

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

# ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΕΚΓΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ & ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ ΔΥΟΡΟΦΗΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΚΑΙΝΟΤΟΜΕΣ ΛΥΣΕΙΣ



ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ: ΧΑΤΖΙΚΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ (Α.Μ. 5217)

ΧΡΗΣΤΑΝΤΩΝΗΣ ΔΗΜΟΣΘΕΝΗΣ (Α.Μ. 5138)

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΚΑΛΑΡΑΚΗΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ

ΠΑΤΡΑ 2011



## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία εκπονήθηκε στο Τμήμα Μηχανολογίας του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πατρών και σκοπός της είναι η ανάλυση και η βελτιστοποίηση των υδραυλικών εγκαταστάσεων και η παρουσίαση καινοτόμων λύσεων με σκοπό την εξοικονόμηση νερού-ενεργείας.

Ασχολείται με την περιγραφή και την μελέτη εγκατάστασης του δικτύου ύδρευσης και αποχέτευσης σε μια διώροφη μεζονέτα και γίνεται μια εκτενής παρουσίαση καινοτόμων λύσεων για την οικία.

Ευχαριστούμε θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μας κ. Αλέξανδρο Καλαράκη για την καθοδήγηση τις πολύτιμες συμβουλές καθώς και για την αμέριστη βοήθεια που μας παρείχε κατά την εκπόνηση της παρούσας πτυχιακής εργασίας.

Τέλος θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τις οικογένειες μας και τους φίλους μας για την στήριξη που μας παρείχαν όλα τα χρόνια των σπουδών μας.



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αναφέρεται στην περιγραφή και την μελέτη των υδραυλικών εγκαταστάσεων και της αποχέτευσης μια διώροφης μεζονέτας στην περιοχή Μιντιλόγλι Πατρών. Πιο συγκεκριμένα στα πρώτα κεφάλαια που ακολουθούν γίνεται μια εκτενής αναφορά για τις υδραυλικές εγκαταστάσεις και τις αποχετεύσεις, όπου αναλύονται εκτενώς οι τύποι των σωλήνων, τα εξαρτήματα τους, τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα τους και οι τρόποι σύνδεσης τους. Στα κεφάλαια που ακολουθούν πραγματοποιούνται οι μελέτες των υδραυλικών εγκαταστάσεων και της αποχέτευσης του κτιρίου. Τέλος στα τελευταία κεφάλαια γίνεται μια παρουσίαση κάποιων καινοτομιών που μπορούν να εφαρμοστούν την κατοικία που μελετάμε. Αυτές είναι η ανακύκλωση των γκρίζων νερών και τα υβριδικά θερμό-φωτοβολταϊκά.

Η ανάπτυξη του θέματος πραγματοποιείται σε επτά κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο πραγματοποιείται η εισαγωγή στον κλάδο της υδραυλικής και αναλύονται οι ιδιότητες των ρευστών.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται ανάλυση της ροής των ρευστών σε κλειστούς και ανοικτούς αγωγούς, ανάλυση της γεωμετρίας των ανοικτών αγωγών και των απωλειών που συναντώνται.

Στο τρίτο κεφάλαιο πραγματοποιείται η περιγραφή των τύπων των σωληνώσεων, των συνδέσεων και των εξαρτημάτων αυτών.

Στο τέταρτο κεφάλαιο πραγματοποιείται η μελέτη της ύδρευσης. Γίνεται ανάλυση των κανόνων, των παραδοχών καθώς και των τύπων που χρησιμοποιούνται για τους υπολογισμούς. Στη συνέχεια πραγματοποιούνται οι υπολογισμοί των σωληνώσεων της υδραυλικής εγκατάστασης όπου αυτοί είναι: εύρεση των ταχυτήτων του νερού στις σωληνώσεις, υπολογισμός της απώλειας πίεσης λόγω τριβών στις σωληνώσεις και λόγω τριβών των εξαρτημάτων και υπολογισμός των απαιτούμενων πιέσεων στους κλάδους της εγκατάστασης. Τέλος γίνεται μια τεχνοοικονομική μελέτη για την εγκατάσταση της ύδρευσης.

Στο πέμπτο κεφάλαιο πραγματοποιείται η μελέτη της αποχέτευσης όπου γίνεται αναφορά των περιεχόμενων της μελέτης, των γενικών κανόνων για τις εγκαταστάσεις της αποχέτευσης και ανάλυση των παραδοχών και των τύπων που χρησιμοποιούνται για τους υπολογισμούς. Στη συνέχεια γίνονται οι υπολογισμοί των οριζοντίων σωληνώσεων του δικτύου της αποχέτευσης, εύρεση των ταχυτήτων στις σωληνώσεις, απολογισμός των κατακόρυφων σωληνώσεων του δικτύου και ο υπολογισμός των σωληνώσεων των υδρορροών. Τέλος γίνεται μια τεχνοοικονομική μελέτη για την εγκατάσταση της ύδρευσης.

Στο έκτο κεφάλαιο γίνεται ανάλυση των γκρίζων νερών και παρουσιάζονται καινοτομικές προτάσεις για την οικία με σκοπό την εξοικονόμηση νερού.

Στο έβδομο κεφάλαιο αρχικά γίνεται μια εισαγωγή στην τεχνολογία των φωτοβολταϊκών. Στη συνέχεια παρουσιάζεται η καινοτομία των υβριδικών θερμό-φωτοβολταϊκών και πραγματοποιείται μια μελέτη για της ανάγκες της οικίας. Τέλος παρουσιάζεται μια τεχνοοικονομική μελέτη.



# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΓΕΝΙΚΗ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ.....</b>	<b>1</b>
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.2. ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΥΓΡΩΝ .....	1
1.3 ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΠΙΕΣΗ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΤΕΣ ΠΙΕΣΗΣ .....	2
1.4 ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΠΙΕΣΗΣ ΣΕ ΕΠΙΠΕΔΑ ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ.....	2
1.5 ΚΙΝΗΣΗ ΤΩΝ ΥΓΡΩΝ .....	3
1.6 ΘΕΩΡΗΜΑ ΤΟΥ BERNOLLI .....	4
1.7 ΣΤΡΩΤΗ ΚΑΙ ΤΥΡΒΩΔΗΣ ΡΟΗ .....	4
1.8 ΣΤΡΩΤΗ ΡΟΗ ΦΥΣΙΚΩΝ ΥΓΡΩΝ ΙΞΩΔΕΣ .....	5
1.9 ΠΤΩΣΗ ΠΙΕΣΗΣ - ΠΑΡΟΧΗ.....	5
1.10 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ (ΠΤΩΣΗ ΠΙΕΣΗΣ).....	7
<b>2. ΡΟΗ ΣΕ ΑΓΩΓΟΥΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΓΝΩΡΙΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>13</b>
2.1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ .....	13
2.2 ΤΥΠΟΙ ΡΟΗΣ ΣΤΟΥΣ ΚΛΕΙΣΤΟΥΣ ΚΑΙ ΣΤΟΥΣ ΑΝΟΙΧΤΟΥΣ ΑΓΩΓΟΥΣ .....	14
2.3 ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΤΩΝ ΑΝΟΙΚΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ.....	15
2.4 ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΗΣ ΡΟΗΣ .....	18
2.5 ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΑΝΟΙΚΤΟΥΣ ΚΑΙ ΚΛΕΙΣΤΟΥΣ ΑΓΩΓΟΥΣ .....	19
<b>3. ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΔΙΚΤΥΩΝ - ΣΩΛΗΝΕΣ ΚΑΙ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ .....</b>	<b>23</b>
3.1 ΓΕΝΙΚΑ .....	23
3.2 ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ - ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΣΩΛΗΝΩΝ ΕΜΠΟΡΙΟΥ.....	23
3.3 ΧΑΛΥΒΔΟΣΩΛΗΝΕΣ (STEEL TUBES) .....	24

3.3.1 Γενικά .....	24
3.3.2 Συνδέσεις και εξαρτήματα χαλυβδοσωλήνων .....	28
3.4 ΧΑΛΚΟΣΩΛΗΝΕΣ .....	35
3.4.1 Γενικά .....	35
3.4.2 Είδη χαλκοσωλήνων .....	36
3.4.3 Εξαρτήματα χαλκοσωλήνα.....	41
3.4.4. Εγκατάσταση δικτύων με χαλκοσωλήνες .....	50
3.5 ΠΛΑΣΤΙΚΟΙ ΣΩΛΗΝΕΣ .....	54
3.5.1 Γενικά.....	54
3.5.2 Είδη πλαστικών σωλήνων.....	55
3.6 ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΚΑΙ ΟΞΕΙΔΩΣΗ ΣΩΛΗΝΩΝ .....	61
3.6.1 Είδη διάβρωσης .....	61
3.6.2 Αιτίες διάβρωσης και προστασία.....	62
3.7 ΑΝΤΙΘΟΡΥΒΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΩΝ ΣΩΛΗΝΩΣΕΩΝ .....	64
3.8 ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΩΝ ΣΩΛΗΝΩΣΕΩΝ ΑΠΟ ΤΟΝ ΠΑΓΕΤΟ ΚΑΙ ΤΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ	66
<b>4. ΜΕΛΕΤΗ ΥΔΡΕΥΣΗΣ.....</b>	<b>67</b>
4.1 ΓΕΝΙΚΑ .....	67
4.2 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΠΟΣΙΜΟΥ ΝΕΡΟΥ .....	67
4.2.1 Διανομή πόσιμου νερού .....	68
4.2.2 Εσωτερικά δίκτυα ψυχρού νερού .....	68
4.3 ΠΑΡΟΧΕΣ - ΥΔΡΟΛΗΨΙΑ.....	69
4.3.1 Ειδική κατανάλωση νερού .....	70
4.3.2 Δεξαμενές κτηρίων .....	70
4.4 ΣΗΜΑΝΤΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ.....	71
4.5 ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΜΕΣΑ ΣΤΙΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΣΩΛΗΝΩΣΕΩΝ....	73
4.6 ΜΕΛΕΤΗ ΥΔΡΕΥΣΗΣ .....	74
4.6.1 Εισαγωγή .....	75



4.6.2 Παραδοχές και κανόνες υπολογισμών .....	75
4.6.3 Παρουσίαση αποτελεσμάτων .....	77
4.6.8 Τεχνοοικονομική μελέτη .....	85
<b>5. ΜΕΛΕΤΗ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ .....</b>	<b>87</b>
5.1 ΓΕΝΙΚΟΙ ΚΑΝΟΝΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ .....	87
5.2 ΤΜΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ ΟΡΙΣΜΟΙ-ΓΕΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ-ΥΛΙΚΑ.....	89
5.2.1 Αγωγοί-σωληνώσεις.....	89
5.3.2 Σωληνώσεις σύνδεσης.....	90
5.3.3 Αποχέτευση βρόχινων νερών .....	90
5.4 ΜΕΛΕΤΗ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ.....	94
5.4.1 Εισαγωγή .....	95
5.4.2 Παραδοχές και κανόνες υπολογισμών .....	95
5.4.3 Παρουσίαση αποτελεσμάτων .....	97
5.4.4 Τεχνοοικονομική μελέτη .....	108
<b>6. ΓΚΡΙΖΑ ΝΕΡΑ.....</b>	<b>111</b>
6.1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΓΙΑ ΤΑ ΓΚΡΙΖΑ ΝΕΡΑ .....	111
6.2 ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΗΜΙΑΚΑΘΑΡΤΟΥ ΝΕΡΟΥ .....	113
6.3 ΕΞΥΓΙΝΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΝΕΡΟΥ .....	114
6.4 Η ΣΠΑΤΑΛΗ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗ ΕΛΛΑΔΑ .....	117
6.5 ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ ΕΕ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΝΕΡΟΥ ΣΕ ΚΤΗΡΙΑ..	119
<b>7. ΥΒΡΙΔΙΚΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ .....</b>	<b>121</b>
7.1 Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΩΝ ΦΩΤΟΦΟΛΤΑΪΚΩΝ.....	121
7.2 ΤΟ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ .....	121
7.3 Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ.....	125
7.4 ΤΑ Φ/Β ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	128
7.5 Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ Φ/Β.....	129

7.5.1 Φ/Β συστήματα συνδεδεμένα με το τοπικό ηλεκτρικό δίκτυο .....	129
7.5.2 DC-AC μετατροπέας (INVERTER).....	130
7.5.3 Τρόποι σύνδεσης των πάνελ .....	132
7.6 ΤΑ ΥΒΡΙΔΙΚΑ ΘΕΡΜΟ-ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ.....	135
7.6.1 Εισαγωγή στα PV/T.....	135
7.7 ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ PV/T ΓΙΑ ΤΗΝ ΟΙΚΙΑ.....	138
7.7.1 Βέλτιστη κλίση Φ/Β συστημάτων.....	143
7.7.2 Υπολογισμός ζεστού νερού χρήσης.....	145
7.7.3 Υπολογισμός θερμίδων boiler βάση ευρωπαϊκής νομοθεσίας .....	146
7.8 ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ.....	148
7.9 ΝΟΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ .....	150
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>	<b>155</b>
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α ΠΙΝΑΚΕΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΥΔΡΕΥΣΗΣ .....	157
ΣΧΕΔΙΑ ΥΔΡΕΥΣΗΣ.....	167
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β ΠΙΝΑΚΕΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ.....	171
ΣΧΕΔΙΑ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ .....	185

# 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΓΕΝΙΚΗ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ

## 1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η υδραυλική ενδιαφέρει τον μηχανικό στον βαθμό που πολλά προβλήματα κατασκευών και γενικότερα μηχανικής σχετίζονται με την μεταφορά και αποθήκευση ρευστών, κυρίως νερού, με αποτέλεσμα την δημιουργία πιέσεων, δυνάμεων, ταχυτήτων κ.λ.π. Οι λύσεις σε αυτή την ευρεία γκάμα προβλημάτων απαιτούν την κατανόηση των βασικών αρχών της μηχανικής των ρευστών γενικά και της Υδραυλικής πιο συγκεκριμένα, και αυτές περιγράφονται συνοπτικά στην πτυχιακή αυτή.

Ρευστομηχανική ή μηχανική των ρευστών είναι ο κλάδος της θετικής επιστήμης που ασχολείται με τις μηχανικές ιδιότητες των ρευστών, δηλαδή των υγρών και των αερίων σωμάτων. Όταν πρόκειται συγκεκριμένα μόνο για το νερό, ο κλάδος λέγεται αντίστοιχα υδρομηχανική, η οποία μπορεί να διαιρεθεί σε υδροστατική, όταν πρόκειται για νερό σε ακινησία και υδροδυναμική, όταν πρόκειται για νερό σε κίνηση.

Το εφαρμοσμένο μέρος της υδρομηχανικής, αποκαλείται υδραυλική. Οι εφαρμογές της είναι εμφανώς πολλές, από τις υδρεύσεις και τις αρδεύσεις, έως την μηχανολογία. Η υδραυλική, είναι ταυτόχρονα και αναλυτική, και εμπειρική επιστήμη, αφού κάποια μέρη της μπορούν να αποδοθούν με αναλυτικές σχέσεις, ενώ σε άλλα, υπάρχει ανάγκη για εμπειρικές σχέσεις, λόγω αδυναμίας αναλυτικής περιγραφής τους.

## 1.2. ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΥΓΡΩΝ

Σε μια αμοιβαία μετατόπιση των μορίων ενός υγρού παρουσιάζεται μια δύναμη τριβής, η εσωτερική τριβή, η οποία κύρια εξαρτάται από το είδος του υγρού. Σε μια αργή κίνηση του υγρού μπορεί αυτή να μην χρησιμοποιηθεί. Σε μια όμως γρήγορη κίνηση του υγρού αναπτύσσεται σημαντική αντίσταση.

Τα υγρά παρουσιάζουν μία σταθερότητα χώρου. Μόνο υπό την επίδραση ισχυρών πιέσεων επιτρέπουν μία ελάχιστη μεταβολή στον όγκο τους, π.χ. το νερό υπό την επίδραση μιας πίεσης  $220\text{Kp/cm}^2$  παρουσιάζει μία σμίκρυνση του όγκου του μόνο κατά 1%. Όταν δε η πίεση σταματήσει να ενεργεί, επανακτά πάλι τον αρχικό του όγκο.

Γενικά παραδεχόμαστε ότι:

- Τα υγρά είναι ασυμπίεστα (έχουν σταθερό ειδικό βάρος σε οποιαδήποτε πίεση).
- Είναι ισότροπα, δηλαδή οι ιδιότητες τους είναι ίδιες σε όλες τις διευθύνσεις.
- Δεν έχουν ιξώδες, δηλαδή μπορούν να αντισταθούν στην θλίψη, όχι όμως στον εφελκυσμό ή την διάτμηση.

### 1.3 ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΠΙΕΣΗ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΤΕΣ ΠΙΕΣΗΣ

Στην ελεύθερη επιφάνεια ενός υγρού, που βρίσκεται σ' ένα ανοικτό δοχείο ενεργεί το βάρος της στήλης του ατμοσφαιρικού αέρα, που βρίσκεται πάνω από την επιφάνεια του υγρού. Η δημιουργούμενη απ' αυτό το βάρος πίεση (Pa) ονομάζεται ατμοσφαιρική πίεση και μεταδίδεται ομοιόμορφα δια μέσου του υγρού. Δηλαδή ισχύει ότι:  $(Pa=1 \text{ atm}=1,033\text{Kp/cm}^2=1,013\text{bar})$ .

Για την μέτρηση της πίεσης των υγρών χρησιμοποιούνται οι μετρητές πίεσης ή τα λεγόμενα μανόμετρα (όταν δίνουν υπερπίεσεις) και οι μετρητές κενού (όταν δίνουν υποπίεσεις).

### 1.4 ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΠΙΕΣΗΣ ΣΕ ΕΠΙΠΕΔΑ ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ

Σε ένα οποιοδήποτε σχήματος δοχείο με οριζόντιο πυθμένα επιφανείας F, είναι γεμάτο με υγρό πυκνότητας ρ μέχρι το ύψος H.

Η υδροστατική πίεση στον πυθμένα υπολογίζεται από τον τύπο:

$$P = H \cdot \rho \cdot g = H \cdot \gamma \quad (1.1)$$

και η δύναμη στον πυθμένα θα είναι:  $P = H \cdot \rho \cdot g \cdot F = H \cdot \gamma \cdot F \quad (1.2)$

δηλαδή η δύναμη στον πυθμένα θα είναι ανάλογη του ύψους του υγρού, της πυκνότητας του (ή του ειδικού βάρους του) και του μεγέθους της επιφάνειας του πυθμένα, εντελώς όμως ανεξάρτητη της μορφής του δοχείου.

Όπως φαίνεται στο (Σχήμα 1) παρόλο που τα δοχεία περιέχουν διαφορετική μάζα του υγρού, εν τούτοις οι πυθμένες των δέχονται τις ίδιες δυνάμεις. Αυτή η πραγματικότητα αποτελεί το υδροστατικό παράδοξο.

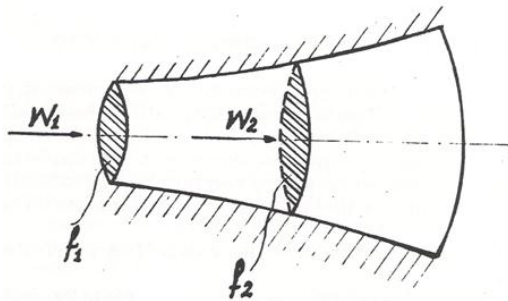


Σχήμα 1

### 1.5 ΚΙΝΗΣΗ ΤΩΝ ΥΓΡΩΝ

Έστω ότι έχουμε έναν αγωγό μη σταθερής διατομής ως (Σχήμα 2) είναι αυτονόητο ότι η ίδια ποσότητα του υγρού που διέρχεται στην μονάδα του χρόνου από την διατομή  $f_1$  θα διέρχεται από την διατομή  $f_2$ . Άρα  $Q=f_1 \cdot W_1 \cdot \rho_1 = f_2 \cdot W_2 \cdot \rho_2 = f \cdot W \cdot \rho$

Η ποσότητα  $Q$  ονομάζεται παροχή και μετριέται σε (Kg/sec).  $f_1$ ,  $f_2$ ,  $f$ , είναι οι διατομές του αγωγού ( $m^2$ ) και  $W_1$ ,  $W_2$ ,  $W$  αντίστοιχες ταχύτητες ρευστού (m/sec).



Σχήμα 2

Όμως ως γνωστόν για τα υγρά, ισχύει η σχέση  $P_1=P_2=P$ . Επομένως η παραπάνω εξίσωση θα λάβει την τελική της μορφή όπου:

Παροχή  $Q=f_1 \cdot W_1=f_2 \cdot W_2=f \cdot W$  ή  $f_1 / f_2=W_2/W_1$ . Η σχέση αυτή ονομάζεται εξίσωση της συνέχειας της ροής και σημαίνει, ότι, οι ταχύτητες των υγρών (όπου  $\rho$ =σταθερό), συμπεριφέρονται αντιστρόφως ανάλογα προς τις διατομές των αγωγών.

## 1.6 ΘΕΩΡΗΜΑ ΤΟΥ BERNOULLI

Το θεώρημα του Bernoulli, μεγάλης σημασίας και εφαρμογής στην υδραυλική μας λέει με απλά λόγια ότι: Όταν σε σταθερά ροή τέλειου ρευστού, αυξάνεται η ταχύτητα, πρέπει οπωσδήποτε να μειώνεται αντίστοιχα η πίεση και αντίστροφα.

Το εν λόγω θεώρημα δεν είναι κάτι άλλο από την γνωστή για της διατήρηση της ενέργειας αρχής της Γενικής Μηχανικής, κατά την οποία η μηχανική ενέργεια κάποιου υλικού σημείου είναι σταθερή και ισούται με το άθροισμα της δυναμικής ( $P/\gamma$ ), της κινητικής ( $u^2/2g$ ) και λόγω θέσης ( $h$ ) ενέργειας.

$$h - \frac{P}{\rho g} - \frac{u^2}{2g} = \frac{C}{g} \quad (1.3)$$

Όπου:

$h$ = το ύψος της στάθμης

$\rho \cdot g = \gamma$

$C$ = σταθερά

$g$ = επιτάχυνση της βαρύτητας.

$P$ = πίεση,

$u$ =ταχύτητα

## 1.7 ΣΤΡΩΤΗ ΚΑΙ ΤΥΡΒΩΔΗΣ ΡΟΗ

Ανάλογα με την ταχύτητα του ρευστού διακρίνονται δύο τύποι ροής. Για μικρές ταχύτητες η ροή θεωρείται στρωτή και τα σωματίδια του ρευστού κινούνται σε στρώσεις. Για μεγαλύτερες ταχύτητες η ροή θεωρείται τυρβώδης και τα σωματίδια του ρευστού κινούνται ακανόνιστα με στροβιλισμούς. Συνήθως η ροή στα πρακτικά προβλήματα κλειστών αγωγών υπό πίεση είναι τυρβώδης. Οι νόμοι που περιγράφουν την τυρβώδη ροή δεν είναι πλήρως γνωστοί και απαιτούνται πειραματικά στοιχεία για την κατανόηση του φαινομένου. Κριτήριο διαχωρισμού της ροής, σε στρωτή ή τυρβώδη, αποτελεί ο αριθμός Reynolds, ο οποίος υπολογίζεται

ως εξής:  $Re = \frac{u \cdot D}{\nu}$  (1.4)

όπου:

$u$ : η μέση ταχύτητα ροής στον αγωγό (m/s)

$D$ : η διάμετρος του αγωγού (m)

$\nu$ : ο συντελεστής κινηματικής συνεκτικότητας

## 1.8 ΣΤΡΩΤΗ ΡΟΗ ΦΥΣΙΚΩΝ ΥΓΡΩΝ ΙΞΩΔΕΣ

Εδώ θα εξετάσουμε την συνεχή ροή φυσικών υγρών εντός αγωγών σταθερής διατομής, κυρίως σε αγωγούς κυκλικής διατομής.

Η βασική διαφορά μεταξύ των φυσικών και φανταστικών υγρών είναι η ύπαρξη του ιξώδους, δηλαδή της ιδιότητας των φυσικών ρευστών (υγρών και αερίων) να προβάλλουν αντίσταση κατά της αλλαγής της μορφής που κατέχουν.

Το ιξώδες, λοιπόν, διακρίνεται σε δυναμικό ( $\mu$ ) και σε κινητικό ( $\nu$ ). Το δυναμικό ιξώδες ( $\mu$ ) εξαρτάται μόνο από τη φύση και τη θερμοκρασία του υγρού σε αντίθεση με την ιξώδη αντίσταση (παθητική αντίσταση) η οποία εξαρτάται συγχρόνως από την ταχύτητα κίνησης και τις διαστάσεις του αγωγού. Το κινητικό ιξώδες  $\nu = \mu/\rho$  ( $m^2/sec$ ).

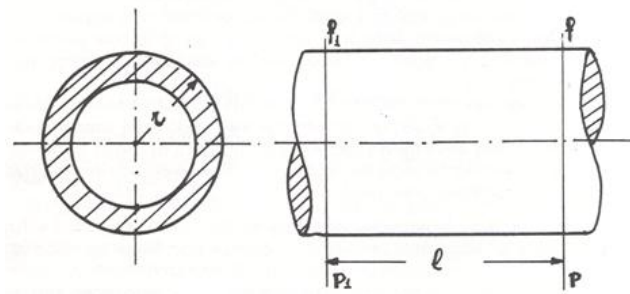
Στον (Πίνακα 1) που ακολουθεί δίδονται η πυκνότητα, το δυναμικό και το κινητικό ιξώδες του νερού συναρτήσει της θερμοκρασίας του στο σύστημα (CGS)

**Πίνακας 1:** Πυκνότητας, δυναμικό και το κινητικό ιξώδες του νερού συναρτήσει της θερμοκρασίας του στο σύστημα

Θερμοκρασία [ $^{\circ}C$ ]	$\rho$ [ $kg/m^3$ ]	$\mu \cdot 10^6$ [ $kp \cdot sec \cdot m^{-2}$ ]	$\nu \cdot 10^6$ [ $m^2/sec$ ]
10 $^{\circ}$	101,9	133	1,31
20 $^{\circ}$	101,7	103	1,01
40 $^{\circ}$	101,1	66,8	0,661
60 $^{\circ}$	100,2	48,3	0,482
80 $^{\circ}$	99,1	36,4	0,368
100 $^{\circ}$	97,8	28,9	0,296

## 1.9 ΠΤΩΣΗ ΠΙΕΣΗΣ - ΠΑΡΟΧΗ

Έστω αγωγός κυκλικής διατομής, από του οποίου διέρχεται υγρό με πίεση εισόδου  $P_1$  και πίεση εξόδου  $P$  (Σχήμα 3)



Σχήμα 3

Όταν  $(P_1 - P) > 0$  έχουμε πτώση πίεσης (υδραυλική απώλεια). Η υδραυλική αυτή απώλεια μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια η οποία τελικά χάνεται. Για την μελέτη λοιπόν και την κατασκευή αγωγών μεταφοράς φυσικών υγρών, η πτώση πίεσης (απώλειες λόγω τριβών) και φυσικά η παροχή αποτελούν δύο από τα σπουδαιότερα στοιχεία και συνδέονται με την παρακάτω σχέση:

$$\text{Παροχή } Q = \frac{r^4 \cdot \pi \cdot \rho}{8\mu} \cdot \frac{P_1 - P}{L} \quad [\text{Kg/sec}] \quad (1.5)$$

Όπου:

$L$  = μήκος αγωγού,  $r$  = ακτίνα αγωγού.

Η παραπάνω εξίσωση αποτελεί το νόμο του Hagen-Poiseuille, ο οποίος ισχύει υπό την προϋπόθεση στρωτής ροής και ότι το μήκος του αγωγού  $L$  είναι πολύ μεγαλύτερο της ακτίνας  $r$ .

Όμως όλοι γνωρίζουμε σήμερα ότι η ροή δεν είναι πάντα ομαλή. Πρώτος ο Reynolds (1883) και ο Couette (1890), διαπίστωσαν πειραματικά, ότι η κίνηση των υγρών μέσα σε σωλήνες είναι ομαλή με ίνες παράλληλους προς τα τοιχώματα του σωλήνα (αστρόβιλος ή στρωτή ροή), όταν η ταχύτητα κίνησης  $u$  είναι κάτω από ένα όριο που χαρακτηρίζεται σαν όριο κρίσιμου ταχύτητας και τυρβώδης (στροβιλώδης ροή) όταν η ταχύτητα ροής  $u$  είναι μεγαλύτερη της παραπάνω κρίσιμου ταχύτητας. Ο Reynolds υπολόγισε ότι η κρίσιμη ταχύτητα ροής είναι:

$$u_k = \frac{2300 \cdot v}{d} = \frac{2300 \cdot \mu}{d \cdot \rho} \quad (1.6)$$

Όπου:

$v$  = κινητικό ιξώδες

$d$  = διάμετρος αγωγού (σωλήνα)

Γενικά ο αριθμός Reynolds παρουσιάζει τεράστια σημασία για τα ζητήματα γύρω από τις αντιστάσεις των ρευστών, είναι καθαρός αριθμός, και ισχύει μόνο τοπικά. Προφανώς αν ο αριθμός Reynolds είναι μεγαλύτερος  $Re > 2300$  έχουμε τυρβώδη ροή, ενώ αν είναι μικρότερος  $Re < 2300$  έχουμε στρωτή ροή.

Φυσικά τα παραπάνω δεν ισχύουν για όλα ανεξαιρέτως τα ρευστά, όλες τις θερμοκρασίες, όλες τις ταχύτητες και για κάθε σύστημα μονάδων μέτρησης.



Στην πράξη αντί της ταχύτητας  $u$ , χρησιμοποιούμε την μέση ταχύτητα  $u_{\text{μέση}}$ . Έτσι ο αριθμός του Reynolds παίρνει τη μορφή:

$$\lambda = 0,316 \frac{1}{\text{Re}^{1/4}} \quad (1.7)$$

$$\text{Re} = \frac{u \cdot d}{\nu} = \frac{u \cdot d \cdot \rho}{\mu} \quad (1.8)$$

### 1.10 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ (ΠΤΩΣΗ ΠΙΕΣΗΣ)

Βασικότατο πρόβλημα κατά τη μελέτη της ροής των υγρών εντός των αγωγών είναι η εξεύρεση της αντίστασης την οποία οφείλουν να υπερνικήσουν τα υγρά προκειμένου να μη διακοπή η ροή καθώς και ο υπολογισμός των απωλειών απ' αυτή την αιτία. Με διάφορους μαθηματικούς υπολογισμούς ευρέθη η παρακάτω εξίσωση τριβών για σωλήνες:

$$\frac{d}{k} \cdot \frac{P_1 - P}{l} = \frac{\lambda}{d} \cdot \frac{u \cdot \rho}{2} \quad (1.9)$$

Όπου:  $\lambda$ = Συντελεστής τριβής,  $\lambda=64/\text{Re}$  για ομαλή ροή ή  $\lambda=64/2300 \Rightarrow \lambda = 0,028$  για ομαλή ροή. Για κρίσιμο αριθμό  $\text{Re}=2320$  έχουμε:  $\lambda \geq 0,0276$  ομαλή ή στρωτή ροή,  $\lambda < 0,0276$  τυρβώδης ή στροβιλώδης ροή. Ο συντελεστής τριβής  $\lambda$  γνωρίζουμε ότι εξαρτάται από τον αριθμό  $\text{Re}$  και από την τραχύτητα των τοιχωμάτων του αγωγού (Πίνακας 2).

Δυστυχώς δεν έχει βρεθεί ακόμη επιστημονικός τρόπος μέτρησης ή διαβάθμισης της τραχύτητας των σωλήνων του εμπορίου και τούτο διότι η τραχύτητα εξαρτάται όχι μόνο από το μέγεθος και το σχήμα των μικρών προεξοχών στην εσωτερική επιφάνεια των αγωγών αλλά και από την διανομή αυτών επί των τοιχωμάτων.

Η πιο αξιόλογη προσπάθεια προς αυτή την κατεύθυνση έγινε από τον Minkradse. Έτσι καταλήξαμε στον ορισμό της σχετικής τραχύτητας, η οποία συνδέεται με το λόγο  $\frac{d}{k}$  όπου:

$d$ = διάμετρος του σωλήνα

$k$ = απόλυτη τραχύτητα.

Για λείους σωλήνες ο H. Blasius δίνει έναν πολύ απλό εμπειρικό τύπο για τον υπολογισμό του  $\lambda$ , υπό την προϋπόθεση ότι ισχύει  $3000 < \text{Re} < 80000$  όπου:

$$\lambda = 0,316 \frac{1}{\text{Re}^{1/4}} \quad (1.10)$$

**Πίνακας 2:** Τιμές του λ για διαφορετικούς αριθμούς Re

Re	λ	Re	λ	Re	λ	Re	λ
2.320	0,0473	$2 \cdot 10^4$	0.0259	$2 \cdot 10^5$	0.0156	$2 \cdot 10^6$	0.0104
4.000	0,0400	$4 \cdot 10^4$	0.0220	$4 \cdot 10^5$	0.0137	$4 \cdot 10^6$	0.0093
$10^4$	0,0309	$10^5$	0.0180	$10^6$	0.0117	$10^7$	0.0081

**Πίνακας 3:** Τιμές του λ για διάφορες τιμές του  $\frac{d}{k}$

d/k	λ	d/k	λ	d/k	λ
10	0,1005	100	0,0380	1.000	0,0197
20	0,0715	200	0,0304	2.000	0,0167
30	0,0597	300	0,0269	5.000	0,0138
40	0,0529	400	0,0249	10.000	0,0120
60	0,0455	500	0,0234	50.000	0,0090

Για αγωγούς με τραχέα τοιχώματα ο (Πίνακας 4) μας δίνει τις τιμές της τραχύτητας k για σωληνωτούς αγωγούς σε συνάρτηση με το υλικό κατασκευής των και της κατάστασης που βρίσκονται τα τοιχώματα.

Τελειώνοντας το θέμα γύρω από τον υπολογισμό των απωλειών, θα πρέπει να τονίσουμε ότι η πτώση πίεσης που υπάρχει κατά μήκος της διαδρομής κίνησης των ρευστών δηλαδή οι παθητικές ή γραμμικές αντιστάσεις δεν είναι το μοναδικό φαινόμενο αλλά εμφανίζεται ακόμη μια πτώση πίεσης που προκαλείται από ένα άλλο είδος αντιστάσεων τις ελάσσονες αντιστάσεις (δηλαδή μειωμένη αντίσταση) και που κύρια οφείλονται στα εξής:

- Στην μεταβολή διεύθυνσης των ρευστών μέσα στους αγωγούς (γωνίες, καμπύλες κ.ά.).
- Στην απότομη διαπλάτυνση ή απότομη στένωση του αγωγού (συστολές).
- Στην συνάντηση κάποιου εμποδίου στη ροή (θυρίδα, βαλβίδες, κρουνοί κλπ.).

Ο πιο εύχρηστος και ακριβής τρόπος υπολογισμού αυτού του είδους των αντιστάσεων είναι η πρόσθεση όλων των επί μέρους συντελεστών αντιστάσεως ζ και

εξ' αυτών ο υπολογισμός της προκαλούμενης πτώσης πίεσης  $\Delta p$  από αυτή την αιτία.

Οι πίνακες που ακολουθούν μας δίνουν με σχετική ακρίβεια τις τιμές του συντελεστή αντίστασης  $\zeta$  για τα πιο εύχρηστα εξαρτήματα και τα πιο εν χρήσει όργανα των σωληνωτών αγωγών (Πίνακας 6).

**Πίνακας 4:** Τιμές της τραχύτητας  $k$  για σωληνωτούς αγωγούς.

Υλικό σωλήνα	Κατάσταση τοιχώματος	$K$ (mm)
Χαλκός	καινούργιος	0,002
Χαλκός	Εν χρήση	έως 0,03
Χάλυβας (χωρίς ραφή)	καινούργιος	0,03 έως 0,05
Χάλυβας (με ραφή)	καινούργιος	0,05 έως 0,2
Χάλυβας (με ραφή)	Εν χρήση	0,4 έως 1,2
Χυτοσίδηρος	καινούργιος	0,2 έως 0,3
Χυτοσίδηρος	Εν χρήση	0,2 έως 1

**Πίνακας 5:** Τιμές του συντελεστού λ (σε σχέση με d/k και Re)

d/k	Re						
	$5 \cdot 10^3$	$10^4$	$2 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^4$	$10^5$	$2 \cdot 10^5$	$10^6$
20	0,0758	0,0737	0,0726	0,0722	0,0717	0,0715	0,0715
100	0,0472	0,0431	0,0407	0,0398	0,0385	0,0382	0,0380
500	0,0396	0,0338	0,0298	0,0280	0,0251	0,0243	0,0236
2.000	0,0379	0,0316	0,0269	0,0248	0,0203	0,0188	0,0172
10.000	0,0375	0,0310	0,0281	0,0238	0,0185	0,0164	0,0134
50.000	0,0374	0,0309	0,0260	0,0235	0,0181	0,0158	0,0121
100.000	0,0374	0,0309	0,0259	0,0235	0,0180	0,0157	0,0119

**Πίνακας 6:** Τιμές του ζ για διάφορα όργανα.

Τιμές του ζ											
α/α	Ονομαστική διάμετρος	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	5"	6"	8"
1	Διακόπτης κατά DIN	4	4,2	4,4	4,5	4,7	4,8	4,8	4,5	4,1	3,6
2	Διακόπτης τύπου BOA	2,1	2,2	2,3	2,3	2,4	2,5	2,4	2,3	2,1	2
3	Γωνιακή βάνα DIN	2,8	3	3,3	3,5	3,7	3,9	3,8	3,3	2,7	2
4	Γωνιακή βάνα BOA	1,6	1,6	1,7	1,9	2	2	1,9	1,7	1,5	1,3
5	Βαλβίδα αντεπιστροφής	1,8	1,6	1,5	1,4	1,4	1,3	1,2	1	0,9	0,8
6	Βαλβίδα γωνιακή	2,58	2,4	2,3	2	2	2	1,6	1,6	2	2,5
7	ποτήρι	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05



## **2. ΡΟΗ ΣΕ ΑΓΩΓΟΥΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΓΝΩΡΙΣΜΑΤΑ**

### **2.1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ**

Αγωγός μεταφοράς υγρού που έχει ελεύθερη επιφάνεια δηλαδή έχει επαφή με τον αέρα, ονομάζεται ανοικτός αγωγός ή αγωγός ελεύθερης ροής. Ένας ανοικτός αγωγός δεν είναι αναγκαίο να έχει και σχήμα εγκάρσιας διατομής. Έτσι κλειστός αγωγός μπορεί με μερική πλήρωση ανήκει στην κατηγορία των ανοικτών αγωγών. Η διάκριση των ανοικτών είναι στους τεχνικούς και φυσικούς. Στην κατηγορία των φυσικών αγωγών ανήκουν οι ποταμοί, οι χείμαρροι, τα φυσικά ρεύματα κ.λ.π., εφόσον βρίσκονται υπό μερική πλήρωση. Στην κατηγορία των τεχνικών αγωγών ανήκουν τα ρυάκια, οι υδρορροές, κ.λ.π.

Η μελέτη της ροής στους ανοικτούς αγωγούς είναι συνθετότερη και δυσχερέστερη από εκείνη των κλειστών αγωγών. Ιδιαίτερα στους φυσικούς ανοικτούς αγωγούς το πρόβλημα γίνεται πολύπλοκο διότι στη συνεχή μεταβολή τόσο της εγκάρσιας διατομής του αγωγού όσο και της κατά μήκος κλίσεως του, προστίθεται πολλές φορές και η μεταβολή της φύσεως της επιφάνειας ροής. Έτσι καθίσταται εξαιρετικά δύσκολη η διατύπωση ενός γενικού τύπου που να μπορεί να εφαρμοστεί σε κάθε περίπτωση ανοικτού αγωγού.

#### **a) Μεταφορά της παροχής**

Όπως είναι γνωστό, το νερό κινείται από υψηλότερα σε χαμηλότερα σημεία, ώσπου να φτάσει σε ένα “επίπεδο” σημείο, όπως για παράδειγμα σε ένα ωκεανό. Η τάση αυτή του νερού διευκολύνεται από την παρουσία των φυσικών καναλιών μεταφοράς όπως είναι τα ρυάκια, οι χείμαρροι και τα ποτάμια. Η διαδρομή αυτή του νερού μπορεί επίσης να διευκολυνθεί από τεχνικές κατασκευές όπως είναι οι αποχετευτικοί αγωγοί, οι οχετοί και τα κανάλια. Αν και στον τεχνικό σχεδιασμό το ενδιαφέρον επικεντρώνεται στα χαρακτηριστικά των τεχνικών έργων και χαρακτηριστικών, οι υδραυλικές έννοιες μπορούν να εφαρμοστούν εξίσου καλά και σε φυσικά χαρακτηριστικά.

#### **b) Επιφάνεια διατομής αγωγών**

Οι αγωγοί που χρησιμοποιούνται στα δίκτυα ύδρευσης είναι αγωγοί υπό πίεση, κυκλικής διατομής. Η επιφάνεια της διατομής των κυκλικών αγωγών είναι:

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \quad (2.1)$$

όπου

D: η διάμετρος του αγωγού (m)

### c) Ταχύτητα

Η ταχύτητα σε έναν αγωγό δεν είναι σταθερή σε όλη την επιφάνεια της διατομής του. Αντιθέτως, ποικίλει ανάλογα με τη θέση και το χρόνο. Εκεί όπου το υγρό είναι σε επαφή με το τοίχωμα του αγωγού, η ταχύτητα είναι μηδενική. Το γεγονός αυτό, δυσκολεύει τους υδραυλικούς υπολογισμούς, με αποτέλεσμα να υπολογίζεται η μέση ταχύτητα της ροής στους αγωγούς. Η μέση ταχύτητα ροής καθορίζεται ως η συνολική παροχή διαιρούμενη με το εμβαδόν της διατομής του αγωγού και η μονάδα της είναι μήκος ανά μονάδα χρόνου.

$$u = \frac{Q}{A} \quad (2.2)$$

όπου:

u: η μέση ταχύτητα ροής στον αγωγό (m/s)

Q: η παροχή (m<sup>3</sup>/s)

A: η επιφάνεια της διατομής του αγωγού (m<sup>2</sup>)

## 2.2 ΤΥΠΟΙ ΡΟΗΣ ΣΤΟΥΣ ΚΛΕΙΣΤΟΥΣ ΚΑΙ ΣΤΟΥΣ ΑΝΟΙΧΤΟΥΣ ΑΓΩΓΟΥΣ

### ❖ Η ροή στους κλειστούς αγωγούς στο χρόνο και στο χώρο

Ως προς το χρόνο, η ροή στους κλειστούς αγωγούς διακρίνεται σε μόνιμη και μη μόνιμη ροή. Μόνιμη ροή παρουσιάζεται όταν η ταχύτητα παραμένει σταθερή, σε όλα τα σημεία, και αμετάβλητη με το χρόνο (μπορεί όμως να μεταβάλλεται με τη θέση). Μη μόνιμη ροή παρουσιάζεται όταν η ταχύτητα μεταβάλλεται, σε όλα τα σημεία, με το χρόνο. Με τον όρο υδραυλικό πλήγμα χαρακτηρίζονται τα φαινόμενα υπερπίεσης, που αντιστοιχούν σε καθεστώς μη μόνιμης ροής σε κλειστούς αγωγούς, μετά από χειρισμούς σε δικλείδες (άνοιγμα ή κλείσιμο, μερικό ή πλήρες, βραδύ ή απότομο), ή εξαιτίας διακυμάνσεων στην παροχή αντλιοστασίων (εκκίνηση ή στάση αντλιών). Στους κλειστούς αγωγούς, το ενδιαφέρον για μεταβαλλόμενη στο χώρο ροή περιορίζεται στη μελέτη των απωλειών φορτίου, που παρατηρούνται σε αλλαγές διαμέτρου, σε στόμια, διακλαδώσεις ή στενώσεις.

### ❖ Η ροή στους ανοιχτούς αγωγούς στο χρόνο και στο χώρο

Η ταξινόμηση της ροής στους ανοιχτούς αγωγούς γίνεται ανάλογα με τη



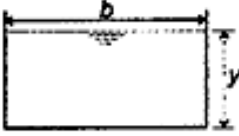
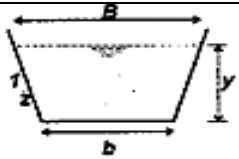
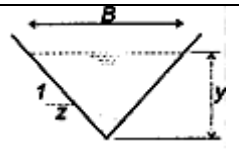
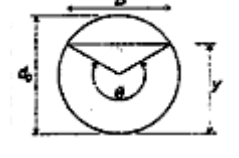
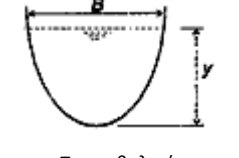
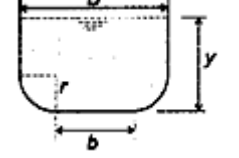
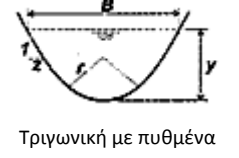
μεταβολή του βάθους της ροής σε σχέση με το χρόνο και το χώρο. Έχοντας ως κριτήριο το χρόνο η ροή μπορεί να είναι σταθερή ή ασταθής. Η ροή σε έναν ανοικτό αγωγό χαρακτηρίζεται ως σταθερή αν το βάθος της ροής, δεν μεταβάλλεται με το χρόνο. Στην αντίθετη περίπτωση η ροή χαρακτηρίζεται ως ασταθής. Έχοντας ως κριτήριο το χώρο η ροή μπορεί να είναι ομοιόμορφη ή μεταβαλλόμενη. Η ροή σε έναν ανοικτό αγωγό είναι ομοιόμορφη αν το βάθος της ροής είναι το ίδιο σε κάθε τομή του αγωγού. Μια ομοιόμορφη ροή μπορεί να είναι σταθερή ή ασταθής. Το βάθος στη σταθερή ομοιόμορφη ροή δεν μεταβάλλεται στο χρονικό διάστημα που μελετάται. Στην ασταθή ομοιόμορφη ροή η επιφάνεια του υγρού παρουσιάζει διακυμάνσεις, παραμένει όμως παράλληλη στο πυθμένα του αγωγού. Αυτή είναι μια αδύνατη συνθήκη γι' αυτό και ο όρος "ομοιόμορφη ροή" θα αναφέρεται μόνο στη σταθερή ομοιόμορφη ροή. Η ροή είναι μεταβαλλόμενη αν το βάθος της ροής μεταβάλλεται κατά μήκος του αγωγού. Η μεταβαλλόμενη ροή μπορεί να είναι σταθερή ή ασταθής. Επειδή η ασταθής ομοιόμορφη ροή είναι σπάνια, ο όρος "ασταθής ροή" θα αναφέρεται αποκλειστικά στην ασταθή μεταβαλλόμενη ροή. Η μεταβαλλόμενη ροή μπορεί να είναι ταχέως ή βραδέως μεταβαλλόμενη. Η ροή χαρακτηρίζεται ως ταχέως μεταβαλλόμενη αν το βάθος μεταβάλλεται απότομα σε μικρή απόσταση, αλλιώς θα είναι βραδέως μεταβαλλόμενη.

## 2.3 ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΤΩΝ ΑΝΟΙΚΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ

Η μορφή της εγκάρσιας διατομής των ανοικτών αγωγών εξαρτάται από διάφορους παράγοντες με κυρίαρχη θέση τους τεχνοοικονομικούς. Στον (Πίνακα 7) δίνονται τα γεωμετρικά στοιχεία διαφόρων πρισματικών αγωγών που συνήθως χρησιμοποιούνται στην πράξη. Ένας αγωγός ονομάζεται πρισματικός όταν η διατομή είναι αμετάβλητη και η κλίση του παραμένει σταθερή. Αλλιώς ο αγωγός θα είναι μη πρισματικός.

Στην πρώτη στήλη του (Πίνακα 8) φαίνεται η διατομή των κυριότερων ανοικτών πρισματικών αγωγών. Στη δεύτερη στήλη δίνεται η επιφάνεια  $A$  του υγρού η οποία ορίζεται ως η διατομή της ροής κάθετα προς τη διεύθυνση της ροής. Η τρίτη στήλη δίνει την υδραυλική ακτίνα η οποία ορίζεται από τη σχέση  $V > \sqrt{gD} R_h = \frac{A}{P}$  όπου  $P$  είναι η βρεχόμενη περίμετρος. Η τέταρτη στήλη περιέχει το υγρό ελεύθερο πλάτος των αγωγών το οποίο συμβολίζεται με  $B$ . Η πέμπτη στήλη παρέχει το υδραυλικό βάθος οριζόμενο από τη σχέση  $D = \frac{A}{B}$ . Τέλος στην έκτη στήλη δίνεται ο συντελεστής διατομής  $Z$  για τον υπολογισμό της κρίσιμης ροής και ορίζεται με τη σχέση  $Z = A\sqrt{D}$ . Στην ομοιόμορφη ροή ο συντελεστής  $Z = AR_h^{2/3}$

**Πίνακας 7: Γεωμετρικά στοιχεία πρισματικών αγωγών**

Μορφή Διατομής	Επιφάνεια A	Βρεχόμενη περίμετρος P	Υδραυλική ακτίνα $R_h$
 Ορθογωνική	$by$	$b + 2y$	$\frac{by}{b + 2y}$
 Τραπεζοειδής	$b + zy$	$b + 2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{(b + zy)y}{b + 2y\sqrt{1+z^2}}$
 Τριγωνική	$zy^2$	$2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{2y}{2\sqrt{1+z^2}}$
 Κυκλική	$\frac{1}{8}(\theta - \sin \theta)d_0^2$	$\frac{1}{2}\theta d_0$	$\frac{1}{4}(1 - \frac{\sin \theta}{\theta})d_0$
 Παρεμβολική	$\frac{2}{3}By$	$B + \frac{8}{3} \frac{y^2}{B}$	$\frac{2B^2 y}{3B^2 + 8y^2}$
 Ορθογωνική (στρογ. γωνίες)	$(\frac{\pi}{2} - 2)r^2(1 - z \cot^{-1} z)$	$(\pi - 2)(r + b + 2y)$	$\frac{(\frac{\pi}{2} - 2)r^2 + (b + 2r)y}{(\pi - 2)r + b + 2y}$
 Τριγωνική με πυθμένα κυκλικό	$\frac{B^2}{4z} - \frac{r^2}{z}(1 - z \cot^{-1} z)$	$\frac{B}{z}\sqrt{1+z^2} - \frac{2r}{z}(1 - z \cot^{-1} z)$	$\frac{A}{P}$

**Πίνακας 8:** Διατομές των κυριότερων ανοικτών πρισματικών αγωγών

Υγρό ελεύθερου πλάτους B	Υδραυλικό βάθος D	Συντελεστής διατομής Z
$b$	$y$	$by^{1.5}$
$b+2zy$	$\frac{(b+zy)y}{b+2yz}$	$\frac{[(b+zy)y]^{1.5}}{\sqrt{b+2yz}}$
$2zy$	$\frac{1}{2}y$	$\frac{\sqrt{2}}{2}zy^{2.5}$
$2\sqrt{y(d_0-y)}$	$\frac{1}{8}\left(\frac{\theta-\sin\theta}{\sin\frac{1}{2}\theta}\right)d_0$	$\frac{\sqrt{2}}{32}\frac{(\theta-\sin\theta)^{1.5}}{(\sin\frac{1}{2}\theta)^{0.5}}d_0^{2.5}$
$\frac{3A}{2y}$	$\frac{2}{3}y$	$\frac{2}{9}\sqrt{6}By^{1.5}$
$b+2r$	$\frac{(\frac{\pi}{2}-2)r^2}{b+2r}+y$	$\frac{[(\frac{\pi}{2}-2)r^2+(b+2r)y]^{1.5}}{\sqrt{b+2r}}$
$2[z(y-r)+r\sqrt{1+z^2}]$	$\frac{A}{B}$	$A\sqrt{\frac{A}{B}}$

## 2.4 ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΗΣ ΡΟΗΣ

Η συμπεριφορά της ροής στους ανοικτούς αγωγούς κυριαρχείται από τη σχέση των δυνάμεων αδράνειας της ροής προς τις δυνάμεις ιξώδους και βαρύτητας αντίστοιχα. Η επιφανειακή τάση του νερού στα περισσότερα προβλήματα των ανοικτών αγωγών δεν παίζει σημαντικό ρόλο.

### I. Επίδραση του ιξώδους

Στους κλειστούς αγωγούς η ροή είναι γραμμική αν οι δυνάμεις ιξώδους είναι μεγαλύτερες από τις δυνάμεις αδράνειας. Αν οι δυνάμεις ιξώδους είναι μικρότερες από τις δυνάμεις αδράνειας η ροή θα είναι τυρβώδης. Μεταξύ της γραμμικής και της τυρβώδους περιοχής υπάρχει η λεγόμενη μεταβατική περιοχή. Η σχέση των δυνάμεων ιξώδους με τις δυνάμεις αδράνειας δίνεται από τον αριθμό Reynolds:

$Re = \frac{u \cdot D}{\nu}$ . Πολυάριθμα πειράματα έδειξαν ότι η ροή σε έναν κλειστό αγωγό μεταβάλλεται από γραμμική σε τυρβώδη για τιμές του Re μεταξύ της κρίσιμης που είναι 2000 και μιας ανώτερης που είναι 50000.

Στους ανοικτούς αγωγούς η γραμμική και η τυρβώδης ροή καθορίζονται από την ίδια σχέση των δυνάμεων ιξώδους και αδράνειας. Αν ως χαρακτηριστικό μήκος του ανοικτού αγωγού θεωρήσουμε την υδραυλική ακτίνα τότε η αντίστοιχη περιοχή του αριθμού Re στην οποία η γραμμική ροή γίνεται τυρβώδης είναι από 500 έως 12500. Για αγωγό με μεγάλο πλάτος η υδραυλική ακτίνα  $R_h$  είναι περίπου ίση με το

βάθος ροής  $y$  και ο αριθμός Reynolds γράφεται:  $Re = \frac{u \cdot y}{\nu}$  (2.3)

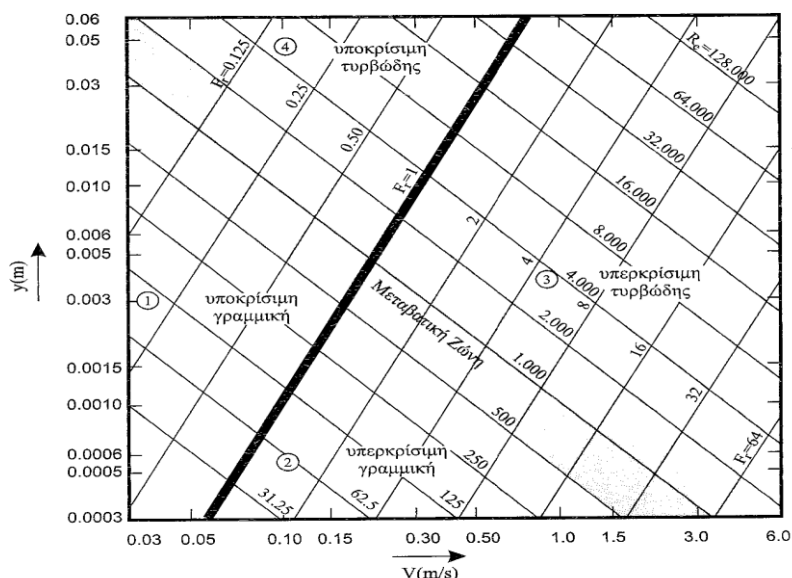
### II. Επίδραση της βαρύτητας

Η επίδραση της βαρύτητας στη συμπεριφορά της ροής εμφανίζεται με το λόγο των δυνάμεων αδράνειας προς τις δυνάμεις βαρύτητας. Ο λόγος αυτός δίνεται από τον αριθμό Froude και ορίζεται με τη σχέση:  $Fr = \frac{V}{\sqrt{gL}}$  όπου  $V$  είναι η μέση ταχύτητα της ροής και  $L$  ένα χαρακτηριστικό μήκος. Στους ανοικτούς αγωγούς το χαρακτηριστικό μήκος είναι το υδραυλικό βάθος  $D$ .

Όταν  $Fr = 1$ , η ροή ονομάζεται κρίσιμη και η σχέση για τους ανοικτούς αγωγούς δίνει  $V = \sqrt{gD}$ .

Αν  $Fr < 1$ , η ροή χαρακτηρίζεται υποκρίσιμη και  $V < \sqrt{gD}$ . Τέλος αν  $Fr > 1$ , η ροή λέγεται υπερκρίσιμη και  $V > \sqrt{gD}$ .

Στο (Σχήμα 4) εμφανίζεται η κατάσταση των ροών με βάση τον αριθμό Froude.



**Σχήμα 4 :** Κατάταξη των ροών με βάση τον αριθμό Froude

## 2.5 ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΑΝΟΙΚΤΟΥΣ ΚΑΙ ΚΛΕΙΣΤΟΥΣ ΑΓΩΓΟΥΣ

Στις υδραυλικές εφαρμογές, οι τιμές της ενέργειας έχουν μονάδες μήκους και εκφράζουν την ενέργεια ανά μονάδα μάζας του ρευστού. Η μετατροπή αυτή συμβάλλει στην καλύτερη κατανόηση της συμπεριφοράς του συστήματος. Η μηχανική ενέργεια ή όπως αλλιώς ονομάζεται το ολικό ύψος ή φορτίο ενέργειας, σε κάθε σημείο μέσα σε ένα υδραυλικό σύστημα δίνεται από την εξίσωση:

$$H = \frac{u^2}{2g} + \frac{p}{\gamma} + z \quad (2.4)$$

Οι όροι της εξίσωσης έχουν διαστάσεις μήκους. Ο όρος  $\frac{u^2}{2g}$  ονομάζεται ύψος ή φορτίο ταχύτητας, ο όρος  $\frac{p}{\gamma}$  ονομάζεται ύψος ή φορτίο πίεσης ενώ ο όρος  $z$  ονομάζεται ύψος ή φορτίο θέσης. Με  $p$ , συμβολίζεται η πίεση του ρευστού ενώ με  $\gamma$  το ειδικό του βάρος.

Το άθροισμα  $\frac{p}{\gamma} + z$ , ονομάζεται πιεζομετρικό ύψος ή φορτίο. Για τους αγωγούς υπό πίεση, το πιεζομετρικό φορτίο αναπαριστά το ύψος στο οποίο μπορεί να ανέλθει η στήλη του νερού σε ένα πιεζόμετρο, δηλαδή σε έναν σωλήνα τοποθετημένο κάθετα στον αγωγό. Το ολικό ύψος ή φορτίο ενέργειας, είναι το άθροισμα του πιεζομετρικού

φορτίου και του ύψους ταχύτητας. Αυτό είναι το ύψος στο οποίο μπορεί να ανέλθει η στήλη του νερού σε έναν Pitot, δηλαδή μια συσκευή όμοια με το πιεζόμετρο, με τη διαφορά ότι αυτή υπολογίζει και την ταχύτητα του υγρού.

Σε ένα σύστημα όμως, μπορεί είτε να προστεθεί ενέργεια (για παράδειγμα μέσω αντλίας) είτε να αφαιρεθεί από αυτό ενέργεια, λόγω συσκευών τριβών ή άλλων διαταραχών. Εάν υπάρχουν λοιπόν μηχανές που παρεμβάλλονται στην κίνηση του νερού καθώς και τοπικές και γραμμικές απώλειες, τότε η εξίσωση διατήρησης της ενέργειας γράφεται ως εξής:

$$\frac{p_1}{\gamma} + z_1 + \frac{u_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + \frac{u_2^2}{2g} + h_f + h_L + h_M \quad (2.5)$$

Όπου:

p: η πίεση του ρευστού ( N/m<sup>2</sup>)

γ: το ειδικό βάρος του υγρού (N/m<sup>3</sup>)

z: το υψόμετρο(m)

u: η μέση ταχύτητα του υγρού (m/s)

g: η επιτάχυνση της βαρύτητας ( m/s<sup>2</sup>)

h<sub>f</sub>: γραμμικές απώλειες

h<sub>L</sub>: τοπικές απώλειες

Η ποσότητα h<sub>M</sub> εκφράζει την ενέργεια που απομακρύνεται από το σύστημα μέσω μηχανικού άξονα ανά μονάδα βάρους ρευστού. Δίνεται από την εξίσωση h<sub>M</sub> = h<sub>α</sub> + h<sub>υ</sub>, όπου η ποσότητα h<sub>α</sub> εκφράζει την ενέργεια που προσφέρεται στο σύστημα από αντλία, ενώ η ποσότητα h<sub>υ</sub> εκφράζει ενέργεια που αποδίδεται σε υδροστρόβιλο.

Οι γραμμικές απώλειες σε ένα σύστημα μπορεί να οφείλονται σε διάφορους παράγοντες. Η κυριότερη αιτία των απωλειών είναι συνήθως οι εσωτερικές τριβές μεταξύ των μορίων του υγρού που κινούνται με διαφορετικές ταχύτητες. Επίσης οι απώλειες οφείλονται και σε τοπικές περιοχές του αγωγού όπου διαταράσσεται η ροή, όπως είναι οι βαλβίδες και άλλα εξαρτήματα των αγωγών υπό πίεση.

### ➤ Απώλειες ενέργειας λόγω τριβών

Είναι γνωστό ότι, όταν ένα κινείται και βρίσκεται σε επαφή με ένα άλλο, τότε στην επιφάνεια επαφής δημιουργείται δύναμη τριβής. Έτσι, για έναν κλειστό αγωγό ύδατος που μεταφέρει νερό μεταξύ δύο σημείων, διαμέτρου D, μήκους L, ταχύτητας u, αναπτύσσονται απώλειες ενέργειας που οφείλονται στις δυνάμεις τριβής που αναπτύσσονται κατά την επαφή του κινούμενου υγρού με το στερεό τοίχωμα του αγωγού.

Η διατμητική τάση είναι συνάρτηση της ταχύτητας u, της πυκνότητας ρ, του ιξώδους μ του κινούμενου ρευστού, της διαμέτρου D και της τραχύτητας κ του

αγωγού. Δηλαδή:  $T_0 = f(u, D, \rho, \mu, \kappa)$

Με βάση την διαστατική ανάλυση προκύπτει ο συντελεστής τριβής

$$f : \frac{\tau_0}{\rho \cdot u^2} = f \left[ \frac{u D \rho}{\mu}, \frac{\kappa}{D} \right] \quad (2.6)$$

Συνεπώς ο συντελεστής τριβής  $f$  εξαρτάται από τον αριθμό Reynolds,  $Re = \frac{u \cdot D \cdot \rho}{\mu} = \frac{u \cdot D}{\nu}$  και από τη σχετική τραχύτητα  $\kappa/D$ .

Για τον υπολογισμό των απωλειών ενέργειας έχουν αναπτυχθεί διάφορες εξισώσεις των οποίων οι πιο γνωστές παρουσιάζονται παρακάτω:

- Εξίσωση των Darcy – Weisbach
- Εξίσωση των Colebrook – White
- Εξίσωση των Hazen – Williams
- Εξίσωση των Chezy – Manning

#### ➤ Τοπικές απώλειες

Πέραν των γραμμικών απωλειών, στα δίκτυα διανομής δημιουργούνται και τοπικές απώλειες, στις συνδέσεις των αγωγών και τις στροφές (τυπικές τοπικές απώλειες), και στις θέσεις των ειδικών συσκευών και διατάξεων (ειδικές τοπικές απώλειες). Οι τοπικές απώλειες οφείλονται κυρίως στην ανάπτυξη στροβίλων αποκόλλησης της ροής και εκφράζονται με όρους ύψους κινητικής ενέργειας, οι οποίοι είναι:  $h_L = K \frac{u^2}{2g}$  όπου  $K$  είναι ένας συντελεστής που εξαρτάται από τη

γεωμετρία της τοπικής μεταβολής διατομών και κατεύθυνσης και τα χαρακτηριστικά της ροής (αριθμός Reynolds). Για να ληφθούν υπόψη οι τυπικές τοπικές απώλειες χωρίς αναλυτικό υπολογισμό, προτείνεται η χρήση των υψηλότερων τιμών της τραχύτητας  $\kappa_s$  (προσαυξημένη ισοδύναμη τραχύτητα). Ειδικά για τις δικλείδες, οι τοπικές απώλειες πρέπει να λαμβάνονται υπόψη, ιδίως όταν αυτές περιορίζουν σημαντικά τη ροή. Στην περίπτωση αυτή, ανάλογα και με το άνοιγμα της δικλείδας, ο συντελεστής  $K$  μπορεί να αποκτήσει πολύ υψηλές τιμές (π.χ. 100-1000).





### **3. ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΔΙΚΤΥΩΝ - ΣΩΛΗΝΕΣ ΚΑΙ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ**

#### **3.1 ΓΕΝΙΚΑ**

Τα δίκτυα πόσιμου νερού και μια υδραυλική εγκατάσταση περιλαμβάνουν:

- Τα διάφορα είδη σωλήνων του εμπορίου, το υλικό των οποίων θα εξετασθεί στη συνέχεια.
- Τα διάφορα εξαρτήματα και τους τρόπους συναρμολόγησής τους.
- Τη διάταξη της εγκατάστασης.
- Τα όργανα της υδραυλικής εγκατάστασης και τα είδη συνδέσεώς τους.

#### **3.2 ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ - ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΣΩΛΗΝΩΝ ΕΜΠΟΡΙΟΥ**

Οι σωλήνες και τα εξαρτήματά τους με τους οποίους παροχετεύεται το νερό στα κτίρια και διανέμεται στα σημεία κατανάλωσης πρέπει να ανταποκρίνονται και να καλύπτουν τις παρακάτω γενικές ιδιότητες- προδιαγραφές, δηλαδή:

- Το υλικό τους να είναι κατάλληλο για το νερό που κυκλοφορεί διαμέσου αυτών δηλαδή να παρέχουν εγγύηση για την υγεία των καταναλωτών.
- Να έχουν την απαραίτητη αντοχή στις πιέσεις που επικρατούν στην εγκατάσταση.
- Να μην υφίστανται διάβρωση από το εξωτερικό περιβάλλον (ιδιαίτερα σε οξειδωτικό περιβάλλον).
- Η διαμόρφωση τους (εσωτερική κατεργασία) πρέπει να είναι τέτοια που να αποφεύγεται η συσσώρευση αλάτων και η φυσικοχημική φθορά τους από το νερό που κυκλοφορεί σ' αυτούς να είναι σχετικά μικρή.
- Να συναρμολογούνται εύκολα και με στεγανούς συνδέσμους, είτε είναι από το ίδιο υλικό κατασκευασμένοι είτε όχι, θα πρέπει να είναι συνεργάσιμοι μεταξύ τους ακόμη και αν προέρχονται από διαφορετικούς κατασκευαστές.
- Το κόστος προμήθειας και εγκατάστασής τους να είναι σχετικά χαμηλό.

Γενικά η καταλληλότητα των στοιχείων που αποτελούν την υδραυλική εγκατάσταση πρέπει να ικανοποιούν τις απαιτήσεις αντοχής, μορφής, ποιότητας και υλικού κατασκευής και κόστους. Τα χαρακτηριστικά αυτά είναι επίσημα θεσπισμένα τόσο από την ελληνική νομοθεσία όσο και από την Ε.Ε.

Το υλικό κατασκευής των σωληνώσεων καθορίζει και την ονομασία των σωλήνων έτσι σήμερα, για τη μόρφωση των δικτύων χρησιμοποιούνται συνήθως:

1. Χαλυβδοσωλήνες.
2. Χαλκοσωλήνες.
3. Πλαστικοί σωλήνες.
4. Μολυβδοσωλήνες, χρησιμοποιούνται κυρίως για αποχετευτικά δίκτυα (πρόσφατα, βάση οδηγίας της Ευρωπαϊκής Ένωσης, απαγορεύτηκε η χρήση τους αφού χαρακτηρίστηκαν ανθυγιεινοί).

### **3.3 ΧΑΛΥΒΔΟΣΩΛΗΝΕΣ (STEEL TUBES)**

#### **3.3.1 Γενικά**

Η μέθοδος παραγωγής χαλυβδοσωλήνων στηρίζεται συνήθως στη συνεχή παραγωγή ενός "μητρικού σωλήνα" μεγάλης διαμέτρου, ο οποίος θερμαίνεται σε θερμοκρασία άνω των 1000°C. Έτσι πυρακτωμένος υποβάλλεται από ειδικά έλαστρα σε "εν θερμώ εξέλαση" και υποβαθμίζεται στις επιθυμητές εμπορικές διαστάσεις των σωλήνων. Με τη μέθοδο αυτή παίρνουμε ανοπτημένους σωλήνες υψηλών απαιτήσεων και προδιαγραφών που έχουν τις εξής ιδιότητες:

- ❖ Είναι μαλακοί, εύκαμπτοι και ανθεκτικοί στις καμπυλώσεις.
- ❖ "Βολτάρονται" ευκολότερα επειδή αφ' ενός έχουν απόλυτα κυκλική περιφέρεια και αφ' ετέρου είναι ιδιαίτερα μαλακοί.
- ❖ Έχουν σχεδόν αφανή ραφή που είναι επίσης εξαιρετικά ανθεκτική.

Οι χαλυβδοσωλήνες (σιδηροσωλήνες) (Εικόνα 1) χρησιμοποιούνται σήμερα κατά κύριο λόγο στις εξωτερικές εγκαταστάσεις ύδρευσης, ενώ στα εσωτερικά δίκτυα η χρήση τους τον τελευταία δεκαετία έχει περιορισθεί σημαντικά. Οι χαλυβδοσωλήνες, ως προς την ποιότητα τους, χωρίζονται σε δύο κατηγορίες στους μαύρους (Εικόνα 2) με ραφή ή δίχως ραφή και στους γαλβανιζέ (Εικόνα 3). Αντίστοιχα επειδή το κόστος των σωλήνων με ραφή είναι μικρότερο σε σχέση με το κόστος των σωλήνων χωρίς ραφή. οι πρώτοι χρησιμοποιούνται συνήθως σε μικρές διαμέτρους 1/2"-1 1/2" ενώ οι δεύτεροι σε μεγαλύτερες διαμέτρους.



**Εικόνα 1:** Χαλυδοσωλήνες



**Εικόνα 2:** Χαλυδοσωλήνες μαύροι



**Εικόνα 3:** Χαλυβδοσωλήνες γαλβανιζέ

Για ύδρευση χρησιμοποιούνται μόνο γαλβανιζέ, ενώ οι μαύροι χρησιμοποιούνται κυρίως για θέρμανση. Οι γαλβανιζέ, για λόγους προστασίας από τη διάβρωση, έχουν επικάλυψη από ψευδάργυρο. Η επικάλυψη αυτή τους κάνει, 5% περίπου, βαρύτερους από τους αντίστοιχους μαύρους σωλήνες, οι οποίοι είναι βαμμένοι μαύροι για τον ίδιο σκοπό. Από πλευράς ποιότητας και αντοχής οι χαλυβδοσωλήνες διακρίνονται σε τρεις βασικά τυποποιημένες κατηγορίες:

- Σε ελαφρού τύπου, με διακριτικό χρώμα το κίτρινο (κίτρινη ετικέτα).
- Σε μέσου τύπου, με διακριτικό χρώμα το κόκκινο (κόκκινη ετικέτα).
- Σε βαρίου τύπου, με διακριτικό χρώμα το πράσινο (πράσινη ετικέτα).

Η διαφορά τους έγκειται στο διαφορετικό πάχος τοιχώματος και κατά συνέπεια στο βάρος τους. Οι διαστάσεις τους δίνονται στο DIN 2440 καθώς και στο αντίστοιχο ΕΛΟΤ 271. ). Ο πίνακας που ακολουθεί δίνει τα ουσιώδη τεχνικά χαρακτηριστικά των σιδηροσωλήνων βαρίου και ελαφρού τύπου αντίστοιχα. Στο εμπόριο διατίθενται σε μήκη (βέργες) των 6 m. Η διαφορά της τιμής μεταξύ του ελαφρού τύπου (κίτρινη ετικέτα) και του βαρίου τύπου (πράσινη ετικέτα) είναι περίπου της τάξης του 50% (ακριβότερος ο βαρέως τύπου).

**Πίνακας 8:** Τεχνικά χαρακτηριστικά σιδηροσωλήνων

		Σωλήνες χρώμα: ΕΛΑΦΡΟΙ ΚΙΤΡΙΝΟ			Σωλήνες χρώμα: ΜΕΣΟΙ ΚΟΚΚΙΝΟ			Σωλήνες χρώμα: ΒΑΡΕΙΣ ΠΡΑΣΙΝΟ		
ονομαστική		Πάχος Συμβατικά Βάρη		Πάχος Συμβατικά Βάρη		Πάχος Συμβατικά Βάρη		Πάχος Συμβατικά Βάρη		
Διάμετρος		τοιχωμάτων Kg/m		τοιχωμάτων Kg/m		τοιχωμάτων Kg/m		τοιχωμάτων Kg/m		
mm	in	mm	Άνευ*	Μετά**	mm	Άνευ	Μετά	mm	Άνευ	Μετά
15	1/2	1.80	0.90	0.91	2.35	1.10	1.11	2.65	1.22	1.23
20	3/4	2.00	1.26	1.27	2.35	1.41	1.42	2.65	1.58	1.59
25	1	2.20	1.73	1.75	2.90	2.21	2.23	3.25	2.44	2.46
32	1 1/4	2.30	2.31	2.34	2.90	2.84	2.87	3.25	3.14	3.17
40	1 1/2	2.40	2.77	2.80	2.90	3.26	3.30	3.25	3.61	3.65
50	2	2.50	3.59	3.62	3.25	4.56	4.63	3.65	5.10	5.17
65	2 1/2	2.70	4.92	4.97	3.25	5.81	5.93	3.65	6.51	6.63
80	3	2.90	6.22	6.28	3.65	7.65	7.82	4.05	8.47	8.64
100	4	3.10	8.47	8.54	4.05	11.0	11.3	4.50	12.10	12.40

\*Άνευ\* : Άνευ σπειρωμάτων και σύνδεσμο Μετά\*\* : Μετά σπειρωμάτων και συνδέσμου

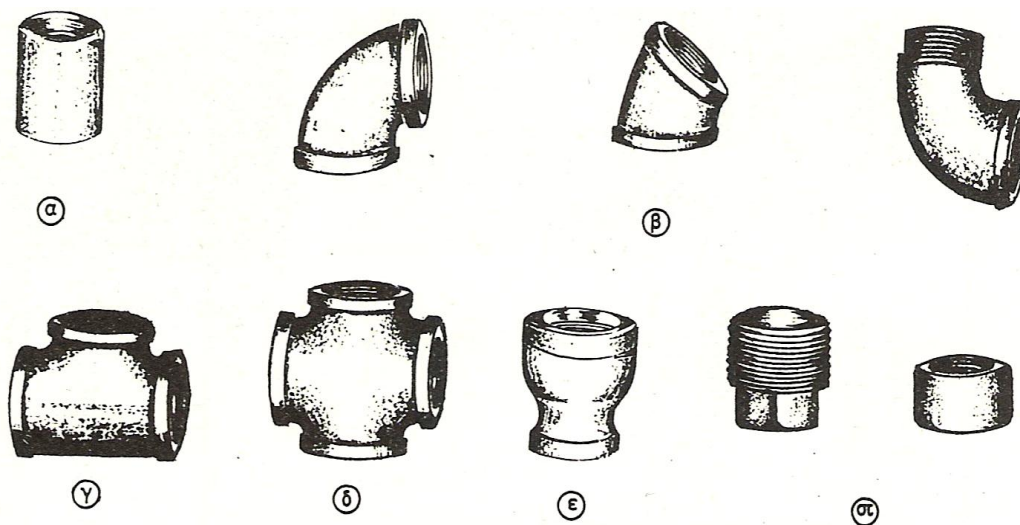
### 3.3.2 Συνδέσεις και εξαρτήματα χαλυβδοσωλήνων

Οι συνδέσεις των χαλυβδοσωλήνων μπορεί να γίνουν:

- Με σπειρώματα (κοχλίες) (Εικόνα 4)
- Με φλάντζες
- Με συγκολλήσεις

#### Με σπειρώματα (κοχλίες):

Οι συνδέσεις αυτές γίνονται με σπείρωμα για σωληνώσεις. Αυτό είναι κυλινδρικό εσωτερικό σπείρωμα για τις μούφες (Εικόνα 5), (Εικόνα 6) και τα άλλα εξαρτήματα γωνίες, συστολικά, τάπες κ.ά. (Εικόνες 7 έως 17). Όλα τα εξαρτήματα πρέπει να είναι ενισχυμένα και κατασκευάζονται δε από μαλακό χυτοσίδηρο ή χάλυβα. Τα κοχλιωτά εξαρτήματα χρησιμοποιούνται σε σωλήνες με μικρή ονομαστική διάμετρο.



Εικόνα 4: Συνδέσεις χαλυβδοσωλήνων



**Εικόνα 5:** Μούφα



**Εικόνα 6:** Μούφα



**Εικόνα 7:** Γωνία μέσα-μέσα βόλτα



**Εικόνα 8:** Γωνία μέσα-έξω βόλτα



**Εικόνα 9:** Κάλυμμα μέσα βόλτα



**Εικόνα 10:** Μαστός



**Εικόνα 11:** Ρακόρ μέσα βόλτα





**Εικόνα 12:** Ρακόρ μέσα-έξω βόλτα



**Εικόνα 13:** Σταυρός



**Εικόνα 14:** Ημιμούφα



**Εικόνα 15:** Συστολή



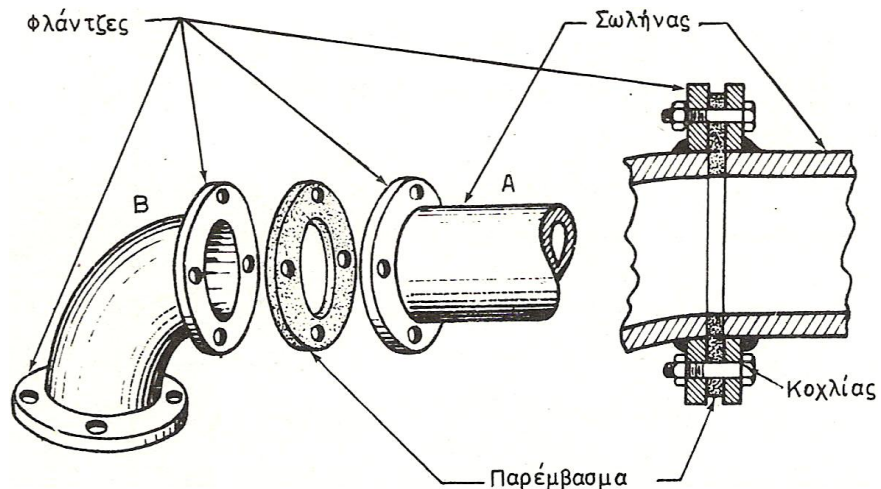
**Εικόνα 16:** Ταφ



**Εικόνα 17:** Γωνία 45°

**Με φλάντζες:**

Τα φλατζωτά αποτελούνται από ένα μεταλλικό δίσκο με οπές φλάντζα (Εικόνες 19 έως 21 ), ενσωματωμένο ή προσαρμοσμένο με σπείρωμα στις άκρες των σωλήνων και των εξαρτημάτων που πρόκειται να συνδεθούν (Εικόνα 18).



**Εικόνα 18:** Σύνδεση φλάντζας

Τα φλαντζωτά εξαρτήματα τα μεταχειριζόμαστε σε σωληνώσεις με υψηλές πιέσεις και μεγάλες ονομαστικές διαμέτρους (πάνω από 4"). Για την αντιμετώπιση της στεγανότητας (ανάμεσα στις φλάντζες) βάζουμε κάποιο παρέμβυσμα από άλλο κατάλληλο υλικό. Ο πιο συνηθισμένος τρόπος στεγανοποίησης είναι με επίπεδους δακτυλίους (τσόντες). Για την εξεταζόμενη περιοχή πιέσεων και θερμοκρασιών κατάλληλο υλικό είναι ο περμανίτης.



**Εικόνα 19:** Φλάντζα



**Εικόνα 20:** Φλάντζα



**Εικόνα 21:** Φλάντζα

#### **Με συγκόλληση:**

Οι χρησιμοποιούμενες στις σωληνώσεις (με ονομαστική πίεση μέχρι 6 bar, σε θερμοκρασία  $t=20^{\circ}\text{C}$  δηλαδή στις κεντρικές θερμάνσεις. Οι κύριοι μέθοδοι συγκόλλησης είναι:

- Η αυτογενής συγκόλληση με αέριο (ασετιλίνη) και οξυγόνο.
- Η ηλεκτροσυγκόλληση (βολταϊκό τόξο μεταξύ ηλεκτροδίου και τεμαχίου).

Από πλευράς ραφής και ποιότητας συγκόλλησης πρέπει να τηρούνται αυστηρά οι προδιαγραφές. Παρακάτω παρουσιάζονται εξαρτήματα συνδέσεως χαλυβδοσωλήνων με την χρήση της συγκόλλησης (Εικόνες 22 έως 27).



**Εικόνα 22:** Γωνία συγκόλλησης



**Εικόνα 23:** Καμπύλη συγκόλλησης



**Εικόνα 24:** Ταφ συγκόλλησης



**Εικόνα 25:** Κάλυμμα συγκόλλησης



**Εικόνα 26:** Συστολή συγκόλλησης



**Εικόνα 27:** Καμπύλη συγκόλλησης

### 3.4 ΧΑΛΚΟΣΩΛΗΝΕΣ

#### 3.4.1 Γενικά

Τα τελευταία χρόνια σε αντίθεση με τις άλλες ευρωπαϊκές κυρίως χώρες άρχισε να εμφανίζεται η τεράστια χρήση των χαλκοσωλήνων (Εικόνα 28) στη χώρα μας, τόσο για ύδρευση, όσο και για θέρμανση, όπου πενήντα και πλέον έτη χρησιμοποιούσαν χαλκοσωλήνες για υδραυλικές εγκαταστάσεις υψηλών απαιτήσεων και μακράς διάρκειας ζωής. Βέβαια τότε δεν υπήρχαν οι σημερινές γνώσεις και ακόμα οι διάμετροι και των πάχους των χρησιμοποιούμενων χαλκοσωλήνων ήταν μεγάλα, με αποτέλεσμα το κόστος του υλικού και κατ' επέκταση το κόστος εγκατάστασης να είναι αρκετά μεγάλο, όπου για παράδειγμα, οι συνδέσεις γινόταν τότε αποκλειστικά και μόνο με βιδωτά εξαρτήματα. Όμως με την εισαγωγή χαλκοσωλήνων λεπτού τοιχώματος και την ανάπτυξη νέων μεθόδων σύνδεσής τους, το κόστος των εγκαταστάσεων μειώθηκε σε τέτοιο βαθμό, ώστε μία εγκατάσταση ύδρευσης, θέρμανσης ή κλιματισμού με χαλκοσωλήνες είναι σχεδόν οικονομικότερη από μία αντίστοιχη εγκατάσταση με σιδηροσωλήνες.



**Εικόνα 28:** Χαλκοσωλήνες

## Πλεονεκτήματα του χαλκοσωλήνα

Μερικά από τα σπουδαιότερα πλεονεκτήματα του χαλκοσωλήνα είναι τα εξής:

- 1) Είναι τελείως λείος και επομένως παρουσιάζει μικρότερη αντίσταση στη ροή, αυτό σημαίνει δυνατότητα χρησιμοποίησης μικρότερης διαμέτρου σωλήνα, (συντελεστής τραχύτητας  $K_{\text{χαλκοσωλήνα}}=0,0015\text{mm}$  και  $K_{\text{σιδηροσωλήνα}}= 0,1-0,5\text{mm}$ ).
- 2) Δεν οξειδώνεται και δεν προσβάλλεται από τα οικοδομικά υλικά (ασβέστη, γύψο, τσιμέντο, κλπ.).
- 3) Εξασφαλίζει μεγάλη ταχύτητα εγκατάστασης χάρη στα εξαρτήματα τριχοειδούς συγκόλλησης, (σημαντική μείωση κόστους εργατικών).
- 4) Είναι πολύ ελαφρύτερος του σιδηροσωλήνα και μεταφέρεται εύκολα.
- 5) Έχει μεγάλη αντοχή στην πίεση, διάβρωση και υψηλές θερμοκρασίες.
- 6) Κατά την τοποθέτησή του δεν χρειάζονται ειδικά εργαλεία, απλά ένας κόφτης και ένα μπεκ αερίου.
- 7) Είναι πλήρης ανακυκλώσιμο υλικό.
- 8) Έχει μεγάλη διάρκεια ζωής.
- 9) Είναι απόλυτα στεγανός.
- 10) Περιορίζει τις επικαθίσεις.

Στα εσωτερικά τοιχώματα των χαλκοσωλήνων σχηματίζεται ένα ελαφρότατο στρώμα οξειδίου του χαλκού που τον προφυλάσσει από οποιαδήποτε άλλη διάβρωση. Δεν υπάρχει συνεπώς κανένας κίνδυνος δηλητηρίασης λόγω πιθανής διάλυσης του χαλκού.

Τελευταίες έρευνες διεθνών υγειονομικών ινστιτούτων και οργανισμών απέδειξαν ένα ακόμη βασικό πλεονέκτημα των χαλκοσωλήνων, τις βακτηριοστατικές τους ιδιότητες.

Έτσι ο χαλκός όχι μόνον δεν ευνοεί την ανάπτυξη και τον πολλαπλασιασμό των βακτηριδίων (ιδίως στα παραμένοντα εντός των σωλήνων ύδατα) αλλά απεναντίας εμποδίζει την ανάπτυξή τους, αποδεικνύοντας έτσι τις έντονες αντιβακτηριδιακές του ιδιότητες.

### 3.4.2 Είδη χαλκοσωλήνων

Οι χαλκοσωλήνες που διατίθενται στο εμπόριο διακρίνονται σε κανονικού τύπου και ενισχυμένου τύπου, ανάλογα με το πάχος του τοιχώματός τους. Τεχνικά χαρακτηριστικά και διαστάσεις δίδονται στον πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 9). Οι χαλκοσωλήνες κυκλοφορούν στο εμπόριο και σε κουλούρες με ή χωρίς επένδυση P.V.C.

**Πίνακας 9:** Τεχνικά χαρακτηριστικά χαλκοσωλήνα

Εξ. Διάμετρος x Πάχος  D x S(mm)	Εσωτερική Διάμετρος  (mm)	Ονομαστικό Βάρος Χαλκού	Εξωτερική Επιφάνεια  (m <sup>2</sup> /ml)	*Μεγίστη πίεση λειτουργίας (Kg/cm <sup>2</sup> )	
				Ανοπτήμενος	Σκληρός
10X0,75	8,5	0,194	0,031	63	90
12X0,75	10,5	0,236	0,038	52	75
15X0,80	13,4	0,318	0,047	60	75
18X0,80	16,4	0,384	0,056	35	50
22X0,90	20,2	0,531	0,069	35	50
28X0,90	26,2	0,682	0,087	27	39
35X1	33,0	0,950	0,110	24	35
42X1,20	39,6	1,368	0,131	23	34
54X1,20	51,6	1,771	0,170	19	27

➤ **Χαλκοσωλήνες σε ευθύγραμμη μήκη (βέργες)**

Οι χαλκοσωλήνες σε ευθύγραμμη μήκη (Εικόνα 29) παραδίδονται συνήθως σε σκληρή κατάσταση. Η διατομή των σωλήνων είναι τελείως στρογγυλή και η σύνδεσή τους με τα εξαρτήματα γίνεται χωρίς διόρθωση των ακρών. Τα συνήθη μήκη των ευθύγραμμων χαλκοσωλήνων είναι 3 μέτρα σε κανονικό τύπο και 4 μέτρα σε ενισχυμένο τύπο. Οι σκληροί (ενισχυμένοι) χαλκοσωλήνες διατίθενται σε μήκη μέχρι 6 μέτρα.



**Εικόνα 29:** Χαλκοσωλήνες σε ευθύγραμμη μήκη

Το υλικό κατασκευής των τυποποιημένων χαλκοσωλήνων είναι από αποξειδωμένο καθαρό χαλκό (Cu), με καθαρότητα 99,9% και περιεκτικότητα σε φωσφόρο (P) 0,015% - 0,040%. Χρησιμοποιούνται αποκλειστικά για υδραυλικές και θερμαντικές εγκαταστάσεις καθώς και για δίκτυα καυσίμων αερίων.

Το πάχος τοιχώματος αυτού του είδους των χαλκοσωλήνων κυμαίνεται από 0,8 μέχρι και 3mm, ενώ η εξωτερική τους διάμετρο κυμαίνεται από 6 μέχρι και 267mm.

Για την επιλογή του καταλληλότερου χαλκοσωλήνα κάποιας εγκατάστασης είναι σημαντικός ο βαθμός σκληρότητάς του (H), ο οποίος προσδιορίζει ακόμα την αντοχή του χαλκοσωλήνα σε εφελκυσμό και σε συνδυασμό με την εξωτερική διάμετρο D(mm) και το πάχος του t(mm) μπορούμε με τον τύπο που ακολουθεί, να υπολογίσουμε και την μέγιστη πίεση λειτουργίας του P(bar).

$$P = \frac{20 \cdot H \cdot t}{D - t} \quad (3.1)$$

όπου  $H=80\text{N/mm}^2$  για σκληρούς σωλήνες,  $H=66\text{N/mm}^2$  για μεσαίους σκληρούς και  $H=55\text{N/mm}^2$  για μαλακούς σωλήνες.

Η μέγιστη πίεση λειτουργίας P θεωρείται σε θερμοκρασία λειτουργίας μέχρι  $65^\circ\text{C}$ . Οι χαλκοσωλήνες μπορούν σε ορισμένες περιπτώσεις να φτάσουν την μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας των ( $200^\circ\text{C}$ ). Στις περιπτώσεις αυτές δεν ισχύει ο παραπάνω τύπος ως έχει, αλλά λαμβάνονται υπ' όψη διάφοροι συντελεστές ασφαλείας.

Χαρακτηριστικά στοιχεία για αντοχή των χαλκοσωλήνων του εμπορίου δίνονται στον (Πίνακα 10).



**Πίνακας 10:** Χαρακτηριστικά αντοχής χαλκοσωλήνων.

Υλικό	Κατάσταση προϊόντος	Συμβολισμός κατά DIN	Φορτίο θραύσεως N/mm <sup>2</sup>	Τάση σε 0,2% N/mm <sup>2</sup>	Επιμήκυνση A5%	Σκληρότητα H.B
SF-Cu κατά DIN 1787	Αναπτύξιμο	F-22	240	70	45	54
	Ημισκληρό	F-25	275	225	32	76
DHP-Cu κατά ISO	Σκληρό	F-30	340	305	5	95
	Σκληρό	F-37	420	400	5	115

➤ **Χαλκοσωλήνες σε κουλούρες**

Οι σωλήνες σε μορφή κουλούρας (Εικόνα 30) διατίθενται στο εμπόριο γυμνοί ή υπενδεδυμένοι με πλαστικό μανδύα από PVC σε μήκη των 25m ή 50m και σε εξωτερικές διαμέτρους σωλήνα Φ15, Φ16, Φ18 και Φ22mm.

Το πάχος τοιχώματος του σωλήνα που κύρια χρησιμοποιείται είναι 1 mm (σπάνια δουλεύεται σε πάχος 0,8mm).

Στο εμπόριο υπάρχουν κουλούρες με γυμνό σωλήνα και με υπενδεδυμένο ειδικό πλαστικό μείγμα PVC. Ο χαλκός στους σωλήνες αυτούς, είναι μαλακός και εύκαμπτος.

Η επένδυση έχει εξαιρετική αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες (μέχρι 110°C) ενώ ταυτόχρονα παραμένει ελαστική και εύκαμπτη σε θερμοκρασίες κάτω του μηδενός (μέχρι -60°C).

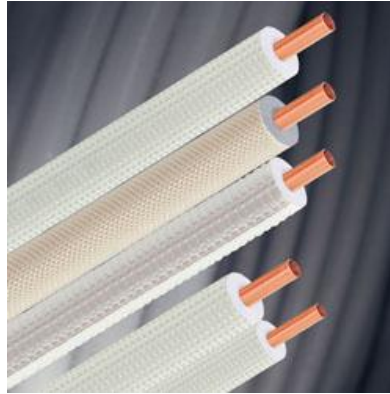


**Εικόνα 30:** Χαλκοσωλήνες σε κουλούρες

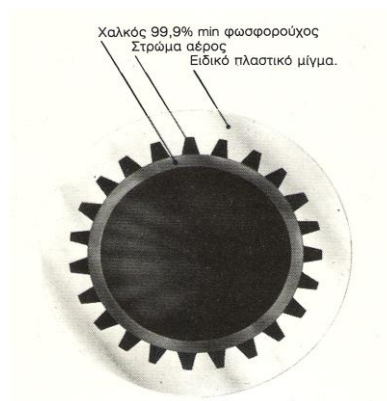
Οι υπενδεδυμένοι χαλκοσωλήνες (Εικόνες 31 και 32) έχουν ειδικά κατασκευασθεί για να μειώνουν τις θερμικές απώλειες από τον σωλήνα. Εκτός απ' αυτό όμως, υπάρχουν και άλλα πλεονεκτήματα, τα κυριότερα των οποίων είναι:

- I. Προστασία του σωλήνα από διαβρωτικά στοιχεία, που βρίσκονται στο

- μπετόν, στα επιχρίσματα ή στο έδαφος.
- II. Οικονομική εγκατάσταση (λιγότερες συνδέσεις).
  - III. Δυνατότητα αποφυγής συνδέσεων στο «θαμμένο» τμήμα του χαλκοσωλήνα.
  - IV. Προστασία του σωλήνα από οποιαδήποτε μηχανική φθορά.
  - V. Δυνατότητα απορρόφησης συστολών-διαστολών του σωλήνα.
  - VI. Αποφυγή συμπυκνωμάτων στην επιφάνεια του χαλκοσωλήνα.



**Εικόνα 31:** Υπενδεδυμένοι χαλκοσωλήνες



**Εικόνα 32:** Γράφημα υπενδεδυμένου χαλκοσωλήνα

Για την ομαλή λειτουργία της εγκατάστασης σοβαρό στοιχείο, είναι επίσης και η σωστή κάμψη των σωλήνων. Οι υπενδεδυμένοι χαλκοσωλήνες κάμπτονται και διαμορφώνονται στις επιθυμητές διαδρομές με σχετική ευκολία, καθ' όσον ο σωλήνας ευρίσκεται σε ανοιχτή κατάσταση. Όταν απαιτούνται πολύ μικρές ακτίνες καμπυλότητας, μπορούν να χρησιμοποιηθούν καμπτικές συσκευές.

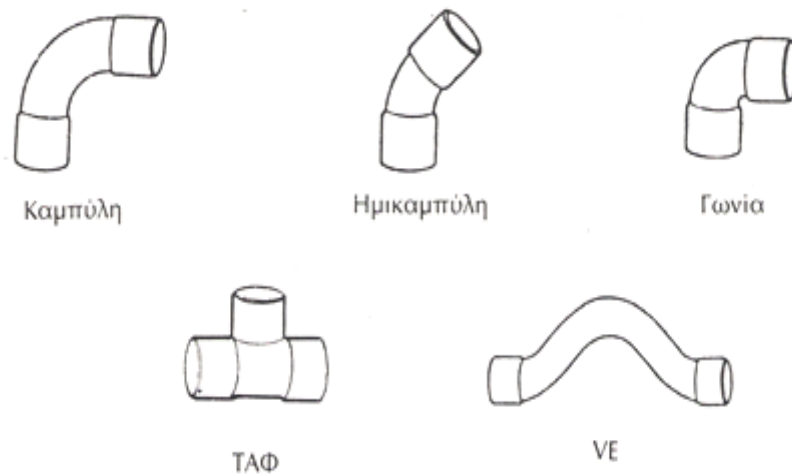
### 3.4.3 Εξαρτήματα χαλκοσωλήνα

Οι συνδέσεις των χαλκοσωλήνων γίνονται μέσω εξαρτημάτων που χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, τα κολλητά εξαρτήματα και αυτά της μηχανικής σύσφιξης.

#### A. Συνδέσεις με κολλητά εξαρτήματα

Τα κολλητά εξαρτήματα κατασκευάζονται από χαλκό, ορείχαλκο ή ερυθρό ορείχαλκο και περιλαμβάνουν ένα πλήθος διαφορετικών μορφών (Ταφ, Καμπύλες, Γωνίες, Μούφες κ.λ.π) (Εικόνες 34 έως 40)

Χάλκινα εξαρτήματα αποτελούνται από ένα συνήθως κομμάτι και κατασκευάζονται με εν ψυχρώ διαμόρφωση ενός τμήματος χαλκοσωλήνα. Χαρακτηριστικά εξαρτήματα χαλκοσωλήνων (Εικόνα 33).



**Εικόνα 33:** Χαρακτηριστικά εξαρτήματα χαλκοσωλήνων



**ΡΑΚΟΡ ΙΣΙΟ ΑΡΣΕΝΙΚΟ**



**ΡΑΚΟΡ ΙΣΙΟ ΘΗΛΥΚΟ**



**ΡΑΚΟΡ ΚΟΛΗΤΟ**

**Εικόνα 34: Ρακόρ**



**ΓΩΝΙΕΣ ΑΡΣΕΝΙΚΕΣ**



**ΓΩΝΙΕΣ ΘΗΛΥΚΕΣ**

**Εικόνα 35: Γωνίες**



**Εικόνα 36:** Βάνα



**Εικόνα 37:** Ταφ



**Εικόνα 38:** Τάπα



**Εικόνα 39:** Μαστός αρσενικός



**Εικόνα 40:** Μαστός θηλυκό

Τα ορειχάλκινα εξαρτήματα παράγονται είτε με εν θερμό διαμόρφωση ενός τεμαχίου ράβδου ορείχαλκου και στη συνέχεια εν ψυχρώ επεξεργασία για την τελική διαμόρφωση (σπειρώματα κ.λ.π.), είτε απευθείας εν ψυχρώ διαμόρφωση με αφαίρεση μετάλλου από ένα κομμάτι ράβδου ορείχαλκου. Ορειχάλκινα εξαρτήματα παρουσιάζονται παρακάτω (Εικόνα 41 έως 52).



**Εικόνες 41,42:** Γωνίες θηλυκές



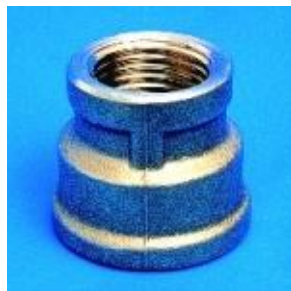
**Εικόνα 43:** Γωνία αρσενική-θηλυκή



**Εικόνες 44,45: Ταφ**



**Εικόνα 46: Μούφα**



**Εικόνα 47: Συστολή**



**Εικόνα 48: Σταυρός**



**Εικόνες 49,50:** Μαστοί



**Εικόνα 51:** Συστολή



**Εικόνα 52:** Μούφα

Τα εξαρτήματα από ερυθρό ορείχαλκο τέλος παράγονται με χύτευση και εν ψυχρώ τελική διαμόρφωση (σπειρώματα κ.λ.π.).

Το μήκος συναρμογής των σωλήνων και εξαρτημάτων είναι διαφορετικό, ανάλογα αν έχουμε αρσενικό ή θηλυκό άκρο, συνδυαζόμενο με χαλκοσωλήνα. Αυτό δίδεται μαζί με τις ανοχές του στον παρακάτω (Πίνακα 11). Στις διάφορες παροχές και λήψεις των, οι χαλκοσωλήνες συνδέονται με τα κοινά εξαρτήματα από ερυθρό ορείχαλκο ή οποιοδήποτε άλλο κατάλληλο υλικό με ισότιμα χαρακτηριστικά σε ότι αφορά την αντοχή του σε διάβρωση, σε καταπόνηση μακρού χρόνου και φυσικά την καταλληλότητά του για κόλληση ή συγκόλληση. Κατά γενικό κανόνα τα εξαρτήματα πρέπει να είναι απαλλαγμένα από αναδιπλώσεις, φυσαλίδες, πόρους και ρωγμές, να έχουν σπασμένο γρέζι και γενικά τελειωμένο φινίρισμα.

Ο έλεγχος της ποιότητας των εξαρτημάτων χαλκοσωλήνων, σε ότι αφορά τις



διαστάσεις, την στεγανότητά και το ελάχιστο πάχος τοιχώματός τους (Πίνακας 12) γίνεται σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ 617 (ή DIN 2856).

**Πίνακας 11:** Μήκος συναρμογής και ανοχές μήκους (mm) κατά ΕΛΟΤ 617.

Διάμετρος συναρμογής D	Μήκος θηλυκού άκρου L <sub>1</sub>	Μήκος αρσενικού άκρου L <sub>2</sub>	Ανοχή στα μήκη L <sub>1</sub> και L <sub>2</sub>
6	7	9	± 1,2
8	8	10	
10	9	11	
12	10	12	±1,4
15	12	14	
18	14	16	
22	17	19	±1,6
28	20	22	
35	25	27	±2,0
42	29	31	
54	34	36	
64 (*)	35	38	± 2,5
76,1	36	39	
88,9	40	43	
108	50	53	

\*Σημείωση: Η διάμετρος 64 δεν περιλαμβάνεται στα πρότυπα ΕΛΟΤ.

**Πίνακας 12:** Ελάχιστο πάχος τοιχώματος εξαρτημάτων σε (mm). (Επιλογή ΕΛΟΤ 617, DIN 2856).

Διάμετρος συναρμογής	Εξαρτήματα χαλκού		Εξαρτήματα ερυθρού ορειχάλκου	
	Ελάχιστο πάχος γενικά	Ελάχιστο πάχος σε κρίσιμες θέσεις (άκρα κόλλησης και καμπύλες)	Πρεσσαριστά	Χυτά
6	0,72	0,6	1,0	1,0
8	0,72	0,6	1,0	1,0
10	0,72	0,6	1,1	1,1
12	0,8	0,6	1,1	1,2
15	0,9	0,7	1,2	1,4
18	0,9	0,8	1,4	1,5
22	1,0	0,9	1,4	1,6
28	1,08	0,9	1,5	1,8
35	1,20	1,0	1,6	1,9
42	1,30	1,1	1,8	2,2
54	1,35	1,2	2,0	2,3
64	1,55	1,4	2,3	2,6
76,1	1,75	1,6	2,6	3,4
88,9	1,90	1,8	2,9	3,9
108	2,30	2,1	3,3	4,5

#### **B.** Συνδέσεις με εξαρτήματα μηχανικής σύσφιξης

Η μέθοδος των συνδέσεων με εξαρτήματα μηχανικής (Εικόνες 53 και 54) σύσφιξης είναι λιγότερο διαδεδομένη και χρησιμοποιείται κάθε φορά που δεν είναι δυνατή η συγκόλληση και όταν είναι επιθυμητή η δυνατότητα αποσύνδεσης.



**ΓΩΝΙΑ ΑΡΣΕΝΙΚΗ  
ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΣΥΣΦΙΞΗΣ**



**ΓΩΝΙΑ ΘΗΛΥΚΗ  
ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΣΥΣΦΙΞΗΣ**



**ΓΩΝΙΑ  
ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΣΥΣΦΙΞΗΣ**

**Εικόνα 53: Γωνίες**



ΡΑΚΟΡ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΣΥΣΦΙΞΗΣ  
ΑΡΣΕΝΙΚΟ



ΡΑΚΟΡ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΣΥΣΦΙΞΗΣ  
ΘΑΛΥΚΟ



ΡΑΚΟΡ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΣΥΣΦΙΞΗΣ  
ΣΥΝΔΕΣΗΣ

**Εικόνα 54:** Ρακόρ

Σε κάθε περίπτωση η χρησιμοποίηση τέτοιου είδους εξαρτημάτων πρέπει να γίνεται σε εύκολα σημεία των εγκαταστάσεων. Η στεγανοποίηση στα ρακόρ μηχανικής σύσφιξης, επιτυγχάνεται κατά το βίδωμα με απευθείας πίεση πάνω στην επιφάνεια του σωλήνα, είτε ενός δακτυλίου (από πλαστικό, χαλκό ή ορείχαλκο), είτε με πίεση επάνω σε κατάλληλα διαμορφωμένο τμήμα του σωλήνα.

#### **3.4.4. Εγκατάσταση δικτύων με χαλκοσωλήνες**

Για την εγκατάσταση δικτύων με χαλκοσωλήνες θα πρέπει να γνωρίζουμε τα εξής:

- ✓ Τις εξωτερικές εγκαταστάσεις, το βάρος των σωλήνων και συγκεκριμένα όταν μέσα σ' αυτούς υπάρχει νερό, να πέφτει στα ειδικά στηρίγματα του αγωγού και σε καμία περίπτωση στους συνδέσμους.
- ✓ Να λαμβάνονται τα απαραίτητα μέτρα για την ελεύθερη διαστολή και συστολή των σωλήνων κατά τις μεταβολές της θερμοκρασίας.
- ✓ Οι συνδέσεις πρέπει να είναι στεγανές, λείες και χωρίς διορθώσεις.
- ✓ Στηρίγματα σωλήνων.

Οι χαλκοσωλήνες (όπως και οι άλλοι σωλήνες) πρέπει οπωσδήποτε να

στερεώνονται στους τοίχους ή την οροφή. Για το σκοπό αυτό υπάρχουν στο εμπόριο ειδικά στηρίγματα. Τα στηρίγματα αυτά είναι ανοξειδωτα με μεγάλη διάρκεια ζωής και συνήθως κατασκευάζονται από ορείχαλκο, χαλκό, λευκοσίδηρο ή πλαστικό.

Για χαλκοσωλήνες με εξωτερική διάμετρο από 10mm μέχρι 22mm, που τοποθετούνται στους τοίχους (κάθετα η οριζόντια), τα στηρίγματα θα πρέπει ν' απέχουν μεταξύ τους ένα έως δύο μέτρα. Προκειμένου για σωλήνες μεγαλύτερων διαστάσεων, τα στηρίγματα τοποθετούνται ανά δύο ή τρία μέτρα.

➤ Διαστολές

Όπως ξέρουμε ο συντελεστής θερμικής διαστολής του χαλκού είναι  $\lambda_{\chi}=16,5 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$  ( $\lambda_{\text{σιδηροσωλήνα}}=12 \cdot 10^{-6}$ ) που σημαίνει ότι ένα μέτρο χαλκοσωλήνα επιμηκύνεται κατά 1,65mm, όταν η θερμοκρασία φτάσει στους 100°C. Δηλαδή η διαστολή του χαλκού είναι μισή φορά μεγαλύτερη του σιδήρου, γεγονός που ενισχύει την ανάγκη ιδιαίτερης προσοχής στην τοποθέτηση δικτύων με χαλκοσωλήνες.

Στον (Πίνακα 13) προσδιορίζουμε την θερμική διαστολή των χαλκοσωλήνων σε mm για διάφορες θερμοκρασίες λειτουργίας. Γενικά ένα διάκενο 2mm ανά μέτρο είναι υπέρ αρκετό για σωληνώσεις ζεστού νερού. Στην πράξη οι υδραυλικοί χρησιμοποιούν συνήθως απλούς πλαστικούς σωλήνες ή κατσαρόχαρτο (κυματοειδές χαρτόνι) μέσα στα οποία διέρχεται ο χάλκινος αγωγός. Με τον τρόπο αυτό αποφεύγουμε τυχόν ρωγμές στην τοιχοποιία ή ισχυρή φόρτιση των συγκολλήσεων με συνέπεια τις διαρροές στην εγκατάσταση.

**Πίνακας 13:** Προσδιορισμός της θερμικής διαστολής των χαλκοσωλήνων σε (mm) για διάφορες θερμοκρασίες λειτουργίας

ΜΗΚΟΣ ΣΩΛΗΝΩΝ  m.	ΔΙΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΔΤ ·C						
	40	50	60	70	80	90	100
1	0,66	0,83	1,00	1,16	1,33	1,49	1,66
2	1,33	1,66	1,99	2,32	2,66	2,99	3,32
3	1,99	2,49	2,99	3,47	3,99	4,48	4,98
4	2,66	3,32	3,99	4,65	5,31	5,98	6,64
5	3,32	4,15	4,98	5,81	6,64	7,47	8,30
6	3,98	4,98	5,99	6,97	7,97	8,98	9,96
7	4,66	5,81	6,97	8,13	9,30	10,46	11,62
8	5,31	6,64	7,97	9,30	10,62	11,95	13,28
9	5,98	7,47	8,96	10,46	11,96	13,45	14,94
10	6,64	8,30	9,96	11,62	13,28	14,94	16,60

**Πίνακας 14:** Παροχή των χαλκοσωλήνων

Εξωτερική διάμετρος των χαλκοσωλήνων σε mm	Παροχή σε λίτρα ανά λεπτό
10	8
12	12
15	20
18	32
22	60
28	130
35	270

(Για τα συνήθη δίκτυα διανομής κρύου και ζεστού νερού).



#### Παρατηρήσεις

Πρώτα απ' όλα πρέπει να γνωρίζουμε ότι ο χαλκός μπορεί να βρεθεί σε επαφή με τα διάφορα οικοδομικά υλικά, όπως για παράδειγμα ασβέστη, μπετόν, τσιμέντο, γύψο κ.λ.π., χωρίς να κινδυνεύσει να διαβρωθεί. Περιπτώσεις ακατάλληλες για εγκατάσταση χαλκοσωλήνα είναι σπάνιες και συγκεκριμένες.

Μεταξύ άλλων είναι το έδαφος με θειικά ή αμμωνιούχα υλικά και μπετόν με αμμωνιακά προϊόντα. Στις περιπτώσεις αυτές θα πρέπει να χρησιμοποιούμε μονωμένους χαλκοσωλήνες.

Ακόμα οι χαλκοσωλήνες μπορούν εύκολα να χρωματισθούν να επινικελωθούν ή να επιχρωμιωθούν εάν χρειασθεί. Σε υπόγεια δίκτυα νερού ή αερίου μπορούμε επίσης να χρησιμοποιήσουμε σωλήνες χαλκού αφού λάβουμε υπ' όψη μας τους παρακάτω κανόνες:

1. Η τοποθέτηση των σωλήνων να γίνει σε βάθος 0,60m (για τα δικά μας κλίματα) προκειμένου να προστατευθούν από τον παγετό.
2. Τα αργιλικά, αμμώδη, αργιλασβεστούχα κλπ. εδάφη δεν προκαλούν καμιά απολύτως διάβρωση στους χαλκοσωλήνες, διότι τα εξωτερικά τοιχώματα των σωλήνων καλύπτονται μόνα τους με μία προστατευτική στρώση από οξειδίο, που εμποδίζει κάθε μεταγενέστερη βαθύτερη διάβρωση.
3. Οι εχθροί των χαλκοσωλήνων σε υπόγειες εγκαταστάσεις είναι οι θειικές σκουριές και τα αμμωνιούχα προϊόντα. Θα πρέπει λοιπόν ν' αποφεύγουμε την τοποθέτηση κατ' ευθείαν στο έδαφος σωλήνων από χαλκό όταν αυτό έχει διάφορες σκουριές ή βρίσκεται κοντά σε αποθήκες

κοπριάς ή οργανικών επιχωμάτων. Στις δύο αυτές περιπτώσεις οι σωλήνες τοποθετούνται σε μία τάφρο από άμμο και επικαλύπτονται με μία στρώση ασφάλτου.

4. Σε υπόγειες εγκαταστάσεις συνιστάται η χρησιμοποίηση υπενδεδυμένων χαλκοσωλήνων σε κουλούρες.

Ολοκληρώνοντας κατά κάποιον τρόπο το σπουδαιότατο αυτό κεφάλαιο σχετικά με τα είδη, τα πλεονεκτήματα, καθώς και τον τρόπο εγκατάστασης των χαλκοσωλήνων, θα πρέπει να πούμε ότι σήμερα ο χαλκός καλύπτει αναμφίβολα το μεγαλύτερο ποσοστό στις εγκαταστάσεις ύδρευσης και πολύ περισσότερο στις εγκαταστάσεις θέρμανσης. Τα ποσοστά χρησιμοποίησης χαλκοσωλήνων στις σύγχρονες εγκαταστάσεις είναι πολύ δύσκολο να προσδιορισθούν.

### 3.5 ΠΛΑΣΤΙΚΟΙ ΣΩΛΗΝΕΣ

#### 3.5.1 Γενικά

Με τον όρο πλαστικοί σωλήνες (Εικόνα 55) χαρακτηρίζουμε όλους τους συνθετικούς σωλήνες που διατίθενται σήμερα στο εμπόριο. Είναι αναμφίβολο ότι τα τελευταία χρόνια παρατηρείτε και στη χώρα μας μία σημαντική αύξηση των εγκαταστάσεων ύδρευσης και θέρμανσης (μονοσωλήνιο σύστημα) από πλαστικούς σωλήνες χλωριωμένο PVC (CPVC) και διασταυρούμενο πολυαιθυλένιο (VPE).

Οι λόγοι που ουσιαστικά οδήγησαν τους εγκαταστάτες και καταναλωτές στην χρήση πλαστικών σωλήνων είναι η σημαντική μείωση του κόστους εγκατάστασης λόγω της χαμηλής τιμής του σωλήνα και του περιορισμού των εξόδων εγκατάστασής του (εργατικό κόστος). Δηλαδή πιο απλά, ενώ η τιμή των πλαστικών σωλήνων κυμαίνεται στα επίπεδα των σιδηροσωλήνων, το κόστος εγκατάστασης των πλαστικών σωλήνων είναι σχεδόν το ίδιο με το κόστος εγκατάστασης των αντίστοιχων χαλκοσωλήνων.



**Εικόνα 55:** Πλαστικοί σωλήνες



Βάση της ισχύουσας Τεχνικής οδηγίας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2411/86:

- Δεν επιτρέπεται η χρησιμοποίησή τους για ζεστό νερό, εκτός εάν συνοδεύονται από πιστοποιητικό καταλληλότητας για θερμοκρασία μεγαλύτερη των 70 °C.
- Για προστασία της ποιότητας του νερού πρέπει σε κάθε περίπτωση, χρησιμοποίησης πλαστικών σωλήνων για πόσιμο νερό, να διασφαλίζεται, με πιστοποιητικά καταλληλότητας ότι:
  - I. δεν μεταδίδουν στο νερό γεύση ή οσμή.
  - II. δεν ευνοούν την ανάπτυξη μικροοργανισμών.
- Αν άλλοι λόγοι δεν τους αποκλείουν, συνιστώνται εκεί όπου υπάρχουν βάσιμες υπόνοιες περί υψηλής διαβρωτικής επίδρασης του νερού ή του εδάφους, επί των μεταλλικών σωλήνων.
- Χρησιμοποιούμενοι παρουσιάζουν σημαντικά πλεονεκτήματα όσον αφορά τη χημική τους αντοχή, το μεγαλύτερο χρόνο ζωής τους, την εναπόθεση αλάτων, το χαμηλό συντελεστή τριβής και την έλλειψη ηλεκτροχημικών διαβρώσεων.

Σήμερα όλες οι σοβαρές εταιρίες που παράγουν πλαστικούς σωλήνες, τους κατασκευάζουν, σύμφωνα με τα πρότυπα της Ε.Ε.(Ευρωπαϊκής Ένωσης) και βάση των διεθνών προδιαγραφών.

### 3.5.2 Είδη πλαστικών σωλήνων

Πλαστικοί σωλήνες είναι όλοι οι συνθετικοί σωλήνες που κυκλοφορούν σήμερα στην αγορά.

Οι πλαστικοί σωλήνες που χρησιμοποιούνται παράγονται από:

- a) Πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC)
- b) Πολυαιθυλένιο (PE)
- c) Πολυπροπυλένιο (PP)
- d) Πολυβουτένιο (PB)
- e) Συνθετικό ελαστικό

#### a) Σωλήνες από Πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC)

Το πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC) (Εικόνα 56) άρχισε να χρησιμοποιείται για παραγωγή διαφόρων πλαστικών προϊόντων στα μέσα του 20ου αιώνα. Η χρήση του αυξήθηκε σημαντικά μετά τη δεκαετία του '50 για την παραγωγή διαφόρων προϊόντων τα οποία συνεχώς εκτοπίζουν προϊόντα που παράγονται από παραδοσιακά υλικά. Μια από τις κυριότερες και πρώτες χρήσεις του PVC είναι η παραγωγή σκληρών σωλήνων, οι οποίοι χρησιμοποιούνται επιτυχώς πολλά χρόνια

και παρουσιάζουν εξαιρετική συμπεριφορά σε δίκτυα ύδρευσης, άρδευσης, υπονόμων, σαν σωλήνες γεωτρήσεων, σαν σωλήνες αποστράγγισης, για την προστασία καλωδίων ή σε άλλες εφαρμογές.



**Εικόνα 56:** Σωλήνες από Πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC)

Χωρίζονται σε:

- Μη εύκαμπτους σωλήνες, από σκληρό PVC (uPVC)
- Εύκαμπτους σωλήνες, από μαλακό PVC

Οι σωλήνες από σκληρό PVC (Εικόνα 57), πλεονεκτούν έναντι των σωλήνων που είναι κατασκευασμένοι από άλλα υλικά διότι:

- ✓ Δεν διαβρώνονται, λόγω της χημικής αντοχής τους στις περισσότερες ουσίες (οξέα, άλατα κ.λ.π.).
- ✓ Διακινούνται και τοποθετούνται εύκολα και γρήγορα λόγω του μικρού βάρους τους.
- ✓ Δεν επιτρέπουν τη δημιουργία επικαθήσεων (πουρί), λόγω της λείας εσωτερικής επιφάνειάς τους και της χημικής αδράνειας του υλικού τους, με αποτέλεσμα την αποφυγή αύξησης των απωλειών πίεσης.
- ✓ Έχουν μεγάλη μηχανική αντοχή στα εσωτερικά και εξωτερικά φορτία.
- ✓ Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής.
- ✓ Ακολουθούν τις καθιζήσεις του εδάφους, λόγω της ευκαμψίας τους.
- ✓ Το μεγάλο ολικό μήκος των σωλήνων (6 έως 12m) κάνει πιο γρήγορη την εγκατάστασή τους, από τους συμβατικούς σωλήνες (ολικό μήκος 1 έως 5m).
- ✓ Η μεγάλη στεγανότητα τους εξασφαλίζει την αποφυγή διαρροών, καθώς επίσης και την εισροή υπογείων νερών σε σχέση με τους συμβατικούς σωλήνες.
- ✓ Δεν εμφανίζουν φαινόμενα ηλεκτρολυτικής διάβρωσης.
- ❖ Κύριο μειονέκτημα τους, η ευαισθησία στην ηλιακή ακτινοβολία.



**Εικόνα 57:** Σωλήνες από σκληρό PVC

Οι εύκαμπτοι σωλήνες από μαλακό PVC (Εικόνα 58) έχουν σαν κύριες ιδιότητες:

- ✓ Μεγάλη ευκαμψία.
- ✓ Ευκολία στην αποθήκευση, στο χειρισμό, στις μεταφορές και στη τοποθέτηση.
- ✓ Μεγάλη διάρκεια ζωής.
- ✓ Παράγονται σε μεγάλα μήκη.

Ενισχυμένοι με πλέξεις από πολυεστερικά νήματα ή με σπειροειδή ατσάλινη ενίσχυση ή με διάφορες προσμίξεις ουσιών, αποκτούν επί πλέον περισσότερες ιδιότητες βελτιώνοντας τα τεχνικά τους χαρακτηριστικά. Έτσι γίνονται:

- Ισχυροί, λόγω της ενισχύσεως.
- Ηλεκτρομονωτικοί.

Ενώ ταυτόχρονα αποκτούν:

- Αντοχή στις διάφορες καιρικές συνθήκες.
- Αντιστατικές ιδιότητες.
- Ανθεκτικότητα στις τριβές.
- Πολύ καλή χημική αντοχή.
- Μη αναφλεξιμότητα.

Ανάλογα με την ενίσχυση και τον τρόπο κατασκευής τους οι εύκαμπτοι σωλήνες έχουν τις εξής χρήσεις:

- Μεταφορά πρώτων υλών ή ετοιμών προϊόντων σε διάφορες βιομηχανίες.
- Μεταφορά νερού ή άλλων υγρών, πότισμα κήπων με τροφοδότηση εκτοξευτήρων τεχνικής βροχής.

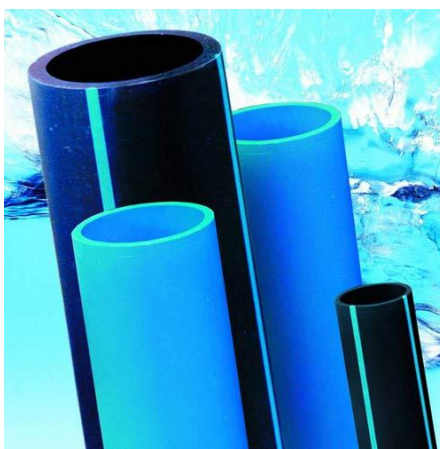


**Εικόνα 58:** Εύκαμπτοι σωλήνες από μαλακό PVC

**b) Σωλήνες από Πολυαιθυλένιο (PE)**

Από πλευράς πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων των πλαστικών σωλήνων (PE) (Εικόνα 59) σε σύγκριση πάντα με τους αντίστοιχους συμβατικούς μεταλλικούς σωλήνες (σιδηροσωλήνες - χαλκοσωλήνες) θα πρέπει να γνωρίζουμε τα εξής:

- ✓ Χαρακτηρίζονται σαν απόλυτα υγιεινοί για πόσιμο νερό.
- ✓ Έχουν θεωρητικά απεριόριστη διάρκεια ζωής (περίπου 50 χρόνια), ιδιαίτερα για μεταφορά νερού χαμηλών θερμοκρασιών ( $\Theta < 80 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ).
- ✓ Είναι απόλυτα αδρανείς σε οξειδωτική και ηλεκτρολυτική διάβρωση.
- ✓ Δεν υπάρχουν συνδέσεις μέσα στους τοίχους ή τα δάπεδα άρα ελέγχονται πλήρως για περίπτωση διαρροών.
- ✓ Παρουσιάζουν αυξημένη αντοχή σε χαμηλές θερμοκρασίες λειτουργίας (παγωνιά) χωρίς να σημαίνει φυσικά ότι δεν σπάζουν).
- ✓ Προσφέρονται για μεγαλύτερη παροχή και αθόρυβη λειτουργία εξαιτίας των λείων τοιχωμάτων τους.



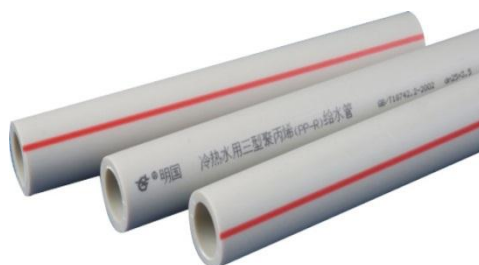
**Εικόνα 59:** Πλαστικών σωλήνες (PE)

**c) Σωλήνες από πολυπροπυλένιο (PP) (Εικόνα 60)**

Το πολυπροπυλένιο (PP) παράγεται από την αντίδραση πολυμερισμού του μονομερούς προπυλενίου. Το μονομερές προπυλένιο προέρχεται από την πυροδιάσπαση της νάφθας που είναι προϊόν απόσταξης του πετρελαίου.

Πλεονεκτήματα των σωλήνων (PP)

- Μικρές απώλειες πίεσης.
- Μικρές απώλειες θερμότητας.
- Εξαιρετικές μηχανικές ιδιότητες.
- Έχουν μεγάλη αντοχή στην τριβή, στην κρούση και μεγάλη ελαστικότητα είναι άκαμπτοι και συνιστώνται για οικοδομές σε σεισμογενείς περιοχές.
- Μείωση του υδραυλικού θορύβου.
- Μεγάλη διάρκεια ζωής.
- Πυκνότητα.
- Χημική αδράνεια.
- Πιστοποίηση υγιεινής.
- Καταργούν οξυγόνα και άλλα βαριά εργαλεία.
- Εξασφαλίζουν απόλυτη στεγανότητα.
- Απλοποιούν και συντομεύουν δραστικά τον τρόπο εργασίας.
- Δεν χρειάζονται μόνωση ή άλλη προστασία (σπιράλ).
- Προσφέρουν υγιεινή εργασία χωρίς μουτζούρες, αναθυμιάσεις κ.λ.π.
- Αντέχουν στην παγωνιά ( $-30^{\circ}\text{C}$ ) και στην υπερθέρμανση ( $+110^{\circ}\text{C}$  έως  $+120^{\circ}\text{C}$ ).
- ❖ Το μειονέκτημα τους είναι η ευπάθεια τους στην υπεριώδη ακτινοβολία.



**Εικόνα 60:** Σωλήνες από πολυπροπυλένιο (PP)

Ενδεικτικά στο (Πίνακα 15) δίδονται τιμές για τον συντελεστή τραχύτητας για διάφορα υλικά.

**Πίνακας 15:** (Συντελεστής τραχύτητας)

ΥΛΙΚΟ ΣΩΜΑ	ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΙΧΩΜΑΤΩΝ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΤΡΑΧΥΤΗΤΑΣ (κ) (mm)
PP	Σε χρήση	0,005
Δικτυωμένο πολυαιθυλένιο	Σε χρήση	0,007
Χαλκός	Καινούργιος	0,002
Χαλκός	Σε χρήση	0,05-0,2
Χάλυβας (χωρίς ραφή)	Καινούργιος	0,05-0,2
Χάλυβας (χωρίς ραφή)	Σε χρήση	0,4-1,2

Οι σωλήνες από πολυπροπυλένιο (PP) διατίθενται τυποποιημένοι στο εμπόριο, με τα αντίστοιχα εξαρτήματα, σε μήκος 4m για όλες τις διαμέτρους: Φ16, Φ20, Φ25, Φ32, Φ40, Φ50, Φ63, Φ75 και Φ90.

Οι Φ16, Φ20 και Φ25 υπάρχουν και σε κουλούρες 100m.

Στους πλαστικούς σωλήνες ως ονομαστική διάμετρος, λαμβάνεται η εξωτερική διάμετρος. Ανάλογα με το πάχος του τοιχώματος που έχει ο σωλήνας, είναι και η αντοχή του στη πίεση.

Οι σωλήνες διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες.

- ❖ Σωλήνες PP 20 bar. Σε υδραυλικές εγκαταστάσεις ύδρευσης – θέρμανσης κλιματισμού.
- ❖ Σωλήνες PP 10 bar. Σε υδραυλικές εγκαταστάσεις μόνον κρύου νερού.
- ❖ Σωλήνες PP 16 bar. Σε υδραυλικές εγκαταστάσεις ύδρευσης – θέρμανσης κλιματισμού.

**Πίνακας 16:** Αναλογίες εξωτερικής διατομής, πάχους, εσωτερικής διατομής και αντοχής σε πίεση

ΕΞΩΕΡΙ ΚΗ ΔΙΑΤΟΜΗ	ΣΩΛΗΝΕΣ 20/25 bar		ΣΩΛΗΝΕΣ 10 bar		ΣΩΛΗΝΕΣ 16/18 bar	
	ΠΑΧΟΣ (mm)	ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΔΙΑΤΟΜΗ (mm)	ΠΑΧΟΣ (mm)	ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΔΙΑΤΟΜΗ (mm)	ΠΑΧΟΣ (mm)	ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΔΙΑΤΟΜΗ (mm)
Φ16	2.7	10.6				
Φ20	3.4	13.2				
Φ25	4.2	16.6				
Φ32	5.4	21.2			4.5	23.0
Φ40	6.7	26.6	3.7	32.6	5.6	28.8
Φ50	8.4	33.2	4.6	40.8	6.9	36.2
Φ63	10.5	42.0	5.8	51.4	8.7	45.6
Φ75	12.5	50.0	6.9	61.2	10.4	54.2
Φ90	15.0	60.0	8.2	73.6	12.5	65.0

### 3.6 ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΚΑΙ ΟΞΕΙΔΩΣΗ ΣΩΛΗΝΩΝ

Με τον όρο διάβρωση εννοούμε την ανεπιθύμητη καταστροφή των μετάλλων, που οφείλεται σε χημική ή ηλεκτρολυτική διαδικασία. Η έκταση της διάβρωσης εξαρτάται από τον τύπο του μετάλλου και από το περιβάλλον στο οποίο γίνεται. Οξειδωση ονομάζουμε τη διάβρωση που γίνεται στο σίδηρο με την παραπάνω διαδικασία.

#### 3.6.1 Είδη διάβρωσης

Όλα τα μέταλλα όταν βρεθούν κοντά στο νερό παθαίνουν διάβρωση σε κάποια έκταση. Η διάβρωση του χαλκού, του μολύβδου και του αλουμινίου, δημιουργεί κρούστα προστασίας στα μέταλλα αυτά και έτσι εμποδίζει την παραπέρα διάβρωση και καταστροφής τους. Αντίθετα ο σίδηρος όταν έρχεται σε επαφή με το νερό διαβρώνεται σε βάθος. Έτσι οι χαλυβδοσωλήνες, έστω και αν είναι γαλβανισμένοι, χρειάζονται μέτρα ειδικής αντιδιαβρωτικής προστασίας για να μην καταστραφούν. Για

τους παραπάνω λόγους σε κανονικές συνθήκες οι σωλήνες από χαλκό και αλουμίνιο παρουσιάζουν μεγάλη διάρκεια ζωής. Για να αυξηθεί η διάρκεια ζωής στους χαλυβδοσωλήνες πρέπει με κάθε τρόπο να τους προστατεύσουμε από τη δημιουργία οξειδώσεων. Αυτό γίνεται με το γαλβάνισμα ή με αντισκωρικές βαφές.

➤ Γενική διάβρωση

Γενική λέγεται η διάβρωση κατά την οποία το μέταλλο τρώγεται ομοιόμορφα σε όλη την έκταση της εκτιθέμενης επιφάνειάς του. Ο ρυθμός της διάβρωσης στην περίπτωση αυτή είναι πολύ αργός, π.χ. οι σωλήνες ενός δικτύου ύδρευσης που έχουν υποστεί γενική διάβρωση στην εσωτερική τους επιφάνεια, βγάζουν όταν ανοίξουμε τον διακόπτη κόκκινο νερό για λίγο χρόνο, που προέρχεται από την οξείδωση της εσωτερικής επιφανείας των σωλήνων.

➤ Εντοπισμένη διάβρωση

Εντοπισμένη λέγεται η διάβρωση όταν έχει προκαλέσει ζημιές στο μέταλλο σε πολύ μικρή έκταση. Αυτή προκαλείται συνήθως από ηλεκτρολυτικά φαινόμενα ή από υγροσκοπικά υλικά που βρίσκονται σε επαφή με το μέταλλο.

Στην περίπτωση των ηλεκτρολυτικών φαινομένων το δίκτυο σωληνώσεων παρουσιάζει σε ορισμένες θέσεις καταστροφή από τρύπες διαμέτρου βελόνας, ενώ κατά τα άλλα είναι σε άριστη κατάσταση.

Στην περίπτωση υγροσκοπικών φαινομένων έχει παρατηρηθεί τέλεια καταστροφή γαλβανισμένων σωλήνων στις θέσεις που έχουν στηριχθεί με γύψο, ενώ τα υπόλοιπα τμήματα του αγωγού δεν παρουσιάζουν καμία φθορά.

### 3.6.2 Αιτίες διάβρωσης και προστασία

Η προστασία των γαλβανισμένων σιδηροσωλήνων (χαλυβδοσωλήνων) από τις οξειδώσεις είναι μία πολύ δύσκολη υπόθεση. Οποσδήποτε όμως όταν γνωρίζουμε τις συνθήκες ή τους συντελεστές που επηρεάζουν την οξείδωση μπορούμε να καθορίσουμε μεθόδους για τον έλεγχο ή τον περιορισμό της. Οι συνθήκες που επηρεάζουν την οξείδωση χωρίζονται στις παρακάτω περιπτώσεις.

- Το όξινο νερό (PH) προσβάλλει τις μεταλλικές επιφάνειες. Η αύξηση της αλκαλικότητας του νερού που κατεβάζει το PH, αυξάνει την δραστηριότητα του νερού στην οξείδωση των σωλήνων. Τα περισσότερα νερά χαμηλού PH οφείλουν τη δραστηριότητά τους στην οξείδωση, στην παρουσία του διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) και την αυξημένη αγωγιμότητα. Αυξημένη αγωγιμότητα σημαίνει αύξηση ορυκτών αλάτων.
- Το νερό που προέρχεται από αφαλάτωση είναι τρομερά διαβρωτικό γιατί έχει την ιδιότητα να διαλύει συνεχώς τα αναπτυσσόμενα οξείδια των μετάλλων και να προκαλεί φθορά των σιδηροσωλήνων και των χαλκοσωλήνων σε πολύ μικρά χρονικά διαστήματα. Στο νερό αυτό αντέχουν τα δίκτυα που κατασκευάζονται από πλαστικούς σωλήνες και σωλήνες από ανοξείδωτο χάλυβα. Για να χρησιμοποιηθεί το νερό αυτό σε εγκαταστάσεις θερμάνσεως ή κλιματισμού πρέπει να υποστεί κατάλληλη επεξεργασία για να χάσει τη



διαβρωτική του ικανότητα.

- Ορισμένοι τύποι βακτηριδίων που αναπτύσσονται στο νερό επιταχύνουν την διάβρωση των σωλήνων. Η μέθοδος προστασίας είναι η καταστροφή των βακτηριδίων με χλωρίωση.
- Η ταχύτητα του νερού αυξάνει τις τριβές και τη φθορά του δικτύου σωληνώσεων. Για να αποφύγουμε την καταστροφή των σωλήνων στις περιπτώσεις αυτές πρέπει να αυξήσουμε τη διάμετρο των σωλήνων ή να χρησιμοποιήσουμε μειωτήρα πίεσης για να ελαττώσει την πίεση του νερού.
- Η δημιουργία μικρών διακένων, που σχηματίζονται μεταξύ των επιφανειών ένωσης των σωλήνων, προξενούν την ονομαζόμενη ενδιάμεση διάβρωση. Τρόπος αποφυγής της, η σωστή σύνδεση των σωλήνων.
- Η επαφή του γαλβανισμένου σωλήνα με οικοδομικά υλικά (κυρίως γύψο) έχει σαν αποτέλεσμα την εξωτερική διάβρωση του σωλήνα.
- Ο υψηλός συντελεστής τραχύτητας  $K$  στους χαλκοσωλήνες ( $K=0,1$  έως  $0,5\text{mm}$ ) αποτελεί επίσης σοβαρό παράγοντα διάβρωσης λόγω της αυξημένης επικάλυψης των ορυκτών αλάτων.
- Οι επικαθίσεις σκόνης και καταλοίπων διαφόρων ουσιών που εγκλωβίζονται στα μέρη σύνδεσης των σωληνώσεων δημιουργούν με το χρόνο εστίες διάβρωσης.
- Η παρουσία θεικών, νιτρικών και χλωριούχων αλάτων στο νερό, αυξάνει τη διαβρωτική του ικανότητα.
- Η ηλεκτρόλυση, είναι η κύρια αιτία καταστροφής των χαλυβδοσωλήνων. Δημιουργείται όταν υπάρχει στενή επαφή δύο διαφορετικών μετάλλων (π.χ. σιδήρου και χαλκού).

Το ρόλο ηλεκτρολυτικού διαλύματος παίζει το ίδιο το νερό μέσα στο οποίο βρίσκονται διαλυμένα θειικά, νιτρικά και χλωριούχα άλατα όπως και το οξυγόνο. Στα σημεία σύνδεσης δύο μετάλλων αναπτύσσεται ηλεκτρικό ρεύμα (τάση επαφής). Η τάση αυτή αυξάνει όσο αυξάνεται η θερμοκρασία του νερού, η οποία έχει ως συνέπεια και την έντονη δράση του οξυγόνου που περιέχεται στο νερό.

Το ρεύμα επιδρά στα δύο μέταλλα, που παίζουν ρόλο ηλεκτροδίων τείνοντας να οξειδώσει το μέταλλο που έχει γίνει άνοδος. Αντίθετα το μέταλλο που έχει γίνει κάθοδος "συλλέγει" τα μεταλλικά ιόντα. Ποιό μέταλλο θα γίνει η άνοδος που θα διαβρωθεί και ποιό η κάθοδος που θα μείνει αβλαβείς εξαρτάται από το ηλεκτροχημικό δυναμικό των μετάλλων της διμεταλλικής ένωσης. Το μέταλλο με το μεγαλύτερο δυναμικό γίνεται πάντοτε άνοδος. Έτσι στη σύνδεση χαλυβδοσωλήνα με χαλκοσωλήνα ή με χάλκινο εξάρτημα, ο σίδηρος γίνεται άνοδος, ο χαλκός κάθοδος και φυσικά αυτός που διαβρώνεται είναι ο χαλυβδοσωλήνας. Η χρησιμοποίηση διηλεκτρικών συνδέσμων αποκόπτει την άμεση επαφή μεταξύ σιδήρου και χαλκού η μεταξύ άλλων μεταλλικών ζευγών και αποτελεί έναν από τους σωστότερους τρόπους αντιμετώπισης της ηλεκτρόλυσης.

Για την εξουδετέρωση τις διαβρωτικής δράσης, κυρίως στις εγκαταστάσεις θέρμανσης, επιβάλλεται η παρεμβολή στο δίκτυο κράματος μαγνησίου το οποίο

φθείρεται παίζοντας το ρόλο ανόδου.

### 3.7 ΑΝΤΙΘΟΡΥΒΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΩΝ ΣΩΛΗΝΩΣΕΩΝ

Όταν διακόπτεται απότομα η ροή του νερού σε ένα δίκτυο ύδρευσης, τότε ακούγεται συνήθως ένας χτύπος του νερού στις σωληνώσεις έτσι δημιουργείται αντανάκλαστικό κύμα από την πρόσπτωση της ροής του νερού στο πώμα ή στη βαλβίδα του οργάνου. Αυτό είναι το υδραυλικό πλήγμα. Την στιγμή αυτή αναπτύσσεται απότομη στιγμιαία υψηλή πίεση η οποία είναι πολύ επικίνδυνη αφού φτάνει έως και 8 φορές μεγαλύτερη από την κανονική πίεση του δικτύου. Η υψηλή αυτή πίεση λειτουργεί σαν στιγμιαία έκρηξη μέσα στο δίκτυο και η οποία αναζητάει εκτόνωση σε όλο το δίκτυο. Δηλαδή, αν η πίεση λειτουργίας του δικτύου είναι 5bar, τη στιγμή του πλήγματος η πίεση γίνεται στιγμιαία 40bar (αύξηση 800%). Το κύμα αυτό συγκρούεται με την κανονική ροή του νερού και κάτω από συνθήκες σύμπτωσης συχνοτήτων των δύο κυμάτων της κρούσης, προκαλείται ταλάντωση των σωληνώσεων η οποία γίνεται αντιληπτή ηχητικά, με τη μορφή χτυπημάτων. Το υδραυλικό πλήγμα είναι η βασική αιτία των ζημιών στις υδραυλικές εγκαταστάσεις και αν δεν αντιμετωπισθεί κατάλληλα, εκτός από τον ενοχλητικό θόρυβο, θα προκληθεί βλάβη στο δίκτυο, πρόωρη φθορά στις υδραυλικές συσκευές και στα εξαρτήματα όπως θερμοσίφωνες, λέβητες, πλυντήρια, βρύσες, ηλιακά, μπαταρίες, παρεμβύσματα, και ενδεχομένως πολύ σοβαρή ζημιά από διαρροή νερού (πλημμύρα).

Για την αντιμετώπιση του προβλήματος, συνιστάται η τοποθέτηση αποσβεστήρων υδραυλικού πλήγματος “αντιπληγματικά” (Εικόνα 61). Οι συσκευές διαθέτουν θάλαμο υπό πίεση, στο πάνω μέρος, ενώ το κάτω είναι συνδεδεμένο με το δίκτυο. Ανάμεσα στα δύο τμήματα παραβάλλεται μεμβράνη η οποία συμπίεζει τον αέρα όταν δημιουργείται απότομη πτώση πίεσης, απορροφώντας με τον τρόπο αυτό την ταλάντωση που προξενείτε από την απελευθέρωση αέρα κατά την κρούση του αντανάκλαστικού κύματος και της ροής του νερού.

1. MINI RESTER



2. HYDRA RESTER



3. MEGA RESTER



**Εικόνα 61:** Αντιπληγματικά

Η τοποθέτηση των αντιπληγματικών μπορεί να γίνει σε διάφορα σημεία της υδραυλικής εγκατάστασης. Όταν όμως εντοπισθεί υδραυλικό πλήγμα σε συγκεκριμένη θέση η τοποθέτηση του γίνεται πριν από το σημείο του πλήγματος (Εικόνα 62).



**Εικόνα 62:** Τοποθέτηση αντιπληγματικών

- Επίσης για την αποφυγή των υδραυλικών πληγμάτων συνιστάται:
  - i. Η χρησιμοποίηση κατάλληλα κατασκευασμένων αποφρακτικών οργάνων, εξαρτημάτων και συσκευών που δεν επιτρέπουν το απότομο άνοιγμα ή κλείσιμο.
  - ii. Οι σωλήνες να μην παρουσιάζουν απότομες αλλαγές στη διεύθυνση τους. Να προτιμούνται σωλήνες με όσο το δυνατό μεγάλες διαμέτρους.
  - iii. Η πίεση ηρεμίας στο δίκτυο να μην υπερβαίνει τα 3,5 bar.
- Για την μείωση των προκαλούμενων θορύβων προτείνεται:
  - i. Η χρησιμοποίηση δοχείων έκπλυσης (καζανάκια), αντί βαλβίδων έκπλυσης (πιεστική βαλβίδα), στις λεκάνες αποχωρητηρίων.
  - ii. Μικρή ταχύτητα στη ροή του νερού.
  - iii. Χρησιμοποίηση τυποποιημένων στηριγμάτων, για τους σωλήνες, που συντελούν στην απόσβεση των θορύβων.
  - iv. Αποφυγή επαφής των σωληνώσεων με τα οικοδομικά στοιχεία.

Πρέπει τέλος να αναφέρουμε ότι σε κτήρια κατοικιών η μέγιστη επιτρεπόμενη στάθμη θορύβου, για γειτονική κατοικία, είναι τα 35 dB (ντεσιμπέλ).

### **3.8 ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΩΝ ΣΩΛΗΝΩΣΕΩΝ ΑΠΟ ΤΟΝ ΠΑΓΕΤΟ ΚΑΙ ΤΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ**

Ο πάγος καταλαμβάνει όγκο 10% μεγαλύτερο από το νερό με αποτέλεσμα να έχουμε καταστροφικές συνέπειες για το δίκτυο σωληνώσεων της εγκατάστασης μας. Για την αντιμετώπιση των παγετών προτείνεται:

- Εκκένωση των εξωτερικών δικτύων σε αυλές, κήπους και σιντριβάνια που δεν χρησιμοποιούνται κατά την χειμερινή περίοδο. Η εκκένωση πραγματοποιείται με το άνοιγμα των διακοπών εκκένωσης και των εξαεριστήρων του δικτύου.
- Ελαφρό άνοιγμα ενός διακόπτη του δικτύου ώστε να διασφαλίζεται συνεχής ροή του νερού που αποτρέπει τον πάγωμα του. Η λύση αυτή δεν είναι σίγουρη και προτείνεται μόνο όταν η πτώση της θερμοκρασίας είναι μικρή.
- Τοποθέτηση των σωληνώσεων στο κατάλληλο βάθος ώστε να προστατεύονται από τις μεγάλες πτώσεις της θερμοκρασίας.
- Θερμομονωτική προστασία των σωλήνων.

Για την αποφυγή μετάδοσης θερμότητας σωληνώσεις κρύου νερού θα πρέπει να τοποθετούνται, σε απόσταση από θερμά στοιχεία όπως καπνοδόχους, σωληνώσεις θέρμανσης κ.α. Η μικρή απόσταση των σωληνώσεων κρύου νερού από θερμά στοιχεία έχει σαν αποτέλεσμα δημιουργία συμπυκνωμάτων (υδρατμών) στις σωληνώσεις.

## **4. ΜΕΛΕΤΗ ΥΔΡΕΥΣΗΣ**

### **4.1 ΓΕΝΙΚΑ**

Ένα από τα βασικότερα αιτήματα, αν όχι το βασικότερο, ενός κτιρίου, είναι η άρτια συγκρότηση της υδραυλικής του εγκατάστασης.

Με τον παραπάνω όρο εννοούμε τη σωστή εγκατάσταση και ορθή λειτουργία στο σύνολο των συσκευών, μηχανημάτων και σωληνωτών δικτύων, που σκοπό έχουν:

- a) Την τροφοδότηση με πόσιμο νερό των αναγκαίων σημείων του κτιρίου.
- b) Την απομάκρυνση από το κτίριο κάθε ακάθαρτου νερού (λύμα) που θα προκύψει κατά την χρήση του πόσιμου νερού, είτε προσωρινά σε βόθρο είτε οριστικά σε εξωτερικό αποχετευτικό δίκτυο (υπόνομο).
- c) Την απομάκρυνση των νερών της βροχής από τις στέγες και τις ταράτσες του κτιρίου και τη διοχέτευσή τους στο ανάλογο αποχετευτικό δίκτυο.

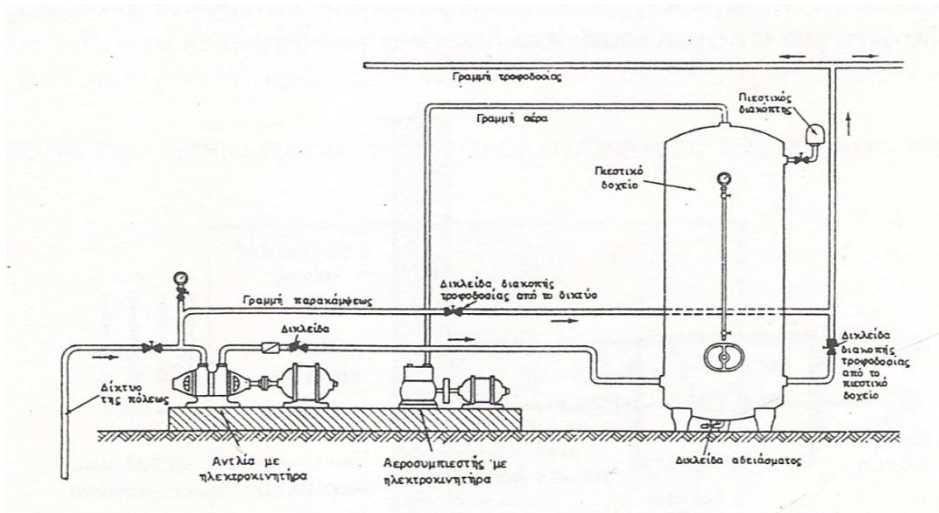
Η σωστή μελέτη και πρόβλεψη σε συνδυασμό με την κατάλληλη επιλογή των υλικών και την άρτια εγκατάσταση, αποτελούν τον σπουδαιότερο παράγοντα υγιεινής και μακρόχρονης λειτουργίας της εγκατάστασης χωρίς προβλήματα.

Για το λόγο αυτό η πολιτεία δίνοντας έμφαση στη σπουδαιότητα της υδραυλικής εγκατάστασης, σαν οργανικό στοιχείο του κτιρίου, θέσπισε ορισμένους νόμους που σαν κρατικοί κανονισμοί υποχρεώνουν μηχανικούς και εγκαταστάτες να μελετούν και να εκτελούν την υδραυλική εγκατάσταση όσο γίνεται πιο τέλεια.

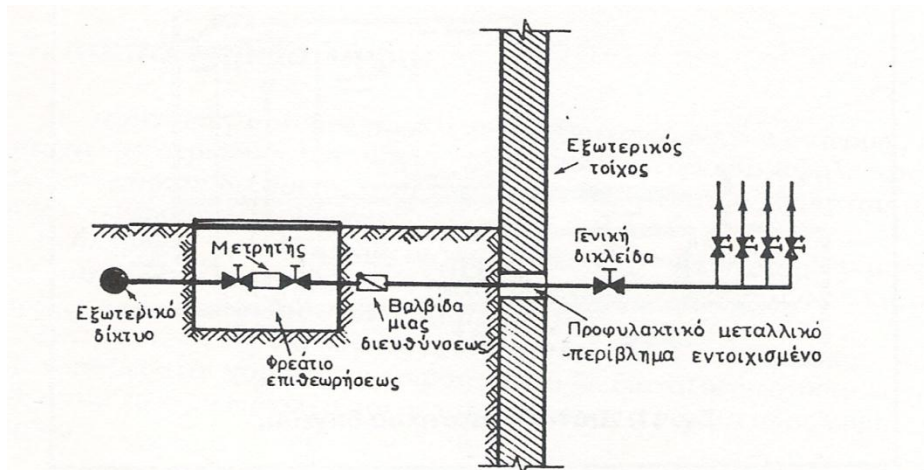
### **4.2 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΠΟΣΙΜΟΥ ΝΕΡΟΥ**

Το πόσιμο νερό δίνεται στα κτίρια με σκοπό να εξυπηρετήσει τα άτομα που διαμένουν σε αυτά για πόση, καθαρισμό, πότισμα ή ακόμη για επαγγελματική χρήση.

Τα σημεία λήψης του πόσιμου νερού, φυσικά ή τεχνικά παρουσιάζουν σημαντικό ενδιαφέρον όχι μόνο για την ποιότητα και καταλληλότητα του νερού αλλά και για τα προτεινόμενα υλικά και μέσα σωστής εγκατάστασης. Το νερό, όπως είναι γνωστό, βρίσκεται σε αδιάκοπη κυκλοφορία στη φύση.



**Σχήμα 5:** Διάταξη πιεστικού δοχείου



**Σχήμα 6:** Διάταξη τοποθέτησης μετρητή

#### 4.2.1 Διανομή πόσιμου νερού

Η διανομή του νερού στα κτίρια γίνεται μέσω των εσωτερικών τους δικτύων. Το εσωτερικό δίκτυο εκτείνεται σε όλα τα σημεία υδροληψίας, όπου δηλαδή υπάρχει τοποθετημένος υδραυλικός υποδοχέας. Το νερό στο εσωτερικό αυτό δίκτυο κυκλοφορεί με την πίεση του εξωτερικού δικτύου, που φτάνει συνήθως σε 4-6 atm. Στις περιπτώσεις που η πίεση σε ορισμένα σημεία του εσωτερικού δικτύου (τα υψηλότερα) είναι ανεπαρκής, χρησιμοποιείται βοηθητική αντλία και πιεστικό δοχείο (πολύ υψηλά κτίρια).

#### 4.2.2 Εσωτερικά δίκτυα ψυχρού νερού

Ως εσωτερικά χαρακτηρίζονται τα δίκτυα ψυχρού νερού που ξεκινούν αμέσως

μετά το μετρητή και αναπτύσσονται μέσα στο κτίριο προς όλα τα σημεία καταναλώσεως νερού. Το δίκτυο αυτό αποτελούν:

- Το σωληνωτό δίκτυο αυτό καθ' εαυτό.
- Οι τυχόν βοηθητικές δεξαμενές πρόχειρης αποθήκευσης μέσα στο κτίριο.
- Τα εξαρτήματα διακοπής της ροής, διακόπτες, βάνες, βαλβίδες αντεπιστροφής κ.λ.π.
- Τα ειδικά δίκτυα, όπως δίκτυο λεκανών W.C., δίκτυο τροφοδοσίας, μπόιλερ κ.ο.κ.

Οι διάμετροι των σωλήνων του δικτύου υπολογίζονται έτσι, ώστε σε κάθε σημείο κατανάλωσης να εξασφαλίζεται σταθερή πίεση ροής. Κατά την εγκατάσταση του εσωτερικού δικτύου πρέπει, όσο αυτό είναι επιτρεπτό, οι σωλήνες να είναι εμφανείς. Γενικά πρέπει να αποφεύγεται η διέλευσή τους μέσα από καπνοδόχους ή από φρέατα ανελκυστήρων ή γενικότερα, από φέροντα τμήματα της οικοδομής, αν δεν λαμβάνεται πρόνοια για ειδική προστασία τους. Οι σωλήνες του δικτύου αυτού πρέπει επίσης να προφυλάσσονται από ψύξη.

Πρέπει ακόμα σε κάθε ιδιαίτερο κλάδο τροφοδοσίας να προβλέπεται και μια γραμμή εκκένωσής του.

#### 4.3 ΠΑΡΟΧΕΣ - ΥΔΡΟΛΗΨΙΑ

Παροχή ψυχρού νερού θεωρείται κάθε σημείο κατανάλωσης μέσα στο κτίριο. Οι παροχές είναι δυνατό να εξυπηρετούν σταθερά σημεία κατανάλωσης ή να επιτρέπουν την τροφοδότηση διαφόρων σημείων του κτιρίου (Πίνακας 17).

**Πίνακας 17:** Απαιτούμενες παροχές στις υδραυλικές εγκαταστάσεις.

ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΣΥΣΚΕΥΗΣ	ΠΑΡΟΧΗ ΣΕ ΛΙΤΡΑ/ΛΕΠΤΟ
ΝΙΠΤΗΡΑΣ	6
ΝΤΟΥΣ	15
ΜΠΑΝΙΕΡΑ	20
ΜΠΙΝΤΕΣ	6
ΚΑΖΑΝΑΚΙ W.C.	6
ΝΕΡΟΧΥΤΗΣ ΚΟΥΖΙΝΑΣ	20
ΒΡΥΣΗ ΓΚΑΡΑΖ	18
ΒΡΥΣΗ ΠΟΤΙΣΜΑΤΟΣ	24
ΠΛΥΝΤΗΡΙΟ 5 Kg	10

Σημείωση: προς αποφυγή θορύβου κατά την παροχή νερού δια μέσου χαλκοσωλήνων πρέπει η ταχύτητα του νερού να μην είναι μεγαλύτερη από 1,5 m/sec.

#### **4.3.1 Ειδική κατανάλωση νερού**

Η καθημερινή κατανάλωση νερού κατ' άτομο διαφέρει από χώρα σε χώρα ανάλογα με το βαθμό της πολιτιστικής ανάπτυξης τις κλιματολογικές συνθήκες που υπάρχουν κ.λ.π.

Γενικά στις εξελισσόμενες χώρες η κατανάλωση είναι μεγαλύτερη. Υπολογίζεται ότι ο αγρότης στις χώρες αυτές καταναλίσκει κατά μέσο όρο 40-80 lt τη μέρα, ενώ ο κάτοικος της πόλης χρειάζεται 70-150 lt.

#### **4.3.2 Δεξαμενές κτηρίων**

Σε περιπτώσεις που η παροχή του νερού στο δίκτυο διανομής δεν είναι συνεχής ή όταν η πίεση, στο σημείο που βρίσκεται το κτίριο, δεν είναι επαρκής, για να φτάνει το νερό στους υψηλότερους ορόφους, εγκαθίσταται σε αυτό βοηθητική υδροδεξαμενή.

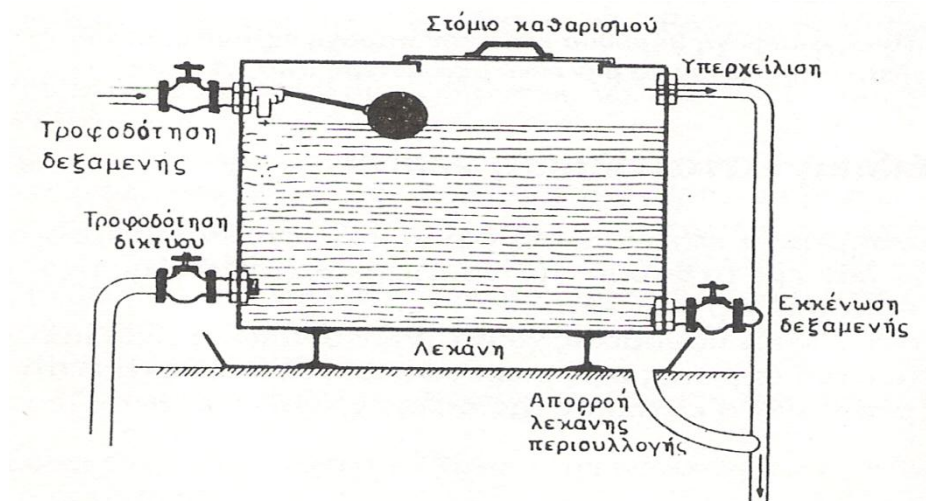
Οι διαστάσεις της πρέπει να είναι έτσι καθορισμένες, ώστε η ποσότητα του νερού που εναποθηκεύεται να επαρκεί για χρήση τουλάχιστον 24 ωρών. Υποχρεωτικά όμως πρέπει να εναλλάσσεται το περιεχόμενό της τουλάχιστον κάθε πέντε ημέρες για να αποφεύγεται η μόλυνσή του.

Συνήθως οι δεξαμενές είναι μεταλλικές με πάχος ελάσματος 3-5 mm και τα ελάσματα ή είναι γαλβανισμένα ή είναι από κοινή λαμαρίνα, που προστατεύεται εσωτερικά και εξωτερικά με ειδικές αντιδιαβρωτικές επαλείψεις.

Οι δεξαμενές τοποθετούνται είτε μέσα στο κτίριο είτε έξω από αυτό και πρέπει να είναι πάντοτε επιθεωρήσιμες. Στην τελευταία περίπτωση λαμβάνεται πρόνοια κάποιου στεγάστρου ώστε να προφυλάσσεται η δεξαμενή το μεν χειμώνα από τον παγετό το δε καλοκαίρι από τη ζέστη.

Συνηθισμένη διάταξη μιας τέτοιας δεξαμενής δείχνει το σχήμα. Σε μεμονωμένες επαύλεις κατασκευάζονται επίσης υδατοδεξαμενές από μπετόν με την αυτή περίπτωση διάταξη (Σχήμα 7).





**Σχήμα 7: Μεταλλική δεξαμενή**

#### **4.4 ΣΗΜΑΝΤΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ**

Όλες οι γραμμές κατανάλωσης πρέπει να τοποθετούνται σε ευθεία γραμμή και με θετική κλίση προς τα σημεία κατανάλωσης. Πρέπει να αποφεύγεται η δημιουργία θυλακίων αέρα.

Η πρώτη έξοδος στη γραμμή διανομής πρέπει να είναι τουλάχιστον 1 m πίσω από την εγκατάσταση του υδρομετρητή, για να εξασφαλίζεται η ακρίβεια της μέτρησης.

Προκειμένου για εκτεταμένες εγκαταστάσεις, πρέπει να προβλέπεται ένας διανομέας σ' έναν εύκολα επισκέψιμο χώρο, εφόσον είναι δυνατό σ' ένα χώρο τεχνικών εγκαταστάσεων. Απ' αυτή τη συστοιχία διανομής, πρέπει να τροφοδοτούνται λειτουργικά τα τμήματα της εγκατάστασης.

Λειτουργικά εξαρτημένες μονάδες τροφοδοσίες μπορούν π.χ. να είναι :

- εγκαταστάσεις παρασκευής νερού.
- εγκαταστάσεις παρασκευής ζεστού νερού.
- εγκαταστάσεις πλύσης, αέρα.
- κουζίνες, ή ακόμη και περιοχές πίεσης και δομικά στοιχεία.

Εξάρτηση από τον προσανατολισμό, π.χ. υψηλό κτίριο βορεινό, ή επίσης χαμηλή περιοχή, νότια.

Οι κατακόρυφες σωληνώσεις παροχής πρέπει να τοποθετούνται σε εποπτικές θέσεις και κάθε κλάδος πρέπει να μπορεί να απομονώνεται. Για να διευκολύνονται οι εργασίες συντήρησης και επισκευής, πρέπει οι κατακόρυφοι κλάδοι να χαρακτηρίζονται με αριθμούς, που θα έπρεπε να περιέχονται και σε σχέδια

αναθεώρησης. Προκειμένου για μικρότερες εγκαταστάσεις πιο εποπτικές, επαρκεί και ένας σύντομος χαρακτηρισμός με κείμενο σε μια σφραγίδα.

Η εκκένωση καθενός από τους κλάδους πρέπει να εξασφαλίζεται είτε διαμέσου μιας ξεχωριστής για τον καθένα βαλβίδας εκκένωσης είτε διαμέσου μιας ολοκληρωμένης βαλβίδας εκκένωσης.

Τα τερματικά σημεία των κατακόρυφων κλάδων πρέπει να εφοδιάζονται με εξαρτήματα αερισμού και εξαερισμού σωλήνων, τα οποία μεταξύ άλλων, διευκολύνουν στη δεδομένη περίπτωση στην εκκένωση των κατακόρυφων κλάδων με την παροχή αέρα.

Οι σωληνώσεις ορόφων που τροφοδοτούν την «υγρή κυψέλη» ενός διαμερίσματος, πρέπει να μπορούν να απομονωθούν. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται σε πολλές περιπτώσεις αποφρακτικές βαλβίδες, που τοποθετούνται χωνευτές κάτω από το σοβά.

Συμπληρωματικά αποφρακτικά όργανα χρησιμοποιούνται συχνά και τοποθετούνται πριν από αρματούρες που χρειάζονται συχνά συντήρηση. Αυτά τα αποφρακτικά όργανα χαρακτηρίζονται σαν βαλβίδες συντήρησης ή βαλβίδες προβαδίσματος.

Βασικά πρέπει όλες οι σωληνώσεις να τοποθετούνται έτσι, ώστε να μη μπορούν να παγώσουν. Αν αυτό δεν μπορεί να εξασφαλιστεί, πρέπει να εξοπλίζονται τα τμήματα των εγκαταστάσεων, που είναι εκτεθειμένα στην παγωνιά, με ένα αποφρακτικό όργανο και μία δυνατότητα εκκένωσης. Πρέπει να προβλέπεται επίσης και μία ενδεικτική πινακίδα με το αντίστοιχο κείμενο στην περιοχή της βαλβίδας. Σχετικά με τα μέτρα που πρέπει να ληφθούν κατά την εκκένωση της εγκατάστασης, πρέπει να επεκταθεί κανείς αναλυτικά και στις οδηγίες συντήρησης ολόκληρης της εγκατάστασης υγιεινής.

Οι θόρυβοι από τη ροή τόσο στο δίκτυο τροφοδοσίας όσο και στο δίκτυο αποχέτευσης, πρέπει να περιορίζονται στο ελάχιστο.

Θόρυβοι ροής δημιουργούνται στις σωληνώσεις κυρίων στην περιοχή αλλαγής πορείας της ροής και στις διακλαδώσεις από την αποκοπή της ροής σε συνδυασμό με την έντονη δημιουργία στροβιλισμών στη ροή.

Τα φαινόμενα αυτά είναι τόσο μεγαλύτερα όσο πιο απότομα γίνονται οι αλλαγές πορείας στη ροή ή οι διακλαδώσεις. Γι' αυτό πρέπει να επηρεάζουν θετικά με τη χρησιμοποίηση εξαρτημάτων που είναι ευνοϊκά για τη ροή και τη συμπεριφορά θορύβου μιας εγκατάστασης.

Θόρυβοι που εμφανίστηκαν μια φορά, πρέπει να αντιμετωπίζονται με τη χρησιμοποίηση κατάλληλων ηχομονωτικών υλικών για την απομόνωση από το σώμα της κατασκευής. Μια βελτιστοποιημένη εγκατάσταση, σχετικά με τη συμπεριφορά θορύβου, μπορεί να επιτευχθεί μόνο τότε, όταν δημιουργηθεί μέσω του σώματος του κτιρίου ένας επαρκής χώρος για την τοποθέτηση των σωληνώσεων έξω από διαχωριστικούς τοίχους υπνοδωματίων και καθιστικών.

Ο ειδικευμένος μηχανικός σε θέματα θορύβων πρέπει να περιγράψει αναλυτικά στην έκθεσή του τα μέτρα προστασίας από το θόρυβο που πρέπει να

ληφθούν.

#### **4.5 ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΜΕΣΑ ΣΤΙΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΣΩΛΗΝΩΣΕΩΝ**

Το DIN 1988 απαιτεί ότι πρέπει να αποκλειστεί η είσοδος ξένων σωμάτων στο νερό. Σαν μέτρα προστασίας για να το εξασφαλίσουμε αυτό, πρέπει να απαιτηθούν τα παρακάτω:

- Πίσω από την εγκατάσταση του υδρομετρητή πρέπει να τοποθετηθεί μια βαλβίδα αντεπιστροφής με μικρή πτώση πίεσης. Αυτό το μέτρο χαρακτηρίζεται σαν 1 η βασική εξασφάλιση.
- Την 2η βασική εξασφάλιση αποτελεί η απαίτηση στο τέλος κάθε κατακόρυφης γραμμής ανόδου να τοποθετούνται εξαρτήματα αερισμού και εξαερισμού των σωλήνων.

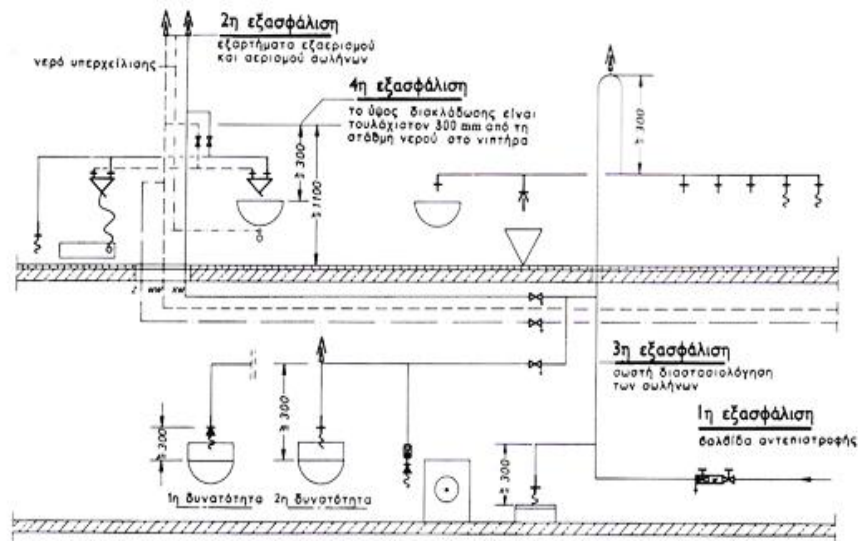
Οι διακλαδώσεις από τις κατακόρυφες σωληνώσεις ανόδου πρέπει να απέχουν τουλάχιστον 1,1m από το δάπεδο και τουλάχιστον 300mm πάνω από την υψηλότερη στάθμη νερού της συγκεκριμένης γραμμής αποχέτευσης. Σαν στάθμη νερού θεωρούμε π.χ. την πάνω ακμή ενός νιπτήρα ή μιας μπανιέρας.

Προκειμένου για κτίρια που δεν έχουν κατακόρυφες σωληνώσεις τροφοδοσίας, μπορεί να προβλεφθεί ένας βρόχος ασφάλειας με ενσωματωμένα εξαρτήματα εξαερισμού και αερισμού των σωλήνων. Εκτός αυτού, μπορούν επίσης να τοποθετηθούν και μεμονωμένα εξαεριστικά. Μεταξύ του ύψους εγκατάστασης και της στάθμης νερού των αποχετεύσεων, πρέπει να κρατηθεί και πάλι τουλάχιστον η απόσταση των 300mm.

Πλυντήρια ρούχων, δοχεία ξεπλύματος κ.λ.π., πρέπει να συνδέονται συμπληρωματικά διαμέσου ενός μεμονωμένου εξαεριστικού, επειδή σ' αυτά υπάρχει ο κίνδυνος της επιστροφής απορρόφησης από το νερό αποχέτευσης.

Σωληνώσεις πόσιμου νερού δεν επιτρέπεται να περνάνε μέσα από βόθρους, φρεάτια ελέγχου της αποχέτευσης του σπιτιού και μέσα από αγωγούς αποχέτευσης.

Πρέπει να είναι απόλυτα αποκλεισμένη η άμεση επικοινωνία γραμμών πόσιμου νερού και γραμμών αποχέτευσης.



**Σχήμα 8:** Εξασφαλίσεις δικτύου ύδρευσης

#### 4.6 ΜΕΛΕΤΗ ΥΔΡΕΥΣΗΣ

Η μελέτη της ύδρευσης περιλαμβάνει:

##### Γενικό σχέδιο ύδρευσης

Κάτοψη του πρώτου επιπέδου του κτιρίου (ισογείου ή υπογείου αν υπάρχει στο οποίο θα φαίνεται η θέση των υδρομετρητών και οι διαδρομές των σωλήνων παροχών από τους υδρομετρητές μέχρι τα σημεία εκκίνησης των κατακόρυφων τμημάτων τους.

##### Τεχνική περιγραφή που περιλαμβάνει:

- Τα υλικά που προβλέπεται να χρησιμοποιηθούν.
- Τις προδιαγραφές των υλικών (αρ. ΕΛΟΤ αν υπάρχει).
- Τον τρόπο εγκατάστασης και σύνδεσης (περιγραφή ή αναφορά σε εγκεκριμένες ή παραδεδεγμένες τεχνικές οδηγίες).
- Το σύστημα ή τη μέθοδο που έχει επιλεγεί για την ύδρευση του κτιρίου (δίκτυο πόλης, δεξαμενές).

##### Τεύχος υπολογισμών

- Θα περιλαμβάνει τους αναγκαίους υπολογισμούς στις περιπτώσεις που απαιτούνται (ξενοδοχεία, βιομηχανίες κλπ.) ώστε να προκύπτουν οι διάμετροι των σωληνώσεων και η απαιτούμενη πίεση στην κεφαλή του δικτύου.
- Για μονοκατοικίες ή κτίρια οριζοντίων ιδιοκτησιών με ανεξάρτητο υδρομετρητή για κάθε ιδιοκτησία δεν απαιτείται τεύχος υπολογισμών.

## **Σχέδια κατασκευής**

Κατόψεις όλων των ορόφων στις οποίες θα φαίνονται:

- a) Οι θέσεις των υδραυλικών υποδοχέων στους διαφόρους χώρους του κτιρίου.
- b) Η γραμμή παροχής κάθε ιδιοκτησίας και τα δίκτυα διανομής ζεστού και κρύου νερού. Η τροφοδότηση των κοινοχρήστων χώρων και του δικτύου άρδευσης κήπου, όπου υπάρχουν.
- c) Το υλικό κατασκευής, η διάμετρος και ο τύπος των σωλήνων των δικτύων, οι διακόπτες, δικλείδες κ.λ.π.
- d) Υπόμνημα που θα δείχνει τη διάκριση των σωληνώσεων ζεστού - κρύου νερού, καθώς και τούς συμβολισμούς διακοπών, δικλείδων, κάθε είδους κ.λ.π., καθώς και κάθε άλλη ένδειξη απαραίτητη για την κατανόηση των σχεδίων.

Διάγραμμα ύδρευσης στο οποίο να εμφανίζεται η σύνδεση των διαφόρων υποδοχέων πάνω στα κατακόρυφα και οριζόντια δίκτυα.

Επίσης η διάμετρος των σωλήνων και των αποφρακτικών οργάνων των δικτύων (βάνες, κρουνοί, βαλβίδες κ.λ.π.).

Κατασκευαστικά σχέδια δεξαμενών αποθήκευσης ή εξίσωσης αντλιοστασίων και κάθε άλλης κατασκευής που χρειάζεται σε περιπτώσεις ανυπαρξίας ή ανεπάρκειας του δικτύου πόλεως, καθώς επίσης και σε κτίρια με ειδικές απαιτήσεις (βιομηχανίες, ξενοδοχεία κ.λ.π.).

### **4.6.1 Εισαγωγή**

Η παρούσα μελέτη αφορά την εγκατάσταση δικτύων ύδρευσης. Η σύνταξη της μελέτης έγινε σύμφωνα με την TOTEE 2411/86, λαμβάνοντας υπόψη και τα βοηθήματα:

- α) Οικιακές Εγκαταστάσεις Υγιεινής K. Schulz
- β) Κανονισμός Εσωτερικών Υδραυλικών Εγκαταστάσεων
- γ) Κανονισμός Λειτουργίας Δικτύου Υδρεύσεως ΕΥΔΑΠ
- γ) Πρότυπα ΕΛΟΤ και DIN

### **4.6.2 Παραδοχές και κανόνες υπολογισμών**

Η επιλογή διατομών στους σωλήνες γίνεται σε κάθε τμήμα του δικτύου θεωρώντας ότι:

- a) Οι παροχές στα τμήματα που καταλήγουν σε υδραυλικούς υποδοχείς καθορίζονται από τον τύπο των υποδοχέων βάσει της TOTEE.
- b) Οι παροχές αθροίζονται στους κόμβους (διακλαδώσεις) του δικτύου.
- c) Λόγω ετεροχρονισμού στην λειτουργία των υποδοχέων, υπολογίζεται η παροχή αιχμής, από την θεωρητική παροχή και την καμπύλη

ετεροχρονισμού.

Αυτή, έχει την μορφή:

$$Q_s = a \times (\sum Q_r)^b + c \quad (4.1)$$

όπου  $Q_s$  η παροχή αιχμής,  $Q_r$  η κανονική παροχή και  $a, b, c$  συντελεστές που εξαρτώνται από το είδος του κτιρίου, καθώς και από την τιμή  $\sum Q_r$ , σύμφωνα με την ΤΟΤΕΕ.

- d) Ο υπολογισμός των διατομών για το δίκτυο του κρύου και του ζεστού νερού γίνεται ανεξάρτητα, θεωρώντας τις παροχές που υπολογίζονται με τον παραπάνω τρόπο. Οι σχέσεις στις οποίες βασίζονται οι υπολογισμοί είναι:

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} V \quad (\text{εξίσωση συνέχειας}) \quad (4.2)$$

$$J = \frac{\Delta h}{L} = \frac{\lambda}{D} \times \frac{V^2}{2g} \quad (\text{εξίσωση Darcy}) \quad (4.3)$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left( \frac{k}{3.7D} + \frac{2.51}{Re \sqrt{\lambda}} \right) \quad (\text{εξίσωση Colebrook}) \quad (4.4)$$

$$Re = \frac{VD}{\nu} \quad (\text{αριθμός Reynolds}) \quad (4.5)$$

όπου:

Q: Παροχή σε  $m^3/h$

D: Εσωτερική διάμετρος σε m

V: Μέση ταχύτητα σε m/s

J: Απώλειες πίεσης ανά μονάδα μήκους σε m/m

$\Delta h$ : Απώλειες πίεσης σε m

L: Μήκος αγωγού σε m

$\lambda$ : Συντελεστής τριβής

k: Απόλυτη τραχύτητα σωλήνα σε mm

Re: Αριθμός Reynolds

$\nu$ : Ιξώδες νερού σε  $m^2/sec$

- e) Οι τριβές στα εξαρτήματα (γωνίες, τάφ, κρουνοί κλπ) κάθε τμήματος του δικτύου υπολογίζονται με την σχέση:

$$J = \frac{1}{2} \sum \zeta \rho V^2 \quad (4.6)$$

όπου:

Σζ: Συνολική αντίσταση των εξαρτημάτων του κλάδου

ρ: Πυκνότητα νερού

f) Ο όγκος ανακυκλοφορίας προκύπτει από την σχέση:

$$V_u = \frac{Q}{c \times \rho_m \times (\Theta_v - \Theta_r)} \quad (4.7)$$

Για τις τριβές, λαμβάνονται υπόψη η ανακυκλοφορία λόγω βαρύτητας, οι απώλειες πίεσης, καθώς και πιθανή αντλία (βλ. Schulz).

g) Πιεστικό

Σε περίπτωση που απαιτείται, υπολογίζεται είτε πιεστικό με προπίεση αέρα (αναλυτικά σύμφωνα με K.Schulz), είτε απλό πιεστικό μεμβράνης.

#### 4.6.3 Παρουσίαση αποτελεσμάτων

Τα αποτελέσματα των υδραυλικών υπολογισμών παρουσιάζονται σε πίνακα, οι στήλες του οποίου αντιστοιχούν στα ακόλουθα μεγέθη:

- a) Τμήμα δικτύου
- b) Μήκος τμήματος (m)
- c) Είδος Υποδοχέα
- d) Παροχή Υποδοχέα (l/s)
- e) Παροχή Αιχμής (l/s)
- f) Διάμετρος Σωλήνα (mm)
- g) Ταχύτητα Νερού (m/s)
- h) Συνολική αντίσταση Εξαρτημάτων Σζ
- i) Τριβή Εξαρτημάτων (mΥΣ)
- j) Τριβή Σωληνώσεων (mΥΣ)
- k) Ολική Τριβή Τμήματος (mΥΣ)
- l) Πίεση Εκροής (υποδοχέα) (mΥΣ)
- m) Πίεση λόγω Υψομέτρου (mΥΣ)

Κάθε τμήμα του δικτύου μπορεί να ανήκει σε μία από τις περιπτώσεις:

- a) Τμήμα δικτύου κρύου νερού: συμβολίζεται με τους δύο ακραίους κόμβους του παρεμβάλλοντας τελεία (.).
- b) Τμήμα δικτύου ζεστού νερού: όπως στην περίπτωση (α) αλλά με παύλα (-).
- c) Τμήμα ανακυκλοφορίας: όπως στην περίπτωση (α) ή (β) αλλά με σύν (+).

Είδος Υποδοχέα: α/α του υποδοχέα στην λίστα υποδοχέων, ή Σ-χ, όπου χ ο α/α Συστήματος (ομάδας) υποδοχέων, που αναλύεται.

Στοιχεία Δικτύου για πλαστική σωλήνα Rehau-Rautitan flex

Θερμοκρασία Νερού (°C)	10
Είδος Κτιρίου	Κατοικία
Τύπος Κύριου Σωλήνα	Πλαστικός Rehau-Rautitan flex
Τραχύτητα Κύριου Σωλήνα (μm)	7
Τύπος Δευτερεύοντος Σωλήνα	Πλαστικός Rehau-Rautitan flex
Τραχύτητα Δευτερεύοντος Σωλήνα (μm)	7
Παροχή Νερού (l/s)	0.707
Δυσμενέστερος Κλάδος	1..17
Τριβές Σωλήνων και Τοπικών Αντιστάσεων (mΥΣ)	9.746
Απαιτούμενη Πίεση Εκροής (mΥΣ)	10
ΔΡ λόγω Υψομετρικών Διαφορών (mΥΣ)	0
Ολική Απαιτούμενη Πίεση (mΥΣ)	19.746

Από τον (Πίνακα 27 του παραρτήματος Α) περνούμε τα παρακάτω στοιχεία για τους υποδοχείς που θα χρησιμοποιήσουμε :

Τύπος Υποδοχέα	Ποσότητα	Εσ.Διαμ. (mm)	Pmf (mΥΣ)	Qrkv (l/s)	Qrζν (l/s)
2 Νεροχύτης - μπαταρία οικ.κουζ.	1	14.4	10.0	0.15	0.15
7 Νιπτήρας - μπαταρία οικ.λουτ.	3	14.4	10.0	0.07	0.07
9 Κάταιον - κιν. κεφ. οικ. λουτ.	2	14.4	10.0	0.05	0.05
14 Λουτήρας - μπαταρία	1	14.4	10.0	0.15	0.15
20 Λεκάνη - δοχείο εκπλυσης	3	14.4	5.0	0.13	0.00
28 Πλυντήριο ρούχων	1	14.4	10.0	0.25	0.00
29 Θερμαντήρας - ηλεκτρ.ροής 6 kw	1	0	10.0	0.07	0.00
36 Βρύση	2	14.4	10.0	0.00	0.00

Όπου

Pmf: Ελάχιστη πίεση εκροής

Qrkv: Παροχή ψυχρού ύδατος

Qrζν: Παροχή θερμού ύδατος



## Υπολογισμοί Σωληνώσεων Υδραυλικής Εγκατάστασης

Ο υπολογισμός των σωληνώσεων νερού έχει σκοπό τον προσδιορισμό των διατομών των σωληνώσεων που εμφανίζονται με το καθαρό εσωτερικό πλάτος (LW) ή με το ονομαστικό πλάτος (DN). Τα βασικά στοιχεία απ' όπου ξεκινά η διαστασιολόγηση των σωληνών είναι οι απαιτούμενες παροχές στις σωληνώσεις για την τροφοδοσία. Γι' αυτό, η πρώτη δουλειά του μελετητή είναι να υπολογίσει τις παροχές για κάθε ένα από τα τμήματα του δικτύου.

Όταν οι παροχές είναι γνωστές για τα διάφορα τμήματα του δικτύου, θα πρέπει να ζητηθεί ο υπολογισμός των ζητούμενων εσωτερικών διαμέτρων των σωληνώσεων σε μία κατά το δυνατόν απλή υπολογιστική εκτίμηση των στοιχείων με τη βοήθεια γνωστών εμπειρικών σχέσεων ή σχέσεων ακρίβειας από τη θεωρία ροής, που καθιστά δυνατή και εποπτική ακόμη και για τον πρακτικό μία απλή εκτίμηση.

### **Υπολογισμός της παροχής**

Ο πρωταρχικός σκοπός της παροχής νερού μίας κατοικίας είναι η κάλυψη της απαιτούμενης ποσότητας νερού των διαφόρων υδραυλικών υποδοχέων σε μια εγκατάσταση υγιεινής. Γι' αυτό η υπάρχουσα κατανάλωση μπορεί να χρησιμεύει σαν μέτρο υπολογισμού της μελλοντικά απαιτούμενης ποσότητας νερού με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια. Η κάλυψη της απαιτούμενης ποσότητας νερού και μαζί μ' αυτή η μεταφερόμενη ποσότητα νερού ή η παροχή αιχμής, αποτελούν τα αποφασιστικά στοιχεία για τη διαστασιολόγηση των σωληνών, δικτύων ύδρευσης, αντλιών και εγκαταστάσεων πιεστικών δοχείων. Έτσι, ξεκινάει κανείς τους υπολογισμούς του με την παροχή αιχμής.

Η κατανάλωση νερού έχει τοπικά πολλές διακυμάνσεις και εξαρτάται σημαντικά από τις απαιτήσεις των καταναλωτών νερού, την τροφοδοσία σε κτίρια κατοικιών ή επαγγελματικά κτίρια, τις κλιματολογικές συνθήκες, και τον εξοπλισμό σε είδη υγιεινής.

Η Παροχή αιχμής ( $Q_S$ ) υπολογίζεται ως συνάρτηση της συνολικής παροχής ( $\Sigma Q_R$ ) που είναι το άθροισμα των παροχών υπολογισμού ( $Q_R$ ) των συνδεδεμένων υποδοχέων στις διαφορές λήψεις του κτηρίου και από τον (Πίνακα 30 Παράρτημα Α), η παροχής αιχμής δίνεται από την σχέση:

$$Q_S = 0.682 (\Sigma Q_R)^{0.45} - 0.14 \quad (4.8)$$

Όπου:  $0.07 < \Sigma Q_R < 20$  l/s

Ταυτοχρονισμός της κατανάλωσης νερού

Η λήψη νερού δεν εξαρτάται γραμμικά από τον αριθμό των δυνατών θέσεων λήψης και του ρέοντος όγκου μέσα σε μία μονάδα κατοικίας, π.χ. ενός διαμερίσματος. Εξαιρέσεις αποτελούν μονάδες κατανάλωσης με μία μόνο λήψη, τέτοιες, που από λόγους λειτουργικότητας πρέπει να είναι συγχρόνως και διαρκώς σε λειτουργία π.χ. θέσεις λήψης νερού ψύξης σε βιοτεχνικές μονάδες. Σ' αυτές τις περιπτώσεις μιλάμε για πλήρη ταυτοχρονισμό. Αλλά στις περισσότερες περιπτώσεις των οικιακών εγκαταστάσεων υγιεινής δεν επιτυγχάνεται ποτέ αυτός ο βαθμός ταυτοχρονισμού στη χρήση όλων των σημείων λήψης ενός δικτύου σωληνώσεων.

Γενικά, διαπιστώνεται ότι ο βαθμός ταυτοχρονισμού ελαττώνεται με την αύξηση των θέσεων λήψης. Ο ταυτοχρονισμός έχει συμπεριληφθεί στη παραπάνω σχέση. Γενικά ο συντελεστής ταυτοχρονισμού δίνεται από τη σχέση:

$$F = Q_S / \Sigma Q_R \quad (4.9)$$

Για το τμήμα δικτύου 3.4 έχουμε:

$$\Sigma Q_R = 0.07 \text{ (l/s)}$$

Άρα συνολική παροχή υποδοχέων  $\Sigma Q_R = 0.07 \text{ (l/s)}$  και η παροχή αιχμής είναι

$$Q_S = 0.682 (0.07)^{0.45} - 0.14 = 0.07 \text{ (l/s)}$$

- Το είδος του σωλήνα για το συγκεκριμένο τμήμα δικτύου είναι Κύριος με διάμετρο Φ15 (με βάση του διαγράμματος 2 του Παραρτήματος Α).
- Στο τμήμα δικτύου 3.4 έχουμε μία διακλάδωση με συντελεστή τοπικής αντίστασης  $\zeta = 0.4$  (από Πίνακα 32 του παραρτήματος Α).

### Εύρεση ταχυτήτων

Δεδομένα:

$$\text{Πυκνότητα νερού: } \rho = 1000 \left( \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)$$

$$\text{Κινηματικό Ιξώδες: } \nu = 0,0114 \left( \frac{\text{cm}^2}{\text{sec}} \right)$$

$$\text{Δυναμική Συνεκτικότητα: } \mu = 0,00114 \text{ (Pa} \cdot \text{sec)}$$

$$\text{Συντελεστής Τραχύτητας: } \varepsilon = 0,007 \text{ (mm)}$$

$$\text{Υδραυλική Διάμετρος Σωλήνα Κυκλικής Διατομής: } d_h = D$$

$$\text{Κλίση Σωληνώσεων: } J = 2 \left( \frac{\text{cm}}{\text{m}} \right)$$

$$\text{Παροχή: } Q = 0.07 \left( \frac{\text{lit}}{\text{sec}} \right)$$

Πορεία υπολογισμού ταχύτητας:

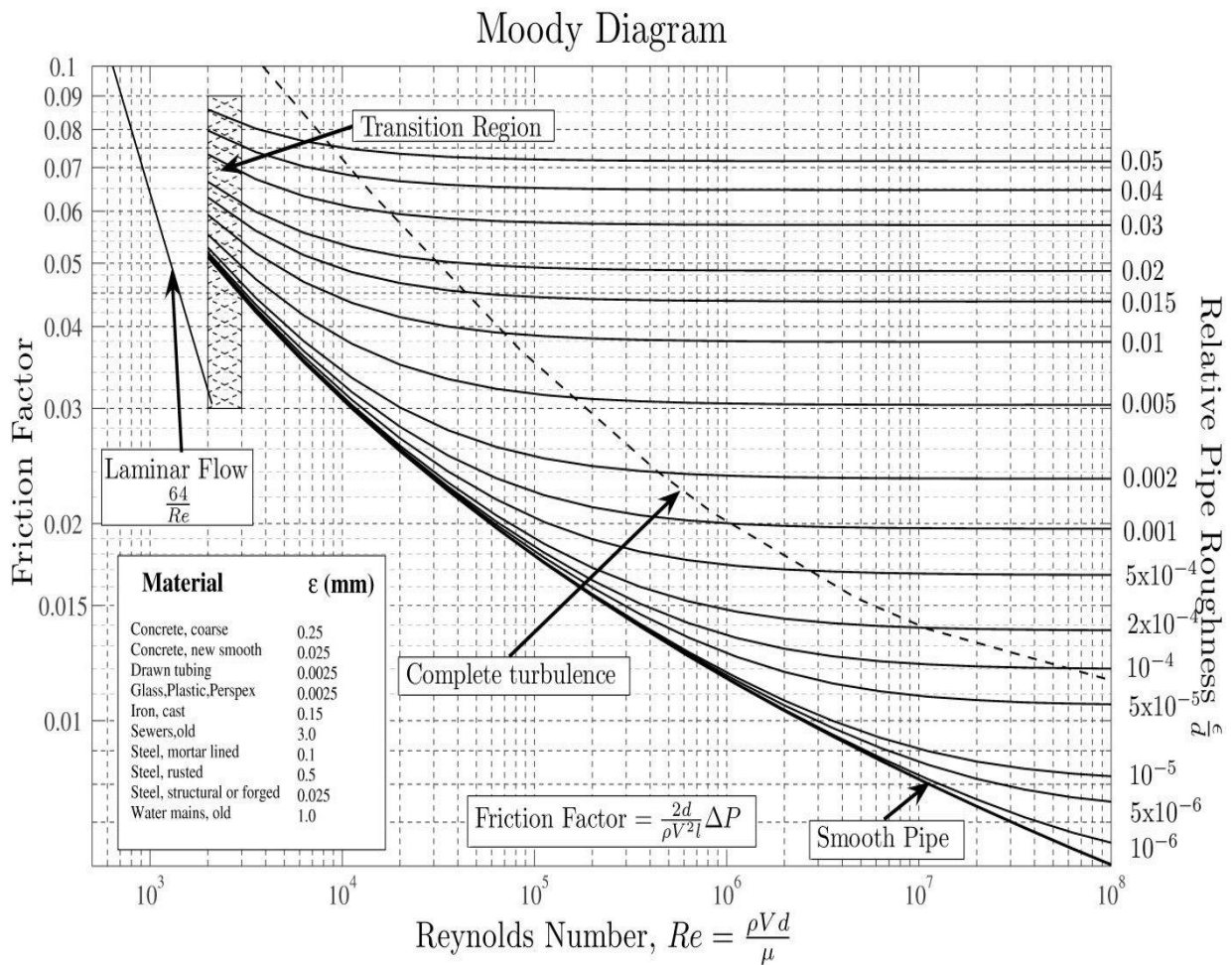
$$\text{Αρχικά θεωρώ ταχύτητα ροής: } V = 1 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

Το ελάχιστο μέγεθος κύριου σωλήνα για το συγκεκριμένο τμήμα είναι DN15 με εσωτερική διάμετρο 14.4(mm).

$$\text{Το εμβαδόν του σωλήνα είναι: } A = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \rightarrow A = 1.63 \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$\text{Ο αριθμός Reynolds είναι: } Re = \frac{\rho \cdot V \cdot D}{\mu} \rightarrow Re = 1260 \cdot 10^4$$

Είναι  $Re > 4000$ , άρα έχουμε τυρβώδης ροή. Από το διάγραμμα Moody έχουμε:



Για αριθμό Reynolds:  $Re = 1260 \cdot 10^4$

και για σχετική τραχύτητα σωλήνα:  $\frac{\epsilon}{D} = 0.00048$

Λαμβάνουμε συντελεστή τριβής:  $\lambda = 0.031$

Από την εξίσωση Darcy  $J = \frac{\lambda}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$  λύνοντας ως προς την ταχύτητα έχουμε:

$$V = \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot J \cdot D}{\lambda}} \rightarrow V = 0.430 \left( \frac{m}{s} \right)$$

Τελικά διαπιστώνουμε ότι η ταχύτητα είναι μικρότερη από 1.5(m/s) και έτσι δεν θα έχουμε προβλήματα θορύβου στην εγκατάσταση μας. Άρα η επιλογή μας ήταν σωστή και θα χρησιμοποιήσουμε την σωλήνα DN15 με εσωτερική διάμετρο

14.4(mm).

Απώλεια πίεσης στις σωληνώσεις από τριβές

$$\Delta_{PR} = R \cdot \text{Μήκος σωλήνα} \quad (4.10)$$

όπου R η ανά μονάδα μήκους σωλήνας απώλεια πίεσης, που εξαρτάται από τη διάμετρο του σωλήνα, την παροχή και την ταχύτητα του νερού την θερμοκρασία νερού, την κινηματική συνεκτικότητα και την τραχύτητα του σωλήνα. Υπολογίζεται από διαγράμματα για πλαστικούς σωλήνες.

Από το (Διάγραμμα 3 του παραρτήματος Α) για ταχύτητα νερού 0.430 (m/s) και διάμετρο σωλήνα Φ15) προκύπτει

$$R = 0.025 \text{ (mYΣ/m)}$$

$$\text{Άρα } \Delta_{PR} = R \cdot L = 0.025 \cdot 2 = 0.05 \text{ (mYΣ)}$$

### Πτώση πίεσης από αντιστάσεις

Η πτώση πίεσης από αντιστάσεις (τριβή εξαρτημάτων) δίδεται από τον τύπο:

$$\Delta_{PZ} = \frac{\Sigma \zeta \cdot \rho}{2 \cdot u^2}$$

Όπου:

$\rho$ : η πυκνότητα του νερού

$u$ : η ταχύτητα του νερού

$\Sigma \zeta$ : συντελεστής αντίστασης

$$\text{Άρα } \Delta_{PZ} = 0.038 \text{ (mYΣ)}$$

### Ολική τριβή

Η ολική τριβή ισούται με το άθροισμα των τριβών εξαρτημάτων και των τριβών των σωληνώσεων

$$\text{Επομένως } \Delta P_{OL} = \Delta_{PZ} + \Delta_{PR} = 0,038 + 0,05 = 0,088 \text{ (mYΣ)}$$

Με επανάληψη των παραπάνω υπολογισμών και για υπόλοιπους κλάδους της εγκατάστασης προκύπτει ο παρακάτω πίνακας:

Τμήμα Δικτύου	Μήκος Σωλήνα m	Είδος Υποδοχεία	Παροχή Υποδοχεία l/s	Παροχή Αιχμής l/s	Είδος Σωλήνα	Διάμετρος Σωλήνα mm	Ταχύτητα Νερού m/s	Σζ Εξαρτημάτων	Τριβή Εξαρτημάτων mYΣ	Τριβή Σωληνών mYΣ	Ολική Τριβή mYΣ	Απαιτ. Πίεση Υποδοχεία mYΣ	ΔΡ Υψομ. Διαφορών mYΣ
1.2	9		1.620	0.707	Κύρ.	DN20	2.778	1.000	0.393	4.597	4.990		
2.3	7		0.550	0.381	Κύρ.	DN15	2.339	1.000	0.279	3.459	3.738		3
3.4	2	7	0.070	0.070	Κύρ.	DN15	0.430	4.000	0.038	0.050	0.088	10.00	
3.5	2	20	0.130	0.130	Κύρ.	DN15	0.798	4.000	0.130	0.148	0.277	5.000	

3.6	1.5	9	0.050	0.050	Κύρ.	DN15	0.307	4.000	0.019	0.021	0.040	10.00	
3.7	5	2	0.150	0.150	Κύρ.	DN15	0.921	4.000	0.173	0.473	0.646	10.00	
3.8	8	36	0.150	0.150	Κύρ.	DN15	0.921	4.000	0.173	0.757	0.930	10.00	
2.9	12		1.070	0.563	Κύρ.	DN20	2.212	1.000	0.249	4.066	4.316		7
9.10	2.5	7	0.070	0.070	Κύρ.	DN15	0.430	4.000	0.038	0.063	0.101	10.00	
9.11	2	20	0.130	0.130	Κύρ.	DN15	0.798	4.000	0.130	0.148	0.277	5.000	
9.12	2	28	0.250	0.250	Κύρ.	DN15	1.535	4.000	0.480	0.466	0.947	10.00	
9.13	2.5	14	0.150	0.150	Κύρ.	DN15	0.921	4.000	0.173	0.237	0.409	10.00	
9.14	1	20	0.130	0.130	Κύρ.	DN15	0.798	4.000	0.130	0.074	0.204	5.000	
9.15	2	9	0.050	0.050	Κύρ.	DN15	0.307	4.000	0.019	0.028	0.048	10.00	
9.16	4	7	0.070	0.070	Κύρ.	DN15	0.430	4.000	0.038	0.101	0.138	10.00	
9.17	2	36	0.150	0.150	Κύρ.	DN15	0.921	4.000	0.173	0.189	0.362	10.00	
9.18	5	29	0.070	0.070	Κύρ.	DN15	0.430	4.000	0.038	0.126	0.164	10.00	
1-19	4		0.610	0.406	Κύρ.	DN15	2.493	1.000	0.317	1.901	2.217		
19-16	4		0.070	0.070	Κύρ.	DN15	0.430	4.000	0.038	0.081	0.118	10.00	
19-15	2		0.050	0.050	Κύρ.	DN15	0.307	4.000	0.019	0.022	0.042	10.00	
19-13	2.5		0.150	0.150	Κύρ.	DN15	0.921	4.000	0.173	0.195	0.368	10.00	
19-10	2.5		0.070	0.070	Κύρ.	DN15	0.430	4.000	0.038	0.050	0.088	10.00	
19-20	4		0.270	0.238	Κύρ.	DN15	1.461	1.000	0.109	0.717	0.826		
20-7	5		0.150	0.150	Κύρ.	DN15	0.921	4.000	0.173	0.390	0.563	10.00	
20-6	1.5		0.050	0.050	Κύρ.	DN15	0.307	4.000	0.019	0.017	0.036	10.00	
20-4	2		0.070	0.070	Κύρ.	DN15	0.430	4.000	0.038	0.040	0.078	10.00	

### Απαιτούμενες πιέσεις στους κλάδους (mΥΣ)

Για τον κλάδο 1 .. 4 έχουμε:

Σύνολο Απωλειών Σωληνώσεων από το 1 έως το 4 (4.597+3.459+0.050): 8.106

Σύνολο Απωλειών Εξαρτημάτων από το 1 έως το 4 (0.393+0.279+0.038): 0.71

Απώλειες Πίεσης λόγω Υψομετρικής διαφοράς: 3

Ελάχιστη Πίεση εκροής στον τελευταίο Υδραυλικό Υποδοχέα: 10

Συνολικές Απώλειες στο τμήμα 1 έως 4: 22.816

Υπολογίζοντας υπόλοιπους κλάδους του δικτύου ( με' αρχή το σημείο εισόδου του νερού δηλ. το 1 και τέλος το σημείο εξόδου του νερού σε οποιοδήποτε άλλο υδραυλικό υποδοχέα έχουμε τις παρακάτω απαιτούμενες πιέσεις των αντιστοίχων τμημάτων:

#### Απαιτούμενες πιέσεις στους κλάδους (mΥΣ)

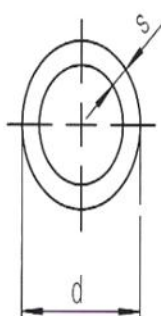
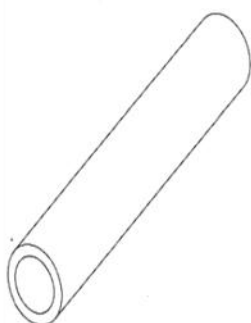
Απαιτούμενη πίεση στον κλάδο	1..4	:	21.816
Απαιτούμενη πίεση στον κλάδο	1..5	:	17.005
Απαιτούμενη πίεση στον κλάδο	1..6	:	21.768
Απαιτούμενη πίεση στον κλάδο	1..7	:	22.374
Απαιτούμενη πίεση στον κλάδο	1..8	:	22.658
Απαιτούμενη πίεση στον κλάδο	1..10	:	29.407
Απαιτούμενη πίεση στον κλάδο	1..11	:	24.583
Απαιτούμενη πίεση στον κλάδο	1..12	:	30.253
Απαιτούμενη πίεση στον κλάδο	1..13	:	29.715
Απαιτούμενη πίεση στον κλάδο	1..14	:	24.510
Απαιτούμενη πίεση στον κλάδο	1..15	:	29.354
Απαιτούμενη πίεση στον κλάδο	1..16	:	29.444
Απαιτούμενη πίεση στον κλάδο	1..17	:	29.668
Απαιτούμενη πίεση στον κλάδο	1..18	:	29.470
Απαιτούμενη πίεση στον κλάδο	1--16	:	22.335
Απαιτούμενη πίεση στον κλάδο	1--15	:	22.259
Απαιτούμενη πίεση στον κλάδο	1--13	:	22.585
Απαιτούμενη πίεση στον κλάδο	1--10	:	22.305
Απαιτούμενη πίεση στον κλάδο	1--7	:	23.606
Απαιτούμενη πίεση στον κλάδο	1--6	:	23.079
Απαιτούμενη πίεση στον κλάδο	1--4	:	23.121

Δυσμενέστερος κλάδος 1..12 : 30.253

Διάμετρος Σωλήνα	Μήκος
Πλαστικός DN15	71.00(m)
Πλαστικός DN20	21.00(m)

#### 4.6.8 Τεχνοοικονομική μελέτη

A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔ.	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΣΥΝ. ΤΙΜΗ
	ΣΩΛΗΝΕΣ			
1	Πλαστικός DN15	2.38 €	71(m)	168.98 €
2	Πλαστικός DN20	4.65 €	21(m)	97.65 €
	ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ			
3	Γωνιακός κρουνός	0.91 €	21	19.11 €
4	Συλλέκτης (2)	8.33 €	5	41.65 €
	ΥΠΟΔΟΧΕΙΣ			
5	Νεροχύτης - μππαταρία οικ.κουζ. ΝΕΡΟΧΥΤΗΣCARRON 8620 INOX	166.88 €	1	166.88 €
6	Νιπτήρας - μππαταρία οικ.λουτ.	159.9 €	3	479.7 €
7	Κάταιον - κιν. κεφ. οικ. λουτ.	55.35 €	2	110.7 €
8	Λουτήρας - μππαταρία	41.82 €	1	41.82 €
9	Λεκάνη - δοχείο εκπλυσης	233.7 €	3	701.1 €
10	Πλυντήριο ρούχων	199 €	1	199 €
11	Βρύση	26 €	2	52 €
ΣΥΝΟΛΟ				2078.59 €

**RAUTITAN flex****REHAU-RAUTITAN flex**

για εγκαταστάσεις ποτίμου νερού και θέρμανσης.

Πολυαιθυλένιο δικτυωμένο σε υψηλή πίεση (RAU-PE-Xa) με DIN 16892 και DVGW φύλλο εργασίας W 531.

DVGW- Αριθμός πρωτοκόλλου: DVGW DW-8501AU2200 (έγκριση συστήματος).

Πιστοποίηση DIN Certco: 3V257 PE-Xa

Αδιαπέραστο από οξυγόνο ως DIN 4726

Χρώμα: ασημί RAL 9006 (λευκό αλουμίνιο)

Κατηγορία υλικού: B2, κανονικά εύφλεκτο

Κωδ.Αρ.	Μήκος mm		DN	Όγκ. l/m	Βάρος kg/m	Συσκευασία	Παλέτα Περιεχ.	Τιμή μονάδας €/m	Συσκ.	
	d	s								
<b>Κουλούρα:</b>										
130370-100	16	2,2	12	0,106	0,098	100 m κουλούρα	1500 m	1,68	100 m	
130380-100	20	2,8	15	0,163	0,152	100 m κουλούρα	1500 m	2,38	100 m	
130390-025	25	3,5	20	0,254	0,227	25 m κουλούρα	375 m	4,65	25 m	
130400-025	32	4,4	25	0,423	0,375	25 m κουλούρα	375 m	6,16	25 m	
<b>Βέργα:</b>										
130370-006	16	2,2	12	0,106	0,098	6 m βέργα	5400 m	1,68	60 m	
130380-006	20	2,8	15	0,163	0,152	6 m βέργα	3240 m	2,38	60 m	
130390-006	25	3,5	20	0,254	0,227	6 m βέργα	2160 m	4,65	30 m	
130400-006	32	4,4	25	0,423	0,375	6 m βέργα	1350 m	6,16	30 m	
130410-006	40	5,5	32	0,661	0,569	6 m βέργα	972 m	8,11	12 m	
130420-006	50	6,9	40	1,029	0,898	6 m βέργα	648 m	12,98	6 m	
130430-006	63	8,6	50	1,633	1,457	6 m βέργα	324 m	21,31	6 m	



## 5. ΜΕΛΕΤΗ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ

### 5.1 ΓΕΝΙΚΟΙ ΚΑΝΟΝΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ

1. Όλες οι εγκαταστάσεις αποχέτευσης πρέπει να μελετώνται και να κατασκευάζονται κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να εξασφαλίζουν τη μεγαλύτερη δυνατή προστασία της υγείας των ανθρώπων που τις χρησιμοποιούν.
2. Οι εγκαταστάσεις, αποχέτευσης δεν επιτρέπεται να διαταράσσουν την ηχοπροστασία του κτιρίου τη πυροπροστασία του και τους κανόνες υγιεινής διαβίωσης. Ειδικές διαταράξεις, που αναφέρονται σ' αυτά είναι επικρατέστερες αυτής της οδηγίας.
3. Τα στοιχεία που συνιστούν μια εγκατάσταση Αποχέτευσης πρέπει να πληρούν τις απαιτήσεις που έχουν προσδιοριστεί γ' αυτά. Με στόχο μια απρόσκοπτη τεχνική κατασκευή, λειτουργία και συντήρηση της εγκατάστασης; και έναν ορθολογισμό στην ολοκλήρωση του κτιρίου, τα στοιχεία αυτά πρέπει να είναι τυποποιημένα.
4. Η ποιότητα και οι διαστάσεις τούς πρέπει να συμφωνούν με ισχύουσες προδιαγραφές, και να αποδεικνύονται κατά το δυνατόν από πιστοποιητικά έλεγχου ή σήμα πιστοποίησης, εάν έχει χορηγηθεί.
5. Η ροή των υγρών και των μεταφερόμενων από αυτά στερεών μέσα σε μια εγκατάσταση αποχέτευσης πρέπει να εξασφαλίζεται με φυσική ροή βαρύτητας.
6. Ειδικά σε περιπτώσεις που αυτό δεν είναι εφικτό χρησιμοποιούνται αντλίες για την ανύψωση της στάθμης τους.
7. Η στάθμη υπερύψωσης είναι αυτή που καθορίζει το διαχωρισμό μεταξύ αποχέτευσης των λυμάτων με φυσική ροή βαρύτητας και άντλησης των λυμάτων για ανύψωση της στάθμης.
8. Όλες οι εγκαταστάσεις αποχέτευσης μέσα σε κτίρια και οικόπεδα πρέπει να είναι στεγανές στις παρουσιαζόμενες μέσα σ' αυτές πιέσεις υγρών και ατμών ή αερίων.
9. Οι εξωτερικές επιφάνειες των στοιχείων που συνιστούν μια εγκατάσταση αποχέτευσης δεν πρέπει να έρχονται σε επαφή με σώματα που μπορούν να προσβάλλουν το υλικό κατασκευής τους.
10. Σε περιπτώσεις ενσωμάτωση, (που κατ' αρχήν πρέπει να αποφεύγεται) των στοιχείων της εγκατάστασης αποχέτευσης στα οικοδομικά στοιχεία του κτιρίου, όπως π.χ. σε οροφές, τοίχους, δάπεδα, κ.λ.π. συνιστάται να προστατεύονται ανάλογα με το υλικό του, με επικαλυπτικές

επιστρώσεις από υλικά μακράς διάρκειας ζωής.

11. Ανάλογα με το κάθε υλικό κατασκευής πρέπει παράλληλα να λαμβάνετε μέριμνα για την ελεύθερη συστοδιαστολή των στοιχείων στις παρουσιαζόμενες αυξομειώσεις της θερμοκρασίας.
12. Όλα τα στοιχεία που συνιστούν μια εγκατάσταση αποχέτευσης πρέπει να προστατεύονται από το παγετό.
13. Οι σωληνώσεις αποχέτευσης πρέπει να εγκαθίστανται με τέτοιο τρόπο, ώστε την απορροή των προς αποχέτευση υγρών και των που μεταφέρονται από αυτά, να συντελείται έτσι, που να την οποιαδήποτε απόθεση των στερεών υλών μέσα σε αυτές.
14. Σε κάθε συσκευή κατανάλωσης νερού πρέπει να αντιστοιχεί οπωσδήποτε ένας υποδοχέας για παραλαβής των χρησιμοποιημένων υγρών και διοχέτευσης τους στην εγκατάσταση αποχέτευσης.

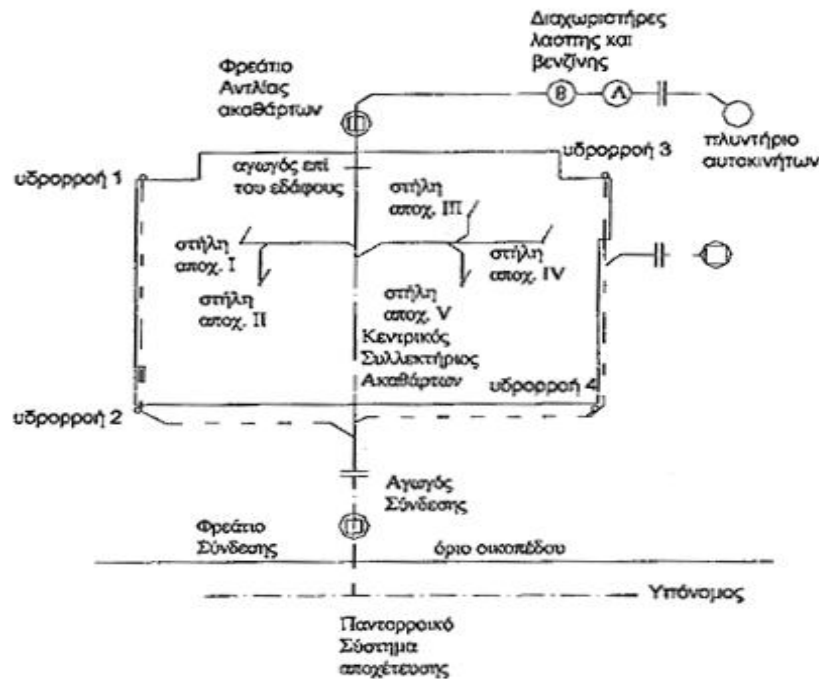
Η αρχή αυτή δεν εφαρμόζεται:

α. Στα σημεία υδροληψίας για πυρόσβεση και άρδευση.

β. Σε δοχεία και δεξαμενές που χρησιμοποιούνται για αποθήκευση νερού.

1. Οι υπερχειλίσεις και εκροές υπερπλήρωσης των δοχείων και δεξαμενών αυτών που τροφοδοτούνται από τις εγκαταστάσεις ύδρευσης δεν επιτρέπεται να συνδέονται απευθείας με την εγκατάσταση αποχέτευσης.
2. Οι εγκαταστάσεις αποχέτευσης πρέπει να αερίζονται και για τον αερισμό τους λαμβάνονται ειδικά μέτρα.
3. Η σύνδεση συστημάτων αερισμού χώρων και αερισμού αποχετευτικών εγκαταστάσεων απαγορεύεται.
4. Κάθε κτίριο κτισμένο σε οικόπεδο που έχει πρόσοψη προς κοινόχρηστο χώρο, από τον οποίο διέρχεται δίκτυο υπονόμων, πρέπει να συνδέεται με τον υπόνομο με ιδιαίτερη σύνδεση.
5. Τα βρόχινα νερά αποχετεύονται με χωριστή εγκατάσταση και δεν αναμιγνύονται με τα υγρά της εγκατάστασης αποχέτευσης.
6. Από τον φορέα διαχείρισης του δικτύου των υπονόμων μιας περιοχής, καθορίζεται ο τρόπος παραλαβής των βρόχινων νερών από τα κτίρια και τα οικόπεδα. (π.χ. διάθεση στο δρόμο με ελεύθερη ροή, διάθεση με αγωγή σύνδεσης στον υπόνομο βρόχινων νερών ή σύνδεση του κεντρικού συλλεκτήριου αγωγού βρόχινων νερών στον αγωγό σύνδεσης των ακαθάρτων).

## 5.2 ΤΜΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ ΟΡΙΣΜΟΙ-ΓΕΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ-ΥΛΙΚΑ



**Σχήμα 9:** Παντορροϊκό - Χωριστικό σύστημα αποχέτευσης

### 5.2.1 Αγωγοί-σωληνώσεις

#### a) Αγωγός σύνδεσης

Ο αγωγός σύνδεσης συνδέει το δίκτυο υπονόμων με το πρώτο φρεάτιο της εγκατάστασης αποχέτευσης του οικοπέδου.

Η εγκατάσταση του αγωγού σύνδεσης βαρύνει οικονομικά τον ιδιοκτήτη του ακινήτου, εκτελείται όμως με την φροντίδα και την ευθύνη του φορέα που ελέγχει το δίκτυο των υπονόμων του οικισμού (διαχείριση αποβλήτων).

#### b) Κεντρικός συλλεκτήριος αγωγός

Ο κεντρικός συλλεκτήριος αγωγός συγκεντρώνει τα λύματα των συλλεκτήριων σωληνώσεων και τα οδηγεί στον αγωγό σύνδεσης με την παρεμβολή φρεατίου έλεγχου για την σύνδεση.

#### c) Συλλεκτήριες σωληνώσεις

Οι συλλεκτήριες σωληνώσεις συγκεντρώνουν τα λύματα από τις κατακόρυφες στήλες και τις σωληνώσεις σύνδεσης, και τα οδηγούν στον κεντρικό συλλεκτήριο αγωγό.

#### ➤ Στήλες αποχέτευσης

Οι κατακόρυφες στήλες αποχέτευσης οδεύουν διάμεσου των ορόφων και οδηγούν τα λύματα από τις οριζόντιες σωληνώσεις σύνδεσης στις συλλεκτήριες σωληνώσεις.

➤ Παράπλευρη στήλη αποχέτευσης

Η παράπλευρη στήλη αποχέτευσης είναι η βοηθητική στήλη που χρησιμοποιείται παράλληλα με τη κύρια σε περιπτώσεις αλλαγής διεύθυνσης της κύριας στήλης από κατακόρυφη σε οριζόντια ή το αντίθετο, και παραλαμβάνει τα λύματα των υποδοχέων στα τμήματα αυτά.

➤ Σωλήνωση οριζόντιας μετάθεσης στήλης

Κατά την μετάθεση μιας κατακόρυφης στήλης αποχέτευσης μεσολαβεί οριζόντιο τμήμα που επηρεάζει την διαμόρφωση της ταχύτητα ροής των λυμάτων. Η σωλήνωση αυτή χαρακτηρίζεται με την ονομασία οριζόντια μετάθεση στήλης.

### 5.3.2 Σωληνώσεις σύνδεσης

➤ Σωλήνωση σύνδεσης

Η σωλήνωση σύνδεσης συνδέει την οσμοπαγίδα ενός υδραυλικού υποδοχέα με μια στήλη αποχέτευσης ή με μια συλλεκτήρια σωλήνωση.

i. Σωλήνωση Πολλαπλής Σύνδεσης

Η σωλήνωση πολλαπλής σύνδεσης συγκεντρώνει τα λύματα περισσότερων του ενός υποδοχέων και τα οδηγεί στη στήλη αποχέτευσης ή τις συλλεκτήριες σωληνώσεις.

ii. Σωλήνωση Απορροής

Η σωλήνωση απορροής συνδέει μια απορροή με την οσμοπαγίδα που την προστατεύει.

iii. Σωλήνωση Σύνδεση Οσμοπαγίδας Δαπέδου

Η σωλήνωση σύνδεσης της οσμοπαγίδα δαπέδου οδηγεί τα λύματα που συγκεντρώνονται από το στραγγισμό του δαπέδου ή και από υποδοχείς με ή χωρίς παγίδα, σε μια στήλη αποχέτευσης ή σε μια συλλεκτήρια σωλήνωση.

### 5.3.3 Αποχέτευση βρόχινων νερών

➤ Σωληνώσεις βρόχινων νερών

Για την αποχέτευση των βρόχινων νερών ισχύουν από τους ορισμούς που

προαναφέρθηκαν με την διάκριση "βρόχινων νερών" οι παρακάτω:

- α. Αγωγός σύνδεσης βρόχινων νερών.
- β. Κεντρικός συλλεκτήριος αγωγός βρόχινων νερών.
- γ. Συλλεκτήριες σωληνώσεις βρόχινων νερών.
- δ. Σωλήνωση απορροής βρόχινων νερών.

➤ Υδρορροή

Η υδρορροή είναι η κατακόρυφη στήλη που οδηγεί τα βρόχινα νερά από τα σημεία συγκέντρωσης π.χ. οροφές, στέγες ή εξώστες ή προς τις συλλεκτήριες σωληνώσεις που προορίζονται για την αποχέτευση βρόχινων νερών ή προς ελεύθερη ροή.

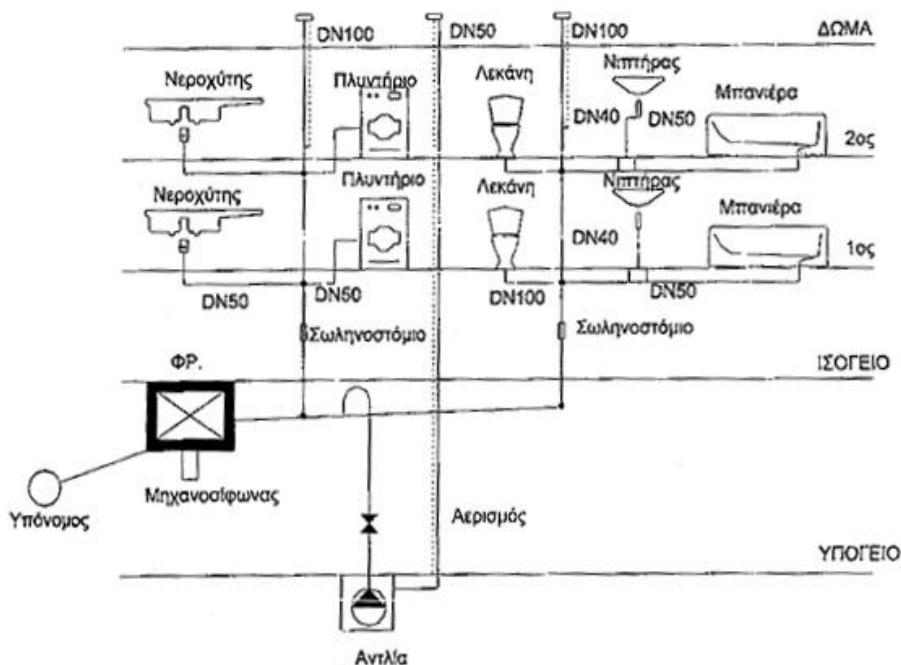
➤ Συστήματα και Σωληνώσεις Αερισμού

Το σύστημα αερισμού είναι το σύνολο των σωληνώσεων που, χρησιμεύουν για την αποκατάσταση επικοινωνίας του αέρα μεταξύ της εγκατάστασης αποχέτευσης και της ατμόσφαιρας.

Το σύστημα αερισμού δίνει τη δυνατότητα απαγωγής των αερίων που δημιουργούνται μέσα στο αποχετευτικό σύστημα και εξισορροπεί τις πιέσεις που παρουσιάζονται.

➤ Τα αποδεκτά προς εφαρμογή συστήματα αερισμού είναι:

- α. Σύστημα Κύριου Αερισμού



Σχήμα 10: Σύστημα Κύριου Αερισμού

Αυτό συνίσταται σε προέκταση της στήλης αποχέτευσης μέχρι και υπεράνω της οροφής του κτιρίου. Περισσότερες της μιας σωληνώσεις κύριου αερισμού κατευθυνόμενες προς την οροφή του κτιρίου επιτρέπεται να ενώνονται μεταξύ τους μετά το τελευταίο προς τα επάνω υποδοχέα.

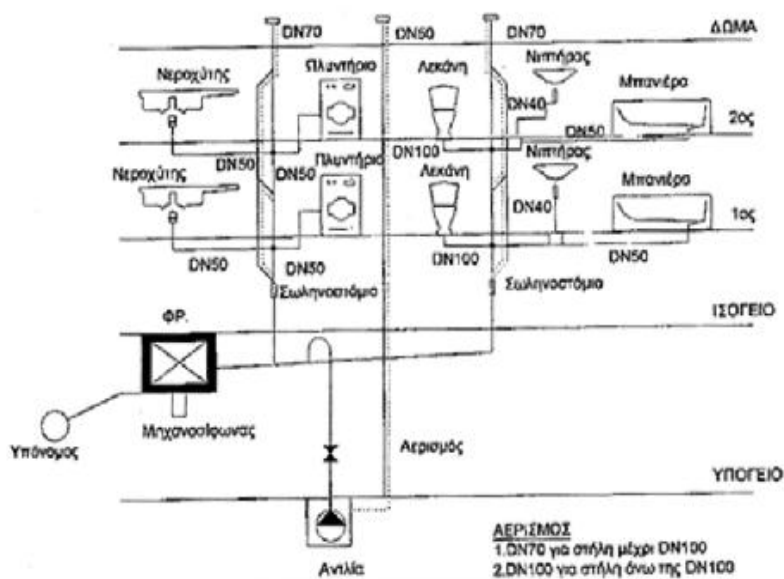
### β. Σύστημα Παράπλευρου Αερισμού

Όπου το σύστημα του κύριου αερισμού δεν είναι επαρκές, λόγω κυρίως υψηλών φορτίσεων ή μεγάλων τελικών ταχυτήτων στις στήλες, επιλέγεται ως πρόσθετος αερισμός το σύστημα του παράπλευρου αερισμού.

Αυτό συνίσταται στην τοποθέτηση στήλης παράπλευρου αερισμού παράλληλα προς την στήλη αποχέτευσης.

Το σύστημα αυτό υποδιαιρείται στα παρακάτω υποσυστήματα :

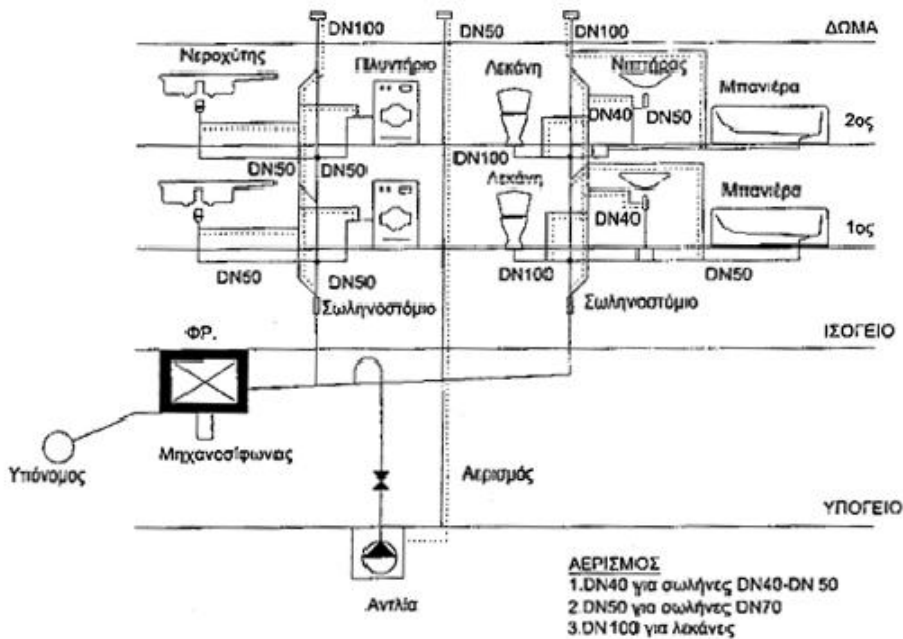
#### 1. Άμεσος Παράπλευρος Αερισμός



**Σχήμα 11:** Άμεσος Παράπλευρος Αερισμός

Στο σύστημα αυτό γίνεται σε κάθε όροφο του κτιρίου μία σύνδεση μεταξύ της στήλης αποχέτευσης και της στήλης παραπλεύρου αερισμού.

## 2. Έμμεσος Παράπλευρος Αερισμός



**Σχήμα 12:** Έμμεσος Παράπλευρος Αερισμός

Στο σύστημα αυτό σε κάθε όροφο γίνεται μία σύνδεση κάθε σωλήνωσης πολλαπλής σύνδεσης με τη στήλη παράπλευρου αερισμού με ιδιαίτερη σωλήνωση σύνδεσης αερισμού.

Το σύστημα αυτό εφαρμόζεται σε εγκαταστάσεις ομαδικών ουρητηρίων ή αποχωρητηρίων.

### γ. Σύστημα Πλήρους Αερισμού

Ο πλήρης αερισμός, ως πρόσθετος του παράπλευρου σε μία εγκατάσταση αποχέτευσης, είναι το σύστημα που προβλέπει τον αερισμό όλων των εγκατεστημένων οσοπαγίδων με ανεξάρτητες συνδεόμενες μεταξύ τους σωληνώσεις αερισμού.

Οι χωριστές αυτές σωληνώσεις συνδέονται στην στήλη του παράπλευρου αερισμού σε κάθε όροφο.

### δ. Σύστημα Αερισμού με Βρόχους

Στο σύστημα αυτό του πρόσθετου αερισμού δεν υπάρχει στήλη παράπλευρου αερισμού, αλλά το υψηλότερο άκρο κάθε σωλήνωσης πολλαπλής σύνδεσης συνδέεται, μέσω ενός κλάδου αερισμού, με στήλη αποχέτευσης που στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιείται και ως στήλη αερισμού. Το σύστημα αυτό εφαρμόζεται, όταν η σωλήνωση πολλαπλής σύνδεσης παρουσιάζει μεγάλη φόρτιση ή έχει μεγάλο μήκος λόγω διασποράς των υδραυλικών υποδοχέων μακριά από τη στήλη αποχέτευσης.

## 5.4 ΜΕΛΕΤΗ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ

Η μελέτη της αποχέτευσης περιλαμβάνει:

### Γενικό σχέδιο αποχέτευσης

Κάτοψη του πρώτου επιπέδου του κτιρίου (ισογείου ή υπογείου αν υπάρχει ) στο οποίο θα φαίνεται:

- a) Το οριζόντιο δίκτυο αποχέτευσης ακαθάρτων (φρεάτια, σωλήνες, μηχανοσίφωνες κ.λ.π.) και ο τρόπος διάθεσης τους (σύνδεση με το δίκτυο της πόλης - βόθρος κ.λ.π.).
- b) Το οριζόντιο δίκτυο απομάκρυνσης των ομβρίων όλης της οικοδομής και των διαμορφούμενων ακάλυπτων χώρων του οικοπέδου.

### Τεχνική περιγραφή που περιλαμβάνει:

- a) Τα υλικά που προβλέπεται να χρησιμοποιηθούν.
- b) Τις προδιαγραφές των υλικών (αρ. ΕΛΟΤ αν υπάρχει).
- c) Τον τρόπο εγκατάστασης και σύνδεσης (περιγραφή ή αναφορά σε συγκεκριμένες ή παραδεδεγμένες τεχνικές οδηγίες).
- d) Το σύστημα ή τη μέθοδο που έχει επιλεγεί για την αποχέτευση ακαθάρτων και βροχής (δίκτυα πόλεως, βόθροι, σύστημα επεξεργασίας αποβλήτων κλπ.).
- e) Προβλεπόμενα συστήματα προστασίας περιβάλλοντος.

### Τεύχος υπολογισμών που θα περιλαμβάνει:

Τους αναγκαίους υπολογισμούς από τους οποίους θα προκύπτουν οι διάμετροι των σωληνώσεων (μέθοδος υδραυλικών υποδοχέων ή άλλη).

### Σχέδια κατασκευής

Κατόψεις όλων των ορόφων στις οποίες θα φαίνονται:

- a) Οι θέσεις των υδραυλικών υποδοχέων στους διαφόρους χώρους του κτιρίου.
- b) Το εσωτερικό και εξωτερικό δίκτυο αποχέτευσης με ενδείξεις του υλικού κατασκευής της διαμέτρου των σωλήνων, των σιφωνίων, φρεατίων, παγίδων, στομιών καθαρισμού κ.λ.π.
- c) Οι σωλήνες αερισμού του δικτύου αποχέτευσης με ενδείξεις του υλικού κατασκευής και των διαμέτρων τους κ.λ.π.
- d) Υπόμνημα με τους συμβολισμούς των σωλήνων, φρεατίων, ειδικών τεμαχίων, πωμάτων κ.λ.π.



Διάγραμμα αποχετεύσεων στο οποίο να εμφανίζεται η σύνδεση των διαφόρων υδραυλικών υποδοχέων πάνω στα κατακόρυφα και τα οριζόντια τμήματα των δικτύων. Επίσης, η ποιότητα και η διάμετρος των σωλήνων και των εξαρτημάτων των δικτύων (σιφώνια, βαλβίδες, φρεάτια κ.λ.π.) και οι σωλήνες αερισμού τους.

**Μελέτη διαθέσεως των ακαθάρτων εφόσον απαιτείται, που θα περιλαμβάνει:**

- a) Κατασκευαστικά σχέδια δεξαμενής συγκέντρωσης και αντλιοστασίου ανύψωσης, σε περίπτωση που κάποιοι χώροι του κτιρίου δεν μπορούν να αποχετευθούν δια βαρύτητας στο δίκτυο αποχέτευσης της πόλης.
- b) Υπολογισμό χωρητικότητας και κατασκευαστικά σχέδια σηπτικού και απορροφητικού βόθρου, σε περίπτωση ανυπαρξίας δικτύου αποχέτευσης πόλεως.
- c) Εγκεκριμένη από την αρμόδια υπηρεσία μελέτη διάθεσης λυμάτων, όπως απαιτείται σε ειδικές περιπτώσεις, βιομηχανιών, κτηνοτροφικών μονάδων, μεγάλων τουριστικών εγκαταστάσεων κ.λ.π. κατά τις οικείες διατάξεις.

**Αποχέτευση ομβρίων**

Κάτοψη του δώματος ημιυπαιθρίων και υπαιθρίων χώρων του κτιρίου, εξωστών της οικοδομής στην οποία θα φαίνεται ο τρόπος απορροής των ομβρίων, οι θέσεις συγκεντρώσεως τους, οι θέσεις και οι διατομές των αγωγών απομάκρυνσης (κατακόρυφων στηλών), τα υλικά κατασκευής κ.λ.π.

**5.4.1 Εισαγωγή**

Η παρούσα μελέτη αφορά την εγκατάσταση δικτύων αποχέτευσης. Η σύνταξη της μελέτης έγινε σύμφωνα με την ΤΟΤΕΕ 2412/86, λαμβάνοντας υπόψη και τα βοηθήματα:

- a) Οικιακές Εγκαταστάσεις Υγιεινής Κ. Schulz
- b) Κανονισμός Εσωτερικών Υδραυλικών Εγκαταστάσεων
- c) Πρότυπα ΕΛΟΤ και ISO

**5.4.2 Παραδοχές και κανόνες υπολογισμών**

Η επιλογή διατομών των σωλήνων αποχέτευσης υπολογίζεται χωριστά για κάθε τμήμα του δικτύου, θεωρώντας ότι:

- a) Οι τιμές σύνδεσης που καθορίζουν την απορροή των ακαθάρτων νερών εξαρτώνται από τον τύπο των υποδοχέων (Πίνακας 36 Παράρτημα Β).
- b) Οι απορροές αθροίζονται στους κόμβους (διακλαδώσεις) του δικτύου.
- c) Λόγω ετεροχρονισμού στην λειτουργία των υποδοχέων, στον

υπολογισμό λαμβάνεται υπόψη η αναμενόμενη ποσότητα απορροής  $Q_s$  σύμφωνα με την εξίσωση:

$$Q_s = K * (\sum AW_s)^{1/2} \quad (5.1)$$

όπου:

- Η τιμή σύνδεσης  $AW_s$  είναι συνάρτηση του είδους του υποδοχέα (πχ. ο Νεροχύτης έχει  $AW_s = 1$ , ο νιπτήρας 0.5 κλπ.)
- Ο συντελεστής  $K$  εξαρτάται από το είδος του κτιρίου (πχ. για κατοικίες  $K=0.5$ , για σχολεία και νοσοκομεία  $K=0.7$  κλπ.)

d) Ο υπολογισμός των διατομών για τα οριζόντια τμήματα του δικτύου είναι διαφορετικός από τον υπολογισμό των διατομών για τα κατακόρυφα τμήματα. Ειδικότερα:

Η διαστασιολόγηση των οριζόντιων σωλήνων αποχέτευσης γίνεται με βάση την εξίσωση Darcy:

$$J = \frac{\lambda}{D} \times \frac{V^2}{2g} \quad (5.2)$$

όπου:

J:Κλίση των σωληνώσεων (κλίση πέλματος σωλήνα)

D:Εσωτερική διάμετρος σε m

V:Μέση ταχύτητα σε m/s

$\lambda$ :Συντελεστής τριβής σωλήνα

g:Επιτάχυνση της βαρύτητας

Χρησιμοποιώντας την εξίσωση του Reynolds:

$$Re = \frac{VD}{\nu} \quad (5.3)$$

καθώς και την εξίσωση της συνέχειας:

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} V \quad (5.4)$$

παίρνουμε την εξίσωση απορροής  $Q = f(J)$  με βάση την οποία γίνεται η διαστασιολόγηση των οριζόντιων σωλήνων.

Εξάλλου, η διαστασιολόγηση των κατακόρυφων στηλών γίνεται με βάση πίνακα (βλ. Schulz) στον οποίο η επιλογή διαμέτρων 70 mm - 150 mm εξαρτάται από το είδος του εξαερισμού (κύριος, παράπλευρος ή δευτερεύων) και προκύπτει έμμεσα από τα επιτρεπόμενα  $\Sigma AW_s$  και  $Q_s$  για κάθε συνδυασμό διαμέτρου και τύπου εξαερισμού.

Ανάλογοι υπολογισμοί γίνονται και για τα όμβρια νερά (Schulz) υπολογίζοντας την απορροή των όμβριων από την σχέση:

$$Q = A \times r \times \Psi \quad (5.5)$$

όπου:

A:Επιφάνεια πρόσπτωσης σε ha

r:Βροχόπτωση σε l/(s x ha)

$\Psi$ :Συντελεστής απορροής, ίσος με την απορρέουσα ποσότητα προς την βροχόπτωση

Επίσης, εφόσον απαιτούνται, υπολογίζονται:

- Απορροφητικός βόθρος
- Σηπτική Δεξαμενή
- IMHOFF
- Αντλία ανύψωσης λυμάτων
- Δεξαμενή ανύψωσης λυμάτων

Ο υπολογισμός της σηπτικής δεξαμενής γίνεται με βάση το πλήθος των εξυπηρετούμενων ατόμων και την μέση ημερήσια ποσότητα λυμάτων ανά άτομο (βλ. Schulz). Εφόσον η συνολική μέση ημερήσια ποσότητα λυμάτων υπερβαίνει τα 35000 lt τότε υπολογίζεται δεξαμενή IMHOFF.

### 5.4.3 Παρουσίαση αποτελεσμάτων

Για κάθε οριζόντιο τμήμα δικτύου παρουσιάζονται στις στήλες του πίνακα αποτελεσμάτων τα παρακάτω στοιχεία με τις διευκρινίσεις που ακολουθούν:

- Τμήμα Δικτύου
- Μήκος Σωλήνα (m)
- Βαθμός Πληρότητας
- Είδος Υποδοχέα
- Απορροή Υποδοχέα
- Απορροή Αιχμής (l/s)
- Διάμετρος Σωλήνα (mm)
- Κλίση Σωλήνα (cm/m)
- Ταχύτητα (m/s)

- Βύθιση (m)

Τμήμα δικτύου: συμβολίζεται με τους δύο ακραίους κόμβους του παρεμβάλλοντας τελεία (.), πχ. 2.3 το τμήμα ανάμεσα στους κόμβους 2 και 3.

Είδος Υποδοχέα: α/α του υποδοχέα στην λίστα υποδοχέων, ή Σ-χ, όπου χ ο α/α Συστήματος (ομάδας) υποδοχέων, που αναλύεται στα αποτελέσματα.

Για τις κατακόρυφες στήλες παρουσιάζονται σε πίνακα τα ακόλουθα μεγέθη:

- Τμήμα Δικτύου
- Μήκος Σωλήνα (m)
- Τύπος Εξαερισμού
- Είδος Υποδοχέα
- Απορροή Υποδοχέα
- Απορροή Αιχμής (l/s)
- Διάμετρος Σωλήνα (mm)

Τμήμα δικτύου: όπως και για τα οριζόντια τμήματα.

Στοιχεία Δικτύου για ηχομονωτικό σύστημα αποχέτευσης με πλαστική σωλήνα Rehau-Rauriano Plus από υλικό (RAU-PP ενισχυμένο με ορυκτά)

Θερμοκρασία Νερού (°C)	10
Συντελεστής Απορροής (l/s)	0.5
Τύπος Σωλήνων	Πλαστικός Rehau-Rauriano Plus
Συντελεστής Τραχύτητας Σωλήνων (μm)	1000
Βροχόπτωση r (l/s ha)	300
Παροχή Ακαθάρτων (l/s)	7.4232
Παροχή Βρόχινων (l/s)	18.5112
Κλάδος Μέγιστης Συνολικής Βύθισης	1..11
Μέγιστη Συνολική Βύθιση (m)	0.169

Από τον (Πίνακα 36 του παραρτήματος Β) περνούμε τα παρακάτω στοιχεία για τους υποδοχείς που θα χρησιμοποιήσουμε :

α/α Τύπος Υποδοχέα	Ποσότητα	Εσ.Δι αμ. (mm)	AWs
1 Νεροχύτης κουζίνας	1	46.4	1.0
2 Πλυντήριο ρούχων 6 Kgr	1	46.4	1.0
4 Νιπτήρας	3	36.4	0.5
5 Μπανιέρα με αγωγό συνδ.< 2m	1	46.4	1.0
7 Ντουζιέρα με αγωγό συνδ.< 2m	2	46.4	1.0
10 Λεκάνη	3	104.6	2.5
12 Σιφόνι δαπέδου DN 70	3	71.2	1.5
16Υδρορροή ομβρίων	9	46.4	0.0

## Υπολογισμοί Οριζόντιων Σωληνώσεων Δικτύου Αποχέτευσης

Την απορροή των ακαθάρτων νερών την προσδιορίζουμε από το άθροισμα των τιμών σύνδεσης των κατακόρυφων στηλών αποχέτευσης που οδεύουν σ' αυτόν.

Για το τμήμα δικτύου 1.2 στο υπάρχων σχέδιο έχουμε  $\Sigma AW_s=18.50$ . Επίσης από τον (Πίνακα 35 παράρτημα Β) ο συντελεστής απορροής ακαθάρτων λαμβάνεται για κατοικίες 0.5.

Οπότε,

- $Q_s=0.5*(18.50)^{1/2}=2.151 \text{ (l/s)}$

Τρόπος εγκατάστασης εκτός του κτιρίου.

Το μήκος του τμήματος του δικτύου 1.2 είναι 1 m.

Από τον (Πίνακα 44 παράρτημα Β) παίρνουμε για  $Q_s=2.151 \text{ (l/s)}$  λαμβάνοντας υπόψη την επιτρεπόμενη απορροή ακαθάρτων νερών και τον βαθμό πλήρωσης  $h/d = 0,5$  την ονομαστική Διάμετρο για το τμήμα 1.2 που είναι  $DN=110$ . Η ελάχιστη κλίση πρέπει ακολούθως να είναι σύμφωνα και με τα δεδομένα του πίνακα  $J_{min}= 1:50 = 2 \text{ (cm/m)}$

### **Εύρεση ταχυτήτων**

Δεδομένα:

Πυκνότητα νερού:  $P = 1000 \left(\frac{kg}{m^3}\right)$

Κινηματικό Ιξώδες:  $\nu = 0,0114 \left(\frac{cm^2}{sec}\right)$

Δυναμική Συνεκτικότητα:  $\mu = 0,00114 \text{ (Pa} \cdot \text{sec)}$

Συντελεστής Τραχύτητας:  $\epsilon = 1 \text{ (mm)}$

Υδραυλική Διάμετρος Σωλήνα Κυκλικής Διατομής:  $dh = D$

Κλίση Σωληνώσεων:  $J = 2 \left(\frac{cm}{m}\right)$

Παροχή:  $Q = 2.151 \text{ (l/s)}$

Πορεία υπολογισμού ταχύτητας:

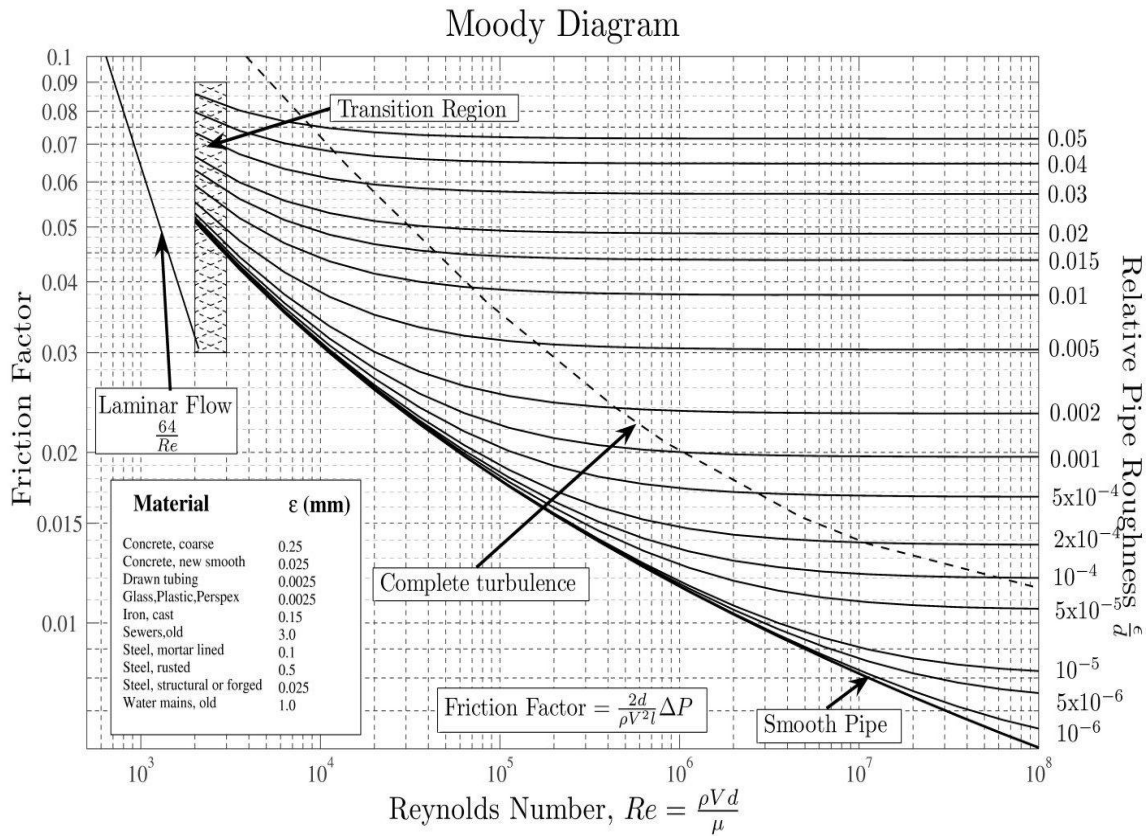
Αρχικά θεωρώ ταχύτητα ροής:  $V = 1 \left(\frac{m}{sec}\right)$

Το ελάχιστο μέγεθος κύριου σωλήνα για το συγκεκριμένο τμήμα είναι  $DN110$  με εσωτερική διάμετρο  $104.6 \text{ (mm)}$ .

Το εμβαδόν του σωλήνα είναι:  $A = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \rightarrow A = 85.9 \text{ (cm}^2\text{)}$

Ο αριθμός Reynolds είναι:  $Re = \frac{\rho \cdot V \cdot D}{\mu} \rightarrow Re = 9.18 \cdot 10^4$

Είναι  $Re > 4000$ , άρα έχουμε τυρβώδης ροή. Από το διάγραμμα Moody έχουμε:



Για αριθμό Reynolds:  $Re = 9.18 \cdot 10^4$

και για σχετική τραχύτητα σωλήνα:  $\frac{\epsilon}{D} = 0.0096$

Από το διάγραμμα Moody λαμβάνουμε συντελεστή τριβής:  $\lambda = 0.038$

Από την εξίσωση Darcy  $J = \frac{\lambda}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$  λύνοντας ως προς την ταχύτητα έχουμε:

$$V = \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot J \cdot D}{\lambda}} \rightarrow V = 1.039 \left( \frac{m}{s} \right)$$

Για  $V = 1.039 \left( \frac{m}{s} \right)$

Ο αριθμός Reynolds είναι:  $Re = \frac{\rho \cdot V \cdot D}{\mu} \rightarrow Re = 9.53 \cdot 10^4$

Είναι  $Re > 4000$ , άρα έχουμε τυρβώδης ροή. Από το διάγραμμα Moody έχουμε:

Για αριθμό Reynolds:  $Re = 9.53 \cdot 10^4$

και για σχετική τραχύτητα σωλήνα:  $\frac{\varepsilon}{D} = 0.0096$

Από το διάγραμμα Moody λαμβάνουμε συντελεστή τριβής:  $\lambda = 0.038$

Από την εξίσωση Darcy  $J = \frac{\lambda}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$  λύνοντας ως προς την ταχύτητα έχουμε:

$$V = \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot J \cdot D}{\lambda}} \rightarrow V = 1.039 \left(\frac{m}{s}\right)$$

Τελικά διαπιστώνουμε ότι η ταχύτητα είναι μικρότερη από 1.5(m/s) και έτσι δεν θα έχουμε προβλήματα θορύβου στην εγκατάσταση μας. Άρα η επιλογή μας ήταν σωστή και θα χρησιμοποιήσουμε την σωλήνα DN110 με εσωτερική διάμετρο 104.6(mm). Η επιθυμητή κλίση είναι 2 (cm/m) οπότε για το τμήμα δικτύου 1.2 με μήκος σωλήνα 1(m) η βύθιση του δικτύου θα είναι 0.020(m)

Βάση των παραπάνω υπολογισμών και για τα υπόλοιπα τμήματα του δικτύου παίρνουμε τον παρακάτω πίνακα:

#### Υπολογισμοί Οριζόντιων Σωληνώσεων Δικτύου Αποχέτευσης

Τμήμα Δικτύου	Μήκος Σωλήνα (m)	Βαθμός Πληρότητας	Είδος Υποδοχέα	Παροχή Υποδοχέων ΣΑWs	Συντελεστής Απορροής Ακαθάρτων	Παροχή Αιχμής (l/s)	Διάμετρος Σωλήνα (mm)	Επιθυμητή Κλίση (cm/m)	Ταχύτητα Ροής (m/s)	Βύθιση Δικτύου (m)
1.2	1.000	0.5		18.50	0.5	2.151	Φ110	2	1.039	0.020
3.4	1.535	0.5	1	1.000	0.5	0.500	Φ75	2	0.799	0.031
5.6	0.793	0.5	10	2.500	0.5	0.791	Φ110	2	1.039	0.016
5.7	1.000	0.5	Σ-3	4.000	0.5	1.000	Φ75	2	0.799	0.020
2.8	27.00	0.5		11.00	0.5	1.658	Φ110	2	1.039	0.540
9.10	1.734	0.5	10	2.500	0.5	0.791	Φ110	2	1.039	0.035
9.11	1.734	0.5	Σ-4	3.000	0.5	0.866	Φ75	2	0.799	0.035
12.13	0.793	0.5	10	2.500	0.5	0.791	Φ110	2	1.039	0.016
12.14	1.000	0.5	Σ-4	3.000	0.5	0.866	Φ75	2	0.799	0.020

### Υπολογισμοί Κατακόρυφων Σωληνώσεων Δικτύου Αποχέτευσης

Οι τιμές σύνδεσης παίρνονται από τον (Πίνακα 46 παράρτημα Β). Για το τμήμα δικτύου 2.3 έχουμε:

Τύπος Εξαρτήματος	Ποσοτητα	AWs	ΣAWs
Νιπτήρας	1	0.5	0.5
Σιφόνι δαπέδου DN 70	1	1.5	1.5
Λεκάνη	1	2.5	2.5
Πλυντήριο ρούχων 6 Kgr	1	1.0	1.0
Μπανιέρα με αγωγό συνδ.< 2m	1	1.0	1.0
Νεροχύτης κουζίνας	1	1.0	1.0
Συνολική Τιμή Σύνδεσης			7.5

Από το άθροισμα των τιμών σύνδεσης υπολογίζεται η απορροή των ακαθάρτων σύμφωνα με τον τύπο:

$$Q_s = k \cdot (\Sigma AW_s)^{1/2} \quad (5.6)$$

Ο συντελεστής απορροής είναι  $k = 0.5$  και  $\Sigma AW_s = 7.5$

$$Q_s = k \cdot (\Sigma AW_s)^{1/2} \rightarrow Q_s = 1.369(l/sec)$$

Το μήκος του τμήματος 2.3 είναι 8.3(m) με κύριο αερισμό και για απορροή ακαθάρτων νερών  $Q_s = 1.369(l/sec)$  παίρνουμε σωλήνα με Ονομαστική Διάμετρο DN=110.



Κάνοντας τους ίδιους υπολογισμούς και για τα υπόλοιπα κατακόρυφα τμήματα του δικτύου καταλήγουμε στον παρακάτω πίνακα:

Τμήμα Δικτύου	Μήκος Σωλήνα (m)	Τύπος Εξαερισμού	Είδος Υποδοχέα	Παροχή Υποδοχέων ΣΑWs	Συντελεστής Απορροής Ακαθάρτων	Παροχή Αιχμής (l/s)	Διάμετρος Σωλήνα (mm)
2.3	8.300	ΚΥΡΙΟΣ		7.500	0.5	1.369	Φ110
3.5	6.700	ΚΥΡΙΟΣ		6.500	0.5	1.275	Φ110
8.9	3.000	ΚΥΡΙΟΣ		11.00	0.5	1.658	Φ110
9.12	3.000	ΚΥΡΙΟΣ		5.500	0.5	1.173	Φ110

### Υπολογισμοί Κατακόρυφων Σωληνώσεων Υδρορροών

Η επιφάνεια της στέγης που πρέπει να αποχετευτεί για το τμήμα δικτύου 5.8 είναι  $A_n=79.70(m^2)$ . Υπολογίζουμε για μια βροχόπτωση ίση με  $r=300(l/s)$  Ha. Η επιφάνεια που υποδέχεται τη βροχή είναι διαμορφωμένη σαν πλάκα.

Επειδή η κλίση της οροφής είναι  $>15^\circ$  σύμφωνα με τις τιμές του (Πίνακα 40 παράρτημα Β) ο συντελεστής απορροής είναι  $\Psi = 1.0$ .

Ακολουθως υπολογίζουμε την απορροή των όμβριων σύμφωνα με την

$$\text{Εξίσωση: } Q_r = A_n \cdot r \cdot \Psi = 2.391(l/s)$$

Από το (Πίνακα 47 παράρτημα Β) παίρνουμε την ονομαστική διάμετρο DN110

Τμήμα Δικτύου	Μήκος Σωλήνα (m)	Παροχή Αιχμής Βρόχινων (l/s)	Διάμετρος Σωλήνα (mm)
2.3	7.000	3.222	Φ110
3.5	3.000	2.698	Φ110
5.8	2.800	2.391	Φ110
11.12	2.800	0.289	Φ75
12.14	3.000	0.174	Φ75
17.18	2.800	1.632	Φ75
18.20	3.000	1.440	Φ75
20.22	2.800	1.248	Φ75

## Υπολογισμοί Οριζόντιων Σωληνώσεων Υδρορροών

Η επιφάνεια της στέγης που πρέπει να αποχετευτεί για το τμήμα δικτύου 22.23 είναι  $A_n=41,60(m^2)$ . Υπολογίζουμε για μια βροχόπτωση ίση με  $r=300(l/s)$  Ηα. Η επιφάνεια που υποδέχεται τη βροχή είναι διαμορφωμένη σαν πλάκα.

Επειδή η κλίση της οροφής είναι  $>15^0$  σύμφωνα με τις τιμές του (Πίνακα 40 Παράρτημα Β)

ο συντελεστής απορροής είναι  $\Psi =1.0$ .

Ακολούθως υπολογίζουμε την απορροή των όμβριων σύμφωνα με την Εξίσωση:

$$Q_r = A_n \cdot r \cdot \Psi = 1.248(l/s)$$

Από το (Πίνακα 47 παράρτημα Β) παίρνουμε την ονομαστική διάμετρο  $DN=50$

### **Εύρεση ταχυτήτων**

Δεδομένα:

$$\text{Πυκνότητα νερού: } P = 1000 \left( \frac{kg}{m^3} \right)$$

$$\text{Κινηματικό Ιξώδες: } \nu = 0,0114 \left( \frac{cm^2}{sec} \right)$$

$$\text{Δυναμική Συνεκτικότητα: } \mu = 0,00114 \text{ (Pa} \cdot \text{sec)}$$

$$\text{Συντελεστής Τραχύτητας: } \varepsilon = 1 \text{ (mm)}$$

$$\text{Υδραυλική Διάμετρος Σωλήνα Κυκλικής Διατομής: } dh = D$$

$$\text{Κλίση Σωληνώσεων: } J = 2 \left( \frac{cm}{m} \right)$$

$$\text{Παροχή: } Q = 1.248 \text{ (l/s)}$$

Πορεία υπολογισμού ταχύτητας:

$$\text{Αρχικά θεωρώ ταχύτητα ροής: } V = 1 \left( \frac{m}{sec} \right)$$

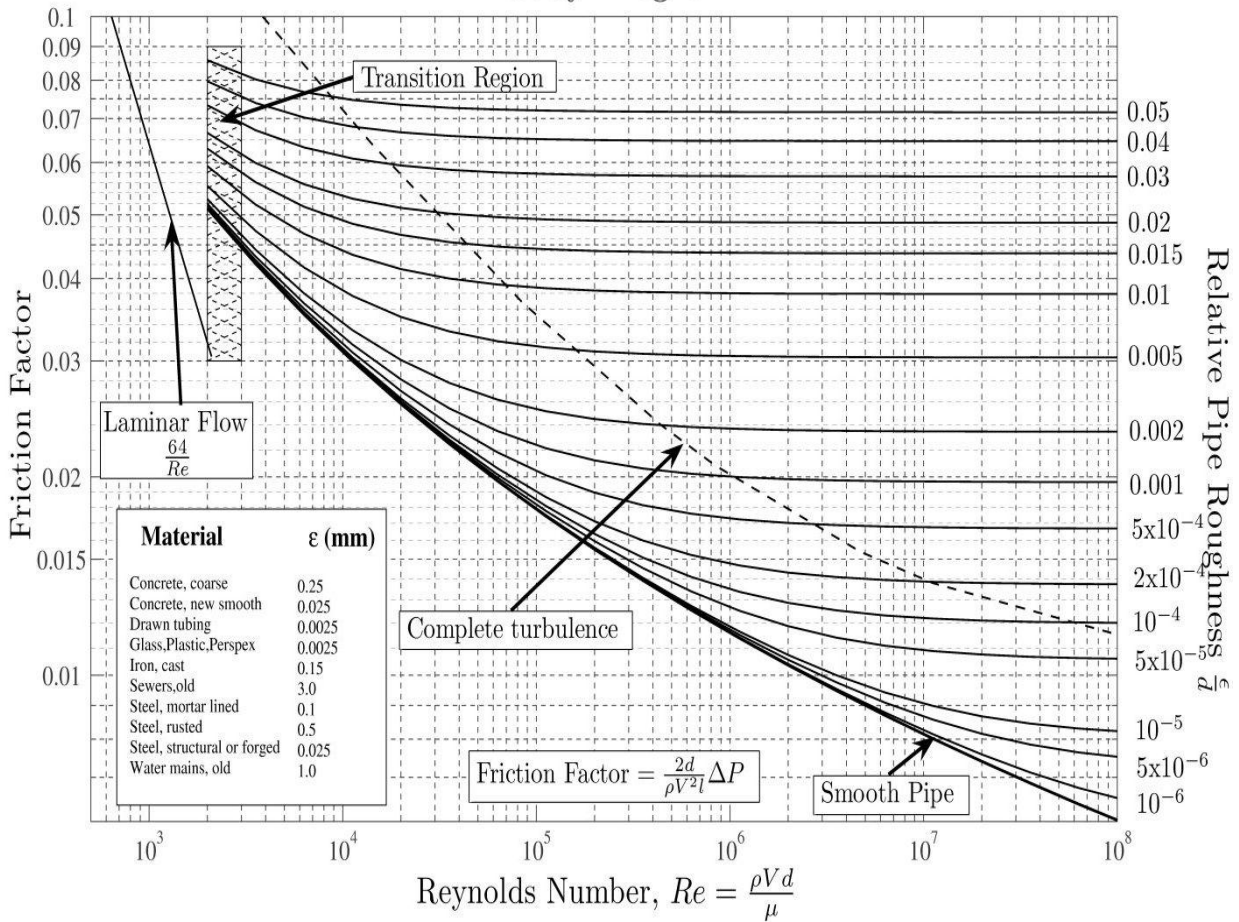
Το ελάχιστο μέγεθος σωλήνα για το συγκεκριμένο τμήμα είναι  $DN50$  με εσωτερική διάμετρο  $46.4(mm)$ .

$$\text{Το εμβαδόν του σωλήνα είναι: } A = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \rightarrow A = 16.91(cm^2)$$

$$\text{Ο αριθμός Reynolds είναι: } Re = \frac{\rho \cdot V \cdot D}{\mu} \rightarrow Re = 4.07 \cdot 10^4$$

Είναι  $Re > 4000$ , άρα έχουμε τυρβώδης ροή. Από το διάγραμμα Moody έχουμε:

## Moody Diagram



Για αριθμό Reynolds:  $Re = 4.07 \cdot 10^4$

και για σχετική τραχύτητα σωλήνα:  $\frac{\epsilon}{D} = 0.022$

Από το διάγραμμα Moody λαμβάνουμε συντελεστή τριβής:  $\lambda = 0.051$

Από την εξίσωση Darcy  $J = \frac{\lambda}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$  λύνοντας ως προς την ταχύτητα έχουμε:

$$V = \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot J \cdot D}{\lambda}} \rightarrow V = 0.597 \left( \frac{m}{s} \right)$$

Τελικά διαπιστώνουμε ότι η ταχύτητα είναι μικρότερη από 1.5(m/s) άρα κρατάμε την ίδια σωλήνα με DN50 και εσωτερική διάμετρο 46.4(mm)

Για  $V = 0.597 \left( \frac{m}{s} \right)$

Ο αριθμός Reynolds είναι:  $Re = \frac{\rho \cdot V \cdot D}{\mu} \rightarrow Re = 2.43 \cdot 10^4$

Είναι  $Re > 4000$ , άρα έχουμε τυρβώδης ροή. Από το διάγραμμα Moody έχουμε:

Για αριθμό Reynolds:  $Re = 2.43 \cdot 10^4$

και για σχετική τραχύτητα σωλήνα:  $\frac{\varepsilon}{D} = 0.022$

Από το διάγραμμα Moody λαμβάνουμε συντελεστή τριβής:  $\lambda = 0.052$

Από την εξίσωση Darcy  $J = \frac{\lambda}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$  λύνοντας ως προς την ταχύτητα έχουμε:

$$V = \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot J \cdot D}{\lambda}} \rightarrow V = 0.592 \left(\frac{m}{s}\right)$$

Τελικά διαπιστώνουμε ότι η ταχύτητα είναι μικρότερη από 1.5(m/s) άρα κρατάμε την ίδια σωλήνα με DN50 εσωτερική διάμετρο 46.4(mm)

Για  $V = 0.592 \left(\frac{m}{s}\right)$

Ο αριθμός Reynolds είναι:  $Re = \frac{\rho \cdot V \cdot D}{\mu} \rightarrow Re = 2.41 \cdot 10^4$

Είναι  $Re > 4000$ , άρα έχουμε τυρβώδης ροή. Από το διάγραμμα Moody έχουμε:

Για αριθμό Reynolds:  $Re = 2.41 \cdot 10^4$

και για σχετική τραχύτητα σωλήνα:  $\frac{\varepsilon}{D} = 0.022$

Από το διάγραμμα Moody λαμβάνουμε συντελεστή τριβής:  $\lambda = 0.052$

Από την εξίσωση Darcy  $J = \frac{\lambda}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$  λύνοντας ως προς την ταχύτητα έχουμε:

$$V = \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot J \cdot D}{\lambda}} \rightarrow V = 0.592 \left(\frac{m}{s}\right)$$

Τελικά διαπιστώνουμε ότι η ταχύτητα είναι μικρότερη από 1.5(m/s) άρα κρατάμε την ίδια σωλήνα με DN50 εσωτερική διάμετρο 46.4(mm)

Βάση των παραπάνω υπολογισμών και για τα υπόλοιπα τμήματα του δικτύου παίρνουμε τον παρακάτω πίνακα:

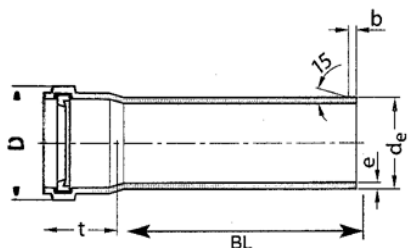
Τμήμα Δικτύου	Μήκος Σωλήνα (m)	Βαθμός Πληρότητας	Είδος Υποδοχέα	Είδος Συνδ. Επιφάνειας Βρόχινων	Συντέλεσης Απορροής Βρόχινων Νερών	Επιφάνεια Υποδοχής Βροχής (m <sup>2</sup> )	Παροχή Αιχμής Βρόχινων (l/s)	Διάμετρος Σωλήνα (mm)	Επιθυμητή Κλίση (cm/m)	Ταχύτητα Ροής (m/s)	Βύθισμα Δικτύου (m)
1.2	1.000	0.5		Οροφή με κλίση >15 <sup>0</sup>	1.0		3.222	Φ110	2	1.039	0.020
3.4	1.200	0.5	16	Οροφή με κλίση >15 <sup>0</sup>	1.0	17.48	0.524	Φ50	2	0.593	0.024
5.6	4.200	0.5	16	Οροφή με κλίση >15 <sup>0</sup>	1.0	5.76	0.173	Φ50	2	0.593	0.084
5.7	5.300	0.5	16	Οροφή με κλίση >15 <sup>0</sup>	1.0	4.48	0.134	Φ50	2	0.593	0.106
8.9	1.200	0.5	16	Οροφή με κλίση >15 <sup>0</sup>	1.0	79.70	2.391	Φ50	2	0.593	0.024
10.11	0.699	0.5		Οροφή με κλίση >15 <sup>0</sup>	1.0		0.289	Φ75	2	0.799	0.014
12.13	1.200	0.5	16	Οροφή με κλίση >15 <sup>0</sup>	1.0	3.84	0.115	Φ50	2	0.593	0.024
14.15	1.700	0.5	16	Οροφή με κλίση >15 <sup>0</sup>	1.0	5.79	0.174	Φ50	2	0.593	0.034
16.17	1.149	0.5		Οροφή με κλίση >15 <sup>0</sup>	1.0		1.632	Φ110	2	1.039	0.023
18.19	1.500	0.5	16	Οροφή με κλίση >15 <sup>0</sup>	1.0	6.4	0.192	Φ50	2	0.593	0.030
20.21	1.800	0.5	16	Οροφή με κλίση >15 <sup>0</sup>	1.0	6.4	0.192	Φ50	2	0.593	0.036
22.23	1.200	0.5	16	Οροφή με κλίση >15 <sup>0</sup>	1.0	41.60	1.248	Φ75	2	0.592	0.024

#### 5.4.4 Τεχνοοικονομική μελέτη

Α/Α	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔ.	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΣΥΝ. ΤΙΜΗ
	ΣΩΛΗΝΕΣ			
1	Πλαστικός Φ50	1.74 €	16.90m	29.40 €
2	Πλαστικός Φ75	2.36 €	142.90m	337.24 €
3	Πλαστικός Φ110	3.57 €	66.32m	236.76 €
ΣΥΝΟΛΟ				603.40 €

## Στοιχεία σωλήνων Rehau - Raupiano Plus

RAUPIANO Plus- Σωλήνες αποχέτευσης



### RAUPIANO Plus -

#### Σωλήνας αποχέτευσης

με μούφα και ελαστικό παρέμβυσμα

Υλικό: RAU-PP (ενισχυμένο με ορυκτά)

Χρώμα: λευκό (παρεμφερές με RAL 9003)

Κωδ.Αρ.	DN <sup>1)</sup>	Μήκος BL/mm	d <sub>e</sub> <sup>1)</sup>	e <sup>2)</sup>	b <sub>min</sub>	D <sub>max</sub>	t <sub>min</sub>	Βάρος περ.g	Συσκ. (Τεμ.) κουτί/παλέτα*	€/Τεμ.
123004-001	40	150	40	1,8	3,5	54	42,3	111	20/1440	1,64
123014-001	40	250	40	1,8	3,5	54	42,3	158	20/960	1,79
123024-001	40	500	40	1,8	3,5	54	42,3	274	20/480	2,46
123034-001	40	1000	40	1,8	3,5	54	42,3	507	6/216	4,94
123044-001	40	2000	40	1,8	3,5	54	42,3	973	6/216	7,98
120094-003	50	150	50	1,8	3,5	64	46,3	138	20/720	1,74
120104-003	50	250	50	1,8	3,5	64	46,3	196	20/540	2,12
120114-003	50	500	50	1,8	3,5	64	46,3	340	20/400	2,98
120124-003	50	750	50	1,8	3,5	64	46,3	484	6/168	5,10
120134-003	50	1000	50	1,8	3,5	64	46,3	628	6/168	6,07
120144-003	50	1500	50	1,8	3,5	64	46,3	917	6/168	7,92
120154-003	50	2000	50	1,8	3,5	64	46,3	1205	6/168	9,78
120174-003	75	150	75	1,9	3,5	89	49,3	224	20/360	2,36
120184-003	75	250	75	1,9	3,5	89	49,3	316	20/240	2,87
120194-003	75	500	75	1,9	3,5	89	49,3	546	20/160	4,09
120204-003	75	750	75	1,9	3,5	89	49,3	776	6/90	6,92
120214-003	75	1000	75	1,9	3,5	89	49,3	1006	6/90	8,15
120224-003	75	1500	75	1,9	3,5	89	49,3	1465	6/90	10,66
120234-003	75	2000	75	1,9	3,5	89	49,3	1925	6/90	13,11
123184-001	90	250	90	2,2	4,0	105	52,0	452	20/160	3,26
123194-001	90	500	90	2,2	4,0	105	52,0	780	20/120	5,99
123204-001	90	1000	90	2,2	4,0	105	52,0	1436	4/48	12,81
123214-001	90	2000	90	2,2	4,0	105	52,0	2747	4/48	19,27
123224-001	90	3000	90	2,2	4,0	105	52,0	4059	4/48	28,26
120254-003	110	150	110	2,7	4,5	128	55,6	405	20/180	3,57
120264-003	110	250	110	2,7	4,5	128	55,6	605	20/120	4,83
120274-003	110	500	110	2,7	4,5	128	55,6	1130	20/80	6,34
120284-003	110	750	110	2,7	4,5	128	55,6	1605	4/40	11,53
120294-003	110	1000	110	2,7	4,5	128	55,6	2080	4/40	13,73
120304-003	110	1500	110	2,7	4,5	128	55,6	3030	4/40	18,10
120314-003	110	2000	110	2,7	4,5	128	55,6	3981	4/40	22,60
120324-003	110	3000	110	2,7	4,5	128	55,6	5881	4/40	32,35
120654-003	125	150	125	3,1	5,0	146	60,4	544	6/108	7,25
120664-001	125	250	125	3,1	5,0	146	60,4	774	10/60	7,51
120674-001	125	500	125	3,1	5,0	146	60,4	1463	6/48	9,55
120684-001	125	750	125	3,1	5,0	146	60,4	2076	2/24	17,89
120694-001	125	1000	125	3,1	5,0	146	60,4	2689	2/24	20,76
120704-001	125	1500	125	3,1	5,0	146	60,4	3916	2/24	26,92
120714-001	125	2000	125	3,1	5,0	146	60,4	5142	2/24	32,84
120724-001	125	3000	125	3,1	5,0	146	60,4	7595	2/24	46,04

<sup>1)</sup> σύμφωνα με DIN EN 1451-1 / <sup>2)</sup> Ελάχιστο πάχος τοιχώματος

\* Σωλήνες με μήκος από 750 mm τυλιγμένοι με μεμβράνη και συσκευασμένοι σε ξύλινο πλαίσιο





## 6. ΓΚΡΙΖΑ ΝΕΡΑ

### 6.1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΓΙΑ ΤΑ ΓΚΡΙΖΑ ΝΕΡΑ

Ως γκρίζα νερά ορίζονται τα αστικά λύματα τα οποία περιλαμβάνουν το νερό από τα μπάνια, τους νιπτήρες, τα πλυντήρια ρούχων, τα πλυντήρια πιάτων, ενώ σε αυτά δεν περιλαμβάνονται τα λύματα από τις τουαλέτες. Σε ορισμένες περιπτώσεις εξαιρούνται επίσης τα λύματα της κουζίνας. Αυτό εξαρτάται, όπως θα εξηγηθεί στην συνέχεια, από την μέθοδο επεξεργασίας των γκρίζων νερών.

Τα γκρίζα νερά εκτιμάται ότι αποτελούν ένα ποσοστό που κυμαίνεται μεταξύ 50% και 80% των οικιακών λυμάτων. Λόγω της χαμηλής τους περιεκτικότητας σε μολυσματικά παθογόνα (μικροοργανισμοί που προκαλούν μολύνσεις) αλλά και άζωτο, η επεξεργασία και ανακύκλωση των γκρίζων νερών αποκτά όλο και μεγαλύτερη σημασία. Στο παρόν στάδιο υπάρχουν αναρίθμητες εργασίες που αφορούν στην επεξεργασία των γκρίζων νερών και στις οποίες εφαρμόζονται διάφορες τεχνολογίες. Εντούτοις στο παρόν στάδιο δεν υπάρχουν συγκεκριμένες κατευθυντήριες οδηγίες για τις βέλτιστες μεθόδους σε σχέση με την ανακύκλωση των γκρίζων νερών.



Εικόνα 67: Μέσος όρος κατανάλωσης νερού

#### ➤ Ποσότητα γκρίζων νερών:

Σύμφωνα με την υφιστάμενη βιβλιογραφία, ο τυπικός όγκος των γκρίζων

νερών κυμαίνεται μεταξύ 90 και 120 λίτρα ανά άτομο ημερησίως, ποσό το οποίο εξαρτάται επίσης από τον τρόπο ζωής, το επίπεδο, αλλά και άλλα ειδικά δεδομένα (ηλικία, φύλο). Συνεπώς, για την περίπτωση της Ελλάδας, στην περίπτωση τετραμελούς οικογένειας, η ποσότητα του γκρίζου νερού που παράγεται από ένα μέσο νοικοκυριό εκτιμάται κατά μέσο όρο περίπου στους τρεις τόνους εβδομαδιαίως.

#### ➤ **Χημική σύσταση γκρίζων νερών:**

Η σύσταση των γκρίζων νερών εξαρτάται τόσο από τις συνήθειες των ανθρώπων, οι οποίοι τα παράγουν, ως επίσης και από την ίδια την υδραυλική εγκατάσταση μιας οικίας. Συνεπώς είναι αδύνατο να οριστεί μια συγκεκριμένη χημική σύσταση για τα γκρίζα νερά, αλλά ένα εύρος τιμών στο οποίο αυτή κυμαίνεται. Τα γκρίζα νερά τα οποία παράγονται από την κουζίνα και από την μπουγάδα έχουν υψηλότερο οργανικό περιεχόμενο και φυσικούς ρύπους, συγκρινόμενα με τα αντίστοιχα νερά τα οποία παράγονται από τα μπάνια.

Σε αυτό το σημείο είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι τα ελάχιστα κριτήρια σε σχέση με την σύσταση του επεξεργασμένου γκρίζου νερού διαφέρουν σημαντικά στα διάφορα ανεπτυγμένα κράτη. Συνεπώς, απαντώνται σημαντικές διαφορές ανάμεσα στα διάφορα τεχνολογικά συστήματα επεξεργασίας των γκρίζων νερών, αναλόγως της χώρας προέλευσής τους.

#### ➤ **Τεχνολογία:**

Οι τεχνολογίες οι οποίες εφαρμόζονται για την διαχείριση και επεξεργασία του γκρίζου νερού περιλαμβάνουν συστήματα φυσικής, χημικής και βιολογικής επεξεργασίας. Οι περισσότερες από αυτές τις τεχνολογίες στηρίζονται στην αρχή του διαχωρισμού των στερεών από τα υγρά ως πρώτο βήμα και της απολύμανσης του υγρού ως καταληκτικό στάδιο. Προκειμένου να αποφευχθεί το φράξιμο των συστημάτων (βούλωμα), ενδέχεται στο πρώτο στάδιο του διαχωρισμού στερεών και υγρών να γίνει εφαρμογή απλών μηχανικών συστημάτων, όπως σήτες ή άλλα φίλτρα σωματιδίων. Στο στάδιο της απολύμανσης, επιτυγχάνονται οι ελάχιστες απαιτήσεις σε σχέση με την μικροβιολογική και χημική σύσταση του ανακυκλωμένου νερού.

Σε σχέση με τις τεχνολογίες ως τέτοιες, συμπερασματικά μπορεί να επισημανθεί ότι:

- Οι φυσικές διεργασίες (π.χ. στερεά φίλτρα διήθησης με χονδρόκοκκους άμμου) δεν είναι επαρκείς προκειμένου να επιτευχθεί ικανοποιητική μείωση του οργανικού φορτίου του επεξεργασμένου νερού, συνεπώς από μόνες τους δεν μπορούν να αποτελέσουν αποτελεσματική λύση στο θέμα της επεξεργασίας των γκρίζων νερών.
- Οι χημικές διεργασίες (π.χ. φωτοκαταλυτική οξειδωση, φίλτρα ενεργού άνθρακα) μπορούν να αφαιρέσουν το σύνολο των αιωρούμενων σωματιδίων, καθώς επίσης και να μειώσουν σημαντικά το οργανικό φορτίο.
- Ως πλέον κατάλληλες κρίνονται οι βιολογικές διεργασίες, οι οποίες παρατίθενται στα αγγλικά απουσία δόκιμων ελληνικών όρων: Potating biological contactor (RBC), sequencing batch reactor (SBR), anaerobic

sludge blanket (UASB), constructed wetland (CW), membrane bioreactors (MBR).

- Ο συνδυασμός αερόβιας βιολογικής επεξεργασίας με φυσικό φιλτράρισμα και χημική απολύμανση θεωρείται ως ο πληρέστερος και οικονομικά σκόπιμος τρόπος ολοκληρωμένης επεξεργασίας των γκρίζων νερών.

## 6.2 ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΗΜΙΑΚΑΘΑΡΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Το νερό είναι ένα από τα πολυτιμότερα αγαθά. Δυστυχώς όμως είναι άνισα κατανεμημένο στον πλανήτη. Σε ξηρές και ημίξηρες περιοχές της Γης η παροχή νερού είναι ένα συνεχές πρόβλημα.

Κάθε μέτρο εξοικονόμησης νερού που εφαρμόζεται είναι ωφέλιμο. Υπάρχουν όμως μέτρα που έχουν περισσότερα πλεονεκτήματα από κάποια άλλα, ανάλογα με τη περιοχή που εφαρμόζονται. Εάν συγκρίνουμε για παράδειγμα, για τον τόπο μας, την ανακύκλωση ημιακάθαρτου (γκρίζου) νερού και την συλλογή νερού της βροχής θα δούμε ότι το γκρίζο νερό το έχουμε καθημερινά, σε μικρές μεν ποσότητες αλλά ικανοποιητικές για να καλύψουν τις ανάγκες μας σε μη πόσιμο νερό (αποχωρητήρια και άρδευση κήπου). Επίσης, εάν συγκρίνουμε τις γεωτρήσεις σε κατοικημένες περιοχές με τα κεντρικά αποχετευτικά συστήματα θα δούμε ότι, παρόλο που και τα δύο εντάσσονται στο υδατικό ισοζύγιο, το κόστος του νερού από την γεώτρηση είναι κατά 20 φορές τουλάχιστον φθηνότερο από το ανακυκλωμένο νερό του κεντρικού αποχετευτικού συστήματος. Το νερό από τους βόθρους καθαρίζεται με φυσικό και ανέξοδο τρόπο και επαναχρησιμοποιείται μέσα στην ίδια πόλη.

Λόγω των υψηλών κόστων που απαιτούνται για την εγκατάσταση κεντρικών αποχετευτικών συστημάτων, διεθνούς φήμης επιστήμονες υποστηρίζουν την αποκέντρωση των κεντρικών αποχετευτικών, ειδικά σε περιοχές όπου δεν χρειάζεται να γίνονται.

Με την αξιοποίηση των ημιακάθαρτων (γκρίζων) νερών εξοικονομούνται μεγάλες ποσότητες πόσιμου νερού, γιατί το 50% του νερού που χρησιμοποιούμε στο σπίτι μας δεν είναι αναγκαίο να είναι πόσιμο, όπως π.χ. το νερό για τα αποχωρητήρια (28%), για την άρδευση κήπων (14%), το πλύσιμο αυτοκινήτου και άλλα (9%). Από το σπίτι μας το ημιακάθαρο (γκρίζο) νερό (το νερό που προέρχεται από τα μπάνια, τα ντους, τους νιπτήρες, το πλυντήριο ρούχων και ένα μέρος από την κουζίνα) ανέρχεται στο 40% περίπου του νερού που χρησιμοποιούμε στο σπίτι μας.

Το κόστος αγοράς και εγκατάστασης ενός συστήματος (1m<sup>3</sup>/ ημέρα) για μια κατοικία ανέρχεται περίπου από €3200 έως €3600+ΦΠΑ. Στην Κύπρο για κάθε νοικοκυριό/κατοικία η επιδότηση από το τμήμα αναπτύξεως υδάτων, ανέρχεται σε €3000. Για οποιοδήποτε άλλο υποστατικό/οικοδομή 40% των εξόδων του συστήματος ανακύκλωσης με μέγιστο ποσό επιδότησης €7000. Η εγκατάσταση του συστήματος σε υφιστάμενες και νέες κατοικίες είναι εύκολη και η λειτουργία του δεν

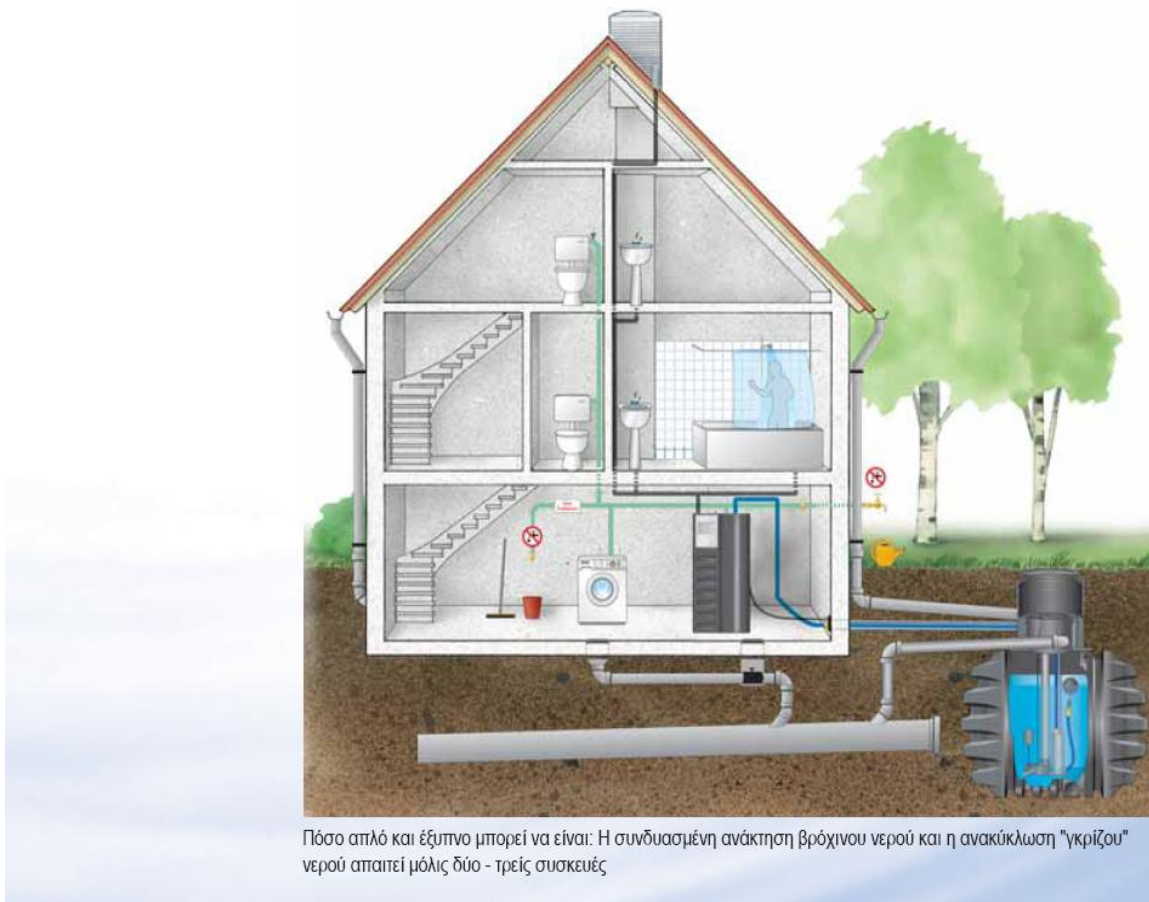
απαιτεί συντήρηση από εξειδικευμένο προσωπικό.

Η ανακύκλωση γκρίζου νερού είναι ωφέλιμη σε συνδυασμό είτε με τα κεντρικά αποχετευτικά συστήματα, είτε με τις σηπτικές δεξαμενές απορροφητικούς λάκκους.

Σε συνδυασμό με τα κεντρικά αποχετευτικά συστήματα το ίδιο νερό επαναχρησιμοποιείται 3 φορές. Το πόσιμο νερό μετά το μπάνιο καταλήγει στο σύστημα ανακύκλωσης γκρίζου νερού, ακολούθως επαναχρησιμοποιείται στα αποχωρητήρια και καταλήγει στο κεντρικό αποχετευτικό σύστημα, από όπου μετά την επεξεργασία επαναχρησιμοποιείται για άρδευση.

Σε συνδυασμό με τις σηπτικές δεξαμενές απορροφητικούς λάκκους το ίδιο νερό χρησιμοποιείται δυο φορές. Μετά το μπάνιο καταλήγει στο σύστημα ανακύκλωσης γκρίζου νερού, ακολούθως επαναχρησιμοποιείται στα αποχωρητήρια ή/και την άρδευση κήπων.

### 6.3 ΕΞΥΓΝΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΝΕΡΟΥ



**Εικόνα 68:** Σχέδιο ανακύκλωσης νερού

Οι διατάξεις ανακύκλωσης "γκρίζου" νερού της εταιρίας GEP επεξεργάζονται κατά ασηπτικό τρόπο ελαφρά επιβαρυμένο με ρύπους οικιακό λύμα - το λεγόμενο "γκρίζο" νερό. Τα απόνερα από το μπάνιο, το ντους και τον νιπτήρα, γίνονται κατά αυτόν τον τρόπο υγιεινό, καθαρό και διαυγές νερό. Μπορείτε έτσι να χρησιμοποιηθεί αυτό το υψηλής ποιότητας νερό χωρίς ενδοιασμό για δεύτερη φορά: Για το πλυντήριο ρούχων, το πότισμα των λουλουδιών, για εξωτερικούς καθαρισμούς και για την τουαλέτα.

Το αποτέλεσμα είναι μία αξιόλογη μείωση της κατανάλωσης νερού, μία μείωση του όγκου του λύματος και μία ενεργή συνεισφορά στην εξοικονόμηση των φυσικών πόρων

Το γκρίζο νερό που προορίζεται για ανακύκλωση τροφοδοτείται μέσω ενός ξεχωριστού δικτύου αποχέτευσης και αποθηκεύεται στο δοχείο ακατέργαστου νερού. Η εφαρμοζόμενη τεχνολογία (BMT - τεχνολογία βιομεμβράνης) εξασφαλίζει ότι το στην έξοδο της εγκατάστασης δοχείο αποθήκευσης επεξεργασμένου νερού είναι απαλλαγμένο από μικρόβια.

Η διεργασία περιλαμβάνει τρία βήματα Καθίζηση, βιοαποικοδόμηση και υπερδιήθηση. Το αποχετευμένο "γκρίζο" νερό, συλλέγεται στο δοχείο καθίζησης (όγκου 1000 lt) όπου μία πρώτη βιοαποικοδόμηση λαμβάνει χώρα, ενώ τα βαρύτερα του νερού σώματα καθιζάνουν. Η παροχή οξυγόνου εξασφαλίζεται από μία αεραντλία. Το παραγόμενο νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί ήδη από την πρώτη ημέρα. Περίπου μία εβδομάδα μετά την εκκίνηση η βιολογική βαθμίδα έχει αποκτήσει σταθερές συνθήκες λειτουργίες.

Το μερικώς καθαρισμένο νερό ανάλογα με την ζήτηση σε καθαρό νερό αντλείται από το δοχείο καθίζησης στο δοχείο όπου εφαρμόζεται η τεχνολογία της βιομεμβράνης. Η συγκεκριμένη διεργασία, η οποία προσαρμόζεται προς την ζήτηση σε καθαρό νερό, βελτιστοποιεί την παραγωγή κατά ασηπτικό τρόπο. Το καθαρό με αυτόν τον τρόπο νερό οδηγείται και συλλέγεται στο δοχείο καθαρού νερού μέσω ενός ειδικά σχεδιασμένου αντλητικού μηχανισμού. Η χωρητικότητα του δοχείου καθαρού νερού προσαρμόζεται στις ανάγκες (στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι 1000 lt)

Η εφαρμοζόμενη υπερδιήθηση χρησιμοποιεί μία μεμβράνη με πορώδες 50 nm. Πρακτικά όλα τα στερεά σωματίδια, τα βακτήρια και οι ιοί παρακρατούνται με αυτόν τον τρόπο. Το παραγόμενο νερό τροφοδοτείται μέσω μίας αντλητικής διάταξης σε ένα ανεξάρτητο υδραυλικό δίκτυο κατάλληλα σημασμένο (ως "μη πόσιμο" νερό) και χρησιμοποιείται για τις τουαλέτες, το πότισμα του κήπου και τα πλυντήρια ρούχων.

Το σύστημα ελέγχου της εγκατάστασης προσαρμόζεται στις μεταβαλλόμενες ανάγκες. Αν δεν υπάρχει αρκετή ποσότητα από το καθαρισμένο νερό, το σύστημα αυτόματα τροφοδοτείται με νερό από το δίκτυο ή ακόμα και με βρόχινο νερό.

Το ανακυκλωμένο νερό πληρεί τα υψηλότερα κριτήρια καθαρότητας και πληρεί τα κριτήρια υγιεινής που ισχύουν για τα νερά για κολύμβηση βάσει της Ευρωπαϊκής Οδηγίας 76/1601EEC.

Η απόδοση της μονάδας WME-4 (Εικόνα 69) είναι ενδεικτική. Έως και 300 λίτρα καθαρό νερό μπορούν να παραχθούν την ημέρα. Αν η ποσότητα αυτή δεν είναι αρκετή, το σύστημα μπορεί να χρησιμοποιήσει βρόχινο νερό αν είναι διαθέσιμο ή νερό δικτύου. Η εναλλαγή γίνεται αυτόματα από το ενσωματωμένο σύστημα ελέγχου. Η αντλητική του δυναμικότητα προς την κατανάλωση είναι 3,3 m<sup>3</sup>/ώρα.



**Εικόνα 69: WME-4**

Μία αποτελεσματική χρήση του βρόχινου νερού επιτρέπει μία μεγάλη μείωση στις ανάγκες για φρέσκο νερό. Για μια εγκατάσταση βρόχινου νερού απαιτείται μόνο υπέργειες ή και υπόγειες δεξαμενές και ελάχιστος εξοπλισμός.

Ο RainManager είναι για οικιακή χρήση και εξασφαλίζει υψηλή απόδοση καταλαμβάνοντας ελάχιστο χώρο. Το βρόχινο νερό συλλέγεται από τις ελεύθερες επιφάνειες και αποθηκεύεται.

Ο RainManager RME (Εικόνα 70) εξασφαλίζει την παροχή για όλες τις καταναλώσεις (3,5 m<sup>3</sup>/ώρα 44m μανομετρικό) και αυτόματη εναλλαγή σε νερό δικτύου όταν η ποσότητα του βρόχινου νερού δεν επαρκεί. Έχει χωρητικότητα 100 lt.

Η ανάκτηση βρόχινου νερού και η ανακύκλωση "γκρίζου νερού" μπορούν να εξυπηρετήσουν πολλές διαφορετικές χρήσεις, όπως την αξιοποίηση του βρόχινου νερού για βιομηχανική χρήση ως νερό διεργασιών, ή ως νερό πλυσίματος για τα πλυντήρια αυτοκινήτων, ή ως νερό για τις τουαλέτες είτε ακόμα και την χρήση των δεξαμενών βρόχινου νερού σαν αποθήκη νερού για το σύστημα πυρόσβεσης.

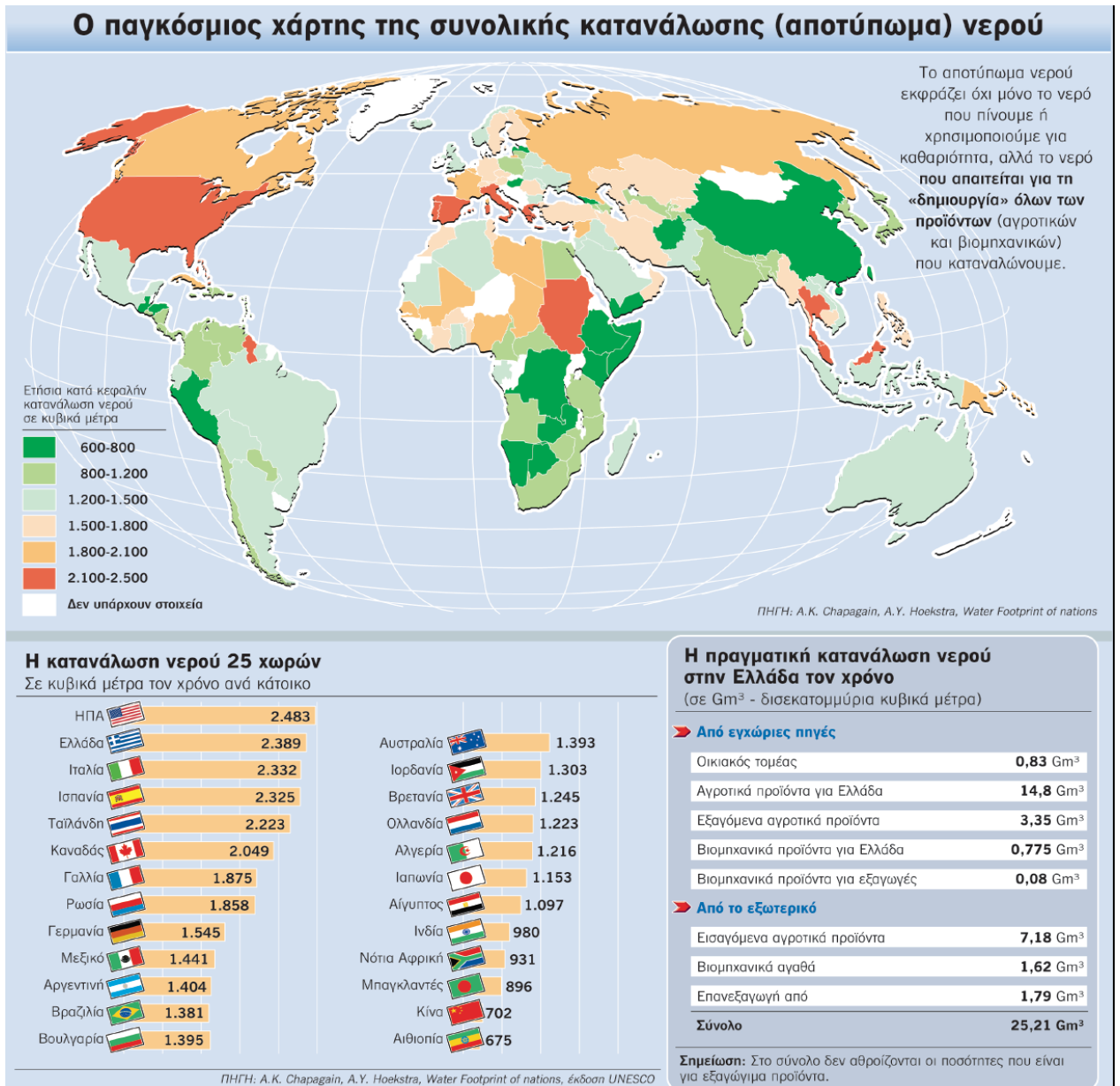


**Εικόνα 70:** RME (RainManager)

#### **6.4 Η ΣΠΑΤΑΛΗ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗ ΕΛΛΑΔΑ**

Την ίδια ώρα που πολλοί στον πλανήτη προβλέπουν (και φοβούνται) ότι τις προσεχείς δεκαετίες θα γίνονται πόλεμοι για το νερό και για την κυριαρχία στα υδάτινα αποθέματα, την ίδια ώρα εξαντλούμε τους υδάτινους πόρους της γης με το γιγάντιο «καλαμάκι» της υπερκατανάλωσης. Μάλιστα, η κατά κεφαλήν κατανάλωση νερού στην Ελλάδα είναι από τις μεγαλύτερες στον κόσμο (λίγο πίσω από την υπερδύναμη της κατανάλωσης, τις ΗΠΑ) και είναι σχεδόν διπλάσια από το μέσο όρο σε παγκόσμιο επίπεδο. Σχεδόν 2.400 κυβικά μέτρα νερό τον χρόνο αναλογούν σε κάθε κάτοικο της Ελλάδας (σ.σ.: προσοχή, σε αυτόν τον αριθμό συνυπολογίζεται η κατανάλωση από κάθε δυνατή χρήση και σπατάλη νερού), όταν ο παγκόσμιος μέσος όρος είναι 1.240 κ.μ. ετησίως.

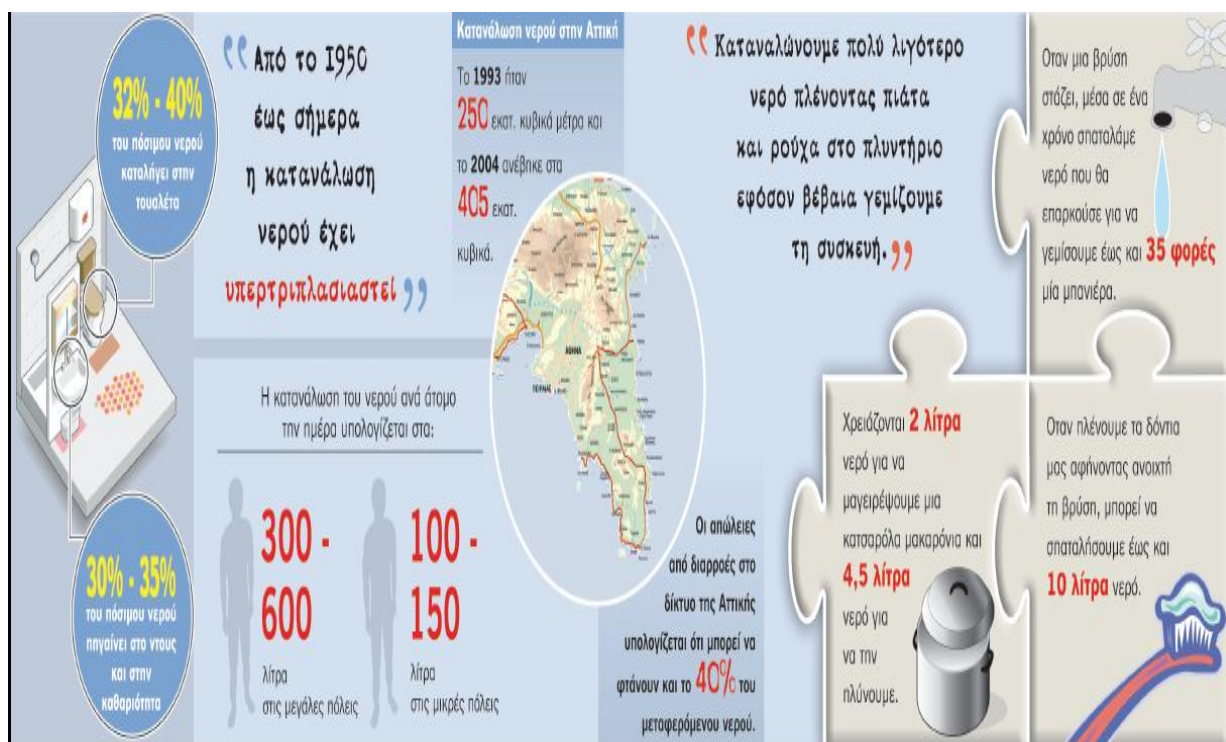
## Αποτύπωμα νερού



Εικόνα 71: Χάρτης αποτυπώματος νερού



## ✚ Κατανάλωση νερού



**Εικόνα 72:** Ποσοστά κατανάλωσης νερού

Τουλάχιστον το 60-70% του νερού που αντλείται στην Ελλάδα από πηγές, λίμνες και ποτάμια για να καλύψει τις ανάγκες μας χάνεται κάπου στη διαδρομή, χωρίς να φθάσει ποτέ στον στόχο του.

Μετά τον περιορισμό της σπατάλης, η επαναχρησιμοποίηση και η ανακύκλωση νερού έχουν να παίξουν σημαντικό ρόλο, μια και ως γνωστόν περίπου 40% του νερού που καταναλώνουμε θα μπορούσε να προέρχεται από την ανακύκλωση «γκρίζων νερών» επιτόπου ή/και από την αξιοποίηση - ανακύκλωση του επεξεργασμένου νερού των λυμάτων μέσα από διπλά κεντρικά δίκτυα διανομής νερού, όπως κάνουν ήδη πολλές πόλεις στον κόσμο.

### 6.5 ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ ΕΕ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΝΕΡΟΥ ΣΕ ΚΤΗΡΙΑ

Το 2007 η Ευρωπαϊκή Ένωση δημοσίευσε μελέτη για τις δυνατότητες εξοικονόμησης νερού, μαζί με μια μελέτη με αναφορές για τρεις περιοχές της ΕΕ με πιθανά μέτρα.

Με αφορμή τα πολύ ενθαρρυντικά πορίσματα, οι συζητήσεις για το θέμα συνέχισαν με επιπλέον μελέτες και προτάσεις για ορθότερη διαχείριση των υδάτινων

πόρων και μέτρα προστασίας από χρόνια ανομβρίας και ξηρασίας.

Οι μέχρι τώρα μελέτες της ΕΕ αναφέρουν ότι υπάρχουν μεγάλα περιθώρια εξοικονόμησης νερού σε ιδιωτικά και δημόσια κτήρια αφού:

Με τεχνολογικές αλλαγές στον εξοπλισμό όπως για παράδειγμα σε βρύσες, αποχωρητήρια, μπάνια και άλλο εξοπλισμό που χρησιμοποιεί νερό (π.χ. πλυντήρια) η εξοικονόμηση μπορεί να φτάσει μέχρι 40%.

Αν ακόμη χρησιμοποιηθεί το νερό της βροχής για χρήση στο κτήριο, η εξοικονόμηση μπορεί να φτάσει το 80% σε ένα τυπικό οικογενειακό σπίτι στη νότια Γαλλία.

Πολλές από τις αλλαγές που εισηγούνται οι εκθέσεις είναι δύσκολο να εφαρμοστούν σε υφιστάμενες κατοικίες είναι όμως πολύ εύκολο να ενσωματωθούν σε νέα κτήρια ή σε κτήρια με μεγάλες ανακαινίσεις.

Σαν αποτέλεσμα αυτών των ευρημάτων η νέα Ευρωπαϊκή Επιτροπή έχει περιλάβει στο πρόγραμμα εργασιών της από το 2010 και τις πιο κάτω πρόνοιες για τη πιο ορθολογιστική χρήση του νερού.

- ✓ Τελική αξιολόγηση του 6ου προγράμματος για το περιβάλλον 2002 – 2012.
- ✓ Αναθεώρηση των προτεραιοτήτων της Οδηγίας Πλαίσιο για τα Νερά πριν τον Ιανουάριο του 2011.
- ✓ Καθορισμό οδικού χάρτη για τα κράτη μέλη για πιο αποδοτική χρήση πόρων και εκπομπές ρύπων.
- ✓ Νέα Οδηγία για την αποδοτική χρήση νερού σε ιδιωτικά και δημόσια κτήρια.

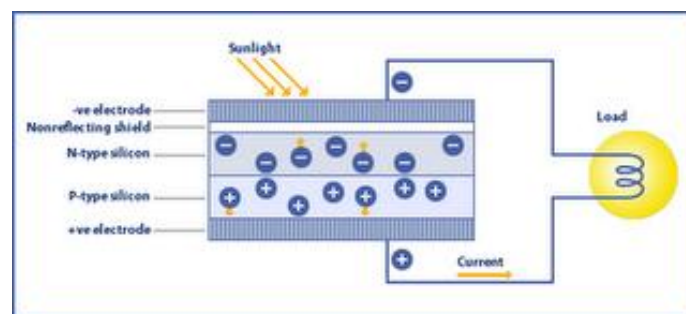
## 7. ΥΒΡΙΔΙΚΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ

### 7.1 Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΩΝ ΦΩΤΟΦΟΛΤΑΪΚΩΝ

Η πρώτη Φ/Β κυψέλη κατασκευάστηκε στα εργαστήρια της Bell από τον Αμερικανό μηχανικό Russell Shoemaker Ohl το 1940, ο οποίος είχε ειδικευτεί στην έρευνα των ημιαγωγών και των τρανζίστορ. Η εφεύρεσή του πατενταρίστηκε με το όνομα "φωτοευαίσθητη ηλεκτρική συσκευή" (US Patent 2402662, "Light-sensitive electric device"). Για πρώτη φορά, το φωτοβολταϊκό φαινόμενο παρατηρήθηκε από τους Adams και Day, στα 1877, όταν μία πολύ μικρή ποσότητα ρεύματος εμφανίστηκε στο χημικό στοιχείο σελήνιο. Ωστόσο, μόνο στα 1954 οι επιστήμονες Charin, Fuller and Pearson των εργαστηρίων της Bell, κατάφεραν να παράγουν σημαντική ποσότητα ενέργειας από μία κυψελίδα πυριτίου. Η ραγδαία όμως ανάπτυξή τους ξεκίνησε την δεκαετία του 70, όταν η πετρελαϊκή κρίση έδωσε το έναυσμα για την εξεύρεση μίας εναλλακτικής πηγής ενέργειας. Μετά από 20 χρόνια πειραματισμών και έρευνας, στις αρχές της δεκαετίας του 90, τα Φ/Β συστήματα ήταν πλέον αποδοτικότερα και μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν σε οικιακές και βιομηχανικές χρήσεις από το ευρύ κοινό.

### 7.2 ΤΟ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ

Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο είναι η μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική, παράγοντας ηλεκτρική τάση (Εικόνα 73).



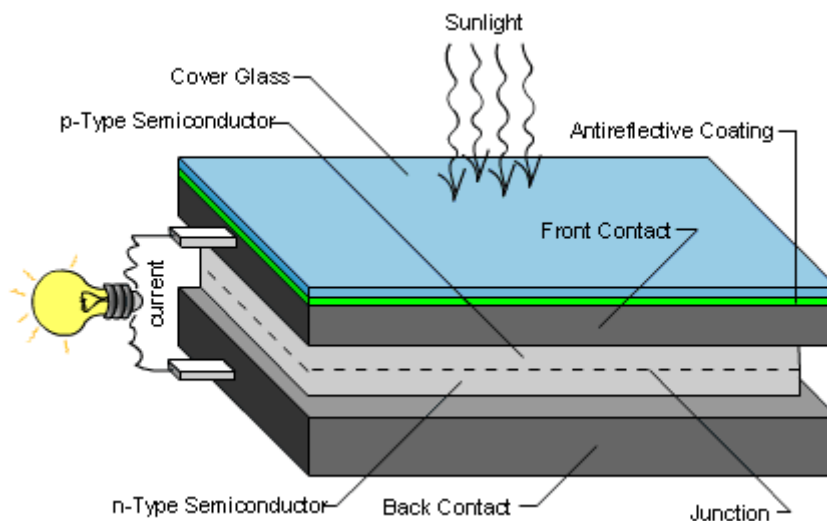
**Εικόνα 73:** Μετατροπή ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική

Ένα φωτοβολταϊκό σύστημα αποτελείται στην ουσία από ένα σύνολο ημιαγωγών (φωτοδίοδοι), δηλαδή από συστοιχίες κυψελίδων πυριτίου (Si), τις λεγόμενες φωτοβολταϊκές κυψέλες (photovoltaic cells – PV cells). Το φως συνίσταται από φωτόνια ή σωματίδια ηλιακής ενέργειας. Όταν προσπίπτουν σε ένα κελί PV,

μπορούν να ανακλαστούν, απορροφηθούν ή να διαπεράσουν το κελί. Μόνο τα απορροφημένα φωτόνια παράγουν ηλεκτρισμό. Όταν συμβαίνει αυτό η ενέργεια του φωτονίου μετατρέπεται σε ένα ηλεκτρόνιο ενός ατόμου του στοιχείου.

Το ηλεκτρόνιο μπορεί να αποδράσει από τη θέση του δημιουργώντας μια "οπή".

Το φωτοβολταϊκό στοιχείο (Εικόνα 74) αποτελείται ουσιαστικά από δυο ή περισσότερες στιβάδες ημιαγωγών. Όταν πέσουν πάνω στο στοιχείο φωτόνια δημιουργούνται ιοντικά ζεύγη (ηλεκτρόνια και οπές). Αυτά τα φορτία κινούνται μέσα στο πλέγμα των ημιαγωγών και όταν περάσουν από τον έναν ημιαγωγό τον άλλο δημιουργούν ένα δυναμικό.



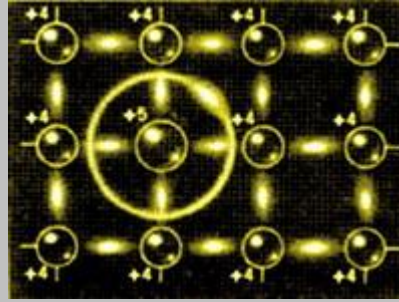
**Εικόνα 74:** Φωτοβολταϊκό στοιχείο

Μεγάλο μέρος της ηλιακής ενέργειας εκπέμπεται στην υπέρυθρη και την υπεριώδη ακτινοβολία, γεγονός που εξηγεί και τις χαμηλές τιμές των θεωρητικών αποδοτικότητας μετατροπής (20-30%).

Ημιαγωγοί: Υλικά με ενδιάμεση ηλεκτρική αγωγιμότητα.(μεταξύ αγωγών και μονωτών). Από τα στοιχεία τα κυριότερα ημιαγωγιμα υλικά είναι το Γερμάνιο (Ge), το Πυρίτιο (Si) και το Σελήνιο (Se). Από αυτά το πιο σημαντικό είναι το πυρίτιο, γιατί βρίσκεται σε μεγαλύτερη αφθονία στη φύση (25%) μετά το Οξυγόνο (50%).

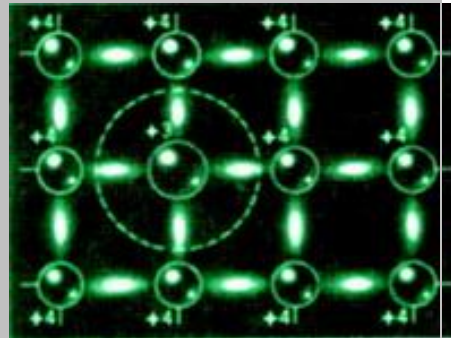
PV: Σύνδεση δύο λεπτών στιβάδων ημιαγωγών, ενός τύπου-p (Εικόνα 75) και ενός τύπου-n (Εικόνα 76). Ένα άτομο πυριτίου έχει 4 σχετικά αδύναμα δέσμια ηλεκτρόνια (σθένους), τα οποία συνδέονται με γειτονικά άτομα. Εάν αντικατασταθεί ένα άτομο πυριτίου με ένα άτομο που έχει 3 ή 5 άτομα ηλεκτρόνια σθένους, θα παραχθεί με τον τρόπο αυτό είτε ένας χώρος χωρίς κανένα ηλεκτρόνιο (μια οπή), είτε ένα ελεύθερο ηλεκτρόνιο που μπορεί να κινείται πιο ελεύθερα από τα αλλά.

**n-τύπου:** Η δημιουργία προσθέτων ηλεκτρονίων επιτυγχάνεται με την ενσωμάτωση ενός ατόμου με 5 ηλεκτρόνια σθένους συχνότερα φωσφόρου

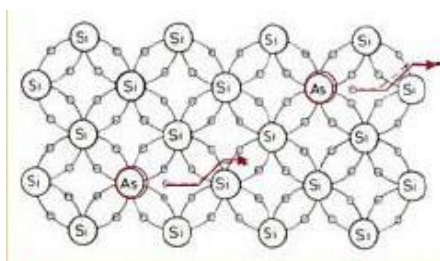


**Εικόνα 75:** Ημιαγωγός τύπου-n

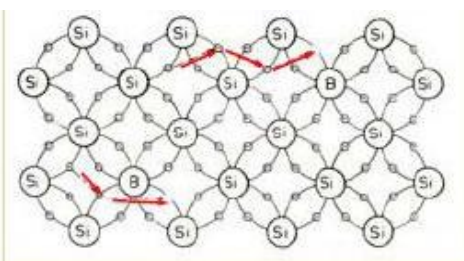
**p-τύπου:** Η δημιουργία πλεοναζόντων οπών επιτυγχάνεται με ενσωμάτωση στο πυρίτιο ατόμων με 3 ηλεκτρόνια σθένους, συνήθως βορίου



**Εικόνα 76:** Ημιαγωγός τύπου-p



Σχηματισμός Si τύπου n με προσμίξεις από άτομα - δότες ηλεκτρονίων (πεντασθενής As). [D=donor]

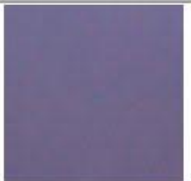
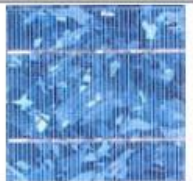



Σχηματισμός Si τύπου p με προσμίξεις από άτομα - αποδέκτες ηλεκτρονίων (τρισθενής B). [A=acceptor]

**Εικόνα 77:** Σχηματισμοί τύπου-n και τύπου-p

Το ηλιακό φως είναι ουσιαστικά μικρά πακέτα ενέργειας που ονομάζονται φωτόνια. Τα φωτόνια περιέχουν διαφορετικά ποσά ενέργειας ανάλογα με το μήκος κύματος του ηλιακού φάσματος. Καθώς προσπίπτουν στις κυψέλες κάποια από αυτά αντανακλώνται, κάποια τα διαπερνούν και κάποια απορροφώνται παράγοντας ρεύμα συνεχούς ηλεκτρικής τάσης (DC). Μία φωτοβολταϊκή κυψέλη παράγει ηλεκτρισμό συνεχούς τάσης 0.6V και ρεύματος 0.146A. Ο συνδυασμός πολλών κυψελίδων αποτελεί ένα Φωτοβολταϊκό σύστημα (Φ/Β - PV). Για παράδειγμα ένα Φ/Β σύστημα των 200Wp (βατ πικ - peak: μονάδα ονομαστικής ισχύος του Φ/Β ίδιο με το W) έχει 54 κυψέλες (δηλ.  $P=V \cdot I = (54 \times 0.6V) \times (54 \times 0.146A) = 255.46 \text{ V} \cdot \text{A} \text{ ή } \text{W}$ ). Το ποσοστό μετατροπής της ηλιακής ενέργειας σε τάση συνεχούς ηλεκτρικού ρεύματος δεν είναι 100%, αλλά το 70 με 90% χάνεται σε θερμότητα. Τα σημερινά Φ/Β έχουν αποδόσεις, που κυμαίνονται μεταξύ 5 – 19% ανάλογα με το υλικό κατασκευής τους (Πίνακας 18 «Συγκριτικός Πίνακας Φωτοβολταϊκών Τεχνολογιών» από τον ηλεκτρονικό οδηγό του συνδέσμου εταιρειών φωτοβολταϊκών). Με τα σημερινά δεδομένα, οι προοπτική βελτίωσης της απόδοσης των Φ/Β είναι οριακή και δεν μπορεί να ξεπεράσει το 40%. Έτσι για κάθε kWp εγκατεστημένης ισχύος, αναλόγως της τεχνολογίας και της ενεργειακής μελέτης, ένα Φ/Β σύστημα μπορεί να καταλάβει έκταση 8-10 m<sup>2</sup> (ή αλλιώς 100-125 W / m<sup>2</sup>).

**Πίνακας 18:** Συγκεντρωτικός πίνακας φωτοβολταϊκών τεχνολογιών.

ΤΥΠΟΣ	'Λεπτού υμενίου' ή 'Thin Film'	Πολυκρυσταλλικά	Μονοκρυσταλλικά
Εμφάνιση			
Απόδοση	a-Si: 4,2-6,6% μ-Si: 8,1-8,5% CIS-CIGS: 6-11% CdTe: 6-11,1%	11-14,8%	11-19,3%
Απαιτούμενη επιφάνεια ανά kWp	9-25 m <sup>2</sup>	7-9 m <sup>2</sup>	5,5-9 m <sup>2</sup>
Μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας (kWh ανά kWp) <small>(μέση τιμή για Ελλάδα και για ένα τυπικό σύστημα με νότιο προσανατολισμό και κατάλληλη κλίση)</small>	1.300-1.450	1.300	1.300
Μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας (kWh ανά m <sup>2</sup> ) <small>(μέση τιμή για Ελλάδα και για ένα τυπικό σύστημα με νότιο προσανατολισμό και κατάλληλη κλίση)</small>	50-160	145-185	145-235
Ετήσια μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (kg CO <sub>2</sub> ανά kWp)	1.300-1.450	1.300	1.300

Η μικρή απόδοση των Φ/Β οδήγησε στην ανάπτυξη (ξεκίνησε σε ερευνητικό στάδιο γύρω στις αρχές του '90) ενός συστήματος που εκμεταλλεύεται και τη παραγόμενη θερμική ενέργεια. Είναι τα λεγόμενα PV/T solar systems (Εικόνα 78), τα οποία είναι ένας συνδυασμός Φ/Β και επίπεδων ηλιακών συλλεκτών, ανεβάζοντας την απόδοσή τους από 10 – 30% σε σχέση με τα απλά Φ/Β συστήματα. Εδώ θα πρέπει να τονιστεί, ότι η παραγόμενη θερμότητα, κατά την πρόσπιψη της ακτινοβολίας πάνω σε ένα Φ/Β μειώνει την απόδοσή του. Έχει παρατηρηθεί ότι για κάθε αύξηση της θερμοκρασίας του πλαισίου πάνω από την τιμή των 25 °C, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μειώνεται κατά περίπου 0,5% ανά βαθμό Κελσίου. Για παράδειγμα ένα Φ/Β σύστημα που έχει εγκατασταθεί στην Ελλάδα (θερμοκρασία πλαισίου 55-75 °C) ισχύος 10 kWp, δίνει 7.5 kWp, δηλαδή επέρχεται μία μείωση που μπορεί να φτάσει από 15% ως και 25%.



**Εικόνα 78:** (PV/T solar system)

### 7.3 Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

Η Φ/Β κυψέλη είναι φτιαγμένη κυρίως από ένα ημιαγωγίμο υλικό που ονομάζεται πυρίτιο (Silicon - Si). Ανάλογα με το είδος της πρόσμιξης που θα χρησιμοποιηθεί, ο ημιαγωγός χαρακτηρίζεται, είτε ως τύπου n (negative-αρνητικού), είτε ως τύπου p (positive - θετικού). Ως πρώτη ύλη για την παραγωγή του n-τύπου χρησιμοποιείται ο φώσφορος, ενώ ως πρώτη ύλη για την παραγωγή του p-τύπου χρησιμοποιείται το βόριο. Τα Φ/Β χωρίζονται σε τρεις κύριες κατηγορίες.

### ❖ Μονοκρυσταλικά (m-Si)

Οι μονοκρυσταλλικές κυψέλες (Εικόνα 79) κατασκευάζονται τεμαχίζοντας έναν ενιαίο κρύσταλλο, (πάχος κυψέλης 1/3 έως 1/2 του χιλιοστού), από ένα μεγάλο πλίνθωμα ενιαίου κρυστάλλου που έχει επεξεργαστεί σε θερμοκρασίες περίπου 1400°C, κάτι που είναι μια πολύ ακριβή διαδικασία. Το πυρίτιο πρέπει να είναι πολύ υψηλής καθαρότητας και να έχει τέλεια δομή κρυστάλλου. Αυτού του είδους τα φωτοβολταϊκά στοιχεία έχουν και την μεγαλύτερη απόδοση, δηλαδή μετατρέπουν μεγαλύτερο ποσοστό της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρισμό. Η απόδοσή τους μπορεί να προσεγγίσει και το 23% (η μέση απόδοση είναι 11-19.3%), δηλαδή αν η ηλιακή ακτινοβολία είναι 700 Wh/m<sup>2</sup> την ημέρα τότε αυτά θα παράγουν για την συγκεκριμένη μέρα 120 Wh/m<sup>2</sup> με 160 Wh/m<sup>2</sup>. Η διάρκεια ζωής τους ανέρχεται στα 25 έτη. Έχουν σημαντική επίδραση από τη θερμοκρασία και μεγάλο κόστος κατασκευής (ακριβή πρώτη υλη/περίπλοκη κατασκευή).



**Εικόνα 79:** Μονοκρυσταλλικές κυψέλες

### ❖ Πολυκρυσταλλικά (p-Si)

Οι πολυκρυσταλλικές κυψέλες (Εικόνα 80) γίνονται με μια διαδικασία χύτευσης στην οποία το λιωμένο βιομηχανικό πυρίτιο χύνεται σε μια φόρμα όπου και μορφοποιείται. Κατόπιν τεμαχίζεται στις γκοφρέτες. Δεδομένου ότι οι πολυκρυσταλλικές κυψέλες γίνονται από χύτευση είναι σημαντικά φτηνότερη η παραγωγή τους, αλλά όχι τόσο αποδοτικές όσο οι μονοκρυσταλλικές. Αυτή η χαμηλότερη αποδοτικότητα, που κυμαίνεται μεταξύ 11% και 14.8%, οφείλεται στις ατέλειες στη δομή του κρυστάλλου ως αποτέλεσμα της διαδικασίας χύτευσης.





**Εικόνα 80:** πολυκρυσταλλικές κυψέλες

❖ **Άμορφου πυριτίου (a-Si) (μικρομορφικά [μ-Si], τα CIS-CIGS, CdTe, κ.λ.π.)**

Το άμορφο πυρίτιο, μια από τις τεχνολογίες λεπτής μεμβράνης (thin film technology), γίνεται με την εναπόθεση του πυριτίου επάνω σε ένα υπόστρωμα γυαλιού από ένα αντιδραστικό αέριο όπως το σιλάνιο ( $\text{SiH}_4$ ). Δεν έχει κρυσταλλική δομή, και το πάχος του (2-3  $\mu\text{m}$ ) είναι ιδιαίτερα μικρότερο από το κρυσταλλικής μορφής πυρίτιο (200-500  $\mu\text{m}$ ). Από κατασκευαστική άποψη είναι το απλούστερο και επομένως το πιο φθηνό, αλλά η απόδοσή του είναι συγκριτικά μικρότερη. Παρόλα αυτά, είναι ικανοποιητική ακόμη και σε συνθήκες έλλειψης ηλιοφάνειας. Τα ηλιακά στοιχεία άμορφου πυριτίου έχουν μια κοκκινωπή-καφέ απόχρωση, σχεδόν μαύρη, και επιφάνεια αποτελούμενη από στενές, μεγάλου μήκους λωρίδες. Η αποδοτικότητα των φωτοβολταϊκών άμορφου πυριτίου (Εικόνα 81) κυμαίνεται μεταξύ 4% και 11%, ανάλογα με την τεχνολογία και τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν. Η επιλογή του είδους των φωτοβολταϊκών είναι συνάρτηση των αναγκών, του διαθέσιμου χώρου ή ακόμα και της οικονομικής ευχέρειας του χρήστη. Η διάρκεια ζωής τους ανέρχεται στα 20 έτη. Έχουν μικρή επίδραση από τη θερμοκρασία και μικρότερο κόστος κατασκευής (φθηνότερη πρώτη υλη/απλούστερη κατασκευή).



**Εικόνα 81:** Κυψέλες άμορφου πυριτίου

#### ❖ Φ/Β πάνελ

Τα Φ/Β πάνελ (Εικόνα 82) κατασκευάζονται από την συναρμολόγηση των Φ/Β κυψελίδων, οι οποίες συνδέονται εσωτερικά μεταξύ τους μέσω ηλεκτρικών επαφών. Το σύνολο των συνδεδεμένων κυψελίδων ενσωματώνεται μέσα σε έναν σκελετό, δημιουργώντας ένα ανθεκτικό και αδιάβροχο Φ/Β πάνελ. Τα πάνελ που δημιουργούνται έχουν ηλεκτρική ισχύς που κυμαίνεται από 150 έως 230 watts.

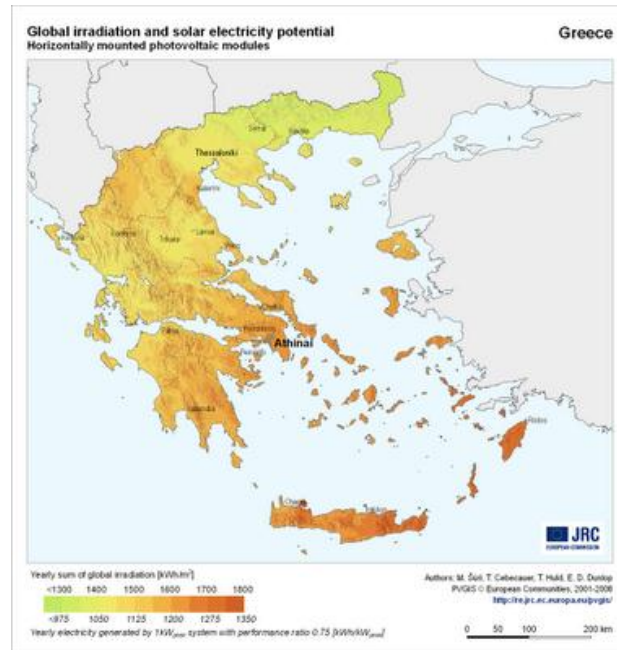


**Εικόνα 82:** Φωτοβολταϊκό πάνελ

## 7.4 ΤΑ Φ/Β ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Στην Ελλάδα της μεγάλης ηλιοφάνειας, δίνεται η ευκαιρία αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας μέσω της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας. Η μέση ημερήσια ενέργεια που δίνεται από τον ήλιο στην Ελλάδα είναι 4,6 kWh/m<sup>2</sup>. Όπως φαίνεται και στο

παρακάτω διάγραμμα της Ηλιακής Ακτινοβολίας Φωτονίων επί οριζοντίου επιπέδου (Global Horizontal irradiation) (Εικόνα 83) υπάρχουν γεωγραφικές περιοχές που αγγίζουν και τις 1800 kWh/m<sup>2</sup> ανά χρόνο (βλέπε Κρήτη και Δωδεκάνησα).



**Εικόνα 83:** Διάγραμμα της ηλιακής ακτινοβολίας φωτονίων

Στο μεγαλύτερο τμήμα της Ελλάδας, η ηλιοφάνεια διαρκεί περισσότερες από 2700 ώρες το χρόνο. Στη δυτική Μακεδονία και την Ήπειρο εμφανίζει τις μικρότερες τιμές της, κυμαινόμενη από 2200 ως 2300 ώρες, ενώ στη Ρόδο και τη νότια Κρήτη ξεπερνά τις 3100 ώρες ετησίως. Η καθαρή ενέργεια που παράγουν, το μικρό λειτουργικό τους κόστος, η μεγάλη διάρκεια ζωής τους (20 με 30 χρόνια) και η ιδέα της ανεξαρτητοποίησης από τα κρατικά και ιδιωτικά κέντρα ενέργειας, δίνουν όλο και μεγαλύτερο κίνητρο για την εγκατάστασή τους, είτε ως αυτόνομα συστήματα, είτε ως βοηθητικά με το τοπικό ηλεκτρικό δίκτυο.

## 7.5 Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ Φ/Β

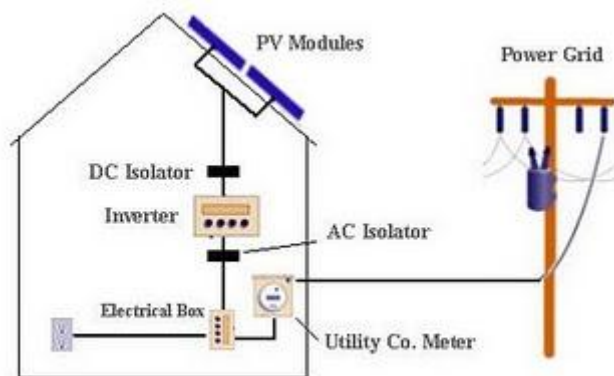
### 7.5.1 Φ/Β συστήματα συνδεδεμένα με το τοπικό ηλεκτρικό δίκτυο

Τα βασικά μέρη ενός Φ/Β Συστήματος είναι:

- Τα Φωτοβολταϊκά πλαίσια.
- Οι Ηλεκτρονικές διατάξεις διαχείρισης και προστασίας παραγωγής DC.
- Οι ηλεκτρονικές διατάξεις ελέγχου θέσης συλλεκτών και καιρικών συνθηκών.
- Μπλοκ Αντιστροφών (Inverters).

- Όργανα μετρήσεως, καταγραφής και προστασίας παραγωγής και ελέγχου σύνδεσης με το δίκτυο.
- Σύστημα παρακολούθησης και καταγραφής παραμέτρων Φωτοβολταϊκού πεδίου.

Το ηλεκτρικό ρεύμα που παράγεται από τους Φ/Β συλλέκτες στο Φωτοβολταϊκό πεδίο είναι συνεχές (DC). Αυτό ελέγχεται και συγκεντρώνεται με τις κατάλληλες συσκευές στο Πεδίο ελέγχου και παροχής DC. Για να τροφοδοτηθεί στο δίκτυο πρέπει να μετατραπεί σε εναλλασσόμενο (AC). Αυτό γίνεται εφικτό με το Μπλοκ των Αντιστροφών (Inverters).



**Εικόνα 84:** Σύνδεση δικτύου με αντιστροφή (Inverter)

Τα συστήματα αυτά έχουν επενδυτικό χαρακτήρα, που με την κατάλληλη μελέτη και των υπολογισμό κρίσιμων παραμέτρων μπορούν να αποσβέσουν το έργο μέσα σε 7 χρόνια και να τριπλασιάσουν το πραγματικό κεφάλαιο μέσα στα 20 χρόνια που διαρκεί η σύμβαση με την ΔΕΗ. Οι τεχνικές παράμετρος είναι:

- Η περιοχή της εγκατάστασης του έργου
- Η κλιματολογική ζώνη της περιοχής
- Ο βαθμός ρύπανσης της γύρω ατμόσφαιρας
- Ο βαθμός απορρόφησης της παραγόμενης ενέργειας από το δίκτυο

### 7.5.2 DC-AC μετατροπείας (INVERTER)

Η συσκευή αυτή είναι απαραίτητη για τη μετατροπή του συνεχούς (DC) ρεύματος σε εναλλασσόμενο (AC) για να μπορούν να λειτουργούν οι διάφορες συσκευές που κυκλοφορούν στην αγορά.

Ένας τέτοιος μετατροπείας είναι ο περιστρεφόμενος, στον οποίο το συνεχές ρεύμα προκαλεί περιστροφή ενός κινητήρα που με τη σειρά του μεταδίδει την κίνηση σε μια γεννήτρια εναλλασσόμενου ρεύματος. Η συσκευή αυτή δεν χρησιμοποιείται σήμερα διότι με την ανάπτυξη της τεχνολογίας έχουν κατασκευασθεί παρόμοιες συσκευές με ημιαγωγούς και χωρίς κινητά μέρη. Η απόδοση των τελευταίων είναι

πολύ μεγαλύτερη, η συντήρησή τους πολύ πιο εύκολη και η ανάγκη για επιδιόρθωση πολύ σπάνια. Ο Μετατροπέας Φ/β συστήματος ενωμένου με δίκτυο πρώτον έχει απόδοση που είναι γύρω στο 90-95% και δεύτερο μπορεί να μετατρέψει πλήρως τη συνεχή τάση εναλλασσόμενη, γιατί λειτουργεί με βάση το σήμα που παίρνει από το ηλεκτρικό δίκτυο.

Θα πρέπει να έχει μεγάλη ισχύ για να μπορεί να μετατρέπει σε εναλλασσόμενη όλη την ισχύ που παράγουν τα Φ/β πλαίσια. Θα πρέπει ακόμη να είναι σε θέση να αντεπεξέλθει και σε περιπτώσεις πολύ μεγαλύτερων τιμών ισχύος που μπορεί να εμφανισθούν κατά τη διάρκεια ειδικών καιρικών συνθηκών.

Για παράδειγμα, μεγάλη ισχύς μπορεί να δημιουργηθεί όταν ορισμένα σύννεφα που, λειτουργώντας σαν φακός, προκαλούν μεγαλύτερη συγκέντρωση ηλιακής ακτινοβολίας στα Φ/β πλαίσια από τη κανονική.

Ένα πλεονέκτημα του μετατροπέα που συνδέεται με το κεντρικό δίκτυο είναι ότι δεν χρειάζεται να αντιμετωπίσει τις μεγάλες τιμές ρεύματος που απαιτούνται για το ξεκίνημα ενός κινητήρα. Σε τέτοιες περιπτώσεις υπάρχει η δυνατότητα τα υψηλά ρεύματα να παρέχονται από το δίκτυο.

Και σε αυτή την περίπτωση όμως ο μετατροπέας πρέπει να έχει σταθερή απόδοση σε πολύ μεγάλη περιοχή τιμών ισχύος.

Άλλο χαρακτηριστικό που πρέπει να έχει ένας τέτοιος μετατροπέας είναι η ικανότητα να προσαρμόζει τη λειτουργία του υπό τέτοια τάση, ώστε με οποιεσδήποτε συνθήκες, η ισχύς εξόδου να είναι πάντα η μέγιστη.

Γενικά, η καλή απόδοση και η ικανότητα του μετατροπέα να χρησιμοποιεί τη μέγιστη ισχύ που παράγουν τα Φ/β πλαίσια έχει πολύ μεγάλη σημασία γιατί έχει σχέση με το οικονομικό όφελος του ιδιοκτήτη του Φ/β συστήματος.

Επειδή η ηλεκτρική ενέργεια είναι δυνατό να διατεθεί δια μέσου του ηλεκτρικού δικτύου, η μορφή του ηλεκτρικού ρεύματος που δίνει ο μετατροπέας πρέπει να είναι ημιτονοειδής όπως ακριβώς το ρεύμα που κυκλοφορεί στο ηλεκτρικό δίκτυο.

Πραγματικά, με την αλματώδη ανάπτυξη της φυσικής της στερεάς κατάστασης της ύλης, έχουν κατασκευασθεί μετατροπείς που δίνουν σχεδόν τέλεια ημιτονοειδή τάση με ελάχιστα αρμονικά σήματα που την παραμορφώνουν.

Το αποτέλεσμα είναι ότι η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται με αυτό τον τρόπο δεν προκαλεί προβλήματα στη λειτουργία των κινητήρων και είναι πλήρως δεκτή από το ηλεκτρικό δίκτυο.

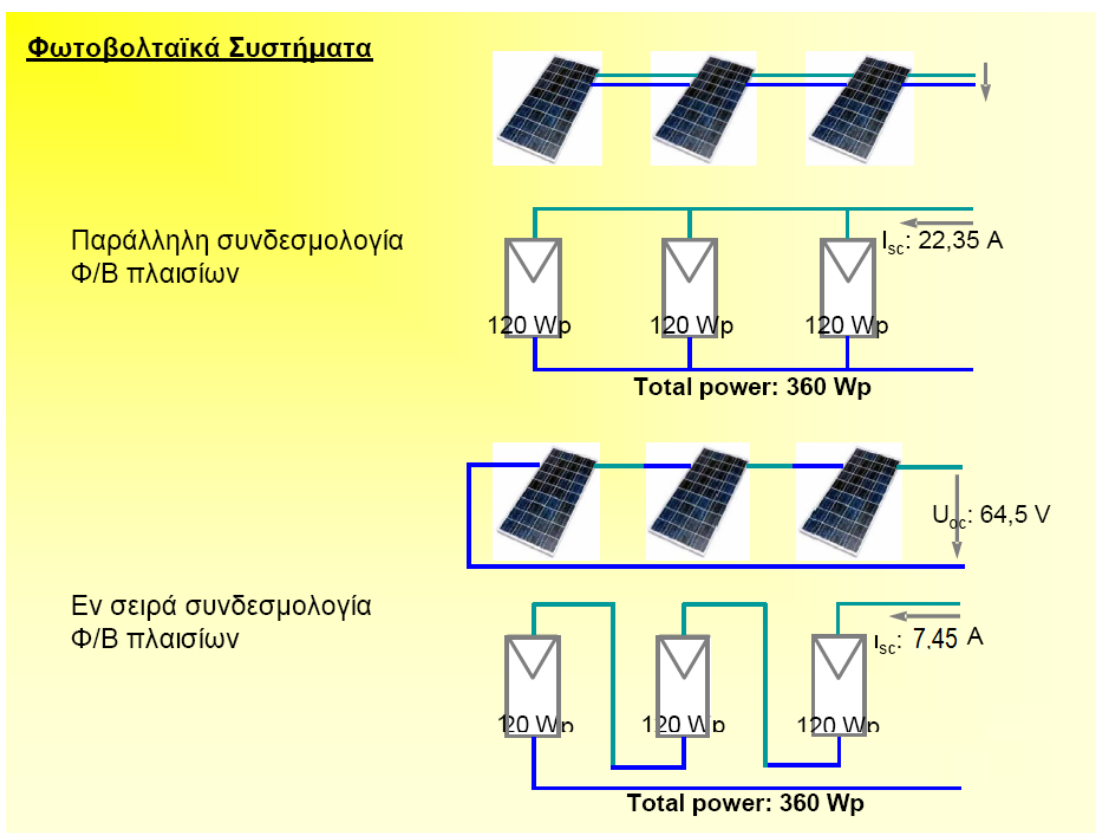
Ένας άλλος παράγοντας που λαμβάνεται υπόψη είναι ο συντελεστής ισχύος. Στην ιδανική περίπτωση ο συντελεστής αυτός πρέπει να είναι ίσος με τη μονάδα. Αυτό σημαίνει ότι η τάση και το ρεύμα παίρνουν συγχρόνως τη μέγιστη τους τιμή και ότι όλη η ισχύς εξόδου του μετατροπέα είναι ίση με την ισχύ που καταναλώνει το φορτίο.

Τελευταία έχουν κατασκευασθεί μετατροπείς που έχουν συντελεστή ισχύος 0,95 που είναι ίσος με αυτόν που έχει το ηλεκτρικό δίκτυο. Για την εκλογή του μετατροπέα όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως θα πρέπει να προσεχθεί ώστε κατά τη λειτουργία του να μην προκαλεί εκπομπή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων.

Αυτά είναι δυνατό να επηρεάσουν τη λειτουργία συσκευών όπως είναι οι τηλεοράσεις, τα ραδιόφωνα, τα τηλέφωνα και οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές.

### 7.5.3 Τρόποι σύνδεσης των πάνελ

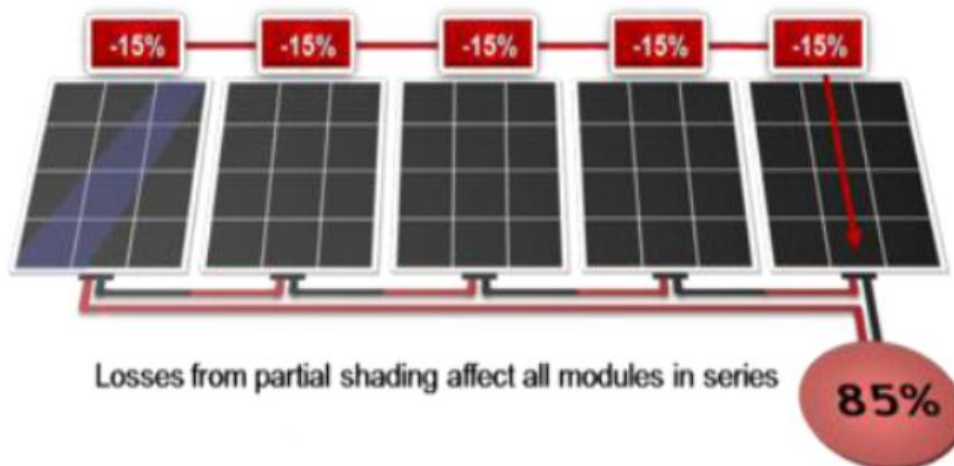
Ανάλογα με τον τρόπο που συνδυάζονται τα φωτοβολταϊκά συστήματα κατηγοριοποιούνται σε δύο τεχνολογικές τάσεις. Την τεχνολογία στοιχιοσειράς (String technology) και την κατηγορία πολλαπλών στοιχιοσειρών (Multi string technology). Η διαφοροποίηση των προαναφερθέντων τεχνολογικών τάσεων έγκειται αφενός στον αριθμό των Φ/Π που συνδέονται ανα ηλεκτρονικό μετατροπέα και αφ' ετέρου στον τρόπο που συνδέονται μεταξύ τους (εν σειρά σύνδεση, παράλληλη σύνδεση ή συνδυασμός αυτών).



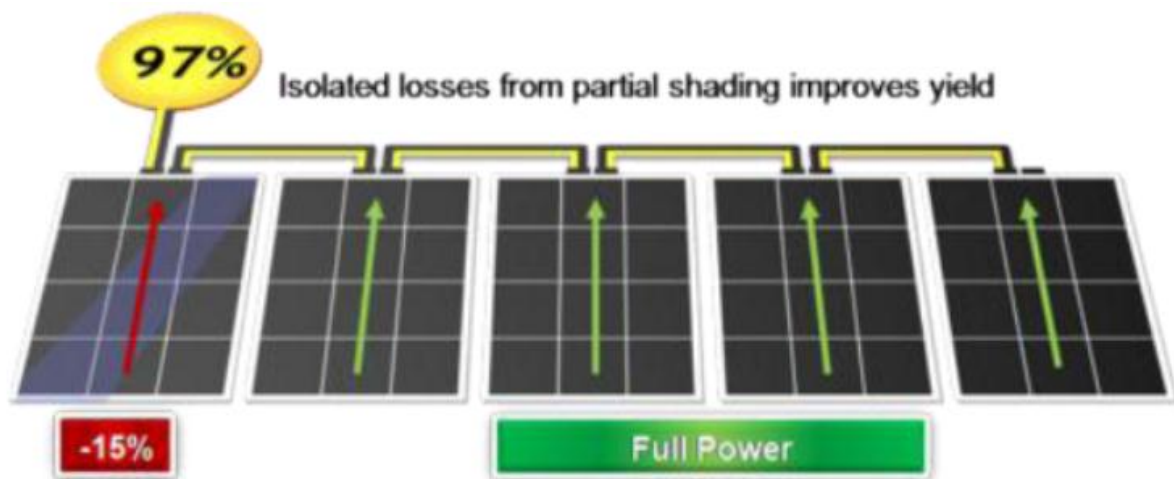
**Εικόνα 85:** Τρόποι σύνδεσης των πάνελ

Η σύνδεση σε σειρά χρησιμοποιείται στις περιπτώσεις που θέλουμε να επιτύχουμε τάση μεγαλύτερη από την τάση που παρέχει κάθε φωτοβολταϊκό πλαίσιο χωριστά. Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια που θα συνδεθούν σε σειρά πρέπει να έχουν το ίδιο ρεύμα βραχυκυκλώματος ( $I_k$ ) και το ίδιο ρεύμα μέγιστης ισχύος. Η παράλληλη σύνδεση χρησιμοποιείται στις περιπτώσεις που θέλουμε να επιτύχουμε ρεύμα μεγαλύτερο από το ρεύμα που παρέχει κάθε φωτοβολταϊκό πλαίσιο χωριστά. Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια που θα συνδεθούν παράλληλα πρέπει να έχουν την ίδια τάση ανοικτού κυκλώματος ( $U_L$ ).

Με τη μικτή σύνδεση πετυχαίνουμε να αυξήσουμε το ρεύμα και την τάση ταυτόχρονα, σε τιμές που δεν είναι διαθέσιμες από απλά φωτοβολταϊκά πλαίσια. Από τεχνικής απόψεως η μικτή σύνδεση είναι συνδυασμός της σύνδεσης σε σειρά και της παράλληλης σύνδεσης και κατά συνέπεια ισχύει ότι ισχύει σε αυτές τις συνδέσεις. Η τάση της συστοιχίας αυτής καθορίζεται από τα στοιχεία που είναι συνδεδεμένα σε σειρά ενώ το συνολικό ρεύμα από τις παράλληλες ομάδες. Ανάλογα με τον τρόπο σύνδεσης των panel έχουμε και τις αντίστοιχες απώλειες. Αυτές παρατίθενται ενδεικτικά στα παρακάτω σχήματα.

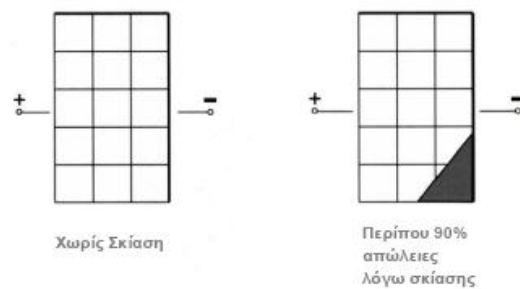


Εικόνα 86: Συνολικές απώλειες στην εν σειρά σύνδεση



Εικόνα 87: Συνολικές απώλειες στην εν παράλληλω σύνδεση

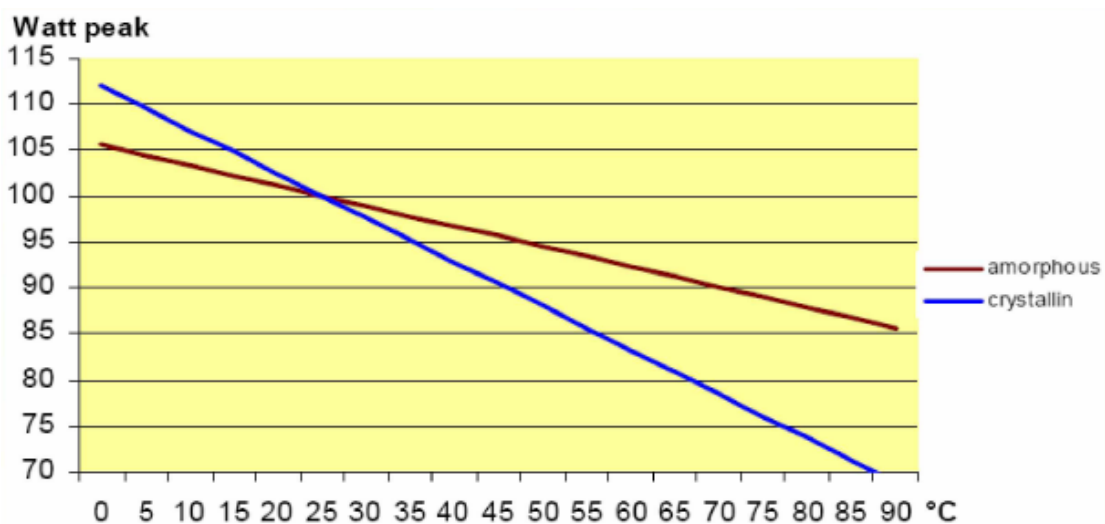
- Απώλειες λόγω μερικής σκίασης του Φ/Β πλαισίου



**Εικόνα 88:** Σκίαση πάνελ

- ✓ Είναι σημαντικό να αποφεύγεται η ολική και η μερική σκίαση ενός Φ/Β πάνελ.
  - ✓ Η χρήση διόδων παράκαμψης μειώνει την επίδραση από την σκίαση.
  - ✓ Η μερική σκίαση μπορεί να προκαλέσει υπερθέρμανση και καταστροφή του Φ/Β πλαισίου.
- Επίδραση της θερμοκρασίας σε Φ/Β κρυσταλλικού και άμορφου πυριτίου.

**Διάγραμμα 1:** Επίδραση της θερμοκρασίας σε Φ/Β κρυσταλλικού και άμορφου πυριτίου.





## 7.6 ΤΑ ΥΒΡΙΔΙΚΑ ΘΕΡΜΟ-ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ

### 7.6.1 Εισαγωγή στα PV/T

Η ηλεκτρική απόδοση ενός PV/T σταθμού συγκρίσει ενός PV σταθμού, έχει υπολογιστεί, ότι κυμαίνεται από 10 έως 30% παραπάνω, καθιστώντας την ηλεκτροπαραγωγή από συστήματα PV/T, αποδοτικότερη.

Ο όρος «υβριδικό» είναι καταχρηστικά, χρησιμοποιούμενος, λόγω του ότι, στην ουσία πρόκειται για συστήματα συμπαραγωγής, τα οποία, αποτελούν για πολλούς την τεχνολογία εκείνη, για την οποία θα υπάρξουν ραγδαίες τεχνολογικές εξελίξεις και εφαρμογές.

Η ανάγκη δημιουργίας, PV/T συστημάτων, απορρέει από ορισμένες διαπιστώσεις και πειραματικές διεργασίες, οι οποίες έλαβαν χώρα, στην τεχνολογική εξέλιξη των φωτοβολταϊκών στοιχείων. Πιο συγκεκριμένα διαπιστώθηκε ότι το μεγαλύτερο μέρος της απορροφούμενης ηλιακής ακτινοβολίας, δεν μετατρέπεται σε ηλεκτρισμό, αλλά σε θερμότητα, η οποία αυξάνει την θερμοκρασία του φωτοβολταϊκού πλαισίου, και κατά συνέπεια μειώνει την ηλεκτρική του απόδοση. Η προαναφερθείσα διαπίστωση σηματοδότησε έναν κύκλο ερευνών ο οποίος ξεκίνησε στα μέσα της δεκαετίας του 90'. Η έρευνα είχε ως βασικό στόχο τον συνδυασμό φωτοβολταϊκών με επίπεδους ηλιακούς συλλέκτες. Το πιο σημαντικό ερευνητικό πρόγραμμα, ξεκίνησε στην Γερμανία, το 2005, με τίτλο «Ηλιακή θέρμανση και ψύξη (SHC)» και πιο συγκεκριμένα ασχολήθηκε με τα «PV/T solar systems». Την έρευνα είχε αναλάβει το International Energy Agency.

#### Τεχνολογία αιχμής

Τα φωτοβολταϊκά/θερμικά ηλιακά συστήματα, αποτελούν τις συσκευές, οι οποίες δημιουργήθηκαν ούτως ώστε «εκμεταλλεζόμενες» την ηλιακή ακτινοβολία να παράγουν ηλεκτρικό και θερμικό φορτίο αξιοποιήσιμο και αποθηκεύσιμο, μειώνοντας τις απώλειες του εκάστοτε ενεργειακού συστήματος. Οι έρευνες και τα στοιχεία των κατασκευαστών, φωτοβολταϊκών πλαισίων, έδειξαν ότι για κάθε αύξηση, της θερμοκρασίας πλαισίου πάνω από την τιμή των 25°C, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ακολουθεί φθίνουσα πορεία κατά περίπου 0,5% ανά βαθμό Κελσίου. Ανάγοντας τα ανωτέρω σε ένα πιο κατανοητό, για το ευρύ κοινό, μέγεθος, μία συστοιχία φωτοβολταϊκών πλαισίων 10kWp, σε συνθήκες ελληνικής επικράτειας (55-75 °C – Θερμοκρασία πλαισίου), θα υποστούν μία μείωση ισχύος περί του 15-25% από την ονομαστική τους απόδοση, και θα αποδίδουν περίπου, 7,5 kWp.

Η ερευνητική και κατασκευαστική κοινότητα, για να απαντήσει στις ανάγκες της μείωσης της απόδοσης συναρτήσει της θερμοκρασίας, έθεσε τις βάσεις για την δημιουργία, όλων εκείνων των ηλεκτρομηχανολογικών διατάξεων, οι οποίες

ρυθμίζουν την θερμοκρασία του φωτοβολταϊκού πλαισίου, στην τιμή που μπορεί να αποδώσει την μέγιστη ισχύ τηρουμένων των αναλογιών. Η εν λόγω ρύθμιση της θερμοκρασίας γίνεται με την απαγωγή της θερμότητας, η οποία κατά ένα ποσό, μπορεί να υποβοηθήσει συστήματα θέρμανσης, να εξασφαλίσει την ποσότητα ζεστού νερού χρήσης για τις εκάστοτε ανάγκες και να καλύψει μέρος των αναγκών σε θερμικό φορτίο. Χρησιμοποιώντας PV/T , σύμφωνα με έρευνες από το NSTF, πραγματοποιώντας, μείωση της θερμοκρασίας του φ/β πλαισίου κατά 10 έως 20°C, μπορεί να αυξήσει, την παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος κατά 5-10%. Δηλαδή για μία συστοιχία 10 kWp, η οποία όπως προαναφέρθηκε λόγω αυξημένης, θερμοκρασίας αποδίδει 7,5 kWp μπορεί να εξασφαλίσει 0,5 – 1 kWp επιπλέον.

Τα PV/T συστήματα, αποτελούνται από PV modules συνδυασμένα με θερμική μονάδα απολαβής, η οποία απάγει την θερμότητα, από την, υπό κοινές συνθήκες θερμοκρασία των πλαισίων, μέσω ενός εργαζόμενου μέσου (π.χ. νερό, αέρας). Υπάρχουν δύο είδη PV/T συσκευών τα οποία είναι τα ακόλουθα, νερού και αέρα. Η διάταξη με την χρήση αέρα είναι απλούστερη, αλλά όχι τόσο αποδοτική συγκρίσει με την χρησιμοποίηση του νερού, ως εργαζόμενου μέσου, η οποία οφείλεται, στην διαφορά πυκνότητας τους.

### Εφαρμογές – Χρησιμότητα

Εκ των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, και των συστημάτων που τις περιγράφουν, όλα τα απαραίτητα στοιχεία για την άμεση εφαρμογή στον οικιακό τομέα, δίχως σημαντικούς περιορισμούς (πολεοδομικούς , περιβαλλοντικούς, υποδομή κ.τ.λ.) εμφανίζουν τα συστήματα φωτοβολταϊκών και τα συστήματα ηλιακής θερμικής ενέργειας.

Στις χώρες της νοτιοανατολικής Ευρώπης και γενικότερα σε χώρες, οι οποίες εμφανίζουν θερμό κλίμα, δημιουργούν ένα θερμοκρασιακό εύρος λειτουργίας των φωτοβολταϊκών πλαισίων μεταξύ 45 - 75°C, όπερ μεθερμηνευόμενο, μειωμένη απόδοση των πλαισίων και συνολικά των φωτοβολταϊκών, συστημάτων την περίοδο του θέρους.

### Οικιακός – κτηριακός τομέας

Οι χώροι οι οποίοι μπορούν να φιλοξενήσουν συστήματα συλλογής και μετατροπής ηλιακής ενέργειας είναι οι ακόλουθοι, οροφές κατοικιών, ξενοδοχείων, νοσοκομείων, αθλητικών κέντρων κ.α.. Λόγω των περιορισμένων διαθέσιμων χώρων συχνά οι δύο τεχνολογίες (Φωτοβολταϊκή και Ηλιακή θερμική) ανταγωνίζονται η μία την άλλη. Ο ανταγωνισμός αυτός ο οποίος είναι ανούσιος υπό το πρίσμα της εξοικονόμησης ενέργειας, δημιούργησε τις προϋποθέσεις της συνένωσης των δύο τεχνολογιών στην ιδέα των PV/T.

Τα συστήματα PV/T, μετατρέπουν ταυτόχρονα, την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία, σε ηλεκτρισμό και θερμότητα. Ένα οικιακό PV/T σύστημα, μπορεί να πετύχει βελτίωση της ηλεκτρικής ενέργειας των φωτοβολταϊκών πλαισίων κατά 10

έως 30% και επιπρόσθετα την παραγωγή θερμικής ενέργειας, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί, για την υποβοηθήσει την θέρμανση νερού χρήσης (50 liters / cap / day). Το υπόλοιπο θερμικό φορτίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην ενδοδαπέδια θέρμανση, η οποία απαιτεί, θερμοκρασίες περίπου, 35-45°C.

Στην Ελλάδα, λαμβάνοντας υπόψιν, την ΚΥΑ 12323/2009, για τα φωτοβολταϊκά στις στέγες καθώς και την ΚΥΑ , για τα θερμοσιφωνικά συστήματα οι οποίες ορίζουν ότι πέραν της εγκατάστασης φωτοβολταϊκών πλαισίων για ηλεκτροπαραγωγή, με feed in tariff προς 0,55€ ανά παραγόμενη kWh, απαιτείται και ηλιακός θερμοσίφωνας. Το άνωθεν, στοιχείο περιορίζει τον χώρο εγκατάστασης. Με βάση τα προαναφερθέντα προτείνεται ανεπιφύλακτα, η χρήση PV/T. Ένα επιπρόσθετο όφελος στον οικιακό τομέα, έγκειται στην άμεση, χρησιμοποίηση του θερμικού φορτίου των PV/T συσκευών.

Η αγορά θερμικών ηλιακών συστημάτων έχει σταθεροποιηθεί στις 150.000 με 220.000 m<sup>2</sup> ετησίως, και η συνολική εγκατεστημένη επιφάνεια ηλιακών συλλεκτών είναι περίπου 3.500.000 m<sup>2</sup>. Εάν εφαρμοστούν συστήματα PV/T , αντί των ηλιακών συλλεκτών, θα υπάρξει διπλό όφελος. Το πρώτο όφελος θα προέλθει από την εξοικονόμηση θερμικής ενέργειας της τάξεως των 2.450 GWh ανά έτος και την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, περίπου 420GWh ανά έτος. Τα προαναφερθέντα οφέλη, θα υποβοηθούσαν την Ελλάδα ούτως ώστε να επιτύχουν τους εθνικούς στόχους για ηλεκτροπαραγωγή από Α.Π.Ε. της τάξεως του 40.1% έως το 2020.

Η τεχνολογία των PV/T, δίνει την δυνατότητα για «ηλιακή ψύξη» το καλοκαίρι με την χρήση διατάξεων ψύξης απορρόφησης/προσρόφησης και θέρμανσης τον χειμώνα, εξοικονομώντας μέχρι και 100% ηλεκτρικής και 50% θερμικής κατανάλωσης ενέργειας.

### **Κόστος**

Το κόστος των PV/T, είναι περίπου 25% αυξημένο συγκρίσει με τα απλά συστήματα φωτοβολταϊκών, ωστόσο παράγουν ενέργεια αξιοποιήσιμη, έως και 300% παραπάνω. Οι εταιρείες οι οποίες κατασκευάζουν και εμπορεύονται συστήματα PV/T είναι οι ακόλουθες, Everlight, Solar Wall, Millenium Electric, Zen-International, Menova, Arontis, Fototherm, Solar Zentrum Allgau, IDS AG, PVT Solar, SunDrum Solar, Entech Solar.


## 7.7 ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΡV/Τ ΓΙΑ ΤΗΝ ΟΙΚΙΑ

**Πινάκας 19:** ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΤΗΣΙΩΝ ΜΕΣΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΤΗΣ ΟΙΚΙΑΣ (ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΑ ΤΙΜΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ Δ.Ε.Η. Α.Ε.)

	Εγκατεστημένη Ισχύς (w)	Μέσος Ημερήσιος χρόνος λειτουργίας (h)	Μέση μηνιαία κατανάλωση Wh / mo * ημέρες του μήνα	Μέση ετήσια κατανάλωση Wh/mo * 12
ΚΟΥΖΙΝΑ	2000	1.5	90 kWh	1080 kWh
2 ΤΗΛΕΟΡΑΣΕΙΣ 14"	140	3	12.6 kWh	151.2 kWh
ΤΗΛΕΟΡΑΣΗ 32"	170	4	20.4 kWh	244.8 kWh
ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΣΚΟΥΠΑ	1500	0.5	22.5 kWh	270 kWh
VIDEO	30	2	1.8 kWh	21.6 kWh
ΨΥΓΕΙΟ	90	24	15 kWh	180 kWh
3 Η/Υ	1050	5	157.5 kWh	1890 kWh
ΠΛΥΝΤΗΡΙΟ	2500	0.5	37.5 kWh	450 kWh
ΡΑΔΙΟ	80	0.5	1.2 kWh	14.4 kWh
ΛΑΜΠΕΣ (15*25W)	375	5	56.3 kWh	675.6 kWh
ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΣΙΔΕΡΟ	1100	0.3	9.9 kWh	118.8 kWh
ΦΟΥΡΝΟΣ ΜΙΚΡΟΚΥΜΑΤΩΝ	800	0.2	4.8 kWh	57.6 kWh
ΑΠΟΡΟΦΗΤΗΡΑΣ	80	0.5	1.2 kWh	14.4 kWh
2 A/C (ψύξη 9000 Btu)	2000	6	12 kWh *15(μερες το μήνα)=180 kWh	180*3μήνες το καλοκαίρι)= 540 kWh
ΛΟΙΠΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ	1500	1.5	67.5 kWh	810 kWh
ΣΥΝΟΛΟ	13415(W)			6518,4 kWh

Άρα η εγκατάσταση μας πρέπει να παράγει τουλάχιστον 5kW που παράγουν περίπου 8390,9 kWh/έτος. Για την κάλυψη αυτής της κατανάλωσης θα χρησιμοποιήσουμε τα υβριδικά φωτοβολταϊκά MSS-MIL-PVT320W-MO της εταιρίας MILLENNIUM ELECTRIC ονομαστικής ισχύος 320Wp (watt peak, ισχύς αιχμής). Τα χαρακτηριστικά των υβριδικών φωτοβολταϊκών της εταιρίας MILLENNIUM ELECTRIC δίνονται στον (Πίνακα 20).

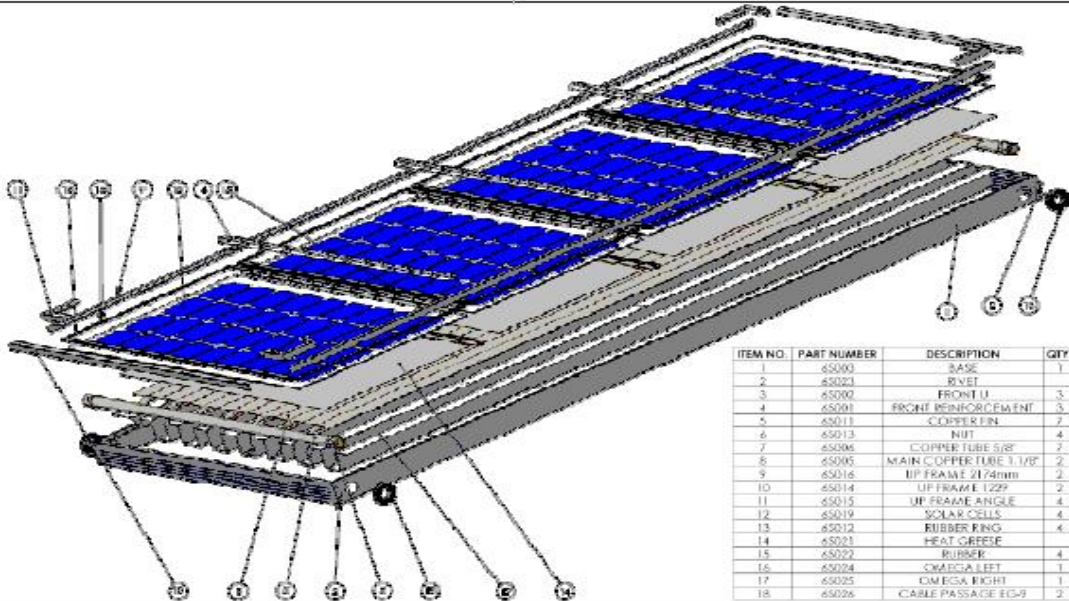
**Πίνακας 20:** (Χαρακτηριστικά των υβριδικών φωτοβολταϊκών)



**MILLENNIUM ELECTRIC**  
**MSS MIL-PVT-320W-MO2: Product General Specifications**

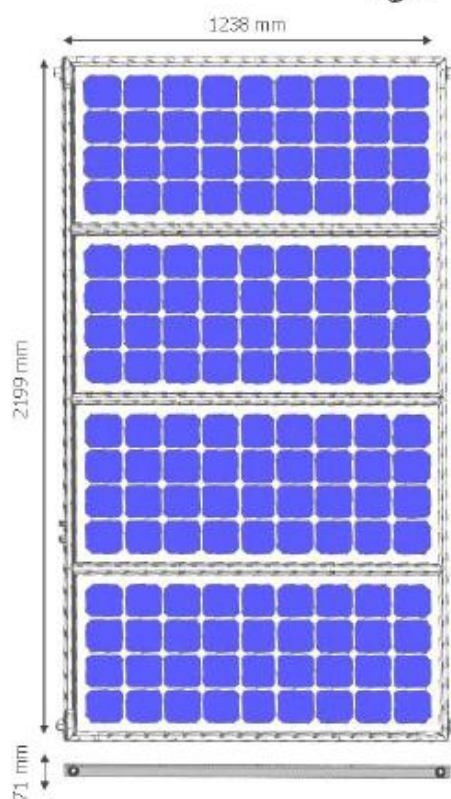
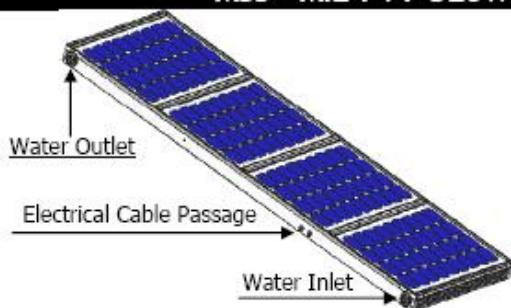
Dimensions	Length (m)	Width (m)	Area (m <sup>2</sup> )
MSS generator	2.199	1.238	2.72
PV generator	2	1.125	2.25
Thermal Output	6000 Kcal per day under average Middle East climatic conditions or 1.28 KWp Thermal energy		
Electrical Output	0.4-0.8 kW/ m <sup>2</sup> – per day under average climatic conditions (320 Wp)		
Maximum output temperature	50-55 °C – under normal operating conditions		
Thermal Efficiency	35% Air – 35% Hot Water (70% water if the air is not used)		
Electrical Efficiency	14.2%		
Additional comments	Overall efficiency is 84.2%		

< MILLENNIUM ELECTRIC T.O.U. Ltd >



ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	85000	BASE	1
2	85001	BUSSET	1
3	85002	FRONT U	3
4	85001	FRONT REINFORCEMENT	3
5	85011	CORNER PIN	2
6	85013	NUT	4
7	85006	COPPER TUBE 5/8"	2
8	85005	MAIN COPPER TUBE 1 1/8"	2
9	85016	UP FRAME 2124mm	2
10	85014	UP FRAME 1229	2
11	85015	UP FRAME ANGLE	4
12	85019	SOLAR CELLS	4
13	85012	RUBBER RING	4
14	85021	HEAT GREASE	2
15	85022	RUBBER	4
16	85024	OMEGA LEFT	1
17	85025	OMEGA RIGHT	1
18	85026	CABLE PASSAGE EG-9	2

11 Hasadna St., P.O.Box 2646, Ra'anana North Industrial Zone 43650, ISRAEL  
 Contact: Ms Amit Elazari Tel: (+972) 9-7439490, Fax: (+972) 9-7453654  
 Email: info@millenniumsolar.com Website: www.millenniumsolar.com

**MILLENNIUM ELECTRIC  
MSS - MIL-PVT-320W-MO2 DATA SHEET**

**Electrical Specifications**

Manufacturer	Millennium Electric
Type	MIL-PV-320W-M02
Pnom	320W
Power tolerance	+/-5%
Origin	Israel/Cyprus
BIPV	No
Module efficiency	14.2%
Cell manufacturer	Motech/Gintech/Q-cell/Sharp
Cell type	Mono-crystalline, textured and anti-reflectivity layered
Cell size	125 mmX125 mm
Cell efficiency	16%
Cells per Module	144
Power guarantee	80% performance after 25 years ;90% after 10 years
Distribution	worldwide
Produced from	1991
Approvals	IEC 61215, Safety class II
Length	2.199 m
Width	1.238 m
Thickness	71mm
Frame type	aluminium
Output Terminal	junction box Tyco
Net Collector Weight	38 kg
Voc	44.2 V
Isc	9.94 A
NOCT	47 °C
Vmpp at 1000W/m2	36.72 V
Impp at 1000W/m2	9.16 A

Για την παραγωγή των 5kW θα χρειαστούμε  $\frac{5000W}{320W} = 15,6$  πάνελ

Άρα τα πάνελ θα είναι 16 και η επιφάνεια που θα καλύπτουν είναι 45.6m<sup>2</sup>

Συνολικά το PV-πλαίσιο αποδίδει μέγιστη ισχύ:

$P_{max} = 16 \text{ PV-στοιχεία} \times 320W/\text{στοιχείο} = 5382.4 \text{ W}_p$  (5382.4 Watts ισχύς αιχμής : peak)

Η μέγιστη ισχύς ή ισχύς αιχμής,  $W_p$ , των 5kW επιτυγχάνεται όταν η ηλιακή ενέργεια που προσπίπτει στο PV-σύστημα φθάνει, τα 1000W/m<sup>2</sup>.

Επομένως, η συνολική ισχύς αιχμής είναι ίση με:

$$320 \frac{W}{\text{πλαίσιο}} \times 16 \text{ πλαίσια} = 5120W = 5.12kW$$

#### ❖ Επιλογή αντιστροφέα (INVERTER)

Για το παρόν σύστημα επιλέχτηκε ο Inverter της εταιρίας SMA, μοντέλου SMC 500A. Η συνδεσμολογία των panel που θα ακολουθηθεί θα είναι μεικτή, ούτως ώστε το σύστημα να καταστεί λιγότερο ευάλωτο στις σκιάσεις που μπορεί να προκληθούν είτε από φυσικά εμπόδια όπως σύννεφα, είτε από άλλες στατικές κατασκευές όπως κτήρια, καθώς επίσης και από αιωρούμενα σωματίδια που κατακάθονται στις επιφάνειες των panel.

Έτσι έχουμε:

NS: PV-πλαίσια εν σειρά και

NP: σειρές PV-πλαισίων εν παραλλήλω

Η μέση τιμή της ολικής έντασης του ρεύματος  $I_L$ , που θα δίνουν τα N PV – πλαίσια που θα είναι συνδεδεμένα ως εξής :

Ns σε σειρά και Np σειρές εν παραλλήλω, ήτοι:

$$N = N_s \times N_p, \quad (7.1)$$

$$\text{θα ισούται με: } i_L = \frac{P_{pv}}{V} = \frac{5120 W_p}{246 V} = 20,81A$$

Όπου:

$P_{pv}$ : Μέγιστη ισχύς που αποδίδει η εγκατάσταση

V: Τάση εισόδου του μετατροπέα

Επειδή ο μετατροπέας DC/AC απαιτεί τάση εισόδου 246 Volts, τότε ο αριθμός των PV-πλαισίων που θα συνδεθούν σε σειρά θα πρέπει να είναι:

$$\frac{246 \text{ Volts}}{36,72 \text{ Volts}} = 7,12 \quad \text{και συνεπώς, } N_s = 8$$

Ο αριθμός Np των σειρών των PV – πλαισίων θα προσδιορισθεί από τη σχέση:

$$N_p = (SF) \times \frac{i_{pv}}{i_m} \quad (7.2)$$

Όπου:

SF (size factor), είναι ο συντελεστής κλίμακας, ο οποίος εισάγεται για την ακεραιοποίηση – στρογγυλοποίηση, των διαστάσεων του PV-συστήματος.

$i_m$ : είναι η ονομαστική τιμή της έντασης που δίνει το PV πλαίσιο

Αντικαθιστώντας έχουμε:

$$N_p = \frac{20.81 \text{ A}}{9.16 \text{ A}} = 1.97$$

και προφανώς ως  $N_p$  θα ληφθεί ο πλησιέστερος προς τα άνω ακέραιος, ήτοι:  $N_p=2$

Εν κατακλείδι, θα έχουμε 2 σειρές PV-πλαισίων συνδεδεμένων εν παραλλήλω, όπου η κάθε σειρά θα έχει 8 PV-πλαίσια εν σειρά.

Επομένως, θα χρειαστούν  $N = N_s \times N_p = 8 \times 2 = 16$  PV-πλαίσια με τα χαρακτηριστικά που παρουσιάσθηκαν προηγουμένως.

Τα χαρακτηριστικά του Inverter ακολουθούν στο παρακάτω πινάκα:

**Πινάκας 21:** (Χαρακτηριστικά Inverter SMC 5000A)

Technical Data		
	SMC 5000A	SMC 6000A
<b>Input Values</b>		
Max. DC Power	5750 W	6300 W
DC Voltage Range	213 V – 600 V	213 V – 600 V
Nominal AC Voltage ( $U_{PV,nom}$ )	246 V	246 V
Max. MPP Voltage ( $U_{MPP,max}$ )	600 V	600 V
Max. Input Current ( $I_{PV,max}$ )	26 A	26 A
DC Voltage Ripple ( $U_{pp}$ )	< 10 %	< 10 %
Max. Number of Strings (Parallel)	4	4
DC Connection	Plug connector (MC or Tyco)	Plug connector (MC or Tyco)
Thermally Monitored Varistors	yes	yes
Ground Fault Current Monitoring	yes	yes
Pole Confusion Protection	Short circuit diode	Short circuit diode
<b>Output Values</b>		
AC Power, Continuous ( $P_{AC,max}$ )	5500 W at 50 °C	6000 W at 50 °C
AC Power, Nominal ( $P_{AC,nom}$ )	5000 W	6000 W
Max. Output Current ( $I_{AC,max}$ )	26 A	26 A
THD of AC Current	< 4 %	< 4 %
Nominal AC voltage ( $U_{AC,nom}$ )	220 V – 240 V	220 V – 240 V
Nominal AC frequency ( $f_{AC,nom}$ )	50 Hz / 60 Hz	50 Hz / 60 Hz
Power Factor (cos phi)	1	1
Short Circuit Proof	yes, current control	yes, current control
Grid Connection	Screw-Terminal	Screw-Terminal
<b>Efficiency</b>		
Max. Efficiency (eta max)	96.1 %	96.1 %
European Weighted Efficiency (eta euro)	95.2 %	95.2 %
<b>Power Circuit</b>		
Topology	Low frequency transformer	Low frequency transformer
Utility Monitoring	SMA grid guard <sup>®</sup> 2	SMA grid guard <sup>®</sup> 2
Number of Output Phases	1	1
<b>Enclosure</b>		
acc. to DIN EN 60529	IP65 (dust- and waterproof)	IP65 (dust- and waterproof)
Cooling System	OptiCool <sup>®</sup>	OptiCool <sup>®</sup>
Permissible Ambient Temperature	-25 °C to +60 °C	-25 °C to +60 °C
<b>Mechanical Data</b>		
Weight	approx. 62 kg	approx. 63 kg
Width / Height / Depth in mm	468 / 613 / 242	468 / 613 / 242
<b>Features</b>		
Communication	Optional: RS232/RS485/radio	Optional: RS232/RS485/radio
Display	Standard: 2-line display	Standard: 2-line display
Warranty	5 years (optional 10 years)	5 years (optional 10 years)
DC Disconnect	Optional: ESS	Optional: ESS
Plant Monitoring	Compatible e.g. with Sunny Boy Control, Sunny Beam, Sunny WebBox and Sunny Portal	Compatible e.g. with Sunny Boy Control, Sunny Beam, Sunny WebBox and Sunny Portal



### 7.7.1 Βέλτιστη κλίση Φ/Β συστημάτων

Τα συστήματα αξιοποίησης της ηλιακής ακτινοβολίας (ηλιακός συλλέκτης ή φωτοβολταϊκά) μπορεί να είναι τοποθετημένα πάνω σε σταθερή βάση ή σε περιστρεφόμενη βάση. Αναλόγως με το είδος του συστήματος, το ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας που αξιοποιείται, είναι διαφορετικό. Η βέλτιστη ετήσια σταθερή γωνία κλίσης ενός ηλιακού συστήματος, εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής, την περίοδο ηλιοφάνειας, τη μορφολογία της περιοχής εγκατάστασης και τα φυσικά εμπόδια (ορεινοί όγκοι, δένδρα, κτιριακές εγκαταστάσεις, κ.α.). Τα φυσικά ή τεχνητά εμπόδια μπορεί να περιορίζουν την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία ανάλογα με τη γεωμετρική θέση που έχουν ως προς τα ηλιακά συστήματα.

Η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία σε μια επιφάνεια με σταθερή βάση, μπορεί να αυξηθεί (4÷ 6%) με την μηνιαία μεταβολή της κλίσης ( $\beta$ ) ανά μήνα ή ανά εποχή. Στον (Πίνακα 22), δίνονται τιμές της προσπίπτουσας μηνιαίας ολικής ηλιακής ενέργειας ( $kWh/(m^2 \cdot mo)$ ) σε κεκλιμένες επιφάνειες για τις βέλτιστες κλίσεις εγκατάστασης ηλιακού συστήματος ( $\beta$ ), για την περιοχή της Πάτρας.

Οι τιμές της βέλτιστης κλίσης δίνονται σε ετήσια (Ε) βάση, σε χειμερινή (Χ) βάση και θερινή (Θ) βάση. Οι τιμές βέλτιστης κλίσης ( $\beta$ ) είναι σχεδόν ίδιες για περιοχές με ίδιο γεωγραφικό πλάτος.

**Πίνακας 22:** (Πίνακας 3.1 Τ.Ο.Τ.Ε.Ε ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ) Μηνιαία Ηλιακή Ενέργεια για τις βέλτιστες γωνίες κλίσης  $\beta$  των Φ/Β ( $kWh/m^2 \cdot mo$ ), και βέλτιστη κλίση σε ετήσια (Ε) βάση, χειμερινή (Χ) και θερινή (Θ) περίοδο, για διάφορες περιοχές της Ελλάδας.

Πάτρα ( $\phi=38,25^\circ$ ,  $L=21,73^\circ$ )

Κλίση $\beta$ ( $^\circ$ )	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ	Ε	Χ	Θ
7-14	66	82	134	151	200	212	216	201	163	121	79	66	1692	578	1144
23-33	83	96	145	150	189	195	201	196	172	140	100	86	1753	660	1102
42-52	91	100	145	141	170	173	180	181	168	146	109	96	1699	682	1013

Άρα η βέλτιστη κλίση των panel είναι  $33^\circ$

Από τον (Πίνακα 22) η ετήσια ακτινοβολία που πέφτει στο PV-σύστημα, ανέρχεται σε  $1753 \frac{kWh}{m^2}$ , η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια, Η.Ε., σε ετήσια βάση θα ισούται με:

$$H.E. = 1753 \frac{kWh}{m^2} \times \frac{5120W}{320W} \times 2.25m^2 \times 0.142 = 8961.3 \frac{kWh}{\text{έτος}}$$

Γενικά θα ισχύει:

$$H.E = (\text{προσπίπτουσα ηλ. ακτινοβολία/έτος}) \times (\text{επιφάνεια PV}) \times \eta \quad (7.3)$$

**Πίνακας 23:** (Πίνακας 3.2 Τεχνολογία PV-Συστημάτων και εφαρμογές Καθ.Σ.Ν.Καπλάνη): Μέση Ημερήσια Ακτινοβολία (kWh / m<sup>2</sup>) ανά μήνα που προσπίπτει στην επιφάνεια των PV- πλαισίων υπό κλίση 45<sup>0</sup>, ως προς το οριζόντιο επίπεδο, στην Πάτρα.

Μήνας	$\bar{R}$ Συντελεστής μετατροπής της ακτινοβολίας από το οριζόντιο σε κεκλιμένο κατά 45 <sup>0</sup> επίπεδο. Παράρτημα VI βλ. Πίνακα για Ζώνη 3 (1)	Αριθμός ημερών κάθε μήνα (2)	Ηλιακή ακτινοβολία στο οριζόντιο ανά μήνα (MJ/m <sup>2</sup> ) (3)	Μέση Ημερήσια Ακτινοβολία (kWh/m <sup>2</sup> ) σε επίπεδο 45 <sup>0</sup> $\frac{(1) \times (3) \times 10^3}{(2) \times 3600}$	PSH (h)
Ι	1.655	31	220	3.28	3.28
Φ	1.38	28	259	3.55	3.55
Μ	1.16	31	400	4.16	4.16
Α	0.965	30	493	4.40	4.40
Μ	0.845	31	684	5.18	5.18
Ι	0.79	30	745	5.45	5.45
Ι	0.81	31	781	5.67	5.67
Α	0.92	31	713	5.88	5.88
Σ	1.105	30	526	5.38	5.38
Ο	1.355	31	367	4.46	4.46
Ν	1.61	30	241	3.58	3.58
Δ	1.70	31	187	2.85	2.85
Ετήσιος Μ.Ο.				4.49 $\left( \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2} \right)$	4.49h

Η πιο σωστή προσέγγιση στην λύση του προβλήματος θα ήταν η ακόλουθη:

**Η.Ε : Ισχύς PV-συστήματος × 365 days × Ισοδύναμου Χρόνου Ωρών Ηλιοφάνειας ανά Ημέρα (PSH: Peak Solar Hour) (σε h) ανά ημέρα (7.4)**

Από τον (Πίνακα 44) έχουμε PSH=4.49h

Δηλαδή,

$$\text{Η.Ε.} = 5120\text{W} \times 365\text{days} \times 4.49(\text{σε ώρες}) = 8390.9 \frac{\text{kWh}}{\text{έτος}}$$

### 7.7.2 Υπολογισμός ζεστού νερού χρήσης

Ένα άτομο θέλει περίπου 50 λίτρα ζεστού νερού χρήσης στους 45 βαθμούς Κελσίου. Μια τετραμελής οικογένεια θέλει περίπου 4 χ 50 λίτρα = 200 λίτρα ζεστό νερό/ημέρα.

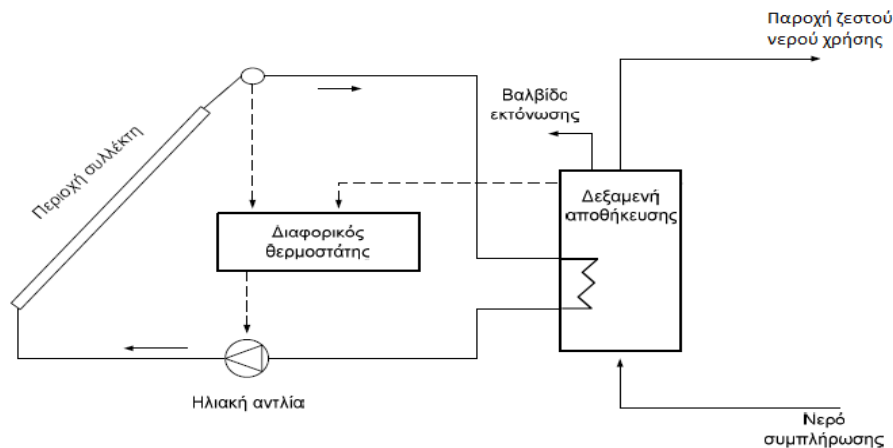
Για την κάλυψη αυτή θα χρησιμοποιήσουμε δεξαμενή αποθήκευσης Μπόιλερ BOILER κλειστού κυκλώματος τριπλής ενέργειας της εταιρίας NOBEL (NOMΠΕΛ) χωρητικότητας 200 lt ΛΙΤΡΑ (ΤΥΠΟΥ INOX) Λεβητοστασίου με 2 εναλλάκτες. Η επιλογή Μπόιλερ τριπλής ενέργειας, έγινε για την βέλτιστη εκμετάλλευση του ζεστού νερού που παράγουν τα φωτοβολταϊκά καθώς και του ζεστού νερού από τον καυστήρα της οικίας μας. Έτσι επιτυγχάνουμε την εξοικονόμηση περαιτέρω ηλεκτρικού ρεύματος καθώς η ανάγκες μας καλύπτονται ικανοποιητικά έως έναν βαθμό από τις δυο αυτές πηγές παράγωγης ζεστού νερού χρήσης. Η θερμοκρασία που παίρνουμε από τα υβριδικά φ/β κυμαίνεται μεταξύ 50-55<sup>0</sup>C που μας ικανοποιεί για τις ανάγκες μας.



**Εικόνα 88:** (BOILER NOBEL 200 lt INOX Λεβητοστασίου με 2 εναλλάκτες)

Τα υβριδικά φ/β είναι ενεργά συστήματα και χρησιμοποιούν αντλία για την κυκλοφορία του νερού από το συλλέκτη στο δοχείο αποθήκευσης. Η κίνηση του

νερού γίνεται βάση ενός θερμοστάτη ο οποίος έχει προγραμματιστεί να επιτρέπει την κυκλοφορία όταν το ζεστό νερό φτάσει στο δοχείο αποθήκευσης, έπειτα το κρύο νερό εισέρχεται στο συλλέκτη. Όταν η θερμοκρασία στην δεξαμενή αποθήκευσης (Μπόιλερ) ξεπεράσει το όριο τότε με μια βαλβίδα εκτόνωσης το σύστημα επανέρχεται σε ισορροπία.



**Εικόνα 90:** Σχέδιο υβριδικού Φ/Β

### 7.7.3 Υπολογισμός θερμίδων boiler βάση ευρωπαϊκής νομοθεσίας

Για να υπολογιστεί με ακρίβεια η κατανάλωση ενός boiler, προαπαιτείται η τοποθέτηση ενός υδρόμετρου στην έξοδο του ζεστού νερού χρήσης. Στη συνέχεια χρησιμοποιούμε την κάτωθι σχέση, η οποία διέπεται από Ευρωπαϊκό νόμο. Επιλύοντας την σχέση αυτή προκύπτει η κατανάλωση του πετρελαίου σε lt.

$$\mathbf{B} = \frac{2,5 \cdot V \cdot (t_w - 10)}{H_u} \text{ (Lt)} \quad (7.5)$$

όπου :

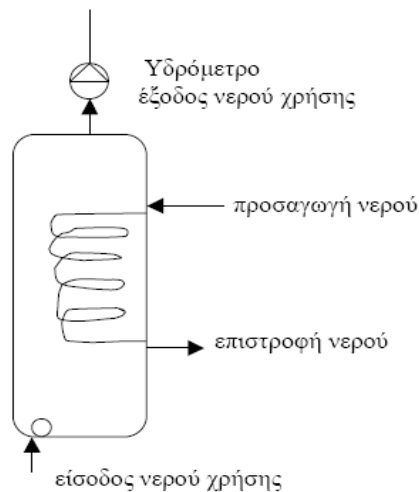
B : η κατανάλωση του πετρελαίου σε lt

2,5 : συντελεστής

V : όγκος ζεστού νερού (ένδειξη υδρόμετρου) σε m<sup>3</sup>/h

t<sub>w</sub> : θερμοκρασία νερού ( λέβητα)σε °C

H<sub>u</sub> : θερμογόνος δύναμη καυσίμου. Για πετρέλαιο H<sub>u</sub> = 10 kWh/lt



**Εικόνα 91:** Θέση υδρομέτρου στο boiler

Έστω σε χρονικό διάστημα μίας εβδομάδας έχουν καταναλωθεί 200 lt ζεστού νερού , η θερμοκρασία του νερού είναι  $t_w = 80 \text{ }^\circ\text{C}$ , και χρησιμοποιούμε καύσιμο πετρέλαιο.

Τότε η κατανάλωση πετρελαίου θα είναι ίση με

$$\mathbf{B} = \frac{2.5 \cdot 0.200 \cdot (80 - 10)}{10} = 3.5(\text{lt}) \text{ πετρελαίου}$$

Θεωρώντας την τιμή του πετρελαίου ίση με 0,877€/lt , τότε καλούμαστε να πληρώσουμε το ποσό

$$3.5 \text{ lt} \times 0,877\text{€/lt} = 3.07\text{€}$$

## 7.8 ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

<b>ΠΙΝΑΚΑΣ 24:</b> (ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΜΟΝΑΔΑΣ 5(kWp) ΥΒΡΙΔΙΚΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ PV/T)				
A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΙΔΟΥΣ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΟΣ	ΣΥΝΟΛΟ
1	Φωτοβολταϊκά πλαίσια PV/T της εταιρίας MILLENIUM ELECTRIC ονομαστικής ισχύος 320Wp	16	1.344€	21.504€
2	Αντιστροφέας (Inverter) SMA SMC 5000A	1	2.467,89€	2.467,89€
3	ΨΗΦΙΑΚΟΣ ΔΙΑΦΟΡΙΚΟΣ ΘΕΡΜΟΣΤΑΤΗΣ S230	1	134,00€	134,00€
4	Ηλιακή αντλία Shurflo 2088-443 144	1	129,51€	129.51€
5	BOILER NOBEL 200 lt INOX Λεβητοστασίου με 2 εναλλάκτες	1	1.085,67 €	1.085,67 €
6	Σταθερή βάση στήριξης (16 πλαίσιων)	1	600€	600€
7	Αντικεραυνική προστασία και γειώσεις	1	184,6€	184,6€
8	Υδραυλικές εγκαταστάσεις	-	1.000€	1.000€
9	Γενικές εργασίες και μεταφορά εξοπλισμού	-	700€	700€
<b>ΤΕΛΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ</b>				<b>27.805,16€</b>

Το σύστημα των 5kWp που μελετήσαμε παράγει 8390,9 kWh/έτος. Βάση της παρεχόμενης τιμή αγοράς της ηλιακής κιλοβατώρας από την Δ.Ε.Η που ανέρχεται σε 0,55€/kWh το σύστημα θα έχει οικονομική απόδοση 4.615€/έτος. Η απόσβεση της εγκατάστασης επέρχεται σε 8 χρόνια και τα κέρδη από την πώληση του ρεύματος είναι περίπου 244€/έτος. Μετά το όγδοο έτος τα κέρδη ανέρχονται περίπου σε 4.315€/έτος.

➤ **Ανάλυση απόσβεσης ενδεικτικού δανείου**

**Πίνακας 25:** Ανάλυση απόσβεσης ενδεικτικού δανείου

A/A	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Έτη	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Συνολική ονομαστική απόδοση συστήματος 5kWp	5kWp	5kWp	5kWp	5kWp	5kWp	5kWp	5kWp	5kWp	5kWp
Συνολική ετήσια ενεργειακή παραγωγή	8390,9 kWh	8390,9 kWh	8390,9 kWh	8390,9 kWh	8390,9 kWh	8390,9 kWh	8390,9 kWh	8390,9 kWh	8390,9 kWh
Μέση τιμή πώλησης ηλιακής κιλοβατώρας (kWh)	0,55 €/kWh	0,55 €/kWh	0,55 €/kWh	0,55 €/kWh	0,55 €/kWh	0,55 €/kWh	0,55 €/kWh	0,55 €/kWh	0,55 €/kWh
Έσοδα ανά έτος	4.615€	4.615€	4.615€	4.615€	4.615€	4.615€	4.615€	4.615€	4.615€
ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΕΞΟΔΑ (ΠΡΑΣΙΝΟ ΔΑΝΕΙΟ 28.000,00€ ΑΠΟ ΤΗΝ Eurobank ΜΕ ΕΠΙΤΟΚΙΟ 5,11% 8 ΧΡΟΝΙΑ ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗ ΤΕΛΙΚΟ ΠΟΣΟ ΔΑΝΕΙΟΥ 34.171,00€)									
Δόση δανείου ανά έτος	4.271€	4.271€	4.271€	4.271€	4.271€	4.271€	4.271€	4.271€	0€
Έξοδα συντήρησης	100€	100€	100€	100€	100€	100€	100€	300€	300€
Αποπληρωμή του δανείου ανά έτος	29.900€	25.629€	21.358€	17.087€	12.816€	8.545€	4.271€	0€	0€
Κέρδος	244€	244€	244€	244€	244€	244€	244€	4.315€	4.315€
Συνολικό κέρδος									10.338€

## 7.9 ΝΟΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Στην Ελλάδα, η νέα νομοθεσία για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (Ν.3468/2006) έδωσε γενναία κίνητρα στην ηλεκτροπαραγωγή από φωτοβολταϊκά συστήματα, παρέχοντας υψηλές τιμές πώλησης της παραγόμενης ηλιακής κιλοβατώρας και μάλιστα εγγυημένες για μία 20ετία. Σύμφωνα με τον Ν.3468/06 καθορίζονται οι διαδικασίες για την έναρξη δραστηριότητας πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας προς τη ΔΕΗ και εξαρτώνται από τα επίπεδα της εγκατεστημένης ισχύος των ΑΠΕ. Διακρίνονται βασικά τρεις βασικές κατηγορίες σταθμών ανάλογα με την εγκατεστημένη ισχύ και τις απαιτούμενες άδειες:

### ➤ **Φωτοβολταϊκές Εγκαταστάσεις έως 20kWp**

Δεν απαιτούν καμία αδειοδότηση, εκτός εάν συνδέονται σε Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά οπότε απαιτείται έγκριση από την Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (Ρ.Α.Ε.) για μη κορεσμό του δικτύου.

### ➤ **Φωτοβολταϊκές Εγκαταστάσεις από 20kWp έως 150kWp**

- Δεν απαιτούν άδεια παραγωγής, εγκατάστασης ή λειτουργίας.
- Απαιτείται εξαίρεση από την άδεια παραγωγής, η οποία εκδίδεται από την Ρ.Α.Ε.
- Έκδοση περιβαλλοντικής άδειας από την οικεία διεύθυνσης περιβάλλοντος.

### ➤ **Φωτοβολταϊκές Εγκαταστάσεις μεγαλύτερες από 150kWp**

- Απαιτείται πλήρης αδειοδότηση (άδεια παραγωγής, εγκατάστασης και λειτουργίας).
- Απαιτείται εξαίρεση από την άδεια παραγωγής, η οποία εκδίδεται από την Ρ.Α.Ε.
- Έκδοση περιβαλλοντικής άδειας από την οικεία διεύθυνσης περιβάλλοντος (Δ.Ι.Π.Ε.).

Και στις τρεις παραπάνω περιπτώσεις απαιτείται :

- Η σύμβαση σύνδεσης με τη Δ.Ε.Η. (στην οποία ζητείται και έγγραφο καταλληλότητας από την πολεοδομία).
- Η σύμβαση αγοραπωλησίας ηλεκτρικής ενέργειας με ΔΕΣΜΗΕ (Διαχειριστής Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας) ή Δ.Ε.Η.



## Επιδότηση μέσω Αναπτυξιακού Νόμου

Έχουν δικαίωμα επιδοτήσεως ύψους 40% όλα τα επενδυτικά σχέδια που υποβάλλονται από μικρομεσαίες εμπορικές εταιρίες για φωτοβολταϊκά έργα παραγωγής ηλεκτρισμού με προϋπολογισμό μεγαλύτερο από 100.000€. Η έγκριση της επιδότησης γίνεται με προκαθορισμένη βαθμολόγηση από το υπουργείο οικονομικών με βάση τα κριτήρια αξιολόγησης και τα δικαιολογητικά που συνυποβάλλονται μαζί με την τεchnοοικονομική μελέτη του έργου. Προϋποθέσεις για υπαγωγή επενδυτικού σχεδίου στον αναπτυξιακό:

- Άδεια παραγωγής ή εξαίρεσης από την Ρ.Α.Ε.
- Έγκριση περιβαλλοντικών όρων όπου απαιτείται.
- Προσφορά σύνδεσης του φωτοβολταϊκού σταθμού με το Δίκτυο.
- Πιστοποιητικό ISO κατασκευαστή.
- Άδεια εγκατάστασης για Φ/Β σταθμούς ισχύος 150kWp.

Η βασική ερμηνεία του επενδυτικού αναπτυξιακού νόμου Ν.3299/04 (ΦΕΚ261Α/23-12-2004) και τροποποιήσεων του βάση του νόμου Ν.3522/06 (ΦΕΚ276Α/22-12-2006) με τίτλο "ΚΙΝΗΤΡΑ ΙΔΙΩΤΙΚΩΝ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ ΓΙΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗ ΣΥΓΚΛΙΣΗ" συνοψίζονται στα ακόλουθα:

Οι επιδοτήσεις αφορούν εμπορικές εταιρίες ή συνεταιρισμούς που έχουν βιβλία Β και Γ κατηγορίας. Ελάχιστο όριο επένδυσης για χορήγηση επιδότησης (Ν.3299 και Ν.3522 άρθ. 5 §1α):

- Για πολύ μικρές επιχειρήσεις ορίζονται τα 100.000 €
- Για μικρές επιχειρήσεις ορίζονται τα 150.000 €
- Για μεσαίες επιχειρήσεις ορίζονται τα 250.000 €
- Για μεγάλες επιχειρήσεις ορίζονται τα 500.000 €

Καταβολή των ενισχύσεων (Ν.3299 και Ν.3522 άρθ.5 §5) Καταβάλλεται το 50% του ποσού της επιχορήγησης μετά την υλοποίηση του 50% της επένδυσης και το υπόλοιπο 50% του ποσού της επιδότησης καταβάλλεται με την ολοκλήρωση του έργου και με την σύνδεση της εγκατάστασης με τη Δ.Ε.Η. Παρέχεται η δυνατότητα εφάπαξ προκαταβολής που δεν υπερβαίνει το 50% της επιχορήγησης με την προσκόμιση ισόποσης εγγυητικής επιστολής προσαυξημένης κατά 10% από τράπεζα που είναι εγκατεστημένη και λειτουργεί νόμιμα στην Ελλάδα. Η ανωτέρω προκαταβολή αποτελεί μέρος της συνολικά καταβαλλόμενης επιχορήγησης.(Ν.3299 και Ν.3522 άρθ.8§1αiii). Παρέχεται η δυνατότητα εκχώρησης της επιδότησης σε τραπεζικό οργανισμό και η είσπραξή της ως δάνειο από την τράπεζα.

## Συμβάσεις Πώλησης με ΔΕΗ - ΔΕΣΜΗΕ

Ο επενδυτής υπογράφει 2 συμβάσεις με τις Αρχές διάρκειας συνολικά 20 ετών. Η πρώτη είναι η σύμβαση πώλησης με την Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε. και η δεύτερη είναι η σύμβαση σύνδεσης με την Δ.Ε.Η. για την σύνδεση της εγκατάστασης με το δίκτυο της χώρας. Η ανανέωση των συμβάσεων γίνεται 3 μήνες πριν τη λήξη της πρώτης δεκαετίας με δήλωση που κάνει ΜΟΝΟ ο ιδιοκτήτης του έργου. Η Δ.Ε.Η. ή Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε. είναι υποχρεωμένες να αποδεχθούν την ανανέωση βάση του νόμου Ν.3468/2006 άρθ.12§2.

Για υβριδικούς σταθμούς η σύμβαση πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας με την Δ.Ε.Η. ορίζεται για 40 έτη. Υβριδικοί σταθμοί είναι οι σταθμοί που αποθηκεύουν ηλεκτρική ενέργεια και χρησιμοποιούν τουλάχιστον μια Α.Π.Ε. για την παραγωγή αυτής.

## Η Τιμολόγηση

Η παραγόμενη ηλιακή ενέργεια αφού καταμετρηθεί, διοχετεύεται στο δίκτυο έναντι τιμής που καθορίζεται από το Ν.3468/06. Σύμφωνα με το νέο νόμο για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ο οποίος ψηφίστηκε στις 6-6-2006), η παρεχόμενη τιμή πώλησης της ηλιακής κιλοβατώρας ανέρχεται σε 0,40-0,55 €/kWh με εγγύηση μιας εικοσαετίας. Η τιμή αυτή αναπροσαρμόζεται με βάση το μέσο ποσοστό αναπροσαρμογής των τιμολογίων της Δ.Ε.Η. Α.Ε. που εγκρίνεται κάθε φορά από τον υπουργό ανάπτυξης. Αν δεν υπάρξει μεταβολή των τιμολογίων της Δ.Ε.Η., οι ανωτέρω τιμές αναπροσαρμόζονται ετησίως κατά ποσοστό ίσο προς το 80% του δείκτη τιμών καταναλωτή, όπως ανακοινώνεται από την τράπεζα της Ελλάδος. Πιο συγκεκριμένα, η τιμή πώλησης της παραγόμενης ηλιακής ενέργειας έχει αναπροσαρμοστεί ως εξής :

**Πίνακας 26:** Ισχύς- τιμή ρεύματος

Ισχύς Συστήματος	Φ/Β	Ηπειρωτικό Δίκτυο	Μη Νησιά Διασυνδεδεμένα
≤10		0,55 €/kWh	0,55 €/kWh
≤100		0,45282 €/kWh	0,50282 €/kWh
>100		0,40282 €/kWh	0,45282 €/kWh

Οι παραπάνω τιμές ισχύουν και για αυτοπαραγωγούς Η.Ε. έως 35.000 KW, δηλαδή παραγωγούς που παράγουν ενέργεια από Φ/Β κυρίως για δική τους χρήση και διοχετεύουν το πλεόνασμα αυτής στο δίκτυο. Οι τιμές ισχύουν για πλεόνασμα έως 20% (7.000 KW) της συνολικά παραγόμενης από αυτούς Η.Ε.

*Πως τιμολογεί και καταβάλει η ΔΕΗ το τίμημα παραγόμενης Ηλ. Ενέργειας;*

Η τιμολόγηση γίνεται από τον επενδυτή με τιμολόγιο που κόβει προς την Δ.Ε.Η. κάθε 4 μήνες. Ο επενδυτής παίρνει ΑΦΜ για το σκοπό αυτό και τιμολογεί την Δ.Ε.Η. – Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε. με βάση :

Την τιμή σε ευρώ ανά μεγαβατώρα (MWh) που αναλογεί στην ονομαστική ισχύ της εγκατάστασης.

Το ποσό της ηλεκτρικής ενέργειας του μετρητή της Δ.Ε.Η. που δείχνει το ποσό της ενέργειας που απορροφήθηκε από το σύστημα ή το δίκτυο.



## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- 1) Αλέξανδρου Σπ. Χονδρογιάννη, Υδραυλικά και θέρμανση στην σύγχρονη κατοικία, Εκδόσεις Χονδρογιάννη.
- 2) Νίκου Τρουλλινάκη Σεραφεΐμ Τριβέλλα, Θερμοϋδραυλικές Εγκαταστάσεις, Εκδόσεις ΙΩΝ.
- 3) Νανούση Δ. Νανούση – Χρήστου Β. Σταμούτσου, Ανοικοι Αγωγοί, Εκδόσεις ΙΩΝ.
- 4) Σημειώσεις στο μάθημα Μηχανολογικές Εγκαταστάσεις Κτιρίων (Α.Τ.Ε.Ι Πατρών)
- 5) K. Schulz, Οικιακές Εγκαταστάσεις Υγιεινής, Γκιούρδας, 1983.
- 6) Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2412/86, Τεχνική οδηγία Εγκαταστάσεις σε κτίρια και οικόπεδα διανομή κρύου – ζεστού νερού
- 7) Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2412/86, Τεχνική οδηγία Εγκαταστάσεις σε κτίρια και οικόπεδα Αποχετεύσεις
- 8) Σωκράτη Ν. Καπλάνη, Τεχνολογία PV-Συστημάτων και εφαρμογές
- 9) Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. /2010, Τεχνική οδηγία Κλιματικά δεδομένα Ελληνικών Περιοχών
- 10) Μανόλη Σουλιότη, Γιάννη Τριπαναγνοστόπουλου, Σωτήρη Α. Κλογίρου, Experimental study of a thermosiphonic Hybrid PV/T solar system
- 11) Πρότυπα ΕΛΟΤ και DIN
- 12) Πρότυπα ΕΛΟΤ και ISO
- 13) Hammer Mark J. – Viessman Warren, Water supply and pollution control, Pergamon Press, 1992.
- 14) Martin Edward J. - Martin Edward T., Technologies for small water and wastewater systems, Van Nostrand Reinhold, c1991.
- 15) Cive2400 Fluid Mechanics, Open Channel Hydraulics
- 16) Δημήτριος Νοητάκης – Νικόλαος Αργουδέλης, Πτυχιακή εργασία Μελέτη κεντρικής θέρμανσης – λεβητοστασίου ύδρευσης και αποχέτευσης διώροφης κατοικίας

## **ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΙΣ**

[www.grey-water.com](http://www.grey-water.com)

[www.4M.gr](http://www.4M.gr)

[www.envima.gr](http://www.envima.gr)

[www.wilo.gr](http://www.wilo.gr)

[www.rehau.gr/](http://www.rehau.gr/)

[www.e-max.gr](http://www.e-max.gr)

[www.millenniumsolar.com](http://www.millenniumsolar.com)

[www.ecotec.gr](http://www.ecotec.gr)

[www.nalvi.gr](http://www.nalvi.gr)

<http://exikonomisi.blogspot.com/>

[www.michanikos.gr](http://www.michanikos.gr)

[www.gaz-kir.gr](http://www.gaz-kir.gr)

[www.ydrometal.gr](http://www.ydrometal.gr)

[www.cosmarco.gr](http://www.cosmarco.gr)

[www.cherbros.gr](http://www.cherbros.gr)

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α**  
**ΠΙΝΑΚΕΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΥΔΡΕΥΣΗΣ**

**Πίνακας 27:** χαρακτηριστικών μεγεθών συμβολισμοί και ορισμοί

Μέγεθος	Σύμβολο	Διάσταση	Ορισμός
Μήκος	l	m	Μήκος αγωγού
Τραχύτητα	k	m	Μέσο ύψος των ανωμαλιών τραχύτητας
Διάμετρος	d	m	Διάμετρος σωλήνα
Ονομαστική διάμετρος	DN	mm	Ονομαστική διάμετρος
Επιφάνεια	A	m <sup>2</sup>	Επιφάνεια διατομής αγωγού
Όγκος	V	m <sup>3</sup>	Όγκος παραγόμενου υγρού
Πυκνότητα	ρ	kg/m <sup>3</sup>	Πυκνότητα νερού
Κινηματική συνεκτικότητα	ν	m <sup>2</sup> /s	Κινηματική συνεκτικότητα νερού
Δυναμική συνεκτικότητα	η	P/s	Δυναμική συνεκτικότητα του υγρού
Αριθμός Reynolds	Re		$f = \frac{Q_s}{\Sigma Q_R}$ $Re = \frac{u \cdot d}{\nu}$
Συντελεστής τριβής	λ		Συντελεστής τριβής μιας ευθύγραμμης σωλήνωσης
Συντελεστής τοπικής αντίστασης	ζ		Συντελεστής τριβής ενός εμποδίου μέσα σε μια σωλήνα
Ταχύτητα νερού	u	m/s	Μέση ταχύτητα παροχής
Παροχή	V,Q,q	m <sup>3</sup> /s	Διερχόμενη ποσότητα νερού από μια διατομή ανά δευτερόλεπτο
Παροχή υπολογισμού	Q <sub>R</sub>	l/s	Παροχή εξασφαλιζόμενη από όργανα εκροής σε θέση τελείως ανοιχτή και υπό πίεση εκροής την ελάχιστη απαιτούμενη
Συνολική παροχή	ΣQ <sub>R</sub>	l/s	Άθροισμα των παροχών των συνδεδεμένων λήψεων
Παροχή αιχμής	Q <sub>S</sub>	l/s	Μέγιστη παροχή με συνεκτίμηση ενός πιθανού ταυτοχρονισμού στην λειτουργία των συνδεδεμένων λήψεων
Συντελεστής ταυτοχρονισμού	f		$f = \frac{Q_s}{\Sigma Q_R}$
Διαφορά πίεσης υψομετρική	h <sub>geo</sub>	m	Διαφορά υψών σε κατακόρυφη απόσταση
Διατιθεμένη πίεση	P <sub>v</sub>	bar ,0.1MPa	Στατική υπερπίεση στο κέντρο της διατομής του δικτύου υδροδότησης στο σημείο σύνδεσης της παροχέτευσης
Πίεση ηρεμίας	P <sub>R</sub>	bar ,0.1MPa	Στατική υπερπίεση σε ένα σημείο μέτρησης της εγκατάστασης όταν το νερό ηρεμεί
Πίεση εκροής	P <sub>F</sub>	bar ,0.1MPa	Στατική υπερπίεση σε ένα σημείο μέτρησης της εγκατάστασης ή στο σημείο λήψης όταν το νερό ρέει
Ελάχιστη πίεση εκροής	P <sub>MF</sub>	bar ,0.1MPa	Στατική υπερπίεση στο σημείο σύνδεσης μιας λήψης κατά την διάρκεια της παροχής υπολογισμού
Χαρακτηριστική πίεση εκροής	P <sub>x</sub>	bar ,0.1MPa	Πίεση εκροής που χαρακτηρίζει ένα όργανο εκροής ως προς της κατανομή του σε σχέση με την στάθμη θορύβου που προκαλεί
Διαφορά πίεσης	ΔP	bar ,0.1MPa	Διαφορά πίεσης μεταξύ δύο σημείων μέτρησης
Πτώση πίεσης από τριβές	ΔP <sub>R</sub>	bar ,0.1MPa	Πτώση πίεσης λόγω τριβών σε ευθύγραμμο τμήμα μιας σωλήνωσης $R = \frac{\Delta P_R}{I}$ $\Delta P_R = R \cdot I$
Πτώση πίεσης από αντιστάσεις	ΔP <sub>E</sub> ,Z	bar ,0.1MPa	Πτώση πίεσης από μια μεμονωμένη αντίσταση σε μια σωλήνωση $\Delta P_E = Z = \Sigma \zeta \cdot \frac{\rho}{2} v^2$
Απώλειες πίεσης	H,ΔP	bar ,0.1MPa	Συνολικές απώλειες πίεσης από τριβες και αντιστάσεις $H = \Delta P_R + \Delta P_E = \Sigma(\rho \cdot I + \zeta)$
Ειδική πτώση πίεσης από τριβές	R	bar/m ,0.1MPa/m	Πτώση πίεσης από αντιστάσεις τριβής μέσα σε μια ευθύγραμμη σωλήνωση μήκους 1m $R = \frac{\Delta P_R}{I}$



**Πίνακας 28:** Λήψεως νερού παραδοχές για τους υπολογισμούς

Λήψη	Ονομαστικ ή Διάμετρο DN	Ποσότητ α μιας χρήσης	Θερμοκρασία νερού στη έξοδο	Ελάχιστη πίεση εκροής $P_{MF}$	Παροχή Υπ/σμού	
					Κρύο Νερό $Q_{RKN}$	Ζεστό Νερό $Q_{RZN}$
		l	°C	bar	l/s	l/s
<b>ΝΕΡΟΧΥΤΕΣ</b>						
Διακόπτης εκροής	15	6-10	15 ή 65	1.0	0.15	0.15
Μπαταρία κουζίνας	15	6-10	40	1.0	0.15	0.15
Μπαταρία πλύσεως σκευών	15	12-20	50-55	1.0	0.07	0.10
	20	35-50	50-55	1.0	0.20	0.70
Βαλβίδα έκπλυσης	20	7-10		1.2	1.0	-
<b>ΝΙΠΤΗΡΕΣ</b>						
Διακόπτης εκροής	15	5	15	0.5	0.07	-
Μπαταρία οικιακού λουτρού	15	15	35	1.0	0.07	0.07
Μπαταρία ομαδικού λουτρού	15	10-20	35	1.0	0.05	0.05
<b>ΚΑΤΑΙΟΝΗΤΗΡΕΣ</b>						
Κινητή	15	10-15	38	1.0	0.05	0.05

κεφαλή οικ. λουτρού						
Σταθερή κεφαλή οικ. λουτρού	15 20 25	60-90 90-120 120-200	38 38 38	1.0 1.0 1.0	0.15 0.20 0.35	0.15 0.20 0.35
Κεφαλή ομαδικού λουτρού	15	60-90	38	1.0	0.15	0.15
ΛΟΥΤΗΡΕΣ						
Μπαταρία	15 20 25	120-160 200-300 600-700	40 40 40	1.0 1.0 1.0	0.15 0.50 1.20	0.15 0.50 1.20
ΛΕΚΑΝΕΣ						
Βαλβίδα εκ πλύσης	15 20 25	6-7 6-8 6-9	15 15 15	1.2 1.2 0.4	0.7 1.0 1.0	- - -
Δοχείο εκ πλύσης	15	9	15	0.5	0.13	-
ΠΥΓΟΛΟΥΤΗΡΕΣ						
Διακόπτης εκροής	15	10-15	15 ή 65	1.0	0.07	0.07
Μπαταρία	15	10-15	35-40	1.0	0.07	0.07
ΟΥΡΗΤΗΡΙΑ						
Βαλβίδα εκ πλύσης	15	4	15	1.2	0.03	-
Δοχείο εκ πλύσης	15	9	15	0.5	0.13	-
ΠΛΥΣΗ ΣΚΩΡΑΜΙΔΩΝ						
Βαλβίδα εκ πλύσης	15 20	6-9 7-10	15 ή 65 15	1.2 1.2	0.7 1.0	0.7 -
ΟΙΚΙΑΚΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ						
Πλυντήριο πιάτων	-	-	15	1.0	0.15	-
Πλυντήριο ρούχων	-	-	15	1.0	0.25	-
ΘΕΡΜΑΝΤΗΡΕΣ						
Ηλεκτρικός ροής 6 kW	-	-	15	1.0	0.07	-
ροής 12 kW	-	-	15	1.0	0.1	-
ροής 18 kW	-	-	15	1.0	0.15	-

**Πίνακας 29:** Ελάχιστη διάμετρος για σωληνώσεις κρύου ζεστού νερού

A/A	Σωλήνωση	Ονομαστική Διάμετρος DN
1	Αγωγός υδροδότησης	25
2	Κλάδος διανομής ή στήλη διανομής	20
3	Σωλήνες αερισμού	20
4	Σωληνώσεις ανακουφίσεως και εκκένωσης σωληνώσεων	20
	Μήκος έως 3m και μέχρι 3 καμπύλες	25
	Μήκος έως 6m και μέχρι 3 καμπύλες	
5	Σωληνώσεις σύνδεσης για:	
	Δοχεία έκπλυσης	
	Μπαταρίες νιπτήρων	
	Μπαταρίες πυγολουτρών	
	Μπαταρία νεροχύτη	
	Πλυντήριο ρούχων	15
	Πλυντήριο πιάτων	
Μπαταρία λουτήρα		
6	Σωλήνωση σύνδεσης για βαλβίδα έκπλυσης DN 20	25
7	Σωλήνωση πολλαπλής σύνδεσης μέχρι 3 λήψεις από τη κατηγορία 5	20
8	Κλάδος διανομής για διαμέρισμα:	
	Κρύο νερό με βαλβίδες έκπλυσης	25
	Κρύο νερό με δοχεία έκπλυσης	20
	Ζεστό νερό	15
9	Σωλήνωση επιστροφών	15

**Πίνακας 30:** Τύποι για τον υπολογισμό της Παροχής Αιχμής  $Q_s$  σε l/s ανάλογα με το είδος του κτιρίου (Πινάκας 3 Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.2411/86)

Είδος κτιρίου	Τύπος	Παροχή Εφαρμογής	Καμπύλη
Κτίρια κατοικιών <sup>1</sup>	$Q_s = 1,7 (\Sigma Q_R)^{0,21} - 0,7$ $Q_s = 0,682 (\Sigma Q_R)^{0,45} - 0,14$	$\Sigma Q_R > 1,0 \text{ l/s}$ $0,07 < \Sigma Q_R < 20 \text{ l/s}$	A*) B
Κτίρια γραφείων	$Q_s = 1,7 (\Sigma Q_R)^{0,21} - 0,7$ $Q_s = 0,682 (\Sigma Q_R)^{0,45} - 0,14$ $Q_s = 0,4 (\Sigma Q_R)^{0,54} + 0,48$	$\Sigma Q_R > 1,0 \text{ l/s}$ $0,07 < \Sigma Q_R < 20 \text{ l/s}$ $\Sigma Q_R > 20 \text{ l/s}$	A*) B C
Ξενοδοχεία	$Q_s = (\Sigma Q_R)^{0,366}$ $Q_s = 0,698 (\Sigma Q_R)^{0,5} - 0,12$ $Q_s = 1,08 (\Sigma Q_R)^{0,5} - 1,83$	$1,0 < \Sigma Q_R < 20 \text{ l/s}$ $0,1 < \Sigma Q_R < 20 \text{ l/s}$ $\Sigma Q_R > 20 \text{ l/s}$	D*) E F
Καταστήματα	$Q_s = (\Sigma Q_R)^{0,366}$ $Q_s = 0,698 (\Sigma Q_R)^{0,5} - 0,12$ $Q_s = 4,3 (\Sigma Q_R)^{0,27} - 6,55$	$1,0 < \Sigma Q_R < 20 \text{ l/s}$ $0,1 < \Sigma Q_R < 20 \text{ l/s}$ $\Sigma Q_R > 20 \text{ l/s}$	D*) E G
Νοσοκομεία	$Q_s = (\Sigma Q_R)^{0,366}$ $Q_s = 0,698 (\Sigma Q_R)^{0,5} - 0,12$ $Q_s = 0,25 (\Sigma Q_R)^{0,65} + 1,25$	$1,0 < \Sigma Q_R < 20 \text{ l/s}$ $0,1 < \Sigma Q_R < 20 \text{ l/s}$ $\Sigma Q_R > 20 \text{ l/s}$	D*) E H)

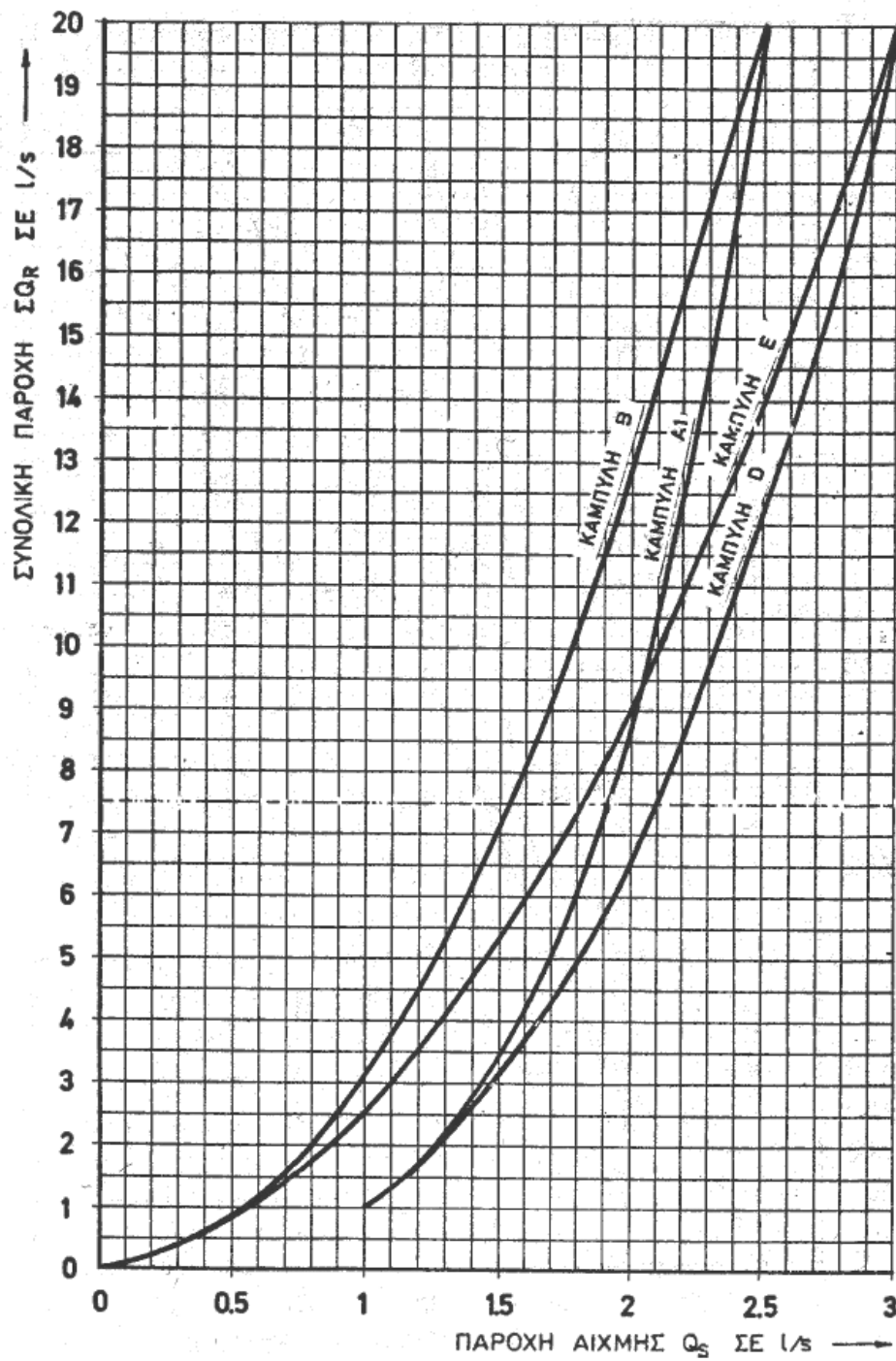
**Πίνακας 31:** Αντιστοίχων διαμέτρων για σιδηροσωλήνες και χαλκοσωλήνες

Ονομαστική διάμετρος	Διάμετρος σιδηροσωλήνων	Διάμετρος χαλκοσωλήνων
DN 15	½	15 X 1
DN 20	¾	18 X 1 ή 22 X 1
DN 25	1	28 X 1,5
DN 32	1 ¼	35 X 1,5
DN 40	1 ½	42 X 1,5
DN 50	2	54 X 2
DN 65	2 ½	76,1 X 2
DN 80	3	88,9 X 2
DN 100	4	108 X 2,5

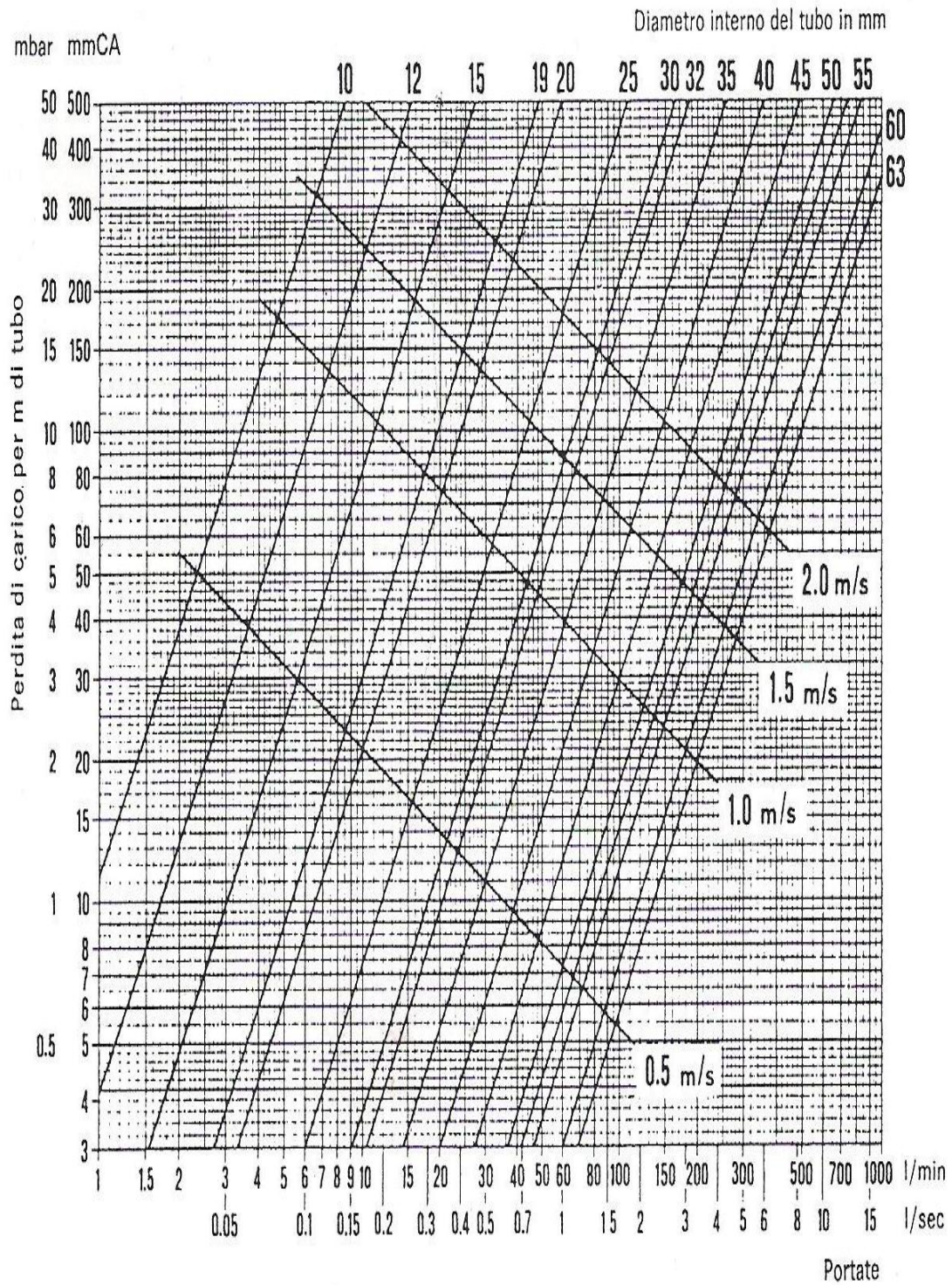
Πίνακας 32: Συντελεστής τοπικών αντιστάσεων ζ

ΤΥΠΟΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ	ΣΥΜΒΟΛΟ	ζ	ΤΥΠΟΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ		ΣΥΜΒΟΛΟ	ζ
ΔΙΑΚΛΑΔΩΣΕΙΣ		1,3	ΔΙΚΛΕΙΔΑ ΚΑΘΕΤΗΣ ΕΔΡΑΣ	15		10,0
		0,9		20		8,5
		0,3		25		7,0
		0,3		32		6,0
		0,6	ΔΙΚΛΕΙΔΑ ΚΕΚΛΙΜΕΝΗΣ ΕΔΡΑΣ	40 - 100		5,0
		0,6		15		3,5
		3,0		20		2,5
		1,3	ΚΡΟΥΝΟΣ	25 - 50		2,0
		0,9		65		0,7
		0,4		65 - 80		0,7
		0,4		- 100		0,6
		0,3	ΓΩΝΙΑΚΟΣ ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ	10		7,0
	0,2	15		4,0		
ΚΑΤΑΝΕΜΗΤΗΣ		0,5	ΔΙΚΛΕΙΔΑ ΣΥΡΤΗ	20 - 40		2,0
				50 - 100		3,5
ΣΥΛΛΕΚΤΗΣ		1,0	ΔΙΚΛΕΙΔΑ ΣΥΡΤΗ	10 - 15		1,0
ΚΑΜΠΥΛΗ 90°		0,51 0,30 0,23	ΟΡΓΑΝΟ ΑΝΤΕΠΙΣΤΡΟΦΗΣ ΧΩΡΙΣ ΔΙΑΚΟΠΗ	20 - 25		0,5
				25 - 40		4,3
				50		3,8
ΓΩΝΙΑ 90°		1,3	ΜΕ ΔΙΑΚΟΠΗ	65 - 100		2,5
				20		6,0
ΓΩΝΙΑ 45°		0,4	ΚΛΑΠΕΤΟ ΑΝΤΕΠΙΣΤΡΟΦΗΣ	25 - 50		5,0
ΣΥΣΤΟΛΙΚΟ		0,4	ΒΑΛΒΙΔΑ ΑΝΤΕΠΙΣΤΡΟΦΗΣ	50		1,5
ΔΙΑΣΤΟΛΙΚΟ		0,6		100		1,2
ΔΙΑΣΤΟΛΙΚΟ ΩΜΕΓΑ		1,0	ΛΗΨΗ ΣΕ ΑΓΩΓΟ	200		1,0
ΑΠΟΣΒΕΣΤΗΡΑΣ		2,0	ΜΕΙΩΤΗΡΑΣ ΠΙΕΣΗΣ ΑΝΟΙΚΤΟΣ	15 - 20		15
				25 - 50		13
		1,0	ΛΗΨΗ ΣΕ ΑΓΩΓΟ	25 - 70		5,0
		2,0	ΜΕΙΩΤΗΡΑΣ ΠΙΕΣΗΣ ΑΝΟΙΚΤΟΣ			30

**Διάγραμμα 2:** Υπολογισμός της παροχής αιχμής  $Q_s$  συναρτήσει της συνολικής παροχής  $\Sigma Q_R$



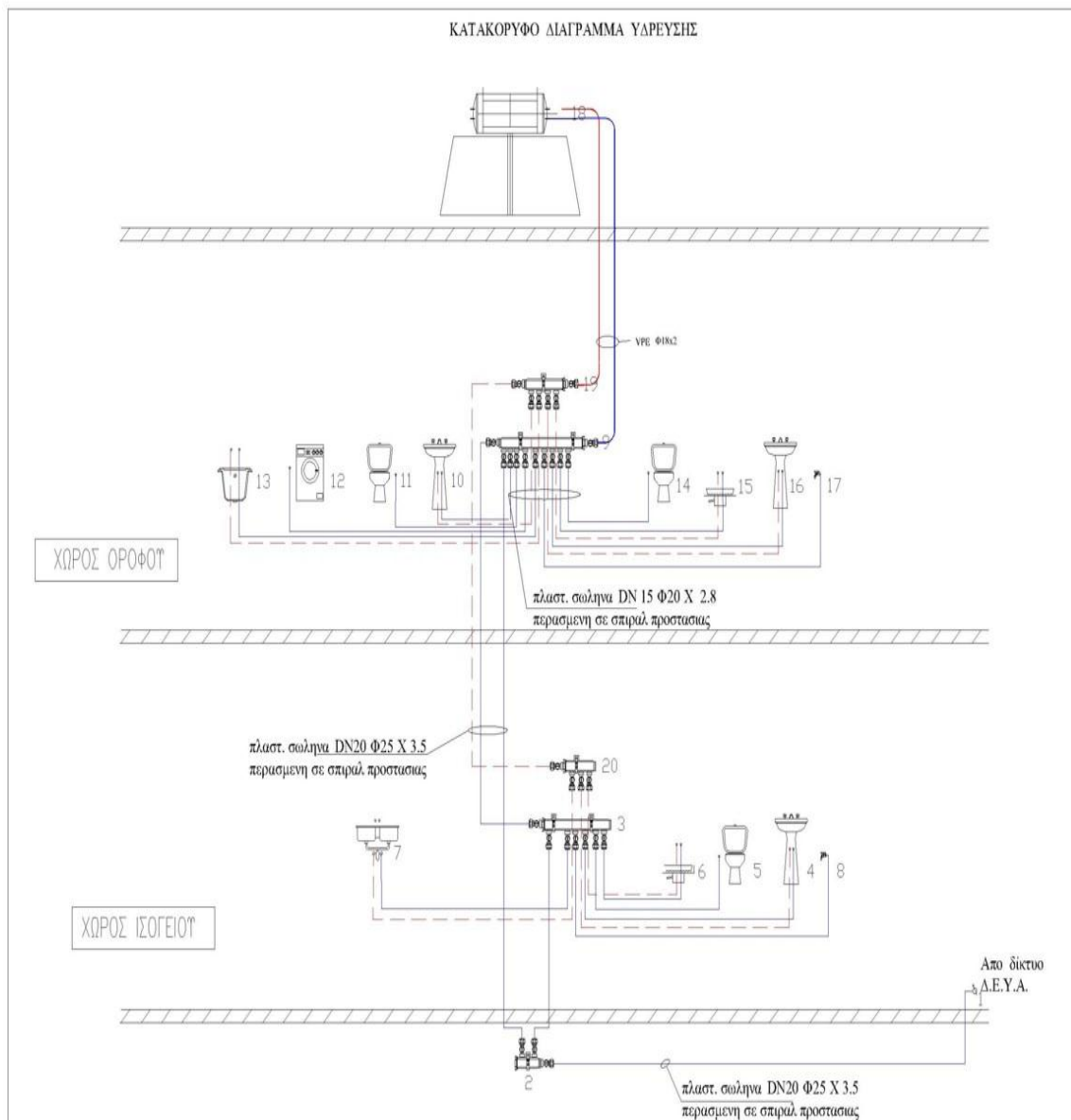
**Διάγραμμα 3: Απώλεια πίεσης R των πλαστικών σωλήνων**



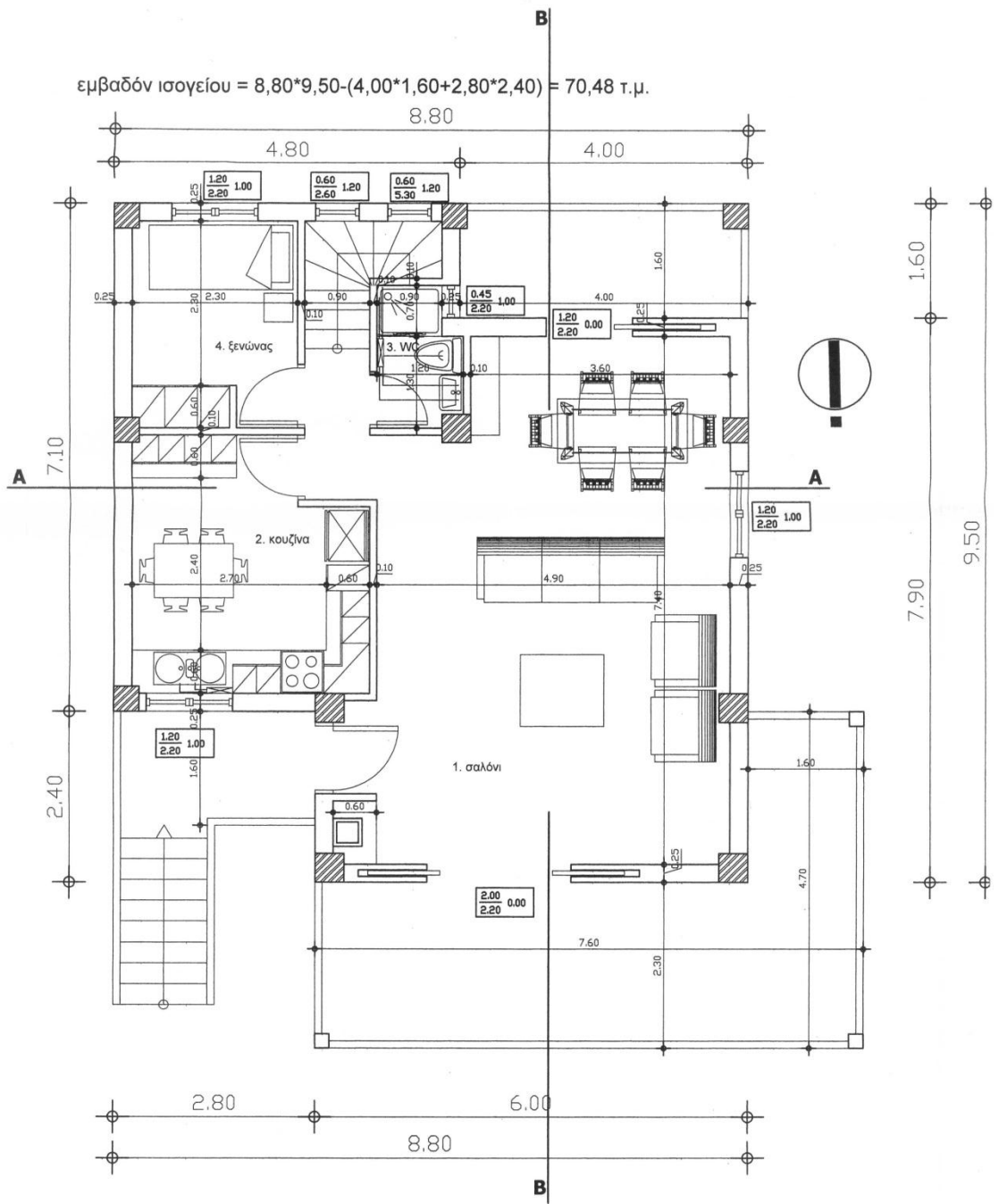




# ΣΧΕΔΙΑ ΥΔΡΕΥΣΗΣ

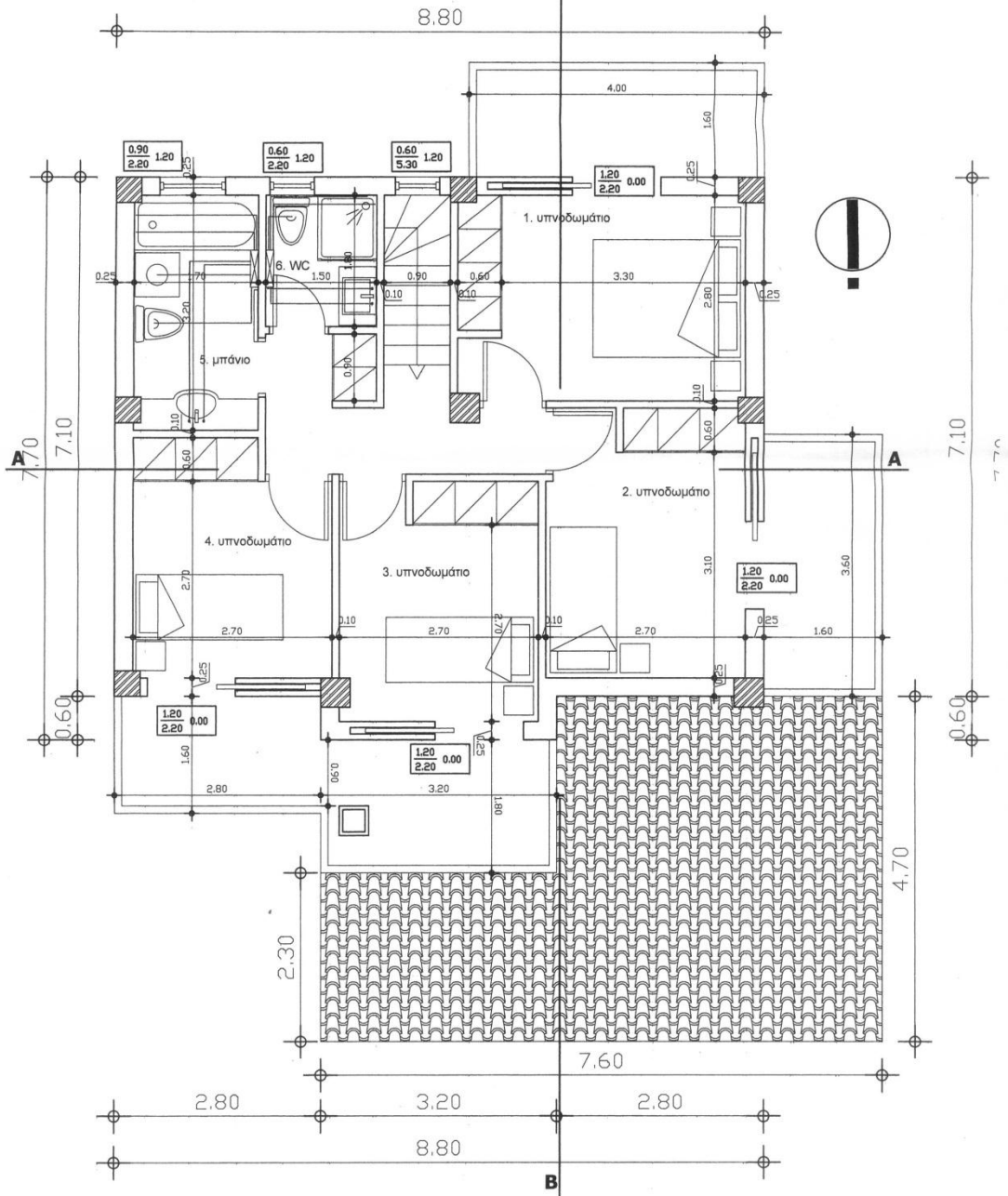


**Σχέδιο 13: Κατακόρυφο διάγραμμα ύδρευσης**



**Σχέδιο 14: Ισόγειο**

εμβαδόν α' ορόφου =  $8,80 \times 7,70 - (2,80 \times 0,60) \times 2 = 64,40$  τ.μ.



**Σχέδιο 15: Πρώτος όροφος**

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β**

### **ΠΙΝΑΚΕΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ**

**Πινάκας 33:** Ορισμοί εννοιών (Πίνακας 8 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2412/86)

Όνομασία	Σύμβολο	Μονάδα	Ορισμός (Επεξήγηση)
Βροχόπτωση	$r$	$l/s*ha$	Το σύνολο βροχής στη μονάδα του χρόνου ανηγμένο στη βρεχόμενη επιφάνεια
Απορρέουσα βροχόπτωση	$qr$	$l/s*ha$	Το μέρος βροχόπτωσης που παρέχεται για αποχέτευση
Συντελεστής απορροής βρόχινων νερών	$\psi$	-	Λόγος απορρέουσας βροχόπτωσης προς βροχόπτωση ( $qr/r$ )
Απορροή λυμάτων	$Q_e$	$l/s$	Πραγματική ποσότητα λυμάτων που παρέχεται ή που αποχετεύεται ανά δευτερόλεπτο σε συγκεκριμένη σωλήνωση αποχέτευσης
Απορροή βρόχινων νερών	$Q_r$	$l/s$	$Q_r = qr * F$ $F =$ βρεχόμενη επιφάνεια σε εκτάρια
Απορροή ακαθάρτων	$Q_s$	$l/s$	Ποσότητα ακαθάρτων που προκύπτει από το άθροισμα των τιμών σύνδεσης αφού ληφθεί υπόψη ο ταυτοχρονισμός
Απορροή μικτών λυμάτων	$Q_m$	$l/s$	Άθροισμα απορροής ακάθαρτο και απορροής βρόχινων νερών
Παροχή αντλίας	$Q_p$	$l/s$	Η ανά δευτερόλεπτο αντλούμενη ποσότητα λυμάτων από μια αντλία ακαθάρτων ή λυμάτων
Τιμή σύνδεσης	$AWs$	-	Αριθμητική τιμή (χωρίς μονάδα) που προσδιορίζεται για κάθε συνδεδεμένο υδραυλικό υποδοχέα με τη σχέση $1AWs = 1l/s$
Συντελεστής απορροής (εκροής)	$K$	$l/s$	Μεταβλητό μέγεθος: Προσδιορίζεται από το είδος του κτιρίου και τα χαρακτηριστικά της αποχέτευσης
Απορροή με πληρότητα 100%	$Q_v$	$l/s$	Υπολογιζόμενη απορροή σωλήνωσης ή αγωγού με πληρότητα 100% ( $h=d$ )
Απορροή με μερική πληρότητα	$Q_t$	$l/s$	Υπολογιζόμενη Απορροή σωλήνωσης ή αγωγού με μερική πληρότητα ( $h < d$ )
Βαθμός πληρότητας	$h/d$		Σχέση μεταξύ ύψους πλήρωσης $h$ και διαμέτρου $d$
Κλίση	$J$		Κλίση του αγωγού

**Πίνακας 34:** Βαθμός πληρότητας και ελάχιστη κλίση αγωγών αποχέτευσης (Πίνακας 6 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2412/86)

Ελάχιστη επιτρεπόμενη κλίση για ονομαστικούς διαμέτρους DN	Σωληνώσεις Ακαθάρτων Νερών μέσα σε κτήρια	Σωληνώσεις βρόχινων Νερών μέσα σε κτήρια	Σωληνώσεις μικτών λυμάτων Νερών μέσα σε κτήρια	Σωληνώσεις ακαθάρτων Νερών έξω από κτήρια	Σωληνώσεις Μεικτών και βρόχινων Νερών έξω από τα κτήρια
έως 100	1:50	1:100	1:50	1:DN	1:DN
έως 100	1:66,7	1:100	1:66,7	1:DN	1:DN
έως 100	1:66,7	1:100	1:66,7	1:DN	1:DN
από 200 και άνω	$1: \frac{DN}{2}$	$1: \frac{DN}{2}$	$1: \frac{DN}{2}$	1:DN	1:DN
Βαθμός πληρότητας	0,5	0,7	0,7	0,5 0,7	0,7

**Πίνακας 35:** Ενδεικτικές τιμές του συντελεστή χαρακτηρισμού της απορροής (Πίνακας 9 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2412/86)

Είδος κτιρίου	K ( lt/sec)
Κατοικίες, Εστιατόρια, Ξενοδοχεία, Γραφεία	0,5
Σχολεία, Νοσοκομεία, μεγάλα Εστιατόρια, μεγάλα Ξενοδοχεία	0,7
Εγκαταστάσεις ομαδικών λουτήρων ή καταιονηστήρων	1,0*
Εγκαταστάσεις εργαστηρίων ή βιομηχανικών χώρων	1,2
*Εκτός αν δίνεται η πραγματική ποσότητα λυμάτων $Q_s$	

**Πίνακας 36:** Τιμές σύνδεσης των υδραυλικών υποδοχέων και ονομαστικοί διάμετροι των σωληνώσεων σύνδεσης (Πίνακας 10 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2412/86)

A/A	Υδραυλικοί Υποδοχείς η είδος Σωλήνωσης	Τιμή Σύνδεσης $AW_s$	Ονομαστική Διάμετρος Σωληνώσεων Σύνδεσης DN
1	Νιπτήρες, Πυγολουτήρες	0,5	40
2	Απορροές κουζίνας (Νεροχύτες, μιας ή δύο γουρνών, πλυντήρια πιάτων οικιακής χρήσης ή και ρούχων έως 6 Kgr με οσμοπαγίδα)	1	50
3	Πλυντήρια ρούχων 6 έως 12 Kgr	1,5	70
4	Επαγγελματικά Πλυντήρια πιάτων	2	100
5	Ουρητήρια (μεμονωμένα)	0,5	50
6	Απορροές στραγγισμου DN 50	1	50
	DN 70	1,5	70
	DN 110	2	100
7	Λεκάνες αποχωρητηρίων	2,5	100
8	Ντουζιέρες, Ποδολουτήρες	1	50
9	Λουτήρες με άμεση σύνδεση	1	50
10	Λουτήρες με άνεση ή έμμεση σύνδεση, αλλά με σωλήνωση σύνδεσης επιφανειακά πάνω στο πάτωμα μήκους έως 1 m, συνδεδεμένη σε σωλήνωση DN70 ή σε απορροή στραγγισμού.	1	40
11	Λουτήρες ή Ντουζιέρες με έμμεση σύνδεση (οσμοπαγίδα δαπέδου) και Σωλήνωση Σύνδεσης μικρότερη από <2m	1	50
12	Λουτήρες ή Ντουζιέρες με έμμεση σύνδεση (οσμοπαγίδα δαπέδου) και Σωλήνωση Σύνδεσης μικρότερη από >2m	1	70



**Πίνακας 37:** Τιμές σύνδεσης ομαδικών ουρητηρίων και ονομαστική διάμετρος σωληνώσεων πολλαπλής σύνδεσης (Πίνακας 11 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2412/86)

Αριθμός θέσεων	Τιμή σύνδεσης AW <sub>s</sub> (συνολική)	Ονομαστική Διάμετρος της σωλήνωσης πολλαπλής σύνδεσης
Έως 2	0,5	70
Έως 2	1	70
Έως 2	1,5	70
Άνω των 6	2	100

**Πίνακας 38:** Μείωση τιμών σύνδεσης (Πίνακας 12 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2412/86)

A/A	περιπτώσεις χώρων υγιεινής συνδεδεμένων σε μια στήλη	Συντελεστής μείωσης	Εξοπλισμός των χώρων και οι αντίστοιχες τιμές σύνδεσης σύμφωνα με τον Πιν.	Σύνολο τιμών σύνδεσης χώρων υγιεινής ΣAW <sub>s</sub>	Μειωμένη τιμή ΣAW <sub>s</sub> (στρογ. σε 0,5)
1	3 χώροι υγιεινής μιας κατοικίας (Κουζίνα, λουτρό W.C.)	0,7	Κουζίνα Νεροχύτης 1 Λουτρό Λεκάνη 2,5 Λουτήρας 1 Νιπτήρας 0,5 W.C. Λεκάνη 2,5 Νιπτήρας 0,5	8	5,5
2	2 χώροι υγιεινής μιας κατοικίας (λουτρό W.C.)	0,7	Λουτρό Λεκάνη 2,5 Λουτήρας 1 Νιπτήρας 0,5 W.C. Λεκάνη 2,5 Νιπτήρας 0,5	7	5
3	1 χώροι υγιεινής μιας κατοικίας (λουτρό W.C.)	0,9	Λεκάνη 2,5 Λουτήρας 1 Νιπτήρας 0,5 Πυγολουτηρας 0,5	4,5	4

**Πίνακας 39:** Επιτρεπόμενη απορροή όμβριων για την διαστασιολόγηση των υδρορροών

Ονομαστική Διατομή DN	Καθαρή Διατομή DN	Κανονική απορροή (επιτρ. Q <sub>r</sub> )
50	50	0,7
65	60	1,1
70	70	1,7
80	80	2,5
110	104.6	4,5
125	118	7,0
125	125	8,1
150	150	13,3
200	200	28,5
250	250	51,5
300	300	83,5

**Πινάκας 40:** Συντελεστής απορροής βρόχινων νερών (Πίνακας 20 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2412/86)

Είδος συνδεδεμένων επιφανειών	Συντελεστής απορροής βρόχινων νερών $\Psi$
Οροφές (με κλίση $>15^{\circ}$ )	1,0
Οροφές (με κλίση $<15^{\circ}$ )	0,8
Οροφές σκυρόστρωτες	0,5
Ταρατσόκηποι	0,3
Ράμπες και υπαίθρια Parking	1,0
Αυλές λιθόστρωτες με γεμισμένο αρμό ή από σκυρόδεμα	0,9
Πλακόστρωτοι πεζόδρομοι	0,6
Μη στρωμένοι δρόμοι, ακάλυπτοι χώροι και δρόμοι περιπάτου	0,5
Γήπεδα παιγνιδιών και άθλησης	0,25
Προκήπια	0,15
Κήποι μεγάλοι	0,10

**Πίνακας 41:** Στήλες αποχέτευσης ακαθάρτων με κύριο αερισμό (Πίνακας 15 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2412/86)

1	2	3	4**	5
		Επιτρεπόμενες συνδέσεις		
DN	Εσωτερική διάμ. σε mm με επιτρεπόμενη μείωση 5% *	ΣΑW <sub>s</sub>	Αριθμός Λεκανών	Επιτρέπ. Qs (l/sec) για κατοικίες
70***	70	9	-	1,5
100	100	64	13	4
	118	112	22	5,3
125	125	154	31	6,2
150	150	408	82	10,1

\*) Αναφέρεται στη διατομή.

\*\*) Για να αποφευχθούν λειτουργικές ανωμαλίες, έγινε περιορισμός στον αριθμό των λεκανών που επιτρέπεται να συνδεθούν γιατί σ' αυτές περισσότερο, από όλους τους άλλους υδραυλικούς υποδοχείς παρουσιάζεται μεγαλύτερη απορροή ακαθάρτων με περιεκτικότητα σε στερεές ύλες.

\*\*) α) Δεν επιτρέπεται η σύνδεση περισσότερων από τέσσερις (4) απορροές Κουζίνας σε μια ειδική αποχετευτική στήλη μόνο για κουζίνες Πίνακας 10:Α/Α2.

β) Εάν χρησιμοποιηθεί σωλήνας με εσωτερική διάμετρο min 80 mm (DN 75) τα μεγέθη του πίνακα 15 μπορεί να αυξηθούν κατά 50%.

**Πίνακας 42:** Στήλες αποχέτευσης ακαθάρτων με άμεσο ή έμμεσο παράπλευρο αερισμό (Πίνακας 16 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2412/86)

1	2	3	4	5
		Επιτρεπόμενες συνδέσεις		
DN	Εσωτερική διάμ.* σε mm με επιτρεπόμενη μείωση 5% *	ΣΑW <sub>s</sub>	Αριθμός Λεκανών	Επιτρέπ. Qs (l/sec) για κατοικίες
70**	70	18	-	2,1
100	100	125	25	5,6
	118	219	44	7,4
125	125	300	60	8,7
150	150	795	159	14,1

\*) Αναφέρεται στη διατομή.

\*\* ) α) Δεν επιτρέπεται η σύνδεση περισσότερων από τέσσερεις (4) απορροές Κουζίνες σε μια ειδική αποχετευτική στήλη μόνο για κουζίνες Πίνακας 10:A/A2.

β) Εάν χρησιμοποιηθεί σωλήνας με εσωτερική διάμετρο min 80 mm (DN 75) τα μεγέθη του πίνακα 15 μπορεί να αυξηθούν κατά 50%.

**Πίνακας 43:** Στήλες ακαθάρτων με πλήρη αερισμό (Πίνακας 17 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2412/86)

1	2	3	4	5
		Επιτρεπόμενες συνδέσεις		
DN	Εσωτερική διάμ.* σε mm με επιτρεπόμενη μείωση 5% *	ΣΑW <sub>s</sub>	Αριθμός Λεκανών	Επιτρέπ. Qs (l/sec) για κατοικίες
70**	70	27	-	2,6
100	100	186	37	6,8
	118	324	64	9,0
125	125	441	88	10,5
150	150	1183	206	17,2

\*) Αναφέρεται στη διατομή.

\*\*) α) Δεν επιτρέπεται η σύνδεση περισσότερων από τέσσερις (4) απορροές Κουζίνας σε μια ειδική αποχετευτική στήλη μόνο για κουζίνες Πίνακας 10:Α/Α2.

β) Εάν χρησιμοποιηθεί σωλήνας με εσωτερική διάμετρο min 80 mm (DN 75) τα μεγέθη του πίνακα 15 μπορεί να αυξηθούν κατά 50%.

**Πίνακας 44:** Οριζόντιες σωληνώσεις ακαθάρτων (Συλλέκτριες σωληνώσεις ή Κεντρικός συλλεκτήριος αγωγός) (Πίνακας 18 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2412/86)

1	2	3		4		5		6	7
DN	Εσωτερική διάμ. (mm)	J=1:50 (2cm/m)		J=1:66,7 (1,5cm/m)		J=1:100 (1cm/m)		J=1:DN/2	J=1:DN
		Επιτρ. Q <sub>s</sub> l/s	Επιτρ. ΣΑW <sub>s</sub>	Επιτρ. Q <sub>s</sub> l/s	Επιτρ. ΣΑW <sub>s</sub>	Επιτρ. Q <sub>s</sub> l/s	Επιτρ. ΣΑW <sub>s</sub>	Επιτρ. Q <sub>s</sub> l/s	Επιτρ. Q <sub>s</sub> l/s
70	70	1,5	9	-	-	-	-	-	-
110	104.6	4	64	3,4	46	2,8	31	-	2,8
125	(118)	6,2	154	5,3	112	4,3	74	-	3,9
	125	7,2	207	6,2	154	5,1	104	-	4,5
150	150	11,7	548	10,1	408	8,2	269	9,5	6,7
200	200	25,1	2520	21,7	1884	17,7	1253	17,7	12,5
250	250	45,4	-	39,2	-	32	-	28,6	20,2
300	300	73,5	-	63,6	-	51,9	-	42,3	29,8
(350)	350	111	-	95,6	-	78	-	58,8	41,5
400	400	157	-	136	-	111	-	78,3	55,2
500	500	283	-	245	-	200	-	126	89,9

Οι τιμές πάνω από την παχιά γραμμή δεν ισχύουν για σωλήνες μέσα στα κτήρια

**Πίνακας 45:** Βρεχόμενες επιφάνειες και Σωληνώσεις βρόχινων νερών (Πίνακας 19 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2412/86)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Βρεχόμενη επιφάνεια που επιτρέπεται να συνδεθεί σε m <sup>2</sup> (για ψ=1)				Απορροή (ψ=1)	J=1:50 (2cm/m)		J=1:66,7 (1,5cm/m)		J=1:100 (1cm/m)	
Για μέγιστη βροχόπτωση r σε lt/sec*ha										
150	200	300	400	Q <sub>s</sub> (l/s)	Ε.Δ	Επιτρ. Q <sub>s</sub> (l/s)	Ε.Δ	Επιτρ. Q <sub>s</sub> (l/s)	Ε.Δ	Επιτρ. Q <sub>s</sub> (l/s)
47	35	23	17	0,7	50	1,0	50	0,9	50	0,7
73	55	37	28	1,1	60	1,6	60	1,4	60	1,1
107	80	53	40	1,6					70	1,7
113	85	57	43	1,7	70	2,4	70	2,1	80	2,5
160	120	80	60	2,4						
167	125	83	63	2,5	80	3,5	80	3,0	100	4,5
233	175	117	88	3,5						
300	225	150	113	4,5	100	6,4	100	5,5	118	7,0
367	275	183	138	5,5						
427	320	213	160	6,4	118	9,9	118	8,5	150	13,3
467	350	233	175	7,0						
540	405	270	203	8,1	125	11,6	125	10	125	8,1
573	430	287	215	8,6						
660	495	330	248	9,9	125	11,6	150	16,3	200	28,5
667	500	333	250	10,0						
773	580	387	290	11,6	150	18,8	150	16,3	200	28,5
887	665	443	333	13,3						
1087	815	543	408	16,5	150	18,8	200	34,9	200	28,5
1253	940	627	470	18,8						



**Πίνακας 46:** Σωληνώσεις Σύνδεσης και Τιμές Σύνδεσης Υδραυλικών Υποδοχέων

Τύπος Υποδοχέα	ΟΝΟΜ. ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΣΩΛΗΝΩΣΕΩΝ ΣΥΝΔΕΣΗΣ DN(mm)	ΤΙΜΗ ΣΥΝΔΕΣΗΣ (AWs)
Νεροχύτης κουζίνας	50	1.0
Πλυντήριο ρούχων 6 Kgr	50	1.0
Νιπτήρας	40	0.5
Μπανιέρα με αγωγό συνδ.< 2m	50	1.0
Ντουσιέρα με αγωγό συνδ.< 2m	50	1.0
Λεκάνη	110	2.5
Σιφώνι δαπέδου DN 50	50	1.0
Υδρορροή ομβρίων	50	0.0

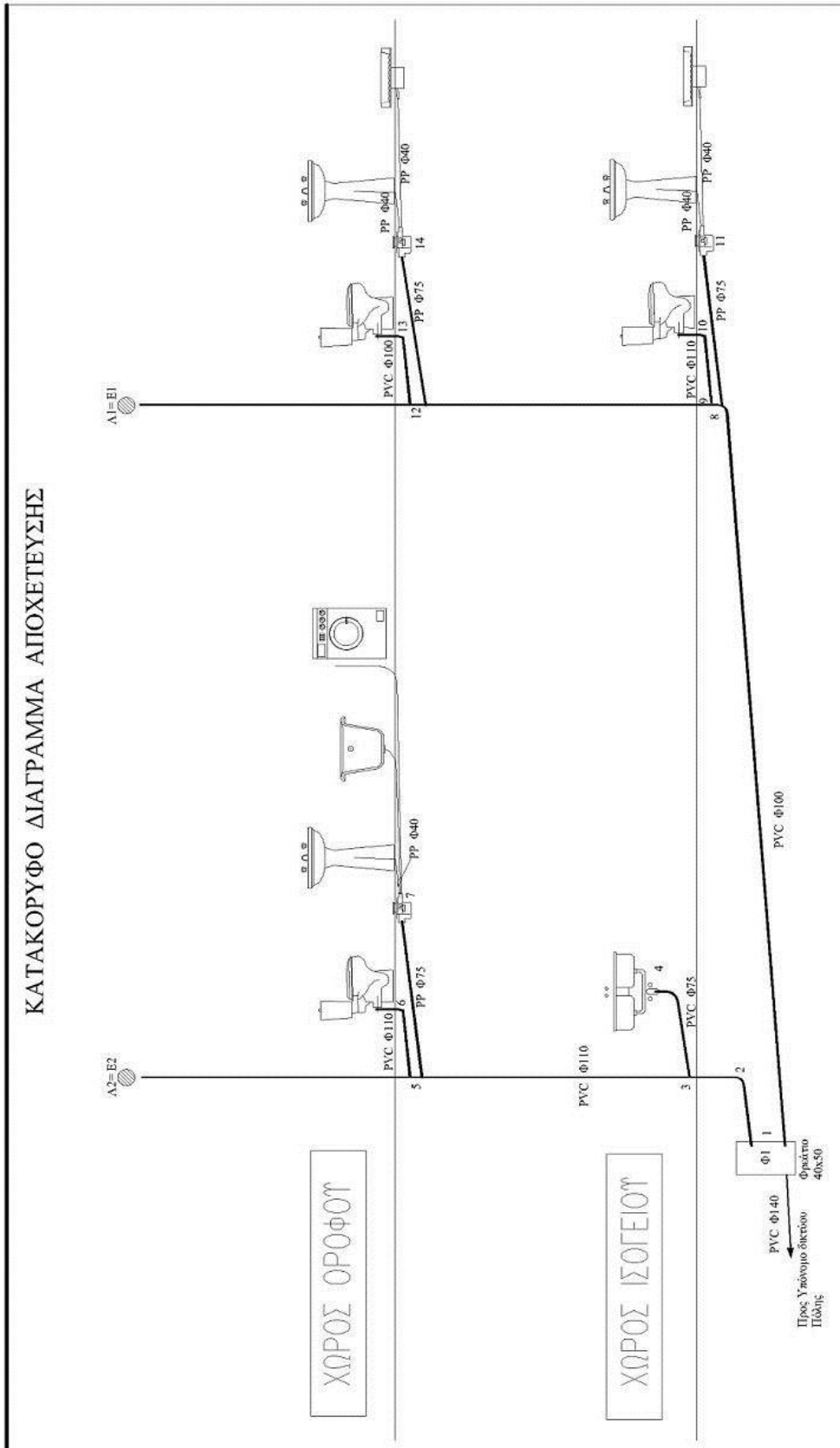
**Πίνακας 47:** Διαστάσεις Κατακόρυφων Στηλών Αποχέτευσης Ακαθάρτων με Κύριο Αερισμό

DN	Επιτρεπόμενες συνδέσεις ΣΑWs	Επιτρεπόμενες συνδέσεις Αριθμός λεκανών	Επιτρ. Q <sub>s</sub> (l/s) για κατοικίες, εστιατόρια, γραφεία, ξενοδοχεία
70	9	-	1,5
110	64	13	4
110	118	22	5,3
125	125	31	6,2
150	150	82	10,1



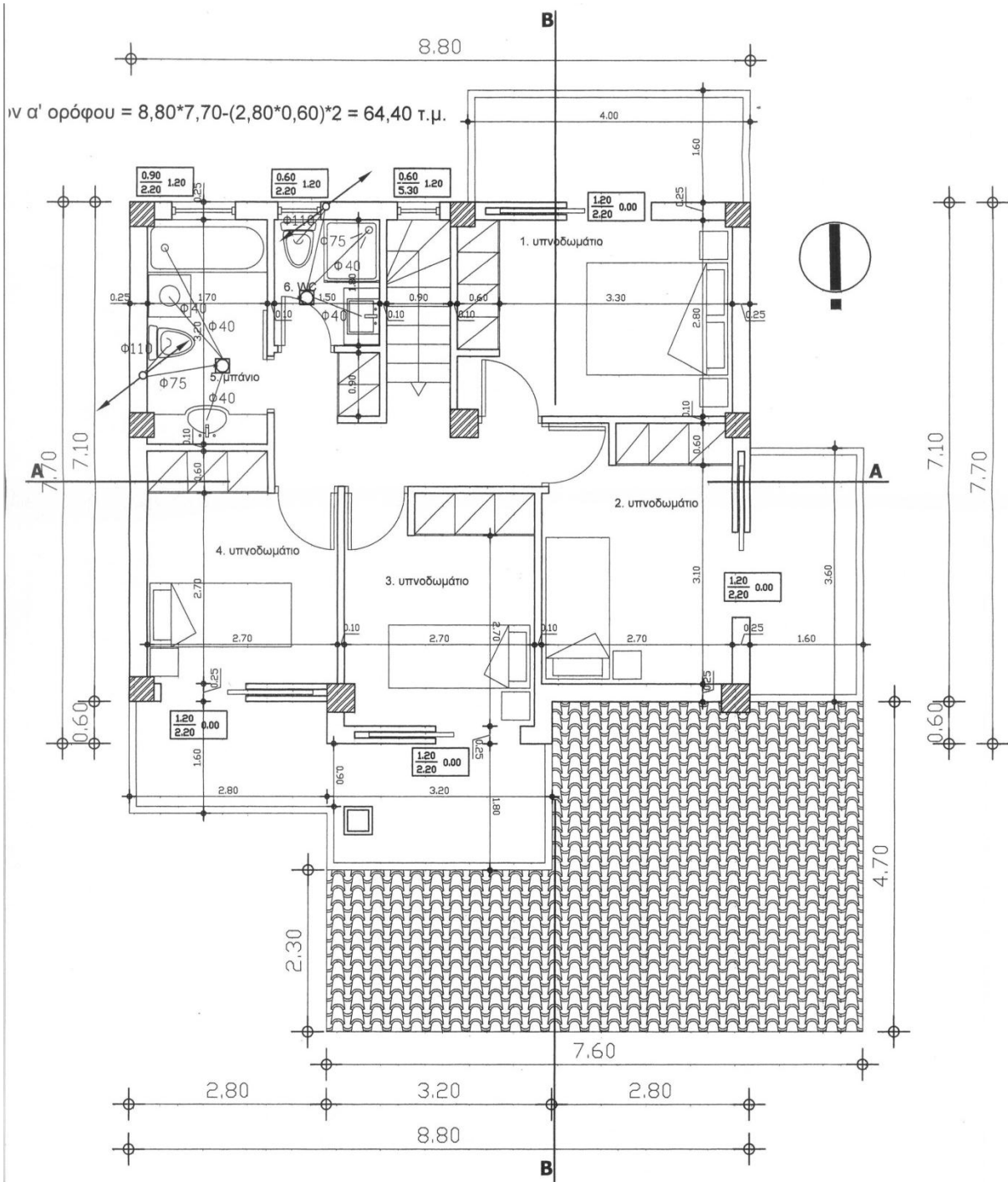
# **ΣΧΕΔΙΑ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ**

ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ

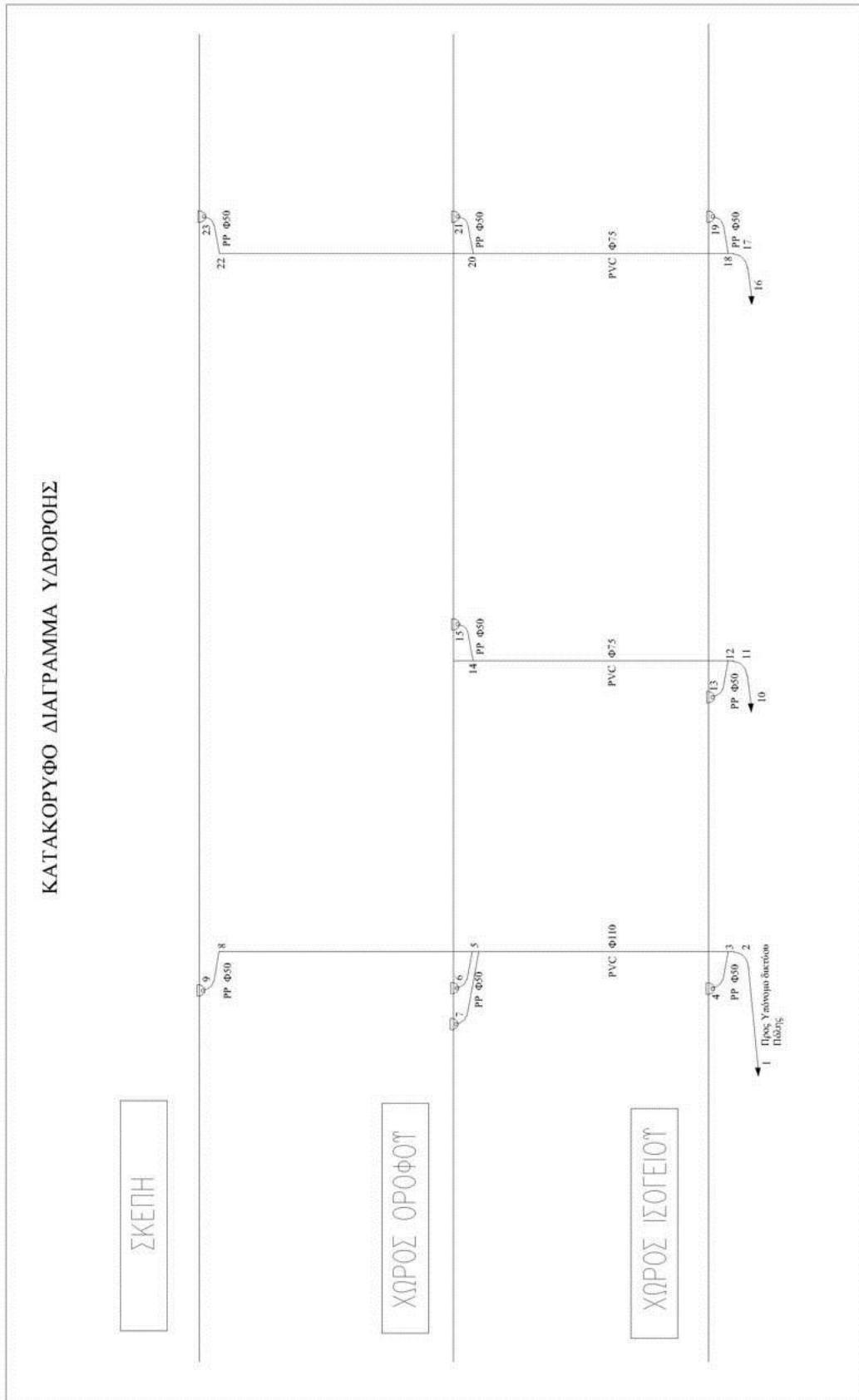


Σχέδιο 16: Κατακόρυφο διάγραμμα αποχέτευσης





**Σχέδιο 18:** Σχέδιο αποχέτευσης α' ορόφου



**Σχέδιο 19:** Κατακόρυφο διάγραμμα υδρορροής