πρόσβαση με κλίμακες κατά διαστήματα όχι μεγαλύτερα των 25,0 m.

Για την εξασφάλιση της επικοινωνίας μεταξύ των δύο πλευρών του ορύγματος τοποθετούνται σε θέσεις, οι οποίες ορίζονται από την Υπηρεσία, πεζογέφυρες ασφαλείας με κιγκλιδώματα ή γεφυρώσεις διέλευσης τροχοφόρων με λαμαρίνα.

2.5 ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΑΓΩΓΩΝ

2.5.1 Προμήθεια και παραλαβή σωλήνων

Οι σωλήνες που θα χρησιμοποιηθούν θα πρέπει να συνοδεύονται από πιστοποιητικά για επιτυχή εκτέλεση ανάλογων σωληνώσεων με προϊόντα του κατασκευαστή, που προτείνει ο Ανάδοχος και πιστοποιητικά αναγνωρισμένου εργαστηρίου γι' αυτή την εργασία, από τα οποία θα προκύπτει ότι τα προϊόντα αυτά είναι σύμμορφα προς τις διατάξεις των προαναφερομένων προτύπων. Επίσης θα επισυνάπτεται σχετικός πίνακας όπου αναφέρονται τα εξής:

- i. Η μέθοδος παραγωγής
- ii. Οι ποσότητες κατά διάμετρο (συνολικό βάρος, μήκος και αριθμός σωλήνων και ειδικών τεμαχίων)
- iii. Οι διαστάσεις των σωλήνων (ωφέλιμο μήκος σωλήνων, εξωτερική διάμετρος και πάχος)
- iv. Το είδος του συνδέσμου (μορφή, υλικό, προδιαγραφές)
- v. Το είδος της επένδυσης (εσωτερική-εξωτερική, υλικά, προδιαγραφές)
- vi. Τα σχέδια και λοιπά τεχνικά στοιχεία ειδικών τεμαχίων
- vii. Τα σχέδια και οι προδιαγραφές για όσα υλικά δεν υπάρχουν αντίστοιχα ελληνικά πρότυπα.

Δοκιμές αποδοχής - καταλληλότητα υλικών

Σε κάθε μερίδα σωλήνων και ειδικών τεμαχίων πρέπει να διενεργούνται όλοι οι έλεγχοι και οι δοκιμές που προσδιορίζονται, καθώς και οι αντίστοιχοι έλεγχοι και δοκιμές (υποχρεωτικοί και προαιρετικοί) της εσωτερικής και εξωτερικής προστατευτικής επένδυσης.

Οι σωλήνες της ίδιας διαμέτρου και τα αντίστοιχα ειδικά τεμάχια πρέπει να έχουν κατασκευαστεί από την ίδια βιομηχανία. Όλα τα προϊόντα πρέπει να προέρχονται από διεθνώς ανεγνωρισμένα εργοστάσια.

Επίσης, πρέπει να λαμβάνουν χώρα όλοι οι αναγκαίοι έλεγχοι αντοχής και ποιότητας του υλικού, αποτελεσματικότητας διαφόρων ειδικών μέτρων προστασίας κτλ. σε δείγματα που λαμβάνονται σύμφωνα με τις συναφείς διατάξεις των οικείων Ελληνικών Προτύπων και σε ελλείψεις ή ασάφειες τους προς αυτές των αντιστοίχων Διεθνών Προτύπων (DIN, BS, κτλ.).

Η διαδικασία ελέγχου θα είναι απόλυτα σύμμορφη προς τις παραπάνω πρότυπες από άποψη είδους δοκιμασίες και τα αποτελέσματά τους.

Εφόσον ο έλεγχος στο εργοστάσιο αποδώσει ικανοποιητικά αποτελέσματα όσον αφορά τις ανοχές διαστάσεων, τη μηχανική αντοχή και τις άλλες ενδιαφέρουσες ιδιότητες, τα υλικά της ομάδας, που θεωρείται ότι εκπροσωπείται από τα εκάστοτε ελεγχόμενα δείγματα και δοκίμια, σημαίνονται κατάλληλα από τον ενεργούντα τον έλεγχο.

Υλικά που δεν πληρούν τους όρους των παραπάνω προδιαγραφών δεν γίνονται δεκτά για αποστολή στο εργοτάξιο.

2.5.2 Μεταφορά, αποθήκευση αγωγών και ειδικών τεμαχίων

Κατά την μεταφορά, φόρτωση, εκφόρτωση και κατά την αποθήκευση, οι σωλήνες και τα ειδικά τεμάχια πρέπει να στηρίζονται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να αποφεύγεται η κάμψη τους, η παραμόρφωσή τους και ο τραυματισμός τους από αιχμηρά αντικείμενα. Για την προστασία της εξωτερικής επένδυσης απαγορεύεται ρητά η χρήση συρματοσχοίνων.

Οι χειρισμοί κατά τη φόρτωση και εκφόρτωση θα γίνονται με μεγάλη προσοχή και ανάλογα με το βάρος των σωλήνων με τα χέρια, με σχοινιά και ξύλινους ολισθητήρες (από μαδέρια) ή ανυψωτικό μηχάνημα. Όταν χρησιμοποιούνται άγκιστρα για την ανύψωση τα άκρα τους πρέπει να καλύπτονται με λάστιχο, για να μην καταστρέφονται τα χείλη των σωλήνων. Τα αυτοκίνητα ή οι πλατφόρμες μεταφοράς θα έχουν μήκος τέτοιο, ώστε οι σωλήνες να μην εξέχουν από την καρότσα.

Οι σωλήνες καλόν είναι να αποθηκεύονται σε στεγασμένους χώρους και να διαχωρίζονται μεταξύ τους κατά στρώσεις με ξύλινες δοκούς. Η πρώτη σειρά των σωλήνων θα εδράζεται πάνω σε δύο μαδέρια ή καδρόνια και οι ακραίοι σωλήνες θα στηρίζονται με τάκους. Επίσης πρέπει να τοποθετούνται σε τέτοια διάταξη (π.χ. διάταξη πυραμίδας κτλ.), ώστε να αποφευχθούν λόγω υπερκείμενου βάρους στρεβλώσεις και παραμορφώσεις των σωλήνων (μέγιστο ύψος αποθήκευσης όχι μεγαλύτερο από 2 m). Κάθε διάμετρος πρέπει να στοιβάζεται χωριστά.

2.5.3 Κοπή σωλήνων

Όπου απαιτείται η χρησιμοποίηση μικρού μήκους σωλήνων επιτρέπεται η κοπή των σωλήνων. Μπορεί να επιτραπεί η κοπή και σωλήνων χαρακτηρισθέντων ως ακατάλληλων υπό την προϋπόθεση ότι το τμήμα που θα χρησιμοποιηθεί δεν θα έχει κανένα ελάττωμα.

Επιτρέπεται η κοπή σωλήνα με δίσκο για τους σωλήνες μικρής διαμέτρου και με ειδική κοπτική μηχανή για τους σωλήνες μεγάλης διαμέτρου. Σε κάθε περίπτωση απαιτείται με ειδικό εργαλείο η επεξεργασία (λοξοτόμηση και καθαρισμός) των άκρων, ώστε να εξασφαλίζεται άψογη σύνδεση του συνδέσμου. Η μορφή και οι διαστάσεις της λοξοτόμησης θα είναι σύμφωνη με τις οδηγίες του κατασκευαστή των σωλήνων. Σε καμία περίπτωση η επιφάνεια κοπής δεν πρέπει να παρουσιάζει θραύση ή ρήγματα.

2.5.4 Τοποθέτηση σωλήνων

Οι κάθε είδους σωλήνες θα ανυψώνονται ή θα κατεβαίνουν από το ένα επίπεδο στο άλλο με τη βοήθεια γερανών ή άλλου εξοπλισμού με κατάλληλες μούφες ή αποστατικές ράβδους.

Σωλήνες διαμέτρου 200 mm και μεγαλύτερης πρέπει να ανυψώνονται με τρόπο που να προσαρμόζεται στην καμπυλότητα του σωλήνα. Κατά τη φόρτωση των σωλήνων, κάθε σωλήνας θα καταβιβάζεται στη θέση του χωρίς να πέφτει, έτσι ώστε να τοποθετείται ομαλά κοντά στους άλλους σωλήνες. Όταν οι αγωγοί τοποθετούνται απευθείας σε καταστρώματα ή άλλες επίπεδες επιφάνειες, οι επιφάνειες αυτές θα πρέπει να είναι καθαρές από προεξέχουσες κεφαλές κοχλιών, ανώμαλες περιοχές ή χαλαρά σκληρά υλικά, όπως βραχώδη υλικά, που μπορεί να καταστρέψουν τους σωλήνες ή την επένδυσή τους.

Κανένας αγωγός δεν πρέπει να σύρεται στο έδαφος ή να υπόκειται σε χαραγές ή προσκρούσεις που μπορεί να προκαλέσουν ζημιές ή υπερφόρτιση κατά τη διάρκεια των χειρισμών.

Όταν η συναρμολόγηση των αγωγών γίνεται με μούφες ή πάσα, η κατασκευή τους αρχίζει από τα χαμηλά σημεία της μηκοτομής. Αγωγοί από ελαφριά υλικά π.χ PVC, είναι δυνατόν να κατασκευαστούν και σε αντίθετη φορά.

2.5.5 Συναρμολόγηση σωλήνων

Η σύνδεση δύο ή περισσότερων σωλήνων έξω από την τάφρο απαγορεύεται απόλυτα.

A) Με μούφες:

Οι σωλήνες συνδέονται μεταξύ τους με την εισδοχή του ευθέως άκρου του ενός σωλήνα στην μούφα του προηγούμενου σωλήνα.

Πριν από την σύνδεση κάθε σωλήνα καθαρίζεται με επιμέλεια το ευθύ του άκρο και η μούφα (και το αυλάκι του ελαστικού δακτυλίου) εσωτερικά.

Τοποθετείται ο ελαστικός δακτύλιος στεγανότητας στο αυλάκι της μούφας και γίνεται επάλειψη με μαλακό ρευστό σαπούνι της εξωτερικής επιφάνειας του ευθέως άκρου του σωλήνα. Γίνεται η σύνδεση του σωλήνα με τον προηγούμενό του, χωρίς το ευθύ άκρο του σωλήνα να τερματίζει μέσα στην μούφα, αλλά αφήνεται ελεύθερο διάστημα κατά τις οδηγίες του κατασκευαστή των σωλήνων.

Για την σύνδεση σπρώχνεται ο σωλήνας με το ευθύ άκρο μέσα στη μούφα του ήδη τοποθετηθέντος σωλήνα. Για την σύνδεση χρησιμοποιείται υποχρεωτικά η ειδική συσκευή σύνδεσης. Γενικά δεν επιτρέπεται η σύνδεση να γίνεται με κρούση ή με άλλα μέσα.

Κατά την διάρκεια των διακοπών της εργασίας το στόμιο του τελευταίου σωλήνα που τοποθετήθηκε θα φράσσεται με ξύλινο πώμα ώστε να μην είναι δυνατή η διείσδυση γαιών, ξένων σωμάτων, ομβρίων υδάτων ή μικρών ζώων μέσα στον σωλήνα.

B) Με ωτίδες:

Η σύνδεση των ειδικών τεμαχίων και εξαρτημάτων με ωτίδες (φλάντζες), γίνεται με παρένθεση, μεταξύ των φλάντζων ελαστομερούς δακτυλίου στεγανότητας. Οι κοχλιοφόροι ήλοι πρέπει να ανταποκρίνονται στα διεθνή πρότυπα ISO 4014 και ISO 4032, και να συσφίγγονται επαρκώς, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η στεγανότητα του αρμού, χωρίς όμως να δημιουργούνται εφελκυστικές τάσεις στα συνδεόμενα μέρη.

Η σύνδεση των σωλήνων με τα εκ σκυροδέματος τοιχώματα των φρεατίων και αντλιοστασίων γίνεται μέσω ειδικού συνδέσμου από ελατό χυτοσίδηρο της αντίστοιχης με τους σωλήνες διαμέτρου. Οι σύνδεσμοι τοποθετούνται στις προβλεπόμενες θέσεις πριν από την διάστρωση του σκυροδέματος. Η εξωτερική επιφάνεια των συνδέσμων πρέπει να είναι ανώμαλη ώστε να εξασφαλίζεται η πρόσφυση του σκυροδέματος των φρεατίων.

Σε περίπτωση που ο προς κατασκευή αγωγός καταλήγει σε υφιστάμενο φρεάτιο, διανοίγεται στο τοίχωμα του φρεατίου οπή κατάλληλων διαστάσεων και τοποθετείται ειδικός ως ανωτέρω σύνδεσμος στερεωμένος σύνδεσμος στερεωμένος κατάλληλα στο φρεάτιο με τέτοιο τρόπο ώστε η σύνδεση να είναι στεγανή.

Γ) Συγκόλληση χαλβδοσωλήνων:

Η σύνδεση των σωλήνων με ηλεκτροσυγκόλληση πρέπει να γίνεται με ιδιαίτερη προσοχή, ιδίως στο κατώτερο άκρο του σωλήνα (το επί του εδάφους), για να εξασφαλισθεί η απόλυτη στεγανότητα και η αντοχή των σωλήνων σε πίεση.

Η ηλεκτροσυγκόλληση, όπου προβλέπεται, γίνεται και σε πολλά τεμάχια σωλήνων έξω από την τάφρο (πάνω σε ξύλινα τρίποδα, τοποθετούμενα εγκάρσια προς την τάφρο). Η καταβίβασή τους στην τάφρο πρέπει να γίνεται με σχοινιά με κάθε προσοχή.

Για την εκτέλεση των επιτόπου ηλεκτροσυγκολλήσεων, ισχύουν οι σχετικοί διεθνείς Κανονισμοί, όπως οι :

- A.W.W.A. 201 Tentative A.W.W.A. - Standard for fabricated welded steel water pipe.
- A.W.W.A. C.206 Standard specifications for field welding of steel water pipe.
- U.S. Bureau of reclamation : welding manual, κ.λ.π.

Τα ηλεκτρόδια θα είναι απόλυτα κατάλληλα για τον σκοπό που προορίζονται, σύμφωνα με τους παραπάνω κανονισμούς και προδιαγραφές, οπωσδήποτε επενδεδυμένα.

Η ηλεκτροσυγκόλληση θα γίνει στον αναγκαίο αριθμό στρώσεων, ανάλογα με το πάχος του ελάσματος και την μορφή του αρμού κατά τις οδηγίες των Τεχνικών προδιαγραφών οικείων κανονισμών, πάντως όχι σε λιγότερες από δύο, από τις οποίες η πρώτη ομοκεντρικά και η δεύτερη κάθετα προς τον αρμό (ζιγκ-ζαγκ), ώστε να εξασφαλίζεται η άρτια κατασκευή του αρμού και να αποφεύγεται η υπερθέρμανση των ελασμάτων.

Το βάρος ηλεκτροδίων ανά mm αρμού, που θα καταναλώνεται, πρέπει να ανταποκρίνεται προς τα καθοριζόμενα από τους οικείους διεθνείς κανονισμούς για κάθε τύπο αρμού.

Μετά την εκτέλεση της συγκόλλησης και μετά τον έλεγχο των συγκολλήσεων θα γίνεται αποκατάσταση της προστατευτικής επένδυσης των χαλυβδοσωλήνων, κατά τις οδηγίες του εργοστασίου κατασκευής τους. Όμοια θα αποκαθίσταται η συνέχεια της προστατευτικής επένδυσης στην επιφάνεια των σωλήνων, όπου αυτή καταστράφηκε κατά τις μεταφορές, τους χειρισμούς τοποθέτησης, κ.λ.π..

Για τους υπόλοιπους τρόπους σύνδεσης (κοχλιωτή σύνδεση, κ.λ.π.) θα δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στην στεγανότητα των αρμών των σωληνωτών αγωγών με την καλή και επιμελημένη εκτέλεση της εργασίας σύνδεσης.

Σε ποσοστό 5% τμήματος αγωγού 1.000 m πρέπει να ελέγχονται οι συγκολλήσεις στο εργοτάξιο με μαγνητικά πεδία, υπερήχους ή ακτίνες X από εργαστήριο επιλογής και δαπάνης του Αναδόχου και μετά από έγκριση της Διευθύνουσας Υπηρεσίας.

Τα όρια αποδοχής σφαλμάτων είναι τα παρακάτω:

1. Ρωγματώσεις : Δεν επιτρέπονται
 2. Πόροι : Μεμονωμένοι μέχρι 1/3 T
 3. Συγκέντρωση πόρων : Όχι μεγαλύτερη 10 mm
 4. Διαμήκεις πόροι : Μήκος μέχρι 1/3 T
 5. Εγκλείσματα : Αποδεκτά μέχρι μήκος 1/3 T - Εγκλείσματα χαλκού δεν επιτρέπονται
 6. Ατελής τήξη : Δεν επιτρέπεται
 7. Ατελής διείσδυση : Δεν επιτρέπεται
 8. Καψίματα : Μέχρι βάθος 1,5 mm αποδεκτά
 9. Στάξιμο στη ρίζα : μέχρι 3 mm
- Όπου: T = πάχος ελάσματος

Σε περίπτωση που οι ελεγχόμενες συγκολλήσεις παρουσιάζουν ένα σφάλμα, που ξεπερνά τα παραπάνω όρια αποδοχής, τότε διπλασιάζεται ο αριθμός των ελεγχόμενων κολλήσεων και επισκευάζεται η κόλληση. Εάν παρουσιαστεί πάλι σφάλμα, τότε ελέγχονται όλες οι κολλήσεις του τμήματος των 1.000 m και επισκευάζονται όλες οι κολλήσεις, που παρουσιάζουν σφάλμα.

Δ) Συγκόλληση αγωγών PE

Τα εξαρτήματα του πολυαιθυλενίου, πριν τη διαδικασία συγκόλλησης, δεν πρέπει να εκτίθενται στην ηλιακή ακτινοβολία και η θερμοκρασία τους να μην υπερβαίνει τους 35°C.

Γενικότερα, για να έχουμε σαν αποτέλεσμα μια καλή συγκόλληση, πρέπει να δωθεί μεγάλη προσοχή στα πιο κάτω σημεία :

- Η θερμοκρασία της επιφάνειας του αγωγού και των εξαρτημάτων να βρίσκεται μεταξύ 0°C έως 35°C και μόνο τότε να πραγματοποιούμε συγκολλήσεις PE με PE.
- Το κόψιμο στα άκρα του αγωγού να είναι πάντα κάθετα προς τον διαμήκη άξονά

του και να έχουμε μια λοξοτόμηση της τάξης των 5ο προς τα έξω.

- Να καθαρίζουμε με ένα στεγνό και καθαρό πανί τις, προς συγκόλληση, επιφάνειες.
- Να ζύνουμε προσεκτικά όλη την επιφάνεια του αγωγού, πάνω στην οποία θα συγκολληθούν τα εξαρτήματα σε μήκος λίγο μεγαλύτερο από το μήκος της ηλεκτρομούφας.
- Για σύνδεση σέλλας παροχής ή σέλλας επισκευής, το μήκος του αγωγού, που ζύνουμε, είναι λίγο μεγαλύτερο από το πλάτος της σέλλας, συνήθως κατά 150 mm.
- Πρέπει να χρησιμοποιούμε πάντοτε εργαλείο ξυσίματος και όχι μαχαίρι. Το ξύσιμο γίνεται με παράλληλες κινήσεις προς τον άξονα του αγωγού και πάντα χωρίς διακοπή.
- Πρώτα να ελέγχουμε το εσωτερικό των εξαρτημάτων να είναι καθαρό και να καθαρίζουμε την ξυσμένη επιφάνεια του αγωγού, χρησιμοποιώντας εξατμιζόμενο διαλύτη (τριχλωροαιθυλένιο) και καθαρό χαρτί.
- Τοποθετούμε κάποιο εργαλείο σταθεροποίησης (clamp), ικανό να ευθυγραμμίζει τα άκρα του αγωγού, κατά τη συγκόλληση και να κρατά τον αγωγό με την ηλεκτρομούφα ελεύθερο από πιέσεις κατά τη διάρκεια της συγκόλλησης (τήξης) και την περίοδο ψύξης.
- Πρέπει να προβλέψουμε, ώστε να μην μετακινηθούν οι αγωγοί, ούτε τα εξαρτήματα κατά τη διάρκεια της ψύξης. Ανάλογα με την κατασκευαστική εταιρεία, ο χρόνος ψύξης της ηλεκτρομούφας κυμαίνεται από 10 λεπτά για Φ20 mm έως 30 λεπτά για Φ225 mm και για σέλλες, γενικά, απαιτούνται 15 λεπτά.

Για τον έλεγχο συγκολλήσεων και δοκιμών πρέπει να λάβουμε υπόψη ότι τα δίκτυα διανομής πόσιμου νερού από αγωγούς πολυαιθυλενίου κατασκευάζονται για να λειτουργούν κυρίως σε πίεση μέχρι 12,5 atm. Επομένως όλοι οι έλεγχοι και τα τεστ πρέπει να γίνονται σε σχέση με τις 12,5 atm. Για να έχουμε ένα καλό αποτέλεσμα από τον έλεγχο, πρέπει να λάβουμε υπόψη το μεγάλο συντελεστή θερμικής διαστολής και είναι απαραίτητο να σημειώσουμε ότι κατά τη διάρκεια των τεστ στεγανότητας, η θερμοκρασία δεν πρέπει να εναλλάσσεται σημαντικά.

E) Σύνδεση αγωγών PVC / Σύνδεση αγωγών από ελατό χυτοδίδηρο

Οι σωλήνες συνδέονται μεταξύ τους με μούφες οπότε ακολουθείται η ίδια διαδικασία που αναφέρθηκε πιο πάνω στην παράγραφο Α.

2.5.6 Μόνωση ραφών και οργάνων στο εργοτάξιο

Η μόνωση των ραφών εξωτερικά και εσωτερικά, πρέπει να αποκαθίσταται. Προς τούτο χρησιμοποιείται κατάλληλο μονωτικό υλικό το οποίο παραλαμβάνεται από το εργοστάσιο παραγωγής των σωλήνων.

Επίσης όλα τα όργανα που τοποθετούνται στο έδαφος πρέπει να μονώνονται. Επειδή τούτο δεν είναι πάντα εύκολο συνίσταται η χρησιμοποίηση οργάνων με εξωτερική πλαστική επένδυση.

Οι βίδες που χρησιμοποιούνται σε όλες τις συνδέσεις με ωτίδες πρέπει επίσης να μονώνονται. Το καλύτερο δυνατό σενάριο βέβαια είναι η μόνωση με πλαστική ύλη ολόκληρης της σύνδεσης.

2.5.7 Σώματα αγκύρωσης

Γενικά

Σώματα αγκύρωσης κατασκευάζονται σε όλες τις θέσεις των αγωγών, όπου, λόγω χάραξης ειδικών τεμαχίων ή μεγάλης κατά μήκος κλίσης, υπάρχει κίνδυνος να μετακινηθούν οι σωλήνες.

Γενικά, σώματα αγκύρωσης κατασκευάζονται στις θέσεις και με τις διατάξεις, που προβλέπει η εγκεκριμένη μελέτη ή σε άλλες αντίστοιχες θέσεις, σε περίπτωση τροποποιήσεων των χαράξεων ή των μηκοτομών και σε όσες συμπληρωματικές θέσεις θα κριθεί αναγκαίο από τη Διευθύνουσα Υπηρεσία.

Σε κάθε περίπτωση, ο Ανάδοχος είναι υποχρεωμένος, ανάλογα με τις συνθήκες, που θα παρουσιασθούν κατά την κατασκευή του έργου, να επισημάνει την ανάγκη κατασκευής και άλλων συμπληρωματικών σωμάτων αγκύρωσης ή τροποποιήσεων των προβλεπόμενων και να τα κατασκευάσει, εφόσον θα πάρει την έγκριση της Διευθύνουσας Υπηρεσίας, ευθυνόμενος για κάθε ζημιά από έλλειψη σωμάτων αγκύρωσης ή κατασκευή ανεπαρκών, εφόσον δεν ζήτησε έγκαιρα από την Διευθύνουσα Υπηρεσία έγκριση για την κατασκευή τους.

Οι διαστάσεις των σωμάτων αγκύρωσης, που προτείνονται στα σχέδια της μελέτης, ανταποκρίνονται σε ορισμένη αντοχή του εδάφους στήριξης. Εφόσον, κατά τις εκσκαφές των ορυγμάτων, θα διαπιστωθεί διαφορετική αντοχή του εδάφους, ο Ανάδοχος υποχρεούται να προτείνει νέες, αντίστοιχες διαστάσεις, προσαρμοσμένες στις επιτόπου του έργου συνθήκες και μετά από έγκριση της Διευθύνουσας Υπηρεσίας να κατασκευάσει τα σώματα αγκύρωσης, σύμφωνα με την εγκεκριμένη πρότασή του. Κατά τους υπολογισμούς, λαμβάνεται υπόψη η πίεση δοκιμής του δικτύου και όχι η πίεση λειτουργίας.

Τρόπος κατασκευής

Τα σώματα αγκύρωσης κατασκευάζονται από σκυρόδεμα C12/15, για το οποίο ισχύουν τα αναφερόμενα στην αντίστοιχη Τεχνική Προδιαγραφή T1. Για τους σιδερένιους οπλισμούς ισχύει, επίσης, η αντίστοιχη Τεχνική Προδιαγραφή T2.

Η εκσκαφή για την κατασκευή των σωμάτων αγκύρωσης πρέπει να γίνει ακριβώς στις απαιτούμενες διαστάσεις, ώστε η βάση και οι κατακόρυφες πλευρές των σωμάτων αγκύρωσης να εφάπτονται στο φυσικό έδαφος.

Στην περίπτωση που η εκσκαφή δεν μπορεί ή γενικά δεν γίνει η επιπλέον εκσκαφή θα γεμίσει με σκυρόδεμα C12/15, απαγορευμένο απόλυτα το γέμισμα της επιπλέον εκσκαφής με χώματα.

Η εκσκαφή για την κατασκευή των σωμάτων αγκύρωσης γίνεται πριν από την τοποθέτηση των σωλήνων, αλλά πάντως σε χρόνο τέτοιο, που να επιτρέπει τον ακριβή προσδιορισμό της θέσης τους.

Η κατασκευή των σωμάτων αγκύρωσης θα πρέπει να γίνει έτσι ώστε, να μην καλυφθούν στο σκυρόδεμα οι συνδέσεις των σωληνώσεων, για να είναι εύκολος ο έλεγχος της στεγανότητας των συνδέσεων. Μόνο σε ειδικές περιπτώσεις και μετά από έγκριση της Διευθύνουσας Υπηρεσίας επιτρέπεται η κάλυψη συνδέσεων.

Κατά την κατασκευή των σωμάτων αγκύρωσης πρέπει να καταβληθεί ιδιαίτερη επιμέλεια για να αποφευχθούν κρούσεις στους σωλήνες, που μπορεί να μειώσουν την αντοχή τους.

Τα σώματα αγκύρωσης πρέπει να είναι ικανά να εξασφαλίζουν το αμετακίνητο των αγωγών, σε κάθε κατεύθυνση, οριζόντια και κατακόρυφα, τόσο για την μέγιστη πίεση λειτουργίας, με ικανό περιθώριο ασφαλείας, όσο και για την μέγιστη πίεση δοκιμής τους.

2.5.8 Εγκιβωτισμός αγωγών με άμμο λατομείου

Η μόρφωση του πυθμένα του ορύγματος και η τοποθέτηση υποστρώματος από άμμο αποτελεί προϋπόθεση για την ασφαλή και ομοιόμορφη έδραση των σωληνωτών αγωγών ύδρευσης. Στη συνέχεια, μετά την τοποθέτηση των σωλήνων γίνεται πλήρωση του ορύγματος με άμμο περιμετρικά των αγωγών και μέχρι ύψους 20 εκατοστών άνω του εξωραχίου του σωλήνα.

Πιο συγκεκριμένα, μετά την εκσκαφή των ορυγμάτων πρέπει να πραγματοποιείται πολύ επιμελημένη μόρφωση του πυθμένα με τα χέρια, ώστε να επιτευχθούν απολύτως ομαλές κλίσεις, χωρίς κοιλώματα ή εξάρσεις. Τα υψόμετρα του πυθμένα σε έδαφος γαιώδες και ημιβραχώδες θα επιτευχθούν με ακρίβεια 3 εκατοστών και ανοίγονται οι απαιτούμενες φωλιές στις θέσεις των συνδέσεων και των ειδικών τεμαχίων.

Οι σωλήνες εδράζονται σε υπόστρωμα από άμμο. Η άμμος προέρχεται από κατάλληλη πηγή, εγκεκριμένη από την Υπηρεσία, και αποτελείται από κόκκους ανθεκτικούς, απαλλαγμένους από βόλους αργίλου και οργανικές ύλες και κατά το δυνατόν όμοιου μεγέθους. Η διαβάθμιση της άμμου πρέπει να είναι τέτοια ώστε:

- Το 100% της άμμου να διέρχεται από κόσκινο με άνοιγμα βροχίδος 10 χλστ.
- Τουλάχιστον το 95% του βάρους της άμμου να διέρχεται από κόσκινο Νο 4 (άνοιγμα βροχίδος 4.76χλστ.)
- Το πολύ το 5% του βάρους της άμμου να διέρχεται από κόσκινο Νο 200 (άνοιγμα βροχίδος 0.074 χλστ.)

Η άμμος διαστρώνεται, διαβρέχεται και συμπυκνώνεται κατά ομοιόμορφες στρώσεις στον πυθμένα του χάνδακα σε όλο το πλάτος του και σε πάχος τουλάχιστον 10 εκατοστών.

Η διάστρωση, ελαφρά συμπύκνωση και μόρφωση της άμμου πρέπει να γίνεται με επιμέλεια και τα τελικώς διαμορφούμενα υψόμετρα για έδραση των σωλήνων θα επιτευχθούν με ακρίβεια +1 εκατοστά.

Κατά τη διάστρωση θα πρέπει να αποφεύγεται ο διαχωρισμός του πιο χονδρόκοκκου υλικού από το λεπτόκοκκο. Η τύπανση θα γίνεται με τέτοια μέτρα και τρόπο, ώστε να μην προκληθεί φθορά στους σωλήνες. Ο βαθμός συμπίκνωσης δεν θα πρέπει να είναι κατώτερος από 95% (τροποποιημένη δοκιμή Proctor). Η συμπίκνωση πρέπει να ελέγχεται, τουλάχιστον, μία φορά κάθε 25 m³ τοποθετημένου λεπτόκοκκου υλικού και πάντως τουλάχιστον μία φορά ανά αυτοτελές έργο ή μία φορά ανά 50 m αγωγού. Οι σωλήνες εγκιβωτίζονται με λεπτόκοκκο υλικό σε όλο το πλάτος του σκάμματος. Το πάχος του λεπτόκοκκου υλικού για την έδραση και επικάλυψη των σωλήνων θα είναι κατ' ελάχιστο όσο αναγράφεται στα σχέδια της μελέτης για αγωγό ύδρευσης. Πλευρικά του αγωγού, η άμμος διαστρώνεται και συμπτκνώνεται συγχρόνως και από τις δύο πλευρές του σωλήνα. Ο εγκιβωτισμός γίνεται σε δύο φάσεις, πριν από την εκτέλεση της δοκιμής στεγανότητας και μετά την επιτυχημένη διενέργειά της, σύμφωνα με τα αναφερόμενα στην αντίστοιχη Τεχνική Προδιαγραφή. Πάνω από την άμμο λατομείου γίνεται επανεπίχωση με θραυστό υλικό κατάλληλο για υποβάσεις οδοστρωμάτων σύμφωνα με την Τεχνική Προδιαγραφή Ο-150, σύμφωνα με τα κατασκευαστικά σχέδια. Η υπερκείμενη αυτή στρώση με θραυστό υλικό συμπτκνώνεται με εγκεκριμένα μέσα ώστε να επιτευχθεί βαθμός συμπίκνωσης τουλάχιστον ίσος προς 90% της μέγιστης εργαστηριακής κατά την μέθοδο AASHO T 180 D. Οι δύο τελικές επιφανειακές στρώσεις πάχους 10 εκ. εκάστη (στρώσεις οδοστρωσίας) και συμπτκνώνονται με εγκεκριμένα μέσα ώστε να επιτευχθεί βαθμός συμπίκνωσης τουλάχιστον ίσος προς 95% της μέγιστης εργαστηριακής κατά την μέθοδο AASHO T 180 D.

2.5.9 Δοκιμές αντοχής και στεγανότητας

Η τεχνική Προδιαγραφή των δοκιμασιών αναφέρεται στην υποβολή υδροστατικής πίεσεως στους αγωγούς που θα τοποθετηθούν τμηματικά με την πρόοδο των εργασιών, και τελικά σε όλη την έκταση των δικτύων για τον έλεγχο της ικανοποιητικής κατασκευής τους και ιδιαίτερα για τις εργασίες ηλεκτροσυγκολλήσεων και λοιπών συνδέσεων που θα γίνουν στο εργοτάξιο ή μέσα στους χάνδακες.

Μετά την τοποθέτηση και σύνδεση των σωλήνων στο όρυγμα, την κατασκευή των σωμάτων αγκύρωσης και την τοποθέτηση των ειδικών τεμαχίων, δικλείδων και συσκευών ασφαλείας, και πριν από την πλήρωση του αγωγού με νερό λαμβάνονται μέτρα σταθεροποίησης και αποκλεισμού οποιασδήποτε μετακινήσεως ή παραμορφώσεως του εξαιτίας των δυνάμεων που αναπτύσσονται με την αύξηση της υδραυλικής πίεσεως. Για τον λόγο αυτό συντελείται η μερική πλήρωση του ορύγματος με άμμο ή κοινές γαίες, αφού ληφθεί πρόνοια ώστε όλες οι συνδέσεις (συγκολλήσεις, σύνδεσμοι, ωτίδες κλπ) να παραμείνουν ακάλυπτες μέχρι το τέλος της δοκιμής. Οι πακτώσεις και οι μόνιμες αντιστηρίξεις εκτελούνται μετά την επιτυχημένη δοκιμή.

Σαν δεύτερο στάδιο των προκατασκευαστικών εργασιών αναφέρεται η εξωτερική επιθεώρηση του τμήματος που θα δοκιμαστεί και ο τελικός καθαρισμός των τοιχωμάτων από τυχόν προσκολλημένη λάσπη καθώς και η απομάκρυνση κάθε τυχόν

ξένου σώματος που θα υπάρχει στον αγωγό. Ο καθαρισμός συντελείται με κατάλληλα πανιά και μαλακές σκούπες.

Επιπλέον γίνεται εποπτικός έλεγχος και στο εσωτερικό του αγωγού με τη βοήθεια φορείου, ηλεκτρικών φανών κλπ. Μετά τον ικανοποιητικό έλεγχο και την εξέταση των μέτρων που λαμβάνονται εξωτερικά θα γίνει τοποθέτηση πωμάτων στα άκρα του αγωγού και τα τυχόν ενδιάμεσα στόμια εκκενώσεως στις διακλαδώσεις.

Το προς δοκιμή τμήμα, το οποίο δεν πρέπει να ξεπερνά τα 500 m, γεμίζει με νερό με παροχή αρκετά χαμηλή για να εξασφαλιστεί η πλήρης εκδίωξη του αέρα από το δίκτυο. Συνιστάται η ταχύτητα πλήρωσης να μην υπερβαίνει τα 0.05 m/sec, οι δε αεροεξαγωγοί πρέπει να είναι ανοιχτοί κατά την πλήρωση.

Η υδραυλική πίεση στο τμήμα δοκιμής εξασκείται με τη βοήθεια κατάλληλης αντλίας. Η δεξαμενή της αντλίας πρέπει να είναι εφοδιασμένη με σύστημα μέτρησης που θα επιτρέπει την μέτρηση του προστιθέμενου όγκου, για τη διατήρηση της πίεσης, με ακρίβεια ± 1 λίτρου. Ένα καταγραφικό μανόμετρο ελεγχμένης και κατάλληλης (π.χ. 0.1 atm) ακριβείας εγκαθίσταται στην σωλήνωση, κατά το δυνατόν στο χαμηλότερο σημείο.

Καμία εργασία δεν επιτρέπεται μέσα στα ορύγματα όσο το τμήμα βρίσκεται σε δοκιμασία.

Προδοκιμασία: Μετά την πλήρωση του τμήματος με νερό τούτο παραμένει για 24 ώρες περίπου με τη στατική πίεση του υπόψη τμήματος. Η περίοδος της προδοκιμασίας αρχίζει αφότου επιτευχθεί η διατήρηση της πίεσης. Τα ορατά μέρη του τμήματος επιθεωρούνται προς διαπίστωση τυχόν βλάβης, διαρροής κτλ.

Κυρίως δοκιμασία πίεσεως: Αν κατά την προδοκιμασία δεν παρατηρηθούν μετατοπίσεις σωλήνων ή διαφυγές νερού, επακολουθεί η κυρίως δοκιμασία. Η πίεση δοκιμής της κυρίως δοκιμασίας ορίζεται ως εξής :

- για τμήματα με μέγιστη πίεση λειτουργίας (PMS) μικρότερη από 10 bar: PMS x 1,50 (σωλήνες από προεντεταμένο σκυρόδεμα SpB)
- για τμήματα με μέγιστη πίεση λειτουργίας (PMS) μεγαλύτερη από 10 bar: PMS + 5 (bar) (σωλήνες GGG, St, AZ, PVC, PE, PE-HD)

Η πίεση δοκιμής θα διατηρείται για μισή ώρα ανά 100 m δοκιμαζόμενου τμήματος, αλλά ποτέ η ολική διάρκεια της δοκιμασίας δεν θα είναι μικρότερη των 2 ωρών ούτε μεγαλύτερη των 6 ωρών.

Η κυρίως δοκιμασία θεωρείται επιτυχούσα εάν παρατηρηθεί πτώση πίεσεως το πολύ 0,1atm, το δίκτυο παραμένει στεγανό και δεν παρατηρηθούν παραμορφώσεις.

Εάν παρατηρηθεί πτώση πίεσης μεγαλύτερη του ανωτέρω ορίου, ελέγχεται οπτικά η σωλήνωση για αναζήτηση ενδεχομένων διαφυγών. Εάν βρεθούν διαφυγές, αυτές επισκευάζονται και η δοκιμασία επαναλαμβάνεται εξαρχής.

Εάν δεν βρεθούν διαφυγές νερού, παρά το γεγονός ότι προσετέθησαν σημαντικές ποσότητες νερού για την διατήρηση της πίεσεως, πρέπει εκ νέου να επιχειρηθεί εκκένωση του αέρα στο δίκτυο πριν εκτελεστεί νέα δοκιμή.

Γενική δοκιμασία: Μετά την επιτυχή διεξαγωγή της κυρίως δοκιμασίας εκτελείται η πλήρης επαναπλήρωση του ορύγματος κατά τμήματα, χωρίς να πληρωθούν οι θέσεις συνδέσεως μεταξύ των τμημάτων.

Κατά τη φάση αυτή η πίεση στο δίκτυο θα διατηρείται ίση προς 6 bar προς

διαπίστωση τυχόν φθορών στους σωλήνες (πτώση πίεσεως θα φαίνεται από τα μανόμετρα). Μετά την κατά τα ανωτέρω επαναπλήρωση των σωληνώσεων κάθε τμήματος οι σωληνώσεις θα υποστούν την τελική δοκιμασία με πίεση όπως ορίζεται ανωτέρω.

Η διάρκεια της δοκιμασίας αυτής θα είναι τόση, ώστε να επιτρέπει τον ορατό έλεγχο των συνδέσεων μεταξύ των χωριστά δοκιμασθέντων τμημάτων της κυρίως δοκιμασίας πίεσεως. Μετά την επιτυχή διεξαγωγή και της δοκιμασίας αυτής πληρούνται και τα αφεθέντα μεταξύ των τμημάτων κενά.

Κανένα τμήμα του δικτύου δεν θεωρείται ότι έχει περατωθεί εάν δεν έχει γίνει επιτυχώς η παραπάνω δοκιμή πίεσεως.

Επειδή δεν είναι βέβαιο ότι οι σωλήνες κατά τη διάρκεια των δοκιμών θα είναι τελείως χωρίς φυσαλίδες αέρος, απαιτείται ένας πρόσθετος έλεγχος. Κατ'αυτόν μετριέται η πτώση της πίεσης Δp μετά την αφαίρεση από το υπό έλεγχο δίκτυο, νερού όγκου ΔV .

Για παράδειγμα, για σωλήνες από ελατό χυτοσίδηρο GGG ο εν λόγω έλεγχος γίνεται ως εξής:

$$\Delta V_{\theta} = (\alpha \Delta p L)/100 \text{ και}$$

$$\Delta V = 1,5 \Delta V_{\theta} \text{ όπου: } \begin{cases} \Delta V_{\theta} = \text{θεωρητικός όγκος νερού που αντιστοιχεί στην} \\ \text{ελάττωση της πίεσης κατά } \Delta p \end{cases}$$

- ΔV = όγκος νερού που αφαιρείται
- α = συντελεστής που λαμβάνεται από τον παρακάτω πίνακα
- Δp = μετρηθείσα μεταβολή πίεσης
- L = μήκος αγωγού

Διάμετρος (mm)	80	100	125	150	200	250	300
α	0,03	0,04	0,08	0,12	0,51	0,35	0,52

Πίνακας 2.4

Για τους σωλήνες από άλλα υλικά ισχύουν αντίστοιχα άλλοι τύποι και άλλες τιμές του συντελεστή α .

Στην περίπτωση που ο έλεγχος δείξει ότι δεν ισχύει η παραπάνω ανισότητα, έπεται ότι οι σωλήνες περιέχουν αρκετή ποσότητα αέρος η οποία πρέπει να αφαιρεθεί προκειμένου να επαναληφθεί ο έλεγχος.

Μετά την κατασκευή ενός σημαντικού τμήματος σωληνώσεως (σαν τέτοι τμήμα αναφέρεται το μεταξύ δυο φρεατίων μεγάλου μήκους) θα πρέπει να γίνει συμπληρωματική δοκιμασία σε όλο το δίκτυο με εφαρμογή δυο ώρες ίσης τουλάχιστον με τη μέγιστη στατική πίεση. Έτσι ελέγχονται οι συνδέσεις ανάμεσα στα τμήματα που δοκιμάστηκαν ξεχωριστά. Οι θέσεις συνδέσεως των τμημάτων αυτών θα μείνουν ακάλυπτες μέχρι την αποπεράτωση της συμπληρωματικής αυτής δοκιμασίας.

Άλλες γενικές δοκιμές καθώς και η τελική δοκιμή είναι δυνατόν να γίνουν για τμήματα μεγαλύτερα από αυτά που αντιστοιχούν ανάμεσα σε φρεάτια, δηλαδή για τμήματα που περιλαμβάνουν δίκτυα σε ορισμένο αριθμό φρεατίων.

2.5.10 Παραλαβή έργου

Μετά την περαίωση των εργασιών του έργου διενεργείται κατ' αρχήν η προσωρινή παραλαβή του από επιτροπή που ορίζεται από την Προϊσταμένη Αρχή.

Η επιτροπή παραλαβής παραλαμβάνει το έργο ποσοτικά και ποιοτικά, ελέγχει κατά το δυνατόν την επιμέτρηση με γενικές ή σποραδικές καταμετρήσεις, καταγράφει στο πρωτόκολλο τις ποσότητες της τελικής επιμέτρησης, όπως τυχόν διορθώνονται από τους ελέγχους που γίνονται, αιτιολογεί τις τυχόν τροποποιήσεις στις ποσότητες και αναγράφει τις παρατηρήσεις της για εργασίες που τυχόν έχουν εκτελεσθεί με υπέρβαση των εγκεκριμένων ποσοτήτων, ή κατά τροποποίηση των εγκεκριμένων σχεδίων. Η επιτροπή επίσης ελέγχει κατά το δυνατόν την ποιότητα των εργασιών, τα αποτελέσματα των εργαστηριακών ελέγχων και αναγράφει στο πρωτόκολλο τις παρατηρήσεις της, ιδίως για τις εργασίες που κρίνονται απορριπτέες, ή ελαττωματικές, που πρέπει να αποκατασταθούν, ή παραδεκτές μεν αλλά με μείωση της τιμής τους.

Η οριστική παραλαβή γίνεται μετά την προσωρινή και την πάροδο του χρόνου υποχρεωτικής από τον ανάδοχο συντήρησης από την βεβαιωμένη περαίωση των εργασιών.

Κατά την οριστική παραλαβή ελέγχεται πάλι η καλή κατάσταση των εργασιών.

Μετά την οριστική παραλαβή του έργου ο ανάδοχος ευθύνεται κατά τις διατάξεις του Αστικού Κώδικα.

Σε περιπτώσεις ειδικών έργων, με τα συμβατικά τεύχη μπορεί να ορίζονται πρόσθετες ευθύνες ή υποχρεώσεις του αναδόχου και μετά την οριστική παραλαβή.

2.5.11 Τελικές εργασίες

Οι τελικές εργασίες που πραγματοποιούνται στην κατασκευή ενός δικτύου ύδρευσης είναι οι παρακάτω:

α. Επίκλιση όλων των θέσεων των οργάνων που δεν είχαν επιχωθεί στην πρώτη φάση επίκλισης του έργου.

β. Καθαρισμός και βάνιμο των φρεατίων

γ. Σήμανση όλων των σημείων στα οποία έχουν τοποθετηθεί όργανα (βάνες, πυροσβεστικά στόμια κλπ) εντός του εδάφους.

δ. Καθαρισμός των αγωγών με πλύση. Η πλύση του δικτύου εκτελείται με τρόπο συστηματικό, σύμφωνα με το πρόγραμμα, για να καθαριστούν οι σωλήνες από ξένα υλικά και κυρίως λεπτόκοκκο άμμο και γαιώδεις ουσίες, που εισχωρούν κατά την κατασκευή. Τα αποτελέσματα της πλύσης πρέπει να ελέγχονται με δειγματοληψίες και να συγκρίνονται με σειρά δοκιμαστικών σωλήνων, που περιέχουν δείγματα με διαφορετικά ποσοστά θολότητας. Εκτός από την επίτευξη απόλυτης διαύγειας, ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να καταβληθεί για τυχόν ύπαρξη λεπτών κόκκων άμμου με δειγματοληψία μέσα σε δοχεία μεγάλου μεγέθους, όπου θα παραμένουν τα δείγματα σε ηρεμία για αρκετές ώρες (6 τουλάχιστον) για να κατακαθίσει η άμμος.

Η ταχύτητα του νερού που διοχετεύεται στους αγωγούς πρέπει να είναι τουλάχιστον 1,5 m/sec. Η απαιτούμενη ποσότητα νερού είναι 3 έως 5 φορές μεγαλύτερη από τον όγκο των αγωγών.

Οι πλύσεις συνεχίζονται μέχρι να αποδοθεί νερό καθαρό, χωρίς κόκκους άμμου ή άλλα αιωρούμενα συστατικά. Κατά τη διάρκεια της πλύσης τηρείται λεπτομερές ημερολόγιο και στοιχεία δειγματοληψιών, που υπογράφεται και από τον επιβλέποντα μηχανικό.

Το νερό πλύσης θα είναι πόσιμο και θα διοχετεύεται στο δίκτυο από την δεξαμενή, που βρίσκεται στην κεφαλή του δικτύου. Αν αυτό δεν είναι δυνατόν, το νερό πλύσης θα προσκομίζεται με βυτίο μεταφοράς πόσιμου νερού.

ε. Απολύμανση των αγωγών. Μετά την πλύση του δικτύου, τον πλήρη και επιτυχή έλεγχο με την τελική δοκιμή στεγανότητας, το δίκτυο αποστειρώνεται με την προσθήκη στο νερό κατάλληλων χημικών πρόσθετων, όπως χλώριο (30 γραμμάρια ελεύθερο χλώριο/ m³), μετά από έγκριση της επιβλέπουσας υπηρεσίας.

ζ. Έλεγχος παροχρητευτικής ικανότητας του έργου. Όλα τα έργα ελέγχονται ως προς την παροχρητευτική του ικανότητα. Γίνονται μετρήσεις των πιέσεων και των παροχών. Εξ' αυτών υπολογίζεται ο συντελεστής τραχύτητας των αγωγών. Εάν οι αγωγοί έχουν κατασκευαστεί και έχουν καθαριστεί σωστά η τιμή που υπολογίζεται πρέπει να είναι 0,1 χιλιοστά.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΩΝ



Φωτο 1. Χαλυβδосωλήνες



Φωτο 2. Σωλήνες από PVC



Φωτο 4. Σωλήνες από ελατό χυτοσίδηρο



Φωτο 5. Σωλήνες από πολυαιθυλένιο



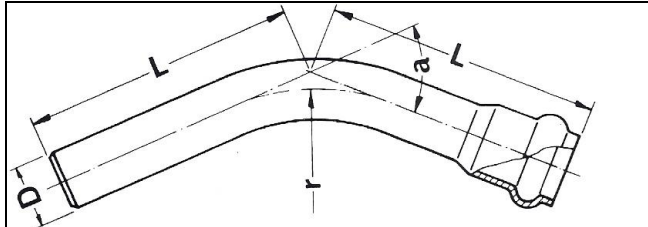
Φωτο 6. Σωλήνες από πολυεστέρα



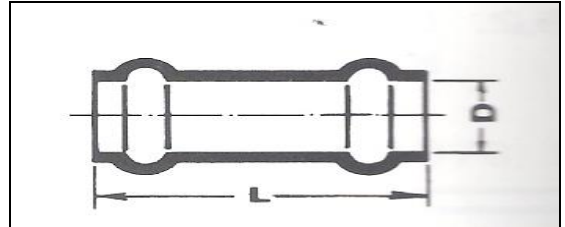
Φωτο 7. Σωλήνες αμιαντοτσιμέντου

ΕΙΔΙΚΑ ΤΕΜΑΧΙΑ

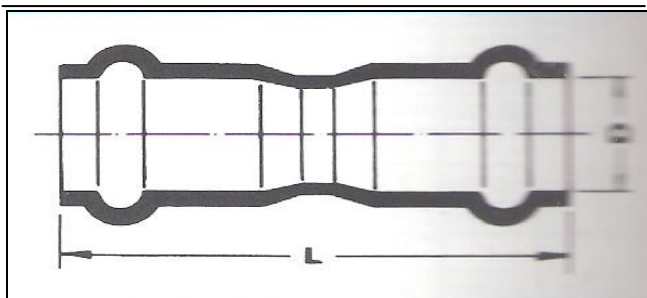
Εξαρτήματα με ενσωματωμένο σύνδεσμο (μούφα) και ελαστικό δακτύλιο στεγανότητας για σωλήνες πίεσεως



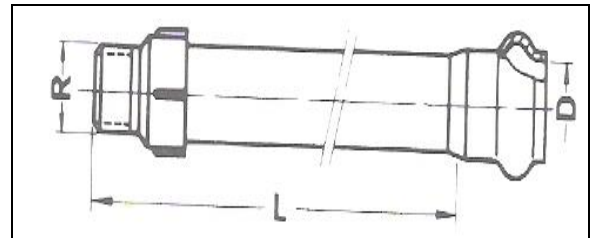
Φωτο 1. Καμπύλη – υλικό u PVC



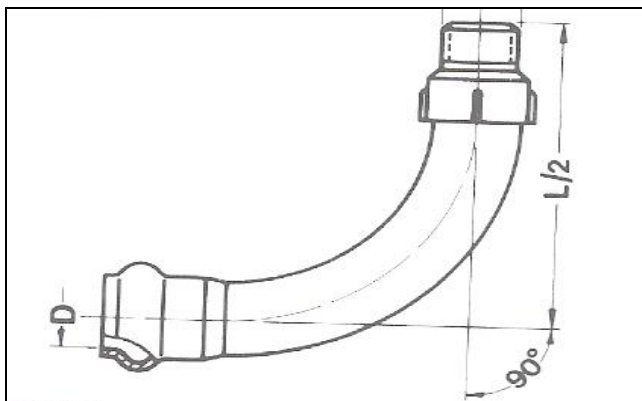
Φωτο 2. Μανσόν – υλικό u PVC



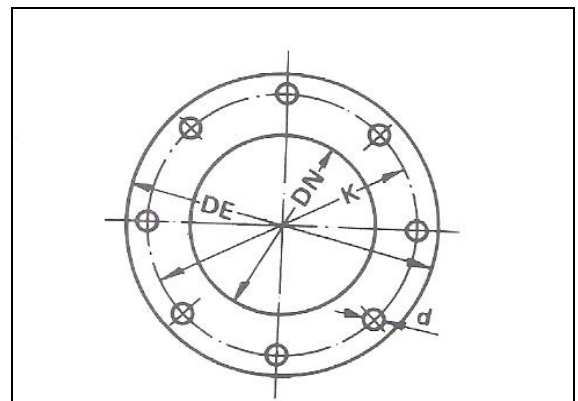
Φωτο 3. Διπλή μούφα - υλικό u PVC



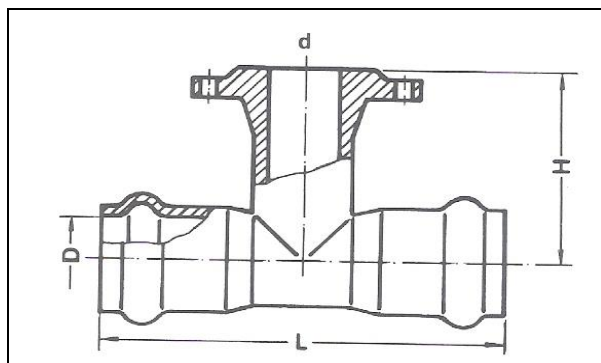
Φωτο 4. Είσοδος γραμμής ευθεία με μούφα



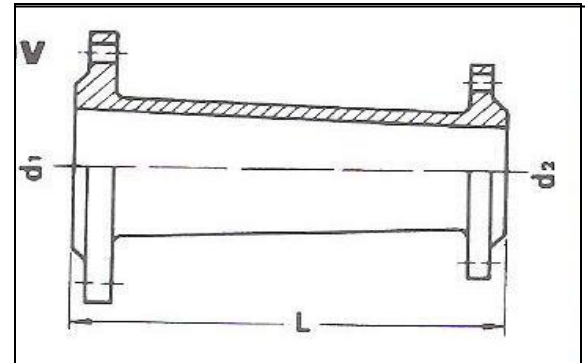
Φωτο 5. Είσοδος γραμμής καμπύλη με μούφα



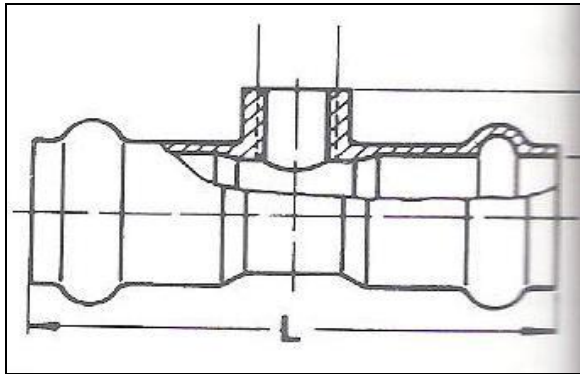
Φωτο 6. Διαστάσεις μεταλλικών φλατζών



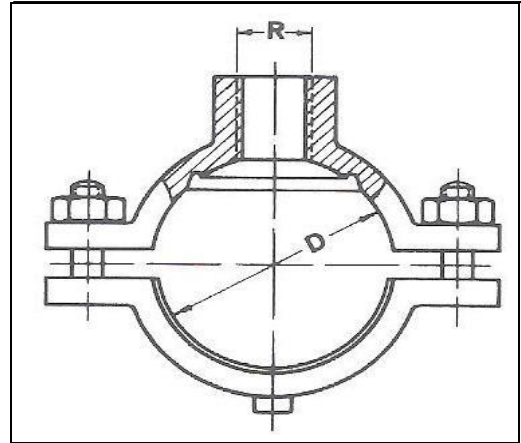
Φωτο 7. Ταυ τριών φλατζών – Υλικό χυτοσίδηρος



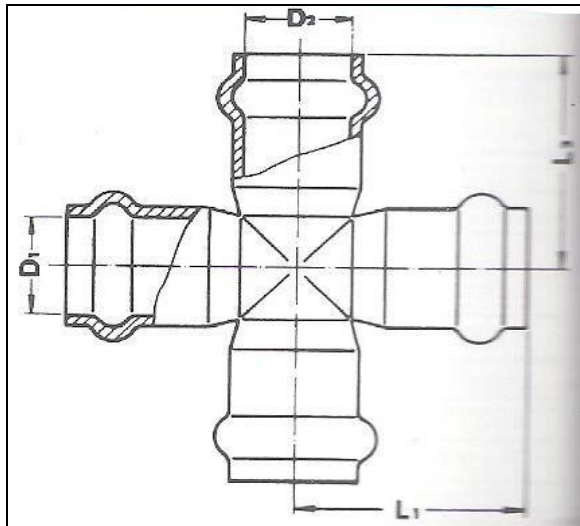
Φωτο 8. Συστολή δύο φλατζών



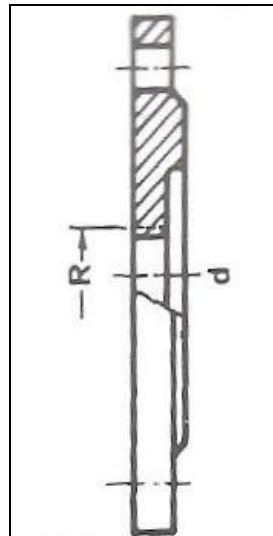
Φωτο 9. Διπλή μούφα απλής παραγωγής
Υλικό χυτοσίδηρος



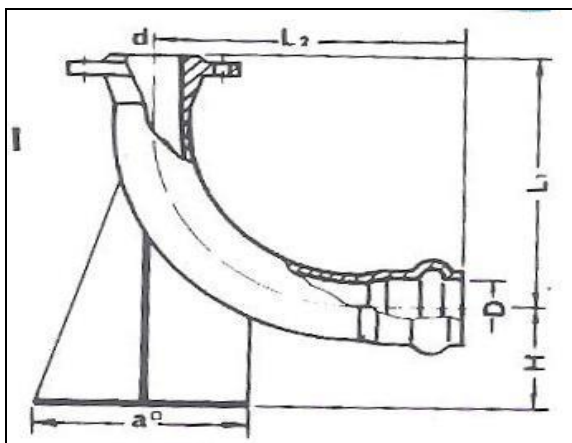
Φωτο 10. Υδροληψία – Υλικό χυτοσίδηρος



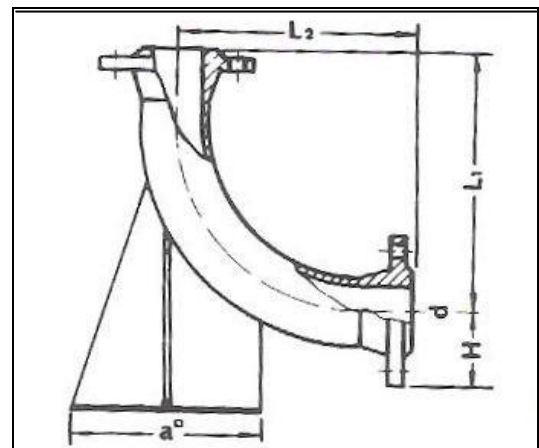
Φωτο 11. Σταυρός 4 μωφών-Υλικό χυτοσίδηρος



Φωτο 12. Φλάτζα παραγωγής-Υλικό χυτοσίδηρος

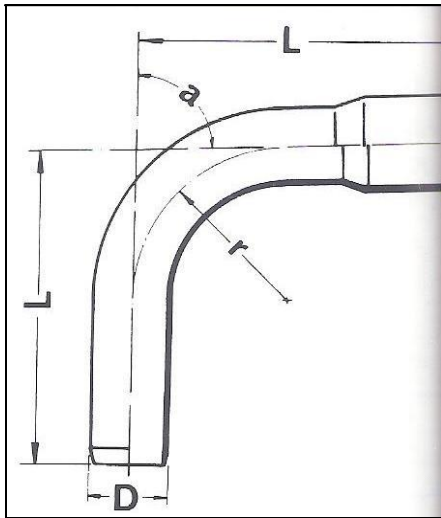


Φωτο 13. Εδραζόμενη καμπύλη με μούφα & φλάτζα
Υλικό χυτοσίδηρος

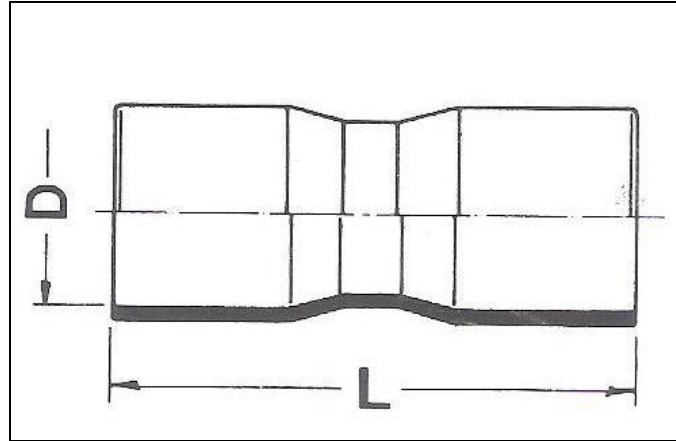


Φωτο 14. Εδραζόμενη καμπύλη δυο φλατζών
Υλικό χυτοσίδηρος

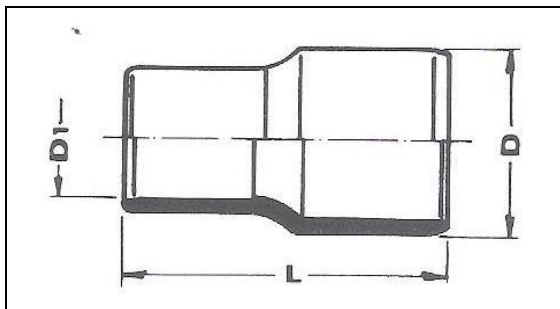
Εξαρτήματα για σωλήνες πίεσως με ενσωματωμένο σύνδεσμο (μούφα) συγκολλήσεως



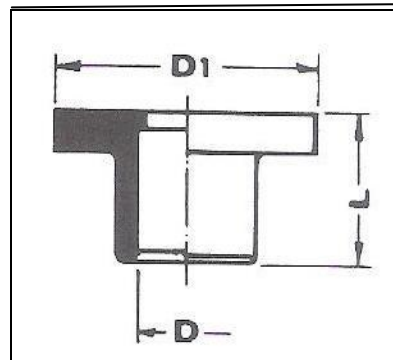
Φωτο 15. Καμπύλη-Υλικό u PVC



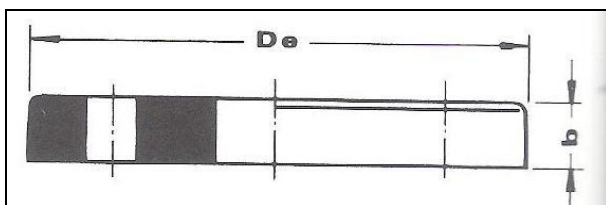
Φωτο 16. Διπλή μούφα – Υλικό u PVC



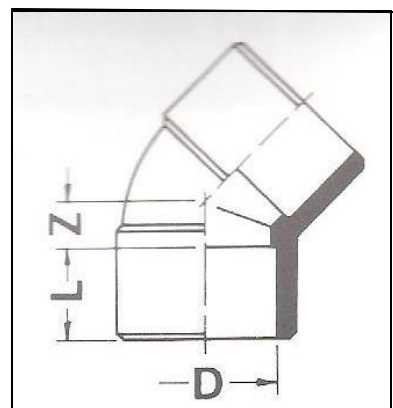
Φωτο 17. Συστολή τύπου μπουκάλας-Υλικό u PVC



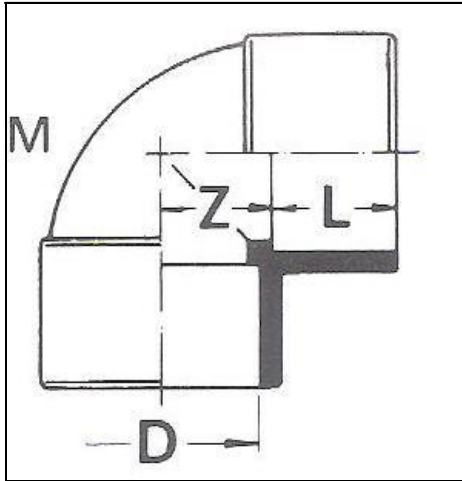
Φωτο 18. Στήριγμα φλάτζας υποστηρίξεως Υλικό u PVC



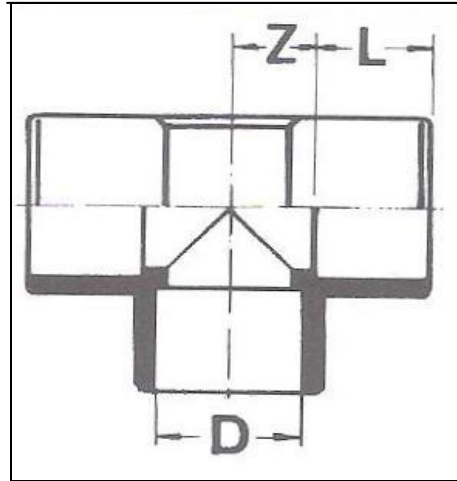
Φωτο 18. Φλάτζα υποστηρίξεως-Υλικό u PVC



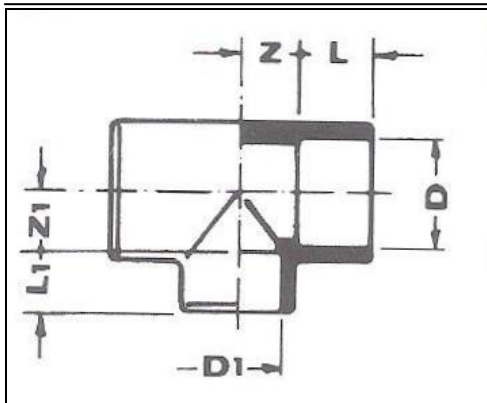
Φωτο 19. Γωνία 45°-Υλικό u PVC



Φωτο 20. Γωνία 90°-Υλικό u PVC



Φωτο 21. Ταν 90°-Υλικό u PVC



Φωτο 22. Ταν 90° συστολικό -Υλικό u PVC

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΕΠΙ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Τεχνικές Προδιαγραφές, Έργο: «No 3 – Αντικατάσταση και επέκταση δικτύων ύδρευσης», Διεύθυνση Τεχνικών Υπηρεσιών, Τμήμα Μελετών Κατασκευών.

Πρότυπα Τεύχη για Περιφερειακά Έργα, Γενική τεχνική συγγραφή υποχρεώσεων – Υδρεύσεις, Αρδεύσεις.

Τεχνικές Προδιαγραφές Υλικών, Τίτλος Προμήθειας: «Προμήθεια υλικών συντήρησης δικτύων ύδρευσης-άρδευσης-αποχέτευσης», Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης.

Τεχνικές Προδιαγραφές, Έργο: « Αντικατάσταση δικτύων ύδρευσης εντός οικισμών Κολυμβαρίου, Μαραθοκεφάλας, Δρομόνερου», Οργανισμός ανάπτυξης Δυτικής Κρήτης.

Έργο: « Προμήθεια σωλήνων ύδρευσης από PVC με τα αντίστοιχα ειδικά τεμάχια», Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης Αποχέτευσης Δήμου Ρόδου.

Εθνικές Τεχνικές Προδιαγραφές, Δίκτυα από σωλήνες κατασκευασμένους από φυγοκεντρικά έγχυτο και ενισχυμένο με ίνες γυαλιού θερμοσκληρυνόμενο πολυεστέρα CC-GRP (Centrifugally Cast Glass Reinforced Polyester).

Πρότυπα Τεύχη για Περιφερειακά Έργα, Γενική τεχνική συγγραφή υποχρεώσεων – Χωματουργικές εργασίες.

Σωλήνες ύδρευσης και ποιότητα πόσιμου νερού, ιστοσελίδα www.library.tee.gr/digital/m1914/m1914_padokratoras.pdf

Ελληνικά σωληνουργεία, ιστοσελίδα <http://www.hpw.gr>

Σωλήνες πίεσεως και εξαρτήματα, Πετζετάκις Α.Ε

Τεχνικό φυλλάδιο σωλήνων από PE, Pipelife Ελλάς Α.Ε

Τεχνικό φυλλάδιο σωλήνων πολυαιθυλενίου, Πετζετάκις Α.Ε

Ιστοσελίδα www.paloplast.com

Ιστοσελίδα www.hambaker.co.uk