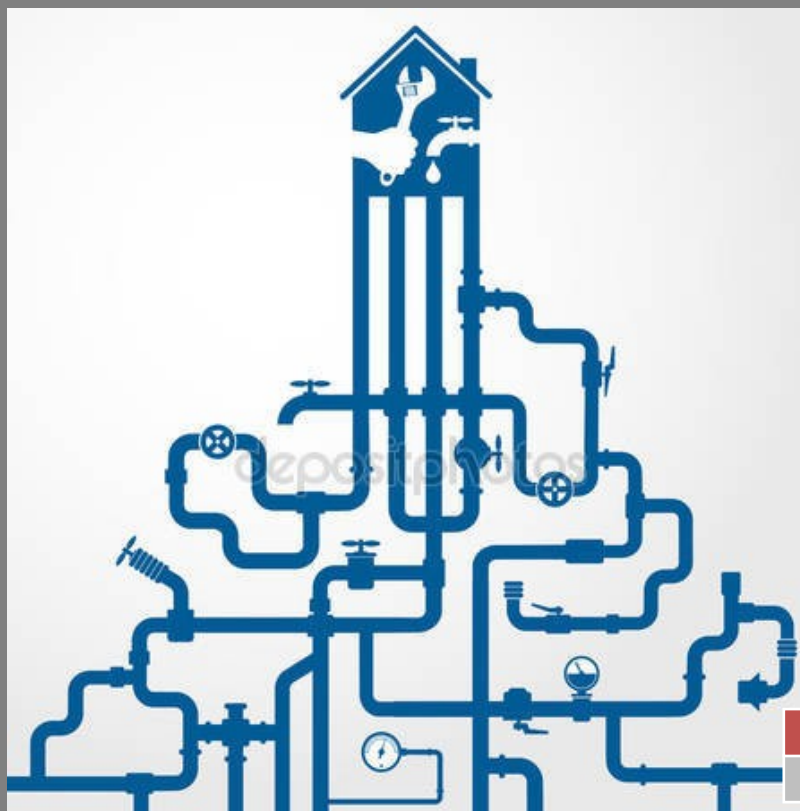


ΥΔΡΕΥΣΕΙΣ ΠΟΛΕΩΝ ΚΑΙ ΝΕΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ

ΑΝΔΡΕΑΣ ΙΣΑΑΚΙΔΗΣ-ΑΡΜΑΝΤΟ
ΤΣΕΛΑ



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Κεφάλαιο 1: Υδρολογία και ιδιότητές του νερού

1.1 Κύκλος νερού.....	6
1.2 Η βροχή	7
1.3 Υπόγεια νερά.....	8
1.4 Οι πηγές και τα είδη της	11
1.5 Νερό και οι ιδιότητές του	12

Κεφάλαιο 2: Εκτίμηση κατανάλωσης του νερού και πληθυσμού

2.1 Γενικά	15
2.2 Πρόβλεψη αύξησης πληθυσμού στο μέλλον.....	20
2.3 Διακύμανση της κατανάλωσης και εξοικονόμηση νερού....	22
2.4 Μεταβολές στις απαιτήσεις παροχών ύδρευσης.....	28
2.5 Απαιτήσεις Πυροσβεστικών Παροχών.....	29
2.6 Παράδειγμα υπολογισμού της κατανάλωσης.....	31

Κεφάλαιο 3: Υδροληψία

3.1 Τύποι υδροφόρων πηγών.....	34
3.2 Υδροληψία από ποταμούς.....	36
3.3 Υδροληψία από λίμνες	39

3.4 Υδροληψία από υπόγεια στρώματα.....	42
3.5 Γενικές παρατηρήσεις για τα υπόγεια νερά	51
3.6 Μελέτη υδροληψίας	52

Κεφάλαιο 4: Αγωγοί δικτύων ύδρευσης

4.1 Ανοιχτοί αγωγοί	54
4.2 Χαλυβδοσωλήνες.....	56
4.3 Χυτοσιδερένιοι αγωγοί.....	63
4.4 Είδη πλαστικών αγωγών.....	71
4.5 Αγωγοί από αμιαντοτσιμέντο	74
4.6 Αγωγοί από σκυρόδεμα και άλλα είδη	75
4.7 Τεχνικά έργα αγωγών ύδρευσης.....	77

Κεφάλαιο 5: Υδραυλική των κλειστών αγωγών

5.1 Γενικά	81
5.2 Τυρβώδης και Στρωτή ροή σε κυκλικής διατομής σωλήνες..	83
5.3 Τραχύτητα των αγωγών	87
5.4 Η εξίσωση του Bernoulli.....	88
5.5 Πιεζομετρική γραμμή και γραμμή ενέργειας.....	89
5.6 Ο συντελεστής τριβής (f)	92

5.7 Υπολογισμός τραχύτητας στους σωλήνες εμπορίου	94
5.8 Τοπικές απώλειες	94
5.9 Διάφορα προβλήματα ροής σε αγωγούς	96

Κεφάλαιο 6: Μεταφορά του νερού

6.1 Γενικά και σχεδιασμός αγωγών μεταφοράς	98
6.2 Αγωγοί με ελεύθερη επιφάνεια	100
6.3 Αγωγοί υπό πίεση	102
6.4 Παραδείγματα αγωγών	105
6.5 Αντλίες- Γενικά	108
6.6 Ολικό μανομετρικό ύψος αναρρόφησης	110
6.7 Ισχύς και επιλογή αντλίας	113
6.8 Άντληση-τύποι από γεωτρήσεις	116
6.9 Έλεγχος λειτουργίας και σωστή επιλογή αντλίας	120
6.10 Υδραυλικό πλήγμα και μέτρα προστασίας	123

Κεφάλαιο 7: Επεξεργασία του νερού

7.1 Εισαγωγή και επιλογή μεθόδου επεξεργασίας του νερού.....	131
7.2 Θρόμβωση και Κροκίδωση	138
7.3 Καθίζηση	146

7.4 Απομάκρυνση της λάσπης	152
7.5 Διύλιση του νερού και ταχυδιυλιστήρια	156
7.6 Συστήματα καθαρισμού φίλτρων και συλλογής καθαρού νερού.....	158
7.7 Βραδυδιυλιστήρια	163
7.8 Απολύμανση του νερού	166

Κεφάλαιο 8: Αποθήκευση του νερού

8.1 Γενικά	171
8.2 Είδη δεξαμενών	173
8.3 Υπερυψωμένες κατασκευές ή Υδατόπυργοι	179
8.4 Μέθοδοι κατασκευής και υλικά κατασκευής	190
8.5 Όργανα λειτουργίας υδατόπυργου	191
8.6 Τοποθέτηση δεξαμενών σε σχέση με το δίκτυο ύδρευσης του οικισμού	195

Κεφάλαιο 9: Διανομή του νερού

9.1 Γενικά	211
9.2 Παροχές δικτύου διανομής νερού	212
9.3 Ταχύτητες του νερού μέσα στους αγωγούς	216

9.4 Πιεζομετρικό φορτίο διανομής δικτύου	217
9.5 Χάραξη δικτύου διανομής	220
9.6 Ταξινόμηση των συστημάτων διανομής	223
9.7 Υπολογισμός δικτύου διανομής	230

Κεφάλαιο 10: Τεχνικά έργα

10.1 Βαλβίδες και τα είδη της	246
10.2 Τεχνικά έργα του αγωγού μεταφοράς	268

Βιβλιογραφία	278
---------------------------	------------

Κεφάλαιο 1

Κύκλος νερού και ιδιότητες του

1.1 Κύκλος νερού

Η Υδρολογία είναι η επιστήμη που μελετάει την κίνηση και τις μεταβολές του νερού στην ατμόσφαιρα (ατμοσφαιρικό νερό) , πάνω στο έδαφος (επιφανειακό νερό) και μέσα στο έδαφος (υπόγειο νερό).

Το ατμοσφαιρικό νερό αποτελείται από κατακρημνίσματα όπως βροχή ,χιόνι και από υδρατμούς. Το επιφανειακό νερό κινείται πάνω στην επιφάνεια της γης με αποτέλεσμα να δημιουργούνται λίμνες και ποτάμια. Το υπόγειο νερό είναι αυτό που όταν διηθείται μέσα στο έδαφος σχηματίζοντας υπόγειες λεκάνες και ποταμούς και αναβλύζει με μορφή πηγών.

Το νερό που εμφανίζεται σε υγρή μορφή και σπανιότερα σε στερεή ή αέρια μορφή, κινείται στη φύση σχηματίζοντας έναν κύκλο, που ονομάζεται **“Κύκλος του νερού στη φύση”** .

Η επίδραση της ηλιακής θερμότητας έχει ως αποτέλεσμα να εξατμίζεται το νερό των λιμνών , των ποταμών και των θαλασσών. Εν συνεχεία ψύχεται , υγροποιείται και πέφτει με μορφή κατακρημνισμάτων (βροχή, χιόνι) στηγη. Το νερό αυτό είτε θα ρέει επιφανειακά δημιουργώντας ποταμούς και χείμαρρους είτε θα εισχωρεί στο έδαφος σχηματίζοντας υπόγειες λεκάνες ή ρεύματα. Τέλος ένα μέρος του νερού αυτού μπορεί να εξατμίζεται και να επιστρέφει στην ατμόσφαιρα.



Σχ. 1.1. Ο κύκλος του νερού στη φύση.

1.2 Η βροχή

Η βροχή προκύπτει από την συμπύκνωση των υδρατμών του ατμοσφαιρικού αέρα. Οι υδρατμοί της ατμόσφαιρας δεν μετασχηματίζονται αμέσως σε βροχή. Αιωρούνται λόγω του μικρού μεγέθους των σταγονιδίων. Όταν ενωθούν σταγονίδια μεταξύ τους σχηματίζουν μεγάλες σταγόνες, η αντίσταση του αέρα παύει να υφίσταται οπότε λόγω της βαρύτητας οι σταγόνες πέφτουν στο έδαφος.

Η θάλασσα είναι μεγαλύτερη πηγή προέλευσης των υδρατμών, οι οποίοι ακολουθούν τα ρεύματα του αέρα με αποτέλεσμα να ανεβαίνουν προς τα ψηλά στρώματα της ατμόσφαιρας και να ψύχονται.

Όταν η θερμοκρασία φτάσει σε σημείο όπου η μάζα του αέρα είναι κορεσμένη από υδρατμούς τότε γίνεται συμπύκνωση αυτών και πέφτουν σταγονίδια στο έδαφος με μορφή βροχής. Αν τα σταγονίδια ψυχθούν απότομα από ψυχρές αέριες μάζες τότε μετατρέπονται σε κομμάτια πάγου που ονομάζονται χαλάζι ενώ αν ψυχθούν σταδιακά

τότε σχηματίζονται μικροί παγοκρύσταλλοι οι οποίοι αποτελούν το χιόνι.

Οι βροχές ανάλογα με την προέλευσή τους διακρίνονται σε ορισμένες κατηγορίες :

A) Κυκλωνικές βροχές οι οποίες οφείλονται σε δυναμικές διαταράξεις της ατμόσφαιρας όπως θύελλες ή δημιουργία ψυχρών ή θερμών μετώπων.

B) Βροχές αναγλύφου οι οποίες οφείλονται στις τοπικές ανοδικές κινήσεις που προκύπτουν όταν αέριο ρεύμα προσκρούει σε προεξοχές του αναγλύφου του εδάφους όπως μια οροσειρά.

Γ) Βροχές μεταφοράς οι οποίες οφείλονται σε ανοδικές κινήσεις. Ο αέρας που βρίσκεται κοντά στο έδαφος διαστέλλεται θερμαινόμενος με αποτέλεσμα να απορροφάει περισσότερη υγρασία.

Όταν ο αέρας κινείται προς ψηλότερα στρώματα ψύχει και συμπυκνώνει τους υδρατμούς με αποτέλεσμα να μην μπορούν να συγκρατηθούν και πέφτουν με μορφή βροχής στο έδαφος.

1.3 Υπόγεια νερά

Τονερό που εισχωρεί στη γη από τις σχισμές και τους πόρους του εδάφους ονομάζονται υπόγειο νερό. Αυτό συσσωρεύεται σε αδιαπέρατο στρώμα σχηματίζοντας υπόγειο υδροφόρο στρώμα.

Η ελεύθερη επιφάνεια του αδιαπέρατου στρώματος αποτελεί τον υδροφόρο ορίζοντα του στρώματος ενώ η επιφάνεια του αποτελεί τον πυθμένα του υδροφόρου στρώματος.

Το νερό που βρίσκεται μέσα στο έδαφος καλύπτει τα διάκενα των χαλαρών υδροπερατών στρωμάτων , των ρηγμάτων και των εγκοίλων στο έδαφος.

Ο υδροφόρος ορίζοντας ορισμένες φορές βρίσκεται στην επιφάνεια του εδάφους δημιουργώντας έλη ή ρεύματα ενώ τις περισσότερες φορές λόγω των αποκλίσεων στις εξάρσεις της επιφάνειας του εδάφους βρίσκεται βαθύτερα και στις μισγάγκειες με αποτέλεσμα να βρίσκεται πιο κοντά στο επιφανειακό στρώμα του εδάφους.

Όταν έχουμε υδροπερατά στρώματα η διάνοιξη πηγαδιού δίνει εύκολα και σε μικρό βάθος το νερό του στρώματος. Η στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα συμπίπτει με την στάθμη στα πηγάδια οπότε γνωρίζοντας το βάθος που εμφανίζεται νερό στο πηγάδι προσδιορίζεται και η θέση του υδροφόρου ορίζοντα. Δεν ισχύει το ίδιο στις γεωτρήσεις διότι υπάρχει περίπτωση το νερό να ανυψώνεται περισσότερο από τον υδροφόρο ορίζοντα.

Το υπόγειο νερό κινείται κατά την κλίση του υδροφόρου ορίζοντα. Η ταχύτητα και η διεύθυνση της υπόγειας ροής εξαρτάται από την αντίσταση που συναντά το νερό στο υπέδαφος και στην υψομετρική διαφορά μεταξύ δύο σημείων του υδροφόρου ορίζοντα.

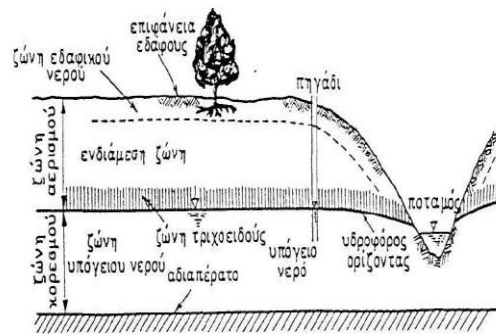
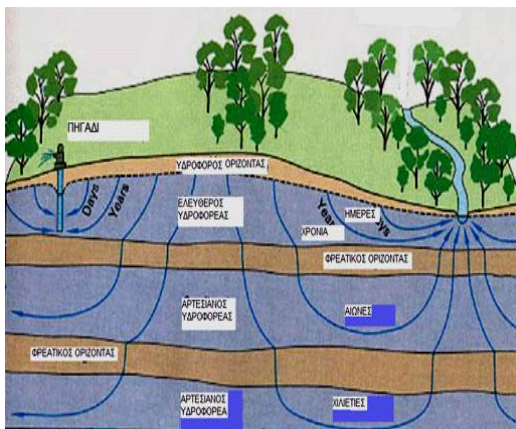
Τα υδροφόρα στρώματα του υπεδάφους ανάλογα με την πίεση που δέχεται το νερό διακρίνονται στις παρακάτω κατηγορίες :

Α) στην υπό πίεση ,στην οποία το υδροφόρο στρώμα βρίσκεται μεταξύ δύο αδιαπερατών στρωμάτων πετρωμάτων, δίχως να υπάρχει έξοδος προς τα πάνω είτε προς τα κάτω. Το επιφανειακό στρώμα του εδάφους δεν επηρεάζεται καθόλου από το υδροφόρο στρώμα.

Β) στην υπο μερική πίεση, στην οποία το υδροφόρο στρώμα βρίσκεται μεταξύ δύο στρωμάτων, ένα αδιαπέρατο από κάτω και ένα ημιπερατό από πάνω, δίχως μεγάλη πίεση για να αναβλύσει στην επιφάνεια.

Γ) στην ημιελεύθερη κατάσταση, στην οποία το υδροφόρο στρώμα βρίσκεται μεταξύ ενός αδιαπέρατου από κάτω και ενός διαπερατού από πάνω. Η ημιελεύθερη κατάσταση μπορεί να μετασχηματιστεί σε ελεύθερη αν ανέβει ο υδροφόρος ορίζοντας για διάφορες αιτίες.

Δ) στην ελεύθερη κατάσταση, στην οποία επιφανειακό υδροφόρο στρώμα βρίσκεται πάνω σε ένα αδιαπέρατο. Το επιφανειακό έδαφος, σε αυτή την περίπτωση ονομάζεται βαλτώδες διότι το νερό στην επιφάνεια εμφανίζεται εποχιακά και λιμνάζει. Με αποστραγγιστικά-αποξηραντικά έργα μπορεί η ελεύθερη κατάσταση να μετατραπεί σε ημιελεύθερη.



Η κατανομή του υπογείου νερού κατά βάθος

Σχ. 1.2. Υπόγειοι υδροφορείς. Σχ. 1.3. Η κατανομή του υπογείου νερού.

1.4 Οι πηγές και τα είδη της

Το νερό που εισχωρεί μέσα στο έδαφος κινείται προς τα κατώτερα στρώματα μέχρι ώστε να βρεθεί ένα αδιαπέρατο στρώμα. Τότε θα αναγκαστεί να αλλάξει κατεύθυνση ακολουθώντας την κλίση του αδιαπέρατου στρώματος μέχρι να συναντήσει ένα βαθύ σημείο όπου συσσωρεύονται τα νερά με αποτέλεσμα να σχηματίζουν μια πηγή.

Πηγή είναι μια εκροή υπογείου νερού στην επιφάνεια του εδάφους από ένα σημείο με συνεχόμενη παροχή.

Οι πηγές κατατάσσονται σε ορισμένες κατηγορίες ανάλογα με το είδος τους. Έτσι διακρίνονται σε συνεχείς όπου η ροή τους συνεχίζεται σε όλη τη διάρκεια του χρόνου.

Μία άλλη κατηγορία είναι σε προσωρινές όπου η ροή τους σταματάει ένα διάστημα και τέλος σε περιοδικές όπου η ροή τους διακόπτεται και ξεκινάει με την εμφάνιση των βροχών.

Οι πηγές διαθέτουν γενικά ψυχρό νερό, υπάρχουν όμως πηγές στις οποίες η θερμοκρασία είναι υψηλή, σχεδόν στο λίγο πάνω από την μέση θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Αυτές οι πηγές ονομάζονται θερμές πηγές και η προέλευση τους δικαιολογείται λόγω των μεταβολών στο εσωτερικό του φλοιού της γης.

Επίσης οι πηγές διαχωρίζονται σε διάφορες κατηγορίες ανάλογα με το μέρος από όπου προέρχεται.

A) από ένα πορώδες και έντονα υδροπερατό επιφανειακό στρώμα.

B) από ένα υδροφόρο στρώμα μεγάλου πάχους με μικρή κλίση του αδιαπέρατου στρώματος.

Γ) από ένα υδροπερατό στρώμα που παρεμβάλλεται ανάμεσα σε δύο αδιαπέρατα.

Δ) εκτός από τις παραπάνω περιπτώσεις όπου το νερό προέρχεται κυρίως από ένα διαπερατό υδροφόρο στρώμα, υπάρχει η περίπτωση οι πηγές να προέρχονται από σπήλαια ή έγκοιλα που συνδέονται με την επιφάνεια του εδάφους είτε με σχισμές είτε με ανοίγματα.

Ε) από μια σχισμή το νερό μπορεί να φτάσει μόνο του ως την επιφάνεια του εδάφους και αυτή η μορφή πηγής ονομάζεται αρτεσιανή.



Σχ. 1.4. Αρτεσιανή πηγή.

1.5 Νερό και οι ιδιότητές του

Στη φύση δεν υπάρχει εντελώς καθαρό νερό, διότι όταν πέφτει σαν βροχή αναμειγνύεται με ορισμένα μόρια σκόνης και ορισμένα αέρια όπως το οξυγόνο ή ο άνθρακας. Ενώ στην επιφάνεια του εδάφους το νερό εμπλουτίζεται είτε με βακτήρια είτε με ανόργανα και οργανικά συστατικά. Για να γίνει το νερό κατάλληλο για χρήση από τον άνθρωπο θα πρέπει να επεξεργαστεί ώστε να απομακρυνθούν τα διάφορα

πρόσθετα από αυτό. Το νερό που είναι αβλαβές για την υγεία του ανθρώπου λέγεται πόσιμο. Αυτό χρησιμοποιείται για οικιακούς σκοπούς, είναι άοσμο, άχρωμο και απαλλαγμένο από μικρόβια.

Πριν από την χρησιμοποίησή του γίνεται ποιοτικός έλεγχος κατά τον οποίο ερευνούνται ορισμένα στοιχεία του όπως :

A) η οσμή-γεύση είναι ιδιότητες όπου η ύπαρξή τους γίνεται αντιληπτή με τις αισθήσεις του ανθρώπου .

B) το χρώμα του νερού επηρεάζεται είτε από την εποχή είτε από το φυσικό περιβάλλον. Ο χρωματισμός του οφείλεται στο ενδεχόμενο ύπαρξης διαλυμένων ουσιών.

Γ) η θολότητα η οποία οφείλεται στη διασπορά και την αιώρηση ελάχιστων σωματιδίων μέσα στο νερό. Επίσης οφείλεται στη διάχυση και την απορρόφηση του ηλιακού φωτός.

Δ) η θερμοκρασία του νερού εξαρτάται από την προέλευση του νερού , την εποχή και τη θέση του ρεύματος. Η θερμοκρασία του υπόγειου ρεύματος είναι συνήθως σταθερή.

Ε) η αλκαλικότητα – η οξύτητα – το pH. Η αλκαλικότητα οφείλεται στο γεγονός ότι τα αλκαλικά άλατα υπάρχουν σε μεγάλο βαθμό στο έδαφος. Επίσης η ποιότητα του νερού επηρεάζεται και από την οξύτητά του. Αυτή οφείλεται στο CO₂ που ενώνεται με το νερό και δίνει H₂CO₃ .

Τορહેχει μεγάλη σημασία και υπάρχουν διάφορες μέθοδοι για τον προσδιορισμό του όπως η ηλεκτρόλυση ή οι χρωματικές παρατηρήσεις.

Στ) τα μικρόβια τα οποία βρίσκονται μέσα στο νερό. Το επιφανειακό νερό είναι το πιο 'πλούσιο' σε μικρόβια

Ζ) η σκληρότητα αναφέρεται στο νερό που ρέει είτε επιφανειακά είτε μέσα στο έδαφος και αυτό εμπλουτίζεται με ανόργανες ουσίες. Η διαλυμένη ποσότητα μαγνησίου και ασβεστίου σχηματίζουν την συνολική σκληρότητα του νερού.

Τα παραπάνω στοιχεία αποτελούν τα στοιχεία που ελέγχονται ώστε διαπιστωθεί αν το νερό είναι πόσιμο. Έτσι ονομάζεται το νερό που είναι καθαρό από φυσική, χημική και μικροβιολογική άποψη και είναι πλήρες αβλαβές για την υγεία του ανθρώπου.

Κεφάλαιο 2

Εκτίμηση κατανάλωσης νερού και πληθυσμού

2.1 Γενικά

Σε ένα δίκτυο ύδρευσης , το πρώτο στάδιο στο οποίο θα στηριχθεί η μελέτη ,είναι η κατανάλωση του νερού που χρειάζεται μία πόλη , γιατί από αυτό εξαρτώνται όλες οι εγκαταστάσεις υδροληψίας, επεξεργασίας , αποθήκευσης και διανομής νερού .

Η ποσότητα που απαιτείται για την ύδρευση δεν είναι σταθερή και εξαρτάται από την ανάπτυξη της πόλης και πιο συγκεκριμένα από το βιοτικό επίπεδο των κατοίκων, τη βιομηχανία, το εμπόριο και τον τουρισμό.

Επίσης πρέπει να λαμβάνεται υπ'όψιν ο χρόνος ζωής ενός υδρευτικού έργου και ο μελετητής πρέπει να σχεδιάσει το έργο έτσι ώστε να μπορεί να λειτουργεί αποδοτικά στο χρόνο ζωής που έχει σχεδιαστεί.






Για την υδροληψία οι αγωγοί μεταφοράς μέχρι την πόλη συνήθως σχεδιάζονται για να έχουν διάρκεια ζωής κοντά στα 40 χρόνια. Για να αντέξουν σε αυτό το προσδόκιμο ζωής πρέπει οι αγωγοί να έχουν μεγάλη αντοχή. Οι μονάδες επεξεργασίας του νερού κατασκευάζονται για να αντέχουν μέχρι 15 χρόνια λόγω της εύκολης επέκτασής τους, εφόσον υπάρχει ο απαραίτητος χώρος για επέκταση.

Τα αντλιοστάσια σχεδιάζονται συνήθως για 10 χρόνια λόγω της εύκολης αντικατάστασής τους με νέες. Τα εσωτερικά δίκτυα διανομής του νερού έχουν αρκετό χρόνο ζωής ενώ δεν συνιστάται η αντικατάστασή τους επειδή είναι πολύ δαπανηρή.

Η σχεδίαση ενός υδρευτικού η υδραυλικού έργου εξαρτάται από κάποιους παράγοντες .

- α) Προϋπολογισμός έργου (αρχικό κόστος)
- β) Η ευκολία αναβαθμίσεις του έργου στο μέλλον
- γ) Η αχρήστευση του, λόγω νέων πιο αποδοτικών συστημάτων
- δ) Αναμενόμενη αύξηση πληθυσμού μιας πόλης
- ε) Τα επιτόκια της αγοράς

Η ολική κατανάλωση μιας πόλης υπολογίζεται από το άθροισμα των επί μέρους καταναλώσεων ,οι οποίες είναι :

-  Οικιακή κατανάλωση
-  Εμπορική κατανάλωση
-  Βιομηχανική κατανάλωση
-  Δημόσια κατανάλωση
-  Τουριστική κατανάλωση

Η οικιακή κατανάλωση περιλαμβάνει , την πόση , πλύση ,πότισμα κήπου όσον αφορά κατοικίες ή ξενοδοχεία και για φαγητά. Φυσικά ο κάθε κάτοικος έχει τις δικές του ανάγκες , και αυτό εξαρτάται από το βιοτικό επίπεδο των κατοίκων αλλά και το μέγεθος της πόλης .Έτσι καταλήγουμε οι κωμοπόλεις και τα χωριά να έχουν κατανάλωση νερού από 80 ως 120 lit/κατ. ημ.

Η εμπορική και βιομηχανική κατανάλωση περιλαμβάνει την κατανάλωση από την λειτουργία των βιομηχανιών , των βιοτεχνιών, των γραφείων και των καταστημάτων.

Η δημόσια κατανάλωση αναφέρεται στην κατανάλωση νερού από νοσοκομεία, σχολεία, δημόσιες υπηρεσίες, εκκλησία, πότισμα πάρκων και γενικά ότι σχετίζεται με δραστηριότητα δημοσίου.

Μπορούμε να πούμε ότι η κατανάλωση υπολογίζεται για:

Χωριά	80 - 120 lit/κατ. ημ.
Κωμοπόλεις	120 -150 lit/κατ. ημ.
Πόλεις	150 -200 lit/κατ. ημ.
Μεγαλουπόλεις με βιομηχανίες	200 + lit/κατ. ημ.
Μεγαλουπόλεις άνω των 200.000 κατ.	300 - 400 lit/κατ. ημ.

Η βιομηχανία και η εμπορία καταναλώνουν το μεγαλύτερο ποσοστό νερού για τις λειτουργικές ανάγκες τους, και μερικές φορές αυτό το ποσοστό φτάνει να απορροφάει το 50 % η και παραπάνω νερό από μια πόλη .

Οικιακή χρήση	35 %
Βιομηχανία και Εμπόριο	40 %
Δημόσια χρήση	10 %
Διαρροές και απώλειες	15 %

Τα ποσοστά αυτά είναι ενδεικτικά γιατί οι βιομηχανίες και οι κλιματολογικές συνθήκες που μεταβάλλονται έχουν πολύ μεγάλα περιθώρια .

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.1.

Ποσότητες νερού για κάθε χρήση ξεχωριστά στη διάρκεια ενός 24ώρου.

Χρήση	l
Πλύσιμο πιάτων στο χέρι	10-25
Πλύσιμο πιάτων στο πλυντήριο	20-45
Πλύσιμο χεριών	2-5
Ντους	40-80
Λουτρό στη μπανιέρα	115-180
Λουτρό παιδιού	30-40
Bitet	10-20
Καζανάκι τουαλέτας	6-12
Καθαριότητα σπιτιού	20-100
Πλυντήριο ρούχων	80-140
Πλύσιμο αυτοκινήτου με κουβά	20-40
Πλύσιμο αυτοκινήτου με λάστιχο	100-200
Πότισμα κήπου ανά m ²	5-10

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.2.

Κατανάλωση νερού για οικιακή χρήση στη Γερμανία χωρίς μέτρα εξοικονόμησης νερού .

Δραστηριότητα	l/κατ.ημερ
Πόση και μαγείρεμα	3-5
Πλύσιμο πιάτων	10-20
Ατομική καθαριότητα χωρίς λουτρό	10-15
Ντους και λουτρό	50-100
WC	40-50
Καθαριότητα χώρου	10-15
Πλύσιμο ρούχων	15-30
Πότισμα κήπου και πλύσιμο αυτοκινήτου	9-13
Σύνολο	147-250

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.3.

Κατανάλωση νερού για οικιακή χρήση στις ΗΠΑ χωρίς μέτρα εξοικονόμησης νερού .

Δραστηριότητα	1/κατ.ημερ
Πόση και μαγείρεμα	3-5
Πλύσιμο πιάτων	10-20
Ατομική καθαριότητα χωρίς λουτρό	10-15
Ντους και λουτρό	50-100
WC	40-50
Καθαριότητα χώρου	10-15
Πλύσιμο ρούχων	15-30
Πότισμα κήπου και πλύσιμο αυτοκινήτου	9-13
Σύνολο	147-250

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.4

Επί μέρους κατανάλωση νερού για οικιακή χρήση σε νοικοκυριά στις ΗΠΑ με εξοικονόμηση νερού.

Δραστηριότητα	1/κατ.ημερ.
Πόση και μαγείρεμα	32
Πλύσιμο πιάτων	4
Ντους και λουτρό	59
WC	52
Διαρροές WC	30
Πλύσιμο ρούχων	50
Σύνολο	227

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.5

Κατανάλωση νερού σε διάφορες ελληνικές πόλεις

Πόλη	Μέγιστη ημερήσια	Ελάχιστη ημερήσια
Αλεξανδρούπολη	17.948	14.871
Κομοτηνή	8.500	5.500
Πολύγυρος	1.130	900
Θεσσαλονίκη	238.500	130.000
Φλώρινα	4.320	-
Λάρισα	21.850	12.250
Βόλος	29.000	13.000
Τρίκαλα	9.100	6.500
Καρδίτσα	12.000	8.000
Ιωάννινα	17.000	13.500
Κέρκυρα	12.500	7.500
Μεσολόγγι	1.400	1.000
Λειβαδιά	9.200	8.000
Σπάρτη	2.500	1.300
Ναύπλιο	7.000	3.000
Ρέθυμνο	5.000	4.000
Ρόδος	19.000	6.900
Χίος	5.400	4.000
ΑΘΗΝΑ	999.200	550.300

2.2 Πρόβλεψη αύξησης πληθυσμού στο μέλλον

Ένα υδρευτικό σύστημα μιας πόλης για να υπολογιστεί η απαιτούμενη παροχή του, είναι απαραίτητο να ξέρουμε τον αριθμό των κατοίκων που θα έχει η πόλη στο μέλλον. Επομένως είναι απαραίτητο να γίνει πρόβλεψη αύξησης πληθυσμού στο μέλλον.

Η μεταβολή πληθυσμού μιας πόλης εξαρτάται από έναν συνδυασμό γεννήσεων, θανάτων αλλά και μετανάστευσης από και προς την πόλη. Επίσης μπορεί να υπάρξει σταθεροποίηση στον πληθυσμό μιας πόλης αν το ποσοστό θανάτων και το ποσοστό των γεννήσεων είναι σχεδόν ίδιο.

Οι περιοχές που παρουσιάζουν μεγάλη ανάπτυξη το πρόβλημα σε αυτές είναι η εκτίμηση του ποσοστού εισροής νέων κατοίκων , ενώ σε τουριστικές περιοχές πρέπει να λαμβάνεται υπόψη μόνο η αύξηση του πληθυσμού κατά την τουριστική σεζόν , και ειδικά στην Ελλάδα που το καλοκαίρι υπάρχουν πολλά μέρη και νησιά που ο πληθυσμός τους είναι πενταπλάσιος τους καλοκαιρινούς μήνες σε σχέση με τους χειμερινούς μήνες .

Αν θέλουμε να βρούμε την αύξηση του πληθυσμού όταν η πόλη μεγαλώνει με γρήγορους ρυθμούς τότε ισχύει

$$N_v = N_0 \left(1 + \frac{\varepsilon}{100}\right)^v$$

,όπου N_v ο μέγιστος πληθυσμός,

N_0 ο αρχικός πληθυσμός,

ε η ετήσια αύξηση του πληθυσμού και

v τα χρόνια επάρκειας του δικτύου.

Αν αυτή η αριθμητική πρόοδος είναι σταθερή τότε ισχύει $E = E_0 + v \cdot \alpha$

E = μελλοντικό αριθμό κατοίκων

v = τον αριθμό επάρκειας δικτύου υδρεύσεις

α = την ετήσια αύξηση πληθυσμού

Εκτός από αυτούς τους τρόπους υπολογισμού της αύξησης του πληθυσμού μιας πόλης υπάρχουν και άλλοι τρόποι που μας δίνουν πιο ακριβή στοιχεία για το πόσο θα αυξηθεί ο πληθυσμός μιας πόλης

, όπως η σχέση ,

$$\frac{E}{E_0} = \frac{P}{P_0}$$

Όπου E τον πληθυσμό της πόλης
P τον πληθυσμό της χώρας

Υπάρχει επίσης η μέθοδος υπολογισμού της αύξησης του πληθυσμού με τη χάραξη μίας κεντροβαρικής συνισταμένης των καμπυλών εξέλιξης του πληθυσμού η της πόλης ή και των 2 μαζί .

Ακόμη μια μέθοδος είναι η μαθηματική μέθοδος που προϋποθέτει την ειδική ανάπτυξη μιας πόλης ομοιόμορφα και ακτινωτά .

2.3 Διακύμανση της κατανάλωσης και εξοικονόμηση νερού

Οι απώλειες είναι σημαντικές και ευθύνονται και για κάποιες από τις διακυμάνσεις των δικτύων. Απώλειες είναι όλες οι ποσότητες νερού που δεν επιβαρύνουν η χρεώνουν κάποιους καταναλωτές και η απώλειες προκαλούνται από κάποια διαρροή στο δίκτυο, από λάθη των υδρομετρήσεων ,αλλά πολλές φορές και από παράνομες συνδέσεις.

Φυσικά η κύρια διακύμανση ενός δικτύου προκαλείται από τους καταναλωτές του δικτύου , και δεν είναι σχεδόν ποτέ σταθερή , αλλά διαφοροποιείται κάθε χρόνο, κάθε μήνα ,κάθε μέρα και κάθε ώρα . Αυτό εξαρτάται από πολλούς και διάφορους λόγους, δηλαδή το καλοκαίρι η κατανάλωση είναι πολύ μεγαλύτερη από ότι το χειμώνα ,

ή τις εργάσιμες μέρες είναι μεγαλύτερη από τις Κυριακές και τις πρωινές ώρες μεγαλύτερη από τις νυχτερινές ώρες,

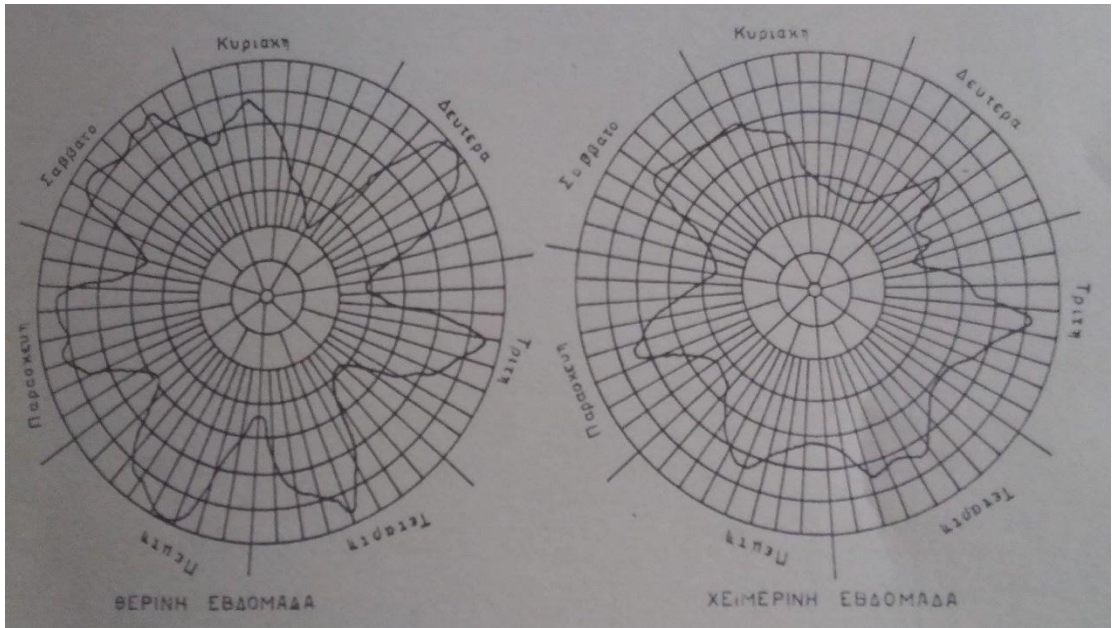
διότι ο περισσότερος κόσμος κοιμάται τις νυχτερινές ώρες και η ελάχιστη κατανάλωση είναι περίπου από 1 μετά τα μεσάνυχτα μέχρι τις 4 π.μ. .

Μεταβολή της ημερήσιας κατανάλωσης νερού στην διάρκεια ενός χρόνου.

Για μία μελέτη υδρευτικού έργου είναι χρήσιμος ο λόγος μέγιστης ημερήσιας παροχής προς τη μέση ημερήσια παροχή $\max Q_d / \text{mean} Q_d$, αλλά ο λόγος αυτός αυξάνεται όταν :

- ✚ Μειώνεται ο πληθυσμός της περιοχής ύδρευσης
- ✚ Μειώνεται η βιομηχανική και βιοτεχνική κατανάλωση
- ✚ Οι βροχοπτώσεις της περιοχής είναι λίγες
- ✚ Υπάρχει αύξηση στην οικιακή κατανάλωση σε σχέση με τη βιομηχανική κατανάλωση της περιοχής
- ✚ Υπάρχει αύξηση στα ποσοστά κατανάλωσης λόγω κλιματολογικών σηνθηκών ,όπως κατάβρεξει δημόσιων δρόμων και πότισμα κήπων

Όταν όμως οι παραπάνω παράγοντες λειτουργούν αντίθετα τότε ο λόγος $\max Q_d / \text{mean} Q_d$ μειώνεται .

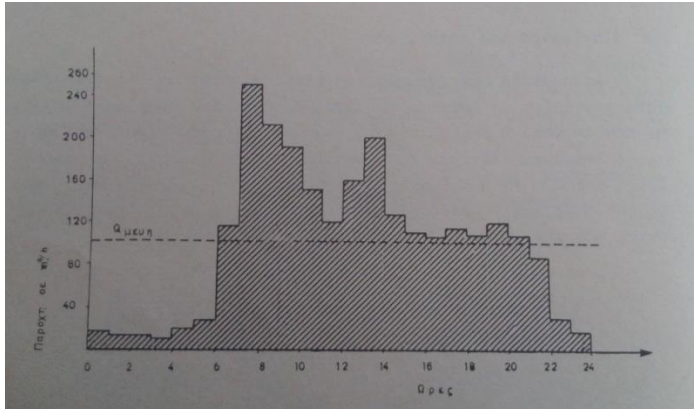


Σχ. 5 Διάγραμμα κατανομής εβδομαδιαίας κατανάλωσης .

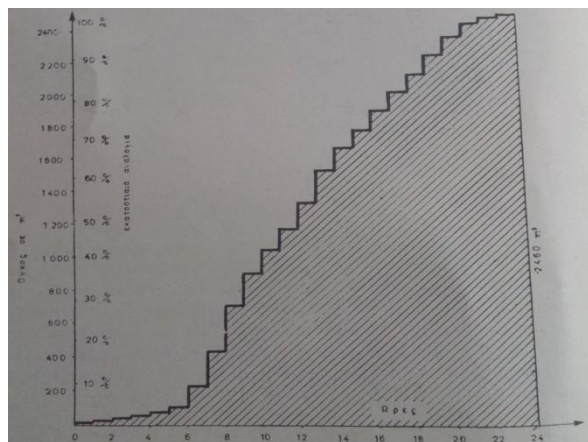
Η διακύμανση της κατανάλωσης σε 24 ώρες είναι πολύ σημαντική , γιατί σε αυτήν βασίζονται οι υπολογισμοί τόσο του δικτύου , αλλά και της χωρητικότητας των δεξαμενών.

Τα απαραίτητα στοιχεία είναι τα μέγιστα και τα ελάχιστα και οι μέσες τιμές της κατανάλωσης , αλλά και φυσικά ο χρόνος στα οποία συμβαίνουν τα δύο πρώτα και γι' αυτό το λόγο σχεδιάζονται η καμπύλη κατανάλωσης και η αθροιστική καμπύλη ημερήσιας κατανάλωσης .

Ο σχεδιασμός της καμπύλης ημερήσιας κατανάλωσης γίνεται με βάση την παροχή που φεύγει από τη δεξαμενή των εγκαταστάσεων ανα 1 ώρα , η κάθε ώρα .



Σχ.6 Διάγραμμα κατανάλωσης



Σχ.7 Αθροιστική καμπύλη κατανάλωσης.

Μέτρα εξοικονόμησης νερού

Κάποια από τα μέτρα που μπορούμε να πάρουμε για να εξοικονομήσουμε νερό είναι :

- ✚ Όταν μία οικογένεια χρησιμοποιεί το καζανάκι της τουαλέτας 25 -40 φορές την ημέρα ίσως και παραπάνω , αν σκεφτούμε ότι σε κάθε χρήση καταναλώνονται 9 έως 16 (λίτρα) νερού,

✚ τότε η συνολική κατανάλωση μόνο από το καζανάκι είναι αρκετά μεγάλη , άρα πρέπει να μην χρησιμοποιούμε το καζανάκι της τουαλέτας κάθε φορά που έχει πέσει ένα μικρό αντικείμενο όπως τρίχα , η ένα κομμάτι χαρτί γιατί έτσι καταναλώνουμε νερό χωρίς λόγο . Για την απομάκρυνση των ούρων δεν πρέπει να πατάμε κάθε φορά το καζανάκι , γιατί δεν υπάρχει κάποιος κίνδυνος μετάδοσης κάποιας ασθένειας, γιατί είναι απαλλαγμένα από βακτήρια.

Την μείωση κατανάλωσης νερού σε ένα καζανάκι μπορούμε να την πετύχουμε βάζοντας ένα τούβλο μέσα η κάποιο άλλο αντικείμενο που έχει αρκετό όγκο και χωράει μέσα στο καζανάκι η αλλιώς με μία πλαστική σακούλα γεμάτη με νερό.

Φυσικά υπάρχουν και τα καζανάκια νέας τεχνολογίας στην αγορά που καταναλώνουν πολύ λίγο νερό το οποίο μπορεί να φτάσει έως και 1 (λίτρο) καταναλώσεις νερού σε 1 πάτημα.

✚ Στο πλύσιμο των πιάτων επίσης καταναλώνουμε πολύ νερό γιατί ένα πρόγραμμα πλύσης πλυντηρίου πιάτων , καταναλώνει περίπου 150 λίτρα , ενώ αν το βάλουμε στο οικονομικό πρόγραμμα καταναλώνει μόνο 35 λίτρα νερού .

Φυσικά θα ήταν ακόμα πιο οικονομικό να τα πλύνουμε σε λεκάνη και ξέβγαλμα που απαιτεί μόνο 25 λίτρα νερού , αλλά οι περισσότεροι τα πλένουν στο χέρι , που και αυτός ο τρόπος καταναλώνει αρκετό νερό , περίπου 150 λίτρα με ανοιχτή βρύση.

✚ Ακόμα ένας τρόπος εξοικονόμησης νερού είναι στην διάρκεια του πλυσίματος των δοντιών ,ή στο ξύρισμα ,δηλαδή όταν ξυριστούμε με την βρύση ανοιχτή απαιτούνται 25 λίτρα νερού ενώ,

όταν κλείνουμε την βρύση στα νεκρά διαστήματα , αυτή η κατανάλωση φτάνει στα 3-4 λίτρα νερού .

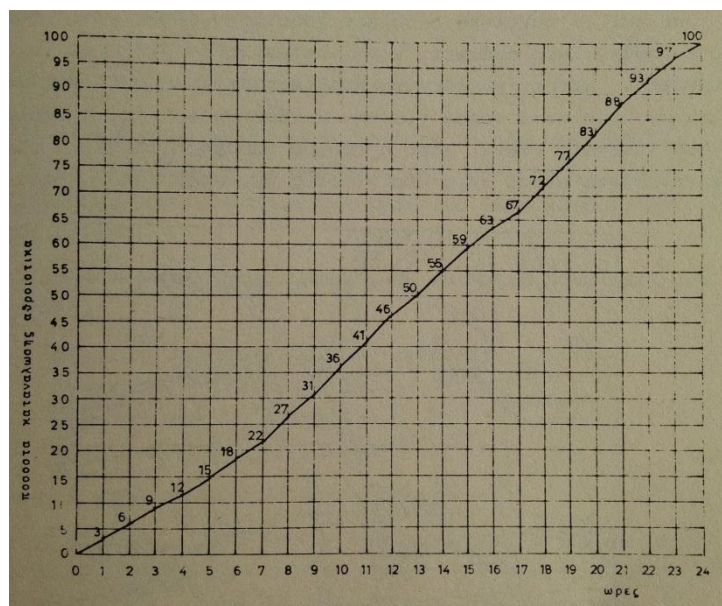
- ✚ Άλλοι τρόποι εξοικονόμησης νερού είναι , στο πλύσιμο του επιβατικού αυτοκινήτου ,πρέπει να πλένουμε με κουβά και σφουγγάρι γιατί έτσι απαιτούνται μόνο 60 λίτρα νερού από το να το πλένουμε με λάστιχο που απαιτεί 150 - 300 λίτρα νερού.
- ✚ Όπως προαναφέραμε στα δίκτυα ύδρευσης των πόλεων χάνεται ένα αρκετά μεγάλο ποσοστό νερού από τις διαρροές. Για να περιορίσουμε αυτές τις διαρροές υπάρχουν σήμερα νέες τεχνικές εντοπισμού διαρροών , αλλά και η ταχεία αποκατάσταση τους.
- ✚ Ένα σημαντικό ποσοστό που είναι αρκετά μεγάλο χάνεται ή απορροφάται από την άρδευση για τις καλλιέργειες. Λύση στο πρόβλημα αυτό μπορούσε να δώσει η τριτοβάθμια επεξεργασία αστικών λυμάτων των πόλεων, ώστε μετά να είναι έτοιμα και κατάλληλα να εξυπηρετήσουν τις άρδευσης των καλλιεργειών και η ποσότητες που μπορούμε να εξοικονομήσουμε με αυτόν τον τρόπο είναι πολύ σημαντικές. Ακόμη μία λύση εξοικονόμησης νερού είναι να κατασκευαστούν δεξαμενές συγκράτησης νερού από το νερό της βροχής .Έτσι αυτό θα χρησίμευε μετά στο πότισα των κήπων η το πλύσιμο δρόμων ,η και ακόμα για την κάλυψη των αναγκών της πυροσβεστικής η και της βιομηχανίας.

2.4 Μεταβολές στις απαιτήσεις παροχών ύδρευσης

Από παρατηρήσεις που έγιναν , η μέση ημερήσια παροχή δεν επαρκεί για τον υπολογισμό ενός υδρευτικού συστήματος , αλλά μερικά από τα στοιχεία αυτόν πρέπει να επεξεργάζονται παροχές νερού σε περιόδους κατανάλωσης υψηλότερης της μέσης ημερήσιας παροχής. Από πολλές παρατηρήσεις ,πολλών ετών συμπεραίνουμε ότι η μέγιστη ημερήσια κατανάλωση είναι μεγαλύτερη από τη μέση ημερήσια κατανάλωση κατά 1,5 φορές περίπου δηλαδή έχουμε :

$$Q_{\text{μεγ.ημ.}} = 1,5 * Q_{\text{μεσ.ημ}}$$

Με τον ίδιο τρόπο βρίσκουμε τη μέγιστη ωριαία κατανάλωση 1,5 φορά μεγαλύτερη από τη μέση ωριαία .



Αθροιστική καμπύλη ημερήσιας κατανάλωσης.

$$Q_{\text{μεγ.ωρ.}} = 1,5 * Q_{\text{μεσ.ωρ.}}$$

$$\text{Η μέση ωριαία είναι : } Q_{\text{μεγ.ωρ.}} = \frac{Q_{\text{μέγ.ημ.}}}{24}$$

και κατά συνέπεια έχουμε

$$Q_{\text{μεγ.ωρ.}} = 1,5 * \frac{Q_{\text{μέγ.ημ.}}}{24} = 1,5 * \frac{1,5 * Q_{\text{μέγ.ημ.}}}{24}$$

$$\text{Και } Q_{\text{μεγ.ωρ.}} = 0,10 * Q_{\text{μεσ.ημ.}}$$

2.5 Απαιτήσεις Πυροσβεστικών Παροχών

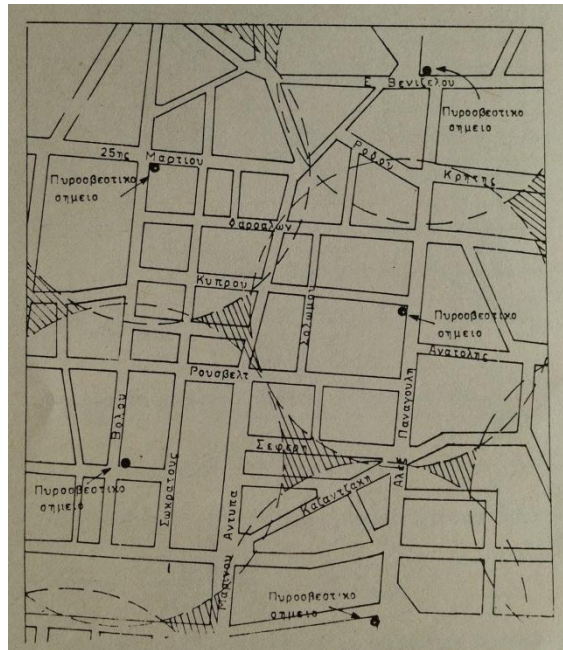
Οι πυροσβεστικές απαιτήσεις που χρησιμοποιούνται κάθε χρόνο είναι ασήμαντες σε σχέση με την ολική κατανάλωση, αλλά αυτό δεν σημαίνει ότι δεν πρέπει να ληφθούν υπόψη, γιατί πάντα πρέπει να προβλέπεται η εξασφάλιση των ποσοτήτων που θα χρειαστούν σε μία περίπτωση κατάσβεσης μίας πυρκαγιάς.

Πρόβλεψη πρέπει να γίνεται γιατί και ο ρυθμός παροχής αλλά και η ποσότητα που απαιτείται σε περίπτωση πυρκαγιάς είναι πολύ μεγάλη. Για την κατάσβεση μιας φωτιάς πρέπει να τηρούνται ορισμένοι κανόνες όπως :

A) Μια πόλη πρέπει να καλύπτει όλα τα σημεία της από πυροσβεστικά σημεία.

Β) Τα πυροσβεστικά σημεία στις πόλεις πρέπει να έχουν παροχή περίπου $80 \text{ m}^3/\text{ώρα}$ και για τουλάχιστον δύο ώρες.

Γ) Όταν χρησιμοποιούνται αυτοκίνητες αντλίες, η πίεση πρέπει να είναι $1,5 \text{ atm}$.



Κατανομή πυροσβεστικών σημείων σε μία πόλη

Οι απαιτούμενες παροχές κατάσβεσης πυρκαγιάς, σύμφωνα με το αμερικάνικο γραφείο υπηρεσιών ασφάλισης (InsuranceServicesOffice , ISO) είναι η εξής εξίσωση :

$$F = 3.7 CA^{0,5}$$

Όπου F η απαιτούμενη παροχή πυρόσβεσης σε l/s και C είναι ο συντελεστής που εξαρτάται από τον τύπο της κατασκευής και ανάλογος παίρνει τις ανάλογες τιμές :

0,6 για κατασκευές που αντιστέκονται στη φωτιά

0,8 για μη εύλεκτες κατασκευές

1,0 για συνήθεις κατασκευές

1,5 για ξύλινες κατασκευές

A είναι το εμβαδόν σε m^2 των ορόφων του κτιρίου και η παροχή δεν πρέπει να ξεπερνά τα $500 l/s$ για τις ξύλινες κατασκευές ,

για τις συνήθεις τα $380 l/s$, για τις μη εύλεκτες και τις κατασκευές που αντιστέκονται στη φωτιά $380 l/s$.

Για μονώροφες κατασκευές η μέγιστη παροχή είναι $380 l/s$ και η ελάχιστη $32 l/s$ ανεξαρτήτως το είδος κατασκευής του .

Ο παρακάτω πίνακας βοηθάει στον υπολογισμό για μονώροφες και διπλοκατοικίες και μονοκατοικίες που δεν υπερβαίνουν τους 2 ορόφους .

2.6 Παράδειγμα υπολογισμού της κατανάλωσης

Ο πληθυσμός μιας πόλης είναι 100000 κάτοικοι και θέλουμε να μελετήσουμε το πρόβλημα ύδρευσης της πόλης. Επίσης η ημερήσια απαίτηση για τον κάθε κάτοικο είναι 250 lt. Η πόλη χωρίζεται σε 3 τομείς με εκτάσεις, έχοντας :

Κεντρική περιοχή 200 εκτάρια

Βιομηχανική ζώνη 50 εκτάρια

Περιφερειακοί τομείς 300 εκτάρια

Προάστια κα υπόλοιπα 400 εκτάρια

Υπολογισμός πληθυσμού ανά ζώνη:

Κεντρική ζώνη 200 εκτ. X 250 κατ./εκτ = 50000 κάτοικοι

Περιφερειακοί τομείς 300 εκτ. X 100 κατ./εκτ = 30000 κάτοικοι

Προάστια κτλ. 400 εκτ. X 50 κατ./εκτ = 20000 κάτοικοι

Σύνολο πληθυσμού = 100000 κάτοικοι

Υπολογισμός μέσης ημερήσιας κατανάλωσης για οικιακούς σκοπούς

100000 κατ. X 250 l/κατ. Ημ. = 25000 m³/ ημ.

Υπολογισμός Μ.Η.Κ για δημόσια χρήση κατ' εκτίμηση 1500 m³/ ημ.

Υπολογισμός Μ.Η.Κ για βιομηχανική χρήση 50 εκτ. X 50 m³/εκτ. = 2500 m³/ ημ.

Συνολικό Μ.Η.Κ = 25000+1500+2500=29000 m³/ ημ.

Στην συνολική τιμή που βρέθηκε πρέπει να προστεθεί ποσοστό 10-20 % για απώλειες σε περίπτωση που το δίκτυο είναι καινούργιο ή 15-30% σε περίπτωση που το δίκτυο είναι παλιό. Δηλαδή στη συγκεκριμένη περίπτωση θα έχουμε

Συνολική απαίτηση $29000 + 4000 = 33000 \text{ m}^3/\text{ημ.}$

Μέγιστη ημερήσια κατανάλωση

Είναι 50 φορές μεγαλύτερη από την μέση άρα

Οικιακή χρήση $25000 \times 1,5 = 37500 \text{ m}^3$

Βιομηχανική χρήση $2500 \times 1,5 = 3750 \text{ m}^3$

Δημόσια χρήση $1500 \times 1,5 = 2250 \text{ m}^3$

Κατανάλωση ανά ζώνες

Ζώνη I : Πυκνότητα 250 κάτοικοι σε ένα εκτάριο

$$250 \times 250 \times 1,5 \times (1,5/86400) = 1,62 \text{ l/s. εκτ.}$$

Ζώνη II : Πυκνότητα 100 κάτοικοι σε ένα εκτάριο

$$100 \times 250 \times 1,5 \times (1,5/86400) = 0,65 \text{ l/s. Εκτ.}$$

Ζώνη III : Πυκνότητα 50 κάτοικοι σε ένα εκτάριο

$$50 \times 250 \times 1,5 \times (1,5/86400) = 0,32 \text{ l/s. Εκτ.}$$

Κεφάλαιο 3

Υδροληψία

3.1 Τύποι υδροφόρων πηγών

Ύστερα από την εκτίμηση της ολικής ύδρευσης παροχής το επόμενο βήμα είναι η ανίχνευση και η μελέτη και η εκλογή μιας ή περισσότερων πηγών από αυτές που είναι διαθέσιμες και φυσικά εκμεταλλεύσιμες.

Ο τύπος της υδροφόρου πηγής καθορίζει την τεχνική μελέτη των έργων υδροληψίας και επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό τα έργα προσαγωγής, καθαρισμού και διανομής.

Οι υδροφόρες πηγές μπορούν να καταταχθούν σε τρεις κύριες κατηγορίες ανάλογα με την προέλευσή τους.

A) Τα όμβρια ύδατα δηλαδή τα νερά της βροχής και του χιονιού. Η απευθείας υδροληψία όμβριων υδάτων η οποία μπορεί να επιτευχθεί με τους παρακάτω τρόπους :

- 1) από τις στέγες των κατοικιών των οποίων τα όμβρια ύδατα πηγαίνουν για αποθήκευση στις δεξαμενές ύδρευσης
- 2) από τις λεκάνες απορροής των οποίων τα νερά οδηγούνται στους ταμιευτήρες νερών

B) Τα επιφανειακά ύδατα. Οι γενικοί μέθοδοι υδροληψίας των επιφανειακών υδάτων είναι οι παρακάτω :

1) Υδροληψία από λίμνες και ποταμούς ανα πάσα στιγμή μέσα στο έτος.

2) Υδροληψία από ποταμούς και φυσικών ρευμάτων με ικανοποιητική παροχή νερού συνήθως σε περιόδους με υψηλή παροχή όπως πλημμύρες.

3) Από ποταμούς και ρεύματα των οποίων η παροχή είναι χαμηλή σε περιόδους ξηρασίας

Γ) Τα υπόγεια ύδατα. Η εκμετάλλευση αυτών επιτυγχάνεται με τους παρακάτω μεθόδους :

1) μέσω υδροληψίας φυσικών πηγών όπου το νερό αναβλύζει στην επιφάνεια.

2) Από κατακόρυφα φρεάτια.

3) μέσω υπόγειων στοών, μέσα από τις οποίες το υπόγειο νερό διηθείται, συλλέγεται και μεταφέρεται για αποθήκευση.

4) μέσω φρεάτων, στοών ή πηγών με τεχνική αύξηση της παροχής νερού το οποίο α) αναβλύζει στην επιφάνεια του εδάφους πάνω από τον υδροφόρο στρώμα, β) οδηγείται στις υπόγειες στοές όπου και απορροφάται στο έδαφος.

5) μέσω φρεάτων ή στοών των οποίων η παροχή είναι στα επιθυμητά όρια καθώς χρησιμοποιούνται για βιομηχανικούς σκοπούς.

Δ) Υφάλμυρα και αλμυρά ύδατα

Είναι η δυσκολότερη και η πιο δαπανηρή εκμετάλλευση αυτών των υδάτων και χρησιμοποιείται μόνο σε ειδικές περιπτώσεις όπως για την ύδρευση πλοίων.

3.2 Υδροληψία από ποταμούς

Παρακάτω αναλύονται οι τύποι υδροληψίας. Ξεκινώντας από την Υδροληψία από **επιφανειακά ύδατα** και πιο συγκεκριμένα για την Υδροληψία από ποταμούς και λίμνες.

Τα επιφανειακά ύδατα είναι η κύρια πηγή ύδρευσης. Το πλεονέκτημα αυτού του τύπου υδροληψίας είναι ότι βρίσκεται σε μεγάλο βαθμό παγκοσμίως, η μεγάλη παροχή και η εύκολη υδροληψία του. Μολύνονται όμως ευκολότερα σε σύγκριση με άλλους τύπους υδροληψίας όπως των υπόγειων υδάτων. Τα επιφανειακά ύδατα λαμβάνονται από ποταμούς και λίμνες (φυσικές , τεχνητές).

Κριτήριο επιλογής της θέσης και του τύπου έργου της υδροληψίας είναι η ποιότητα του νερού και η προστασία από μολύνσεις των αποχετεύσεων της εκάστοτε περιοχής.

Η Υδροληψία από **ποταμό** αποτελεί τον συνηθέστερο στην Ελλάδα. Πρέπει να γίνεται ανάντι της πόλης για την αποφυγή μόλυνσης από τις αποχετεύσεις.

Πριν από την εγκατάσταση μιας υδροληψίας πρέπει να μελετάται η ταχύτητα, οι πλημμύρες, τα φερτά υλικά και η διακύμανση της στάθμης του νερού του ποταμού.

Το στόμιο της υδροληψίας τοποθετείται κοντά στην όχθη, ενώ γύρω από αυτό υπάρχει ένα μηχανικό φίλτρο ή πλέγμα ώστε να μην μπαίνουν αντικείμενα στον αγωγό και δημιουργηθούν προβλήματα στις εγκαταστάσεις του υδραγωγείου.

Επίσης πρέπει το στόμιο να τοποθετείται σε ψηλότερη στάθμη από την ανώτατη στάθμη διακυμάνσεως της κοίτης του ποταμού.

Η Υδροληψία τοποθετείται στα κοίλα των μαιάνδρων των ποταμών διότι εκεί είναι μεγαλύτερο το βάθος του νερού και έτσι το στόμιο της υδροληψίας δεν εμφανίζεται κατά τις περιόδους ξηρασίας.

Σε περίπτωση που η στάθμη κατέβει πολύ το καλοκαίρι, τότε η υδροληψία γίνεται με βοηθητικό θάλαμο, ο οποίος τοποθετείται βαθύτερα από τον πυθμένα του ποταμού. Επίσης για την αντιμετώπιση της χαμηλής στάθμης είναι η κατασκευή εγκάρσιου έργου όπως εκχειλιστή ή μικρό φράγμα. Η κατασκευή του έργου αυτού γίνεται συνήθως με πασσαλοσανίδες ή σκυρόδεμα.

Η όχθη της υδροληψίας προστατεύεται σε όλο το μήκος και ύψος για την αποφυγή διαβρώσεων και υποσκαφών καθώς επίσης και για την εξασφάλιση των εγκαταστάσεων σε περιόδους πλημμυρών.

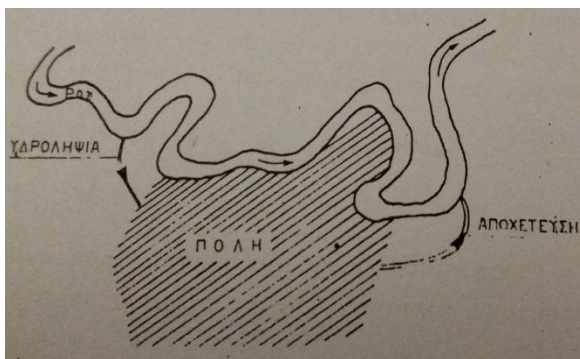
Εκτός από την υδροληψία κοντά σε όχθη μπορεί να υπάρξει υδροληψία από την κοίτη του ποταμού. Τοποθετείται στόμιο αναρροφήσεως και στη συνέχεια η τάφρος καλύπτεται με χαλίκια ώστε να μην παρασύρονται από τα διάφορα ρεύματα.

Το νερού του ποταμού αντλείται και οδηγείται προς τις εγκαταστάσεις καθαρισμού. Ορισμένα πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι α) η απλή κατασκευή και συντήρησή της, β) η αποφυγή εμποδίων και γ) η προστασία έναντι φράξεως του στομίου αναρροφήσεως από φερτές ύλες.

Μειονέκτημα της μεθόδου είναι ο κίνδυνος διαβρώσεως της κοίτης και η ανάγκη προστατευτικής λιθορριπή σε περιόδους υψηλής παροχής.

Επίσης η υδροληψία σε ποταμούς μπορεί να γίνει και στο κύριο ρεύμα του ποταμού.

Αυτή λαμβάνει χώρα σε μεγάλη απόσταση από την όχθη, υπάρχει ελευθερία στην επιλογή του ύψους του στομίου του αναρροφητήρα. Έτσι για κάθε στάθμη και παροχή του ποταμού λαμβάνεται νερό επιθυμητής ποιότητας.



Σχ. 3.1. Διάταξη υδροληψίας σε περίπτωση ύδρευσης από ποταμό.

3.3 Υδροληψία από λίμνες

Επόμενος τύπος υδροληψίας είναι η Υδροληψία από **λίμνη** η οποία αποτελεί τον πιο διαδεδομένο στις χώρες της Ευρώπης και της Αμερικής, όπου υπάρχει μεγάλος αριθμός λιμνών σε σύγκριση με την Ελλάδα, στην οποία η υδροληψία γίνεται αποκλειστικά από ποταμούς.

Στην περίπτωση υδροληψίας από λίμνη πρέπει να τονιστούν ορισμένα σημεία :

α) Η Υδροληψία πρέπει να γίνεται μακριά από την πόλη

β) Πρέπει να μελετούνται τα ρεύματα της λίμνης πριν από κάθε εγκατάσταση υδροληψίας για εκλέγεται η σωστή θέση και απορροή της υδροληψίας. Η σωστή διάταξη θέσεων υδροληψίας είναι, αρχικά η Ύδρευση μετά ακολουθεί η Πόλη και τέλος η Αποχέτευση.

Αν εφαρμοστεί η αντίθετη φορά τότε τα λύματα θα μεταφέρονται με τα ρεύματα στην παραλία της πόλης και στην υδροληψία.

γ) Η εγκατάσταση γίνεται με τη στήριξη των αγωγών πάνω σε ικρίωμα που θεμελιώνεται πάνω σε δίδυμους πασσάλους.

Στις μεγάλες πόλεις η υδροληψία γίνεται με την κατασκευή υπόγειου αντλιοστασίου , που συνδέεται με τη λίμνη με σήραγγα ή στοά. Η λύση αυτή εφαρμόζεται σε ειδικές περιπτώσεις διότι είναι δύσκολη και δαπανηρή.

δ) Το βάθος των αγωγών αναρρόφησης δεν πρέπει να βρίσκεται σε επιφανειακά στρώματα ούτε στον πυθμένα.

Τα νερά της λίμνης παρουσιάζουν ορισμένα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά όπως τη μεταβολή θερμοκρασίας και τη μεταβολή ποιότητας.

Η πυκνότητα του γλυκού νερού έχει ως μέγιστη τιμή τους 4°C . Στα ψυχρά κλίματα με το τέλος του χειμώνα και το λιώσιμο των πάγων, το νερό έχει θερμοκρασία κοντά στο 0°C , βρίσκονται πυκνότερα στρώματα στις θερμοκρασίες $0^{\circ} - 4^{\circ}\text{C}$.

Η μεταβολή αυτή δεν είναι γραμμική ή μπορεί να θεωρηθεί ως σταθερής θερμοκρασίας ανα στρώση. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται *θερμική στρωματοποίηση*.

Την ανοιξιάτικη περίοδο η θερμοκρασία και η πυκνότητα των ανώτερων στρωμάτων αυξάνονται πιο γρήγορα από των κατώτερων δημιουργώντας έτσι μια μετά από λίγο ασταθής στρωματοποίηση κατά την οποία τα βαρύτερα στρώματα βρίσκονται πάνω από τα ελαφρότερα. Αν γίνει μια διαταραχή τα στρώματα αναμειγνύονται κατά την άνοδο των βαθύτερων νερών και βύθιση των επιφανειακών. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται *εαρινή αναστροφή*.

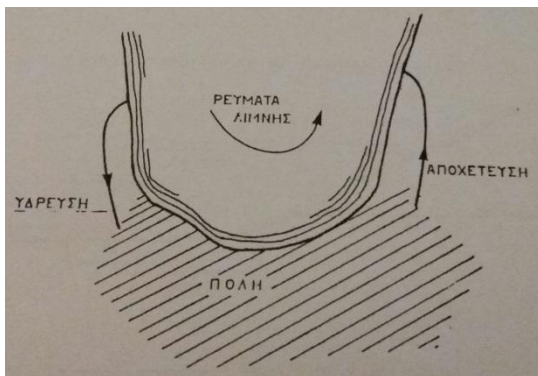
Την καλοκαιρινή περίοδο η επιφάνεια θερμαίνεται αρκετά αλλά η θερμότητα δεν μεταδίδεται στα κατώτερα στρώματα. Έτσι αναπτύσσεται μια ζώνη μικρού πάχους, θερμοκλινής, της οποίας η θερμοκρασία μειώνεται απότομα. Η μεταβολή της θερμοκρασίας πάνω και κάτω από τη θερμοκλίση είναι σχετικά μικρή. Το φθινόπωρο το φαινόμενο αυτό αντιστρέφεται και τα επιφανειακά ύδατα ψύχονται γρηγορότερα από τα βαθύτερα στρώματα ώσπου να δημιουργηθεί ασταθής κατάσταση κατά την οποία τα επιφανειακά νερά βυθίζονται προς τα ψυχρότερα βαθύτερα στρώματα ενώ αυτά ανέρχονται προς την επιφάνεια. Η δεύτερη ανάμιξη των υδάτων ονομάζεται *φθινοπωρινή αναστροφή*.

Η στρωματοποίηση και η αναστροφή επηρεάζουν την ποιότητα των υδάτων.

Η χλωρίδα και η πανίδα αναπτύσσονται με διάφορους τρόπους ανάλογα με το βάθος που βρίσκονται. Στα ανώτερα στρώματα όπου η ακτίνες του ήλιου έχουν άμεση επιρροή στα ύδατα, η χλωρίδα καταναλώνει διοξείδιο του άνθρακα ενώ στα βαθύτερα στρώματα τα ψάρια και τα βακτηρίδια καταναλώνουν χλωρίδα και αποβάλλουν διοξείδιο του άνθρακα.

Επίσης η θερμοκλιής εμποδίζει την μεταβίβαση οξυγόνου στα κατώτερα στρώματα, τα οποία είναι 'φτωχά' σε οξυγόνο και 'πλούσια' σε διοξείδιο του άνθρακα και σε οργανικές ουσίες. Συνέπεια των δύο εποχιακών αναστροφών είναι η άνοδος υδάτων κατώτερης ποιότητας προς την επιφάνεια.

Για την άριστη υδροληψία από άποψη ποιότητας πρέπει ο πύργος υδροληψίας να είναι εφοδιασμένος με πολλά στόμια σε διάφορες στάθμες.



Σχ. 3.2. Διάταξη των θέσεων υδροληψίας και απορροής σε μια παραλίμνια πόλη.

3.4 Υδροληψία από υπόγεια στρώματα

Μια ακόμα μεγάλη κατηγορία υδροληψίας είναι μέσω **υδροφόρου υπόγειου στρώματος**. Αυτή χωρίζεται σε υδροληψία από πηγές, από υδρομαστεύσεις, από κοινά πηγάδια, από σωληνωτά πηγάδια, από αρτεσιανά φρέατα, από νερά της βροχής.

Θα αναλυθεί αρχικά το είδος υδροληψίας από **πηγές**. Οι περιορισμένες εκτάσεις περιοχών οι οποίες αναβλύζουν υπόγεια νερά ονομάζονται πηγές.

Η παροχή μιας πηγής προέρχεται από το υπόγειο νερό που κινείται σε ένα υδροφόρο στρώμα του εδάφους. Ακολουθεί την κλίση του αδιαπέρατου στρώματος και αναβλύζει στην επιφάνεια.

Αναπτύσσονται στην περιοχή όπου συναντώνται η επιφάνεια του εδάφους και τα υπόγεια νερά.

Οι πηγές μπορεί να προέρχονται είτε από σπήλαια ασβεστολιθικών πετρωμάτων είτε από κοιλότητες.

Έχουν συνήθως μικρή παροχή με αποτέλεσμα να χρησιμοποιείται κυρίως για τοπική ή ως συμπληρωματική υδροληψία.

Πριν από την υδροληψία γίνεται γεωλογική έρευνα για να διαπιστωθεί το ακριβές μέγεθος του υδροφόρου στρώματος και η λεκάνη υδροσυλλογής, τα οποία στοιχεία καθορίζουν την παροχή της πηγής. Έπειτα γίνεται η ανάπτυξη της με χωματοургικές εργασίες ώστε να μεγαλώσουν το μέτωπο υδροληψίας.

Τα έργα αυτά πρέπει να γίνουν προσεκτικά για την αποφυγή κατολισθήσεων λόγω του υγρού διαπερατού στρώματος.

Επίσης τα νερά των πηγών μολύνονται ευκολότερα από τις υπόλοιπες κατηγορίες. Η ποιότητα του νερού είναι αμφίβολη όταν παρατηρείται θολότητα σε αυτό ή μεγάλες αυξομειώσεις στην θερμοκρασία σε περιόδους μεγάλης παροχής και εντατικών βροχών.

Η επιλογή του τεχνικού έργου (διάνοιξη συλλεκτηρίων τάφρων ή ερευνητικών στομιών) με σκοπό την συλλογή νερού απαιτεί μεγάλη εμπειρία και γνώση, ώστε το έργο να προσαρμόζεται στην ιδιομορφία της κάθε πηγής.

Σκοπός του έργου υδροληψίας είναι να δέχεται το νερό της πηγής, να το συλλέγει και να το διοχετεύει με ένα σύστημα σωλήνων προς τις κατοικίες που πρόκειται να υδρευθεί.

Τα μέρη που το απαρτίζουν είναι ο θάλαμος υδροσυλλογής του νερού και ο σωλήνας υδροληψίας ο οποίος βρίσκεται λίγο ψηλότερα από τον πυθμένα του θαλάμου ώστε να μην παρασύρονται στο δίκτυο οι φερτές ύλες αλλά να κατακάθονται στον πυθμένα.

Επίσης στον θάλαμο αυτό υπάρχει και ένας εκκενωτής που χρησιμεύει στην εκκένωση του θαλάμου.

Προκαθορίζεται ένα ύψος από τον πυθμένα στο οποίο τοποθετείται το στόμιο του υπερχειλιστή με σκοπό την απομάκρυνση του πλεονάζοντος νερού και την αποφυγή κατάκλισης του γειτονικού θαλάμου, που βρίσκονται οι δικλείδες λειτουργίας.

Ο θάλαμος λειτουργίας αποτελείται από τις δικλείδες του αγωγού τροφοδοσίας και τον εκκενωτή. Ο θάλαμος αυτός επενδύεται εσωτερικά με επίχρισμα από τσιμεντοκονία και καλύπτεται με πλάκα από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Στην πλάκα υπάρχει μια στρογγυλή τρύπα για να τοποθετείται ο αεραγωγός. Η κατασκευή αυτή συνήθως επιχωματώνεται για λόγους μόνωσης.

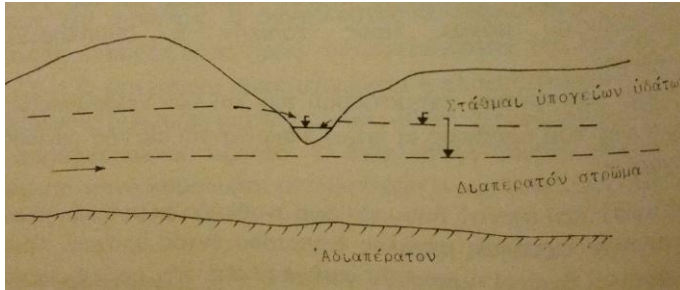
Οι πηγές μπορούν να χωριστούν σε ορισμένες κατηγορίες, ανάλογα με τον τρόπο σχηματισμού και των γεωφυσικών χαρακτηριστικών του εδάφους, οι οποίες είναι οι παρακάτω :

- 1) Οι Καρστικές πηγές, όπου το νερό αναβλύζει από φυσικούς κλειστούς αγωγούς οι οποίοι έχουν συνήθως μεγάλη διάμετρο εντός βράχων. Το πλεονέκτημα των πηγών αυτών είναι η αφθονία νερού σε περιόδους μεγάλης παροχής. Η ύπαρξη μικρού όγκου αποθήκευσης επηρεάζει την παροχή η οποία διακυμαίνεται σημαντικά και σε περιόδους ξηρασίας μηδενίζεται.

Τα νερά των καρστικών πηγών μπορούν εύκολα να μολυνθούν λόγω της έλλειψης διηθήσεως. Για τον λόγο αυτό πρέπει να παρακολουθείται συχνά η ποιότητα του νερού των πηγών αυτών και επίσης εκτός από το σύστημα ύδρευσης πρέπει να υπάρχουν και εγκαταστάσεις απολυμάνσεως.

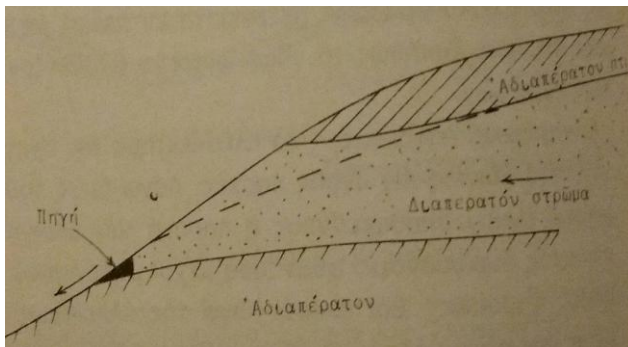
- 2) Οι πηγές καταπτώσεως, οι οποίες σχηματίζονται σε περιοχές όπου η στάθμη της επιφάνειας του εδάφους είναι κατώτερη στάθμης των υπόγειων υδάτων.

Οι πηγές αυτού του τύπου είναι είτε συνεχούς παροχής είτε διακοπτόμενης και εξαρτάται από την διακύμανση της στάθμης των υπόγειων υδάτων.



Σχ. 3.3 Πηγή καταπτώσεως.

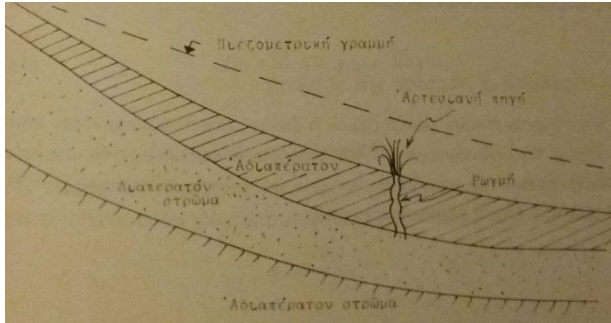
- 3) Οι πηγές επαφής, όπου το διαπερατό στρώμα που βρίσκεται ανάμεσα από αδιαπέρατο στρώμα τέμνεται από την επιφάνεια του εδάφους.



Σχ. 3.4. Πηγή επαφής.

- 4) Οι αρτεσιανές πηγές, οι οποίες δημιουργούνται από αναπήδηση αρτεσιανού υπόγειου νερού μέσω ρωγμών του επιφανειακού αδιαπεράτου στρώματος.

Αυτό επιτυγχάνεται όταν η πιεζομετρική γραμμή βρίσκεται πάνω από την επιφάνεια του εδάφους.



Σχ. 3.5. Αρτεσιανή πηγή.

Έπειτα θα αναλυθεί η Υδροληψία από **υδρομαστεύσεις**. Η συγκέντρωση του νερού εφαρμόζεται όταν το υδροφόρο στρώμα εμφανίζεται σε μεγάλο μέτωπο και η αποκάλυψή του με μορφές πηγής να δίνει μικρή παροχή.

Η υδρομάστευση γίνεται είτε με στοές είτε με διάτρητους αγωγούς. Αυτοί τοποθετούνται παράλληλα με τις υψομετρικές καμπύλες, δηλαδή κάθετα προς την ροή του νερού. Οι αγωγοί έχουν μικρή κλίση προς τα φρεάτια υδροσυλλογής οι οποίοι συγκεντρώνουν νερό από δύο αγωγούς και το οδηγούν στην υδροληψία.

Επίσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν τσιμεντοσωλήνες οι οποίοι έχουν τρύπες στο πάνω τους μέρος για να εισέρχεται το νερό στο σωλήνα. Οι αγωγοί υδρομαστεύσεων εκβάλλουν στα φρεάτια υδροσυλλογής και στέλνουν το νερό στο φρεάτιο που είναι διαμορφωμένο σε θάλαμο υδροληψίας. Αυτοί μπορεί να κατασκευάζονται σαν τους θαλάμους υδροληψίας από πηγές.

Επίσης μπορεί να κατασκευαστούν δύο θάλαμοι αντι για έναν, για την αποφυγή μεταφοράς φερτών υλών. Ο ένας θάλαμος λειτουργεί ως δεξαμενή καθίζησης των φερτών υλών και έπειτα το νερό υπερχειλίζει

στο διπλανό θάλαμο, ο οποίος είναι ο αγωγός που οδηγεί στην κατανάλωση.

Άλλο είδος υδροληψίας είναι η υδροληψία από τα **κοινά πηγάδια**. Αυτά διακρίνονται ανάλογα με τον τρόπο κατασκευής τους σε κτιστά και σε καταδυόμενα.

Τα κτιστά πηγάδια αποτελούσαν μονάδες ύδρευσης μικρών οικισμών. Κατασκευάζονταν παλιά και η χρήση τους σήμερα έχει περιοριστεί αρκετά. Τα πηγάδια ανοίγονται μακριά από υπονόμους και βόθρους για να αποφεύγεται η μόλυνση του νερού του πηγαδιού.

Το βάθος τους πρέπει να είναι τουλάχιστον δύο μέτρα κάτω από τον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα για να μην υπάρχει πρόβλημα παροχής κατά τις περιόδους ξηρασίας. Το μέγιστο βάθος που μπορεί να φτάσει ένα πηγάδι είναι τα 25 μέτρα και η διάμετρός του ως 3 μέτρα.

Ανεξάρτητα από την ποιότητα του εδάφους πρέπει να γίνεται επένδυση των πλευρών του πηγαδιού.

Η επένδυση συνήθως γίνεται με προκατασκευασμένους σωλήνες με κενά ή με ξηρολιθοδομή ή τέλος με δόμηση με κενά.

Τα κενά χρησιμεύουν για να εισρέει το νερό στο πηγάδι.

Το ύψος πρέπει να είναι χαμηλότερο από το επιφανειακό στρώμα του εδάφους ώστε να αποφεύγεται η εισροή του επιφανειακού νερού.

Όταν απαιτείται το πηγάδι να έχει μεγάλη παροχή τότε κατασκευάζονται πλευρικοί θάλαμοι στους οποίους βρίσκονται τα αντλητικά μηχανήματα. Ο τύπος αντλίας που επιλέγεται εξαρτάται από το βάθος του νερού.

Υπάρχουν περιπτώσεις που μπορούν να χρησιμοποιηθούν δύο αντλητικά συγκροτήματα όπως σε περίπτωση βλάβης λειτουργεί για να μην διακοπεί η άντληση ή για εντατική άντληση δουλεύουν εναλλάξ οι αντλίες αυτές.

Ένας ακόμα τύπος υδροληψίας είναι από **σωληνωτά πηγάδια**. Αυτά αποτελούνται από χυτοσιδηρούς σωλήνες ή σιδηροσωλήνες με μεγάλη εσωτερική διάμετρο. Οι σωλήνες τοποθετούνται στο έδαφος με γεωτρήματα.

Με το τέλος της διάνοιξης της γεώτρησης ακολουθεί η επένδυσή της ώστε να προστατεύεται από πτώσεις χωμάτων και γενικά εμφράξεων.

Η επένδυση επιτυγχάνεται με χαλύβδινους σωλήνες. Τα χαρακτηριστικά του πρώτου σωλήνα είναι οι διαμήκεις οπές ή η ύπαρξη φίλτρων και επίσης ότι έχει κεφαλή από ισχυρό χάλυβα και έχει αιχμές ώστε να διευκολύνεται η διείδυσή του.

Επίσης η υδροληψία μπορεί να επιτευχθεί από **φρέατα** και πιο συγκεκριμένα από **αρτεσιανά φρέατα**, τα οποία είναι πηγάδια όπου το νερό βρίσκεται σε υψόμετρο μεγαλύτερο από εκείνο του υδροφόρου στρώματος λόγω του πιεζομετρικού φορτίου του στρώματος αυτού.

Γενικά η υδροληψία αυτού του τύπου είναι από τους παλιότερους τύπους υδροληψίας. Πριν την κατασκευή του πρέπει να ερευνώνται τα γεωλογικά και τα υδρογραφικά στοιχεία της υπογείου λεκάνης. Το νερό αναγκάζεται να ανέβει σε ψηλότερη στάθμη λόγω της υδροστατικής πίεσης. Επίσης αυτό ανεβαίνει έξω από την γεώτρηση ,

όταν η πιεζομετρική γραμμή βρίσκεται πάνω από το έδαφος ενώ όταν αυτή βρίσκεται κοντά στο έδαφος ,τότε η στάθμη του νερού είναι κάτω από την επιφάνεια.

Τέλος ένας ακόμα τύπος υδροληψίας είναι αυτός από το **νερό της βροχής**, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ύδρευση οικισμών με την προϋπόθεση να υπάρχουν τα απαραίτητα έργα για την συγκέντρωση και τη βελτίωση της ποιότητας του.

Η συγκέντρωση γίνεται με συλλεκτήριες τάφρους ,οι οποίες τροφοδοτούν τη δεξαμενή συλλογής.

Η δεξαμενή αποτελείται από το συλλεκτήριο θάλαμο, συνήθως κυλινδρικής μορφής και στο κάτω μέρος του διαθέτει οπές για να εισέρχεται το νερό. Τον ρόλο του φίλτρου στον θάλαμο έχει το αμμοχάλικο , το οποίο και περιβάλλει τον θάλαμο.

Το νερό της βροχής δεν είναι πάντα καθαρό καθώς εισέρχεται στην δεξαμενή διότι ξεπλένει και μεταφέρει τις ακαθαρσίες που έχουν συσσωρευτεί κατά την περίοδο ανομβρίας.

Η επένδυση των πρανών της εκσκαφής γίνονται με σκυρόδεμα ώστε να αποφεύγονται διαρροές και για την καλύτερη στεγανότητα.

Το βάθος της εκσκαφής και η διάμετρος της δεξαμενής ορίζονται σύμφωνα με τις ανάγκες, έχοντας ως μέγιστο όριο τα 3 μέτρα για το βάθος και τα 5 μέτρα για την διάμετρο.

Στην περιφέρεια της δεξαμενής που σχηματίζεται στην επιφάνεια του εδάφους καταλήγει ο αγωγός, ο οποίος συλλέγει το επιφανειακό νερό και στην συνέχεια το διοχετεύει μέσα από το αμμοχάλικο στον συλλεκτήριο θάλαμο.

Η υδροληψία από **νερά βροχής** εφαρμόζεται κυρίως σε μικρούς οικισμούς ή σε αγροτικά συγκροτήματα, στα οποία δεν υπάρχει η δυνατότητα υδροληψίας άλλης μορφής.

Το μέγεθος της δεξαμενής γίνεται σύμφωνα με τις ανάγκες που υπάρχουν και την παροχή της εκάστοτε συλλεκτήριας λεκάνης.

Επίσης οι δεξαμενές αυτές πρέπει να διαθέτουν υπερχειλιστή και κατά διαστήματα να ρίχνεται χλώριο ώστε να αποστειρώνεται το νερό.

Η κατασκευή τους πρέπει να γίνεται μακριά από βόθρους και χώρους όπου υπάρχουν ζώα διότι παρασύρονται διάφορες ακαθαρσίες που υπάρχουν στο έδαφος μέσα στην δεξαμενή.

Σήμερα αυτός ο τρόπος υδροληψίας δεν χρησιμοποιείται εκτός από ειδικές περιπτώσεις ενώ παλιότερα ήταν πολύ συνηθισμένη η χρήση του.

3.5 Γενικές παρατηρήσεις για τα υπόγεια νερά

Γενικά παρατηρείται ότι αν και μειονεκτούν στο θέμα του όγκου τα υπόγεια ύδατα αποτελούν σημαντικότερη πηγή υδροληψίας από τα επιφανειακά ύδατα λόγω των συχνών περιόδων ξηρασίας τους στις οποίες αυξομειώνεται η παροχή τους.

Όλα τα ύδατα αποτελούν τμήμα του υδρολογικού κύκλου και για αυτό δεν υπάρχει καμία ανεξάρτητη και μεμονωμένη πηγή αλλά συσχετίζονται άμεσα ή έμμεσα με τα επιφανειακά ή τα όμβρια νερά. Σημαντικό μέρος της παροχής των ποταμών προέρχεται από υπόγεια νερά, στα οποία η παροχή προέρχεται είτε από ποταμούς είτε από λίμνες.

Τα υπόγεια νερά υπερτερούν ποιοτικά από τα επιφανειακά. Η θερμοκρασία τους είναι σταθερή και κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα. Ο καθαρισμός των υδάτων γίνεται με την διήθηση κυρίως άμμου. Υπάρχει η περίπτωση μόλυνσής τους από διάφορα λύματα ή βιομηχανικά απόβλητα που εισχωρούν στο έδαφος. Για αυτούς τους λόγους ο αριθμός των υδροληψιών από υπόγεια ύδατα είναι παραπάνω από αυτά των επιφανειακών.

Η υδροληψία των υπόγειων υδάτων εξαρτάται επίσης και από τις ιδιότητες του εδάφους. Κάτω από την επιφάνεια, οι πόροι του εδάφους περιέχουν νερό και αέρα και η ζώνη αυτή στο έδαφος ονομάζεται ζώνη αερισμού. Το νερό στην ζώνη αυτή λέγεται υγρασία εδάφους.

Το έδαφος μπορεί να συγκρατήσει όγκο νερού ο οποίος ανέρχεται σε ποσοστό μόνο του ολικού όγκου των πόρων του εδάφους.

Η κατακόρυφη διανομή των υδάτων από την επιφάνεια του εδάφους προς τα κατώτερα στρώματα διαχωρίζονται σε ορισμένες κατηγορίες.

Αρχικά υπάρχει η γεωργική ζώνη , η οποία εκτείνεται από την επιφάνεια του εδάφους ως το βάθος των ριζών των φυτών. Το πάχος της ζώνης αυτής μεταβάλλεται ανάλογα με την βλάστηση. Η ζώνη αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική από γεωργικής πλευράς.

Στην συνέχεια βρίσκεται η Μέση ζώνη, η οποία εκτείνεται από το κατώτερο σημείο επιφάνειας της γεωργικής ζώνης και ανώτερο όριο την επιφάνεια της τριχοειδούς ζώνης και συνδέει τη γεωργική ζώνη με το υδροφόρο στρώμα.

Ακολουθεί η Τριχοειδής ζώνη, η οποία εκτείνεται από τη στάθμη των υπόγειων υδάτων μέχρι το ανώτερο ύψος του τριχοειδούς ύδατος.

Αξιοσημείωτο είναι ότι αν και η ζώνη αυτή είναι κεκορεσμένη ύδατος, η στάθμη νερού στο φρέατο δεν είναι δυνατόν να ξεπεράσει την επιφάνεια των υπόγειων νερών και αυτό μπορεί να οδηγήσει σε λανθασμένη εκτίμηση της στάθμης των υπόγειων νερών.

Τέλος υπάρχει η Κεκορεσμένη ζώνη, από την οποία μόνο ένα μέρος της είναι για άντληση ή αποστράγγιση.

3.6 Μελέτη υδροληψίας

Γενικά η μελέτη της υδροληψίας μπορεί να διακριθεί σε ορισμένα στάδια, ξεκινώντας από **ανιχνευτικό στάδιο**. Σε αυτό το στάδιο ερευνούνται όλοι οι πιθανοί τρόποι υδροληψίας και είναι κυρίως υδρολογικής φύσεως περιλαμβάνοντας διάφορες στατιστικές και αναλύσεις υδρολογικών παρατηρήσεων.

Επίσης τμήμα του σταδίου είναι ο προσδιορισμός του υδρογραφήματος ποταμών, η παροχή των υπόγειων υδάτων, την διαπερατότητα του εδάφους.

Στη συνέχεια υπάρχει το στάδιο **προκαταρκτικής μελέτης**, στο οποίο συγκρίνονται λύσεις και συνδυασμοί με στόχο την καλύτερη εκτίμηση του κόστους κατασκευής, λειτουργίας και συντήρησης. Αποκλείονται οι μη συμφέρουσες λύσεις από οικονομικής πλευράς και επιλέγεται η οικονομικότερη.

Ακολουθεί το στάδιο **λεπτομερειακής μελέτης**, όπου ηεπιλεγμένη λύση από το προηγούμενο στάδιο μελετάται προσεκτικά. Εκτιμάται δηλαδή το κόστος λειτουργίας και συντήρησης και στην τελική επιλογή πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και διάφοροι αισθητικοί και κοινωνικοί παράγοντες.

Έπειτα εκπονείται **το στάδιο της κατασκευής**, όπου εκτελούνται τα μελετηθέντα έργα και δοκιμάζεται η σωστή λειτουργία τους. Και τέλος υπάρχει το στάδιο της **λειτουργίας και της συντήρησης**, που διαρκεί καθ' όλη την διάρκεια της ζωής του έργου. Σίγουρα κάποια στιγμή θα εμφανιστούν διάφορα προβλήματα στη ζωή του έργου, τα οποία δεν θα είχαν προβλεφθεί κατά την οριστική μελέτη. Έτσι ορίζεται ειδικευμένο προσωπικό για την σωστή συντήρηση και διόρθωση των προβλημάτων του έργου .

Κεφάλαιο 4

Αγωγοί δικτύου ύδρευσης

4.1 Ανοιχτοί αγωγοί

Οι εγκαταστάσεις της υδροληψίας τις περισσότερες φορές βρίσκονται σε μεγάλη απόσταση από τις κατοικίες. Η μεταφορά του νερού σε αυτές τις περιπτώσεις γίνονται με αγωγούς. Οι ανοιχτοί αγωγοί είναι ένας τρόπος μεταφοράς του νερού, στους οποίους το νερό κινείται με ελεύθερη την πάνω επιφάνεια του. Επίσης τις περισσότερες φορές είναι καλυμμένοι για να προφυλάσσουν το νερό από διάφορες μολύνσεις.

Υπάρχει η περίπτωση και η εφαρμογή ακάλυπτων αγωγών. Η επιλογή του υλικού των αγωγών στα δίκτυα ύδρευσης εξαρτώνται από ορισμένα τεχνικά, χημικά, υγειονομολογικά και οικονομικά κριτήρια. Τα κυριότερα από αυτά τα κριτήρια είναι τα εξής :

- 1) Το είδος του εδάφους που θα τοποθετηθεί πάνω ο σωλήνας
- 2) Η διαβρωτικότητα του εδάφους
- 3) Το μέγεθος των εξωτερικών φορτίων και οι αναπτυσσόμενες εσωτερικές πιέσεις
- 4) Η δομή της πόλης στην οποία θα κατασκευαστεί το δίκτυο ύδρευσης
- 5) Τα χημικά χαρακτηριστικά του μεταφερόμενου νερού
- 6) Οι διαθέσιμοι διάμετροι των σωλήνων
- 7) Το είδος των σωλήνων και των συνδέσεων στο υπάρχον δίκτυο με το οποίο θα συνδεθεί τον νέο δίκτυο

- 8) Η ύπαρξη του κατάλληλου τεχνικού προσωπικού για την τοποθέτηση των σωλήνων
- 9) Η τραχύτητα του σωλήνα
- 10) Το μήκος και το βάρος των σωλήνων και ο τρόπος μεταφοράς στο εργοτάξιο
- 11) Ο χρόνος παράδοσης των σωλήνων από το εργοστάσιο
- 12) Η διάρκεια ζωής του σωλήνα
- 13) Το συνολικό κόστος των σωλήνων (αρχικό κόστος, κόστος μεταφοράς, κόστος συντήρησης)

Επίσης οι ανοικτοί αγωγοί μπορεί να χωριστούν σε κατηγορίες ανάλογα με τον τρόπο διαμόρφωσης της διατομής τους σε τεχνικοί και φυσικοί. Φυσικός ανοικτός αγωγός θεωρείτε ένας ποταμός ενώ τεχνικοί ανοικτοί αγωγοί θεωρούνται οι αποχετευτικοί αγωγοί και τα αρδευτικά κανάλια.

Σε περίπτωση που ένας αγωγός έχει κλίση στον πυθμένα και αμετάβλητη διατομή, τότε ονομάζεται πρισματικός ενώ όταν μεταβάλλεται η κλίση του πυθμένα ή η διατομή κατά μήκος του αγωγού, τότε ονομάζεται μη πρισματικός.

Όταν ένας αγωγός διαθέτει αμετάβλητο πυθμένα και πρηνή, τότε ονομάζεται αγωγός αμετάβλητης διατομής ενώ σε αντίθετη περίπτωση ονομάζεται αγωγός μεταβλητής διατομής.

Για την επιλογή του αγωγού, τα τελευταία χρόνια αναπτύχθηκαν ορισμένα συστήματα εμπειρογνώμονα τα οποία λαμβάνουν υπόψη τα παραπάνω κριτήρια. Η σωστή επιλογή του αγωγού γίνεται με την βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή μέσω κατάλληλων προγραμμάτων με αποτέλεσμα να αποφεύγονται τα λάθη υποκειμενικής εκτίμησης.

4.2 Χαλυβδοσωλήνες

Θα αναπτυχθούν παρακάτω τα χαρακτηριστικά των αγωγών που χρησιμοποιούνται στα δίκτυα ύδρευσης, ξεκινώντας από τους **χαλυβδοσωλήνες**. Αυτοί αναπτύχθηκαν ύστερα από την μεγάλη αύξηση παραγωγής του χάλυβα, οδηγώντας πολύ σύντομα στην μαζική παραγωγή χαλυβδοσωλήνων.

Στην παραγωγή αγωγών μεγάλων διαμέτρων βοήθησε η ανάπτυξη των περιστεφόμενων μύλων, οι οποίοι ήταν σε θέση να παράγουν σε μεγάλες διαστάσεις φύλλα χάλυβα.

Η παραγωγή των αγωγών αυτών γινόταν με την εν ψυχρώ διαμόρφωση του φύλλου σε αγωγό και ένωση των άκρων με κάρφωμα. Στην πορεία το κάρφωμα των άκρων αποδείχτηκε ότι δεν είχε ικανοποιητική απόδοση και έτσι αντικαταστάθηκε η τεχνική αυτή με την συγκόλληση των άκρων μέσω θέρμανσης και σφυρηλάτησης.

Στην συνέχεια η συγκόλληση γινόταν με ηλεκτρικό τόξο και τέλος με την τεχνική του συνεχούς ηλεκτρικού τόξου. Η τελευταία μέθοδος επικράτησε και χρησιμοποιείται μέχρι και σήμερα. Αφορούν τους επονομαζόμενους σωλήνες διαμήκους ραφής.

Εκτός από τους χαλυβδοσωλήνες που παράγονται με συγκόλληση, υπάρχουν και αυτοί δίχως ραφή και παράγονται σε μικρές διαμέτρους μέχρι 600mm. Οι χαλυβδοσωλήνες χρησιμοποιούνται για την μεταφορά νερού, σε περίπτωση οι αναπτυσσόμενες πιέσεις είναι ψηλές και η απαιτούμενη διάμετρος είναι μεγάλη.

Τα πλεονεκτήματα ενός χαλυβδοσωλήνας συγκριτικά με έναν χυτοσιδερένιο έχει μικρότερο πάχος, είναι φθηνότερος και ελαφρύτερος. Επίσης η μεταφορά και η συναρμολόγηση του γίνεται

ευκολότερα. Υπάρχουν και ορισμένα μειονεκτήματα σε σύγκριση με ένα χυτοσιδερένιο αγωγό, όπως η μικρότερη αντοχή στις αρνητικές πιέσεις που δημιουργούνται με τα φαινόμενα πλήγματος λόγω των λεπτότερων τοιχωμάτων. Επίσης ο κίνδυνος σε διάβρωση είναι μεγαλύτερος στους χαλυβδοσωλήνες διότι τους προκαλούν ζημιές τα διαβρωτικά εδάφη και τα διαβρωτικά νερά.

Η ζωή των χαλυβδοσωλήνων, σε περίπτωση ευνοϊκών συνθηκών των εδαφών, μπορεί να ξεπεράσει και τα 50 χρόνια ζωής.

Στην Ελλάδα κατασκευάζονται χαλυβδοσωλήνες διαμήκους ραφής με διαμέτρους από 51mm μέχρι 323.8 mm.

Τυπικά χαρακτηριστικά χαλυβδοσωλήνων διαμήκους ραφής που παράγονται στην Ελλάδα για το ελάχιστο και το μέγιστο πάχος.

εσωτερική διάμετρος mm	εξωτερική διάμετρος mm	Πάχος τοιχώματος mm	Βάρος κρ/μ	Πίεση λειτουργίας atm
108.3	114.3	3.0	8.24	17
102.3	114.3	6.0	16.04	48
127.0	133.0	3.0	9.63	15
121.0	133.0	6.0	18.81	41
133.7	139.7	3.0	10.12	14
127.7	139.7	6.0	19.80	39
153.0	159.0	3.0	11.55	12
144.8	159.0	7.1	26.65	42
160.3	168.3	4.0	16.22	19
154.1	168.3	7.1	28.29	40
185.7	193.7	4.0	18.73	16
177.7	193.7	8.0	36.67	40
211.1	219.1	4.0	21.24	14
202.1	219.1	8.5	44.18	38
265.0	273.0	4.0	26.56	11
256.0	273.0	8.5	55.49	31
315.8	323.8	4.0	31.57	26
298.4	323.8	12.7	97.51	110

Παρατηρώντας τον παραπάνω πίνακα, για κάθε διάμετρο σωλήνα υπάρχει ένα ελάχιστο πάχος τοιχώματος, το οποίο καθορίζεται από ορισμένους παράγοντες :

α) Οι χαλυβδοσωλήνες δέχονται παραμόρφωση όταν είναι υπό την επίδραση των κινητών φορτίων και των φορτίων επίχωσης. Με αποτέλεσμα να απαιτείται ένα ελάχιστο πάχος για την αποφυγή της παραμόρφωσης.

β) Όταν υπάρχουν αρνητικές πιέσεις, οι χαλυβδοσωλήνες έχουν μειωμένη αντοχή. Για την εξασφάλιση τους από αρνητικές πιέσεις απαιτείται ένα ελάχιστο πάχος στα φαινόμενα πλήγματος.

γ) Τέλος, απαιτείται ένα ελάχιστο πάχος για να αντιμετωπιστεί η διάβρωση.

Η διάβρωση στον αγωγό αναφέρεται στην χημική διαδικασία κατά την οποία υλικά του περιβάλλοντος αντιδρώντας με το υλικό του σωλήνα δημιουργεί σε αυτό φθορές. Οι αγωγοί ύδρευσης δέχονται διάβρωση εσωτερικά και εξωτερικά. Το είδος του εδάφους επηρεάζει την εξωτερική διάβρωση. Ανάλογα με την σύσταση των εδαφών έχουν και διαφορετική διαβρωτικότητα. Σύμφωνα με τους κανονισμούς υπάρχουν τέσσερις κατηγορίες στις οποίες κατατάσσονται τα εδάφη ως προς την διαβρωτικότητα των αγωγών. Στην κατάταξη λαμβάνονται υπόψη δώδεκα διαφορετικές ιδιότητες που έχει το έδαφος. Σε κάθε μια ιδιότητα από αυτές δίνεται ένας συντελεστής βάρους και στο τέλος υπολογίζονται οι συντελεστές αυτών αθροίζοντάς τους. Παρακάτω σε πίνακα φαίνεται η κατάταξη σύμφωνα με τους κανονισμούς :

Άθροισμα συντελεστών βάρους	Διαβρωτικότητα εδάφους	Κλάση	Πιθανότητα πρόκλησης σημειακής διάβρωσης	Πιθανότητα πρόκλησης επιφανειακής διάβρωσης
>0	Μη διαβρωτικό	Ia	Πολύ μικρή	Πολύ μικρή
0 μέχρι -4	Ελαφρά διαβρωτικό	Ib	Μικρή	Πολύ μικρή
-5 μέχρι -10	Διαβρωτικό	II	μέτρια	Μικρή
<-10	Ισχυρά διαβρωτικό	III	υψηλή	μέτρια

Τα εδάφη που περιέχουν τύρφη, γύψο, τέφρα, σκουριές και τα βαλτώδη εδάφη θεωρούνται ως ισχυρά διαβρωτικά. Για να καταταχθεί ένα έδαφος σε κατηγορία απαιτούνται ορισμένες εδαφοτεχνικές έρευνες αλλά όταν αυτό δεν είναι εφικτό τότε πρέπει να χαρακτηρίζεται ως κατηγορίας III. Το ίδιο συμβαίνει και όταν στην περιοχή που θα τοποθετηθεί ο αγωγός αλλάζει η σύσταση του εδάφους λόγω επικείμενων εκσκαφών και επιχώσεων.

Η περίπτωση αυτή συνήθως συναντάται σε μεγάλες πυκνοκατοικημένες πόλεις ή σε βιομηχανικές περιοχές. Επιλέγεται η κατηγορία III, που είναι η δυσμενέστερη, διότι υπάρχει κίνδυνος όταν αλλάζει η σύσταση του εδάφους αυτή που θα προκύψει να ευνοεί περισσότερο τη διάβρωση.

Οι χαλυβδοσωλήνες για να αντιμετωπίσουν το πρόβλημα της διάβρωσης προστατεύονται εσωτερικά και εξωτερικά. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την εξωτερική προστασία του αγωγού είναι η τσιμεντοκονία, η ασφαλτος, το πολυαιθυλένιο κ.α

Το πολυαιθυλένιο παρουσιάζει ορισμένα σημαντικά πλεονεκτήματα στην επένδυσή του σε σχέση με αυτή από ασφαλτικό υλικό. Επίσης

έχει καλύτερες φυσικές και χημικές ιδιότητες. Το ασφαλικό υλικό φθείρεται εύκολα κατά την μεταφορά και την τοποθέτηση του αγωγού.

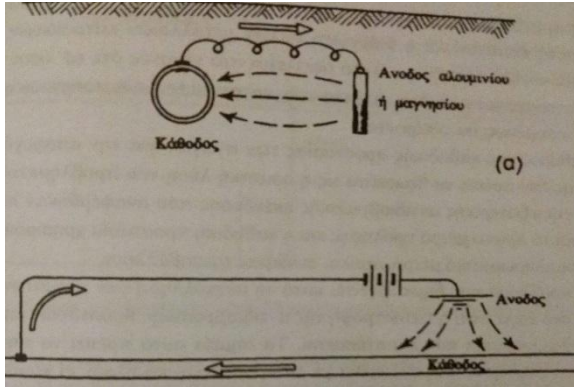
Από την άλλη πλευρά η εσωτερική προστασία επιτυγχάνεται με τσιμεντοκονία, άσφαλτο και λιθανθρακόπισσα. Η λιθανθρακόπισσα περιέχει ορισμένους υδρογονάνθρακες οι οποίοι είναι σε μεγάλο βαθμό καρκινογόνοι.

Μερικές φορές η εξωτερική αντιδιαβρωτική προστασία των αγωγών δεν εμποδίζει τη διάβρωση του αγωγού με αποτέλεσμα να αναπτυχθεί η μέθοδος της καθοδικής προστασίας. Αυτή είναι μια πολύπλοκη διαδικασία και η απλούστερη εξήγηση δίνεται με το φαινόμενο της ηλεκτρόλυσης.

Η βασική αρχή της καθοδικής προστασίας είναι να λειτουργεί ο αγωγός ως κάθοδος εμποδίζοντας τα ρεύματα να αναχωρούν από τις ανοδικές περιοχές με αποτέλεσμα να αποφεύγεται η διάβρωση. Αυτό επιτυγχάνεται με δύο τρόπους :

α. Ο πρώτος τρόπος της καθοδικής προστασίας είναι η τοποθέτηση παράλληλα με τον αγωγό μεταλλικών ράβδων .

β. Ο δεύτερος τρόπος της καθοδικής προστασίας είναι η χρησιμοποίηση μιας πηγής συνεχούς ρεύματος και άνοδοι που θάβονται κατά μήκος του αγωγού.

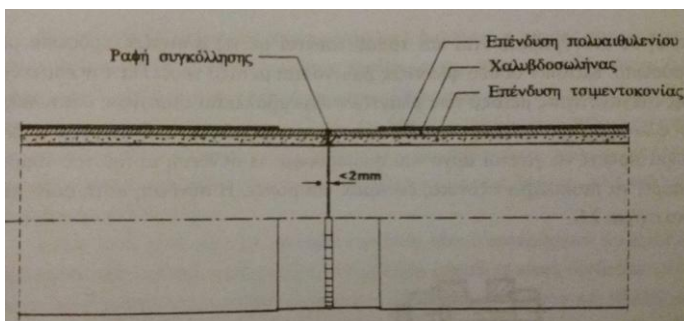


Σχ.4.1. Μέθοδοι καθοδικής προστασίας (α) με τη χρήση φθειρόμενων ανόδων και (β) με την παροχή ηλεκτρικού ρεύματος

Η μέθοδος αυτή δεν πρέπει να θεωρείται οριστική λύση για την αποφυγή της διάβρωσης αλλά είναι ένα συμπληρωματικό μέτρο, καθώς η μέθοδος της εξωτερικής αντιδιαβρωτικής επένδυσης είναι το πρώτο μέτρο πρόληψης.

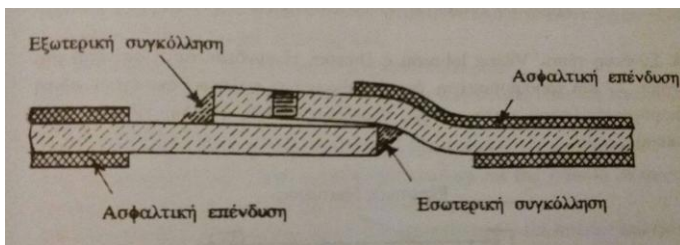
Η σύνδεση των αγωγών μεταξύ τους επιτυγχάνεται με διάφορους τρόπους όπως :

A. Σύνδεση με συγκόλληση των άκρων πρόσωπο με πρόσωπο. Τα άκρα των αγωγών τοποθετούνται πρόσωπο με πρόσωπο και συγκολλούνται. Επίσης η σύνδεση είναι άκαμπτη και δεν επιτρέπει αποκλίσεις.



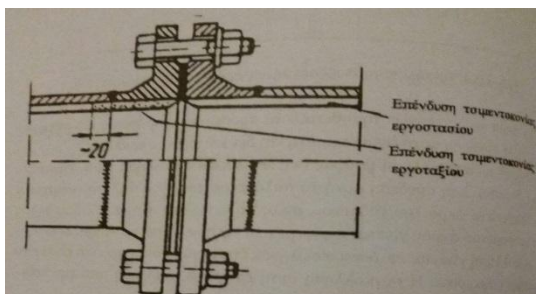
Σχ. 4.1. Συγκόλληση χαλυβδωσωλήνων πρόσωπο με πρόσωπο.

Β. Σύνδεση με συγκόλληση μούφας. Στην περίπτωση αυτή το απλό άκρο του ενός αγωγού εισέρχεται στο άκρο του επόμενου αγωγού. Επίσης γίνεται περιφερειακά εξωτερική συγκόλληση στο τέλος του επόμενου αγωγού ενώ εσωτερική συγκόλληση χρησιμοποιείται όταν ο αγωγός έχει μεγάλη διάμετρο και είναι επισκέψιμος εσωτερικά.



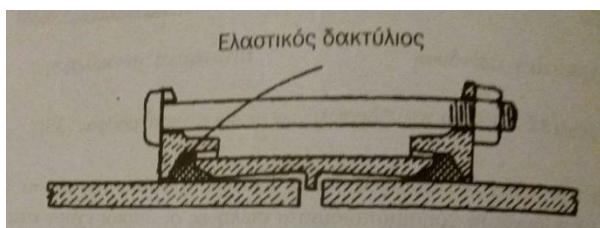
Σχ. 4.2. Σύνδεση χαλυβδοσωλήνων με συγκόλληση μούφας.

Γ. Σύνδεση με φλάντζες. Οι αγωγοί στους οποίους γίνεται η σύνδεση, έχουν στα άκρα τους συγκολλημένες φλάντζες με οπές. Οι αγωγοί ευθυγραμμίζονται και τοποθετούνται με τις φλάντζες πρόσωπο μεπρόσωπο και ύστερα αυτές βιδώνονται μεταξύ τους.



Σχ. 4.3. Σύνδεση χαλυβδοσωλήνων με φλάντζες.

Δ. Σύνδεση τύπου Dresser. Η σύνδεση αυτή χρησιμοποιείται όταν τα άκρα των αγωγών δεν έχουν ειδική διαμόρφωση. Απαρτίζεται από έναν κεντρικό μεταλλικό δακτύλιο ο οποίος τοποθετείται γύρω από τα άκρα των δύο αγωγών ενώ δεξιά και αριστερά υπάρχουν δύο ελαστικοί δακτύλιοι.



Σχ. 4.4. Σύνδεση χαλυβδοσωλήνων τύπου Dresser.

Εκτός από τους χαλυβδοσωλήνες υπάρχουν και οι αγωγοί από ανοξείδωτο χάλυβα, ο οποίος αποτελείται από ένα κράμα σιδήρου και ορισμένων άλλων μετάλλων (χρώμιο, τιτάνιο και νικέλιο). Αυτά τα κράματα δεν σκουριάζουν διότι έχουν μεγάλη αντοχή.

Όταν τα προβλήματα διάβρωσης είναι έντονα, οι ανοξείδωτοι χαλυβδοσωλήνες και τα εξαρτήματα σύνδεσης έχουν τεράστιο κόστος.

4.3 Χυτοσιδερένιοι αγωγοί

Ένα ακόμα είδος αγωγών που χρησιμοποιούνται στα δίκτυα ύδρευσης είναι οι **χυτοσιδερένιοι αγωγοί**.

Από παλιά χρησιμοποιούνταν για την μεταφορά νερού αποτελώντας σπουδαία εξέλιξη στην τεχνολογία των αγωγών.

Στην πορεία των χρόνων εφαρμόστηκαν δύο νέες τεχνικές κατασκευής των αγωγών. Η πρώτη αφορά την φυγόκεντρη οριζόντια έγχυση στην οποία το καλούπι περιστρέφεται με μεγάλη ταχύτητα για να απομακρυνθεί ο αέρας από το λειωμένο μέταλλο. Η δεύτερη αφορά την δόνηση του καλουπιού για τον ίδιο σκοπό. Αρχικά οι αγωγοί κατασκευάζονταν από τον κλασικό χυτοσίδηρο αλλά είχαν μικρή ελατότητα, ενώ αργότερα βελτιώθηκε η ελατότητα του φτάνοντας μάλιστα σε πολύ ικανοποιητικά επίπεδα.

Ο ελατός χυτοσίδηρος παρασκευάζεται με την προσθήκη του μαγνησίου στο λειωμένο σίδηρο. Η προσθήκη του μαγνησίου επιδρά στη διάταξη της δομής και εκφράζεται με τη διασπορά γραφίτη.

Η διάταξη αυτή επιτρέπει πολύ μεγάλη συνέχεια στο υλικό και έχει ως αποτέλεσμα μεγαλύτερη αντοχή, ελατότητα και σκληρότητα των αγωγών αυτών σε σύγκριση με τους παλιούς χυτοσιδηρένιους αγωγούς. Τα προαναφερθέντα πλεονεκτήματα του ελατού χυτοσίδηρου είχαν ως συνέπεια την ευρεία τους διάδοση.

Η εφελκυστική αντοχή του ελατού χυτοσιδήρου είναι 420 N/mm^2 , όριο διαρροής 300 N/mm^2 και επιμήκυνση θραύσης 10%. Αν υπάρξει υπέρβαση του ορίου διαρροής συμπεριφέρεται ως πλαστικό υλικό. Οι χυτοσιδερένιοι αγωγοί έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής, φτάνοντας μάλιστα και τα 100 χρόνια. Κατά την διάρκεια ζωής των αγωγών αυτών υφίστανται διάβρωση και για την προστασία της εσωτερικής και εξωτερικής τους επιφάνειας λαμβάνονται ορισμένα μέτρα.

Το έδαφος κατατάσσεται ως προς τη διαβρωτικότητα σύμφωνα με ορισμένους κανονισμούς που είναι ίδιοι με αυτούς των χαλυβδοσωλήνων.

Η εξωτερική αντιδιαβρωτική προστασία των χυτοσιδερένιων αγωγών γίνεται μέσω πολυαιθυλενίου με δύο διαφορετικούς τρόπους. Ο πρώτος τρόπος αφορά την επένδυση η οποία γίνεται στο εργοστάσιο με πρόσφυση του υλικού στην εξωτερική επιφάνεια του σωλήνα. Κατά τον δεύτερο τρόπο, γύρω από το σωλήνα του εργοστασίου τοποθετούνται φύλλα πολυαιθυλενίου.

Επίσης υπάρχουν και άλλοι τρόποι όπως η επένδυση με ασφαλτικό υλικό, με τσιμεντοκονία και με ψευδάργυρο. Στους χυτοσιδερένιους αγωγούς, η καθοδική προστασία χρησιμοποιείται μόνο σε ειδικές περιπτώσεις. Παρακάτω φαίνονται σε πίνακα οι διάφοροι τρόποι προστασίας ανάλογα με την διαβρωτικότητα του κάθε εδάφους.

Είδος προστασίας	Κανονισμός	Κατηγορία Εδάφους
Πολυαιθυλένιο στο εργοστάσιο	DIN 30674, Teil 1	I, II, III
Τσιμεντοκονία	DIN 30674, Teil 2	I, II, III
Ψευδάργυρος	DIN 30674, Teil 3	I, II
Άσφαλτος	DIN 30674, Teil 4	I
Φύλλα πολυαιθυλενίου στο εργοστάσιο	DIN 30674, Teil 5	I, II, III

Για να κατατάξουμε ένα έδαφος σε μία από τις κατηγορίες πρέπει αρχικά να γίνουν εδαφοτεχνικές έρευνες αλλά όταν δεν μπορεί να γίνει αυτό, τότε επιλέγεται η κατηγορία III. Επίσης η ίδια κατηγορία επιλέγεται, όταν στην περιοχή που τοποθετείται ο αγωγός υπάρχει η περίπτωση να αλλάξει η σύσταση του εδάφους λόγω εκσκαφών ή επιχώσεων. Αυτό συναντάται σε μεγάλες πόλεις ή σε βιομηχανικές περιοχές και επίσης επιλέγεται η κατηγορία III διότι η αλλαγή που μπορεί να προκύψει στο έδαφος μπορεί να ευνοεί περισσότερο τη διάβρωση.

Οι χυτοσιδερένιοι αγωγοί κατατάσσονται σε κατηγορίες σύμφωνα με την αντοχή τους. Υπάρχουν τρεις κατηγορίες οι Κ8, Κ9 και η Κ10. Οι αγωγοί αυτοί δεν κατασκευάζονται στην Ελλάδα. Σε πίνακες που βρίσκονται παρακάτω παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά των αγωγών αυτών.

Χυτοσιδερένιοι αγωγοί κατηγορίας Κ8 με εσωτερική επένδυση τσιμεντοκονίας.

Όνομαστική διάμετρος	Εξωτερική διάμετρος	Πάχος τοιχώματος	Πάχος τσιμεντοκονίας	Πίεση λειτουργίας
mm	mm	mm	mm	Atm
200	222	6.0	3	32
250	274	6.0	3	25
300	326	6.4	3	25
350	378	6.8	5	25
400	429	7.2	5	25
500	532	8.0	5	20
600	635	8.8	5	20
700	738	9.6	6	20
800	842	10.4	6	20
900	945	11.2	6	20
1000	1048	12.0	6	20
1200	1255	13.6	6	20
1400	1462	15.2	9	20
1600	1668	16.8	9	16
1800	1875	18.4	9	16
2000	2082	20.0	9	16

Χυτοσιδερένιοι αγωγοί κατηγορίας Κ9 με εσωτερική επένδυση τσιμεντοκονίας.

Όνομαστική διάμετρος	Εξωτερική διάμετρος	Πάχος τοιχώματος	Πάχος τσιμεντοκονίας	Πίεση λειτουργίας
mm	mm	mm	mm	Atm
200	222	6.3	3	40
250	274	6.8	3	32
300	326	7.2	3	32
350	378	7.7	5	32
400	429	8.1	5	25
500	532	9.0	5	25
600	635	9.9	5	25
700	738	10.8	6	25
800	842	11.7	6	25
900	945	12.6	6	20
1000	1048	13.5	6	20
1200	1255	15.3	6	20
1400	1462	17.1	9	20
1600	1668	18.9	9	20
1800	1875	20.7	9	20
2000	2082	22.5	9	20

Χυτοσιδερένιοι αγωγοί κατηγορίας K10 με εσωτερική επένδυση τσιμεντοκονίας.

Όνομαστική διάμετρος	Εξωτερική διάμετρος	Πάχος τοιχώματος	Πάχος τσιμεντοκονίας	Πίεση λειτουργίας
mm	mm	mm	mm	Atm
80	98	6.0	3	40
100	118	6.0	3	40
125	144	6.2	3	40
150	170	6.5	3	40
200	222	7.0	3	40
250	274	7.5	3	40
300	326	8.0	3	40
350	378	8.5	5	32
400	429	9.0	5	32
500	532	10.0	5	32
600	635	11.0	5	32
700	738	12.0	6	25
800	842	13.0	6	25
900	945	14.0	6	25
1000	1048	15.0	6	25

Η σύνδεση των αγωγών αυτών γίνεται με διάφορες μεθόδους όπως :

α) Η παλαιότερη μέθοδος της σύνδεσης τύπου κεφαλής – πείρου στην οποία το απλό άκρο του ενός αγωγού εισέρχεται στο άκρο του επόμενου. Ο χυτοσίδηρος στερεοποιείται όταν έρθει σε επαφή με μόλυβδο, ο οποίος χρησιμοποιείται για την στεγανοποίηση. Η σύνδεση αυτή δεν χρησιμοποιείται σήμερα διότι είναι άκαμπτη και η παραμικρή μετακίνηση δημιουργεί ρωγμές.

β) Η σύνδεση με ώθηση και ελάχιστο δακτύλιο, η οποία είναι η πιο συνηθισμένη σήμερα. Στην συγκεκριμένη σύνδεση η μούφα έχει εγκοπή στην οποία είναι τοποθετημένος δακτύλιος από ειδικό ελαστικό. Το άλλο άκρο του αγωγού εισέρχεται με πίεση στη μούφα. Η στεγανοποίηση εξασφαλίζεται από τον ελαστικό δακτύλιο. Η μέθοδος αυτή έχει ως πλεονέκτημα την εύκολη τοποθέτηση, την στεγανότητα και την τοποθέτηση του αγωγού σε καμπύλη τροχιά.

γ) Η μηχανική σύνδεση, στην οποία ο άκρο του ενός αγωγού έχει διαμορφωμένη μούφα με οπές, ενώ ο άλλος αγωγός έχει ευθύ άκρο. Σε αυτό το άκρο του αγωγού υπάρχει περιμετρικά ένας ελαστικός δακτύλιος, το οποίο άκρο του δακτυλίου αποτελείται από μόλυβδο. Επίσης υπάρχει και ένας δεύτερος δακτύλιος από χυτοσίδηρο, στο πίσω μέρος του ελαστικού δακτυλίου. Ο δακτύλιος αυτός έχει οπές με σπείρωμα και μεταξύ των οπών αυτών τοποθετούνται κοχλίες. Ο χυτοσιδερένιος δακτύλιος κινείται προς την μούφα και στην συνέχεια συμπιέζει τον ελαστικό δακτύλιο ο οποίος συμπιέζεται προς την εγκοπή της μούφας. Αποτέλεσμα αυτού να γίνεται το κλείσιμο του κενού μεταξύ των αγωγών και να στεγανοποιείται η σύνδεση. Τέλος αυτή η σύνδεση δεν προτιμάται όσο η σύνδεση με ώθηση και ελαστικό δακτύλιο.

δ) Η σύνδεση με φλάντζες. Χρησιμοποιούνται αγωγοί με φλάντζες στα άκρα τους, οι οποίες βιδώνονται στα άκρα των αγωγών δημιουργώντας σπείρωμα με οπές.

Οι αγωγοί ευθυγραμμίζονται και τοποθετούνται με τις φλάντζες πρόσωπο με πρόσωπο. Στην συνέχεια οι φλάντζες βιδώνονται μεταξύ τους.

Ελαστικός δακτύλιος υπάρχει για την σωστή στεγανότητα μεταξύ των φλαντζών. Δεν πρέπει οι συνδέσεις αυτές να τοποθετούνται μέσα στο έδαφος διότι υπάρχει η περίπτωση να σκουριάσουν. Συνήθως χρησιμοποιούνται σε υπέργειες κατασκευές, στις οποίες απαιτούνται στεγανές και άκαμπτες συνδέσεις, όπως σε αντλιοστάσια, δεξαμενές ή και σε εργοστάσια διύλησης.

ε) Η σύνδεση τύπου μπάλας, στην οποία ο ένας αγωγός στο άκρο του διαμορφωμένη σφαιρική μούφα, ενώ ο άλλος αγωγός έχει ευθύ άκρο.

Περιμετρικά από τα άκρα των αγωγών τοποθετείται ένας μεταλλικός αγωγός, ενώ στο κέντρο της μούφας υπάρχει ελαστικός δακτύλιος στεγανότητας. Στους μεταλλικούς δακτυλίους μεταξύ των οπών τοποθετούνται κοχλίες. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται όταν απαιτούνται μεγάλες αποκλίσεις όπως στις διαβάσεις ποταμών.

στ) Η βιδωτή σύνδεση, στην οποία ο ένας αγωγός έχει μούφα στο άκρο του με εσωτερικό σπείρωμα ενώ ο άλλος αγωγός έχει στο άκρο του ένα μεταλλικό δακτύλιο με εξωτερικό σπείρωμα. Για την στεγανοποίηση τοποθετείται ελαστικός δακτύλιος και οι δύο αγωγοί βιδώνονται μεταξύ τους. Η χρήση της μεθόδου αυτής εφαρμόζεται μόνο σε εσωτερικές υδραυλικές εγκαταστάσεις.

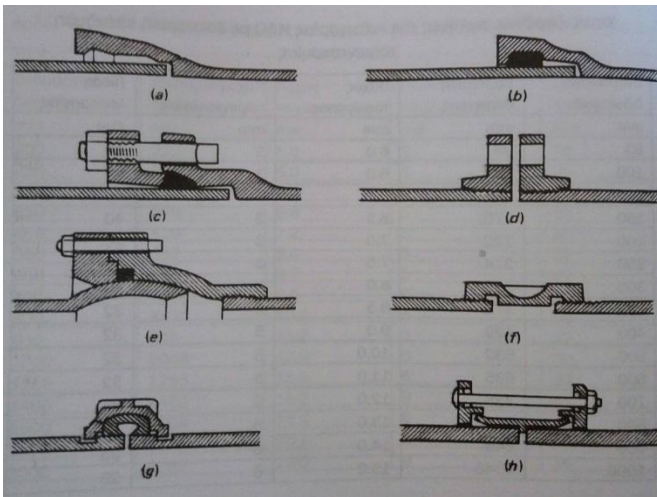
ζ) Η σύνδεση τύπου Victaulic, στην οποία υπάρχει περιμετρική εγκοπή στα άκρα του κάθε αγωγού και τοποθετείται ένας ημικυκλικός μεταλλικός δακτύλιος στον καθένα. Μεταξύ των αγωγών και των δακτυλίων, τοποθετείται ελαστικός δακτύλιος στεγανότητας σχήματος ανεστραμμένου U.

η) Η σύνδεση τύπου Johnson χρησιμοποιείται όταν τα άκρα των αγωγών δεν έχουν ειδική διαμόρφωση. Απαρτίζεται από έναν κεντρικό μεταλλικό δακτύλιο που τοποθετείται γύρω από τα άκρα των δύο

αγωγών. Σε κάθε αγωγό δεξιά και αριστερά υπάρχει από ένας ελαστικός δακτύλιος.

Στην συνέχεια ενός ελαστικού δακτυλίου τοποθετείται ένας μεταλλικός δακτύλιος με οπές, στις οποίες τοποθετούνται μεταλλικές ράβδοι. Βιδώνονται από την μία πλευρά και οι δύο ελαστικοί δακτύλιοι πιέζονται μέσα στις δύο εγκοπές με αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται η στεγανότητα.

Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζονται οι παραπάνω συνδέσεις χυτοσιδερένιων σωλήνων.



Σχ. 4.6. Συνδέσεις χυτοσιδερένιων

σωλήνων.

4.4 Είδη πλαστικών αγωγών

Η τεχνολογία του πλαστικού γεννήθηκε τον 19 αιώνα και σιγά σιγά εξελίχθηκε και αναπτύχθηκε παράγοντας πολλά νέα υλικά από πλαστικό. Αυτά χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες : τα θερμοπλαστικά και θερμοανθεκτικά πλαστικά.

Οι μοριακές αλυσίδες των θερμοπλαστικών δεν έχουν σταθερή θέση με αποτέλεσμα να μετατρέπονται σε υγρά όταν θερμαίνονται μέχρι το σημείο τήξης. Στα θερμοπλαστικά ανήκουν το πολυαιθυλένιο, το προπυλένιο, οι πολυεστέρες κ.α. Στα θερμοανθεκτικά πλαστικά οι μοριακές αλυσίδες έχουν σταθερή σχέση με αποτέλεσμα να μην παραμορφώνεται το υλικό με την θέρμανσή του. Σε αυτήν την κατηγορία ανήκουν τα αμινοπλαστικά, οι φενολικές ρητίνες και οι ακόρεστοι πολυεστέρες.

Κατασκευάστηκαν επίσης και ορισμένοι αγωγοί από πλαστικό όπως οι αγωγοί από χλωριούχο πολυβινύλιο. Υπάρχουν δύο είδη χλωριούχου πολυβινυλίου : το μη πλαστικοποιημένο και το πλαστικοποιημένο. Το πρώτο ονομάζεται και σκληρό ενώ το δεύτερο μαλακό.

Το μη πλαστικοποιημένο χλωριούχο πολυβινύλιο παράγεται με την διαδικασία του πολυμερισμού. Οι κανονισμοί προβλέπουν έξι σειρές αγωγών όπως παρατηρείται και στον παρακάτω πίνακα.

Σειρά	Πίεση λειτουργίας (atm)
1	2.5
2	4
3	6
4	10
5	16
6	16

Για αεραγωγούς είναι κατάλληλη η σειρά 1, ενώ για αγωγούς χημικών βιομηχανιών χρησιμοποιείται η σειρά 6. Στην Ελλάδα τα εργοστάσια παράγουν τις σειρές 3, 4 και 5 καθώς και αγωγοί με πίεση λειτουργίας 12.5 atm, που δεν περιλαμβάνεται στους κανονισμούς άλλων χωρών.

Οι αγωγοί αυτοί δεν σκουριάζουν, αντέχουν στα οξέα, είναι ελαφριοί και λείοι εσωτερικά.

Όσο αυξάνεται η θερμοκρασία του διερχόμενου ρευστού τόσο ελαττώνεται η αντοχή τους. Επίσης ελαττώνεται με το χρόνο υπό συνεχή φόρτιση και σταθερή θερμοκρασία.

Επίσης υπάρχουν πλαστικοί αγωγοί από πολυαιθυλένιο, το οποίο ανάλογα με την πυκνότητά του μέσω της διαδικασίας του πολυμερισμού χωρίζεται σε τρεις κατηγορίες : το Πολυαιθυλένιο χαμηλής πυκνότητας, το Πολυαιθυλένιο μέσης πυκνότητας και το Πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας. Οι αγωγοί από πολυαιθυλένιο αντέχουν σε ακραίες θερμοκρασίες που κυμαίνονται από -40°C ως 70°C .

Μείωση της αντοχή των αγωγών υπάρχει όταν το διερχόμενο ρευστό έχει υψηλή θερμοκρασία ή όταν η θερμοκρασία είναι σταθερή και συνδυάζεται με συνεχή φόρτιση. Επίσης εμφανίζουν ευπάθεια σε λίπη και λάδια ενώ είναι κακοί αγωγοί του ηλεκτρισμού. Από την άλλη πλευρά οι αγωγοί από πολυαιθυλένιο αντέχουν στον παγετό, στα διερχόμενα ρεύματα της γης και στα οξέα.

Στο πέραςμα των χρόνων οι αγωγοί πολυαιθυλενίου βελτίωσαν την απόδοσή τους φτάνοντας σε ικανοποιητικά επίπεδα. Η μέθοδος σύνδεσης επηρεάζεται από ορισμένους παράγοντες όπως η πίεση λειτουργίας και η διάμετρος τους.

Οι τύποι συγκόλλησης που συνήθως χρησιμοποιούνται είναι η ηλεκτροσυγκόλληση, η μετωπική θερμική συγκόλληση και η αυτογενής συγκόλληση. Στην Ελλάδα η χρήση αγωγών από πολυαιθυλένιο είναι πολύ συνηθισμένη για την κατασκευή δικτύων ύδρευσης.

Μία ακόμα κατηγορία πλαστικών αγωγών είναι αυτό των ενισχυμένων με ίνες γυαλιού, που αποτελείται άμμο, πολυεστερική ρητίνη και ίνες γυαλιού. Για να ενισχυθεί το υλικό χρησιμοποιούνται οι ίνες γυαλιού ενώ η άμμος αποτελεί το αδρανές υλικό και η πολυεστερική ρητίνη το συνδετικό υλικό.

Για να σχηματιστούν οι ίνες γυαλιού ακολουθείται μια διαδικασία η οποία ξεκινά από την δημιουργία νηματίων γυαλιού, τα οποία όταν ενώνονται μεταξύ τους σε μεγάλες διαστάσεις σχηματίζουν τις ίνες γυαλιού. Η πολυεστερική ρητίνη αποτελεί σημαντικό στοιχείο στην κατασκευή διότι έχει την κατάλληλη αντοχή έναντι χημικών αντιδράσεων, την απαραίτητη επιμήκυνση θραύσης και κατέχει αρκετά υψηλή αντίσταση απόξεσης.

Επίσης θα αναλυθεί η διαδικασία κατά την οποία κατασκευάζεται ο αγωγός. Η διαδικασία αυτή ξεκινάει από μείξη των τριών υλικών δηλαδή των ινών γυαλιού, της άμμου και της πολυεστερικής ρητίνης.

Στην συνέχεια αφού αναμειχθούν καλά τοποθετείται το μείγμα σε καλούπι και ακολουθεί η διαδικασία του πολυμερισμού με την βοήθεια καταλύτη.

Αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας είναι να γίνεται στερεοποίηση και είναι ο λόγος που δεν λειώνουν οι αγωγοί σε αντίθεση με τα υπόλοιπα θερμοπλαστικά υλικά.

Επίσης λόγω των πολλών διαφορετικών διατάξεων των υλικών επιλέγεται να κατατάσσονται σύμφωνα με την ακαμψία και την πίεση λειτουργίας τους. Τέλος να αναφερθεί ότι οι αγωγοί αυτού του τύπου δεν υπόκεινται σε διάβρωση.

4.5 Αγωγοί απόαμιαντοτσιμέντο

Επίσης ένα είδος αγωγών είναι αυτοί που κατασκευάζονται από αμιαντοτσιμέντο και το μείγμα παρασκευής τους αποτελείται από νερό, τσιμέντο και ίνες αμιάντου. Κατά την τοποθέτηση του μείγματος πρέπει να προσεχθεί ιδιαίτερα για να είναι συνεχής διότι αλλιώς θα δημιουργηθούν ασυνέχειες στο υλικό.

Η σκλήρυνση του αγωγού διαρκεί για δύο εβδομάδες μέσα σε νερό. Ύστερα γίνονται οι απαραίτητοι έλεγχοι αντοχής καθώς και η επεξεργασία των άκρων του. Το είδος των αγωγών αυτών έχουν ορισμένα πλεονεκτήματα όπως η υψηλή αντοχή τους σε ηλεκτρόλυση και διάβρωση. Από την άλλη πλευρά έχουν και ορισμένα μειονεκτήματα με τα κυριότερα από αυτά να είναι η μικρή αντοχή τους σε εφελκυσμό και η εύκολη διάτρησή τους.

Το σοβαρότερο όμως μειονέκτημα τους είναι η πρόκληση καρκίνου διότι επηρεάζει την ποιότητα του νερού. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να απαγορευτεί η χρήση τους.

4.6 Αγωγοί από σκυρόδεμα και άλλα είδη

Επιπλέον έχουν κατασκευαστεί αγωγοί με την χρήση προεντεταμένου σκυροδέματος και οπλισμένου σκυροδέματος. Στη πρώτη περίπτωση οι αγωγοί χρησιμοποιούν ως τρόπο κατασκευής την προένταση χαλύβδινων συρμάτων. Αυτά τοποθετούνται γύρω από τον πυρήνα, ο οποίος απαρτίζεται από χαλύβδινο αγωγό επενδυμένο με σκυρόδεμα ή από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Επίσης στο ένα άκρο του αγωγού υπάρχει ένας χαλύβδινος αγωγός με μορφή πείρου και στο άλλο άκρο υπάρχει ένας χαλύβδινος αγωγός με

μορφή μούφας. Για να επιτευχθεί η σύνδεση των αγωγών ακολουθείται μία διαδικασία. Αρχικά οι αγωγοί τοποθετούνται πρόσωπο με πρόσωπο , με αποτέλεσμα ο ένας αγωγός να εισχωρεί στον άλλον αγωγό.

Η σύνδεση μπορεί να παραλάβει ωθήσεις λόγω της συγκόλλησης των δύο μεταλλικών δακτυλίων. Επίσης τα κενά στους αγωγούς μπορούν να καλυφθούν με την χρήση τσιμεντοκονίας.

Τα πλεονεκτήματα που εντοπίζονται στους αγωγούς από προεντεταμένο σκυρόδεμα είναι η αντοχή σε διάφορα εξωτερικά φορτία, το χαμηλό κόστος συντήρησής και η μακροχρόνια ζωή τους σε περίπτωση που το νερό που το διαρρέει δεν είναι διαβρωτικό.

Στην δεύτερη περίπτωση οι αγωγοί οπλισμένου σκυροδέματος απαρτίζονται από ένα χαλύβδινο αγωγό ο οποίος επενδύεται εσωτερικά και εξωτερικά με σκυρόδεμα.

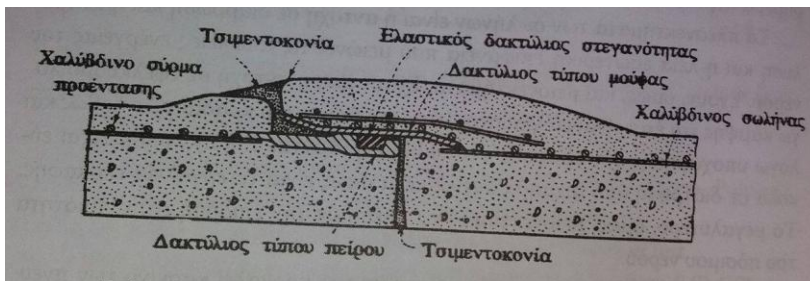
Στο ένα άκρο του αγωγού υπάρχει ένας χαλύβδινος αγωγός με μορφή πείρου ενώ στο άλλο άκρο υπάρχει ένας χαλύβδινος αγωγός με μορφή μούφας. Για να επιτευχθεί η σύνδεση των αγωγών ακολουθείται μία διαδικασία.

Αρχικά οι αγωγοί τοποθετούνται πρόσωπο με πρόσωπο , με αποτέλεσμα ο ένας αγωγός να εισχωρεί στον άλλον αγωγό.

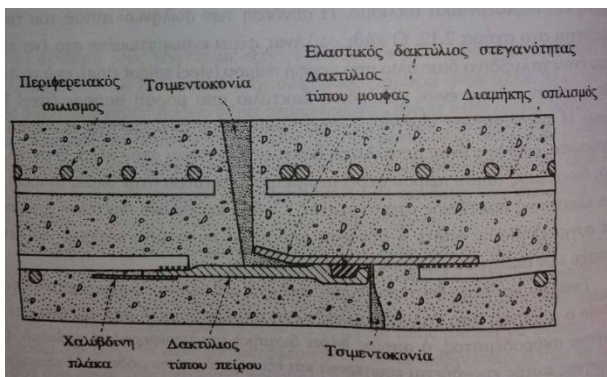
Η σύνδεση μπορεί να παραλάβει ωθήσεις λόγω της συγκόλλησης των δύο μεταλλικών δακτυλίων. Επίσης τα κενά στους αγωγούς μπορούν να καλυφθούν με την χρήση τσιμεντοκονίας.

Επιπλέον υπάρχει η δυνατότητα ο πυρήνας του αγωγού να είναι από αγωγό οπλισμένου σκυροδέματος και όχι από χαλυβδοσωλήνα. Αυτός ο πυρήνας επενδύεται εσωτερικά και εξωτερικά με σκυρόδεμα όπως

και στην περίπτωση επένδυσης στο προεντεταμένο σκυρόδεμα. Η χρήση αυτών των αγωγών αφορά κυρίως την μεταφορά νερού σε μικρές αποστάσεις που οι πιέσεις είναι μικρές.



Σχ. 4.7. Σύνδεση σωλήνων προεντεταμένου σκυροδέματος.



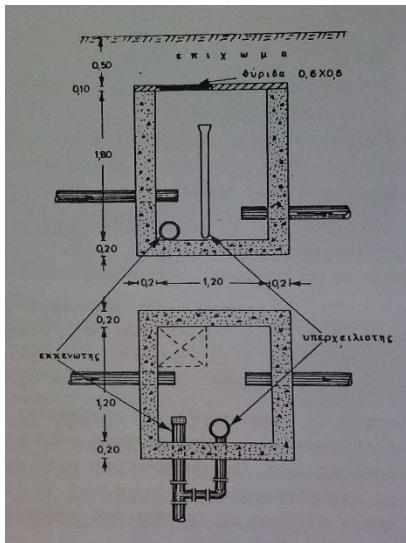
Σχ. 4.8. Σύνδεση σωλήνων οπλισμένου σκυροδέματος.

Τέλος μπορούν να αναφερθούν και ορισμένοι ακόμα είδη αγωγών όπως από πηλό, που τον χρησιμοποιούσαν σε παλιότερες εποχές και πλέον δεν χρησιμοποιείται. Επίσης σε παλιότερες εποχές κατασκεύαζαν αγωγούς από μπρούντζο, μόλυβδο ή ακόμα και από ξύλο σε χώρες με πλούσια βλάστηση όπως η Σουηδία.

4.7 Τεχνικά έργα αγωγών ύδρευσης

Για τους ανοιχτούς αγωγούς χρησιμοποιούνται ορισμένα τεχνικά έργα, τα οποία παρουσιάζονται και αναλύονται παρακάτω.

Ξεκινώντας από τα **φρεάτια επισκέψεων**, τα οποία είναι υπεύθυνα για την διακοπή της ροής ανά 1000 μέτρα περίπου. Αυτά έχουν την ευθύνη για τον εντοπισμό τυχόν βλάβης στο δίκτυο , για τον απαραίτητο αερισμό του νερού και επίσης για την υπερχείλιση του αγωγού σε ενδεχόμενο που φράζεται. Τα φρεάτια είναι κατασκευασμένα από οπλισμένο σκυρόδεμα, τα οποία καλύπτονται με πλάκα πάχους σχεδόν 10 εκατοστών ενώ το εσωτερικό τους καλύπτεται με κονία.



Σχ. 4.9. Φρεάτιο επισκέψεων.

Ένα ακόμα τεχνικό έργο είναι οι **σίφωνες**, οι οποίοι χρησιμοποιούνται για την υπερπήδηση εμποδίων. Οι σίφωνες απαρτίζονται από τρία τμήματα :

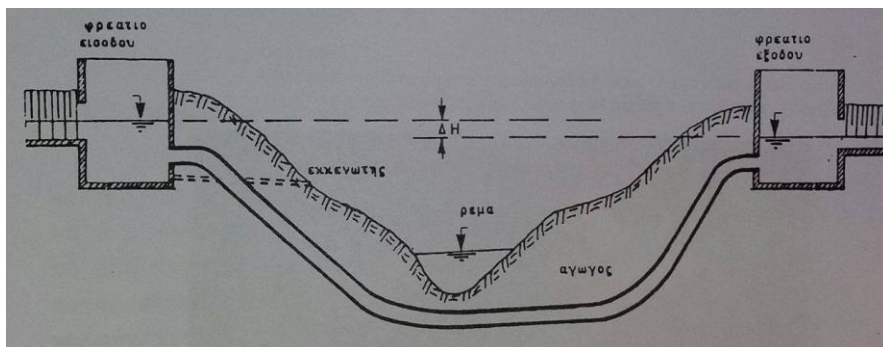
α) το φρεάτιο εισόδου που αποτελείται από ένα θάλαμο συγκέντρωσης και διοχέτευσης του νερού στον αγωγό του σίφωνα.

Τα φερτά υλικά που μεταφέρονται με το νερό συγκεντρώνονται στον πυθμένα του φρεατίου διότι ο αγωγός ξεκινάει ψηλότερα από τον πυθμένα. Σε αντίθετη περίπτωση θα υπήρχε έμφραξη του αγωγού. Υπάρχει επίσης και ένας εκκενωτής κοντά στον πυθμένα. Το φρεάτιο καλύπτεται για να είναι προστατευμένο από διάφορες μολύνσεις και να προστατεύεται το νερό από ακαθαρσίες.

β) Η κατασκευή του αγωγού γίνεται από σκυρόδεμα και όταν υπάρχει η δυνατότητα κατασκευάζεται διάταξη εκκένωσης του σίφωνα , στο χαμηλότερο άκρο του αγωγού.

γ) Το φρεάτιο εξόδου το οποίο είναι ίδιο με αυτό της εισόδου. Η ύπαρξη εκκενωτή δεν ενδείκνυται και ούτε προτιμάται.

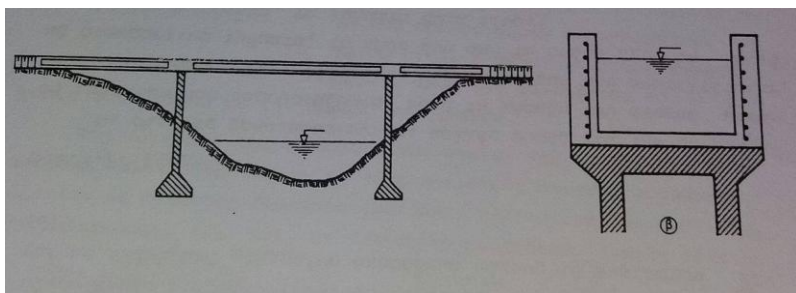
Ο σίφωνας έχει μειονέκτημα σε σύγκριση με την υδατογέφυρα διότι έχει απώλειες υδροδυναμικού φορτίου.



Σχ. 4.10. Τυπική κατά μήκος τομή σίφωνα.

Οι **υδατογέφυρες** αποτελούν ένα ακόμα τεχνικό έργο των ανοιχτών αγωγών που βοηθούν στην μεταφορά νερού πάνω από το έδαφος.

Στην κατασκευή αυτή πρέπει να προσεχθεί ιδιαίτερα η θεμελίωση διότι αλλιώς θα δημιουργηθούν προβλήματα στα βάρθρα όπου από πάνω τους διέρχονται οι αγωγοί και να προκληθούν απώλειες. Για αυτό τον λόγο προτιμάται η κατασκευή του να γίνεται από προεντεταμένο σκυρόδεμα. Η χρήση τους αποφεύγεται διότι είναι αρκετά δαπανηρές.



Σχ. 4.11. Υδατογέφυρα σε κατά μήκος και εγκάρσια τομή.

Τέλος χρησιμοποιείται σαν τεχνικό έργο και οι **σήραγγες**. Αυτές χρησιμεύουν στην διατήρηση της συνέχειας στη μεταφορά κυρίως κάτω από ορεινούς όγκους. Συγκριτικά με τις υπόλοιπες μεθόδους είναι η πιο δαπανηρή.

Για την κατασκευή της απαιτείται ο προσδιορισμός της γεωλογίας του υπεδάφους, η οποία επιτυγχάνεται μέσω της γεωλογικής μελέτης ενώ η θέση της καθορίζεται από την τοπογραφία της περιοχής και τα

γεωλογικά στοιχεία αυτής. Η ύπαρξη υπόγειου νερού είναι ένα πρόβλημα που μπορεί να εμφανιστεί κατά την εκσκαφή της σήραγγας.

Κεφάλαιο 5

Υδραυλική των κλειστών αγωγών

5.1 Γενικά

Οι αγωγοί των εσωτερικών δικτύων είναι στη πλειοψηφία τους κυκλικής διατομής και λειτουργούν τις περισσότερες φορές σαν κλειστοί αγωγοί υπό πίεση , και για αυτό η πιεζομετρική γραμμή τους είναι πάντα ψηλότερα από την στέψη του σωλήνα .

Σε υπό πίεση κλειστούς αγωγούς το νερό ή το ρευστό που ρέει μέσα είναι σε πλήρη επαφή με το εσωτερικό της επιφάνειας του αγωγού και η ατμοσφαιρική πίεση είναι ποιο μεγάλη από αυτήν που λαμβάνεται ως η πίεση αναφοράς . Η πίεση σε έναν αγωγό κλειστού τύπου δημιουργείται από υψομετρική διαφορά ή λόγω αντλίας .

Ο υπολογισμός της διαμέτρου ενός κλειστού αγωγού είναι ένα από τα βασικότερα προβλήματα σε μια μελέτη δικτύου ύδρευσης.

Μπορούμε να επιλέξουμε μικρής διαμέτρου αγωγούς που είναι φθηνότεροι μεν , αλλά παρουσιάζουν στους υπολογισμούς μεγάλες απώλειες εξαιτίας της τριβής. Αντιθέτως οι μεγάλης διαμέτρου αγωγοί είναι ακριβοί αλλά έχουν πολύ μικρές απώλειες και αυτό βοηθάει στο να μην υπάρξει γρήγορη φθορά ενός σωλήνα .

Πολλές φορές η διάμετρος ενός αγωγού που υπολογίζεται από μία μελέτη ,δεν υπάρχει στο εμπόριο , τότε επιλέγουμε την αμέσως μεγαλύτερη διάμετρο που υπάρχει στο εμπόριο .

Η διάμετρος ενός αγωγού είναι σταθερή σε όλο το μήκος του , αλλά μόνο σε ειδικές περιπτώσεις μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε διάφορες διαμέτρους ή και δίδυμους αγωγούς ακόμα .

Η ροή λέμε ότι είναι ασταθείς και μη μόνιμη ,όταν η ταχύτητα σε συγκεκριμένο σημείο του χώρου ροής μεταβάλλεται με τον χρόνο , αλλά όταν συμβαίνει το αντίθετο λέμε ότι η ροή μας είναι σταθερή και μόνιμη. Ακόμα αν σε όλο το χώρο της ροής ,η ταχύτητα είναι ίδια σε μία συγκεκριμένη χρονική στιγμή ,τότε έχουμε ομοιόμορφη ροή . Όταν συμβαίνει το αντίθετο, λέμε ότι έχουμε ανομοιόμορφη και μεταβαλλόμενη ροή .

Μία χρήσιμη αντιμετώπιση της κίνησης του νερού στα δίκτυα ύδρευσης είναι η μονοδιάστατη προσέγγιση αυτής τη ροής ,κατά την οποία γίνεται η παραδοχή ,ότι παραμένουν σταθερά σε κάθε σημείο μίας διατομής , τα μεγέθη και οι ιδιότητες του ρευστού και ότι είναι συναρτήσεις μόνο της απόστασης κατά το μήκος του αγωγού και του χρόνου.

Η μέση ταχύτητα νερού μέσα σε έναν αγωγό υπολογίζεται από τον τύπο :

$$V = \frac{Q}{A}$$

όπου Qείναι η παροχή τού νερού και

A το εμβαδόν της διατομής του αγωγού .

Στα δίκτυα ύδρευσης υπάρχουν πολλά εξαρτήματα, όπως οι βαλβίδες, οι αλλαγές διατομών, οι αεροεξαγωγοί, στροφές, αλλά και διακλαδώσεις.

Η ροή μέσα στο δίκτυο είναι γενικά ασταθής και ανομοιόμορφη, αλλά η ασταθής ροή συνήθως μπορεί και εφαρμόζεται σε μεμονωμένους αγωγούς για την αντιμετώπιση του φαινομένου του πλήγματος.

Επίσης η παραδοχή της σταθερής ροής γίνεται, για τα συνήθη πρακτικά προβλήματα υπολογισμού των διαμέτρων ενός δικτύου ύδρευσης αλλά και των αντίστοιχων πιέσεων.

Ομοιόμορφη ροή θεωρούμε όταν στα τμήματα των σωλήνων που έχουν σταθερή διάμετρο και σε τοπικά ανομοιόμορφη στις συνδέσεις όπως, γωνίες, βαλβίδες, καθώς και σε αντλίες.

5.2 Τυρβώδης και Στρωτή ροή σε κυκλικής διατομής σωλήνες

Γνωρίζουμε από τη μηχανική των ρευστών, ότι η ροή ρευστών κατατάσσεται σε 2 κατηγορίες, στη τυρβώδη και στη στρωτή ροή. Στην τυρβώδη ροή αυτό που προκαλεί την πλήρη ανάμειξη του ρευστού είναι τα μόρια του, που κινούνται προς όλες τις κατευθύνσεις, κατά εντελώς απρόβλεπτο και τυχαίο τρόπο.

Αντιθέτως στη στρωτή ροή τα μόρια του ρευστού κινούνται σε στρώσεις παράλληλες μεταξύ τους ή γραμμές, και αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μην υπάρχει πλήρης μηχανική ανάμειξη των μορίων. Ο Hagenpo 1839 για πρώτη φορά διαπίστωσε ότι υπάρχουν δύο τύποι ροής και παρατήρησε ότι όταν η ταχύτητα υπερβαίνει μία ορισμένη τιμή τότε ο τύπος της ροής ενός ρευστού σε κυκλικό σωλήνα μεταβάλλονται. Το 1883 ο Reynolds μελέτησε συστηματικά τα φυσικά

χαρακτηριστικά των δύο αυτών κατηγοριών ροής . Ο Reynolds μελέτησε τη ροή σε έναν οριζόντιο αγωγό κυκλικής διατομής και συμπέρανε ότι για να κάνεις τη μετάβαση , από τη στρωτή στην τυρβώδη ροή είναι ο αδιάστατος αριθμός $\frac{VD}{\nu}$,

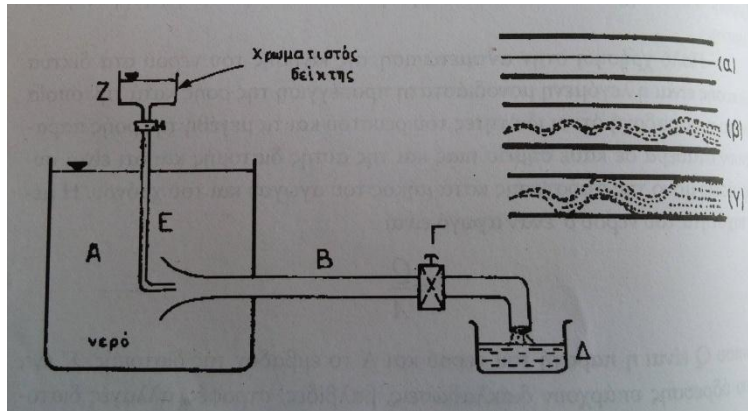
και επειδή των μελέτησε ο Reynolds αργότερα ονομάστηκε αριθμός Reynolds και συμβολίζεται :

$$Re = \frac{VD}{\nu}$$

Όπου V είναι η μέση ταχύτητα ροής,

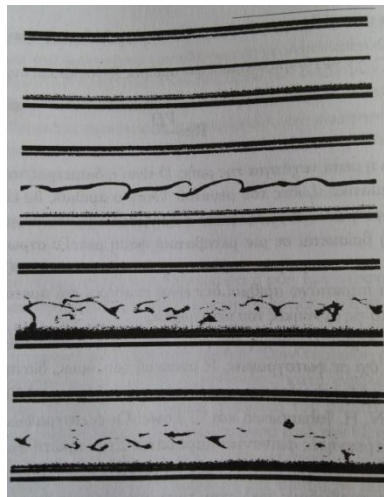
D η διάμετρος του σωλήνα και ν είναι το κινηματικό ιξώδες του ρευστού .

Λέμε ότι όταν ο Re είναι μικρότερος από 2000 , τότε η ροή του ρευστού είναι στρωτή ,αλλά όταν βρίσκεται μεταξύ του 2000 και 40000 τότε λέμε ότι η ροή είναι σε μεταβατικό στάδιο και ότι είναι μεταξύ στρωτής και τυρβώδους ροής. Τέλος , όταν ο αριθμός Re ξεπερνάει το 40000 τότε λέμε ότι η ροή γίνεται τυρβώδης. Οι αριθμοί αυτοί εξαρτώνται από τις συνθήκες του πειράματος και δεν είναι σταθερή και αμετάβλητοι .



Σχ. 5.1. Συσκευή Reynolds.

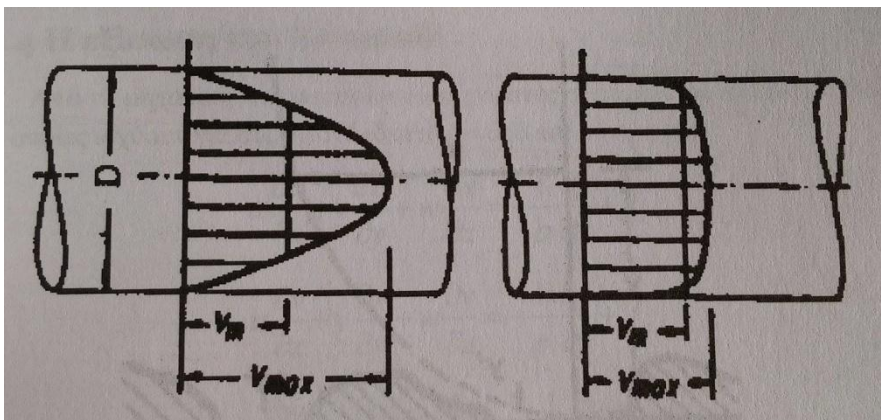
Η συσκευή διατηρήθηκε στο πανεπιστήμιο του Manchester και το πείραμα επαναλήφθηκε 100 χρόνια ποιο μετά από 2 επιστήμονες ονόματη N.H. Johannesen και C.Lowe. και οι φωτογραφίες που τραβήχθηκαν από το πείραμα είναι οι παρακάτω εικόνες .



5.2 Φωτογραφίες από την επανάληψη του πειράματος Reynolds για τυρβώδη και στρωτή ροή.

Στην πρώτη φωτογραφία η ροή είναι στρωτή , στη δεύτερη η ροή είναι σε μεταβατική φάση μεταξύ στρωτής και τυρβώδους ,και τέλος στην Τρίτη και τέταρτη η ροή που έχουμε είναι τυρβώδης .

Παρακάτω θα δούμε για κατανομές της ταχύτητας ενός ρευστού σε σωλήνα κυκλικής διατομής , για στρωτή και τυρβώδη ροή αντιστοίχως. Οι κατανομές είναι διαφορετικές, και φαίνεται αυτό στο λόγο της μέσης ταχύτητας προς τη μέγιστη για στρωτή ροή είναι 0,5, ενώ περίπου 0,8 είναι για τυρβώδη ροή .



5.3 Κατανομή ταχύτητας του ρευστού σε κυκλικό αγωγό για στρωτή και τυρβώδη ροή.

Ελάχιστη ταχύτητα του νερού σε σωλήνες ύδρευσης είναι 0,5 m/s .Αν επιλέξουμε την ελάχιστ διάμετρο $D= 60\text{mm}$, ο αριθμός Reynolds θα είναι :

$$Re = \frac{0,5 \cdot 0,060}{1,31 \cdot 10^{-6}} = 22901$$

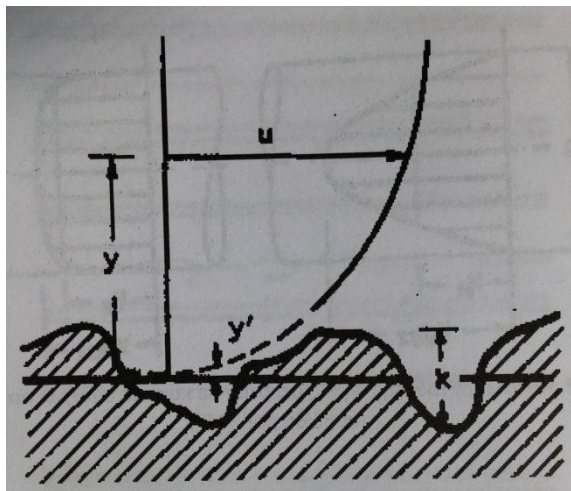
Άρα σημαίνει ότι η ροή στους σωλήνες των δικτύων ύδρευσης είναι κατά κανόνα τυρβώδης και οι περιπτώσεις που έχουμε στρωτή ροή στους κυκλικούς αγωγούς είναι πολύ λίγες.

Αναφέρουμε ενδεικτικά πάντα , η ροή του αίματος στα αγγεία του ανθρώπινου σώματος ,αλλά και η ροή ενός φαρμάκου σε μία σύριγγα ενέσεων .

Μιας και αναφέραμε για τα αγγεία , αξίζει να σημειωθεί ότι η ροή στο ανθρώπινο σώμα είναι ένα από τα πιο πολύπλοκα δίκτυα αγωγών πίεσης, και επίσης είναι απίστευτο πώς η καρδιά ωθεί 5 λίτρα αίματος σε ένα δίκτυο αγγείων που έχει μήκος 90000 χιλιόμετρα .

5.3 Τραχύτητα των αγωγών

Στους αγωγούς ύδρευσης η εσωτερική επιφάνεια παρουσιάζει προεξοχές και εξογκώματα αναλόγως το είδος του υλικού του αγωγού , το χρονικό διάστημα λειτουργίας του αλλά και άλλους παράγοντες . Αυτές τις ανωμαλίες τις ονομάζουμε τραχύτητα . Την εσωτερική επιφάνεια ενός αγωγού ύδρευσης μπορούμε να την δούμε στο παρακάτω σχήμα .



5.3 Εσωτερική επιφάνεια σωλήνα ύδρευσης.

Οι ανωμαλίες και τα χαρακτηριστικά αυτών μπορούν να περιγραφούν μόνο στατιστικά και είναι ακανόνιστα, επίσης για την περιγραφή τους μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε μία σειρά μεγεθών μήκους .

Όπως το k_1 να παριστάνει το μέσο ύψος αυτών των ανωμαλιών , το k_2 την μέση απόσταση τους ,το k_3 ένα μέσο πάχος κάθε ανωμαλίας και τέλος το k_4 λόγω κυμάτωσης του σωλήνα να παρουσιάζει μικρομεταβολές της μέσης διαμέτρου .

Αλλά επειδή τα παραπάνω μεγέθη που προαναφέραμε είναι πολλά , έτσι δεν διευκολύνουν την αντιμετώπιση των προβλημάτων και για αυτό για τον καθορισμό της τραχύτητας ενός υλικού χρησιμοποιούμε μόνο ένα μέγεθος που ονομάζεται ομοιόμορφη τραχύτητα k .Το μέγεθος αυτό δεν μπορούμε να το μετρήσουμε άμεσα , αλλά μπορούμε να το μετρήσουμε έμμεσα ,δηλαδή η τραχύτητα έχει διαστάσεις μήκους και παραμένει σταθερή για κάθε υλικό αγωγών και δίνεται από τους διεθνής οργανισμούς αλλά και από τους κατασκευαστές των σωλήνων η αγωγών .

Σημαντικό είναι να αναφέρουμε ότι για τα δίκτυα ύδρευσης σημασία δεν έχει η τραχύτητα , αλλά η τελική ισοδύναμη τραχύτητα που εμπεριέχει και τις τοπικές απώλειες.

5.4 Η εξίσωση του Bernoulli

$$\frac{p_1}{\gamma} + z_1 + \frac{\Lambda_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + \frac{\Lambda_2^2}{2g}$$

Η εξίσωση είναι γνωστή ως η εξίσωση του Bernoulli και ισχύει κατά μήκος μίας γραμμής ροής για ασυμπίεστο ιδεατό ρευστό. Αλλά η εξίσωση αυτή δεν είναι χρήσιμη για τις πρακτικές εφαρμογές μίας ροής σε κλειστούς αγωγούς, επειδή ισχύει η κατά μήκος μίας γραμμής ροή. Στην υδραυλική των κλειστών αγωγών πρακτικά πιο πολύ αξία έχει η μέση ταχύτητα και όχι η ταχύτητα κατά μήκος μίας γραμμής ροής.

5.5 Πιεζομετρική γραμμή και γραμμή ενέργειας

Όταν ληφθούν υπόψη και οι απώλειες στην πορεία των υπολογισμών, τότε η εξίσωση Bernoulli παίρνει αυτή τη μορφή

$$\frac{p_1}{\gamma} + z_1 + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + \frac{V_2^2}{2g} + h_f$$

Όπου ο όρος $\frac{p}{\gamma}$ ονομάζεται φορτίο πίεσης ή αλλιώς ύψος πίεσης (pressurehead) και συμβολίζει το ύψος πού θα φτάσει το υγρό η το ρευστό μας, στο σχήμα που θα δούμε παρακάτω αν βάλουμε σε

κάποιο σημείο του αγωγού έναν λεπτό κατακόρυφο σωλήνα, ο όρος $\frac{v^2}{2g}$ ονομάζεται το ύψος κινηματικής ενέργειας ή κινητικό φορτίο

(velocityhead) η και φορτίο ταχύτητας. Πιεζομετρικό ύψος ή φορτίο ονομάζεται το άθροισμα $\frac{p}{\gamma} + z$ και συμβολίζεται συνήθως με h .

Πιεζομετρική γραμμή ονομάζεται η γραμμή της οποίας τα σημεία απέχουν από το οριζόντιο επίπεδο αναφοράς h .

Επίσης γραμμή ενέργειας ονομάζεται η γραμμή της οποίας τα σημεία απέχουν από το επίπεδο σημείο αναφοράς H .

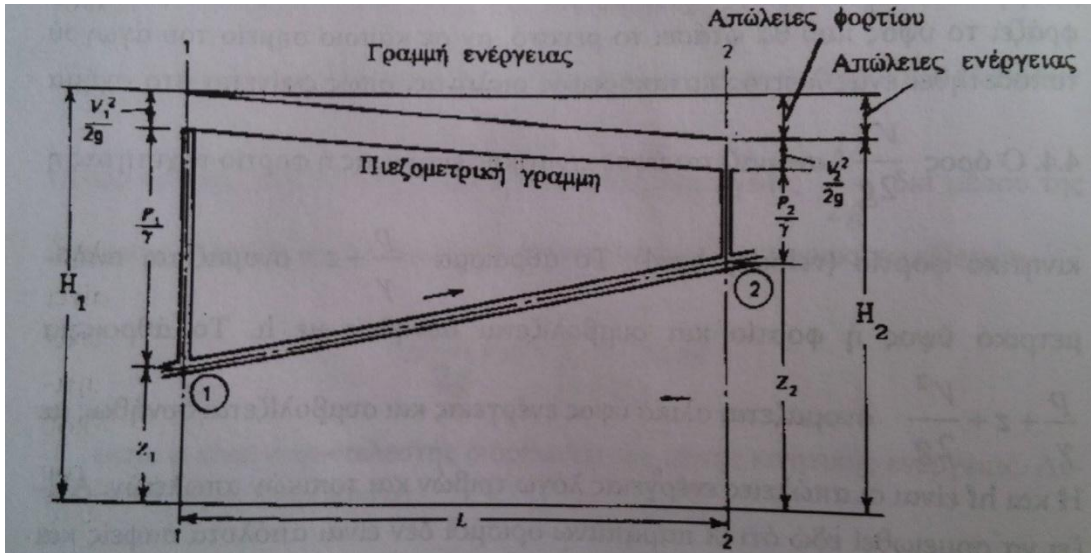
Ηατμοσφαιρική πίεση που είναι και η πίεση αναφοράς είναι ίση με 10 μέτρα περίπου στήλης νερού, μεταξύ διαφόρων μονάδων πίεσης ισχύουν αυτές οι σχέσεις :

$$1 \text{ atm} = 1 \text{ bar} = 1 \text{ kp/cm}^2 = 10 \text{ m στήλης νερού} = 10 \text{ N/cm}^2$$

Από τις 2 έννοιες προκύπτει ο ορισμός ότι η πιεζομετρική γραμμή

ενέργειας βρίσκεται ποιο χαμηλά κατά $\frac{v^2}{2g}$ από τη γραμμή ενέργειας

και αυτό φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα :



Για την πιεζομετρική γραμμή και τη γραμμή ενέργειας ισχύουν τα παρακάτω :

1. Η γραμμή ενέργειας και η πιεζομετρική γραμμή συμπίπτουν και βρίσκονται στην ελεύθερη επιφάνεια του , όταν το υγρό βρίσκεται σε απόλυτη ηρεμία .
2. Η κλίση της γραμμής ενέργειας είναι πάντα όμως ,προς τη πορεία η κατεύθυνση της ροής του υγρού εκφράζοντας , τις απώλειες τις ενέργειας που προκαλούνται κατά την κίνηση του υγρού και η γραμμή ενέργειας δεν μπορεί να είναι οριζόντια ή η κλίση της να είναι αντίθετη με την πορεία της ροής μας .
3. Αλλά η κλίση μπορεί να είναι αντίθετη προς την πορεία της ροής μόνο όταν υπάρχει αντλία η οποία προσθέτει κάποια ενέργεια στο σύστημα ύδρευσης . Το ακριβώς αντίθετο μπορεί να συμβεί με την πιεζομετρική γραμμή η οποία μπορεί να παρουσιάζει αυξήσεις προς την κατεύθυνση της ροής στο σύστημα ύδρευσης , όπως π.χ. σε μία διεύρυνση της διατομής του σωλήνα.

4. Η σχετική πίεση μέσα σε έναν αγωγό λέμε ότι είναι θετική ,όταν η πιεζομετρική γραμμή βρίσκεται πάνω από τον άξονα του αγωγού . Δηλαδή είναι μεγαλύτερη από την ατμοσφαιρική πίεση αναφοράς , αλλά όταν η πιεζομετρική γραμμή είναι κάτω από τον άξονα του αγωγού τότε η σχετική πίεση θα είναι αρνητική.Δηλαδή είναι μικρότερη της ατμοσφαιρικής πίεσης και αυτό έχει ως αποτέλεσμα να υπάρχει μεγάλος κίνδυνος ασφάλειας του αγωγού λόγω του φαινομένου της σπηλαιώσης .

Η υψομετρική διαφορά της πιεζομετρικής γραμμής και της γραμμής ενέργειας είναι ο τύπος $\frac{V^2}{2g}$. Τα όρια ταχύτητας του νερού στους αγωγούς των δικτύων ύδρευσης είναι από 0,5 και 1,5 m/s.

Ο όρος $\frac{V^2}{2g}$ 'θα είναι ίσος με 0,11 μ ακόμα και να έχουμε ταχύτητα 1,5 m/s, η ποσότητα αυτή όμως είναι πολύ μικρή και γι'αυτό

στα προβλήματα στα δίκτυα ύδρευσης συχνά παίρνουμε η θέωρεται ότι η πιεζομετρική γραμμή με τη γραμμή ενέργειας συμπίπτουν , χωρίς αυτό να αλλάζει κάτι στο αποτέλεσμα που θέλουμε να πετύχουμε .

5.6 Ο συντελεστής τριβής (f)

Ο Nikuratzze μελέτησε με πειράματα τη μεταβολή του συντελεστή τριβής f σε συνάρτηση του αριθμού Reynolds και μίας τραχύτητας κ ομοιόμορφης .Αλλά για να μπορέσει να πετύχει μια ομοιόμορφη τραχύτητα , ο Nikuratzze επικόλλησε στο εσωτερικό των αγωγών μια

μικρή στρώση άμμου η οποία είχε ομοιόμορφη κοκκομετρία στη σύνθεσή της . Τα συμπεράσματα που έβγαλε από τα αποτελέσματα είναι τα εξής : Η περιοχή αυτή που ονομάζεται υδραυλικώς λεία είναι όταν σε μια περιοχή ροής στην οποία ο συντελεστής τριβής f είναι ανεξάρτητος από τη σχετική τραχύτητα και τη συνάρτηση μόνο του αριθμού Reynolds και ο τύπος των Prandlt -Karman.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \log_{10} \left(\frac{\text{Re} \sqrt{f}}{2.51} \right) \quad 1.1$$

Υπάρχει και η υδραυλικώς τραχεία περιοχή όπου ο συντελεστής τριβής f είναι πάλι ανεξάρτητος αλλά από τον αριθμό Reynolds και συνάρτηση μόνο της σχετικής τραχύτητας , στη περιοχή αυτή ισχύει μια άλλη σχέση του Prandlt -Karman.

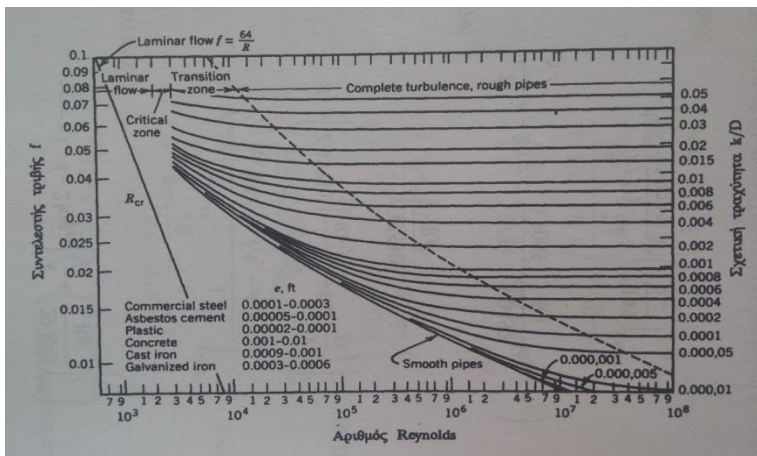
$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \log_{10} \left(3.71 \frac{D}{k} \right) \quad 1.2$$

Ακόμα υπάρχει και μία άλλη περιοχή , που είναι μεταξύ των 2 πρώτων περιοχών που ο συντελεστής τριβής f είναι συνάρτηση του αριθμού Reynolds αλλά και της σχετικής τραχύτητας . Αυτή η εξίσωση δημοσιεύτηκε το 1939 από των Colebrook - White.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left(\frac{k/D}{3.71} + \frac{2.51}{\text{Re} \sqrt{f}} \right) \quad 1.3$$

Αυτή η εξίσωση μπορεί να πάρει την μορφή και των 2 προηγούμενων εξισώσεων , δηλαδή πρόκειται για μία εξίσωση που ισχύει σε όλη την περιοχή της τυρβώδους ροής στους κυκλικούς αγωγούς υπο πίεση και γι 'αυτό το λόγο ονομάζεται και παγκόσμια εξίσωση για τους σωλήνες εμπορίου .

Ο Moody το 1944 ανακοίνωσε το περίφημο διάγραμμα του , για να μπορεί να υπολογίζει το συντελεστή τριβής f ,σε συνάρτηση του αριθμού Reynolds και της σχετικής τραχύτητας του σωλήνα k/D . Αυτό το διάγραμμα βασίστηκε στην εξίσωση του Colebrook - White.



5.7 Υπολογισμός τραχύτητας στους σωλήνες εμπορίου

Στους σωλήνες εμπορίου δεν μπορούμε να υπολογίσουμε την τραχύτητα τους με άμεσο τρόπο , αλλά μπορούμε να την μετρήσουμε έμμεσα : Σε ένα μέρος κάποιου σωλήνα από ένα συγκεκριμένο υλικό περνάμε μέσα νερό και υπολογίζουμε την πτώση της πίεσης μεταξύ 2 σημείων που έχουν μία συγκεκριμένη απόσταση ανάμεσά τους.

Μετράμε την παροχή του νερού και από την παροχή που μετρήσαμε και γνωρίζοντας και την διάμετρο του σωλήνα μπορούμε να

υπολογίσουμε την μέση ταχύτητα του νερού .Μετά εφόσον ξέρουμε την ταχύτητα , τη διάμετρο του σωλήνα και το κινηματικό ιξώδες του νερού μπορούμε να υπολογίσουμε τον αριθμό Reynolds.

Τέλος χρησιμοποιούμε την εξίσωση Colebrook - White ,με γνωστές τις απώλειες ενέργειας και τον αριθμό Reynolds υπολογίζουμε, την σχετική τραχύτητα k/D και μετά τη τραχύτητα k , και έτσι υπολογίζουμε την τραχύτητα σε σωλήνες εμπορίου .

5.8 Τοπικές απώλειες

Οι τοπικές απώλειες προκαλούν διαταραχή της ροής σε έναν αγωγό σε σημαντικό μήκος και οι απώλειες ενέργειας της διαταραχής κατανέμονται σε όλο το μήκος της ροής που έχει διαταραχθεί.

Ο λόγος που οι τοπικές απώλειες διαταράσσονται είναι στις τοπικές ανωμαλίες της ροής , που αυτές μπορεί να είναι είτε υδραυλικές είτε γεωμετρικές .

Φυσικά αυτό πρακτικά αλλάζει και αυτό που έχει σημασία για αυτές τις εφαρμογές έχει το ποσό της απώλειας ενέργειας ,και δεν είναι τόσο σημαντικό αν αυτή η απώλεια είναι συγκεντρωμένη η όχι , για αυτό θεωρούμε τις τοπικές απώλειες ενέργειας συγκεντρωμένες εκεί που υπάρχει η ανωμαλία .

Ο λόγος που η γενική εξίσωση των τοπικών απωλειών δεν γίνεται να προκύψει από την εφαρμογή κάποιων νόμων της φυσικής,όπως με τις γραμμικές απώλειες είναι, ότι η διατμητική τάση μεταβάλλεται τελείως ακανόνιστα στη περιοχή της ανωμαλίας και για αυτό από την διαστατική ανάλυση βγαίνει η σχέση :

$$\Delta h = K \frac{V^2}{2g}$$

Όπου V είναι η ταχύτητα του νερού και K είναι ο συντελεστής των τοπικών απωλειών.

Τις τιμές για τον συντελεστή K για διάφορα είδη βαλβίδων και εξαρτημάτων μπορούμε να τις βρούμε από τον παρακάτω πίνακα:

Nominal Size	½ ´	¾ ´	1 ´	1 ¼ ´	1 ½ ´	2 ´
Friction Factor (f _T)	.027	.025	.023	.022	.021	.019
2½/2, 3 ´	4 ´	5 ´	6 ´	8-10´	12-16´	18-24´
.018	.017	.016	.015	.014	.013	.012

Συντελεστές απωλειών βαλβίδων και εξαρτημάτων

Συνήθως η πρακτική επίλυση των δικτύων ύδρευσης ως προς τις τοπικές απώλειες είναι οι παρακάτω:

Οι απώλειες και τα όλα τα σημεία των τοπικών απωλειών είναι σχεδόν αδύνατο να εντοπισθούν σε ένα εκτεταμένο δίκτυο ύδρευσης ,έτσι το αντιμετωπίζουμε με αύξηση της τραχύτητας των αγωγών για να μπορέσουν να συμπεριληφθούν και οι τοπικές απώλειες στον αγωγό .

Μια περίπτωση για το ότι οι τοπικές απώλειες είναι πολύ μεγάλες και πρέπει να λαμβάνονται υπ'όψιν χωριστά και όχι με τη μέθοδο της απλής αύξησης της τραχύτητας είναι οι μισόκλειστες βαλβίδες .

5.9 Διάφορα προβλήματα ροής σε αγωγούς

Σε πολλά βιβλία που αναφέρονται στο θέμα της υδραυλικής των κλειστών υπο πίεση αγωγών ύδρευσης υπάρχουν αυτά τα τρία προβλήματα:

1^ο πρόβλημα

Δίνεται το μήκος του αγωγού ύδρευσης L , η διάμετρος του αγωγού ύδρευσης D , η τραχύτητα του αγωγού k , το κινηματικό ιξώδες του νερού ν , οι γραμμικές απώλειες ενέργειας hf και ζητείται η παροχή Q του νερού .

2^ο πρόβλημα

Δίνεται η παροχή του νερού Q , το μήκος του αγωγού ύδρευσης L , η διάμετρος του αγωγού ύδρευσης D , η τραχύτητα του αγωγού k , το κινηματικό ιξώδες του νερού ν και ζητούνται οι γραμμικές απώλειες ενέργειας του αγωγού hf .

3^ο πρόβλημα

Δίνεται το μήκος του αγωγού ύδρευσης L , η τραχύτητα του αγωγού k , οι γραμμικές απώλειες ενέργειας hf , το κινηματικό ιξώδες του νερού ν , η παροχή του νερού Q και ζητείται η διάμετρος του αγωγού D .

Κεφάλαιο 6

Μεταφορά νερού

6.1 Γενικά και σχεδιασμός αγωγών μεταφοράς

Από την θέση της υδροληψίας γίνεται η μεταφορά του νερού μέσω αγωγών στην θέση κατανάλωσης. Αυτοί οι αγωγοί χαρακτηρίζονται ως **αγωγοί μεταφοράς**. Σε περίπτωση που η υδροληψία βρίσκεται κοντά με την μονάδα επεξεργασίας, τότε οι αγωγοί αυτοί μεταφέρουν επεξεργασμένο νερό. Σε αντίθετη περίπτωση το νερό μεταφέρεται ανεπεξέργαστο και η επεξεργασία πραγματοποιείται κοντά στην κατανάλωση.

Οι αγωγοί μεταφοράς χωρίζονται σε δύο κατηγορίες :

α) Στους αγωγούς μεταφοράς με ελεύθερη επιφάνεια όπως είναι οι σήραγγες και οι διώρυγες οι οποίες είναι κλειστές αλλά όχι πλήρεις. Με αποτέλεσμα το νερό μέσα σε αυτές να κινείται με ελεύθερη επιφάνεια. Επίσης η ατμοσφαιρική πίεση είναι ίση με την πίεση του νερού στην επιφάνεια των αγωγών.

β) Στους κλειστούς αγωγούς με πίεση μεγαλύτερη της ατμοσφαιρικής. Οι αγωγοί της κατηγορίας οφείλουν την κίνηση τους στην υψομετρική διαφορά και σε αντλίες και λέγονται καταθλιπτικοί αγωγοί.

Από οικονομικής πλευράς, το κόστος σχεδιασμού του αγωγού μεταφοράς νερού διαφοροποιείται λόγω των πληθώραν επιλογών όπως η διαφορετική επιλογή διαδρομών του αγωγού μεταφοράς ή η χρήση διαφορετικών διαμέτρων και υλικών των σωλήνων του αγωγού.

Η επιλογή της καταλληλότερης επιλογής γίνεται με γνώμονα το συνολικό κόστος και την τεχνική αρτιότητα της λύσης.

Επίσης υπάρχει η περίπτωση η λύση με το μικρότερο αρχικό κόστος να μην είναι η φθηνότερη διότι λαμβάνονται υπόψη η ασφάλεια του έργου, το κόστος συντήρησης και λειτουργίας και άλλοι πολλοί παράγοντες.

Η διαδικασία σχεδιασμού αγωγού μεταφοράς νερού δεν είναι απλή. Τα κριτήρια που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη είναι οικονομικά, κοινωνικά, περιβαλλοντικά και τεχνικά. Παρακάτω παρουσιάζονται μερικά από αυτά τα κριτήρια ανά κατηγορίες :

- 1) Οικονομικά κριτήρια , στα οποία συγκαταλέγονται το κόστος του αρχικού κεφαλαίου, το κόστος συντήρησης και λειτουργίας, το επιτόκιο της αγοράς και το ύψος του πληθωρισμού.

- 2) Κοινωνικά κριτήρια , τα οποία περιλαμβάνουν τα εξής
 - α) τις επιπτώσεις του έργου στην ποιότητα της ζωής της περιοχής και στην τοπική οικονομία
 - β) προβλήματα ασφάλειας από την κατασκευή του έργου
 - γ) αποδοχή ή μη του έργου από του κατοίκους τις εκάστοτε περιοχής και οι τυχόν αντιδράσεις τους

- 3) Περιβαλλοντικά κριτήρια , τα οποία λαμβάνουν υπόψη
 - α) τις επιπτώσεις στο περιβάλλον που μπορούν να πραγματοποιηθούν από διάβρωση, την κατασκευή σηράγγων ή από κατολισθήσεις.
 - β) αισθητική ρύπανση από προϊόντα εκσκαφής, εκπομπή σκόνης, κραδασμοί και ηχητική ρύπανση από την λειτουργία των μηχανημάτων

- 4) Τεχνικά κριτήρια όπως το είδος του αγωγού, η εύρεση της καλύτερης διαδρομής, η υδραυλική λειτουργία του αγωγού και η επιλογή της διατομής και του υλικού του σωλήνα.

6.2 Αγωγοί με ελεύθερη επιφάνεια

Οι αγωγοί αυτού του είδους χρησιμοποιούνται συνήθως σε πεδινά εδάφη όπου η κλίση του εδάφους είναι σχετικά ομαλή και δίχως συχνές αλλαγές. Τα πεδινά εδάφη ευθύνονται για την κατασκευή τμημάτων μεγάλου μήκους .

Ορισμένα από τα πλεονεκτήματα των αγωγών με ελεύθερη επιφάνεια είναι το χαμηλό κόστος κατασκευής και συντήρησής τους. Ενώ μειονεκτήματα της κατηγορίας είναι οι απώλειες νερού λόγω εξάτμισης και η πιθανή ρύπανση του νερού από δραστηριότητες των ανθρώπων. Επίσης με την κατασκευή τους διαθέτουν τη μέγιστη μελλοντική παροχή τους δυσκολεύοντας έτσι την αύξηση της παροχетеυτικότητας τους, με αποτέλεσμα να υπολειτουργεί ο αγωγός στα πρώτα στάδια της λειτουργίας του. Η ύπαρξη των αγωγών αυτών δυσχεραίνει τη φυσική αποστράγγιση των νερών της βροχής, περιορίζει τη χρήση της γης για αγροτικές κυρίως εργασίες και δυσκολεύει τις επικοινωνίες. Στην Ελλάδα ο μεγαλύτερος ανοιχτός αγωγός είναι η διώρυγα του υδαταγωγού του Μόρνου, ο οποίος μεταφέρει πόσιμο νερό στην Αθήνα.

Οι αγωγοί με ελεύθερη επιφάνεια διαχωρίζονται στους ανοιχτούς, στους καλλυμένους και στις σήραγγες. Στην μελέτη του υδραυλικού

έργου διακρίνονται η φάση του υδραυλικού υπολογισμού και η κατασκευαστική φάση. Οι φάσεις αυτές είναι αλληλένδετες μεταξύ τους.

Ο υδραυλικός υπολογισμός στους ανοιχτούς αγωγούς βασίζεται στους νόμους της ροής με ελεύθερη επιφάνεια. Η θεμελιώδης εξίσωση της ροής στους ανοιχτούς αγωγούς είναι η παρακάτω :

$$V = C_h \sqrt{R_h S_0}$$

, όπου R_h = η υδραυλική ακτίνα ,

S_0 = η κλίση του πυθμένα και

C_h είναι ο συντελεστής Chezy.

Ο συντελεστής Chezy μπορεί να υπολογιστεί με δύο τρόπους.

α) με τον τύπο του Bazin

$$C_h = a / (1 + (m/R_h))$$

, όπου $a = 87$ και το $m =$ ο συντελεστής τραχύτητας

β) με τον τύπο του Manning

$$C_h = (1/n) (R_h^{1/6})$$

Η κατασκευαστική φάση περιλαμβάνει τύπους αγωγών της ελεύθερης επιφάνειας όπως οι ανοιχτοί αγωγοί και οι κλειστοί αγωγοί.

Οι ανοιχτοί αγωγοί χρησιμοποιούνται συνήθως για έργα άρδευσης και αποστράγγισης. Σε ανώμαλα εδάφη προτιμούνται οι κλειστοί αγωγοί.

6.3 Αγωγοί υπό πίεση

Στους κλειστούς υπό πίεση αγωγούς η ταχύτητα του νερού οριοθετείται. Το κατώτερο όριο ταχύτητας υπάρχει για να αποφεύγονται οι αποθέσεις φερτών υλών και το ανώτερο όριο υπάρχει για να αποφεύγονται τα προβλήματα διάβρωσης. Η ταχύτητα αυτή κυμαίνεται από 0.5 m/s μέχρι 1.5 m/s ενώ η ύπαρξη υψηλότερων ταχυτήτων δημιουργεί δυσκολίες στη λειτουργία του αγωγού.

Οι αγωγοί αυτοί παρουσιάζουν ορισμένα σημαντικά πλεονεκτήματα όπως η αρκετά μεγάλη αντοχή τους όπου επιτρέπει υψομετρικές διαφορές μεταξύ αγωγού και της πιεζομετρικής γραμμής. Επίσης η παροχή είναι σταθερή και το νερό δεν κινδυνεύει από ρύπανση. Τέλος έχουν μεγάλη δυσκαμψία.

Η χάραξη της διαδρομής σε οριζοντιογραφία ενός αγωγού γίνεται με ευθύγραμμα τμήματα. Υπάρχουν όμως ορισμένοι παράγοντες που δυσκολεύουν αυτό το σκοπό όπως η ευστάθεια του εδάφους και οι απαιτούμενες εκσκαφές. Για αυτό και προτιμάται ο αγωγός να τοποθετείται κατά μήκος δρόμων που υπάρχουν ήδη. Στην χάραξη του αγωγού, ο αέρας συγκεντρώνεται στα υψηλότερα σημεία για να επιτυγχάνεται ο εξαερισμός του δικτύου.

Οι αγωγοί υπό πίεση μεταφοράς νερού διαχωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες :

A) Οι **αγωγοί βαρύτητας**, οι οποίοι συνδέουν δύο δεξαμενές νερού που βρίσκονται σε υψομετρική διαφορά μεταξύ τους.

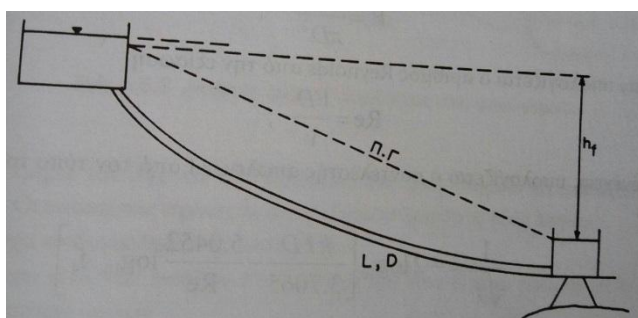
Το τμήμα του αγωγού στο ψηλότερο σημείο θα δέχεται ορισμένες υποπίεσεις, οι οποίες πρέπει να αποφεύγονται. Οι λόγοι αποφυγής τους είναι οι εξής:

1) υπάρχει κίνδυνος εισόδου στον αγωγό ή άλλων ανεπιθύμητων ουσιών

2) υπάρχει κίνδυνος θραύσης του αγωγού

Για να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα χρησιμοποιούνται ορισμένοι τρόποι όπως :

- 1) Με τη χρησιμοποίηση ομοιόμορφης διαμέτρων και ρυθμιστικής βαλβίδας στη χαμηλή δεξαμενή
- 2) Με τη χρησιμοποίηση διαφορετικών διαμέτρων για τον αγωγό



Σχ. 6.1. Αγωγός μεταφοράς νερού με βαρύτητα.

Β) Οι **Καταθλιπτικοί αγωγοί** , οι οποίοι μεταφέρουν νερό από ένα αντλιοστάσιο σε μια δεξαμενή. Η επιλογή διαμέτρου στην κατηγορία αυτή είναι περίπλοκο ζήτημα. Πρέπει να βρεθεί και να επιλεχθεί η διάμετρος με το ελάχιστο κόστος του συνολικού έργου. Για αυτό το σκοπό εκτελείται η παρακάτω διαδικασία.

1) Εκλέγονται μερικές διάμετροι που είναι ικανές να μεταφέρουν την απαιτούμενη παροχή. Ο λόγος που είναι περισσότερες από μια είναι διότι η ταχύτητα έχει ανώτερο και κατώτερο όριο.

2) Υπολογίζονται οι απώλειες ενέργειας, για κάθε διάμετρο, που δημιουργούνται εξαιτίας της κίνησης του νερού στον αγωγό. Όσο αυξάνεται η διάμετρος, τόσο μειώνονται οι απώλειες ενέργειας και αντιστρόφως.

3) Με το πέρας του υπολογισμού των απωλειών ενέργειας υπολογίζεται το μανομετρικό ύψος για την κάθε διάμετρο.

4) Ύστερα υπολογίζεται η απαιτούμενη ισχύς της αντλίας και του αντίστοιχου κινητήρα για την κάθε διάμετρο.

5) Στην συνέχεια υπολογίζεται το κόστος του αντλιοστασίου για κάθε διάμετρο.

6) Γνωρίζοντας το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας, μπορεί να βρεθεί το ετήσιο κόστος λειτουργίας του αντίστοιχου αντλιοστασίου για την κάθε διάμετρο.

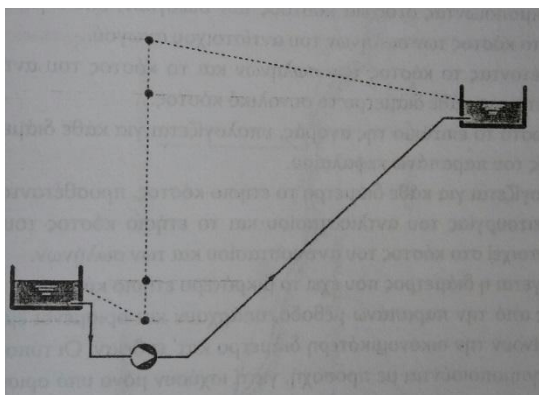
7) Με την χρήση στοιχεία από κόστη των σωλήνων, υπολογίζεται το κόστος των σωλήνων του αντίστοιχου αγωγού για την κάθε διάμετρο.

8) Με την πρόσθεση του προηγούμενου κόστους μπορεί να βρεθεί το συνολικό κόστος για την κάθε διάμετρο.

9) Με δεδομένο το επιτόκιο της αγοράς, υπολογίζεται το ετήσιο κόστος του παραπάνω κεφαλαίου για την κάθε διάμετρο.

10) Έπειτα βρίσκεται το ετήσιο κόστος για την κάθε διάμετρο , αθροίζοντας το ετήσιο κόστος λειτουργίας του αντλιοστασίου με το ετήσιο κόστος του κεφαλαίου που αντιστοιχεί στο κόστος του αντλιοστασίου και των σωλήνων.

11) Τέλος επιλέγεται η διάμετρος που έχει το μικρότερο ετήσιο κόστος.



Σχ. 6.2. Καταθλιπτικός αγωγός μεταφοράς νερού.

6.4 Παραδείγματα αγωγών

Δίνονται και αναλύονται ορισμένα παραδείγματα αγωγών μεταφοράς. Στο παράδειγμα της εικόνας διακρίνεται ότι ο αγωγός μεταφοράς είναι κλειστός αγωγός υπό πίεση. Στα κατώτερα του σημεία τοποθετούνται βαλβίδες εκκένωσης, ενώ στο ψηλό σημείο τοποθετείται μια βαλβίδα διακοπής εξαγωγής αέρα. Επίσης υπάρχει ένα φρεάτιο πιεζοθραύσεως και μια βαλβίδα διακοπής της ροής αμέσως κατάντι της υδροληψίας.



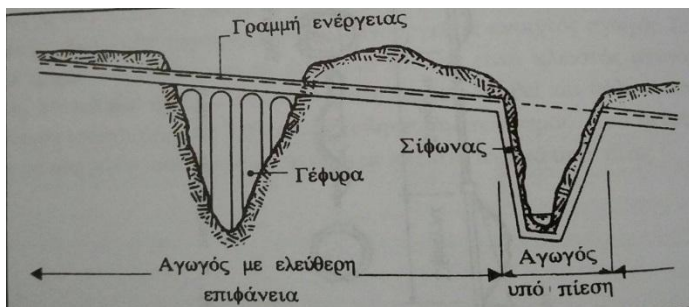
Σχ. 6.3. Υπό πίεση αγωγός μεταφοράς νερού.

Στο επόμενο παράδειγμα φαίνεται ένας αγωγός μεταφοράς ο οποίος είναι κλειστός υπό πίεση ακολουθώντας το ανάγλυφο του εδάφους. Στην αρχή και στο τέλος βρίσκονται βαλβίδες διακοπής ροής και στο ψηλό σημείο τοποθετείται μια βαλβίδα εξαερισμού.



Σχ. 6.4. Υπό πίεση αγωγός μεταφοράς νερού.

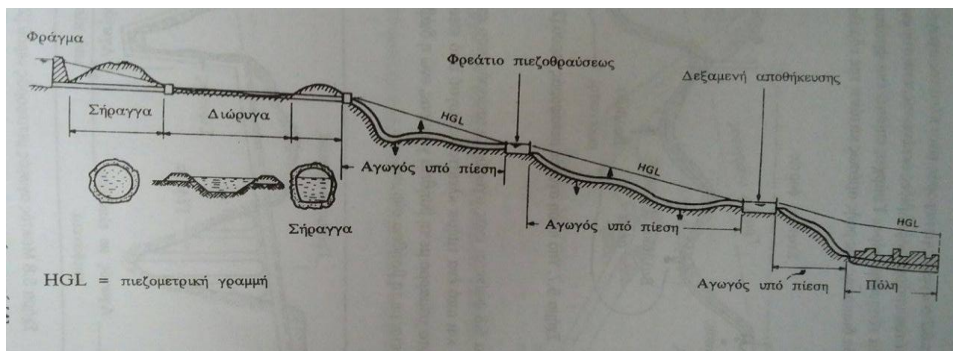
Στο παρακάτω παράδειγμα βρίσκεται ένας αγωγός μεταφοράς που απαρτίζεται από έναν ανοιχτό αγωγό και από ένα τμήμα κλειστού αγωγού υπό πίεση. Ο αγωγός διαπερνά τον πρώτο χείμαρρο με τη βοήθεια γέφυρας και η διάβαση του δεύτερου χείμαρρου γίνεται με τη βοήθεια σίφωνα.



Σχ. 6.5. Μεικτός αγωγός μεταφοράς νερού.

Στο τελευταίο παράδειγμα φαίνεται το πρώτο τμήμα από το φράγμα μέχρι το τέλος του λόφου είναι σήραγγα υπό πίεση. Το επόμενο τμήμα

στο ομαλό έδαφος είναι τραπεζοειδής διώρυγα ενώ ύστερα ακολουθεί η σήραγγα που λειτουργεί ως ανοιχτός αγωγός . Στη συνέχεια το επόμενο τμήμα που έχει ανώμαλο έδαφος είναι κλειστός αγωγός υπό πίεση. Επίσης μεσολαβεί φρεάτιο πιεζοθραύσεως και έπειτα ακολουθεί ένας κλειστός αγωγός υπό πίεση μέχρι τη δεξαμενή αποθήκευσης του νερού. Από τη δεξαμενή το νερό οδηγείται στον οικισμό και πάλι με κλειστό αγωγό υπό πίεση.

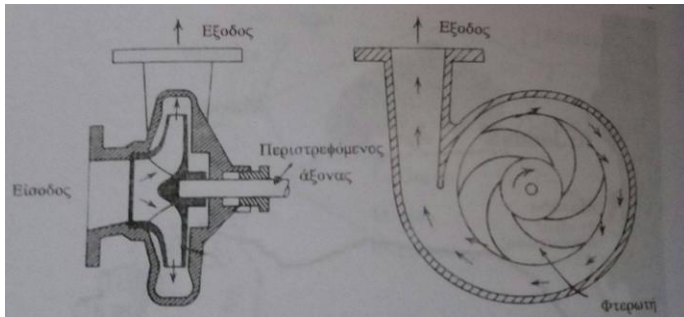


Σχ.

6.6.Μεικτός αγωγός μεταφοράς νερού.

6.5 Αντλίες- Γενικά

Ο τύπος αντλίας που συνηθίζεται να χρησιμοποιείται για τις υδρεύσεις είναι η φυγόκεντρη αντλία. Αυτές χρησιμοποιούνται σε μεγάλο βαθμό διότι είναι απλές, έχουν χαμηλό κόστος, καταλαμβάνουν μικρό χώρο και λειτουργούν υπό διαφορετικές συνθήκες. Η αντλία απαρτίζεται από ένα δίσκο με πτερύγια που περιστρέφεται και ονομάζεται φτερωτή. Αυτή περιβάλλεται από ένα μεταλλικό κέλυφος. Όταν η φτερωτή περιστρέφεται, τότε ωθεί το νερό στο διάκενο που υπάρχει μεταξύ της και του περιβλήματος. Έτσι αναγκάζεται να κινηθεί προς το στόμιο του καταθλιπτικού σωλήνα και έπειτα σε αυτόν. Οι αντλίες αυτές ονομάζονται φυγόκεντρες διότι η κίνηση του νερού οφείλεται στην αναπτυσσόμενη φυγόκεντρη δύναμη.



Σχ. 6.7. Χαρακτηριστικά μιας φυγόκεντρης αντλίας σε τομή.

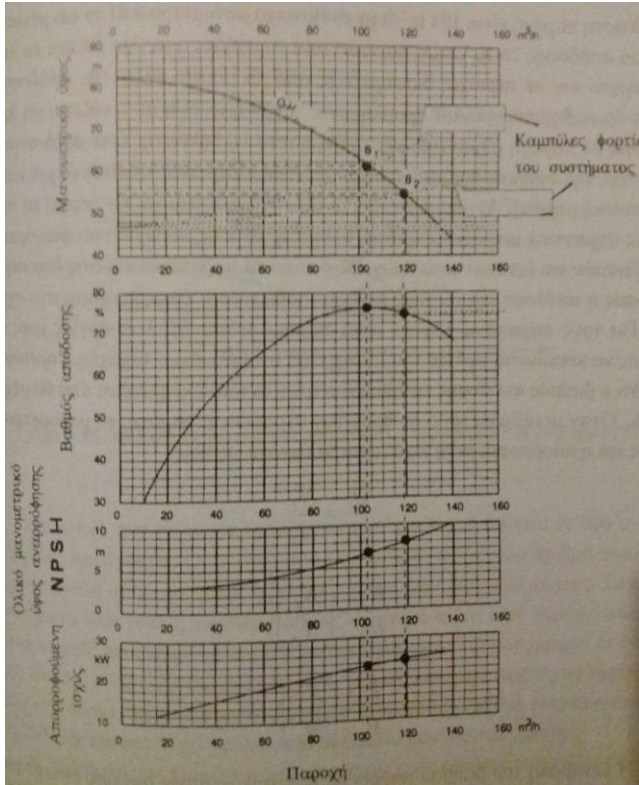
Στη μελέτη των αντλιών χρησιμοποιούνται ορισμένες έννοιες οι οποίες θα αναλυθούν παρακάτω. Αρχικά αντλητικό συγκρότημα λέγεται η αντλία μαζί με τον κινητήρα.

Αναρρόφηση λέγεται το τμήμα του δικτύου άντλησης από τη θέση του αντλούμενου νερού μέχρι την αντλία.

Κατάθλιψη ονομάζεται το τμήμα του δικτύου ξεκινώντας από την αντλία μέχρι το σημείο που φτάνει το νερό μετά την άντληση.

Γεωμετρικό ύψος ονομάζεται η υψομετρική διαφορά μεταξύ της επιφάνειας του αντλούμενου νερού και του σημείου που φτάνει το νερό μετά την άντληση. Μανομετρικό ύψος είναι το άθροισμα του γεωμετρικού ύψους και των συνολικών απωλειών που δέχεται το νερό στη διαδρομή του. Οι συνολικές απώλειες αποτελούν το συνολικό άθροισμα των γραμμικών απωλειών στο σωλήνα και των τοπικών απωλειών λόγω εξαρτημάτων, στενώσεων και στροφών.

Βαθμός απόδοσης της αντλίας λέγεται ο λόγος της ισχύος που αποδίδει η αντλία προς την ισχύ που απορροφά. Ολικό μανομετρικό ύψος αναρρόφησης είναι η διαφορά του πιεζομετρικού φορτίου στην είσοδο του νερού στην αντλία μείον το πιεζομετρικό φορτίο των υδρατμών. Η φυγόκεντρη αντλία συνοδεύεται από τον κατασκευαστή της με τέσσερις καμπύλες που έχουν σχέση με το μανομετρικό ύψος, το ολικό μανομετρικό ύψος αναρρόφησης, το συντελεστή απόδοσης, την απορροφούμενη ισχύ με την παροχή αντλίας.



Σχ. 6.8. Χαρακτηριστικές καμπύλες

μιας φυγόκεντρης αντλίας.

6.6 Ολικό μανομετρικό ύψος αναρρόφησης

Για την βέλτιστη λειτουργία μιας αντλίας είναι σημαντικό να προσεχθεί το φαινόμενο της σπηλαίωσης. Οι επιπτώσεις του του φαινομένου αυτού στις αντλίες είναι οι εξής :

- α) Φθείρεται η φτερωτή και τα άλλα μηχανικά μέρη
- β) Η μειωμένη απόδοση της αντλίας λόγω της ύπαρξης υδρατμών, ακόμα και αν δεν έχουν υπάρξει φθορές στα μηχανικά μέρη της αντλίας.

Το φαινόμενο της σπηλαίωσης προκύπτει, όταν ελαττωθεί αρκετά η πίεση στο σωλήνα αναρρόφησης της αντλίας. Η πίεση αυτή είναι απαραίτητη για την αποφυγή του φαινομένου και ονομάζεται ολικό μανομετρικό ύψος αναρρόφησης ($NPSH_r$). Είναι η διαφορά της απόλυτης πίεσης του νερού στην είσοδο της αντλίας από την απόλυτη πίεση των υδρατμών. Το μέγεθος αυτό υπολογίζεται με εργαστηριακούς ελέγχους και δίνεται από τους κατασκευαστές. Το διαθέσιμο $NPSH_a$ του συστήματος, για να αποφυγή η σπηλαίωση πρέπει να είναι μεγαλύτερο από το απαιτούμενο του κατασκευαστή $NPSH_r$ δηλαδή πρέπει :

$$NPSH_a > NPSH_r$$

Το βέλτιστο σημείο λειτουργίας του $NPSH_r$ είναι τα 7 μέτρα. Το $NPSH_a$ του συστήματος υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$NPSH_a = H_b + z - H_f - H_{va}$$

,όπου H_b είναι η ελάχιστη απαιτούμενη απόλυτη ατμοσφαιρική πίεση, z είναι η απόσταση της αντλίας από την ελεύθερη επιφάνεια της δεξαμενής αναρρόφησης, H_f είναι οι απώλειες του σωλήνα αναρρόφησης και H_{va} είναι η απόλυτη πίεση υδρατμών για την μέγιστη πιθανή θερμοκρασία.

Για παράδειγμα

Έστω μια αντλία δέχεται νερό από μια δεξαμενή, η οποία βρίσκεται σε στάθμη 1,30 μέτρα χαμηλότερα. Το υψόμετρο που βρίσκεται η αντλία είναι τα 1520 μέτρα και η ατμοσφαιρική πίεση στο υψόμετρο αυτό είναι 8,60 μέτρα. Η μέγιστη αναμενόμενη θερμοκρασία του νερού είναι 5°C και οι συνολικές απώλειες του σωλήνα αναρρόφησης είναι το 1,00 μέτρο ενώ η απόλυτη πίεση των υδρατμών είναι 0,085 μέτρα. Το NPSH του συστήματος σύμφωνα με τα στοιχεία που δόθηκαν παίρνει την μορφή :

$$NPSH_a = 8.6 - 1.3 - 1.00 - 0.085 = 6.215 \text{ m.}$$

Σε περίπτωση που το απαιτούμενο $NPSH_r$ της αντλίας είναι 6 μέτρα και η αντλία βρίσκεται σε απόσταση 2 μέτρα από τη στάθμη της δεξαμενής, τότε το $NPSH_a$ θα είναι

$$NPSH_a = 8.6 - 2.0 - 1.0 - 0.085 = 5.515 \text{ m.}$$

Δηλαδή, μικρότερο από το απαιτούμενο και στην περίπτωση αυτή η αντλία κινδυνεύει να υποστεί βλάβη από το φαινόμενο της σπαιλαίωσης.

6.7 Ισχύς και επιλογή αντλίας

Μια αντλία αποδίδει ισχύ που αφορά το έργο που παράγει στη μονάδα του χρόνου σε περίπτωση που ανυψωθεί το νερό σε ψηλότερο σημείο.

Ο βαθμός απόδοσης της αντλίας, εκφράζεται από τον λόγο της αποδιδόμενης ισχύς προς την ισχύ που προσδίδεται σε αυτήν από τον κινητήρα. Με αποτέλεσμα η απαιτούμενη ισχύς της αντλίας δίνεται από τον τύπο :

$$P=(\gamma QH)/ \eta$$

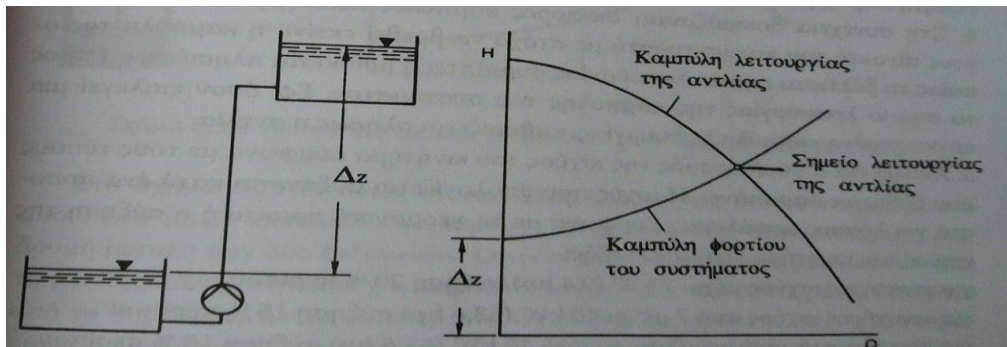
,όπου γ είναι το ειδικό βάρος του υγρού, Q είναι η παροχή και H το μανομετρικό φορτίο.

Το μανομετρικό ύψος απαρτίζεται από την πρόσθεση του γεωμετρικού ύψους με τις απώλειες του νερού στο σωλήνα αναρρόφησης και το καταθλιπτικό αγωγό. Έτσι το μανομετρικό ύψος υπολογίζεται από τον τύπο :

$$H=\Delta z+ h_f=\Delta z+ ((8fL/ \pi^2 D^2 g)Q^2)$$

,όπου Δz είναι το γεωμετρικό ύψος, f είναι ο συντελεστής απωλειών του Moody, L είναι το μήκος του σωλήνα, D η διάμετρος του και το Q είναι η διερχόμενη παροχή.

Επίσης σχεδιάζεται σε διάγραμμα μια καμπύλη που θα γίνεται κατανοητή η μεταβολή του μανομετρικού φορτίου με την παροχή η οποία αποκαλείται καμπύλη φορτίου του συστήματος.



Σχ. 6.9. Καμπύλη πιεζομετρικού φορτίου ενός συστήματος άντλησης από δεξαμενή σε δεξαμενή.

Για την βέλτιστη επιλογή αντλίας ακολουθούνται ορισμένα βήματα, τα οποία περιγράφονται παρακάτω :

- 1) Με γνωστό το μήκος και τη διάμετρο του σωλήνα, δίνονται διάφορες τιμές στη διερχόμενη παροχή, με αποτέλεσμα να υπολογίζονται οι τοπικές και οι γραμμικές απώλειες. Επίσης

βρίσκονται οι τιμές από το μανομετρικό ύψος μέσω του τύπου $H = \Delta z + h_f$, με την προϋπόθεση να υπάρχει ως δεδομένο το γεωμετρικό ύψος.

- 2) Σχεδιάζεται η καμπύλη λειτουργίας του συστήματος, σύμφωνα με τα αποτελέσματα που βρέθηκαν από την αρχική διαδικασία.
- 3) Σημειώνεται στην καμπύλη λειτουργίας το σημείο που αντιστοιχεί στην επιθυμητή παροχή που πρέπει να αντληθεί
- 4) Έπειτα με βάση τους πίνακες του κατασκευαστή, δοκιμάζονται διάφορες καμπύλες λειτουργίας αντλιών με σκοπό να βρεθεί καμπύλη που να βρίσκεται κοντά το βέλτιστο σημείο λειτουργίας με το σημείο λειτουργίας της καμπύλης. Έτσι καθορίζεται πλήρως η αντλία.
- 5) Τέλος γίνεται ο υπολογισμός της ισχύος του κινητήρα σύμφωνα με τους τύπους.

Παράδειγμα για την μελέτη αντλιοστασίου

Ένα ορεινό χωριό υδροδοτείται μέσω γεώτρησης που βρίσκεται σε πεδινή περιοχή. Η παροχή της γεώτρησης είναι $20 \text{ m}^3/\text{h}$. Το νερό που αντλείται, αποθηκεύεται σε μια δεξαμενή.

Το νερό της δεξαμενής προωθείται στη δεξαμενή του οικισμού, μέσω σωλήνα μήκους 1000 μέτρων.

Η υψομετρική διαφορά ανάμεσα στις δύο δεξαμενές είναι 330 μέτρα και το ύψος αυτών 3 μέτρα η εκάστοτε. Να υπολογιστεί το αντλητικό που απαιτείται για την μεταφορά του νερού από την μια δεξαμενή στην άλλη.

Λύση

Αρχικά υπολογίζεται η ταχύτητα του νερού στο σωλήνα. Ο σωλήνας που επιλέγεται στην περίπτωση του παραδείγματος είναι χαλυβδοσωλήνας με διαστάσεις: εξωτερική διάμετρος 133 mm, εσωτερική διάμετρος 121 mm και πάχος 6 mm. Άρα :

$$V = (4Q) / (\pi D^2) = (4 * (30/3600)) / \pi * 0.121^2 = 0.72 \text{ m/s}$$

Στην συνέχεια υπολογίζονται οι γραμμικές απώλειες h_f από την σχέση :

$$h_f = (8fL / \pi^2 D^5 g) Q^2 = (8 * 0.025 * 1000 / \pi^2 * 0.121^5 * 9.81) (30/3600)^2 = 5.55 \text{ m.}$$

,όπου $f = 0.025$

Έπειτα υπολογίζεται το μανομετρικό ύψος του συστήματος από την εξίσωση :

$$H = \Delta z + h_f + 0.46 = 330 + 5.55 + 0.46 = 336.01 \text{ m}$$

,όπου 0.46 είναι η στρογγύλευση

Στην συνέχεια η ισχύς της αντλίας ενώ αρχικά βρίσκουμε στους πίνακες των κατασκευαστών αντλία με τα στοιχεία που ταιριάζουν στο παράδειγμα.

Μέσω των διαστάσεων της φτερωτής και των διαγραμμάτων της καμπύλης λειτουργίας και απορροφημένης ισχύος παρατηρείται ότι η αντλία έχει μέγιστη απόδοση 64%. Έτσι χρησιμοποιείται ο τύπος :

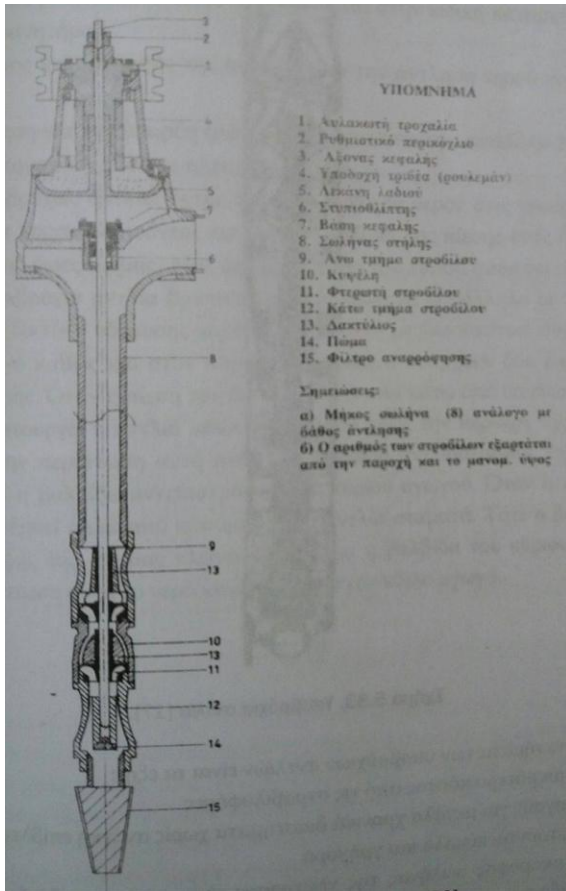
$$P = (\gamma Q H) / \eta = (30 * 336.01) / (270 * 0.64) = 58.33 \text{ hp}$$

6.8 Άντληση-τύποι από γεωτρήσεις

Για την άντληση του νερού από γεωτρήσεις, οι αντλίες που χρησιμοποιούνται είναι δύο τύπων, οι υποβρύχιες και οι στροβιφόρες. Αρχικά η **στροβιλοφόρος αντλία** βρίσκεται μέσα στο σωλήνα της γεώτρησης και συνδέεται με τον κινητήρα, ο οποίος είναι στην επιφάνεια με την βοήθεια ενός άξονα που μεταδίδει την κίνηση. Η χρήση του άξονα είναι να συγκρατείται στο κέντρο του σωλήνα και περιστρέφεται από τον κινητήρα. Οι αντλίες αυτού του τύπου είναι δαπανηρές έχοντας μάλιστα διπλάσιο κόστος από τις υποβρύχιες αντλίες. Επίσης έχουν χρονοβόρα συναρμολόγηση και αποσυναρμολόγηση, σε περίπτωση βλάβης. Οι στροβιλοφόρες αντλίες έχουν και ορισμένα πλεονεκτήματα όπως:

- α. έχουν μεγάλη αντοχή και να αντλήσουν μεγάλη ποσότητα νερού σε δύσκολες συνθήκες
- β. έχουν μεγάλη αξιοπιστία οι μηχανές
- γ. βοηθάει στον καθαρισμό των γεωτρήσεων μέσω της άντλησης θολού νερού με σχετικά μεγάλη περιεκτικότητα σε άμμο και λάσπη.

Η χρήση του συγκεκριμένου είδους άντλησης είναι περιορισμένη τα τελευταία χρόνια λόγω του υψηλού κόστους, ενώ χρησιμοποιείται μόνο σε περίπτωση όπου μεταβάλλονται το μανομετρικό ύψος και η αντλούμενη παροχή.



Σχ. 6.10. Στροβιλοφόρος αντλία.

Ένας άλλος τύπος αντλίας από γεώτρηση είναι η υποβρύχια αντλία. Διαφέρει από την στροβιλοφόρο αντλία, στο γεγονός ότι ο κινητήρας της βρίσκεται μέσα στο νερό και για την παροχή ηλεκτρικού ρεύματος σε αυτόν επιτυγχάνεται με την χρήση ειδικού υδατοστεγές καλωδίου. Κατασκευάζονται λοιπόν κινητήρες που βρίσκονται σε επαφή με το νερό, με αποτέλεσμα να γίνεται ψύξη.

Οι υποβρύχιες αντλίες έχουν ορισμένα πλεονεκτήματα όπως :

1. Έχουν εύκολη και γρήγορη τοποθέτηση
2. Είναι πιο οικονομικές σε σύγκριση με τις στροβιλοφόρες αντλίες
3. Δεν έχουν την ανάγκη επίβλεψης σε τακτά χρονικά διαστήματα
4. Δεν υπάρχει άξονας περιστροφής λόγω ότι ο κατακόρυφος σωλήνας της γεώτρησης είναι κενός, ενώ αυτό δεν ισχύει στις στροβιλοφόρες αντλίες
5. Έχουν μικρή διάμετρο
6. Λειτουργούν με χαμηλό θόρυβο
7. Εκτός από την κατακόρυφη διάταξη, μπορούν να τοποθετούνται και σε διαφορετική διάταξη
8. Σε περίπτωση που ολόκληρο βρίσκεται μέσα στην γεώτρηση, τότε δεν χρειάζεται κτίριο για τη στέγαση του αντλητικού συγκροτήματος.

Εκτός όμως από τα παραπάνω πλεονεκτήματα οι υποβρύχιες αντλίες διαθέτουν και μερικά μειονεκτήματα όπως :

1. Υπάρχει κίνδυνος καταστροφής της αντλίας λόγω άντλησης νερού που περιέχει άμμο
2. Η απόδοσή του είναι αρκετά χαμηλή και το γεγονός αυτό οφείλεται στην ειδική κατασκευή του υποβρυχίου κινητήρα

3. Λόγω ότι οι υποβρύχιες αντλίες λειτουργούν αποκλειστικά με ηλεκτρικό ρεύμα, απαιτείται η ύπαρξη ηλεκτρικής εγκατάστασης

Μια ακόμα χρήση των υποβρύχιων αντλιών, εκτός από την άντληση νερού, είναι η αύξηση της πίεσης ενός δικτύου ύδρευσης σε ώρες αιχμής.



Σχ. 6.11. Υποβρύχια αντλία.

6. Έλεγχος λειτουργίας και σωστή επιλογή αντλίας

Συχνά γίνεται έλεγχος λειτουργίας του αντλητικού συγκροτήματος και ο έλεγχος τυχόν μεταβολών στο πέρασμα του χρόνου και

έχουν ως αποτέλεσμα την ελάττωση της απόδοσής του σε συνδυασμό με την αύξηση του κόστους λειτουργίας.

Παρακάτω αναλύεται η διαδικασία κατά την οποία προσδιορίζεται η καμπύλη λειτουργίας μιας αντλίας που βρίσκεται σε λειτουργία. Αρχικά στον καταθλιπτικό σωλήνα τοποθετείται ένα μανόμετρο και ένα παροχόμετρο, αμέσως μετά από την αντλία και πριν από αυτή τοποθετείται ένα μανόμετρο στον σωλήνα αναρρόφησης.

Το παροχόμετρο δείχνει το μανομετρικό φορτίο της εκάστοτε παροχής όπου ισούται με το άθροισμα των ενδείξεων των δύο μανομέτρων και της υψομετρικής διαφοράς των οργάνων. Ισχύει δηλαδή η σχέση :

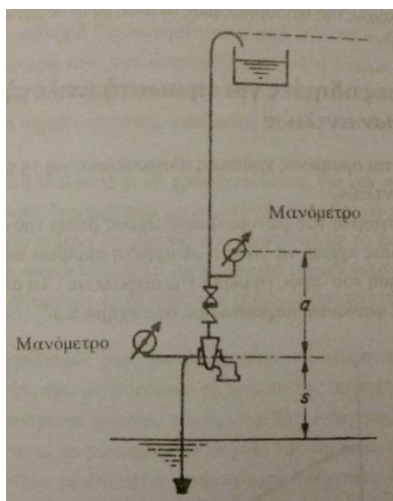
$$H = h_d + h_s + a$$

Το h_s συνήθως προσδιορίζεται αθροίζοντας την υψομετρική διαφορά με τις απώλειες του σωλήνα αναρρόφησης, με την προϋπόθεση να υπάρχει ως δεδομένο η παροχή. Στην συνέχεια γίνεται σύγκριση μεταξύ των τιμών (H, Q) του σημείου λειτουργίας της αντλίας και του θεωρητικού σημείου βέλτιστης λειτουργίας. Σε περίπτωση που συμπίπτουν, τότε η αντλία λειτουργεί ικανοποιητικά ενώ σε αντίθετη περίπτωση γίνεται προσπάθεια για να βρεθούν τα αίτια της μετατόπισης του σημείου λειτουργίας από την βέλτιστη θέση.

Μεταβάλλοντας την παροχή του συστήματος και με την βοήθεια τριών διαφορετικών τιμών (H, Q) , προσδιορίζεται η καμπύλη λειτουργίας

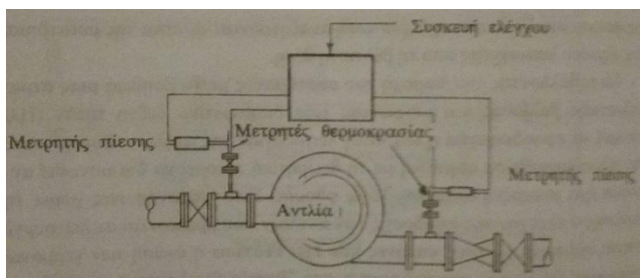
της αντλίας. Έπειτα γίνεται σύγκριση της καμπύλης που βρέθηκε και της θεωρητικής καμπύλης με σκοπό να ελεγχθεί αν η αντλία έχει ελαττώσει την απόδοσή της λόγω φθορών.

Επίσης ο έλεγχος της λειτουργίας μιας αντλίας συχνά γίνεται μέσω μιας κινητής ηλεκτρονικής συσκευής.



Σχ. 6.11. Προσδιορισμός του σημείου λειτουργίας μιας αντλίας.

Τοποθετούνται πριν και μετά της αντλίας μετρητές πίεσης και θερμοκρασίας. Οι μετρητές αυτοί συνδέονται με την ηλεκτρονική συσκευή, η οποία υπολογίζει την παροχή, την κατανάλωση ενέργειας, την απόδοση της αντλίας και το μανομετρικό φορτίο.



Σχ. 6.12. Έλεγχος της λειτουργίας μιας αντλίας με ηλεκτρονική συσκευή.

Για την βέλτιστη λειτουργία και επιλογή των αντλιών πρέπει να λαμβάνονται υπόψη μερικές χρήσιμες πληροφορίες όπως :

Α) Ο υπολογισμός του μανομετρικού ύψους ,μέσω του οποίου επιλέγεται αντλία, πρέπει να γίνεται με μεγάλη ακρίβεια και να αποφεύγεται επίσης την αυθαίρετη αύξηση του '' προς τη μεριά της ασφάλειας '' .

Β) Η επιλογή κινητήρα με ισχύ σημαντικά μεγαλύτερη από την απαιτούμενη, αυτός αναγκάζει την αντλία να λειτουργεί σε περιοχή δεξιότερα από το σημείο όπου η απόδοση είναι μέγιστη και τελικά να υπάρχουν δυσμενή αποτελέσματα.

Γ) Καλό θα ήταν να μην χρησιμοποιείται η ίδια αντλία για την ανύψωση νερού σε σημεία με διαφορετικά μανομετρικά ύψη. Η λειτουργία της αντλίας κοντά στο μανομετρικό έχει συνέπεια την μειωμένη απόδοση και τυχόν κίνδυνο είτε από σπηλαιώση είτε από κραδασμών και αστάθειας.

Δ) Η μείωση της παροχής στον καταθλιπτικό σωλήνα έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της παροχής της αντλίας, τη σπατάλη ενέργειας και την αύξηση του μανομετρικού φορτίου.

Ε) Σε περίπτωση που μειωθεί το μανομετρικό φορτίο, μειώνεται και η κατανάλωση ενέργειας. Για την επίτευξη αυτού του σκοπού διατηρείται η στάθμη του νερού στη δεξαμενή προορισμού χαμηλά, ενώ η αντίστοιχη στάθμη του νερού στη δεξαμενή άντλησης είναι ψηλά. Βασική προϋπόθεση για να επιτευχθεί αυτό, είναι το νέο σημείο λειτουργίας της καμπύλης να βρίσκεται κοντά στο σημείο βέλτιστης απόδοσης.

Στ) Σε περίπτωση όπου το σημείο λειτουργίας της αντλίας βρίσκεται πιο αριστερά από το σημείο βέλτιστης απόδοσης, τότε η μετακίνηση του προς την βέλτιστη θέση επιτυγχάνεται με την μείωση της στάθμης του νερού στη δεξαμενή προορισμού,

με την αύξηση της διαμέτρου της φτερωτής ή με την αύξηση της παροχετευτικής ικανότητας του καταθλιπτικού αγωγού. Αν το σημείο λειτουργίας της αντλίας βρίσκεται πιο δεξιά από το σημείο βέλτιστης απόδοσης, τότε η μετακίνηση του στη βέλτιστη θέση επιτυγχάνεται με την αύξηση της στάθμης του νερού στη δεξαμενή προορισμού ή με τη μείωση της διαμέτρου της φτερωτής της αντλίας.

6.10 Υδραυλικό πλήγμα και μέτρα προστασίας

Σε ένα υδραυλικό σύστημα η απότομη μεταβολή της ταχύτητας του νερού έχει ως αποτέλεσμα και την απότομη μεταβολή της πίεσης. Συνέπεια αυτού είναι να δημιουργούνται πιεστικά κύματα, τα οποία κινούνται με μεγάλη ταχύτητα στο σύστημα και η ονομασία του φαινομένου αυτού είναι υδραυλικό πλήγμα.

Για να κατανοηθεί καλύτερα η δημιουργία του φαινομένου επεξηγείται η περίπτωση του ακαριαίου κλεισίματος της βαλβίδας, η οποία βρίσκεται στο άκρο οριζόντιου σωλήνα συνδεδεμένου με μια δεξαμενή.

Τα φαινόμενα που προκαλούνται εξετάζονται σε τέσσερα διαφορετικά χρονικά διαστήματα και η ανάλυση τους αφορά για σωλήνα δίχως να υπάρχουν τριβές.

A. Χρονικό διάστημα $0 < t < L/a$

Με το κλείσιμο της βαλβίδας, η ταχύτητα του νερού στη βαλβίδα γίνεται μηδέν. Αυτό έχει ως συνέπεια την αύξηση της πίεσης του νερού.

Τα αποτελέσματα της ανόδου της πίεσης είναι η συμπίεση του νερού, η διαστολή του σωλήνα, η αύξηση της πυκνότητας του και τη δημιουργία κύματος πίεσης το οποίο κινείται προς τη δεξαμενή.

Η ταχύτητα του νερού είναι μηδέν, πίσω από το κύμα. Σε χρόνο L/a το κύμα φτάνει στη δεξαμενή και ο σωλήνας διαστέλλεται ενώ η ταχύτητα του νερού είναι μηδέν.

B. Χρονικό διάστημα $L/a < t < 2L/a$

Όταν το κύμα φτάσει στη δεξαμενή έχει αποτέλεσμα η πίεση του νερού του σωλήνα να παίρνει την μορφή $H_0 + \Delta H$ και στη δεξαμενή H_0 . Η διαφορά της πίεσης έχει ως συνέπεια να διοχετεύει το νερό από τον σωλήνα στη δεξαμενή με ταχύτητα ίση με $-V_0$ και η πίεση του νερού στο σωλήνα να έχει την τιμή H_0 .

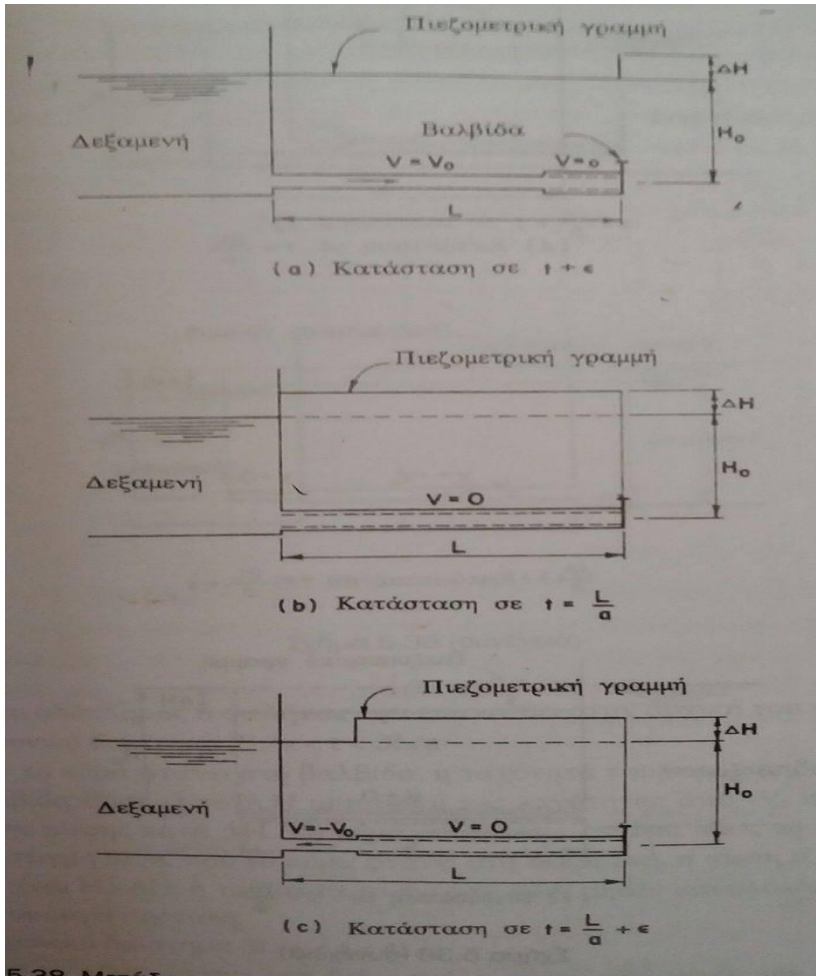
Το αρνητικό αυτό κύμα κινείται προς τη βαλβίδα ενώ γίνεται συστολή του σωλήνα. Τη χρονική στιγμή $2L/a$ όπου το κύμα φτάνει στη βαλβίδα ενώ η πίεση σε όλο το σωλήνα ισούται με H_0 , η ταχύτητα είναι $-V_0$ και ο σωλήνας επανέρχεται στην αρχική του κατάσταση.

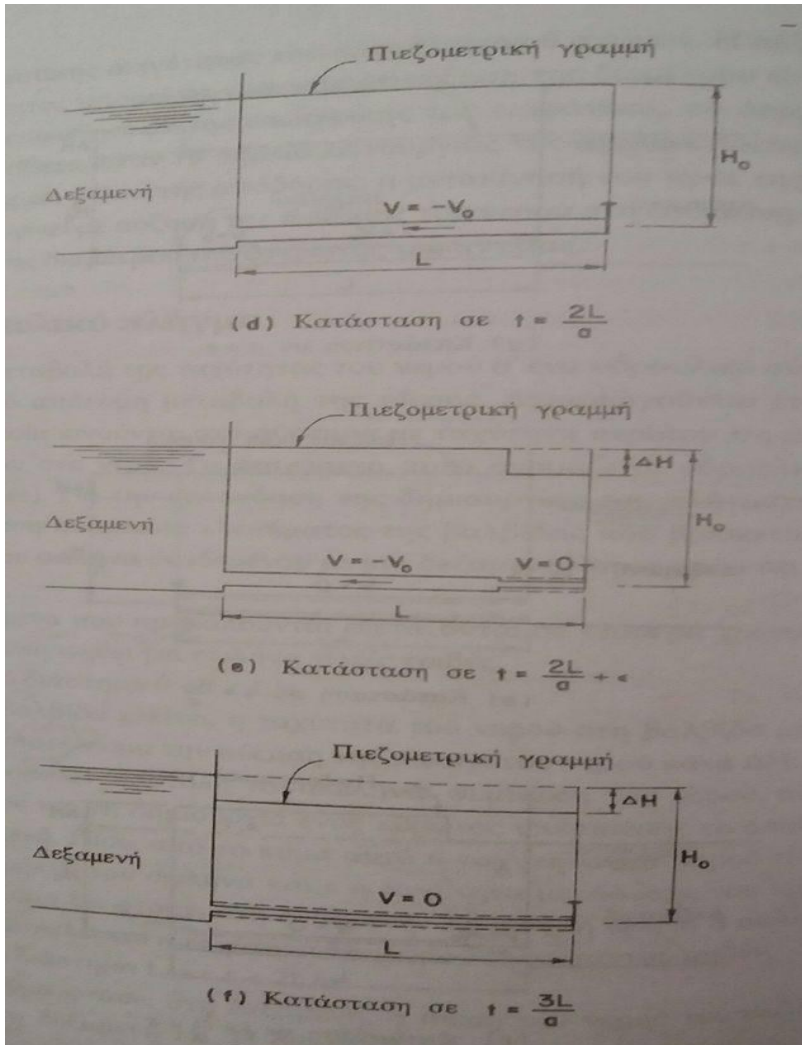
Γ.Χρονικό διάστημα $2L/a < t < 3L/a$

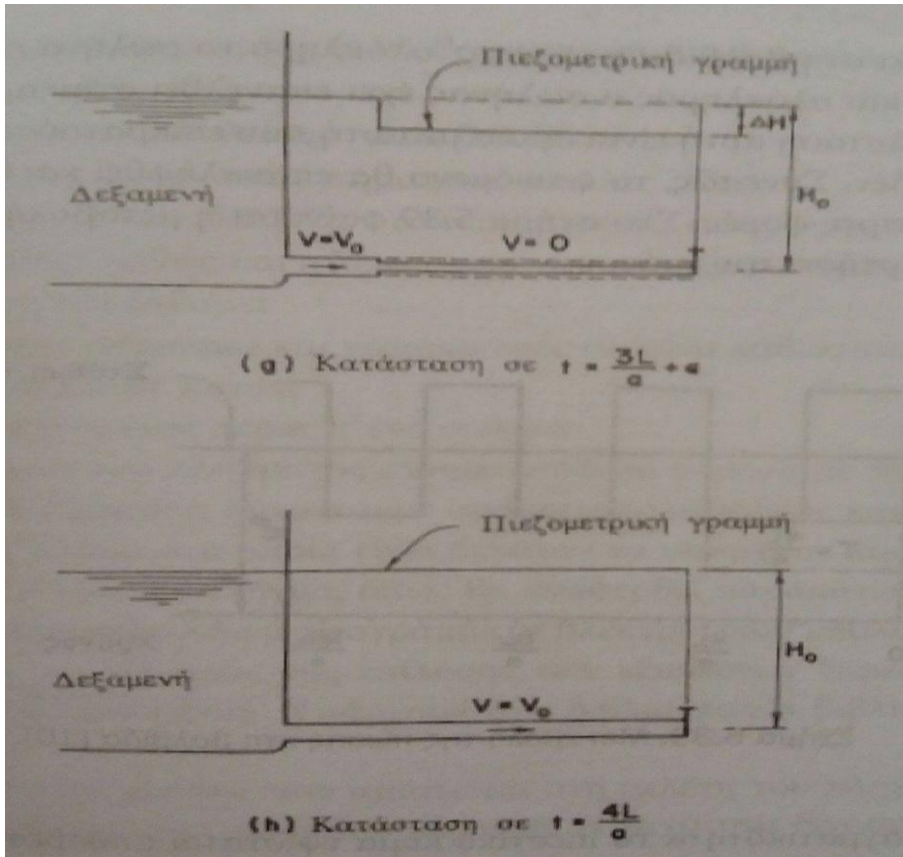
Όταν το κύμα φτάνει στη δεξαμενή τότε η ταχύτητα του νερού του σωλήνα γίνεται μηδέν λόγω της κλειστής βαλβίδας. Η ταχύτητα μηδενίζεται και προκαλεί πτώση της πίεσης. Το κύμα υφίσταται πιέσεις και κινείται προς τη δεξαμενή. Τη χρονική στιγμή $3L/a$ όπου το κύμα φτάνει στη δεξαμενή, η πίεση σε όλο το σωλήνα είναι $H_0 - \Delta H$ ενώ η ταχύτητα του νερού είναι μηδέν και ο σωλήνας υφίσταται συστολή.

Δ.Χρονικό διάστημα $3L/a < t < 4L/a$

Όταν το κύμα φτάνει στη δεξαμενή τότε η πίεση του νερού του σωλήνα είναι $H_0 - \Delta H$ και στη δεξαμενή H_0 . Η διαφορά της πίεσης κινεί το νερό από την δεξαμενή προς το σωλήνα με ταχύτητα V_0 και η πίεση του νερού στο σωλήνα γίνεται H_0 . Τη χρονική στιγμή $4L/a$ όπου το κύμα φτάνει στη βαλβίδα η πίεση σε όλο το σωλήνα γίνεται H_0 και η ταχύτητα ισούται με V_0 , δηλαδή ο σωλήνας επανέρχεται στην αρχική του κατάσταση. Παρόμοια κατάσταση επικρατούσε και τη χρονική στιγμή μηδέν και το φαινόμενο αυτό επαναλαμβάνεται δίχως τέλος.







Σχ. 6.11. Μετάδοση πιεστικού κύματος προκαλούμενο από ακαριαίο κλείσιμο βαλβίδας.

Τα αίτια που προκαλούν την δημιουργία του υδραυλικού πλήγματος είναι αρκετά και τα σπουδαιότερα είναι τα εξής :

- α. Το ξεκίνημα και το σταμάτημα μιας αντλίας.
- β. Το άνοιγμα και το κλείσιμο μιας βαλβίδας.
- γ. Η θραύση του σωλήνα.
- δ. Ο εγκλωβισμός αέρα σε ένα σωλήνα.

ε. Η λειτουργία των βαλβίδων αντεπιστροφής, εισαγωγής-εξαγωγής του αέρα, μείωση της πίεσης και η λειτουργία των ανακουφιστικών βαλβίδων.

στ. Το γρήγορο άδειασμα και γέμισμα ενός σωλήνα καθώς και η ταχεία απομάκρυνση του αέρα από αυτόν.

Η αντιμετώπιση του φαινομένου αυτού γίνεται μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή και έχουν αναπτυχθεί ειδικά προγράμματα για την σωστή επίλυση των διάφορων εξισώσεων.

Επίσης το υδραυλικό πλήγμα δημιουργεί ορισμένα προβλήματα, τα οποία για να αντιμετωπιστούν πρέπει να ληφθούν υπόψη διάφορα μέτρα προστασίας κατά του φαινομένου όπως :

α. Αύξηση της αντοχής του σωλήνα.

β. Μείωση της ταχύτητας του νερού.

γ. Αύξηση του χρόνου ανοίγματος και κλεισίματος των βαλβίδων.

δ. Αλλαγή της μηκοτομής του αγωγού.

ε. Γέμισμα και άδειασμα του σωλήνα.

στ. Λειτουργικά μέτρα.

η. Μείωση της ταχύτητας μετάδοσης του κύματος αλλάζοντας το υλικό του σωλήνα.

ζ. Τοποθέτηση των ειδικών συσκευών, όπως οι πύργοι ανάπαλσης, τα αεροφυλάκια και οι ανακουφιστικές βαλβίδες.

Τα σημαντικότερα από τα μέτρα αυτά είναι η τοποθέτηση των ειδικών συσκευών προστασίας και η αύξηση της αντοχής του σωλήνα. Στην πρώτη περίπτωση το κόστος είναι μικρό αλλά ο κίνδυνος θραύσης του σωλήνα μεγάλος ενώ στη δεύτερη περίπτωση οδηγεί στην επιλογή σωλήνων με μεγάλη αντοχή και το κόστος είναι υψηλό.

Κεφάλαιο 7

Επεξεργασία νερού

7.1 Εισαγωγή και επιλογή μεθόδου επεξεργασίας του νερού

Το νερό όπως το λαμβάνουμε από την φύση δεν ικανοποιεί σε απόλυτο βαθμό τις υγειονολογικές και αισθητικές απαιτήσεις με σκοπό την ασφαλή και υγιή πόση. Για την απομάκρυνση των παθογόνων μικροοργανισμών πραγματοποιείται μια ορισμένη επεξεργασία. Οι μέθοδοι επεξεργασίας κατατάσσονται σε διάφορες κατηγορίες όπως σε **καθαρά φυσικές**, που περιλαμβάνει την εσχάρωση και την απλή καθίζηση, σε **καθαρά χημικές** όπου περιλαμβάνει την προσρόφηση και την ανταλλαγή ιόντων. Επίσης σε **φυσικοχημικές** όπου οι ρύποι μεταβάλλονται χημικά για να επιτευχθεί η απομάκρυνση τους με φυσικές διαδικασίες.

Οι βασικές μέθοδοι επεξεργασίας του νερού είναι η καθίζηση, η κροκίδωση, η απολύμανση και η διύλιση. Από τους προαναφερθέντες μεθόδους επεξεργασίας προκύπτουν τρεις βασικές μέθοδοι (η ευθεία διύλιση, η εν σειρά διύλιση και η συμβατική πλήρης επεξεργασία) και δύο τροποποιημένοι (η διύλιση σε δύο στάδια και η υψηλού επιπέδου πλήρης επεξεργασία).

Στη συμβατική πλήρη επεξεργασία συμπεριλαμβάνονται τα στάδια της κροκίδωσης, της διύλισης και της καθίζησης.

Τα απόβλητα λόγω πλύσης των φίλτρων διοχετεύονται στη δεξαμενή κροκίδωσης και η λάσπη από την δεξαμενή αυτή οδηγείται στις κλίνες ξήρανσης.

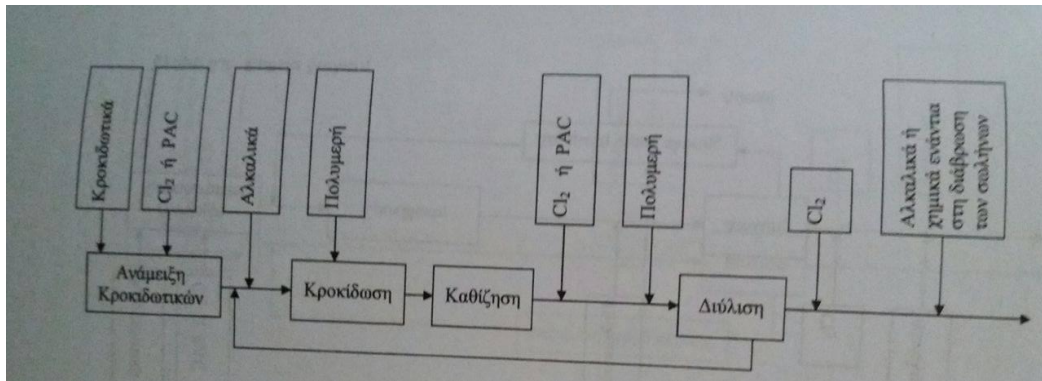
Στην ευθεία διύλιση υπάρχει ένας διαυγαστής στη θέση της κλασσικής δεξαμενής καθίζησης, στον οποίο φτάνουν τα απόβλητα της πλύσης των φίλτρων και ένα μέρος του νερού αυτού παρέχεται στη δεξαμενή κροκίδωσης, ενώ η λάσπη καταλήγει στις κλίνες ξήρανσης.

Στην εν σειρά δεν υπάρχει η δεξαμενή καθίζησης και κροκίδωσης καθώς και το νερό. Ύστερα από την ανάμειξη των κροκιδωτικών πηγαίνει απευθείας στα φίλτρα.

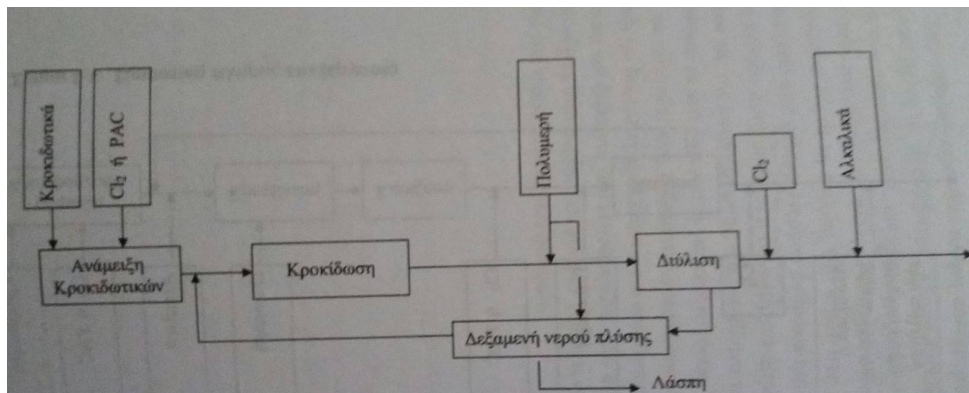
Στην υψηλού επιπέδου πλήρη επεξεργασία, υπάρχει ένα στάδιο προσθήκης όζοντος, πριν την ανάμειξη των κροκιδωτικών. Επίσης υπάρχει η πιθανότητα προσθήκης αμμωνίας και χλωρίου, πριν την είσοδο του νερού στα φίλτρα. Το νερό διέρχεται από φίλτρο άνθρακα και προστίθεται όζον, μετά τη διύλιση του νερού στα φίλτρα άμμου.

Στη μέθοδο αυτή δεν είναι αναγκαίο το φίλτρο άνθρακα και τη μεταοζόνωση. Τα απόβλητα των νερών της πλύσης των φίλτρων πηγαίνουν στον διαυγαστή για επεξεργασία και το νερό από αυτόν μπορεί να οδηγηθεί στη δεξαμενή κροκίδωσης.

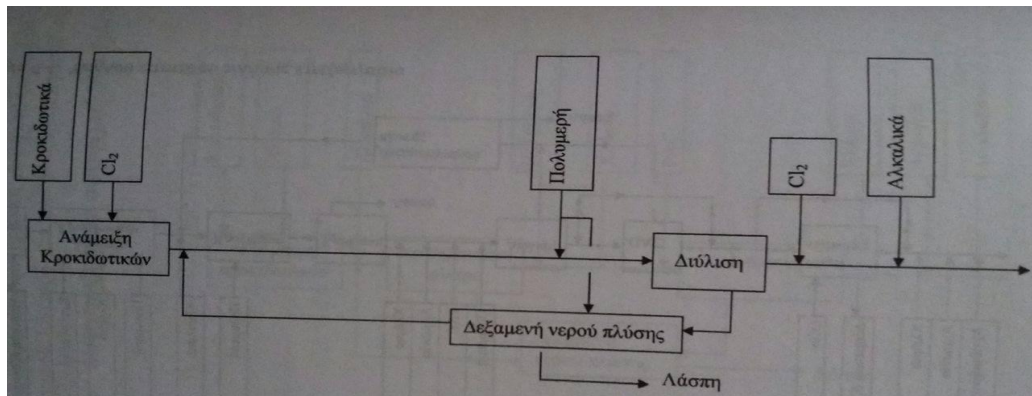
Στη διύλιση των δύο σταδίων υπάρχει μόνο ανάμειξη των κροκιδωτικών και διέλευση του νερού από φίλτρο και επίσης υπάρχει ένας διαυγαστής για την επεξεργασία του νερού πλύσης.



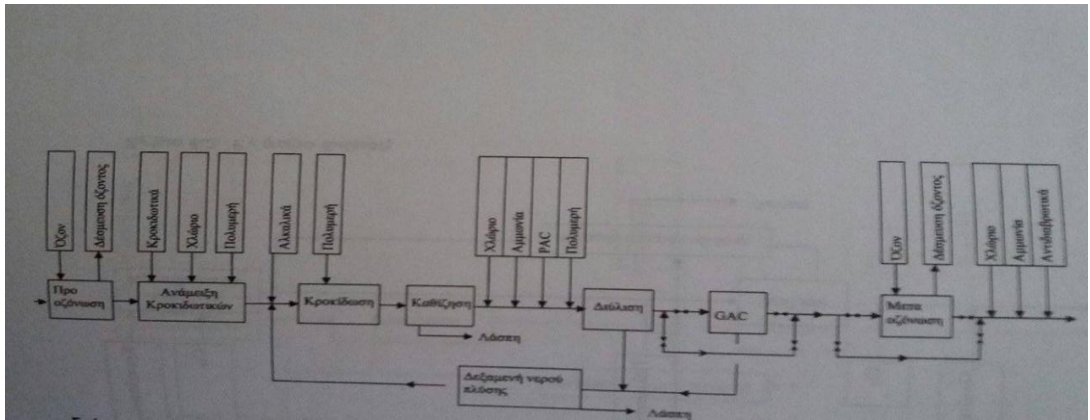
Σχ. 7.1. Συμβατική πλήρης επεξεργασία.



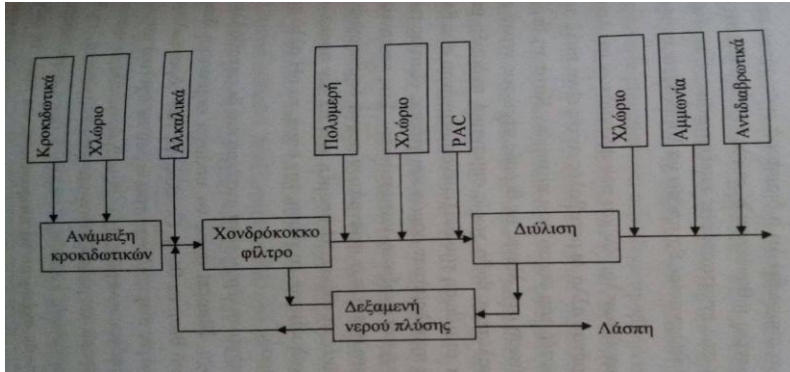
Σχ. 7.2. Ευθεία διόλιση.



Σχ. 7.3. Εν σειρά διύλιση.



Σχ. 7.4. Υψηλού επιπέδου πλήρης επεξεργασία.



Σχ. 7.5. Διύλιση σε δύο στάδια.

Τα νερά που χρησιμοποιούνται για την ύδρευση κατατάσσονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες: τα υπόγεια και τα επιφανειακά νερά. Στα επιφανειακά νερά ανήκουν οι χείμαρροι, τα ποτάμια και οι λίμνες. Το νερό στους χείμαρρους και στους ποταμούς μεταβάλλει την ποιότητα του λόγω των συχνών βροχοπτώσεων. Οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας πόσιμου νερού πρέπει να διαθέτουν αξιοπιστία και ευελιξία για την βέλτιστη αντιμετώπιση της τυχόν επιβαρυσμένης ποιότητας του νερού. Επίσης η διασπορά ενός ρύπου σε ποτάμι υπάρχει σε μεγάλο βαθμό και πιθανότητα να φτάσει ο ρύπος με ευκολία στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας. Η ποιότητα του νερού στα φράγματα και στις λίμνες εξαρτάται από τις περιόδους. Τις θερινές περιόδους δημιουργείται στρωμάτωση στις λίμνες με θερμές στρώσεις νερού στην επιφάνεια και κρύες σε μεγαλύτερα βάθη δίχως να αναμειγνύονται μεταξύ τους. Αποτέλεσμα αυτού δημιουργούνται προβλήματα γεύσης και οσμής λόγω των υπαρχόντων αναερόβιων και την ελάττωση του διαλυμένου οξυγόνου στις κατώτερες στρώσεις. Στις επιφανειακές στρώσεις του νερού των φραγμάτων και των λιμνών πολλές φορές δημιουργούνται άλγες κάτω από ευνοϊκές συνθήκες.

Οι άλγες προκαλούν αλλαγές στη γεύση , την οσμή, την θολότητα και σε άλλα χαρακτηριστικά του νερού.

Τα υπόγεια νερά έχουν σταθερή ποιότητα αλλά ίσως υπάρξει διαφορά ανάλογα με τη θέση λόγω διάφορων υδρογεωλογικών συνθηκών.

Η ποιότητα των υπογείων νερών υπερτερούν συγκριτικά με των επιφανειακών αλλά υστερούν στην σκληρότητα. Επίσης τα υπόγεια νερά δεν υφίστανται επεξεργασία πριν την χρήση τους εκτός από την απολύμανση.

Το κυριότερο κριτήριο επιλογής για την μέθοδο επεξεργασίας είναι η ποιότητα του επεξεργασμένου νερού και η ποιότητα του ανεπεξέργαστου νερού. Επιπλέον άλλα κριτήρια επιλογής είναι οι μεταβολές των χαρακτηριστικών του ανεπεξέργαστου νερού και η τυχόν αυστηρές προδιαγραφές για την ποιότητα του επεξεργασμένου νερού.

Στον σχεδιασμό μιας μονάδας επεξεργασίας κυρίαρχο γνώρισμα είναι η ευελιξία. Επίσης σημαντικό ρόλο έχει το τεχνολογικό επίπεδο της χώρας, το άρτια εξειδικευμένο προσωπικό , το κόστος συντήρησης και άλλοι παράγοντες. Στην Ευρώπη ακολουθούνται ορισμένες οδηγίες όσον αφορά την επεξεργασία των επιφανειακών νερών και κατατάσσονται σε τρεις κατηγορίες, οι οποίες είναι οι εξής :

Κατηγορία A1

Η κατηγορία αυτή αναφέρεται στα επιφανειακά νερά όπου ύστερα από μια απλή φυσική επεξεργασία μετατρέπονται σε πόσιμο νερό, όπως είναι η απολύμανση και η ευθεία διύλιση.

Κατηγορία A2

Η κατηγορία αυτή αναφέρεται στα επιφανειακά νερά όπου ύστερα από μια συμβατική πλήρη επεξεργασία μετατρέπονται σε πόσιμο νερό, όπως είναι η καθίζηση ή κροκίδωση.

Κατηγορία A3

Η κατηγορία αυτή αναφέρεται στα επιφανειακά νερά όπου ύστερα από μια έντονη φυσική και χημική επεξεργασία μετατρέπονται σε πόσιμο νερό, όπως είναι η προσρόφηση από ενεργό άνθρακα και η χλωρίωση μέχρι σημείο θραύσης.

Η επιλογή της κατηγορίας των επιφανειακών νερών γίνεται ύστερα από μετρήσεις και συγκρίσεις των τιμών ανάλογα με αυτές που έχουν δοθεί στις οδηγίες. Αναφέρονται παρακάτω ενδεικτικά παραδείγματα μεθόδων επεξεργασίας ορισμένων πόλεων.

Μονάδα επεξεργασίας της ΕΥΔΑΠ στα ΚιούρκαΕπιφανειακά νερά Μόρνου και Υλίκης: Οξείδωση της οργανικής ύλης με υπερμαγγανικό κάλιο, προχλωρίωση, προσθήκη θειικού αργιλίου, ταυτόχρονη καθίζηση και κροκίδωση, διύλιση και απολύμανση με χλώριο.

Μονάδα επεξεργασίας στο Lengg (Zurich, Ελβετία)Νερό της λίμνης της Ζυρίχης: προοζόνωση, διύλιση με σύγχρονη κροκίδωση, διύλιση δύο σταδίων, αύξηση του pH, οζόνωση, διύλιση σε φίλτρο ενεργού άνθρακα, περιοδική βραδεία διύλιση, απολύμανση με διοξείδιο του άνθρακα.

Μονάδα επεξεργασίας στο Fuhrberg (Hannover, Γερμανία)

Υπόγειο νερό: αερισμός, κροκίδωση, καθίζηση, ταχεία διύλιση, εξουδετέρωση χημικών οξέων με τη μέθοδο της ανταλλαγής ιόντων.

Μονάδα επεξεργασίας στο Choisy-le-Roy (Προάστια του Παρισιού)

Νερό του Σηκουάνα:προοζόνωση, κροκίδωση, καθίζηση, διύλιση, οζόνωση, διύλιση σε φίλτρο ενεργού άνθρακα, απολύμανση.

Μονάδα επεξεργασίας στο LosAngeles (ΗΠΑ)

Κόσκινο, οζόνωση, κροκίδωση, διύλιση, χλωρίωση. Αποτελεί την μεγαλύτερη μονάδα επεξεργασίας των ΗΠΑ.

Μονάδα επεξεργασίας στο PalmBeach(ΗΠΑ)

Υπόγειο νερό: αποσκλήρυνση, οζόνωση, απολύμανση με χλωραμίνες, διύλιση.

Το συμπέρασμα από τα παραδείγματα είναι η ύπαρξη πολλών διαφορετικών συνδυασμών για την επίτευξη του στόχου και οι οδηγίες αποτελούν γενικές κατευθύνσεις και επίσης η κάθε περίπτωση να εξετάζεται ξεχωριστά με προσεκτική μελέτη όλων των παραμέτρων.

7.2 Θρόμβωση και Κροκίδωση

Τα λεπτόκοκκα υλικά έχουν πολύ μικρές ταχύτητες καθίζησης και δεν συγκρατούνται στις δεξαμενές καθίζησης και στα φίλτρα κατά τη διάρκεια διύλισης του νερού. Επιδιώκεται η συνένωση των αρνητικά φορτισμένων σωματιδίων για να επιτυγχάνεται η γρήγορη και ευκολότερη απομάκρυνσή τους από το νερό. Αυτό επέρχεται μέσω χημικών ουσιών που ονομάζονται κροκιδωτικά. Αυτά προκαλούν θρόμβωση των αιρούμενων υλικών.

Θρόμβωση αποκαλείται η χημική διαδικασία που στοχεύει στην αποσταθεροποίηση του ηλεκτρικού φορτίου των σωματιδίων για να είναι δυνατή η συνένωση τους.

Κροκίδωση αποκαλείται η διαδικασία αργής ανάμειξης του νερού, όπου μετά την προσθήκη των κροκιδωτικών στοχεύει στην δημιουργία σωματιδίων που λέγονται κροκίδες.

Αρχικά η επιλογή των κροκιδωτικών ουσιών γίνεται πριν από την μελέτη του έργου με κατάλληλους ελέγχους. Η εγκατάσταση θα πρέπει να είναι ευέλικτα σχεδιασμένη για τυχόν αλλαγές ποιότητας ή τεχνολογίας στο μέλλον.

Σε περίπτωση που η υδροληψία γίνεται από ποτάμι, τότε προβλέπεται η χρήση δύο διαφορετικών κροκιδωτικών ουσιών, ενώ στις μεγάλες μονάδες χρησιμοποιούνται τέσσερα διαφορετικά είδη. Οι πιο συχνές σε χρήση κροκιδωτικές ουσίες στην επεξεργασία του πόσιμου νερού είναι τα άλατα του αργιλίου και του σιδήρου όπου είναι ανόργανες χημικές ενώσεις και οι πολυηλεκτρολύτες που ανήκουν στις οργανικές ενώσεις.

Το θεικό αργίλιο χρησιμοποιείται πιο πολύ από όλα τα κροκιδωτικά. Υπάρχει σε υγρή και στερεή μορφή και το υγρό είναι φθηνότερο από το στερεό. Η αποθήκευση του γίνεται σε δοχεία από χάλυβα ή σκυρόδεμα και προστατεύεται από την υγρασία. Μια

ακόμα κατηγορία κροκιδωτικών είναι τα άλατα του σιδήρου όπως ο θεικός σίδηρος ή ο χλωριούχος σίδηρος. Αυτά παράγουν βαρύτερες κροκίδες συγκριτικά με το θεικό αργίλιο και έχει ως αποτέλεσμα την καλύτερη καθίζηση.

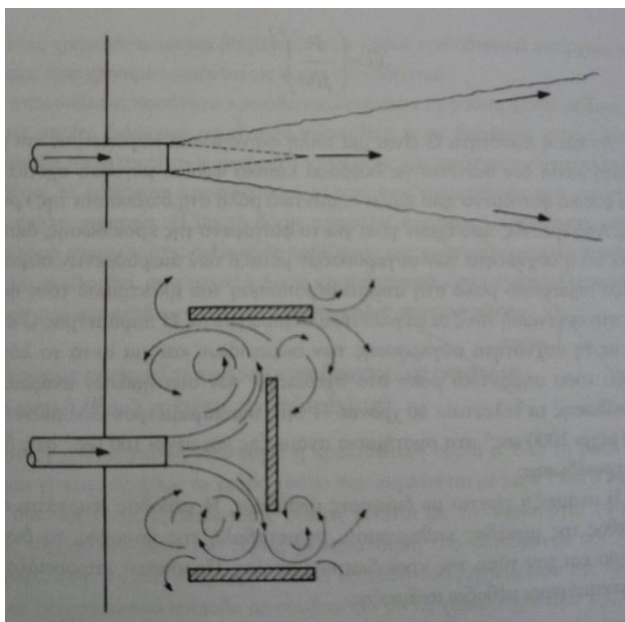
Επίσης υπάρχουν και άλλες βοηθητικές κροκιδωτικές ουσίες οι οποίες χρησιμοποιούνται για να βελτιωθούν τα χαρακτηριστικά καθίζησης των κροκίδων και οι σημαντικότερες από αυτές είναι τα συνθετικά οργανικά πολυμερή. Η ποσότητα κροκιδωτικών ουσιών προσδιορίζεται μέσω δοκιμών σε δείγματα νερού.

Ύστερα από την ανάμιξη επιλέγεται η κατάλληλη δόση των κροκιδωτικού υλικού, η οποία έχει μεγάλη σημασία. Η μεγάλη δόση κροκιδωτικού εμφανίζει στο επεξεργασμένο νερό υψηλές συγκεντρώσεις. Η μικρή δόση έχει ως αποτέλεσμα την ανεπαρκή κροκίδωση και την γρήγορη έμφραξη του φίλτρου.

Η κροκιδωτική ουσία αναμειγνύεται σε όλη την μάζα του νερού και επιτυγχάνεται σε πολύ σύντομο χρόνο. Η γρήγορη διασπορά της ουσίας γίνεται με τη υψηλή ένταση τύρβης στη μάζα του νερού. Η ανάμειξη γίνεται με διάφορους μεθόδους, εξαρτάται τη μεταβολή της παροχής, από διαθέσιμο φορτίο, από το μέγεθος της μονάδας καθαρισμού και τον τύπο της κροκιδωτικής ουσίας.

Θα αναφερθούν ορισμένοι μέθοδοι ανάμειξης ξεκινώντας από την **ανάμειξη με τυρβώδεις φλέβες**. Κατά την έξοδο του νερού από το σωλήνα προσαγωγής, δημιουργεί μια φλέβα νερού η οποία προσκρούει σε μια πλάκα που βρίσκεται απέναντι.

Έπειτα το νερό προσκρούει σε δύο γειτονικές πλάκες με αποτέλεσμα να προκαλείται καλύτερη ανάμειξη.

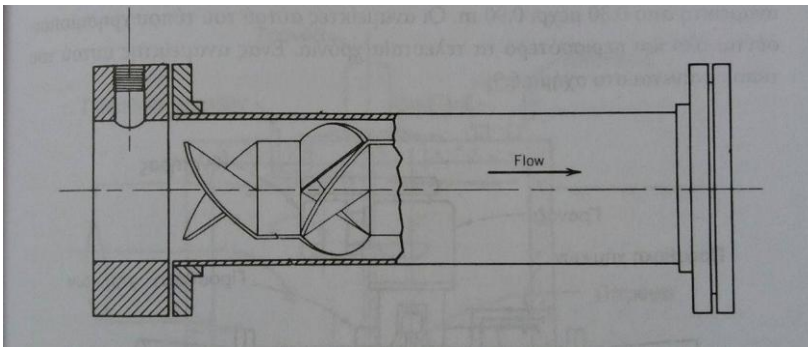


Σχ. 7.1 Ταχεία ανάμειξη με τυρβώδεις φλέβες.

Ένας ακόμα τρόπος είναι η **ανάμειξη με πλέγμα**, στον οποίο ένας αναμεικτής είναι ένα πλέγμα που τοποθετείται στο σωλήνα προσαγωγής. Στη θέση του αναμεικτή γίνεται η προσθήκη του κροκιδωτικού υλικού. Όταν το νερό διέρχεται από τις οπές του πλέγματος τότε δημιουργείται αναταραχή και γίνεται η ανάμειξη του κροκιδωτικού με το νερό. Η χρήση του αναμεικτή δεν συνίσταται στα χονδρόκοκκα φερτά υλικά διότι προκαλείται έμφραξη του πλέγματος.

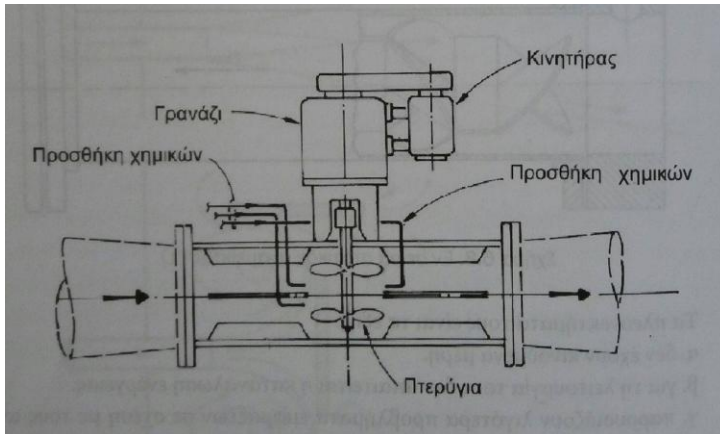
Έπειτα θα αναλυθεί η μέθοδος της **Εν σειρά στατικών αναμεικτών**, οι οποίοι είναι τυποποιημένα εξαρτήματα που τοποθετούνται στο εσωτερικό του σωλήνα προσαγωγής του νερού και αποκαλούνται στατικοί διότι παραμένουν ακίνητοι.

Πραγματοποιείται ανάμειξη του νερού με το κροκιδωτικό υλικό λόγω της θέσης και της διαμόρφωσης. Υπάρχουν έξι τύποι εξαρτημάτων και είναι έτοιμα. Ορισμένα πλεονεκτήματα τους είναι ότι δεν έχουν κινούμενα μέρη και δεν απαιτείται κατανάλωση ενέργειας κατά την λειτουργία τους. Επίσης έχουν και μερικά μειονεκτήματα όπως ότι ο βαθμός ανάμειξης και ο χρόνος ανάμειξης εξαρτώνται από την παροχή του νερού.



Σχ. 7.2. Εν σειρά στατικός αναμεικτης.

Τέλος υπάρχει και η μέθοδος της **Εν σειρά μηχανικών αναμεικτών**, οι οποίοι τοποθετούνται στο εσωτερικό του σωλήνα προσαγωγής και κινούνται με τη βοήθεια ενός κινητήρα και αποκαλούνται μηχανικοί διότι κινούνται. Το μειονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι ότι απαιτείται ενέργεια για την λειτουργία της ενώ πλεονέκτημα είναι ότι η ανάμειξη δεν εξαρτάται από την παροχή του νερού.



Σχ. 7.3. Εν σειρά μηχανικός αναμείκτης.

Με την ολοκλήρωση της προσθήκης κροκιδωτικού υλικού και της ταχείας ανάμειξης, το νερό οδηγείται στην μονάδα κροκίδωσης, η οποία απαρτίζεται από μια δεξαμενή χωρισμένη σε τμήματα. Εκεί το νερό αναμειγνύεται συνεχώς και αργά για να μην καταστραφούν οι δημιουργούμενες κροκίδες μεγάλων διαστάσεων .

Για τον σχεδιασμό μιας μονάδας κροκίδωσης πρέπει να εκτιμούνται ορισμένοι παράγοντες όπως το κόστος, η ποιότητα του ανεπεξέργαστου νερού, η μέθοδος επεξεργασίας του νερού, η απαιτούμενη ποιότητα του επεξεργασμένου νερού, το διαθέσιμο υδραυλικό φορτίο και οι μεταβολές της παροχής στη μονάδα επεξεργασίας.

Οι προαναφερθέντες παράγοντες θα επεξηγηθούν με περισσότερες λεπτομέρειες για την καλύτερη κατανόησή τους και για την περαιτέρω ανάλυσή τους.

Αρχικά ο μελετητής θα πρέπει να έχει μετρήσεις ποιότητας του ανεπεξέργαστου νερού τουλάχιστον για περίοδο πέντε χρόνων και οι μετρήσεις αυτές αφορούν το pH, την αλκαλικότητα, τη θολότητα, το

χρώμα, τη θερμοκρασία, τη συγκέντρωση των αλγών και τα ολικά οργανικά.

Στην περίπτωση που δεν υπάρχουν μετρήσεις για τόσο μεγάλο διάστημα τότε γίνονται μετρήσεις αυτών των παραμέτρων για ένα χρόνο ή για μια υγρή και για μια ξηρή περίοδο.

Στην συνέχεια για την μέθοδο επεξεργασίας του νερού και την απαιτούμενη ποιότητα επεξεργασμένου νερού σημαντικό ρόλο έχει η επιλογή της μεθόδου επεξεργασίας σε συσχετισμό με τη μονάδα κροκίδωσης ώστε να είναι δυνατή η συγκράτηση των κροκίδων από το φίλτρο. Ο τύπος και οι δυνατότητες του φίλτρου επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό τον τύπο της κροκίδωσης. Η ικανοποιητική διαδικασία κροκίδωσης έχει αποτέλεσμα να ελαττώνει αρκετά τη συγκέντρωση των αλγών και των τοξικών μετάλλων στο επεξεργασμένο νερό.

Επίσης σε περίπτωση που το διαθέσιμο υδραυλικό φορτίο είναι μικρό, τότε επιλέγεται η μηχανική κροκίδωση στην οποία διοχετεύεται ενέργεια από έναν κινητήρα. Επιπλέον σημαντικό ρόλο στην αποτελεσματική κροκίδωση είναι η δημιουργία αποτελεσματικής τύρβης, τα υδραυλικά χαρακτηριστικά της δεξαμενής και η αποφυγή δευτερευόντων ρευμάτων κατά την ανάμειξη.

Υπάρχουν ορισμένες κατηγορίες συστημάτων κροκίδωσης, ξεκινώντας από την ανάμειξη που επιτυγχάνεται με μηχανικό τρόπο. Πιο συγκεκριμένα γίνεται ανάδευση του νερού με την προσθήκη μηχανικής ενέργειας από έναν κινητήρα και τα συστήματα είναι ανάλογα με τους μηχανικούς αναμείκτες. Επόμενη κατηγορία είναι αυτή της ανάμειξης με υδραυλικό τρόπο, κατά την οποία γίνεται διέλευση του νερού μέσω δεξαμενής με πλάκες. Αυτές εμποδίζουν τη ροή και προκαλούν ανάμειξη στο νερό και τα συστήματα αυτά είναι ανάλογα με τους στατικούς αναμείκτες.

Η τελευταία κατηγορία περιλαμβάνει την κροκίδωση επαφής. Ανάλογα με τη θέση που έχει ο άξονας περιστροφής, οι μηχανικοί περιστρεφόμενοι κροκιδωτές χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, στους κροκιδωτές με κατακόρυφο άξονα και σε αυτούς με οριζόντιο άξονα περιστροφής. Για την καλύτερη ανάμειξη στον άξονα στηρίζονται εξαρτήματα διάφορων τύπων όπως είναι ένας κροκιδωτής με πτερύγια παράλληλα στον άξονα και ένας τύπος τουρμπίνας. Η βέλτιστη επιλογή του κατάλληλου συστήματος κροκίδωσης εξαρτάται από την διάταξη του συνολικού συστήματος επεξεργασίας. Σε περίπτωση που η ποιότητα του ανεπεξέργαστου νερού είναι καλή, τότε επιλέγεται ως σύστημα επεξεργασίας η ευθεία διύλιση.

Οι κροκίδες στην περίπτωση αυτή έχουν μικρό μέγεθος και είναι ανθεκτικές, με αποτέλεσμα να μην διαλύονται όταν εισέρχονται στο φίλτρο. Προτιμάται λοιπόν η χρήση κροκιδωτών υψηλής ενέργειας με κατακόρυφο άξονα.

Αντίθετα σε περίπτωση που ποιότητα του νερού είναι κακή εξαιτίας μεγάλης θολότητας ή ρύπανσης, επιλέγεται η συμβατική μέθοδος επεξεργασίας.

Οι κροκίδες που χρησιμοποιούνται στην περίπτωση αυτή είναι με παράλληλα πτερύγια και δημιουργούνται κροκίδες μεγάλου μεγέθους και βάρους. Στην υδραυλική κροκίδωση μέσω δεξαμενής με εμπόδια, η ροή του νερού γίνεται οριζόντια ή κατακόρυφα και δεν υπάρχουν έτσι μηχανικά κινούμενα εξαρτήματα, με αποτέλεσμα η συντήρηση να είναι εύκολη και σπάνια. Επίσης κατά την λειτουργία του συστήματος αυτού δεν υπάρχει θόρυβος.

Σαν αρνητικό του συστήματος αυτού είναι κατά την λειτουργία του παρατηρείται πτώση του υδραυλικού φορτίου.

Για τον σχεδιασμό μιας μονάδας κροκίδωσης λαμβάνονται υπόψη ορισμένοι παράμετροι όπως :

α. Η ταχύτητα πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ $25-65 \text{sec}^{-1}$

β. Ο χρόνος παραμονής του νερού στη δεξαμενή κροκίδωσης για την δημιουργία των κροκίδων πρέπει να είναι ως 30 Min.

γ. Καλύτερη κροκίδωση γίνεται με το διαχωρισμό της δεξαμενής σε τρία διαμερίσματα με μεταβλητή ταχύτητα σε κάθε διαμέρισμα.

δ. Η δεξαμενή κροκίδωσης και η δεξαμενή καθίζησης πρέπει να βρίσκονται αρκετά κοντά μεταξύ τους.

ε. Κατά την είσοδο και έξοδο του νερού στη δεξαμενή κροκίδωσης πρέπει να αποφεύγεται η δημιουργία δευτερευόντων ρευμάτων.

στ. Η ταχύτητα του νερού μέσω σωλήνων από τη δεξαμενή κροκίδωσης προς τη δεξαμενή καθίζησης πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ $0.15-1.00 \text{ m/sec}$.

7.3 Καθίζηση

Η Καθίζηση είναι ένα από τα σημαντικότερα στάδια της επεξεργασίας του νερού. Καθίζηση ονομάζεται η διαδικασία απομάκρυνσης των αιρούμενων στερεών του νερού με την βοήθεια άσκησης της βαρύτητας και πραγματοποιείται μέσα σε ειδικές δεξαμενές καθίζησης.

Οι τύποι καθίζησης διαχωρίζονται σε κατηγορίες ανάλογα με τη συγκέντρωση και με το είδος των αιρούμενων σωματιδίων όπως :

A. Καθίζηση με κροκίδωση, στην οποία αλληλεπιδρούν τα γειτονικά σωματίδια μεταξύ τους μέσω του μηχανισμού της κροκίδωσης που βοηθάει στη συνένωσή τους σε μεγαλύτερα συμπλέγματα και έτσι

καθιζάνουν γρήγορα. Αυτό το είδος προτιμάται στις δεξαμενές καθίζησης του πόσιμου νερού , αφού γίνει πρώτα η προσθήκη του κροκιδωτικού υλικού.

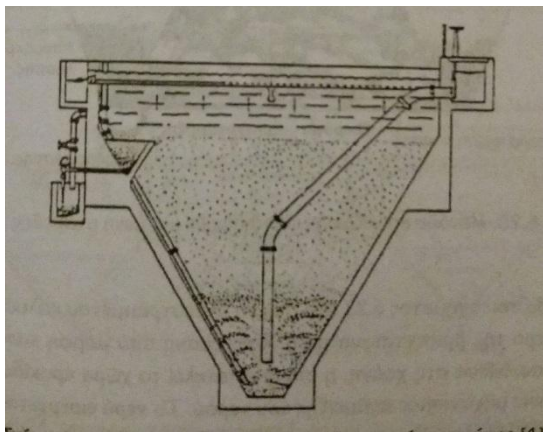
Β. Καθίζηση μεμονωμένων σωματιδίων, όπου σε αυτή την περίπτωση η συγκέντρωση των σωματιδίων είναι μικρή με αποτέλεσμα να καθιζάνουν χωρίς να αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Αυτό το είδος προτιμάται στους εξαμμωτές που υπάρχουν κυρίως στις μονάδες επεξεργασίας λυμάτων.

Γ. Εμποδισμένη καθίζηση, στην περίπτωση αυτή η συγκέντρωση των σωματιδίων στο νερό αυξάνεται και βρίσκονται πολύ κοντά. Με αποτέλεσμα τα πεδία των ταχυτήτων να αλληλοκαλύπτονται και αναγκάζουν το νερό γύρω τους να κινείται προς τα πάνω. Με αποτέλεσμα η ταχύτητα καθίζησης των σωματιδίων είναι μικρή και αυτό το είδος συναντάται στα συστήματα πάχυνσης της λάσπης.

Υπάρχουν ορισμένοι εξωτερικοί παράγοντες που επηρεάζουν τη λειτουργία μιας δεξαμενής καθίζησης όπως η δημιουργία δινών στη δεξαμενή λόγω του αέρα στην επιφάνεια του νερού. Επίσης δημιουργούνται ρεύματα πυκνότητας εξαιτίας της διαφοράς θερμοκρασίας του νερού της επιφάνειας με αυτή του πυθμένα. Οι αναταραχές αυτές επηρεάζουν την διαδικασία της καθίζησης και για αυτό πρέπει να παρακολουθείται η ροή του νερού στη δεξαμενή να είναι στρωτή και σταθερή.

Καθίζηση με κροκίδωση Η συνήθης κατασκευή μονάδας γίνεται από τρεις διαδικασίες μια ενιαία και περιέχει τις διαδικασίες της ανάμειξης, της κροκίδωσης και της καθίζησης και ονομάζεται διαυγαστής επαφής διαλυμένων στερεών. Η βασική λειτουργία της

μονάδας επαφής στηρίζεται στη κροκίδωση επαφής και αφορά την διαδικασία της ταχείας αύξησης του μεγέθους των κροκίδων, σε περίπτωση που το κροκιδωτικό νερό διέρχεται από ένα αραιό υλικό. Αυτό προκύπτει με την επαφή του κροκιδωτικού νερού με τη λάσπη που υπάρχει στον πυθμένα. Η πρώτη μονάδα αυτού του είδους είναι η δεξαμενή με χοανοειδή πυθμένα. Η κατασκευή της δεξαμενής ήταν αρκετά δαπανηρή λόγω της μεγάλης κλίσης των πλευρικών τοιχωμάτων και για αυτό το λόγο έγιναν προσπάθειες για να μειωθεί η κλίση τους.

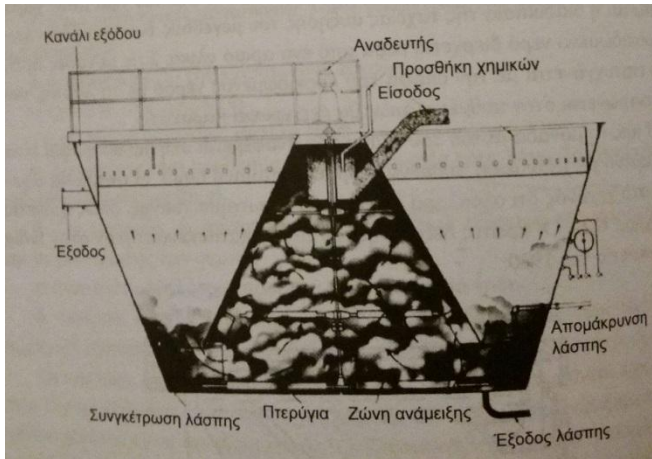


Σχ. 7.4. Μονάδα Κροκίδωσης-Καθίζησης τύπου χοάνης.

Αποτέλεσμα των προσπαθειών βελτίωσης των κλίσεων στα τοιχώματα ήταν να υπάρξουν δεξαμενές καθίζησης-κροκίδωσης με σχεδόν επίπεδο πυθμένα και μικρά κεκλιμένα τοιχώματα όπως είναι η **μονάδα κροκίδωσης-καθίζησης με μία ζώνη ανάμειξης**. Σε αυτή την περίπτωση περιστρέφεται ένας μηχανισμός ανάμειξης νερού μέσα στη

χοάνη, η οποία αποτελεί το χώρο κροκίδωσης. Στο πάνω μέρος της χοάνης εισέρχεται το νερό και με την προσθήκη κροκιδωτικού υλικού επιτυγχάνεται η ταχεία ανάμειξη. Στην συνέχεια το νερό κινείται προς κάτω στο χώρο κροκίδωσης όπου αναμειγνύεται με τη λάσπη του πυθμένα. Ύστερα το νερό κινείται προς τα πάνω, αφού περάσει κάτω από τα χείλη της χοάνης και η ταχύτητα μειώνεται λόγω της αύξησης της διατομής της δεξαμενής. Τα σωματίδια του νερού κινούνται προς τα πάνω μέχρι η ταχύτητά τους να είναι ίση με την ταχύτητα καθίζησης. Από αυτό το σημείο ξεκινούν να αιωρούνται και να δημιουργούν ένα στρώμα αιωρούμενης λάσπης τριγύρω από την κεντρική χοάνη, που λέγεται κάλυμμα λάσπης.

Στον χώρο αυτό πραγματοποιούνται οι φυσικοχημικές διαδικασίες έχοντας ως αποτέλεσμα την κροκίδωση ενός μέρους των σωματιδίων και την συγκράτηση λεπτόκοκκων, που σε διαφορετική περίπτωση θα ανέβαιναν προς την επιφάνεια. Το στρώμα αυτό λειτουργεί ως φίλτρο διότι τα σωματίδια που βρίσκονται στο χώρο κροκίδωσης και στο κάλυμμα λάσπης καθιζάνουν στο πυθμένα και εν συνεχεία από εκεί απομακρύνονται. Το καθαρό νερό εισέρχεται σε κανάλια συλλογής και οδηγείται στο σωλήνα εξόδου από τη μονάδα. Η ταχύτητα του νερού αυξάνεται λόγω της αύξησης της πυκνότητας των αιρούμενων στερεών στο κάλυμμα λάσπης με αποτέλεσμα να παρασέρνονται τα αιρούμενα στερεά προς τα πάνω σε μια νέα θέση ισορροπίας. Έτσι το κάλυμμα λάσπης έχει συνεχή άνοδο και μπορεί να φτάσει ως τους συλλέκτες του καθαρού νερού. Για την αποφυγή του φαινομένου γίνεται σταδιακή απομάκρυνση της αιωρούμενης λάσπης, με σκοπό το ύψος του στρώματος να βρίσκεται σε λογικό ύψος.



Σχ. 7.5. Μονάδα κροκίδωσης-καθίζησης με μια ζώνη ανάμειξης.

Οι μονάδες καθίζησης-καθίζησης αρχικά χρησιμοποιήθηκαν μόνο για την αποσκλήρυνση του νερού ενώ αργότερα επεκτάθηκαν στον καθαρισμό του νερού. Η χρήση τους γίνεται ευρέως έχοντας μερικές φορές μικροπροβλήματα λόγω λανθασμένου σχεδιασμού. Μερικά κριτήρια για τον σωστό σχεδιασμό είναι ο χρόνος κροκίδωσης να είναι είκοσι λεπτά και ο χρόνος καθίζησης μέχρι δύο ώρες.

Οι μονάδες κροκίδωσης-καθίζησης έχουν ορισμένα πλεονεκτήματα όπως :

α. η κανονική κροκίδωση επιτυγχάνεται με την κροκίδωση επαφής.

β. η απομάκρυνση της λάσπης γίνεται με τη απλή χρήση περιστρεφόμενου αποξέστη.

γ. καλύτερη απόδοση λόγω της διέλευσης του κροκιδωμένου νερού μέσα από το κάλυμμα λάσπης.

δ. δεν απαιτούνται υπολογισμοί και σχέδια από τον μηχανικό διότι οι μονάδες είναι τυποποιημένες από τον κατασκευαστή.

Επίσης υπάρχουν και μερικά μειονεκτήματα όπως :

α. οι αλλαγές θερμοκρασίας προκαλούν ανεπιθύμητα ρεύματα στο νερό της δεξαμενής με αποτέλεσμα να μειώνουν την απόδοση της μονάδας.

β. μετά το άδειασμα της δεξαμενής για συντήρηση απαιτείται αρκετός χρόνος , περίπου τέσσερις μέρες, για τη δημιουργία στρώματος λάσπης.

γ. απαιτείται συνεχής έλεγχος της λειτουργίας της μονάδας.

δ. η απόδοση της μονάδας μειώνεται γρήγορα ,σε περίπτωση που η παροχή του νερού είναι μεγαλύτερη από την παροχή σχεδιασμού.

Ταχεία καθίζηση

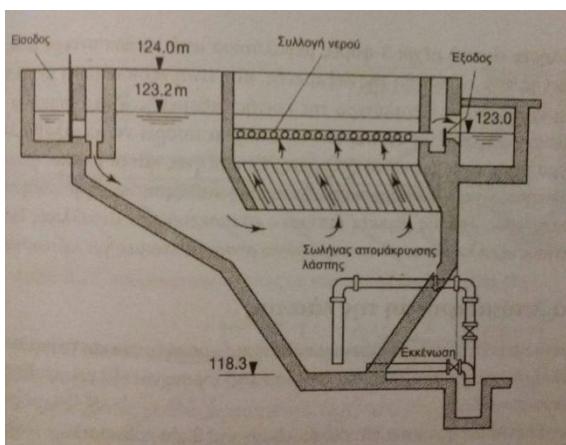
Για να επιτευχθεί η κατασκευή δεξαμενών μεγάλης απόδοσης και ταχείας καθίζησης χρησιμοποιούνται παράλληλες σωλήνες μικρής διαμέτρου ή παράλληλων πλακών που τοποθετούνται με κλίση μέσα στη δεξαμενή καθίζησης. Το νερό περνάει υποχρεωτικά μέσα από τους σωλήνες ή τις κεκλιμένες πλάκες όπου γίνεται η καθίζηση των σωματιδίων.

Εκατέρωθεν των κεκλιμένων πλακών υπάρχουν κατακόρυφα τοιχώματα που φέρουν οριζόντια σχισμήστο κάτω μέρος και βρίσκονται ψηλότερα από τον πυθμένα της δεξαμενής.

Από τη σχισμή το ανεπεξέργαστο νερό εισέρχεται από τη δεξαμενή καθίζησης στο χώρο μεταξύ των πλακών. Το εισερχόμενο νερό δεν αναμιγνύεται με την λάσπη διότι η σχισμή είναι ψηλότερο από τον πυθμένα και επίσης τα στερεά σωματίδια καθιζάνουν στην εσωτερική πλάκα. Εκεί ενώνονται με άλλα σωματίδια με αποτέλεσμα να αποκτούν μεγαλύτερο βάρος και ολισθαίνουν προς τα κάτω μέχρι να φτάσουν στη βάση των πλακών. Εκεί δημιουργείται ένα στρώμα

λάσπης και το επεξεργασμένο νερό συγκεντρώνεται στο πάνω μέρος των κεκλιμένων πλακών και απομακρύνεται από τη δεξαμενή καθίζησης. Η ροή είναι στρωτή διότι η διάμετρος των σωλήνων και η απόσταση μεταξύ των πλακών είναι μικρή. Ορισμένα από τα τεχνικά χαρακτηριστικά των στοιχείων αυτών είναι ότι η κλίση των σωλήνων και των πλακών είναι σχεδόν πάντα 60° . Επίσης η διάμετρος των σωλήνων και η απόσταση μεταξύ των πλακών είναι πέντε εκατοστά. Εκτός από κυκλική διατομή σωλήνων μπορεί να υπάρξει και τετραγωνική ή εξαγωνική.

Η τοποθέτηση των πλακών και των σωλήνων μπορεί να έχουν προβλήματα που οφείλονται σε κακή κροκίδωση του νερού, σε συσσώρευση των αλγών μέσα στα στοιχεία ή σε αποθέσεις αλάτων, που μπορεί να καταστρέψουν το σύστημα λόγω φραξίματος των πλακών και των σωλήνων. Το πλεονέκτημα των δεξαμενών καθίζησης είναι η πολύ ικανοποιητική απόδοσή τους επειδή το επιφανειακό φορτίο σε δεξαμενή με σωλήνες είναι σχεδόν τρεις φορές μεγαλύτερο από μια κοινή δεξαμενή. Το φορτίο της δεξαμενής με πλάκα είναι κατά οχτώ φορές μεγαλύτερο από μια κοινή δεξαμενή.



Σχ. 7.6. Δεξαμενή καθίζησης με κεκλιμένες πλάκες.

7.4 Απομάκρυνση της λάσπης

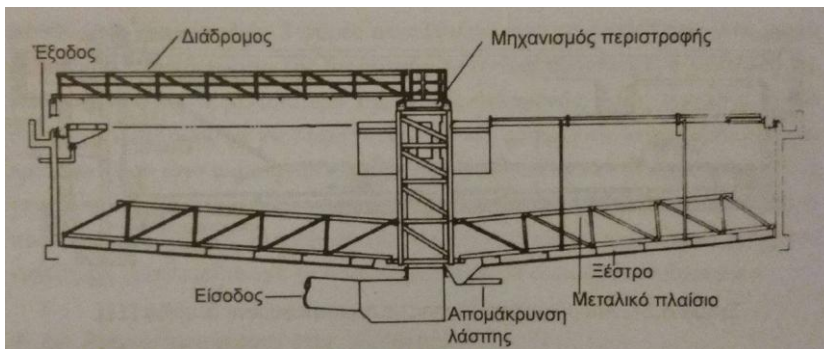
Υπάρχουν διάφοροι μέθοδοι για να απομακρυνθεί η λάσπη από τις δεξαμενές καθίζησης όπως:

Α. Το περιστρεφόμενο ξέστρο, που αποτελείται από ένα μεταλλικό πλαίσιο στη βάση του, όπου είναι τοποθετημένοι αποξέστες.

Το πλαίσιο στηρίζεται σε ένα υποστήλωμα και περιστρέφεται γύρω από αυτό. Οι αποξέστες του πυθμένα παρασύρουν τη λάσπη και την οδηγούν στη χοάνη συλλογής. Η μέθοδος αυτή έχει ορισμένα μειονεκτήματα όπως :

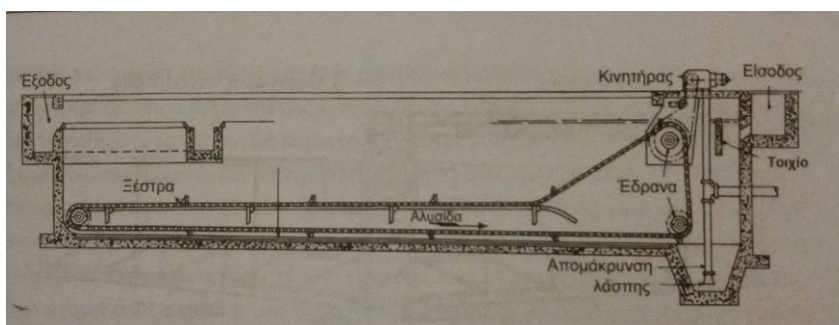
α. η απομάκρυνση της λάσπης στις γωνίες είναι αδύνατη, σε περίπτωση που το ξέστρο χρησιμοποιείται σε ορθογωνική διατομή.
β. η ποσότητα του μετάλλου που χρησιμοποιείται για την κατασκευή του πλαισίου είναι μεγάλη διότι βρίσκεται μέσα στο νερό και πρέπει να συντηρείται συχνά για να αποφεύγεται η οξείδωση.

γ. έχει μεγάλο κόστος κατασκευής διότι το υποστήλωμα στήριξης του πλαισίου έχει μεγάλο βάθος με κωνική διαμόρφωση του πυθμένα.



Σχ. 7.7. Απομάκρυνση λάσπης με περιστρεφόμενο ξέστρο σε κυκλική δεξαμενή.

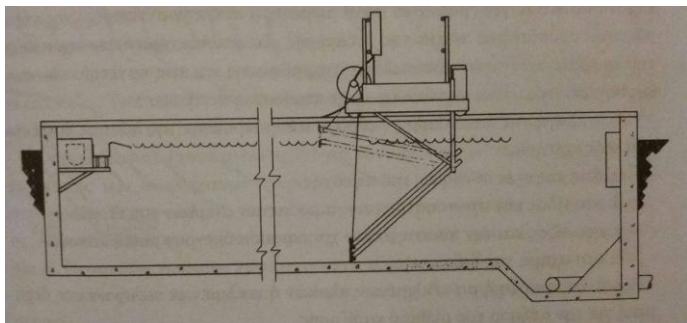
Β. Ο συλλέκτης τύπου αλυσίδας, που αποτελείται από μια αλυσίδα με ξέστρα τοποθετημένα ανά συγκεκριμένα διαστήματα. Η αλυσίδα περιστρέφεται μέσα στη δεξαμενή και τα ξέστρα την στιγμή που σέρνονται στον πυθμένα, παρασέρνουν λάσπη που την αδειάζουν στη χροάνη συλλογής. Η χρήση αυτών των συλλεκτών συνηθίζεται σε δεξαμενές καθίζησης ορθογωνικού τύπου με μεγάλο μήκος. Η σιδερένια αλυσίδα είναι αποτελεσματική αλλά χρειάζεται συχνή συντήρηση.



Σχ. 7.8. Απομάκρυνση λάσπης με περιστρεφόμενη αλυσίδα.

Γ. Η κινούμενη γέφυρα, που αποτελείται από μια μεταλλική γέφυρα που στηρίζεται στα τοιχεία της δεξαμενής. Υπάρχει στη γέφυρα ένα μεταλλικό διάφραγμα το οποίο παρασύρει τη λάσπη του πυθμένα σε εγκάρσια κανάλια συλλογής. Ο συλλέκτης αυτού του τύπου εφαρμόζεται σε δεξαμενές μήκους περίπου 100 μέτρων και το πλάτος μπορεί να φτάσει τα 30 μέτρα. Η χρήση της μεθόδου αυτής δεν συνίσταται σε περιοχές με ψυχρό κλίμα λόγω των χαμηλών θερμοκρασιών. Η μέθοδος αυτή έχει ορισμένα μειονεκτήματα όπως η αντιαισθητική εμφάνιση της και η έμφραξη των οπών του σωλήνα αναρρόφησης. Επίσης υπάρχει μια παραλλαγή στη συγκεκριμένη μέθοδο όπου η απομάκρυνση της λάσπης γίνεται με την βοήθεια ενός

σωλήνα αναρρόφησης ο οποίος είναι συνδεδεμένος στη κινούμενη γέφυρα.



Σχ. 7.8. Απομάκρυνση λάσπης με κινούμενη γέφυρα.

Δ. Η επιπλέουσα γέφυρα, αποτελεί ένα αξιόπιστο και οικονομικό μέσο απομάκρυνσης της λάσπης. Είναι μια ελαφριά κατασκευή από επιπλέοντα υλικά πάνω στην οποία στερεώνεται ένας σωλήνας αναρρόφησης, ο οποίος είναι κατασκευασμένος από αλουμίνιο. Ο σωλήνας αντλεί τη λάσπη από τον πυθμένα μέσω μιας αντλίας και την αποβάλλει. Η αντίσταση που αναπτύσσεται και η αντίσταση του αέρα είναι πολύ μικρή.

Μειονέκτημα της μεθόδου είναι η έμφραξη των οπών του σωλήνα αναρρόφησης.

Η βέλτιστη επιλογή για την κατάλληλη μέθοδο απομάκρυνσης της λάσπης βασίζεται σε ορισμένα κριτήρια όπως :

- α. το σχήμα της δεξαμενής
- β. το κόστος
- γ. την αισθητική

δ. στην ύπαρξη ή μη κεκλιμένων πλακών

ε. στο είδος και την ποσότητα των αιρούμενων στερεών του νερού και του χρησιμοποιούμενου κροκιδωτικού.

7.5 Διύλιση του νερού και ταχυδιυλιστήρια

Διύλιση λέγεται η διαδικασία διέλευσης του νερού μέσω ενός πορώδους υλικού με σκοπό την απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών. Η απομάκρυνση αυτή του νερού γίνεται μέσω των φίλτρων είναι μια διαδικασία που αποτελείται από δύο στάδια.

Το πρώτο στάδιο αφορά την μεταφορά των σωματιδίων στην επιφάνεια των κόκκων της άμμου και το δεύτερο στάδιο είναι αφορά την προσκόλλησης. Η μεταφορά των σωματιδίων στην επιφάνεια των κόκκων συνήθως οφείλεται στα φαινόμενα της διάχυσης, της πρόσκρουσης, της καθίζησης και της υδροδυναμικής μεταφοράς.

Τα σωματίδια και οι κόκκοι έχουν ηλεκτρικό φορτίο που μεταβάλλεται σε περίπτωση αλλαγής του pH και προστίθεται κροκιδωτικό. Επίσης η κίνηση του νερού στο φίλτρο χαρακτηρίζεται στρωτή. Η επιλογή του κατάλληλου φίλτρου είναι σε πολλές περιπτώσεις θέμα εμπειρίας και συχνά εκτελούνται πειράματα σε πιλοτική κλίμακα.

Οι μονάδες διύλισης λοιπόν κατηγοριοποιούνται ως εξής:

α. Ανάλογα με την πίεση λειτουργίας σε ανοιχτά και κλειστά διυλιστήρια.

β. Ανάλογα με την ταχύτητα διύλισης σε ταχυδιυλιστήρια και βραδυδιυλιστήρια.

γ. Ανάλογα με την κατεύθυνση κίνησης του νερού σε φίλτρα ανοδικής και καθοδικής ροής.

δ. Ανάλογα με τον αριθμό των στρώσεων του υλικού μιας στρώσης και πολλών στρώσεων.

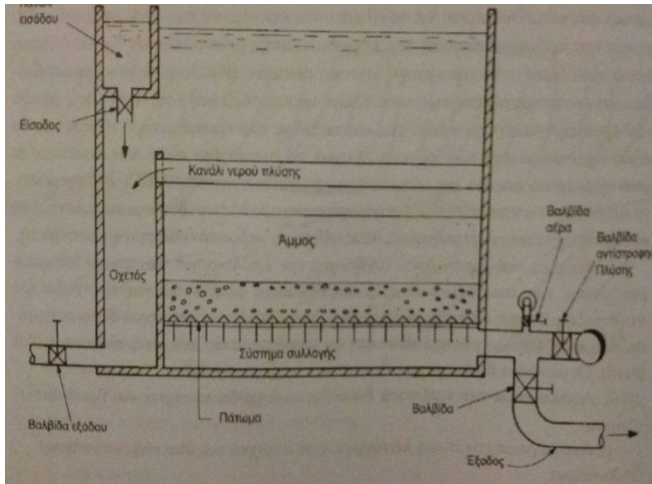
Η ταχύτητα διύλισης του νερού στα ταχυδιωλιστήρια είναι περίπου 20 φορές μεγαλύτερη από αυτή στα βραδυδιωλιστήρια. Το διωλιστήριο αποτελείται από μια δεξαμενή σκυροδέματος και στον πυθμένα της είναι τοποθετημένο το σύστημα συλλογής του καθαρού νερού.

Πάνω από το σύστημα υπάρχει μια στρώση από χαλίκι και πιο πάνω βρίσκεται μια στρώση άμμου. Πάνω από την επιφάνεια του φίλτρου υπάρχουν τα κανάλια συλλογής του ακάθαρτου νερού της πλύσης.

Η λειτουργία ξεκινά από την διέλευση του νερού στο κανάλι εισόδου και μέσω της βαλβίδας που βρίσκεται στη βάση του καναλιού εισέρχεται στο χώρο του φίλτρου. Μετά το νερό συγκεντρώνεται στη βάση της δεξαμενής και καταλήγει να καταναλώνεται μέσω ενός σωλήνα.

Οι βαλβίδες εκκένωσης του νερού της πλύσης παραμένουν κλειστές κατά την λειτουργία τους και το ίδιο ισχύει για την βαλβίδα του αέρα και για την βαλβίδα της αντίστροφης ροής του νερού. Ο καθαρισμός του φίλτρου ξεκινά με το κλείσιμο της βαλβίδας εισόδου του νερού στο φίλτρο με αποτέλεσμα η στάθμη του νερού να ελαττώνεται διαρκώς. Η στάθμη φτάνει λίγο πάνω από το φίλτρο με αποτέλεσμα η βαλβίδα εξόδου του καθαρού νερού να κλείνει και να ανοίγει η βαλβίδα εξόδου του ακάθαρτου νερού της πλύσης. Στην συνέχεια ανοίγει η βαλβίδα του αέρα και εισέρχεται στο φίλτρο αέρα με πίεση από κάτω προς τα πάνω. Ύστερα ανοίγει η βαλβίδα της αντίστροφης ροής του νερού και εισέρχεται στο φίλτρο καθαρό νερό. Το νερό παρασύρει τις ακαθαρσίες του φίλτρου στην επιφάνειά του και το ακάθαρτο νερό συγκεντρώνεται στα κανάλια που υπάρχουν πάνω από

το φίλτρο και τελικά φτάνει στον οχετό που βρίσκεται δίπλα στο φίλτρο και απομακρύνεται.



Σχ. 7.9. Τομή Ταχυδιυλιστηρίου.

7.6 Συστήματα καθαρισμού φίλτρων και συλλογής καθαρού νερού

Ο καθαρισμός του φίλτρου επιτυγχάνεται μέσω της πολύπλοκης διαδικασίας της ρευστοποίησης με τη βοήθεια νερού ή αέρα ή και των δύο μαζί, με σκοπό την επίπλευση των κόκκων του υλικού και στην συνέχεια απομακρύνονται οι ακαθαρσίες που βρίσκονται στους πόρους κατά τη λειτουργία του φίλτρου.

Σημαντικό στοιχείο κατά την μελέτη του συστήματος καθαρισμού του φίλτρου είναι η μεταβολή της θερμοκρασίας, διότι το ιξώδες του

νερού και η πυκνότητά του επηρεάζονται από τις μεταβολές αυτές. Υπάρχουν ορισμένοι μέθοδοι καθαρισμού του φίλτρου όπως :

α.η αντίστροφη διοχέτευση μείγματος αέρα και νερού μέσω του φίλτρου, η οποία γίνεται με σκοπό την ρευστοποίηση και την απομάκρυνση των ακαθαρσιών, δίχως να επιτευχθεί διόγκωση του φίλτρου. Αποτέλεσμα αυτού είναι η επιφανειακή κρούστα να σπάει με τη βοήθεια του πιεσμένου αέρα και η άμμος να παραμένει σταθερή. Η απομάκρυνση των ακαθαρσιών επιτυγχάνεται με την αύξηση της παροχής του νερού, κατά την διάρκεια της διέλευσης του αέρα. Η απώλεια του υλικού του φίλτρου αποφεύγεται όταν γύρω από τα κανάλια συλλογής του ακάθαρτου νερού τοποθετούνται προστατευτικά τοιχώματα με αποτέλεσμα να εμποδίζουν την είσοδο της άμμου στο κανάλι.

β. η αντίστροφη διοχέτευση νερού μέσω φίλτρο, στην οποία το νερό πρέπει να προκαλέσει διόγκωση του φίλτρου και γίνονται συνεχείς μετρήσεις ώστε μην ξεπεράσει το ανώτατο όριο του 15% διόγκωσης.

Το μειονέκτημα της μεθόδου είναι η συγκέντρωση της λεπτόκοκκης άμμου στην επιφάνεια του φίλτρου και έτσι δυσχεραίνει την καθοδική διύλιση.

Εφαρμόζεται συνήθως για την διύλιση υπογείου νερού ή την διύλιση επιφανειακού νερού καλής ποιότητας. Επίσης η μέθοδος αυτή έχει μικρή απόδοση στην περίπτωση που δεν συνδυάζεται από επιφανειακό καθαρισμό του φίλτρου με αποτέλεσμα να την καθιστά ακατάλληλη για τον καθαρισμό των φίλτρων.

γ. αντίστροφη διοχέτευση μέσω του φίλτρου διαδοχικά νερού και αέρα, είναι η μέθοδος που ευνοεί την παράσυρση του υλικού. Η διαδικασία καθαρισμού ξεκινά αφού πρώτα διακόπτεται η ροή του

νερού στο φίλτρο με αποτέλεσμα η στάθμη του νερού να μειώνεται. Σε περίπτωση που ελαττωθεί το ύψος του νερού, τότε διοχετεύεται στο φίλτρο αέρας με σκοπό την αποκόλληση των ακαθαρσιών από την άμμο.

Στο δεύτερο στάδιο διοχετεύεται νερό και έχει ως αποτέλεσμα την διόγκωση του φίλτρου και παρασύρονται οι ακαθαρσίες στην επιφάνεια και από εκεί απομακρύνονται. Συνεχίζεται αυτή η διαδικασία μέχρι να γίνει πλήρης καθαρισμός του φίλτρου.

δ. επιφανειακός καθαρισμός του φίλτρου, επιτυγχάνεται με την εκτόξευση κατακόρυφων φλεβών νερού στην επιφάνεια του, κατά την διάρκεια του αντίστροφου καθαρισμού. Οι φλέβες αυτές εκτοξεύονται από οπές που βρίσκονται σε ένα μεταλλικό πλαίσιο. Η επιφανειακή πλύση ξεκινά λίγο πριν από την αντίστροφη πλύση και αυτό συνεχίζεται κατά τη διάρκεια της διόγκωσης του φίλτρου και η μέθοδος αυτή είναι αποτελεσματική αν η εγκατάσταση λειτουργεί και τοποθετηθεί με σωστό τρόπο.

Η επιλογή της μεθόδου καθαρισμού εξαρτάται από το αρκετούς παράγοντες όπως είναι τα χαρακτηριστικά του υλικού του φίλτρου, οι διαστάσεις και η θέση των καναλιών συλλογής του νερού της πλύσης, οι απώλειες ενέργειας μέσω του συστήματος, η ύπαρξη επιφανειακού καθαρισμού, το πλήθος και άλλοι παράγοντες.

Υπάρχουν επίσης μερικοί παράμετροι για τον καθαρισμό του φίλτρου όπως ο μεγάλος χρόνος διύλισης, η μεγάλη απώλεια φορτίου και η αυξημένη θολότητα του διυλισμένου νερού.

Ο σκοπός του συστήματος καθαρού νερού είναι για να συλλέγει το καθαρό νερό, να στηρίζει και να συγκρατεί το υλικό του φίλτρου που υπάρχει από πάνω και επίσης να διοχετεύει το νερό πλύσης και τον

αέρα για τον καθαρισμό του φίλτρου. Υπάρχουν αρκετοί τύποι συστημάτων στράγγισης όπως :

α. το σύστημα στράγγισης τύπου Wheeler, το οποίο αποτελείται από προκατασκευασμένα τεμάχια σκυροδέματος και είναι τύπου ψευδοπατώματος που χρησιμοποιείται ευρέως. Τα προκατασκευασμένα τεμάχια έχουν οπές σχήματος πυραμίδας και είναι γεμάτες με σφαίρες από πορσελάνη. Η τοποθέτηση των σφαιρών βοηθάει στην ομαλότερη κατανομή της ροής μέσω των οπών. Τοποθετούνται τέσσερις στρώσεις χαλικιού πάνω από τα προκατασκευασμένα τεμάχια και πάνω από τις στρώσεις υπάρχει το υλικό του φίλτρου. Η χρήση του συστήματος αυτού γίνεται σε περίπτωση που η πλύση του φίλτρου γίνεται μόνο με νερό.

β. το σύστημα στράγγισης με εγκάρσιους σωλήνες, το οποίο αποτελείται από έναν κεντρικό σωλήνα που συνδέονται σε αυτόν σε ίσες αποστάσεις εγκάρσιοι σωλήνες με οπές μικρότερης διαμέτρου. Το σύστημα καλύπτεται με πέντε στρώσεις χαλικιού και η πάνω στρώση απαρτίζεται από λεπτόκοκκο υλικό με σκοπό να εμποδίζει την απομάκρυνση του υλικού του φίλτρου. Η χρήση του γενικότερα είναι περιορισμένη λόγω της μη ικανοποιητικής κατανομής του νερού πλύσης και της απώλειας φορτίου.

γ. το σύστημα στράγγισης με ακροφύσια, το οποίο κατασκευάζεται από ανοξείφωτα ακροφύσια ή πλαστικά και είναι ευρέως διαδεδομένο ως σύστημα σε διυλιστήρια. Η κεφαλή του ακροφυσίου συνήθως έχει οριζόντιες σχισμές και το πάτωμα κατασκευάζεται από πολυαιθυλένιο ενώ η επιφάνειά του από χαλύβδινες πλάκες. Το διυλισμένο νερό διέρχεται μέσα από το φίλτρο και φτάνει στις κεφαλές των ακροφυσίων. Στην συνέχεια συγκεντρώνεται στο χώρο κάτω από το ψευδοπάτωμα και όταν πρόκειται να γίνει πλύση σε αυτό υπάρχει μια

στρώση νερού χαμηλά και πάνω μια στρώση αέρα. Ο αέρας εισέρχεται από τις πλευρικές οπές στο κατακόρυφο στέλεχος και το νερό εισέρχεται από το κάτω στόμιο του ακροφυσίου και κινείται προς τα πάνω.

δ. το σύστημα στράγγισης τύπου Leopold, το οποίο αποτελείται από διάτρητα τεμάχια που είναι από υαλοποιημένο πηλό.

Στο κάθε τεμάχιο σχηματίζονται τέσσερα κανάλια στο εσωτερικό του λόγω της κεντρικής νεύρωσης στο κέντρο του. Πάνω από τα τεμάχια βρίσκονται οι τέσσερις στρώσεις χαλκιού.

Το νερό κατά την διύλιση διέρχεται μέσα από ένα φίλτρο και φτάνει στην επιφάνεια των τεμαχίων και μέσω των οπών διασποράς εισέρχεται αρχικά στα πάνω κανάλια και μετά μέσω των οπών ελέγχου στα κάτω κανάλια. Το νερό κατά την πλύση του φίλτρου εισέρχεται αρχικά στα κάτω κανάλια και μέσω των καναλιών των οπών ελέγχου φτάνει στα πάνω κανάλια και στην συνέχεια μέσω των οπών διασποράς εισέρχεται στην αμμοκλίση. Η χρήση του συστήματος αυτού γίνεται όταν η πλύση του φίλτρου επιτυγχάνεται αποκλειστικά και μόνο με νερό.

7.7 Βραδυδιυλιστήρια

Τα βραδυδιυλιστήρια αποτελούσαν τις πρώτες μονάδες που χρησιμοποιήθηκαν για τον καθαρισμό επιφανειακών νερών μολυσμένων από παθογενή βακτηρίδια και λέγονται έτσι διότι η ταχύτητα διύλισης τους είναι πολύ μικρότερη από τα ταχυδιυλιστήρια. Χαρακτηριστικό γνώρισμα των βραδυδιυλιστηρίων είναι η παρουσία στην επιφάνεια του φίλτρου μιας λεπτής στρώσης που αποκαλείται *schmutzdecke*'' το βρώμικο κάλυμμα''. Το στρώμα αυτό είναι μια

ζελατινώδης μάζα που είναι βιολογικά ενεργή και περιέχει ποικιλία μικροοργανισμών. Βοηθάει στην απομάκρυνση των παθογόνων μικροοργανισμών και της οργανικής ύλης όπως επίσης και στη θολότητα του νερού.

Η κατασκευή του δυλιστηρίου αποτελείται από την δεξαμενή που είναι κατασκευασμένη συνήθως από σκυρόδεμα. Στον πυθμένα της δεξαμενής βρίσκεται το σύστημα συλλογής του καθαρού νερού ενώ πάνω από αυτό υπάρχει μια στρώση του χαλικιού και πιο πάνω μια στρώση από άμμο.

Με την ολοκλήρωση της κατασκευής του φίλτρου η άμμος είναι ξηρή και καθαρή με αποτέλεσμα το φίλτρο να μην μπορεί να λειτουργήσει αμέσως, επειδή πρέπει πρώτα να προηγηθεί ένα στάδιο ωρίμανσης ,για την δημιουργία του schmutzdecke. Η διαδικασία αυτή περιλαμβάνει δύο στάδια, την σταδιακή έναρξη λειτουργίας και την αντίστροφη πλήρωση. Το νερό διοχετεύεται ,κατά την αντίστροφη πλήρωση, στο κατασκευασθέν φίλτρο από το σωλήνα απαγωγής του νερού με αποτέλεσμα να γεμίζουν τα κενά μεταξύ των κόκκων με νερό και να απωθείται ο αέρας. Συνεχίζεται αυτή η διαδικασία μέχρι να φτάσει το νερό σε ύψος ενός μέτρου πάνω από το φίλτρο.

Ύστερα αρχίζει η κανονική διοχέτευση του ανεπεξέργαστου νερού με το άνοιγμα της βαλβίδας εισόδου νερού από το σωλήνα προσαγωγής. Στο δεύτερο στάδιο το επεξεργασμένο νερό απομακρύνεται καθώς ανοίγει λίγο η βαλβίδα εξόδου που βρίσκεται στο σωλήνα απαγωγής. Το νερό απομακρύνεται διαρκώς μέχρι να αποκτήσει την απαιτούμενη καθαρότητα και αυτό διαρκεί μεγάλο διάστημα.

Με την ολοκλήρωση της ωρίμανσης του φίλτρου ελέγχεται πάλι η ποιότητα του νερού με το άνοιγμα της βαλβίδας εξόδου και έπειτα το επεξεργασμένο νερό οδηγείται στην κατανάλωση.

Ο χειριστής ενός βραδυδιυλιστηρίου πρέπει να ρυθμίζει την παροχή εισόδου και εξόδου του νερού στη μονάδα και αυτό επιτυγχάνεται με την ρύθμιση των αντίστοιχων βαλβίδων αλλιώς σε περίπτωση που παροχή εισόδου είναι μεγαλύτερη από την παροχή εξόδου, τότε το νερό θα απομακρυνθεί μέσω του σωλήνα υπερχείλισης.

Επίσης σε περίπτωση που η παροχή εισόδου είναι μικρότερη από την παροχή εξόδου, τότε η στάθμη του νερού θα πέσει χαμηλά με αποτέλεσμα το διυλιστήριο να υπολειτουργεί.

Οι απώλειες ενέργειας του φίλτρου είναι μικρές και η διερχόμενη παροχή του νερού είναι μεγάλη, όταν η βαλβίδα εξόδου είναι κλειστή κατά την έναρξη λειτουργίας του διυλιστηρίου. Για να μετρηθούν αυτές οι απώλειες χρησιμοποιείται ένας μετρητής πίεσης. Η στρώση του schmutzdecke γίνεται πυκνή και δημιουργεί ένα αδιαπέρατο στρώμα που δεν αφήνει την είσοδο του νερού στο φίλτρο λόγω της μείωσης της παροχής εξόδου και ποιότητα του νερού χειροτερεύει.

Ο καθαρισμός του φίλτρου διαρκεί πολλούς μήνες και αυτό εξαρτάται από την θολότητα του νερού και τη συγκέντρωση των αλγών.

Κατά τον καθαρισμό η βαλβίδα εξόδου παραμένει ανοιχτή ενώ η βαλβίδα εισόδου κλείνει. Όταν το πάνω μέρος του φίλτρου γίνει ξηρό, τότε αρχίζει η διαδικασία του schmutzdecke μέσω ειδικού μηχανήματος απόξεσης.

Με την ολοκλήρωση της απόξεσης η επιφάνεια του φίλτρου ισοπεδώνεται και πραγματοποιείται το στάδιο της ωρίμανσης του φίλτρου.

Το πάχος του φίλτρου ελαττώνεται διαρκώς λόγω των συνεχών καθαρισμών και όταν αυτό φτάσει περίπου μισό μέτρο πάνω από την

στρώση του χαλικιού, τότε θα πρέπει να προστεθεί άμμος για να επανέλθει στην αρχική τιμή.

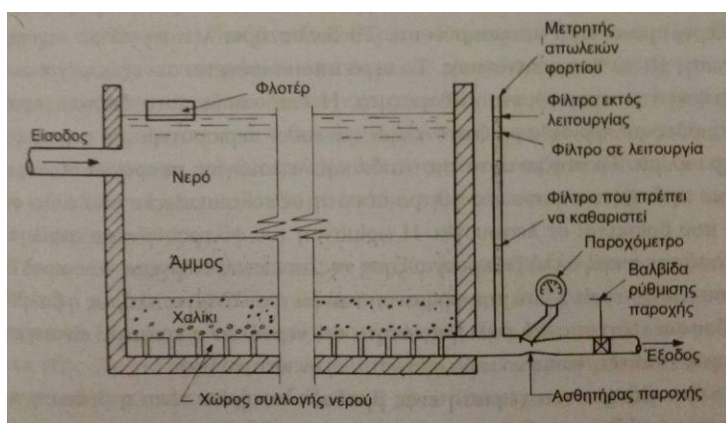
Τα βραδυδιυλιστήρια χρησιμοποιούνται σε περίπτωση που η θολότητα του νερού δεν είναι μεγαλύτερη από 50 ntu. Τα βραδυδιυλιστήρια έχουν ορισμένα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα.

Ως τα κυριότερα πλεονεκτήματα αξίζουν να αναφερθούν τα εξής:

- α. είναι αξιόπιστα και παράγουν νερό καλής ποιότητας
- β. κατασκευάζονται εύκολα και έχουν απλή λειτουργία
- γ. δεν απαιτείται συχνός καθαρισμός

Ως τα σημαντικότερα μειονεκτήματα αξίζουν να αναφερθούν τα εξής:

- α. η ποιότητα του νερού μειώνεται, όταν δεν υπάρχει συνεχής λειτουργία
- β. τα φίλτρα φράζουν, όταν το νερό περιέχει ψηλό ποσοστό αλγών
- γ. για την κατασκευή τους απαιτείται μεγάλη έκταση γης και το κόστος κατασκευής είναι ψηλό.



Σχ. 7.10. Τομή βραδυδιυλιστηρίου.

7.8 Απολύμανση του νερού

Απολύμανση του νερού λέγεται η διαδικασία καταστροφής των μικροοργανισμών για να αποφεύγεται η πρόκληση ασθενειών και αυτό επιτυγχάνεται με την προσθήκη απολυμαντικών όπως είναι το χλώριο.

Οι μικροοργανισμοί που μπορεί να είναι επικίνδυνοι για την ανθρώπινη υγεία είναι τα βακτήρια, οι ιοί και τα πρωτόζωα και η αντίστασή τους στην απολύμανση είναι διαφορετική.

Τα πρωτόζωα είναι μονοκύτταροι άχρωμοι οργανισμοί χωρίς μεμβράνη και μερικά από αυτά που βρίσκονται στο πόσιμο νερό προκαλούν ασθένειες στους ανθρώπους.

Τα συμπτώματα της μόλυνσης είναι οξεία διάρροια, κόπωση και ναυτία και διαρκούν μέχρι ένα μήνα.

Απολύμανση με χλώριο

Η απολύμανση του νερού μπορεί να επιτευχθεί με την βοήθεια διάφορων στοιχείων. Αρχικά μπορεί να επιτευχθεί μέσω χλωρίου. Μετά την διαδικασία της απολύμανσης, το ελεύθερο χλώριο που υπάρχει στο νερό λέγεται υπολειμματικό χλώριο ενώ η διαφορά μεταξύ της ποσότητας που προστίθεται στο νερό και του υπολειμματικού χλωρίου λέγεται απαιτούμενο νερό. Οι χλωριωτές του νερού θα πρέπει να είναι ικανοί να διοχετεύουν το χλώριο με ρυθμιζόμενη παροχή. Στην χλωρίωση το χλώριο πρέπει να διαλύεται πρώτα σε νερό κοντά στη φιάλη του χλωρίου και το διάλυμα μετά μεταφέρεται στο σημείο της χλωρίωσης.

Με την χρήση της μεθόδου αυτής μειώνεται ο κίνδυνος διαρροής του αερίου χλωρίου και οι χλωριωτές αυτοί λέγονται

χλωριωτές προδιάλυσης. Η λειτουργία του χλωριωτή βασίζεται στην αρχή του Bernoulli.

Πιο συγκεκριμένα η ταχύτητα του νερού αυξάνεται αν μειωθεί η πίεση σε ένα σημείο του σωλήνα.

Για την ρύθμιση της χλωρίωσης του νερού χρησιμοποιούνται ορισμένοι μέθοδοι όπως είναι η ρύθμιση της χλωρίωσης με το χέρι, η ρύθμιση της χλωρίωσης ανάλογα με την παροχή του νερού,

η ρύθμιση της χλωρίωσης ανάλογα με το υπολειμματικό χλώριο και η ρύθμιση της χλωρίωσης ανάλογα με την παροχή του νερού και τη συγκέντρωση του υπολειμματικού χλωρίου.

Απολύμανση με υποχλωριώδες νάτριο

Η προσθήκη του υποχλωριώδες νατρίου στο νερό σχηματίζει υποχλωριώδες οξύ, όπως συμβαίνει δηλαδή και με την χρήση του χλωρίου. Αυτή η προσθήκη μπορεί να γίνει με ορισμένους τρόπους όπως είναι η προσθήκη σταγόνων με την βοήθεια της βαρύτητας και αυτό επιτυγχάνεται με την τοποθέτηση της δεξαμενής ψηλότερα από το σημείο προσθήκης. Επίσης η προσθήκη μπορεί να γίνει με τη χρήση δοσομετρικής αντλίας ή τέλος με τη δημιουργία κενού.

Αυτή η μέθοδος απολύμανσης έχει ορισμένα πλεονεκτήματα όπως :

- α. η εγκατάσταση της απολύμανσης είναι απλή
- β. το υποχλωριώδες νάτριο έχει μικρή τοξική δράση

Επίσης θα αναφερθούν και ορισμένα μειονεκτήματα της μεθόδου όπως:

- α. υπάρχουν αμφιβολίες για την δραστηκότητά τους έναντι ιών
- β. το κόστος της απολύμανσης με υποχλωριώδες νάτριο είναι υψηλό

Το υποχλωριώδες νάτριο χρησιμοποιείται σε μεγάλες μονάδες για να αντικαθιστά το χλώριο για λόγους ασφαλείας και επίσης σε μικρές μονάδες που βρίσκονται απομακρυσμένες περιοχές.

Απολύμανση με διοξείδιο του άνθρακα

Η μέθοδος της απολύμανσης με την χρήση του διοξειδίου του άνθρακα παρουσιάζει ορισμένα σημαντικά πλεονεκτήματα όπως:

- α. βοηθάει τη διαδικασία της κροκίδωσης
- β. είναι ισχυρό απολυμαντικό με ικανοποιητική δράση
- γ. οξειδώνει το σίδηρο, το μαγγάνιο και τις οργανικές ενώσεις
- δ. η δραστηριότητά του δεν επηρεάζεται από το pH για τις συνήθεις διακυμάνσεις του

Επίσης θα παρουσιαστούν και ορισμένα μειονεκτήματα όπως είναι το κόστος της απολύμανσης με διοξείδιο του χλωρίου είναι αρκετά υψηλότερο σε σχέση με αυτό του χλωρίου.

Απολύμανση με όζον

Το όζον αποτελεί το ισχυρότερο οξειδωτικό και απολυμαντικό που χρησιμοποιείται για την επεξεργασία του νερού. Είναι περισσότερο διαλυτό στο νερό από το οξυγόνο και είναι χρήσιμο στην απολύμανση νερών που περιέχουν μεγάλες ποσότητες αμμωνίας. Όταν χρησιμοποιείται ως απολυμαντικό είναι η ταχεία απολυμαντική του δράση.

Η χρήση της απολύμανσης με όζον έχει ορισμένα πλεονεκτήματα όπως:

- α. βοηθάει στην μείωση της χροιάς του νερού
- β. βοηθάει στην απομάκρυνση των γεύσεων και των οσμών
- γ. βοηθάει στην απομάκρυνση του σιδήρου και του μαγγανίου από το νερό

δ. μειώνει σε μεγάλο βαθμό τα δημιουργούμενα τριαλομεθάνια που είναι καρκινογόνες ουσίες.

Επίσης η απολύμανση αυτή έχει και ορισμένα μειονεκτήματα όπως:

α. το υψηλό κόστος

β. για την παραγωγή του απαιτούνται πολύπλοκες εγκαταστάσεις και εξειδικευμένο προσωπικό

γ. πρέπει να παράγεται κοντά στη μονάδα επεξεργασίας του νερού διότι δε μπορεί να αποθηκευτεί

δ. έχει μικρή διάρκεια ζωής μετά την προσθήκη του στο νερό.

Απολύμανση με υπεριώδη ακτινοβολία

Η υπεριώδης ακτινοβολία χρησιμοποιείται για την απολύμανση του νερού, όταν αυτό δεν έχει αιωρούμενα στερεά και θολότητα. Αυτή η ακτινοβολία σκοτώνει όλα τα βακτήρια και τους ιούς δρώντας απευθείας στο DNA των μικροοργανισμών. Για την απολύμανση χρησιμοποιούνται ειδικές λάμπες ατμών υδραργύρου υψηλής ή χαμηλής πίεσης. Η απόδοση των λαμπτήρων ελαττώνεται με το χρόνο και αυτό πρέπει να λαμβάνει υπόψη κατά το σχεδιασμό της μονάδας. Η μέθοδος αυτή έχει ως πλεονέκτημα την αποφυγή πρόσθετων χημικών ουσιών στο νερό με αποτέλεσμα να αποφεύγεται η δημιουργία των τριαλομεθανίων. Επίσης το μειονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι ότι η απολυμαντική δράση παύει μετά την ακτινοβολία και το υψηλό κόστος του. Χρησιμοποιείται συνήθως για την απολύμανση του νερού μικρών μονάδων.

Κεφάλαιο 8

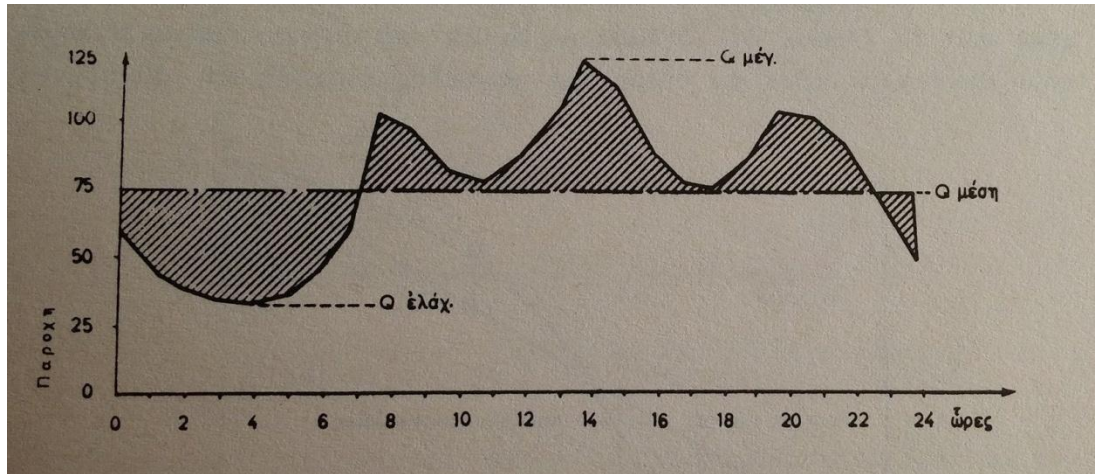
Αποθήκευση του νερού

8.1 Γενικά

Όπως προαναφέραμε η κατανάλωση νερού σε ένα 24ώρο δεν είναι σταθερή , αλλά συνέχεια μεταβάλλεται συνήθως κατά την μέρα και τις νυχτερινές ώρες. Φυσικά η κατανάλωση εξαρτάται από την έκταση μίας πόλης και την μορφή της , τον πληθυσμό της αλλά και την κάθε ασχολία των κατοίκων κάθε μέρα αλλά και άλλα πολλά χαρακτηριστικά.

Λόγο λοιπόν αυτών των μεταβολών και διακυμάνσεων της κατανάλωσης , πρέπει κάπου να μπορούμε να αποθηκεύσουμε αυτό το νερό που θα εξυπηρετήσει την μεγάλη αυτή ζήτηση που παρουσιάζεται τις ώρες αιχμής από τον υπόλοιπο νερό που

περισσεύει την νύχτα .



Διακύμανση κατανάλωσης κατά την διάρκεια του 24ώρου

Έτσι λοιπόν η αποθήκευση του νερού τις νυχτερινές είναι καλύτερη για το λόγο ότι δεν επιφορτίζει τα αντλητικά συστήματα , και επιτυγχάνεται εξισορρόπηση της κυμαινόμενης ζήτησης του συστήματος διανομής νερού , αλλά και για το λόγο ότι μπορούν και δουλεύουν έτσι με μειωμένο νυχτερινό τιμολόγιο , με σοβαρή οικονομική επίπτωση στην λειτουργία του υδραγωγείου, έτσι λοιπόν μετην κατασκευή δεξαμενής επιτυγχάνουμε τέσσερις στόχους :

1) Εξισορρόπηση την κυμαινόμενης ζήτησης του συστήματος διανομής νερού αλλά και η αποσύνδεση από την υδροληψία. Όταν η σύνδεση μεταξύ υδροληψίας και δικτύου γίνεται απ'ευθείας το δίκτυο τότε έχει πολλά προβλήματα, δηλαδή η μονάδα που επεξεργάζεται το νερό θα μεταβάλλεται συνέχεια στην διάρκεια της ημέρας λόγω των διακυμάνσεων της κατανάλωσης .Μπορούμε να έχουμε καλές αποδόσεις της μονάδας επεξεργασίας νερού όταν έχουμε σχετικά σταθερή παροχή και οι διακυμάνσεις της διερχόμενης παροχής μειώνουν την ποιότητα του νερού .

Επίσης πρόβλημα θα έχουμε αν το αντλιοστάσιο είναι συνδεδεμένο κατευθείαν στο δίκτυο διανομής του οικισμού , γιατί έτσι η αντλίες θα χρειάζονται να δουλεύουν συνέχεια της ώρες αιχμής (πρωί και μεσημέρι) και έτσι θα δαπανήσουμε πολλά χρήματα γιατί η κοστολόγηση του ηλεκτρικού ρεύματος είναι υψηλή.

Ενώ αν υπάρχει μία δεξαμενή αποθήκευσης νερού τότε μπορούμε να αντλήσουμε νερό τις νυχτερινές ώρες που η τιμές του ηλεκτρικού νερού είναι χαμηλές και έτσι να μην δαπανήσουμε πολλά χρήματα σε ρεύμα .

Φυσικά είναι πολλά τα πλεονεκτήματα που προσφέρει η κατασκευή μίας δεξαμενής αποθήκευσης νερού από το να είναι το δίκτυο συνδεδεμένο κατευθείαν στην υδροληψία .


2) Έχουμε αποθηκευμένο νερό στην περίπτωση διακοπής της τροφοδοσίας από την υδροληψία, για την εξυπηρέτηση των κατοίκων του οικισμού .

3) Εξασφαλίζουμε την απαιτούμενη πίεση στο δίκτυο διανομής νερού .

4) Η δυνατότητα παροχής κάλυψης έκτακτης ανάγκης , όπως η κατάσβεση μίας πυρκαγιάς ή , ή δυνατότητα άντλησης νερού για τα πυροσβεστικά οχήματα .

8.2 Είδη δεξαμενών

Υπάρχουν διάφορες δεξαμενές αποθήκευσης νερού όπως :

-  Υπόγειες
-  Επίγειες
-  Ημιυπόγειες
-  Υπερυψωμένες
-  Υδατόπυργοι

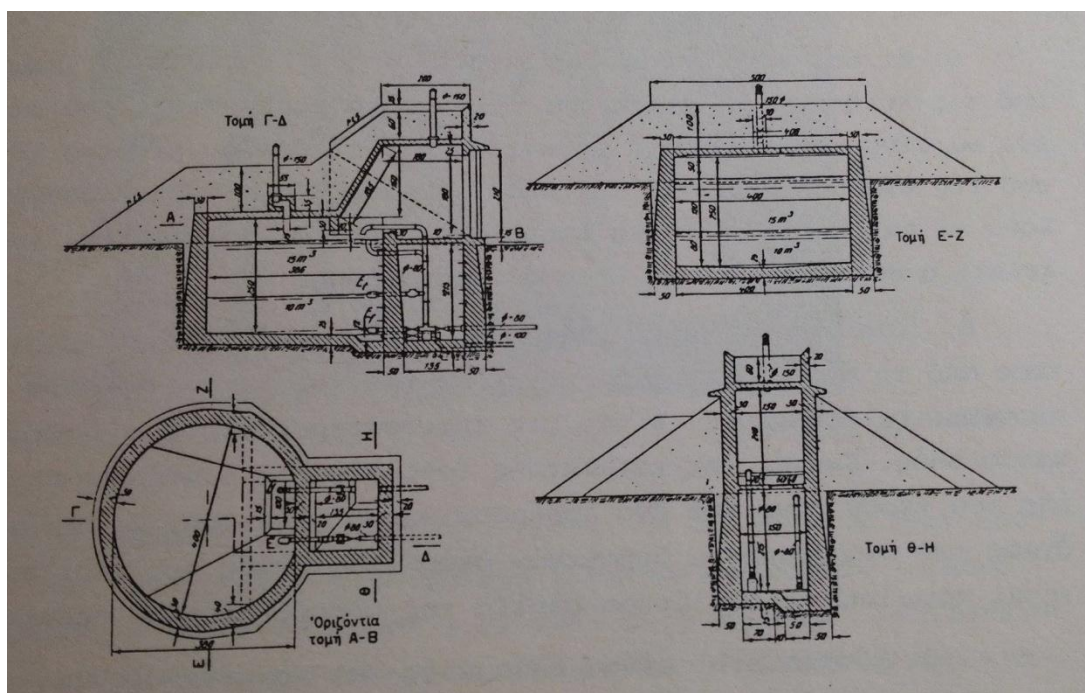
α) Οι υπόγειες δεξαμενές κατασκευάζονται μέσα στο έδαφος και δεν προεξέχουν καθόλου από την επιφάνεια του εδάφους . Αυτό όμως δημιουργεί τεχνικές δυσκολίες και είναι οικονομικά πολύ ακριβή η κατασκευή μίας τέτοιας κατασκευής , οπότε αν υπάρχει μεγάλος όγκος και έχουμε το χώρο και δεν υπάρχει ιδιαίτερος λόγος αποφεύγουμε να κατασκευάζουμε τέτοιες δεξαμενές .

Το πλεονέκτημα που έχει αυτή η δεξαμενή είναι ότι προφυλάσσεται εντελώς από τις καιρικές συνθήκες και σε περίοδο πολέμου είναι κρυφό από αεροπορικές επιδρομές .

β) Οι ημιυπόγειες δεξαμενές έχουν τα πλεονεκτήματα των υπόγειων αλλά έχουν πάλι όπως την υπόγεια δεξαμενή το μειονέκτημα της μεγάλης εκσκαφής. Αυτές οι δεξαμενές κατασκευάζονται κατά το μεγαλύτερο ποσοστό τους μέσα στο έδαφος και ένα μικρό μόνο μέρος της προεξέχει από την επιφάνεια του εδάφους . Στο τέλος της κατασκευής όλη η κατασκευή επιχωματώνεται με ένα στρώμα πάχους 80 cm , με τον τρόπο αυτό πετυχαίνουμε την απομόνωση του νερού από τις εξωτερικές επιδράσεις και συνθήκες , αλλά και η προστασία

και ασφάλεια του έργου μας . Επίσης η στάθμη σε τέτοιου τύπου δεξαμενές βρίσκεται ποιο χαμηλά από την επιφάνεια του εδάφους .

Στο επάνω μέρος της κατασκευής κατασκευάζουμε μια καταπακτή για να μπορούμε στο μέλλον να επισκευασθούμε το θάλαμο για τυχόν βλάβες οι για ελέγξουμε αν υπάρχει κάποιο πρόβλημα .

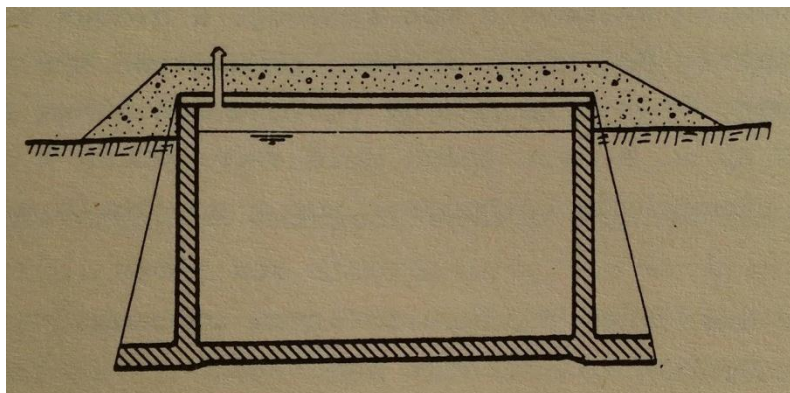


Ημιϋπόγεια δεξαμενή σε οριζόντια (Α-Β) και τρεις κατακόρυφες τομές .

Τα τοιχώματα είναι τύπου επίπεδες πλάκες με βάθρα η αντηρίδες ανά 2 με 3 m ή τύπου βαρύτητας , αναλόγως με το ύψος του τοίχου στο παρακάτω σχήμα .

Φυσικά οι εξέλιξη της τεχνολογίας και καινούργιες καινοτομίες και η εφαρμογή του προεντεταμένου σκυροδέματος μας

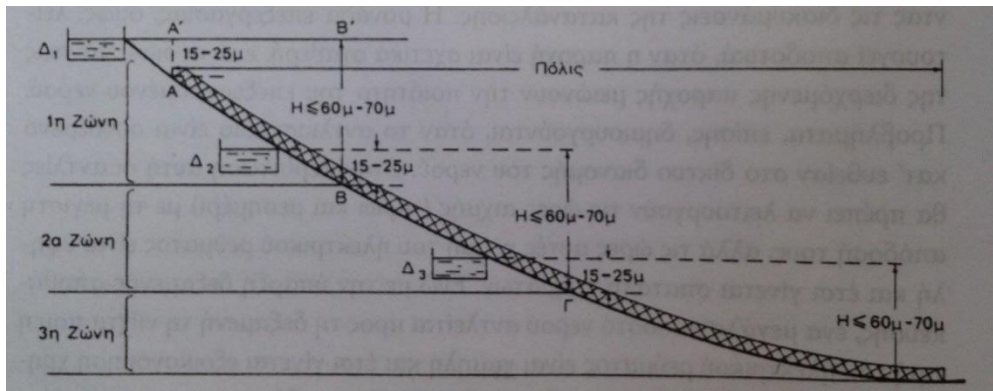
επιτρέπουν να κατασκευάζουμε μεγάλα ανοίγματα με οφέλη , τόσο από όψη τεχνικής κατασκευής αλλά και οικονομικά .



Ημιϋπόγεια δεξαμενή. Τα τοιχώματα σε τέτοια τύπου δεξαμενή μπορεί να είναι πλάκες με αντηρίδες .

Στις **επίγειες** δεξαμενές νερού για την τοποθέτηση τους η καλύτερη θέση είναι το κέντρο του οικισμού η τις πόλης , γιατί έτσι είναι ποιο οικονομικό το δίκτυο μας αλλά και εξασφαλίζονται και οι απαραίτητες πιέσεις του δικτύου ύδρευσης . Συγχρόνως όμως πρέπει η δεξαμενή νερού να τοποθετηθεί κάπου ψηλά, για να έχουμε τις κατάλληλες πιέσεις στο δίκτυο για να μπορούν να υδροδοτούνται και οι τελευταίοι όροφοι στον οικισμό . Η δεξαμενή δεν πρέπει να τοποθετηθεί πολύ ψηλά γιατί έτσι υπάρχει κίνδυνος να σπάσουν οι σωλήνες από τις υψηλές πιέσεις .

Το μέγιστο υψόμετρο που πρέπει να τοποθετηθεί μία δεξαμενή από τον οικισμό είναι 60 - 70 m. Φυσικά όταν έχουμε πολλές υψομετρικές διαφορές στον οικισμό μας τότε ο οικισμός χωρίζεται σε ζώνες και η κάθε ζώνη εξυπηρετείτε από άλλη δεξαμενή νερού όπως μπορούμε να δούμε και στο παρακάτω παράδειγμα .



Δίκτυο ύδρευσης χωρισμένο σε ζώνες

Η ζώνη 1 είναι από το Α -Β και καλύπτεται από την Δ1

Η ζώνη 2 είναι από το Β -Γ και καλύπτεται από την Δ2

Η ζώνη 3 είναι από το Γ και κάτω και καλύπτεται από την Δ3

Φυσικά όσο μεγαλύτερη είναι η δεξαμενή μας τόσο το καλύτερο για τη λειτουργία του δικτύου μας αλλά και για τις ώρες έκτακτης ανάγκης που μπορεί να προκύψουν , αλλά όσο μεγαλύτερη κάνεις μία δεξαμενή τόσο μεγαλύτερο κόστος έχει και γι'αυτό ορίζουμε κάποια κανόνες για τον ελάχιστο και μέγιστο όγκο της δεξαμενής .

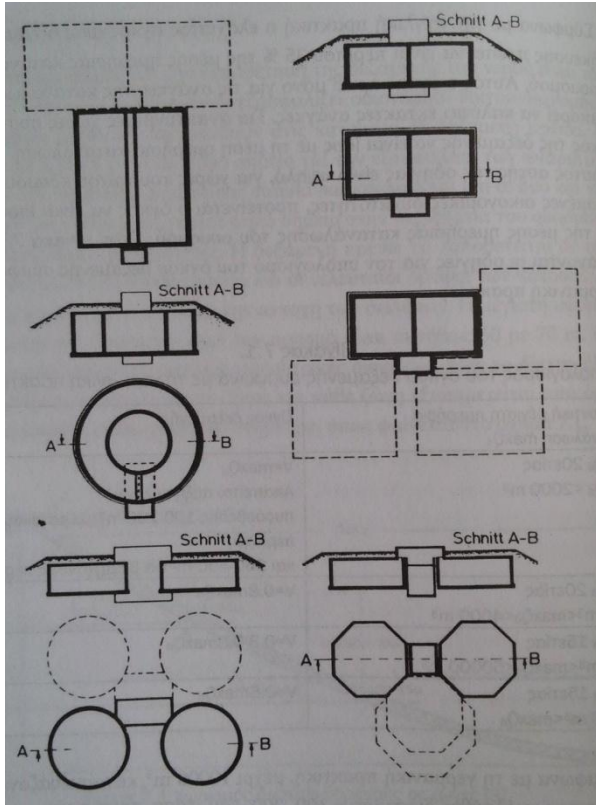
Υπάρχουν δύο ειδών πρακτικές η αγγλική και η γερμανική , η αγγλική πρακτική λέει ότι πρέπει να είναι περίπου 25 % της μέσης ημερήσιας κατανάλωσης του οικισμού για τον ελάχιστο όγκο μίας δεξαμενής νερού .Αλλά για ανεπτυγμένες χώρες προτιμότερο και αυτό που συστήνεται από ειδικούς είναι , ο όγκος της δεξαμενής να είναι ίσος με τη μέση ημερήσια κατανάλωση του οικισμού , αλλά επειδή το κόστος για να πραγματοποιηθεί αυτή η οδηγία είναι μεγάλο σε ώρες τρίτου κόσμου με περιορισμένες οικονομικές δυνατότητες , τις πιο

πολλές φορές χρησιμοποιούμε το 50 % της μέσης κατανάλωσης νερού του οικισμού ,
για αυτό περιλαμβάνονται οδηγίες για τον υπολογισμό του όγκου της δεξαμενής σύμφωνα όμως με την γερμανική πρακτική στον παρακάτω πίνακα .

Μελλοντική μέγιστη ημερήσια κατανάλωση $maxQ_d$	Όγκος δεξαμενής
$maxQ_d$ 20ετίας $maxQ_d < 2000 \text{ m}^3$	$V = maxQ_d$ Απαιτείται αύξηση λόγω πυρόσβεσης 100-200 m^3 για κατοικημένες περιοχές και 200-400 m^3 για βιομηχανικές περιοχές
$maxQ_d$ 20ετίας $2000\text{m}^3 < maxQ_d < 4000 \text{ m}^3$	$V = 0.8maxQ_d$
$maxQ_d$ 15ετίας $4000\text{m}^3 < maxQ_d < 50000 \text{ m}^3$	$V = 0.3-0.8maxQ_d$
$maxQ_d$ 15ετίας $50000 \text{ m}^3 < maxQ_d$	$V = 0.5maxQ_d$

Η γερμανική πρακτική λέει ότι για όγκο δεξαμενής μέχρι 5000 m^3 προτιμάμε την ορθογωνική μορφή . Για δεξαμενές μέχρι 10000 m^3 κατασκευάζουμε δεξαμενές σε κάποιες συγκεκριμένες διαστάσεις όπως : 100 , 200 , 500 , 1000 , 2000 , 5000 και 10000 m^3 .
Για δεξαμενές από 5000 m^3 μέχρι 10000 m^3 η κυκλική δεξαμενή είναι η καλύτερη λύση γιατί έχει περισσότερα πλεονεκτήματα και καλύτερα από άλλες . Τέλος για πολύ μεγάλους όγκους , από 10000 m^3 μέχρι 100000 m^3 καταλληλότερη είναι η ορθογωνική μορφή δεξαμενής λόγω των πλεονεκτημάτων που έχει .

Παρακάτω θα δούμε κάποιες μορφές δεξαμενών με δυνατότητα επέκτασης στο μέλλον (διακεκομμένες γραμμές) .



8.3 Υπερυψωμένες κατασκευές ή Υδατόπυργοι

Οι υδατόπυργοι είναι κατασκευές που αποθηκεύουν νερό με τον πυθμένα τους να είναι πιο ψηλά από την επιφάνεια του εδάφους και κατασκευάζονται όταν δεν υπάρχει φυσικό ύψωμα για την τοποθέτηση της δεξαμενής αλλά το έδαφος είναι επίπεδο τότε η μόνη μας λύση είναι να κατασκευάσουμε έναν υδατόπυργο. Στις επίγειες δεξαμενές μπορούμε να κατασκευάσουμε σχετικά εύκολα μια νέα δεξαμενή δίπλα στη παλιά, άμα αυξηθούν οι ανάγκες κατανάλωσης του οικισμού.

Όμως η κατασκευή ενός υδατόπυργου είναι πολύ δυσκολότερη από μία επίγεια δεξαμενή και όταν αυξηθούν οι ανάγκες της κατανάλωσης δεν θα είναι εύκολη η κατασκευή υδατόπυργου, γι'αυτό και στο χρόνο σχεδιασμού του υδατόπυργου που κατασκευάζεται εξ αρχής , λαμβάνεται υπόψη για να μπορεί να καλύψει τις ανάγκες κατανάλωσης του οικισμού για τα επόμενα 30 - 40 χρόνια . Φυσικά το κόστος ενός υδατόπυργου με μίας επίγειας ίδιου όγκου δεξαμενής δεν είναι καθόλου κοντά ,γιατί η κατασκευή ενός υδατόπυργου θα κοστίσει 3 έως 5 φορές περισσότερο από ότι μίας επίγειας δεξαμενής .Λόγω του μεγάλου κόστους που έχει ένας υδατόπυργος , ο όγκος της δεξαμενών των υδατόπυργων είναι μικρότερος από των όγκο των επίγειων δεξαμενών, και μπορεί να καλύψει μόνο τις ανάγκες της οικιακής κατανάλωσης .

Μελλοντική μέγιστη ημερήσια κατανάλωση $maxQ_d$	Όγκος δεξαμενής υδατόπυργου
$maxQ_d$ 35ετίας $maxQ_d < 1000 \text{ m}^3$	$V = 0.35maxQ_d$
$maxQ_d$ 35ετίας $1000\text{m}^3 < maxQ_d < 4000 \text{ m}^3$	$V = 0.25maxQ_d$
$maxQ_d$ 35ετίας $4000\text{m}^3 < maxQ_d$	$V = 0.20maxQ_d$

Υπολογισμός όγκου υδατόπυργου με τη γερμανική πρακτική.

Εάν μπορούμε να εξασφαλίσουμε νερό από κάποια εναλλακτική πηγή για τις ανάγκες της απαιτούμενης παροχής για πυρόσβεση η για άλλες έκτακτες ανάγκες , τότε δεν χρειάζεται να κάνουμε καμία αύξηση του όγκου που προτείνεται από τον παραπάνω πίνακα .

Αν δεν συμβεί αυτό ,τότε γίνεται προσαύξηση του όγκου του υδατόπυργου ως εξής . Όταν η μελλοντική ημερήσια δεν ξεπερνά τα 2000 m³ , τότε αυξάνουμε τον όγκο της δεξαμενής για αγροτικές περιοχές με σύστημα δόμησης πανταχόθεν ελεύθερο κατά 75 m³ , για αγροτικές περιοχές με σύστημα δόμησης συνεχές κατά 100 m³ και για πόλεις κατά 150 m³ . Όταν ο όγκος της δεξαμενής του υδατόπυργου είναι μικρότερος από 3000 m³ , τότε το βάθος της δεξαμενής του υδατόπυργου πρέπει να είναι 5 m, όταν η χωρητικότητα της δεξαμενής είναι μεγαλύτερη από τα 3000 m³ τότε το βάθος της δεξαμενής του υδατόπυργου αυξάνεται στα 8 m .

Ο πυθμένας μίας δεξαμενής ενός υδατόπυργου μπορεί να φτάσει από 20 - 40 μέτρα από την επιφάνεια του εδάφους , ενώ το κυλινδρικό κατακόρυφο υποστύλωμα πρέπει η διάμετρος του να είναι μεγαλύτερη από 2.5 m για να μπορεί να χωρέσει η σκάλα και οι διάφορες σωληνώσεις.

Συνιστώμενες διαστάσεις δεξαμενής υδατόπυργου με την αγγλική πρακτική

Όγκος δεξαμενής (m ³)	Βάθος δεξαμενής (m)	Εσωτερική διάμετρος Δεξαμενής (m)
1200	7.5	17.0
2000	9.1	19.4
3000	10.2	22.6

Ο υδατόπυργος είναι μία μεγάλη κατασκευή , και γι'αυτό πρέπει να είναι και αισθητικά ωραία . Ο υδατόπυργος αποτελείται από την δεξαμενή , τα υποστυλώματα που συνήθως είναι

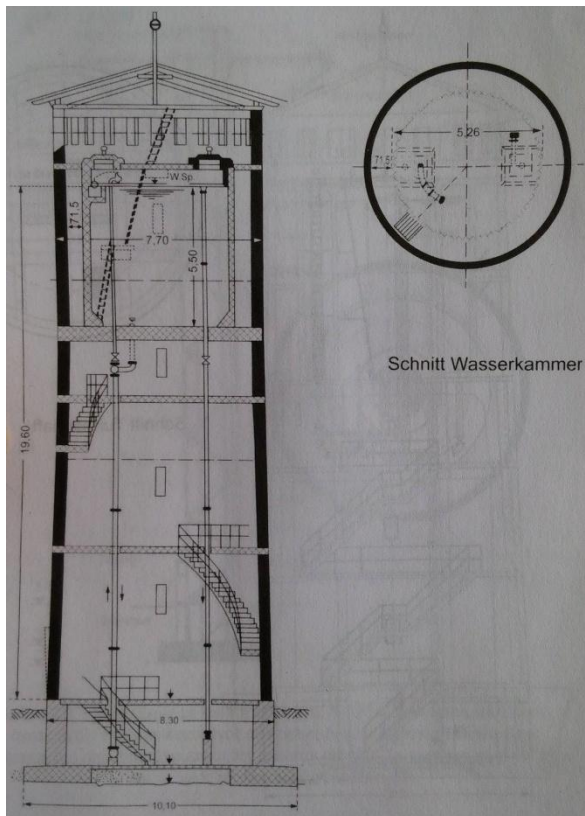
δακτυλιοειδούς διατομής και στο εσωτερικό του τοποθετούνται η σκάλα και οι σωληνώσεις βοηθώντας έτσι να έχουμε ένα ωραίο αισθητικά αποτέλεσμα λόγω της κρυμμένης σκάλας και των σωληνώσεων που δεν φαίνονται . Η μορφή μιας δεξαμενής πρέπει να προσεχθεί και να μελετηθεί πολύ προσεκτικά από τον σχεδιαστή του υδατόπυργου, αλλά να ταιριάζει και αισθητικά με την περιοχή και φυσικά να είναι αποδεκτή από τους κατοίκους της περιοχής , γιατί μία τέτοια μεγάλη κατασκευή πολλές φορές αποτελεί σήμα κατατεθέν για μία περιοχή .Συνήθως οι μορφές που συναντάμε είναι κυλινδρικές , αλλά συναντάμε και σφαιρικές , ελλειπτικές και με κωνική μορφές ,αλλά υπάρχουν και τα πολύ παράξενα σχέδια όπως με μορφή αχλαδιού και με μορφή μήλου.

Παρακάτω θα δούμε κάποιες μορφές δεξαμενών.

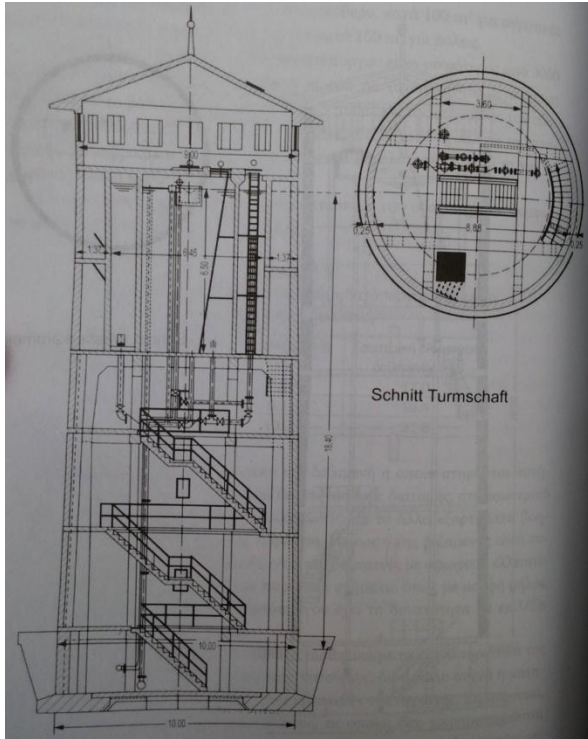


Υδατόπυργος στην Φινλανδίας στη πόλη Vehkalahti.

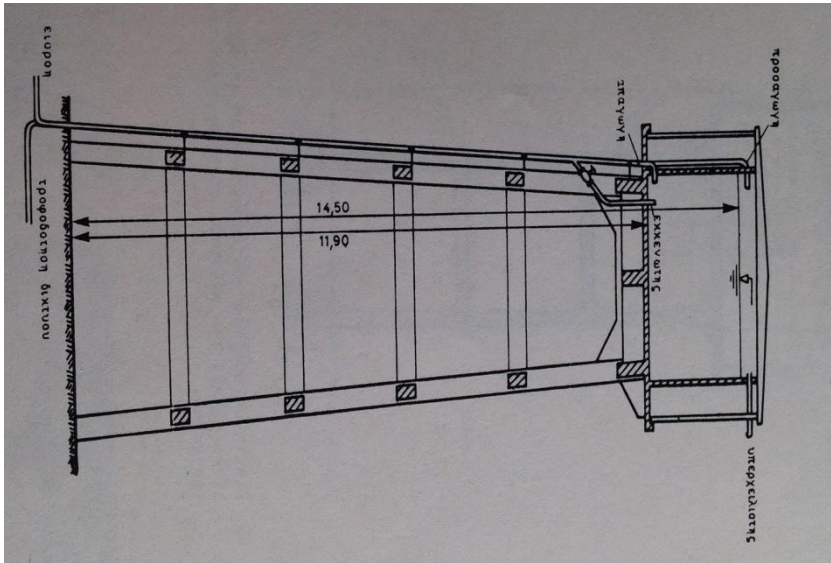
Ο ίδιος υδατόπυργος όταν κατασκευαζόταν



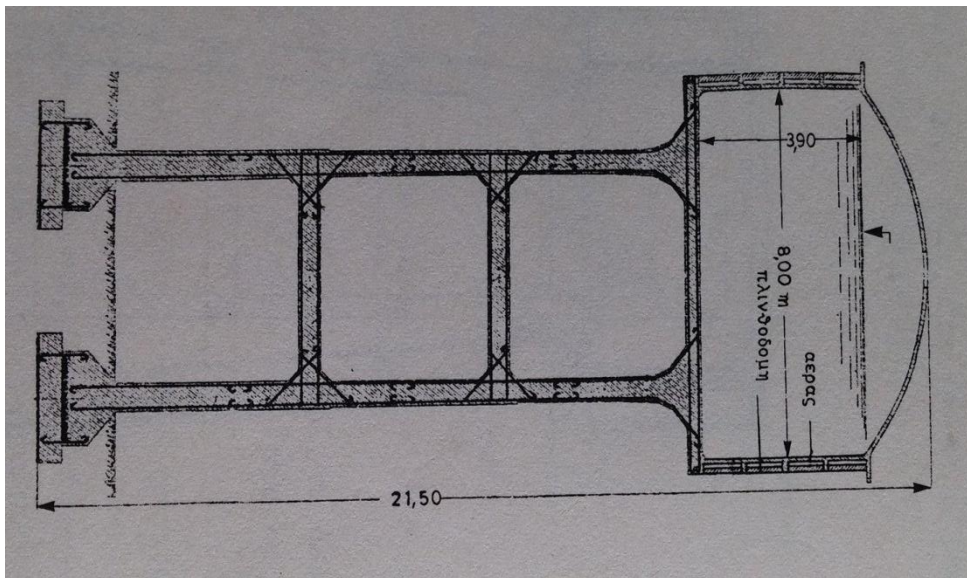
Υδατόπυργος κατασκευασμένος από οπλισμένο σκυρόδεμα με χωρητικότητα δεξαμενής 100 m^3 . Με ύψος 19,6 m και το ύψος δεξαμενής είναι 5 m .



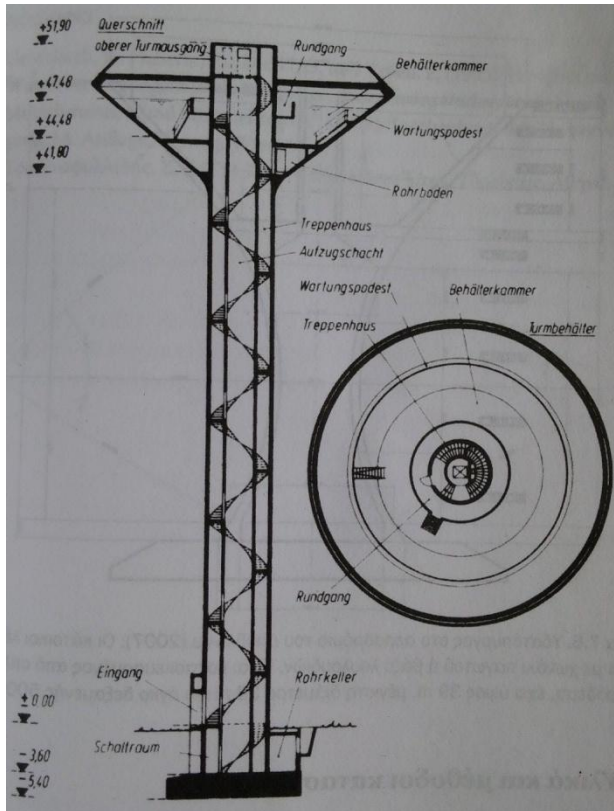
Υδατόπυργος κατασκευασμένος από οπλισμένο σκυρόδεμα με δεξαμενή συνολικού όγκου 200 m^3 , με εξωτερικό διαμέρισμα 125 m^3 και εσωτερικό διαμέρισμα 75 m^3 . Το ύψος του φτάνει τα $18,4 \text{ m}$ και το ύψος δεξαμενής του είναι $6,5 \text{ m}$.



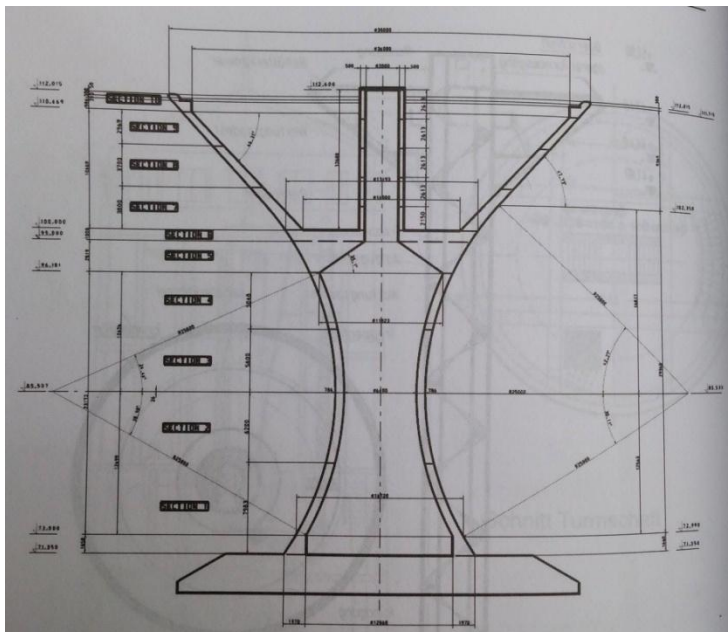
Τομή υδατόπυργου



Για να μην επηρεάζεται το νερό από τις εξωτερικές συνθήκες ,αλλά και για μόνωση κατασκευάζεται δρομικός τοίχος και αφήνεται αρκετός χώρος πάνω από την στάθμη του νερού .

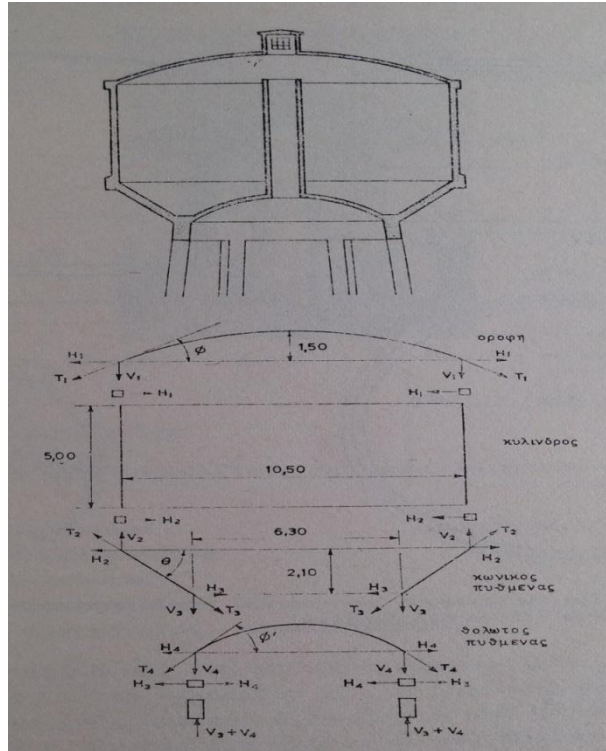


Υδατόπυργος με κωνική δεξαμενή συνολικού όγκου 500m^3 , ενός διαμερίσματος, κατασκευασμένος από οπλισμένο σκυρόδεμα με κατασκευασμένη την σκάλα ενσωματωμένη στο υποστήλωμα έτσι ώστε να μην φαίνεται απ'έξω. Το ύψος του είναι 47,48m και το ύψος δεξαμενής είναι 3 m.

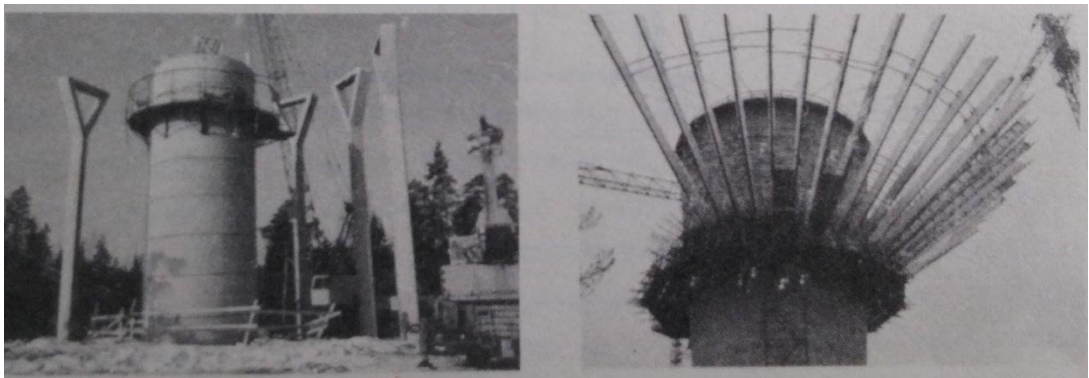


Υδατόπυργος κοντά στο αεροδρόμιο του Δουβλίνου βρίσκεται στον αυτοκινητόδρομο M50 . Οι κάτοικοι λένε ότι μοιάζει περισσότερο με χωνάκι παγωτό η με βάζο λουλουδιών παρά με υδατόπυργο .Είναι κατασκευασμένος από οπλισμένο σκυρόδεμα και έχει ύψος 39 m , και μέγιστη διάμετρο 38 m , ο όγκος του είναι 5000 m³,σε σχέση με τους προηγούμενους αυτός είναι πραγματικά τεράστιος σε χωρητικότητα νερού.Παρακάτω φαίνεται σε κανονική φωτογραφία ο υδατόπυργος.





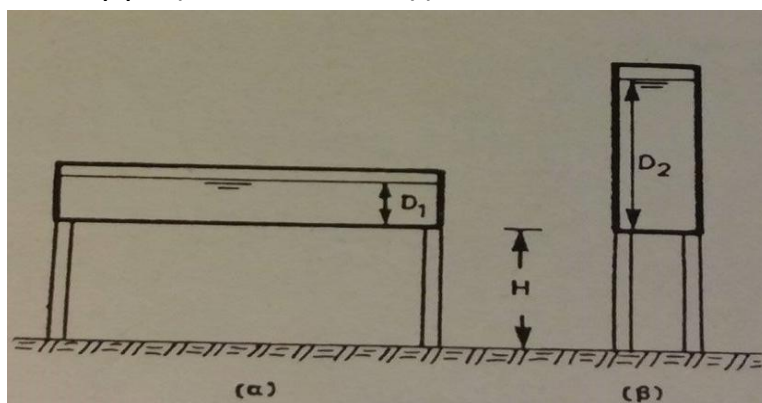
Άλλος ένας υδατόπυργος , αυτός είναι με θολωτό πυθμένα , στο σχήμα φαίνονται και οι αναπτυσσόμενες δυνάμεις στην κατασκευή.



Σχ.8 Κατασκευάζεται ένα δίκτυο από δοκάρια για τη μεταφορά των φορτίων της δεξαμενής .

Οικονομική λύση μπορούμε να έχουμε όταν τα γεωμετρικά στοιχεία του υδατόπυργου πρέπει να δίνουν , για έναν ορισμένο όγκο , την μικρότερη επιφάνεια για πυθμένα- τοιχωμάτων. Στην σφαιρική μορφή , έχουμε τη μικρότερη επιφάνεια και απαιτεί ποιο μικρό πάχος τοιχωμάτων αλλά και λιγότερο σπλισμό, φυσικά έχει το μειονέκτημα της δύσκολης κατασκευής που απαιτεί ειδικό εξοπλισμό και ειδικό συνεργείο κατασκευής. Επίσης η κυλινδρική μορφή είναι η μορφή με τα περισσότερα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα αμέσως μετά την σφαιρική μορφή. Τέλος η ορθογωνική μορφή έχει το πλεονέκτημα ότι κατασκευάζεται εύκολα, αλλά απαιτεί μεγαλύτερο πάχος τοιχωμάτων και περισσότερο σπλισμό που σημαίνει μεγαλύτερο κόστος υλικών .

Στο παρακάτω παράδειγμα θα δούμε ότι η στάθμη τού νερού μέσα στη δεξαμενή μας έχει άμεση επιρροή στη λειτουργία , και αυτό προκαλείται γιατί η ανύψωση του νερού στη πρώτη περίπτωση (α) του σχήματος χρειάζεται μία αντλία ικανή για να μπορεί να πιάσει το ύψος $H + D_1$, όμως για τη δεύτερη περίπτωση (β) χρειάζεται να καλυφθεί το ύψος $H + D_2$ που είναι πολύ μεγαλύτερο και προϋποθέτει και ποιο μεγάλο κόστος λειτουργίας και κατασκευής .



Ένα σημαντικό πρόβλημα στην κατασκευή του υδατόπυργου είναι η έδραση της κατασκευής στα υποστηλώματα και από εκεί στο έδαφος . Αναλόγως τον όγκο , την μορφή και τις διαστάσεις της δεξαμενής , κατασκευάζεται δίκτυο από δοκάρια όπως βλέπουμε στο σχήμα 8, και από εκεί μετά μεταφέρονται τα φορτία στα υποστηλώματα και από εκεί στο έδαφος . Είναι πάρα πολλές οι περιπτώσεις διαμόρφωσης θωλοτού ή άλλων περιέργων μορφών , που στην τελική δεν χρησιμεύουν για λειτουργικές ανάγκες αλλά μόνο σχεδιαστικά και αισθητικά όπως είδαμε σε προηγούμενες εικόνες .

8.4 Μέθοδοι κατασκευής και υλικά κατασκευής

Γύρω στο 1830 άρχισαν να κατασκευάζονται οι πρώτες δεξαμενές αποθήκευσης νερού και αυτές ήταν μεταλλικές . Μετά από περίπου 50 χρόνια το 1880 άρχισαν να χρησιμοποιούνε και το οπλισμένο σκυρόδεμα στις κατασκευές των υδατόπυργων , μετά το 1950 άρχισαν να χρησιμοποιούνε και το προεντεταμένο σκυρόδεμα . Φυσικά σήμερα αυτά τα 3 υλικά κατασκευής των υδατόπυργων χρησιμοποιούνται είτε σε συνδυασμό μεταξύ τους που μπορεί να έχει πιθανών τα καλύτερα αποτελέσματα στη κατασκευή , αλλά χρησιμοποιούνται και μόνα τους . Υπάρχουν αρκετές περιπτώσεις υδατόπυργων που έχουν κατασκευαστεί με προκατασκευή. Η προκατασκευή της δεξαμενής επιτρέπει να εφαρμοστούν διάφορα δύσκολα ασυνήθιστα σχήματα που θα ήταν σχεδόν ακατόρθωτο να κατασκευαστούν στη κορυφή του υδατόπυργου,

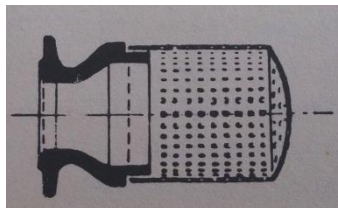
και γι' αυτό προκατασκευάζεται η δεξαμενή και μετά ανυψώνεται στην κορυφή , συρόμενη κατά του μήκους του υποστυλώματος είτε με προώθηση είτε με ανέλκυση.

8.5 Όργανα λειτουργίας υδατόπυργου

Τα όργανα τα οποία εξασφαλίζουν την σωστή και καλή λειτουργία ενός υδατόπυργου είναι :

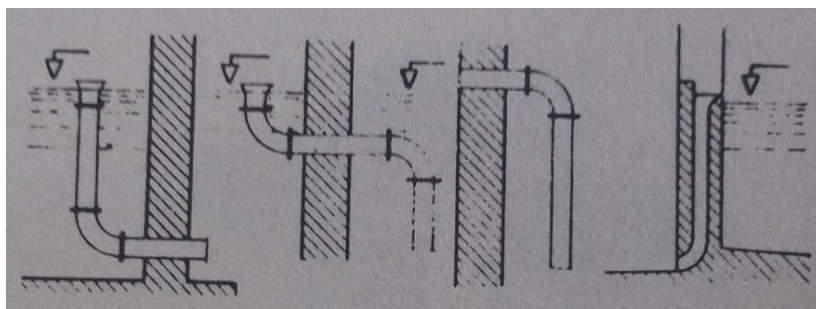
- 1) Η υδροληψία
- 2) Ο υπερχειλιστής
- 3) Ο εκκενωτής
- 4) Ο εξαεριστήρας ή αεροεξαγωγός
- 5) Τα σταθμήμετρα ή σταθηγράφοι

1) Η υδροληψία του νερού από μία δεξαμενή πραγματοποιείται με έναν σωλήνα που η άκρη αυτού του σωλήνα είναι καλυμμένη με ένα είδος μηχανικού φίλτρου νερού για να μπορεί να φιλτράρει όσο το δυνατόν πιο καθαρό νερό μπορεί προς τη δεξαμενή . Αυτό το μηχανικό φίλτρο τοποθετείται αρκετά μέσα στο νερό και περίπου σε ύψος 30 - 40 cm από τον πυθμένα , για να μην απορροφάει τα υλικά που κατακάθονται στον πυθμένα αλλά να μπορεί και όταν η στάθμη του νερού είναι χαμηλή σε θερινούς μήνες , να στέλνει νερό στην δεξαμενή και να μην υπάρχει πρόβλημα υδροδότησης της περιοχής.



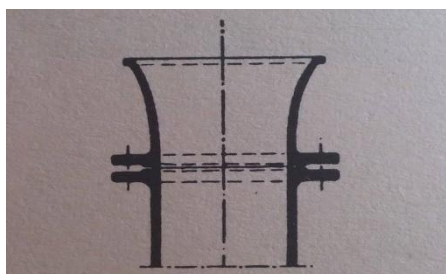
Στόμιο υδροληψίας (μηχανικό φίλτρο)

2) Για να αποφύγουμε τυχόν υπερχειλίσεις και κατακλίσεις , των οργάνων λειτουργίας και την αποφυγή άλλων μεγαλύτερων ζημιών, όλες οι δεξαμενές πρέπει να είναι εφοδιασμένη με έναν υπερχειλιστή που μπορεί και απομακρύνει το νερό όταν υπερχειλίζει η δεξαμενή, δηλαδή μόλις η στάθμη του νερού ξεπεράσει ένα συγκεκριμένο ύψος , που εκεί βρίσκεται το χείλος του υπερχειλιστή.



Διάφορες μορφές υπερχειλιστή.

Επίσης οι υπερχειλιστές μπορεί να είναι ενσωματωμένοι μέσα σε μία δεξαμενή ή να είναι απλά στηριγμένη στη δεξαμενή αλλά πάντα με ελεύθερο το άνοιγμα του στομίου τους .

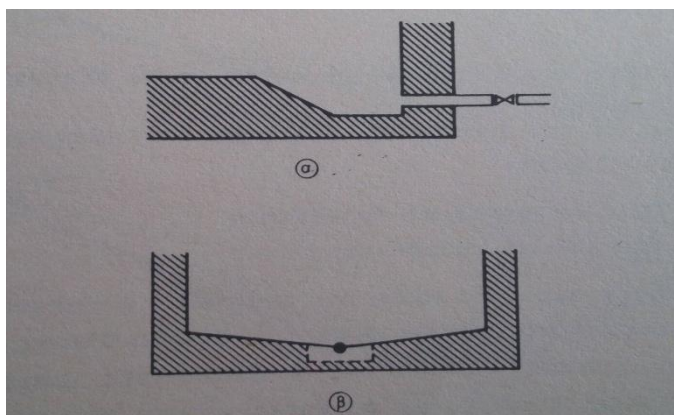


Στόμιο ενός υπερχειλιστή.

3) Σε όλες τις δεξαμενές μετά από ένα χρονικό διάστημα είτε μικρό είτε μεγάλο στον πυθμένα τους κατακάθονται υλικά.

Επειδή συμβαίνει αυτό , η δεξαμενές πρέπει να καθαρίζονται και να απολυμαίνονται κατά σταθερά χρονικά διαστήματα αναλόγως την δεξαμενή . Αυτή την δουλειά του αδειάσματος της δεξαμενής την κάνει ο εκκενωτής.

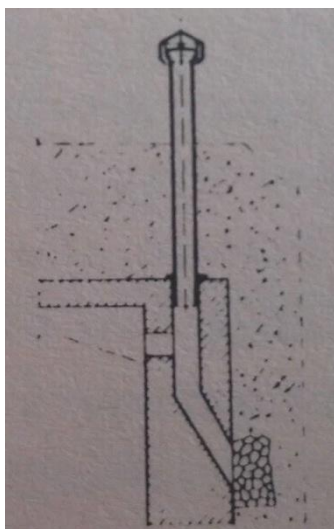
Ο εκκενωτής είναι σαν των σωλήνα υπερχειλιστή που τοποθετείται στο ύψος του πυθμένα η και χαμηλότερα για να αδειάζει με ευκολία το νερό που έχει μέσα η δεξαμενή και λειτουργεί με την βοήθεια μίας δικλείδας .



Παράδειγμα εκκενωτή σε τομή κατά μήκος (α) και εγκάρσια τομή (β) .

- 4) Σε μία δεξαμενή όταν ο όγκος του νερού αυξομειώνεται τότε αυξομειώνεται και ο όγκος του αέρα που υπάρχει μέσα , για να μην υπάρξει κάποιο σοβαρό πρόβλημα λόγω αυτών των μεγάλων πιέσεων αλλά και για να υπάρχει ανανέωση του αέρα μέσα στην δεξαμενή , τοποθετούμε στις δεξαμενές εξαεριστήρα δηλαδή: Αεροεξαγωγό.
Το ένα άκρο του αεροεξαγωγού είναι τοποθετημένο λίγα

εκατοστά κάτω από την οροφή της δεξαμενής ενώ το εξωτερικό κομμάτι έχει φυσικά φίλτρο για να εμποδίζονται διάφορα υλικά , μικροοργανισμοί και πουλιά να εισχωρήσουν μέσα στη δεξαμενή και να μολύνουν το νερό .





Αεροεξαγωγός.

- 5) Άλλο ένα χρήσιμο όργανο λειτουργίας στη δεξαμενή είναι τα σταθμήμετρα, γιατί με το σταθμήμετρο επιτυγχάνουμε την καλή λειτουργία της δεξαμενής . Το απλούστερο σταθμήμετρο είναι ένας πλωτήρας που συνδέεται με έναν δείκτη , ο δείκτης προς τα πάνω και μας δείχνει σε μία κλίμακα βαθμολογημένη τον όγκο ή το ύψος του νερού που έχουμε μέσα στη δεξαμενή .Ο πλωτήρας επίσης μπορεί να συνδεθεί με ένα κατάλληλο σύστημα τροχαλιών και να δώσει κίνηση σε μία γραφίδα που μπορεί και γράφει σε ένα κυκλικό δίσκο κινούμενο με ωρολογιακό μηχανισμό το ύψος που θα έχει το νερό στη διάρκεια ενός ορισμένου χρόνου, που

αυτό είναι περίπου 14 ώρες (σταθμηγράφος) μοιάζει περίπου με σειсмоγράφο .

8.6 Τοποθέτηση δεξαμενών σε σχέση με το δίκτυο ύδρευσης του οικισμού

Για την τοποθέτηση δεξαμενών ξεχωρίζουμε δύο κατηγορίες :

-  Οριζοντιογραφική τοποθέτηση
-  Υψομετρική τοποθέτηση

Στην πρώτη περίπτωση που έχουμε **οριζοντιογραφική τοποθέτηση** της δεξαμενής κρίνεται σκόπιμο η τοποθέτηση της δεξαμενής να βρίσκεται όσο το δυνατόν στο κέντρο βάρους της κατανάλωσης , έτσι ώστε να έχουμε όσο το δυνατόν μικρότερες απώλειες (και με συνέπεια να έχουμε και πτώση της πιεζομετρικής γραμμής), με αποτέλεσμα την μείωση του απαιτούμενου ύψους τοποθέτησης της δεξαμενής .

Το να τοποθετήσουμε την δεξαμενή μας με μία τέτοια διάταξη μας δει

Το να τοποθετήσουμε την δεξαμενή μας με μία τέτοια διάταξη μας δει πιο ομοιόμορφη κατανομή νερού και οικονομικά πλεονεκτήματα , αλλά όμως δεν είναι πάντα δυνατή η επίτευξη τοποθέτησης δεξαμενής με κεντροβαρική τοποθέτηση γιατί δεν είναι πάντα το έδαφος κοντά στον οικισμό έτσι διαμορφωμένο ώστε στο μέσο του οικισμού ή της πόλης να υψώνεται μια εδαφική έξαρση .

Αν όμως δεν υπάρχει εδαφική έξαρση στο μέσο του οικισμού και το έδαφος μας είναι πεδινό τότε η λύση κατασκευής υδατόπυργου δεν είναι και πολύ καλή λόγω ότι θα είναι αντιαισθητικό και θα είναι και πολύ δαπανηρή η κατασκευή ενός υδατόπυργου.

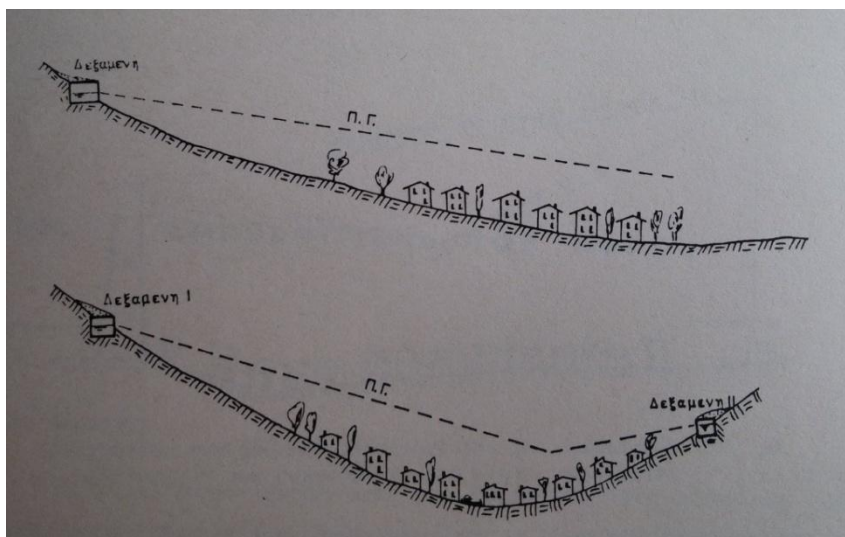
Αν η πόλη είναι χτισμένη σε μία πλαγιά ενός βουνού είναι λογικό να τοποθετηθεί η δεξαμενή έτσι ώστε να υπάρχει το απαιτούμενο πιεζομετρικό ύψος ώστε έτσι να υδροδοτείται όλοι η πόλη μέχρι και το τελευταίο σπίτι (παρακάτω σχήμα). Όταν έχουμε τέτοιες περιπτώσεις προτιμότερο είναι να τοποθετηθούν δύο δεξαμενές μία σε κάθε πλευρά , που η κάθε δεξαμενή θα εξυπηρετεί έναν δικό της τομέα .

Ο βέλτιστος διαχωρισμός της πόλης κρίνεται σε τομείς , όταν όμως η πόλη είναι εκτεταμένη . Ο κάθε τομέας λειτουργεί ξεχωριστά και εξυπηρετείται από δικιά του δεξαμενή ,όμως άμα υπάρξει περίπτωση ανάγκης σε άλλο τομέα , έχει την δυνατότητα να εξυπηρετήσει τον τομέα που έχει ανάγκη λόγω κάποιας βλάβης .

Στην δεύτερη περίπτωση που έχουμε **υψομετρική τοποθέτηση** η δεξαμενή πρέπει να είναι σε τέτοιο υψόμετρο ώστε να μπορεί να υδροδοτήσει και τις ψηλότερες κατοικίες χωρίς να υπάρχει όμως πρόβλημα μεγάλων πιέσεων και το πιεζομετρικό φορτίο να μην είναι πολύ μεγάλο .

Όταν το πιεζομετρικό φορτίο είναι πολύ μεγάλο τότε δημιουργεί μεγάλους κινδύνους καταστροφής των αγωγών και των διάφορων συσκευών παροχής , γι'αυτό η μέγιστη τιμή του πιεζομετρικού φορτίου πρέπει να είναι 6-7 atm.

Βέβαια στις ώρες αιχμής η πιεζομετρική γραμμή πέφτει λόγω της μεγάλης κατανάλωσης, μπορεί ακόμα να πέσει τόσο ώστε να μην φτάνει νερό στα ψηλότερα διαμερίσματα της πόλης .



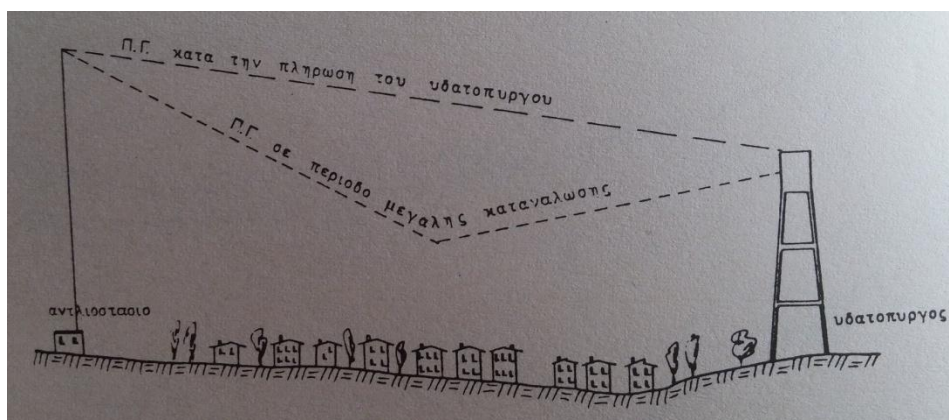
Η θέση τοποθέτησης της δεξαμενής πρέπει να γίνει ώστε να φτάνει η παροχέτευση και στα ψηλότερα σημεία και διαμερίσματα της πόλης ακόμα και στις ώρες αιχμής.

Η μεταφορά του νερού τώρα από την δεξαμενή προς την πόλη γίνεται με τρεις τρόπους :

- ✚ Με βαρύτητα
- ✚ Με άντληση και αποθήκευση
- ✚ Με άντληση μόνο

Με βαρύτητα , η δεξαμενή πρέπει να έχει αρκετά μεγάλο υψόμετρο από την πόλη για να μπορεί να έχει τις κατάλληλες πιέσεις και αυτό είναι η ποιό εύκολη λύση.

Με άντληση και αποθήκευση έχουμε την δυνατότητα να δίνεται το νερό κατευθείαν στην κατανάλωση από τις δεξαμενές και σε περιόδους αιχμής δεν υπάρχει πρόβλημα γιατί διοχετεύεται από την δεξαμενή και από το αντλιοστάσιο νερό.Με αυτή την λύση έχουμε οικονομική λειτουργία για τα αντλητικά συστήματα διότι δεν λειτουργούν 24 ώρες το 24ώρο και πλεονεκτεί επίσης γιατί αν υπάρχει κάποια βλάβη , αυτή η βλάβη δεν θα επηρεάσει το δίκτυο διανομής νερού της πόλης .



Διαμόρφωση πιεζομετρικής γραμμής όταν έχουμε παροχέτευση νερού από τη δεξαμενή και από τις αντλίες ταυτόχρονα.

Τέλος μόνο με άντληση το νερό διοχετεύεται στους καταναλωτές κατευθείαν από το αντλιοστάσιο η από τα αντλητικά συστήματα. Το πρόβλημα με αυτό τον τρόπο διοχέτευσης νερού στη πόλη είναι ότι αν παρουσιασθή κάποια βλάβη στις αντλίες σταματάει η διοχέτευση νερού στη πόλη .

Από τις τρεις μεθόδους που χρησιμοποιούνται, η δεύτερη εφαρμόζεται ποιο συχνά την σήμερον ημέρα στις περιπτώσεις ύδρευσης οικισμών και πόλεων γιατί έχει τα ποιο πολλά πλεονεκτήματα όπως είναι :

- ✚ Σε περιόδους αιχμής καλύπτονται όλες οι απαιτήσεις.
- ✚ Οι αντλίες δεν χρειάζεται να δουλεύουν 24 ώρες.
- ✚ Σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης η πυρκαγιάς εξασφαλίζεται η απαιτούμενη παροχή και η ιδανική πίεση .
- ✚ Η καταστροφές σε σωλήνες η διάφορες βλάβες δεν επηρεάζει την παροχή μας άμεσα .
- ✚ Έχουμε την οικονομικότερη λύση και λειτουργία του συστήματος λόγω της συνδυασμένης παροχής από το αντλιοστάσιο και υδατόπυργο ή δεξαμενή βαρύτητας.

Παράδειγμα άσκησης:

Έχουμε την παρακάτω δεξαμενή του σχήματος που υδροδοτεί μια κωμόπολη και η δεξαμενή τροφοδοτείται από την πηγή Π_1 που είναι σε υψόμετρο 150 μέτρα και από ένα αντλιοστάσιο Π_2 που είναι σε μικρότερο υψόμετρο στα 70 μέτρα.

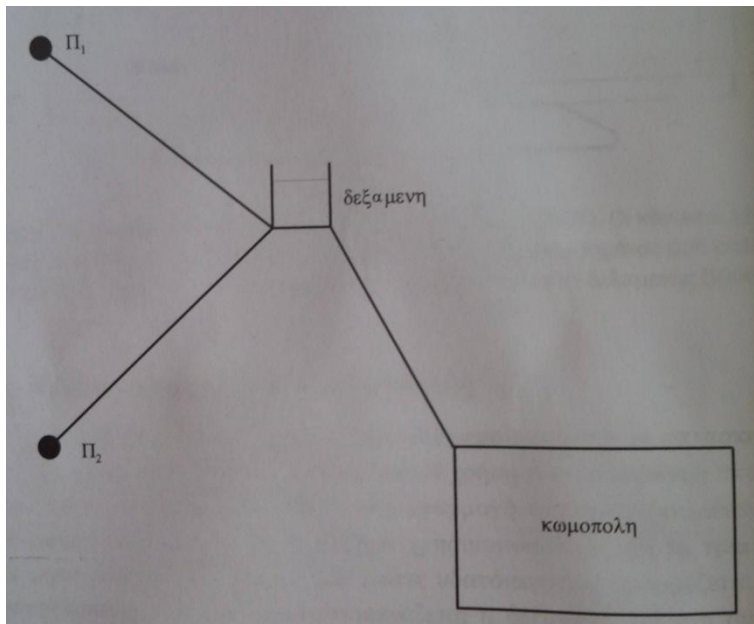
Από κάποιες δοκιμαστικές μετρήσεις που έγιναν στην περιοχή, συμπεράναμε ότι η μία υδροληψία μόνη της δεν μπορεί να εξυπηρετήσει την κωμόπολη, αλλά η κάθε υδροληψία έχει την δυνατότητα να δίνει την μισή ποσότητα νερού που χρειάζεται για να υδροδοτηθεί η κωμόπολη.

Ο πληθυσμός έχει υπολογιστεί μετά από 20 χρόνια να είναι 5000 κάτοικοι. Η μέση ημερήσια κατανάλωση νερού είναι 200 λίτρα/κάτοικο/ημέρα.

Ζητείται να υπολογιστούν :

α) ο ελάχιστος εξισωτικός όγκος της δεξαμενής θεωρώντας ότι το αντλιοστάσιο θα λειτουργεί μόνο 10 ώρες την ημέρα .

β) ο ελάχιστος εξισωτικός όγκος της δεξαμενής, αν υποθεθεί ότι η πηγή Π_2 και αν υποθεθεί ότι η Π_1 δεν υπάρχει και οι ανάγκες της κατανάλωσης καλύπτονται από την πηγή Π_2 που είναι το αντλιοστάσιο.



Λύση

α) Για την εφαρμογή της μεθόδου χρειάζεται η γνώση της μεταβολής της ωριαίας παροχής κατά την διάρκεια μίας ημέρας. Η μεταβολή αυτή λαμβάνεται από το 2ο κεφάλαιο για μικρή πόλη, και μετά συντάσσεται ο παρακάτω πίνακας.

Ωρα	Ποσοστό κατανάλωσης	ποσοστό εισροής από Π ₁	στάθμη νερού %	ποσοστό εισροής από Π ₂	στάθμη νερού %
0-1	-2.0	+2.08	+ 0.08		
1-2	-1.5	+2.08	+ 0.66		
2-3	-1.0	+2.08	+ 1.74		
3-4	-0.5	+2.08	+ 3.32		
4-5	-0.5	+2.08	+ 4.90		
5-6	-1.5	+2.08	+ 5.48		
6-7	-2.5	+2.08	+ 5.06		
7-8	-3.0	+2.08	+ 4.14		
8-9	-3.5	+2.08	+ 2.72	+5.0	+ 7.72
9-10	-4.0	+2.08	+ 0.80	+5.0	+10.80
10-11	-5.0	+2.08	- 2.12	+5.0	+12.88
11-12	-7.0	+2.08	- 7.04	+5.0	+12.96
12-13	-9.5	+2.08	-14.46	+5.0	+10.54
13-14	-1.0	+2.08	-22.38	+5.0	+ 7.62
14-15	-8.5	+2.08	-28.80	+5.0	+ 6.20
15-16	-5.0	+2.08	-31.72	+5.0	+ 8.28
16-17	-3.5	+2.08	-33.14	+5.0	+11.86
17-18	-3.0	+2.08	-34.06	+5.0	+15.94
18-19	-5.0	+2.08	-36.98		+13.02
19-20	-8.0	+2.08	-42.90		+ 7.10
20-21	-6.0	+2.08	-46.82		+ 3.18
21-22	-4.0	+2.08	-48.74		+ 1.26
22-23	-3.0	+2.08	-49.66		+ 0.34
23-24	-2.5	+2.16	-50.00		+ 0.00
	-100.0	50.00		50.00	

Η πρώτη στήλη του πίνακα είναι οι ώρες ενός 24ώρου.

Η δεύτερη στήλη είναι τα ωριαία ποσά κατανάλωσης με αρνητικό πρόσημο όμως που δηλώνουν για αρνητικές ποσότητες νερού που φεύγουν από την δεξαμενή.

Η Τρίτη στήλη είναι για τα ποσοστά εισροής νερού από την πηγή Π₁. Η πηγή μας δίνει ένα σταθερό ποσοστό νερού που υπολογίζεται με αυτό τον τρόπο :

Θεωρούμε τη συνολική κατανάλωση στη διάρκεια ενός 24ώρου ως 100 η πηγή θα καλύπτει το 50%, το ποσοστό αυτό διανέμεται ισόποσα στις 24ώρες της ημέρας και η ωριαία εισροή θα είναι $50 / 24 = 2.08$ και το θετικό πρόσημο δηλώνει εισροή νερού μέσα στη δεξαμενή.

Η τέταρτη στήλη περιλαμβάνει επι τοις % την στάθμη του νερού μέσα στην δεξαμενή μας .Την στάθμη αυτήν την υπολογίζουμε ως εξής:

Η πρώτη ώρα από τα μεσάνυχτα μέχρι τη μία η κατανάλωση της πόλης βρίσκεται στο -2%, την ίδια

ώρα εισέρχεται όμως στη δεξαμενή ένα ποσοστό 2.08 %. Όταν προσθέσεις αυτά τα δύο ποσοστά έχουμε αποτέλεσμα $-2+2.08 = +0.08$, αυτό σημαίνει ότι το ποσοστό της πηγής κάλυψε τις ανάγκες καταναλώσεις της κωμόπολης αλλά και δημιουργήθηκε ένα

πλεόνασμα ,το οποίο αύξησε την στάθμη του νερού στη δεξαμενή. Την

επόμενη ώρα από την μία μέχρι τις δύο η κατανάλωση είναι στο -1.5%

και η εισροή είναι + 2.08% ,επομένως η στάθμη αν κάνουμε την

πρόσθεση είναι $0.08 -1,5 +2.08 = +0.66$ και έτσι υπολογίζουμε τις

στάθμες στην τέταρτη στήλη.Μέσα στο 24ώρο κάποια στιγμή θα

αρχίσει να λειτουργεί και το αντλιοστάσιο, σε αυτό το παράδειγμα η

λειτουργία του αρχίζει στις 8 το πρωί. Τα ποσοστά εισροής από το

αντλιοστάσιο προς τη δεξαμενή υπολογίζονται έτσι: Αφού είπαμε ότι

το αντλιοστάσιο καλύπτει το 50% της κατανάλωσης και λειτουργεί 10

ώρες το 24ώρο, το ωριαίο ποσοστό εισροής στη δεξαμενή είναι $50 / 10$

$= 5$.

Αυτές λοιπόν οι τιμές με θετικό πρόσημο τοποθετούνται στη στήλη 5 του πίνακα μας .

Η στάθμη του νερού στις 8 το πρωί βρίσκεται στο + 4.14 .Μετά τις 8 η ώρα το πρωί εισέρχεται νερό και από την πηγή και από το αντλιοστάσιο.

Στη στήλη 6 υπολογίζονται οι νέες στάθμες της δεξαμενής με τον εξής τρόπο : Από τις ώρες 8 μέχρι της 9 η κατανάλωση της κωμόπολης είναι -3.5% , την ίδια ώρα εισέρχεται στη δεξαμενή ένα ποσοστό 2.08% από την πηγή και από το αντλιοστάσιο εισέρχεται ένα ποσοστό 5% . Η νέα στάθμη της δεξαμενής θα είναι $4.14 - 3.5 + 2.08 + 5 = +7.72$. Η αμέσως επόμενη στάθμη θα είναι $7.72 - 4 + 2.08 + 5 = +10.8$.

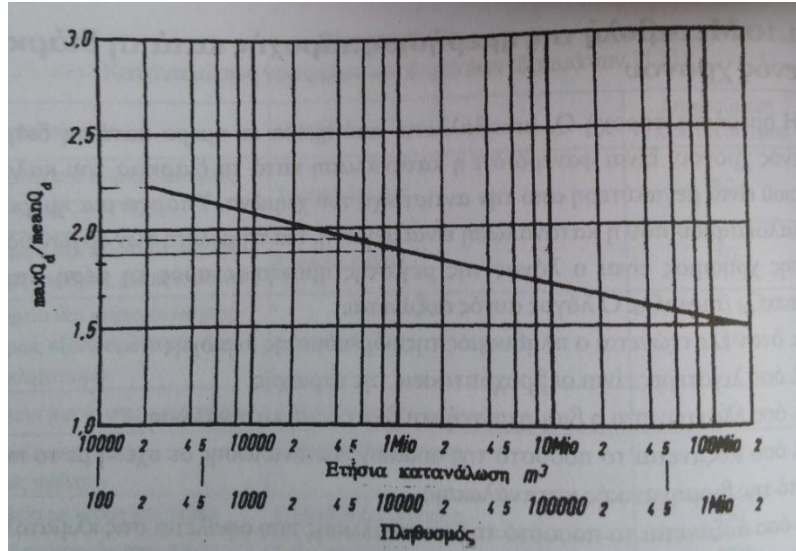
Από μελέτη μεταβολής της στάθμης της δεξαμενής, στην διάρκεια του 24ώρου παρατηρούμε :

Από τα μεσάνυχτα μέχρι τις 8 το πρωί η πηγή καλύπτει τις ανάγκες κατανάλωσης της κωμόπολης και δημιουργείται και ένα πλεόνασμα. Όμως και μετά την λειτουργία του αντλιοστασίου συνεχίζουμε να έχουμε πλεόνασμα μέσα στη δεξαμενή , και η μέγιστη στάθμη παρατηρείται στις 6 ώρα το απόγευμα και είναι 15.94 .

Μετά την παύση λειτουργίας του αντλιοστασίου η στάθμη του νερού πέφτει και τα μεσάνυχτα μετά μηδενίζεται δηλαδή επανέρχεται στην αρχική στάθμη του.

Η κατώτερη στάθμη είναι 0 και η ανώτερη 15.94 .

Ο συντελεστής αιχμής για τη μέγιστη ημερήσια κατανάλωση λαμβάνεται από τον παρακάτω πίνακα και είναι $1,94$ για πληθυσμό 5000 κατοίκων.



Επομένως η μέγιστη ημερήσια μελλοντική κατανάλωση της κωμόπολης θα είναι :

$$\max Q_d = \frac{5000 \cdot 200 \cdot 1.94}{1000} = 1940 \text{ m}^3/\text{d}$$

Ο εξισωτικός όγκος της δεξαμενής θα είναι :

$$V = \frac{15.94 + 0}{100} * 1940 = 309 \text{ m}^3$$

β) Για τη τροφοδότηση της δεξαμενής μόνο από την πηγή Π₁ συντάσσεται αυτός ο παρακάτω πίνακας :

Ωρα	ποσοστό κατανάλωσης	Ποσοστό εισροής από Π ₁	στάθμη νερού
0-1	-2.0	+4.17	+ 2.17
1-2	-1.5	+4.17	+ 4.84
2-3	-1.0	+4.17	+ 8.01
3-4	-0.5	+4.17	+11.68
4-5	-0.5	+4.17	+15.35
5-6	-1.5	+4.17	+18.02
6-7	-2.5	+4.17	+19.69
7-8	-3.0	+4.17	+20.86
8-9	-3.5	+4.17	+21.53
9-10	-4.0	+4.17	+21.70
10-11	-5.0	+4.17	+20.87
11-12	-7.0	+4.17	+18.04
12-13	-9.5	+4.17	+12.71
13-14	-10.0	+4.17	+ 6.88
14-15	-8.5	+4.17	+ 2.55
15-16	-5.0	+4.17	+ 1.72
16-17	-3.5	+4.17	+ 2.39
17-18	-3.0	+4.17	+ 3.56
18-19	-5.0	+4.17	+ 2.73
19-20	-8.0	+4.17	- 1.10
20-21	-6.0	+4.17	- 2.93
21-22	-4.0	+4.17	- 2.76
22-23	-3.0	+4.17	- 1.59
23-24	-2.5	+4.09	0.00
	-100.0	100.00	

Οι δύο πρώτες στήλες του πίνακα παραμένουν όπως πριν .

Η Τρίτη στήλη του πίνακα είναι για τα ποσοστά εισροής νερού από την πηγή Π₁ που τώρα καλύπτει το 100% της κατανάλωσης. Επομένως η ωριαία εισροή θα είναι για αυτή την περίπτωση $100/24 = 4,17$. Η τέταρτη στήλη τώρα είναι τα ποσοστά επί τις % της στάθμης του νερού της δεξαμενής .

Η στάθμη νερού υπολογίζεται όπως και προηγούμενα . Την πρώτη ώρα δηλαδή: (από τα μεσάνυχτα μέχρι τη μία) η κατανάλωση της πόλης είναι -2% και την ίδια ώρα στη δεξαμενή εισέρχεται ποσοστό νερού 4,17 % . Αν κάνουμε την πρόσθεση αυτών των δύο ποσοστών , προκύπτει $-2 + 4,17 = +2,17$. Έτσι υπολογίζουμε τις στάθμες τις στάθμες της δεξαμενής της τέταρτης στήλης του πίνακα.

Μετά παρατηρούμε ότι από την μελέτη της μεταβολής της στάθμης στη δεξαμενή κατά την διάρκεια ενός 24ώρου ότι: Από τα μεσάνυχτα μέχρι τις εννιά το πρωί η στάθμη του νερού ανεβαίνει και φτάνει στη μέγιστη τιμή που είναι το + 21,53 και η άνοδος αυτή οφείλεται στο ότι η ποσότητα του νερού που εισρέει στ δεξαμενή είναι μεγαλύτερη από την ποσότητα που καταναλώνεται.

Η στάθμη αρχίζει να κατεβαίνει και μετά τις επτά το βράδυ μηδενίζεται δηλαδή επανέρχεται στη τιμή που είχε τα μεσάνυχτα. Την ώρα αυτή όμως το πλεόνασμα που είχε δημιουργηθεί εξαντλείται και επομένως οι τιμές της στάθμης δεξαμενής παίρνουν αρνητικές τιμές , με μεγαλύτερη αρνητική τιμή το - 2,93 τις ώρες μεταξύ οκτώ και εννιά το βράδυ .

Οι τιμές όταν είναι αρνητικές δηλώνουν ότι η στάθμη βρίσκεται κάτω από την αρχική που βρισκόταν τα μεσάνυχτα .Η κατώτατη στάθμη είναι - 2,93 και η ανώτατη στάθμη είναι + 21,53 .

Ο εξισωτικός όγκος της δεξαμενής είναι :

$$V = \frac{21,53 + |-2,93|}{100} * 1940 = 474,5m^3$$

γ) Όταν η δεξαμενή της κωμόπολης τροφοδοτείται μόνο από την πηγή Π₂ που είναι το αντλιοστάσιο ,έχουμε τον παρακάτω πίνακα.

Ωρα	ποσοστό κατανάλωσης	Ποσοστό εισροής από Π 2	στάθμη νερού
0-1	-2.0		- 2.00
1-2	-1.5		- 3.50
2-3	-1.0		- 4.50
3-4	-0.5		- 5.00
4-5	-0.5		- 5.50
5-6	-1.5		- 7.00
6-7	-2.5		- 9.50
7-8	-3.0		-12.50
8-9	-3.5	+ 10.0	- 6.00
9-10	-4.0	+ 10.0	+ 0.00
10-11	-5.0	+ 10.0	+ 5.00
11-12	-7.0	+ 10.0	+ 8.00
12-13	-9.5	+ 10.0	+ 8.50
13-14	-10.0	+ 10.0	+ 8.50
14-15	-8.5	+ 10.0	+10.00
15-16	-5.0	+ 10.0	+15.00
16-17	-3.5	+ 10.0	+21.50
17-18	-3.0	+ 10.0	+28.50
18-19	-5.0		+23.50
19-20	-8.0		+15.50
20-21	-6.0		+ 9.50
21-22	-4.0		+ 5.50
22-23	-3.0		+ 2.50
23-24	-2.5		0.00
	-100.0	100.0	

Η πρώτη και η δεύτερη στήλη του πίνακα παραμένουν όπως πριν . Στην Τρίτη στήλη τοποθετούμε τα ποσοστά νερού από τη πηγή Π₂ , το αντλιοστάσιο καλύπτει το 100% της κατανάλωσης.

Αν υποθέσουμε ότι το αντλιοστάσιο θα λειτουργεί 10 ώρες το 24ώρο η ωριαία εισροή νερού από την πηγή Π₂ θα είναι $100/10 = 10$. Οι τιμές αυτές τοποθετούνται στη Τρίτη στήλη του πίνακα.

Η τέταρτη στήλη έχει ποσοστά επί τις % της στάθμης νερού της δεξαμενής. Η στάθμη αυτή υπολογίζεται κατά το γνωστό τρόπο όπως και στα προηγούμενα.

Την πρώτη ώρα π.χ.(από τα μεσάνυχτα μέχρι τη μια) η κατανάλωση της κωμόπολης είναι -2 % , επειδή όμως κατά την ώρα αυτή δεν εισέρχεται καθόλου νερό στη δεξαμενή , η στάθμη είναι -2,00 . Όταν αρχίζει να λειτουργεί το αντλιοστάσιο μεταξύ οκτώ και εννιά το πρωί , η στάθμη υπολογίζεται προσθέτοντας στη προηγούμενη στάθμη το ποσοστό της κατανάλωσης και την εισροή από το αντλιοστάσιο δηλαδή, θα είναι $- 12,50 - 3,5 + 10,0 = - 6,00$, και έτσι υπολογίζουμε τις στάθμες στην τέταρτη στήλη.

Από την μελέτη μεταβολής της στάθμης στη δεξαμενή παρατηρούμε στην διάρκεια του 24ώρου ότι : Από τα μεσάνυχτα μέχρι τις οκτώ το πρωί η στάθμη του νερού μέσα στη δεξαμενή πέφτει συνεχώς και φτάνει στη χαμηλότερη τιμή η οποία είναι - 12,50 . Αυτό οφείλεται στο ότι εκείνες τις ώρες δεν υπάρχει καθόλου εισροή και υπάρχει κατανάλωση. Μετά όταν αρχίσει να λειτουργεί το αντλιοστάσιο η στάθμη αρχίζει και ανεβαίνει και στις έξι το απόγευμα φτάνει στη μέγιστη τιμή. Μετά τις έξι αρχίζει να πέφτει και τα μεσάνυχτα μηδενίζεται δηλαδή έχει φτάσει στη αρχική τιμή που ήταν τα μεσάνυχτα.

Η κατώτατη στάθμη είναι -12,50 και η ανώτατη 28,50 .

Ο εξισωτικός όγκος της δεξαμενής είναι :

$$V = \frac{28,50 + |-12,50|}{100} * 1940 = 795,4\text{m}^3$$

Κεφάλαιο 9

Διανομή του νερού

9.1 Γενικά

Σε αυτό το κεφάλαιο θα μιλήσουμε για τα δίκτυα διανομής νερού και αυτό το κεφάλαιο περιλαμβάνει τον σχεδιασμό και την μελέτη για όλα τα έργα που απαιτούν μεταφορά νερού από τις δεξαμενές αποθήκευσης προς κάθε σημείο υδροδότησης του οικισμού.

Οι απαιτήσεις που πρέπει να εξασφαλίζονται σε ένα δίκτυο διανομής νερού είναι τρεις, να παρέχεται η απαιτούμενη ποσότητα σε κάθε σημείο του οικισμού με την κατάλληλη πίεση και την απαιτούμενη ποσότητα νερού.

Το δίκτυο διανομής αποτελείται από σωληνώσεις οι οποίες τοποθετούνται άλλες φορές κάτω από τα πεζοδρόμια η άλλοτε κάτω από τον άξονα του δρόμου που είναι πιο κοντά, το βάθος εκσκαφής που τοποθετούνται οι σωληνώσεις είναι 1,5 m περίπου .

Τα δίκτυα διανομής εκτός από τις σωληνώσεις περιλαμβάνουν , αριθμό δικλείδων , παροχές για πυροσβεστικές ανάγκες , κοινόχρηστες παροχетеύσεις, δεξαμενές αναρρύθμισης, υδρόμετρα και άλλα ειδικά κομμάτια που είναι βοηθητικά για την παροχетеυση στις οικοδομές και τις πολυκατοικίες.

Το σημείο τοποθέτησης των σωλήνων είναι πολύ σημαντικό γιατί πρέπει να εξασφαλίζεται δυνατή μόνωση που μπορεί να επιτυγχάνουμε (θερμική και μολυσματική) από τη δεξαμενή μέχρι και το σημείο όπου είναι η βρύση του καταναλωτή .

Θερμομόνωση των αγωγών μπορούμε να πετύχουμε με την τοποθέτηση τους μέσα στο έδαφος σε βάθος 1,50 m περίπου , ενώ για να πετύχουμε μόνωση απέναντι σε μολυσματική διείσδυση , μπορούμε να έχουμε τους αγωγούς μας συνέχεια υπό κατάθλιψη του νερού και την στεγανότητα των αγωγών και δεξαμενών.

Αγωγοί ενός δικτύου ονομάζονται :

α) αγωγοί διανομής , αν από διάφορα σημεία παροχετεύεται νερό σε μικρότερους σωλήνες , αγωγούς η κατοικίες με αποτέλεσμα κατά μήκος της ροής η παροχή τους να μειώνεται.

β) αγωγοί μεταφοράς , αν δεν υπάρχει έξοδος νερού και η παροχή τους παραμένει σταθερή σε όλο το μήκος των αγωγών .

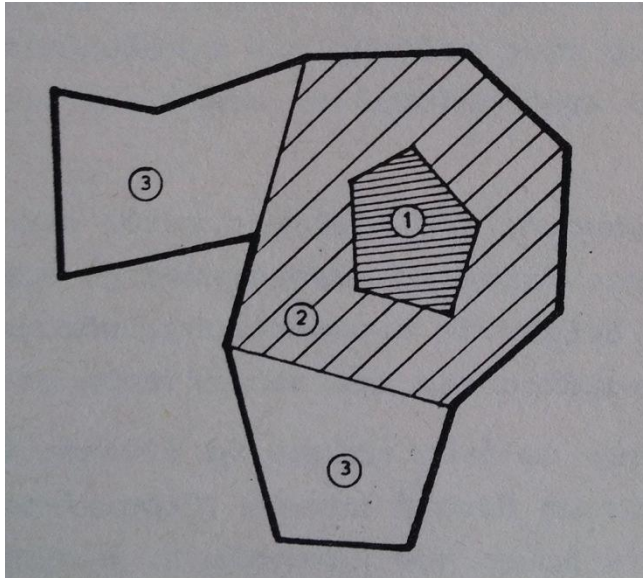
9.2 Παροχές δικτύου διανομής νερού

Ο υπολογισμός της απαιτούμενης παροχής νερού για την ύδρευση ενός οικισμού όπως είχαμε αναφερθεί στο 2ο κεφάλαιο , μετά από n χρόνια ($n \leq 20$) σύμφωνα με τη σχέση :

$$N_n = N_0 \left(1 + \frac{\varepsilon}{100} \right)^n$$

Ο αριθμός των κατοίκων του οικισμού μπορεί να μην κατανέμεται ομοιόμορφα σε όλη την έκταση του οικισμού , και αν κατανέμεται είναι πολύ λίγες οι περιπτώσεις αυτές.

Συνήθως υπάρχει διαφορετική πυκνότητα κατοίκων στα διάφορα σημεία ή τμήματα του οικισμού , δηλαδή στο κέντρο ενός οικισμού θα είναι μεγαλύτερη η απαιτούμενη παροχή απ'ότι στις συνοικίες του οικισμού και αυτό είναι λογικό να συμβαίνει .



Η πυκνότητα του πληθυσμού είναι διαφορετική στο κέντρο και στις συνοικίες .Η περιοχή 1 είναι πιο πυκνοκατοικημένη από την περιοχή 2 , η περιοχή 2 είναι πιο πυκνοκατοικημένη από την περιοχή 3.Όσο φεύγουμε από το κέντρο του οικισμού τόσο πιο λίγους κατοίκους έχουμε από ότι στο κέντρο .

Για να απλουστευτούν οι υπολογισμοί και χωρίς να έχουμε μεγάλη απόκλιση από την απαιτούμενη ακρίβεια οι μικρές πόλεις χωρίζονται σε 2 ζώνες με αναλογία 1:2 .Η επέκταση των πόλεων με βάση την υφιστάμενες χωροταξικές μελέτες ή τα πραγματικά στοιχεία πρέπει να προβλέπονται από τους υπολογισμούς των παροχών και να δοθεί στον αγωγό του δικτύου ,που θα επιφορτιστεί με τη μελλοντική επέκταση και την μεγαλύτερη διατομή λόγω αύξηση της κατανάλωσης λόγω αύξησης του πληθυσμού.

Η ειδική παροχή κάθε αγωγού υπολογίζεται ως:

- α) ανά μονάδα επιφάνειας
- β) ανά μονάδα μήκους του αγωγού

α. Υπολογισμός ειδικής παροχής ανά μονάδα επιφάνειας

1) Κάνουμε εμβαδομέτρηση της έκτασης του οικισμού , αν ο οικισμός έχει ομοιόμορφη κατανομή πληθυσμού τότε κάνουμε εμβαδομέτρηση όλη την έκταση του οικισμού. Αν όμως ο οικισμός έχει ζώνες που είναι πυκνοκατοικημένες τότε το εμβαδόν προσμετράτε χωριστά για την κάθε ζώνη του οικισμού .

2) Ο πληθυσμός με την έκταση διαιρείται και βρίσκεται ο πληθυσμός ε ανά μονάδα επιφάνειας .

$$\varepsilon = \frac{E}{A}$$

E = πληθυσμός του οικισμού

A = έκταση του οικισμού

$$\varepsilon_1 = \frac{E_1}{A_1}, \varepsilon_2 = \frac{E_2}{A_2}, \dots\dots\dots$$

3) Από την προβλεπόμενη αιχμή αλλά και από την πυκνότητα του πληθυσμού βγαίνει η ποσότητα του νερού που χρειάζεται για τη μονάδα επιφάνειας .

$$q = \frac{\varepsilon * q_{\varepsilon}}{86.400}$$

ε = πληθυσμός στη μονάδα επιφάνειας (στρέματα . ,ha ,m²).

q_{ε} = μέγιστη κατανάλωση ανα κάτοικο την ημέρα .

q = η μέγιστη παροχή στο sec για τη μονάδα επιφάνειας τη μέρα της μέγιστης αιχμής.

Η παροχή q συνήθως πολλαπλασιάζεται με ένα συντελεστή λ που λέγεται συντελεστής ωριαίας αιχμής και είναι ,

$\lambda \sim 3$ για χωριά και αγροτικούς οικισμούς

$1,7 < \lambda < 2,4$ για κωμοπόλεις

$\lambda \sim 1,5$ για πόλεις

4) Η ειδική παροχή λ * πολλαπλασιάζεται με την επιφάνεια της ζώνης που καλείται να εξυπηρετήσει ο αγωγός για την ικανοποίηση των αναγκών της ζώνης σε νερό .

β. Ειδική παροχή ανά μέτρο μήκους του αγωγού ύδρευσης

Ο αριθμός των κατοίκων που αντιστοιχούν σε ένα μέτρο μήκους του αγωγού προσδιορίζεται μετά τον καθορισμό της μέγιστης ημερήσιας κατανάλωσης ανά κάτοικο και sec .Από τον προβλεπόμενο αριθμό κατοίκων για κάθε μέτρο μήκους του αγωγού και από την προβλεπόμενη για κάθε κάτοικο παροχή προκύπτει η απαιτούμενη για κάθε μέτρο μήκους παροχή . Και για τον υπολογισμό της ειδικής παροχής ανά μέτρο μήκους του αγωγού προκύπτει:

$$\varepsilon = \frac{E}{\Sigma L} \quad (\text{κάτοικοι/}m \text{ αγωγού})$$

ε = αριθμός κατοίκων για κάθε m μήκους του αγωγού

E = οι συνολικοί κάτοικοι του οικισμού

ΣL = το συνολικό μήκος αγωγού

Αν στον οικισμό είχαμε διάφορες πυκνοκατοικημένες ζώνες ,τότε το ε υπολογίζεται χωριστά για κάθε ζώνη .

$$\varepsilon_1 = \frac{E_1}{\Sigma L_1}, \varepsilon_2 = \frac{E_2}{\Sigma L_2}, \dots\dots\dots$$

2) Για κάθε μέτρο αγωγού με τη μέγιστη κατανάλωση νερού για κάθε κάτοικο και μέρα , πολλαπλασιάζεται ο αριθμός ε των κατοίκων .

$$q = \varepsilon * q_0 \text{ (lit /μαγωγού)}$$

3) Η παροχή αυτή πρέπει να πολλαπλασιάζεται με τον συντελεστή λ που δόθηκε πριν .

9.3 Ταχύτητες του νερού μέσα στους αγωγούς

Το να υπάρχουν οι σωστές ταχύτητες στους σωλήνες του δικτύου ύδρευσης είναι πολύ σημαντικό και κυμαίνονται μεταξύ ενός κατώτατου και ανώτατου ορίου. Το κατώτατο όριο είναι για να αποφευχθούν οι αποθέσεις φερτών υλικών και να μην υπάρχει πρόβλημα στο να βουλώσει κάποιος σωλήνας .Επίσης οι ταχύτητες δεν πρέπει να ξεπερνάνε το ανώτατο όριο , γιατί μετά τα προβλήματα υπερπίεσεων είναι πολύ σοβαρά και έντονα .Το κατώτερο όριο είναι 0,50 m/sec. Οι ταχύτητες όμως μπορεί να είναι και μικρότερες αλλά σε δευτερεύοντα δίκτυα όπου η κατανάλωση είναι μικρή .Σε συγκεκριμένα σημεία του δικτύου διανομής απαιτείται περιοδικό άνοιγμα κάποιων φρεατίων ή κρουνών και καθάρισμα γιατί , σε εκείνα τα σημεία το νερό έχει η πολύ χαμηλή ταχύτητα η το νερό είναι σχεδόν ακίνητο και σε εκείνα τα σημεία έχουμε αποθέσεις γι'αυτό χρειάζονται περιοδικοί έλεγχοι .

Επειδή οι κανονισμοί από χώρα σε χώρα διαφέρουν το ανώτατο όριο ταχύτητας μεταβάλλεται αλλά σε καμία περίπτωση δεν είναι μεγαλύτερο από 2 m/sec για τους αγωγούς του εξωτερικού δικτύου.

DVGW -ArbeitsblattW 302 είναι γερμανικός κανονισμός και προβλέπει τα εξής όρια ταχυτήτων :

Για κύριους αγωγούς δικτύων διανομής 1.0 - 2.0 m/sec.

Για αγωγούς διανομής νερού 0.5 - 0.8 m/sec.

Η τιμή 1.5 m/sec θεωρείται ότι είναι ικανοποιητική για τα εσωτερικά δίκτυα ως ανώτατο όριο .

9.4 Πιεζομετρικό φορτίο διανομής δικτύου

Όλα τα δίκτυα στη αρχή τους διαθέτουν μια πίεση , με την οποία καλύπτονται οι απώλειες της ροής και η απαιτούμενη πίεση λειτουργίας. Την πίεση στην αρχή του δικτύου την ξέρουμε ήδη από την στάθμη της δεξαμενής αποθήκευσης - τροφοδοσίας . Επίσης γνωρίζουμε και την ελάχιστη πίεση λειτουργίας εφόσον ορίζεται τουλάχιστον 3m πάνω από το δώμα της υψηλότερης κατοικίας . Το ελάχιστο πιεζομετρικό φορτίο ορίζεται για να εξασφαλίζει ότι το νερό θα φτάσει μέχρι και την βρύση του ποιό ψηλού ορόφου στον οικισμό .Είναι δηλαδή το πιεζομετρικό φορτίο συνάρτηση της τοπογραφικής διαμόρφωσης του οικισμού , των απωλειών που αναπτύσσονται , του μέγιστου επιτρεπόμενου ύψους δόμησης του οικισμού και της απαιτούμενης πίεσης για να λειτουργήσει .

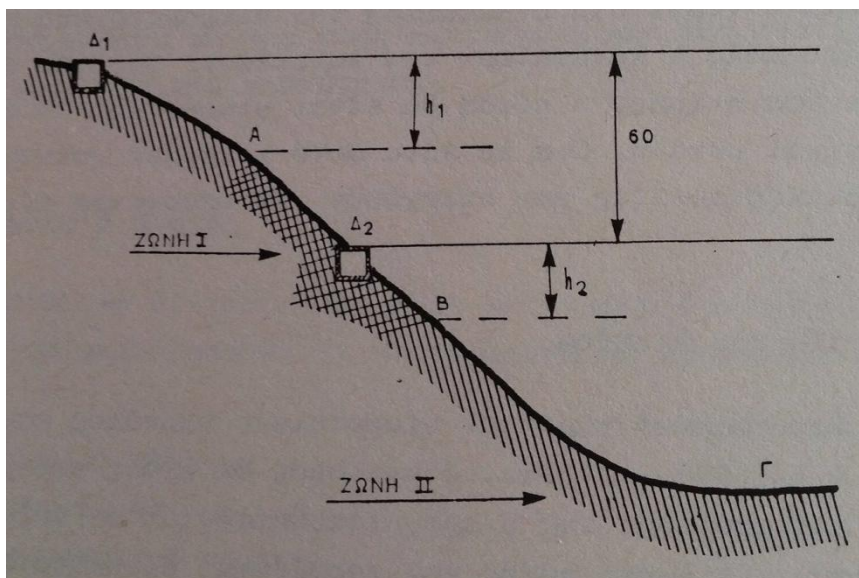
Προσδιορισμός του επιθυμητού εύρους πίεσης σε έναν οικισμό:

$$8 + 4 * n \leq P \leq 11 + 4n$$

P = η πίεση σε m στήλης νερού

n = οι όροφοι των κατοικιών του οικισμού

Λέμε υποθετικά ότι έχουμε μία πόλη , και ότι αυτή εκτείνεται από το σημείο A μέχρι το Γ (στο παρακάτω σχήμα). Όμως επειδή η υψομετρική διαφορά είναι μεγαλύτερη από 60m από το σημείο A μέχρι το Γ , για αυτό τον λόγο κατασκευάζουμε δύο δεξαμενές και όχι μία , η δεξαμενή Δ_1 δίνει υδροδοτεί την ζώνη 1 και η Δ_2 την ζώνη 2 . Η δεξαμενή Δ_1 πρέπει να τοποθετηθεί κατά ένα συγκεκριμένο ύψος h_1 από το ψηλότερο σημείο A του οικισμού έτσι ώστε να μπορεί να εξασφαλίσει την κατάλληλη πίεση για να εξυπηρετήσει την ζώνη 1 του οικισμού . Η ζώνη 2 ξεκινάει από το σημείο B το οποίο βρίσκεται κατά 60m χαμηλότερα από το σημείο της δεξαμενής Δ_1 και υδροδοτείται από την δεξαμενή Δ_2 . Για τον ίδιο λόγο όπως με την δεξαμενή Δ_1 της ζώνης 1 και η δεξαμενή Δ_2 τοποθετείται ψηλότερα από το πιο ψηλό σημείο της ζώνης 2 .



Υδρευση περιοχής υπό κλίση από δύο δεξαμενές για την αποφυγή υψηλών πιέσεων στους αγωγούς ύδρευσης .

Θεωρητικά όταν όλες οι βρύσες του οικισμού είναι κλειστές η πιεζομετρική γραμμή φτάνει τον ορίζοντα της δεξαμενής.

Αυτό όμως συμβαίνει πολύ λίγες ώρες σε ένα 24ώρο ,έτσι όταν το δίκτυο λειτουργεί τότε η πιεζομετρική γραμμή πέφτει λόγω των απωλειών και των τριβών στους σωλήνες και για να μην υπάρχει αυτό το πρόβλημα τοποθετούμε την δεξαμενή πάντοτε ψηλότερα από το σημείο της υδροδοτούμενης περιοχής κατά ένα ύψος h .

Εκτός όμως από τις απαιτήσεις που χρειάζεται για την ύδρευση της πόλης , πρέπει να προβλέψουμε όμως να έχει το κατάλληλο πιεζομετρικό φορτίο για μία πυροσβεστική ανάγκη δηλαδή, για κατάσβεση πυρκαγιάς. Ενδεικτικά το δίκτυο για να μπορέσει να αντιμετωπίσει μια τέτοια είδους κατάσταση , πρέπει το δίκτυο του οικισμού να έχει πίεση

$$P \geq 4 \cdot n + 15$$

n = ο αριθμός των ορόφων των οικοδομών .

Ο υπολογισμός για την κατάσβεση πυρκαγιάς είναι δύσκολος , γιατί για την διαμόρφωση του πιεζομετρικού φορτίου παίζει μεγάλο ρόλο η κατανάλωση που γίνεται από τους κατοίκους της περιοχής.

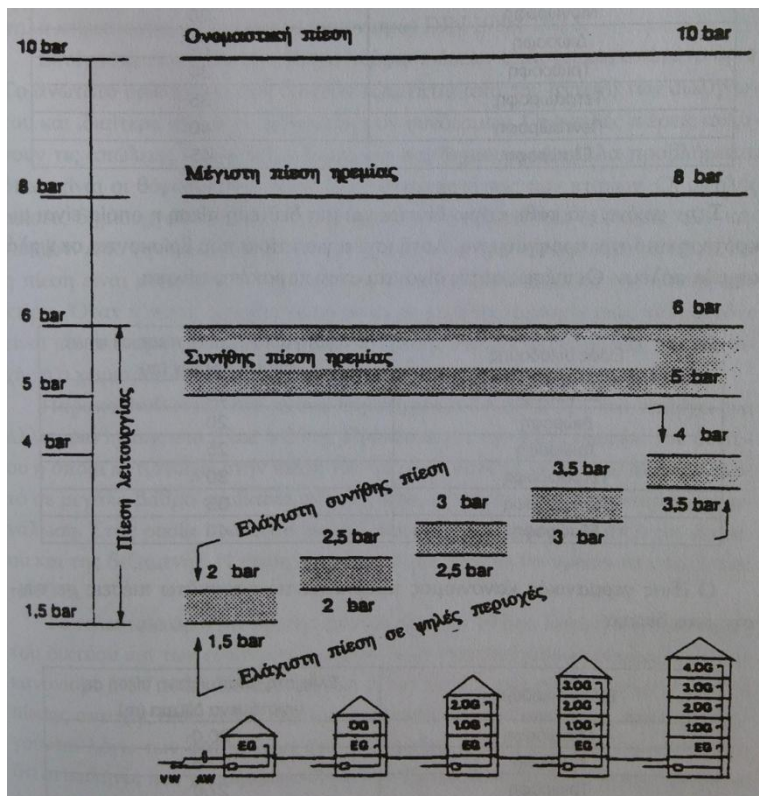
Δηλαδή αν ξεσπάσει μια φωτιά σε ώρα αιχμής η πίεση θα πέσει και θα είναι μικρή , ενώ συμβεί την νύχτα θα είναι μεγάλη , και γι'αυτό τον λόγο χρησιμοποιούμε κινητές πυροσβεστικές αντλίες που ενισχύουν την υπάρχουσα πίεση του δικτύου.

Οι απαιτούμενες πιέσεις σε ένα δίκτυο εξαρτώνται από τρεις παράγοντες οι οποίοι είναι :

 Από το ύψος των κτιρίων στον οικισμό

- ✚ Από τις απώλειες ενέργειας στη διαδρομή ενός αγωγού μέχρι και τα υδραυλικά συστήματα και συσκευές του τελευταίων ορόφων του οικισμού .
- ✚ Η απαιτούμενη διαθέσιμη πίεση ώστε να μπορούν να λειτουργήσουν οι υδραυλικές συσκευές στους ψηλότερους ορόφους , η πίεση αυτή είναι περίπου 10m.

Οι επιτρεπτές και επιθυμητές πιέσεις ενός δικτύου ύδρευσης μεταβάλλονται από χώρα σε χώρα. Με τον γερμανικό κανονισμό DVGW -MerkblattW403 , οι ελάχιστες πιέσεις που απαιτούνται στο δίκτυο δίνονται στο παρακάτω σχήμα σε νέα δίκτυα που πρόκειται να κατασκευασθούν .



Απαιτούμενες πιέσεις δικτύου ύδρευσης

Οι ελάχιστες απαιτούμενες πιέσεις σε συνάρτηση με τον αριθμό των ορόφων των κτιρίων του οικισμού δίνονται στο σχήμα αυτό. Την πίεση αυτή μπορούμε να την μετρήσουμε στο σωλήνα που συνδέει το δίκτυο με το κτίριο και πριν από το μετρητή του νερού , λαμβάνοντας πάντα υπόψη ότι $1 \text{ bar} \approx 10\text{m}$ συντάχθηκε ο παρακάτω πίνακας με τις απαιτούμενες για τα νέα δίκτυα που κατασκευάζονται .

Είδος οικοδομής	Ελάχιστη απαιτούμενη πίεση σε νέα υπό κατασκευή δίκτυα (m)
Μονώροφη	20
Διώροφη	25
Τριώροφη	30
Τετραώροφη	35
Πενταώροφη	40
Εξαώροφη	45

Για κάθε κτίριο δίνεται και μία δεύτερη πίεση στην εικόνα , η οποία είναι μικρότερη από την προηγούμενη .

Οι πιέσεις που δίνονται στον παρακάτω πίνακα είναι για τα κτίρια που βρίσκονται σε ψηλά σημεία του οικισμού .

Είδος οικοδομής	Ελάχιστη απαιτούμενη πίεση σε ψηλά σημεία πόλεων (m)
Μονώροφη	15
Διώροφη	20
Τριώροφη	25
Τετραώροφη	30
Πενταώροφη	35
Εξαώροφη	40

Ο ίδιος γερμανικός κανονισμός προβλέπει τις παρακάτω πιέσεις σε υφιστάμενα δίκτυα ύδρευσης.

Είδος οικοδομής	Ελάχιστη απαιτούμενη πίεση σε υφιστάμενα δίκτυα (m)
Μονώροφη	20.0
Διώροφη	23.5
Τριώροφη	27.0
Τετραώροφη	30.5
Πενταώροφη	34.0
Εξαώροφη	37.5

9.5 Χάραξη δικτύου διανομής

Η χάραξη του δικτύου σε τοπογραφικό χάρτη , με υψομετρικές καμπύλες και κλίμακα 1 :2.000 ή 1 :1.000 , γίνεται ως εξής .

Χωρίζεται ο οικισμός σε διάφορες ζώνες πιέσεων (αν φυσικά υπάρχουν περισσότερες από μία) , μετά τοποθετούνται οι δεξαμενές και χαράζονται και οι κεντρικοί αγωγοί. Στη συνέχεια χαράζονται και οι δευτερεύοντες αγωγοί και οι υπόλοιποι κλάδοι αγωγών διανομής ύδρευσης , τοποθετούνται οι δικλίδες οι αεροεξαγωγοί και τα λοιπά τεχνικά έργα που έχει ένα έργο διανομής ύδρευσης .

Σε όλους τους αγωγούς σημειώνεται η φορά που ακολουθεί το νερό και αριθμούμε τους κόμβους για να διάφορους λόγους.

Οι καταναλωτές παροχετεύονται νερό από τους δευτερεύοντες ή και τριτεύοντες αγωγούς ύδρευσης και ποτέ από τους κεντρικούς αγωγούς .Η σύνθεση αυτή των αγωγών μπορεί να γίνει είτε μόνο από τους κόμβους ή κατά μήκος του κεντρικού αγωγού .

Αν όμως κάνουμε την σύνδεση από τους κόμβους του κεντρικού αγωγού ,τότε οι παροχές του κεντρικού αγωγού ανάμεσα σε δύο κόμβους δεν θα είναι σταθερή και αυτό δημιουργεί άλλα προβλήματα .Αν πάμε να κάνουμε συνδέσεις κατά μήκος του κεντρικού αγωγού ύδρευσης τότε η παροχή στην αρχή του κεντρικού θα είναι μεγαλύτερη από ότι στο τέλος του κεντρικού αγωγού.





Όταν κάνουμε χάραξη δικτύου διανομής πρέπει να προσπαθούμε ώστε:

- Η παροχέτευση του νερού να γίνεται από την πιο σύντομη διαδρομή .
- Να γίνεται πλήρης αξιοποίηση της διατομής του αγωγού για κάθε περιοχή που εξυπηρετεί.
- Να γίνεται εκμετάλλευση των υψομετρικών διαφορών και να ακολουθούν την κλίση του εδάφους οι κεντρικοί αγωγοί για την καλύτερη κυκλοφορία του νερού .

Για να χαράξεις πάντως ένα δίκτυο διανομής είναι περισσότερο ζήτημα εμπειρίας και τεχνικής ικανότητας για να βγει ένα τέλειο αποτέλεσμα .

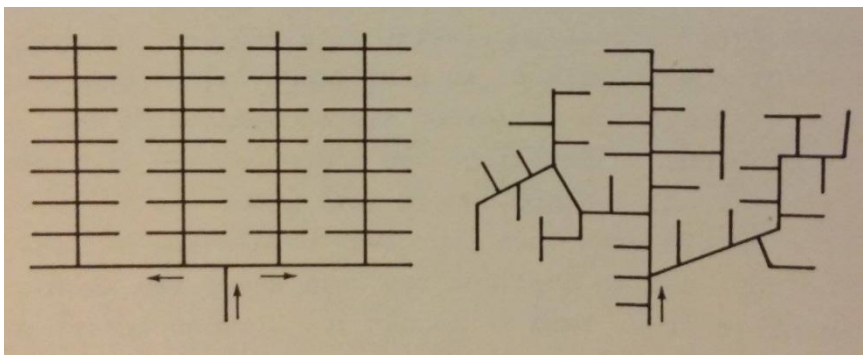
9.6 Ταξινόμηση των συστημάτων διανομής

Τα συστήματα διανομής αναλόγως με τον τρόπο που διανέμουν και κυκλοφορούν το νερό διαχωρίζονται σε τέσσερις κατηγορίες :

-  Ακτινωτό σύστημα διανομής
-  Κυκλικό σύστημα διανομής
-  Κυκλοφοριακό σύστημα διανομής
-  Πολλαπλό σύστημα διανομής

Ακτινωτό σύστημα διανομής

Ακτινωτό είναι το δίκτυο που διακλαδίζεται από τον κύριο αγωγό ύδρευσης προς του δευτερεύοντες αγωγούς, η κίνηση και η κατεύθυνση του νερού είναι πάντα με προς την ίδια φορά και πάντα το νερό κινείται από την δεξαμενή προς τα άκρα του δικτύου. Οι διαστάσεις όσο απομακρύνονται από την δεξαμενή μικραίνουν.



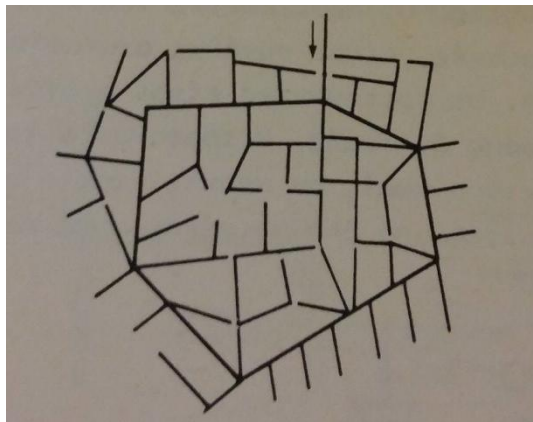
Ακτινωτό σύστημα διανομής

Το ακτινωτό σύστημα διανομής παρουσιάζει βασικά μειονεκτήματα που το εμποδίζουν να χρησιμοποιηθεί σε μικρά δίκτυα. Τα μειονεκτήματα αυτά είναι :

- ✚ Στα άκρα του ακτινωτού δικτύου το νερό παραμένει ακίνητο και έτσι υπάρχει μεγάλος κίνδυνος ανάπτυξης μικροοργανισμών και μολύνσεων που είναι επιβλαβές για τον ανθρώπινο οργανισμό.
- ✚ Αν σε τυχόν περίπτωση βλάβης στον κεντρικό αγωγό ,ολόκληρος ο οικισμός θα μείνει χωρίς νερό μέχρι να αποκατασταθεί η βλάβη.

Κυκλικό σύστημα διανομής

Αυτό το σύστημα διανομής είναι μία βελτιωμένη μορφή μπορούμε να πούμε του ακτινωτού συστήματος ,μιας και αποτελείται από έναν κύριο αγωγό που χαράζεται περιμετρικά του οικισμού και καταλήγει στο τέλος στο σημείο εκκίνησης του . Από τον κύριο αγωγό υπάρχουν και διακλαδώσεις όπως και στο ακτινωτό σύστημα διανομής.



Κυκλικό σύστημα διανομής

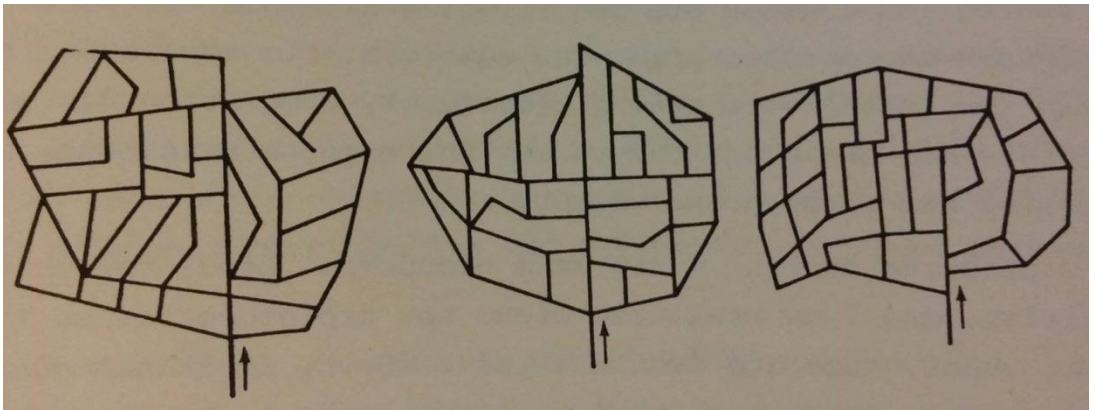
Κυκλοφοριακό σύστημα διανομής

Αυτό το σύστημα διανομής έχει τα ποιά πολλά πλεονεκτήματα και γι'αυτό εφαρμόζεται στις περισσότερες περιπτώσεις ύδρευσης πόλεων , επειδή φυσικά πλεονεκτεί σε σχέση με τα άλλα δίκτυα που προαναφέραμε, αν και η δαπάνη για την κατασκευή του είναι μεγαλύτερη.

Το κυκλοφοριακό σύστημα όπως είπαμε είναι καλύτερο για τον λόγο ότι το νερό κυκλοφορεί , όχι κατά μία μόνο διεύθυνση,

αλλά το νερό από σημεία υψηλής πίεσης κυκλοφορεί σε σημεία χαμηλής πίεσης. Αυτό το γεγονός λοιπόν δεν επιτρέπει την παραμονή ακίνητου νερού στα άκρα του αγωγού και έτσι δεν έχουμε μολυσματικές ασθένειες η βλαβερούς οργανισμούς στο νερό μας .

Αλλά και ότι η δυνατότητα της ροής του νερού από σημεία υψηλής πίεσης σε χαμηλής πίεση δίνει την δυνατότητα όλοι οι αγωγοί μας να είναι συνέχεια υπό πίεση .



Διάφορες μορφές κυκλοφοριακού συστήματος διανομής .

Στο δίκτυο υπάρχουν πρωτεύοντες , δευτερεύοντες και τριτεύοντες αγωγοί. Οι πρωτεύοντες και οι δευτερεύοντες εξυπηρετούν μεγαλύτερες περιοχές διότι μπορούν και μεταφέρουν μεγαλύτερες ποσότητες νερού λόγω μεγαλύτερης διατομής. Οι τριτεύοντες αγωγοί διανομής έχουν φυσικά μικρότερη διατομή και εξυπηρετούν πολύ μικρότερες περιοχές .Η τροφοδοσία τους γίνεται με σύνδεση από τους κόμβους του δικτύου χωρίς όμως να

αποκλείεται και η περίπτωση παροχέτευσης τριτευόντων αγωγών από όλο το μήκος ενός δευτερεύοντα αγωγού ύδρευσης .

Πολλαπλά δίκτυα διανομής

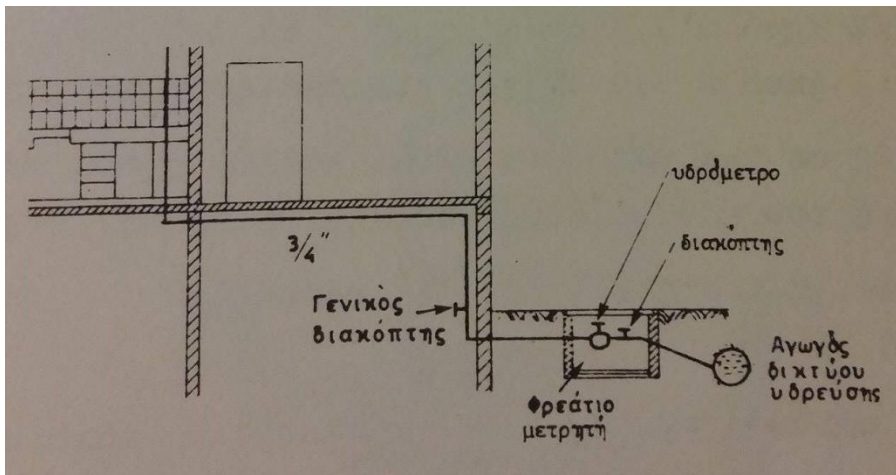
Αυτά τα δίκτυα διανομής εφαρμόζονται σε περιπτώσεις όταν το έδαφος της περιοχής παρουσιάζει περίεργη μορφολογία η οποία δεν επιτρέπει να υδρευθεί ο οικισμός από δεξαμενή. Όταν έχουμε μία τέτοια περίπτωση η κάθε δεξαμενή υδροδοτεί μια ζώνη που διαμορφώνεται σε ξεχωριστό δίκτυο διανομής ύδρευσης . Το πόσες δεξαμενές θα έχουμε αυτό εξαρτάται από την μορφολογία του εδάφους και τις απαιτήσεις που έχει ο οικισμός σε πιεζομετρικό φορτίο . Αυτά τα πολλαπλά δίκτυα είναι καλά γιατί μπορούμε να τα χρησιμοποιήσουμε και σε πεδινές εκτεταμένες πόλεις , όπου η υδροδότηση από μία μεγάλη απομακρυσμένη δεξαμενή απαιτεί μεγάλους διαμέτρους και πολλά τεχνικά έργα και έτσι να είναι αντιοικονομική, ως αποτέλεσμα η πόλη να υδροδοτείται από διάφορες δεξαμενές ύδρευσης .

Εξαρτήματα δικτύου διανομής

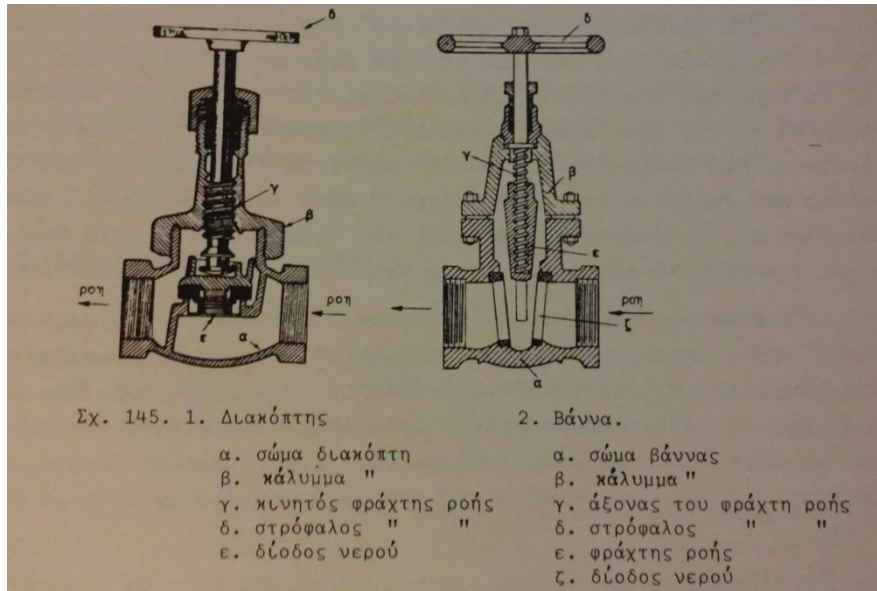
Σε ένα δίκτυο διανομής θέλουμε να εξασφαλίσουμε την μεταφορά του νερού από μία δεξαμενή αποθήκευσης μέχρι την κατοικία ,γι'αυτό για την σωστή λειτουργία ενός δικτύου χρειάζονται διάφορα εξαρτήματα ειδικά , ώστε να πετύχουμε το αποτέλεσμα που θέλουμε. Εξαρτήματα όπως , δικλείδες διακοπής , μετρητές παροχής νερού , φρεάτια εκκένωσης, αεροεξαγωγοί ,στόμια φωτιάς και φρεάτια επισκέψεων.

Μετρητής παροχής ή υδρόμετρο είναι το ίδιο πράγμα, αυτό το όργανο αποτελείται από έναν κεκλιμένο δίσκο περιστρέφεται με την ροή του νερού που περνάει από μέσα γύρω από έναν κεκλιμένο άξονα .

Ένα άλλο κατάλληλο όργανο μεταφέρει αυτή την κίνηση σε ένα δίσκο με ωρολογιακό μηχανισμό . Τα υδρόμετρα τοποθετούνται μέσα σε ειδικά φρεάτια και η σκεπάζονται η άλλωστε κλειδώνονται για προστασία από κακοποιήσεις και από καιρικές συνθήκες . Τέλος πριν και μετά το υδρόμετρο τοποθετούνται διακόπτες για να απομονωθεί η συσκευή σε περίπτωση βλάβης .



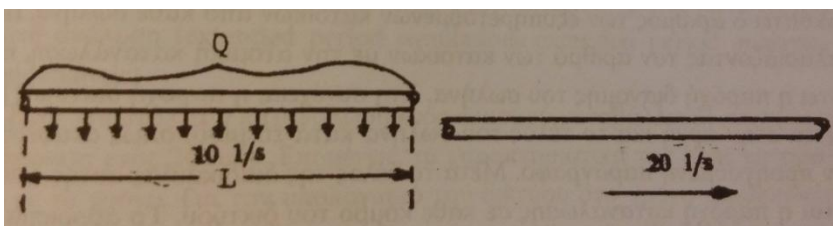
Η διακοπή της παροχής στις εσωτερικές εγκαταστάσεις(οικοδομής) πραγματοποιείται με διακόπτες, και ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας τους τούς λέμε διακόπτες ή βάννες .



9.7 Υπολογισμός δικτύου διανομής

Οι αγωγοί που δεν εξυπηρετούν στη διαδρομή που διασχίζουν καταναλωτές έχουν σταθερή παροχή ,ενώ οι αγωγοί υδροδότησης του εσωτερικού δικτύου έχουν διπλή λειτουργία δικτύου.Στους αγωγούς υδροδότησης είναι συνδεδεμένοι καταναλωτές νερού όπως , κατοικίες , βιομηχανίες , βιοτεχνίες , κήποι κλπ. Έτσι υπάρχει μία παροχή εξόδου προς την κατανάλωση αλλά αυτό γίνεται ανά ορισμένα διαστήματα και όχι πάντα .Επίσης το νερό που χρειάζονται οι καταναλωτές του επόμενου αγωγού , οι αγωγοί αυτοί θα πρέπει να το μεταφέρουν .Έτσι αυτοί οι αγωγοί λειτουργούν ως αγωγοί διανομής και ως αγωγοί μεταφοράς νερού αλλά και η παροχή που διαρρέει του αγωγούς μεταβάλλεται συνέχεια κατά μήκος του αγωγού . Τίθεται όμως το ερώτημα με ποια παροχή θα υπολογιστεί η διάμετρος του σωλήνα .

Αυτό το πρόβλημα λύνεται με την υπόθεση ότι η συνολική παροχή διανομής εξέρχεται στην κατανάλωση κατά μισό από την αρχή και το τέλος του σωλήνα . Η παροχή του παρακάτω σωλήνα διανομής νερού είναι $Q_d = 10 \text{ l/sec}$ και η μεταφερόμενη παροχή είναι $Q_t = 15 \text{ l/sec}$.



Παροχή διανομής αγωγού ύδρευσης

Η παροχή μοιράζεται μιση στην αρχή και μιση στο τέλος του αγωγού και είναι :

$$Q = 0,5 \cdot Q_d + Q_t \Rightarrow Q = 5 + 15 = 20 \text{ l/sec}$$

Μερικές φορές όμως γίνεται η υπόθεση ότι ολόκληρη η παροχή διανομής εξέρχεται από το τέλος του σωλήνα και στη περίπτωση αυτή η παροχή θα είναι :

$$Q = Q_d + Q_t \Rightarrow Q = 10 + 15 = 25 \text{ l/sec}$$

Όπως είναι ξεκάθαρο ότι η δεύτερη μέθοδος δίνει μεγαλύτερες παροχές και έτσι μεγαλύτερες διαμέτρους, αλλά αυτό αυξάνει την ασφάλεια του δικτύου αλλά έχει όμως και μεγαλύτερο κόστος λόγω μεγάλων διαμέτρων στους αγωγούς.

Εμείς θα χρησιμοποιήσουμε την πρώτη μέθοδο κατανομής παροχής ως ποιο ορθολογική μέθοδο υπολογισμού.

Με τον υπολογισμό ενός δικτύου εννοούμε τον προσδιορισμό των διαμέτρων των αγωγών από κόμβο σε κόμβο με κατάλληλη παροχή και πίεση για την σωστή λειτουργία του δικτύου.

Ο υπολογισμός των απωλειών ενέργειας υπολογίζονται ως εξής:

$$J = k * Q^{1,87} / D^{4,87}$$

k = συντελεστής από την φύση του σωλήνα

Q = παροχή αγωγού

J = κλίση Π.Γ.

D = διάμετρος αγωγού

Η διάμετρος του αγωγού εκλέγεται με κριτήριο την ταχύτητα του νερού που πρέπει να είναι σε κάποια ορισμένα όρια.

Τα όρια αυτά είναι από **0,5 m/s** ≤ v ≤ **1,5 m/s** και μπορεί να υπολογιστεί από την σχέση του Bress η οποία είναι :

$$D = 38 \sqrt{Q} \quad \text{όπου } D = \text{διάμετρος σε m και } Q = \text{παροχή σε m}^3/\text{s} .$$

Η διάμετρος D που προκύπτει από τους υπολογισμούς ,δεν είναι κατά συνέπεια στρόγγυλος αριθμός και δεν συμπίπτει πάντα με τις υπάρχουσες διαμέτρους του εμπορίου και έτσι στρογγυλεύεται προς την πλησιέστερη τιμή του εμπορίου. Αυτή η διαφοροποίηση στην τιμή της διαμέτρου αν δεχθούμε σταθερή την παροχή αυτό διαφοροποιεί την κλίση J της Π.Γ. με συνέπεια την αλλαγή των υψομέτρων της Π.Γ. στους κόμβους του δικτύου διανομής .Αν όμως κάνουμε το άλλο δηλαδή, να κρατήσουμε σταθερά τα υψόμετρα της Π.Γ. τότε αλλάζει η παροχή του αγωγού .

D =	40	50	60	80	100	125	150	200	250	300
D =	350	400	500	600	700	800	900	1000	1200	1400

Πίνακας με διαμέτρους σωλήνων ύδρευσης που υπάρχουν στο εμπόριο .

Παρατηρούμε ότι όταν παίρνουμε την αμέσως επόμενη μικρότερη διάμετρο, έχοντας σταθερή την παροχή, τότε η κλίση J αυξάνεται, αλλά αν η J διατηρηθεί σταθερή τότε έχουμε μείωση στη παροχή. Επίσης όταν παίρνουμε την αμέσως μεγαλύτερη διάμετρο, τότε με σταθερή την παροχή του δικτύου διανομής, μειώνεται κλίση J , ενώ όταν έχουμε την J σταθερή τότε η παροχή μας αυξάνεται.

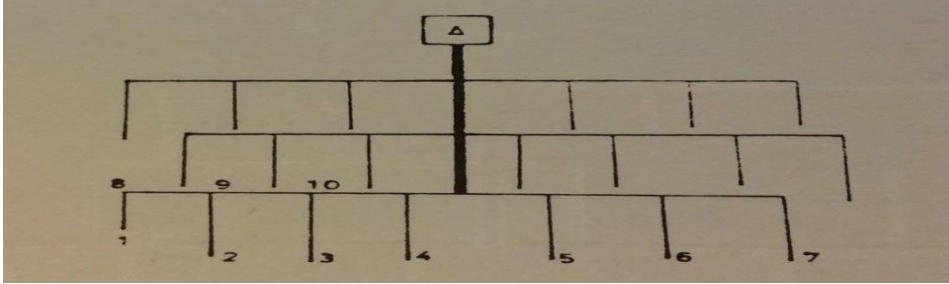
Από τα παραπάνω βλέπουμε την ανάγκη ισοστάθμισης των παροχών των αγωγών αλλά και των υψομέτρων των κόμβων του δικτύου. Αυτή η δουλεία για το ακτινωτό σύστημα είναι σχετικά εύκολη γιατί αρχίζει από τον κεντρικό αγωγό και από εκεί προχωράει στους δευτερεύοντες και τριτεύοντες αγωγούς χωρίς όμως να επηρεάζονται προηγούμενη αγωγοί από τους υπολογισμούς των επόμενων που ακολουθούν.

Αντίθετα στο κυκλοφοριακό σύστημα δεν μπορεί να γίνει αυτό το πράγμα ανεξάρτητα για κάθε αγωγό και ο λόγος είναι γιατί περισσότεροι από δύο αγωγοί καταλήγουν και ξεκινούν από τον ίδιο κόμβο και έτσι στο κυκλοφοριακό σύστημα γίνεται κατά ομάδες κόμβων.

Ακτινωτό σύστημα διανομής

Αν υποθέσουμε ότι το δίκτυο έχει το σχήμα που έχει η παρακάτω εικόνα και ότι αρχίζουμε να αριθμούμε τους αγωγούς από την άκρη προς την δεξαμενή αποθήκευσης, με αυτή την σειρά.

Η ειδική παροχή ανά μέτρο μήκους αγωγού όπως αναφερθήκαμε στο κεφάλαιο 9.2, και βάση με αυτή την παροχή, το μήκος του αγωγού.



Οι αγωγοί αριθμούνται από τα άκρα προς την δεξιαμενή.

ΠΙΝΑΚΑΣ Χ: Υπολογισμός ενός ακτινωτού δικτύου

ΑΓΡΟΣ	Μήκος αγωγού σε m	Ειδική παροχή σε l/s·m	Παροχή Αγωγού σε l/s	Ολική παροχή απ' αρχής	Παροχή αυτιάς	Συνολική παροχή	Διάμε- τρος D	Παχύ- τητα U	Κλίση Π.Γ. J	Απόλει- ες h=J·L	Υψόμε- τρα Π.Γ. H _{ΠΓ}	Υψόμε- τρα ε- δάφους H _{ΕΔ}	Υψόμε- τρικές διαφο- ρές Δ _h
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
1-8													
8-9													
2-9													
9-10													
3-10													
-													
-													
-													

Στη πρώτη στήλη 1) γράφεται η χαρακτηριστική ονομασία του αγωγού, όπως εμφανίζεται στο σχέδιο πόλης.

Στη δεύτερη στήλη 2) γράφεται το μήκος του αγωγού που θα κατασκευαστεί, και στην πραγματικότητα μετράμε το μήκος του δρόμου από τη μία διασταύρωση μέχρι την άλλη για να βγάλουμε το συνολικό μήκος των αγωγών .

Στη Τρίτη στήλη 3) γράφεται η ειδική παροχή ανά μέτρο μήκους του σωλήνα που προκύπτει από υπολογισμούς στο κεφάλαιο 7 όπως προαναφέραμε πολλαπλασιαζόμενη με το συντελεστή ωριαίας αιχμής.

Στη τέταρτη στήλη 4) το αποτέλεσμα προκύπτει από το γινόμενο της 2) και 3) στήλης ,και είναι η παροχή που διανέμει στην περιοχή ο αγωγός. Δηλαδή δεν υπολογίζουμε την μεταφερόμενη παροχή .

Στη στήλη πέντε 5) βάζουμε την ολική παροχή του αγωγού, η οποία είναι η παροχή της στήλης 4) και η παροχή των άλλων αγωγών που μεταφέρεται μέσω του αγωγού και επιβαρύνει την κατάσταση αυτή .

Στη έκτη στήλη 6) είναι η παροχή πυρόσβεσης η οποία είναι ίση με 10 l/sec περίπου ($36 \text{ m}^3/\text{h}$) και η ποσότητα αυτή είναι σταθερή και δεν προστίθεται σε κάθε σωλήνα .




Τέλος η στήλη 7) είναι το άθροισμα των στηλών 5) και 6) και αποτελεί την παροχή με την οποία θα υπολογιστεί ο σωλήνας. Στο τέλος της στήλης 7) το άθροισμα πρέπει να είναι τέτοιο που να δίνει την συνολική παροχή που χρειάζεται ο οικισμός για ύδρευση αλλά και για πυρόσβεση. Για τον υπολογισμό διαμέτρου D, κλίσης Jπιεζομετρικής γραμμής και ταχύτητας u, προσδιορίζεται η απώλεια $hf = J * L$,ώστε έτσι η διαφορά ύψους της Π.Γ. και του εδάφους να είναι μεγαλύτερη από το ποιο ψηλό κτίριο του οικισμού και για να μπορεί να ανεβαίνει το νερό με την κατάλληλη πίεση και στα υψηλότερα σημεία των οικοδομών .

Αν η διαφορά ($H_{π.Γ.} - H_{εδ}$) είναι μικρότερη από το ύψος των οικοδομών , τότε πρέπει να αυξήσουμε την διάμετρο και έτσι ανυψώνεται και η Π.Γ. , αφού έχουμε μείωση του ύψους των απωλειών. Αν όμως η διαφορά ($H_{π.Γ.} - H_{εδ}$) είναι μεγαλύτερη από την επιθυμητή , τότε αυτό είναι αντιοικονομικό σν λύση και θα πρέπει να μειωθεί η διάμετρος αναγκαστικά .

Κυκλοφοριακό σύστημα διανομής

Σε αυτό το σύστημα το νερό κυκλοφορεί ανάλογα με το ύψος πιεζομετρικού φορτίου.

Για τον υπολογισμό αυτού του δικτύου έχουν αναπτυχθεί διάφοροι τρόποι λύσης όπως είναι :

-  Η κατά τομή μέθοδος
-  Η μέθοδος των ισοδύναμων σωλήνων
-  Η μέθοδος Hardy -Cross

Από αυτές τις μεθόδους η πιο εύχρηστη είναι η 3η μέθοδος η Hardy - Cross ή απλά Cross .

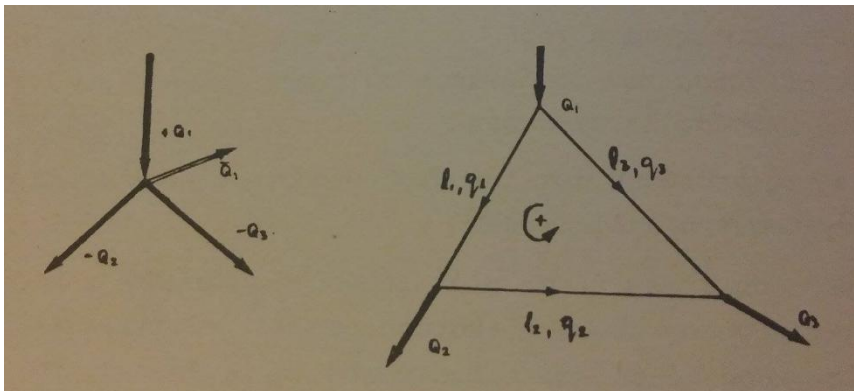
Αυτή η μέθοδος είναι με διαδοχικές προσεγγίσεις και σκοπός αυτής της μεθόδου είναι η ικανοποίηση των συνθηκών συνέχειας των παροχών σε κάθε κόμβο αλλά και η διατήρηση της ενέργειας (το άθροισμα των απωλειών σε ένα κλειστό δίκτυο μηδενίζεται).

Οι παροχές οι αρχικές προσδιορίζονται αναλόγως τον πληθυσμό που πρόκειται να ικανοποιήσει ο κάθε ένας και γι'αυτό των σκοπό ο οικισμός χωρίζεται σε οικοδομικά τετράγωνα και γίνεται αντιστοίχιση μίας ορισμένης έκτασης σε κάθε αγωγό του δικτύου. Η έκταση μετά πολλαπλασιάζεται με την ειδική παροχή q ($l/s \cdot m^2$) και το αποτέλεσμα από αυτό είναι η παροχή που θα διανέμει ο κάθε αγωγός στην περιοχή που του αντιστοιχεί.

Αλλά οι παροχές των περισσότερων αγωγών είναι αυξημένες με τη παροχή μεταφοράς η οποία είναι πέραν του θεωρούμενων αγωγών παροχή ύδρευσης. Όλα τα κυκλοφοριακά συστήματα διανομής αποτελούνται από έναν αριθμό βρόγχων (κλειστό κύκλωμα αγωγών) , όπου οι κορυφές των βρόγχων είναι οι κόμβοι του δικτύου. Η παροχή σε κάθε κόμβο είναι θετική (+) όταν πλησιάζει στον κόμβο και όταν απομακρύνεται είναι αρνητική (-) και το άθροισμα των παροχών σε κάθε κόμβο πρέπει να είναι μηδέν .

$$Q_1 = Q_2 + Q_3 \quad \text{ή} \quad Q_1 - Q_2 - Q_3 = 0 \quad \text{ή} \quad Q_i + \sum Q_i = 0$$

Με Q_i την παροχή που διανέμεται και που αντιστοιχεί στον κόμβο . Το άθροισμα των αγωγών σε κάθε βρόγχο πρέπει να είναι μηδέν . Αν J_1, J_2, J_3 οι απώλειες ανά μέτρο μήκους των αγωγών 1, 2, 3 αντίστοιχα τότε : $J_1 * L_1 + J_2 * L_2 + J_3 * L_3 = 0$



Σχήμα βρόγχου

Οι τριβές σε έναν αγωγό μπορούν να εκφραστούν ως εξής:

$$J = k * Q^x$$

Q = παροχή αγωγού

k = συντελεστής εξαρτώμενος από τα υλικά κατασκευής και τις διαστάσεις του αγωγού

x = εκθέτης

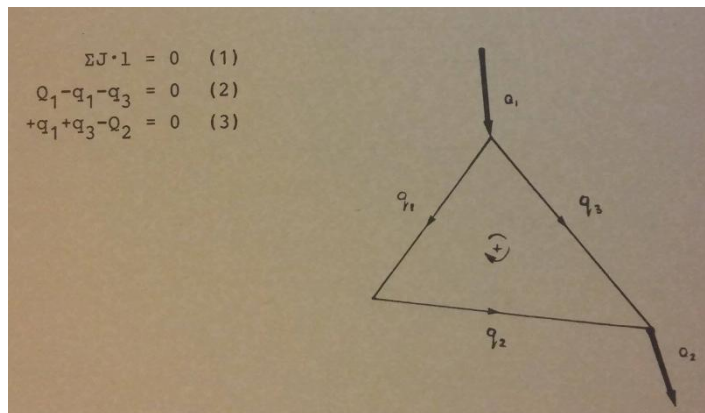
Ο συντελεστής k υπολογίζεται από τον τύπο του Manning :

$$\begin{aligned} v &= \frac{1}{n} R^{2/3} \cdot J^{1/2} \quad \text{και} \quad Q = E \cdot v \\ \text{ή} \quad Q &= \frac{1}{n} E \cdot J^{1/2} \cdot R^{2/3} \\ Q^2 &= \frac{1}{n^2} E^2 \cdot J \cdot R^{4/3} \\ \text{και} \quad J &= \frac{n^2 \cdot Q^2}{E^2 \cdot R^{4/3}} \\ J &= \frac{n^2 \cdot Q^2}{\frac{\pi^2 D^2}{4} \left(\frac{D}{4}\right)^{4/3}} \\ J &= Q^2 \frac{4n^2}{\pi^2 D^2 \cdot (D/4)^{4/3}} \\ J &= Q^2 \cdot k \\ \text{με} \quad k &= \frac{4n^2}{\pi^2 D^2 \cdot (D/4)^{4/3}} \end{aligned} \quad (1)$$

Αν στη σχέση (1) βάλουμε $Q = 1 \text{ l/s}$, τότε ο συντελεστής k παριστάνει τις απώλειες στη μονάδα μήκους του αγωγού ύδρευσης, όταν αυτός όμως έχει παροχή ίση με την μονάδα .

Διάμετρος D σε mm	Συντελεστής κ επί 10 ⁻⁶
60	6029,23
80	1324,08
100	412,90
125	129,79
150	50,69
175	23,14
200	5,79
250	3,71
300	1,47
350	0,67
400	0,34

Για να υπολογιστεί το δίκτυο και να κατανεμηθούν οι παροχές και εκλέξουμε θετική φορά σε κάθε βρόγχο, στη συνέχεια απομονώνεται ο κάθε βρόγχος με τις εισερχόμενες και εξερχόμενες παροχές και υπολογίζεται ξεχωριστά. Έτσι για τον προηγούμενο βρόγχο έχουμε :



Οι τιμές στο q_i είναι αυθαίρετες και κατά κανόνα η (1) είναι διάφορη από το μηδέν και γι'αυτό γίνεται διόρθωση Δq_i στις τιμές των q_i .

Δηλαδή θα έχουμε

$$q_i = q_i + \Delta q$$

Άρα η σχέση

$$J = \kappa \cdot q_i^2 \quad \text{γίνεται:}$$

$$\begin{aligned} J &= \kappa_i (q_i + \Delta q)^2 = \\ &= \kappa_i q_i^2 + 2\kappa_i q_i \Delta q + \kappa_i \Delta q^2 \end{aligned}$$

Αν πολλαπλασιαστεί η σχέση αυτή με το μήκος l του αγωγού έχουμε

$$\begin{aligned} J \cdot l &= \kappa_i l_i q_i^2 + 2\kappa_i l_i q_i \Delta q \\ \text{ή} \quad H_{\text{απ}} &= \kappa_i l_i q_i^2 + 2\kappa_i l_i q_i \Delta q \end{aligned}$$

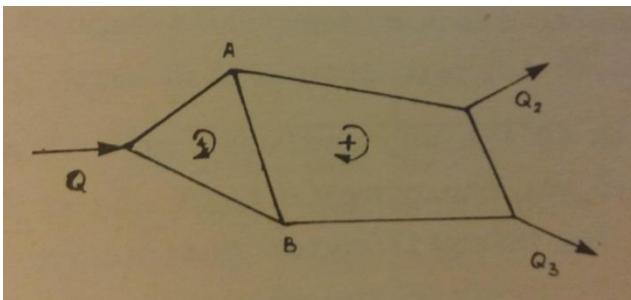
Αλλά το άθροισμα των απωλειών σε ένα κλειστό κύκλωμα είναι ίσο με μηδέν.

$$0 = \sum \kappa_i l_i q_i^2 + 2 \sum \kappa_i l_i q_i \Delta q$$

$$\text{και} \quad \Delta q = - \frac{\sum \kappa_i l_i q_i^2}{2 \sum \kappa_i l_i q_i}$$

Αν στην πορεία ενώ λύνουμε,

προκύψει διορθωμένη παροχή με αντίθετο πρόσημο από εκείνο που είχε στην αρχή, αυτό σημαίνει ότι η ροή σε εκείνον τον αγωγό είναι αντίθετη από την αρχική. Όταν υπάρχουν κοινοί αγωγοί σε δύο βρόγχους (όπως θα δούμε στο παρακάτω σχήμα για αγωγό AB), πρέπει να έχουν την ίδια κατεύθυνση και φορά για τους 2 βρόγχους αλλά να υπολογίζονται ξεχωριστά.



Παράδειγμα :

Στο βρόγχο ABΓ του δικτύου που εμφανίζεται στο σχήμα παρακάτω, η εισερχόμενη παροχή είναι $Q_A = 100 \text{ l/s}$, ενώ οι εξερχόμενες είναι $Q_B = 50 \text{ l/s}$ και $Q_\Gamma = 20 \text{ l/s}$. Κατά μήκος του αγωγού ΑΓ διανέμεται ομοιόμορφα, συνολική παροχή $Q = 30 \text{ l/s}$.

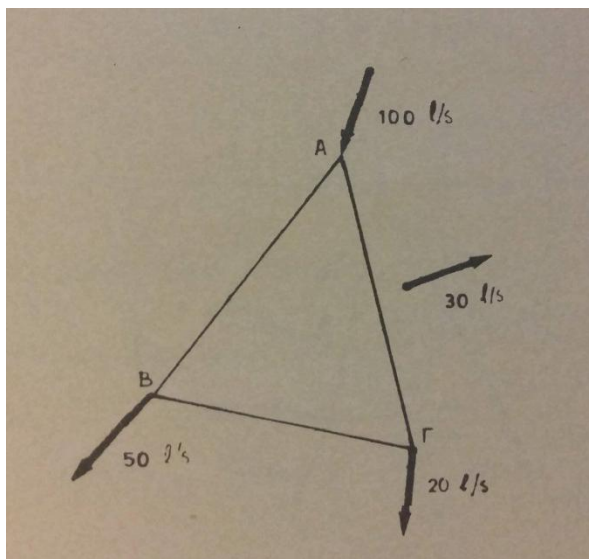
Τα μήκη και οι διάμετροι των αγωγών είναι :

$$L_{AB} = 200 \text{ m} \quad D_{AB} = 175 \text{ mm}$$

$$L_{A\Gamma} = 200 \text{ m} \quad D_{A\Gamma} = 300 \text{ mm}$$

$$L_{B\Gamma} = 150 \text{ m} \quad D_{B\Gamma} = 250 \text{ mm}$$

Ζητείται να υπολογιστεί το δίκτυο .

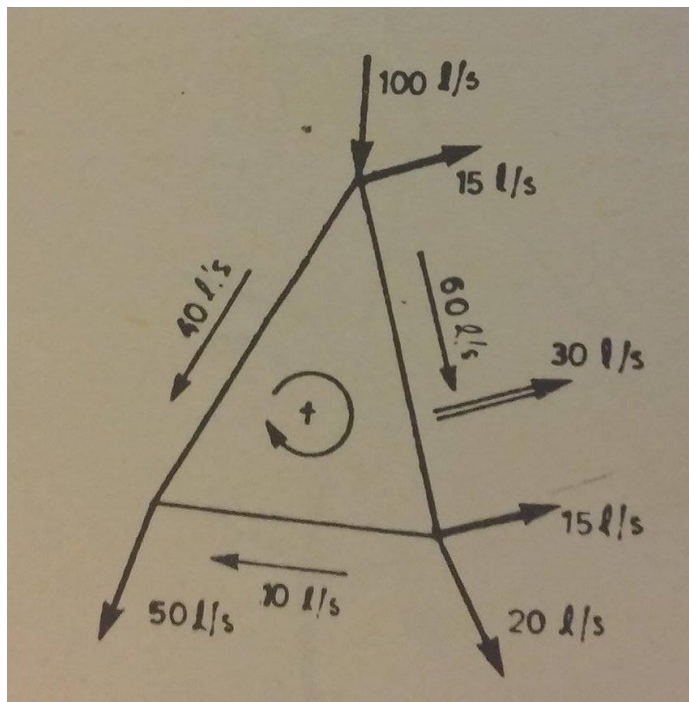


Λύση

Οι αγωγοί AB και BΓ είναι αγωγοί μεταφοράς, ενώ ο ΑΓ είναι διανομής . Θεωρούμε ότι η εισερχόμενη παροχή $Q_A = 100 \text{ l/s}$ κατανέμεται στο AB , 40 l/s και στον ΑΓ , 60 l/s .

Στον ΑΓ από τα 60 l/s που μπαίνουν από το Α , τα 30 l/s διαρρέουν σε όλο τον αγωγό και δημιουργούν κατά μήκος του απώλειες , ενώ τα

υπόλοιπα 30 l/s παροχετεύονται ομοιόμορφα σε όλο το μήκος του αγωγού ΑΓ και οι απώλειες που προκαλούν θα αποτελούν μέρος των απωλειών που θα προκαλούνταν , αν τα 30 l/s διέρρεαν όλο τον αγωγό από το Α μέχρι το Γ . Αυτό σημαίνει ότι στους υπολογισμούς των απωλειών θα υποθέσουμε ότι ο αγωγός διατρέχεται όχι με τα 30 l/s αλλά με τα 15 l/s (μισή παροχή) . Κατά συνέπεια η υποθετική παροχή που θα έπρεπε να διαρρέει τον αγωγό από το Α μέχρι το Γ (χωρίς διανομή) και να προκαλεί τις ίδιες απώλειες με τις πραγματικές θα είναι : $Q' = 30 + 15 = 45$ l/s.



Έτσι η εισερχόμενη στο Α παροχή γίνεται : $Q'_A = 100 - 15 = 85$ l/s.

Απλούστερα μπορούμε να πούμε ότι σε αγωγούς διανομής αφαιρείται το μισό της διανεμόμενης παροχής από τον κόμβο εισόδου.

Στη συνέχεια προχωρούμε με διαδοχικές διορθώσεις στον υπολογισμό των πραγματικών παροχών, συμπληρώνοντας κάθε φορά τον πίνακα .

1ος Κύκλος διορθώσεων

ΑΓΩ- ΓΟΣ	Παροχή Q	Διάμε- τρος D	K 10 ⁻⁶	l	R 10 ⁻⁶	R·Q	RQ ²		Q	ΔQ'
							+	-		
AB	*-40	175	23,14	200	4628	0,185	-	7,40	+16,22	-23,38
ΑΓ	+45	300	1,47	200	294	0,013	0,595	-	+16,62	+61,62
ΒΓ	+10	250	3,71	150	556	0,005	0,055	-	+16,62	+26,62

0,203 0,650 7,40

-6,75

$$\Delta Q = - \frac{-6,75}{0,406} = + 16,62$$

2ος Κύκλος διορθώσεων

ΑΓΩ- ΓΟΣ	Q	D	K	l	R	R·Q	R·Q ²		ΔQ	Q''
							+	-		
AB	-23,38					0,108	-	2,529	+3,61	-19,77
ΑΓ	+61,62	ίδιες	ίδιο	ίδιο	ίδιο	0,108	1,116	-	+3,61	+65,23
ΒΓ	+26,62					0,015	0,394	-	+3,61	+30,23

0,141 1,510 2,529

1,019

$$\Delta Q = - \frac{-1,019}{0,282} = + 3,61$$

* ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Η σήμανση των παροχών στο βρόγχο δε σχετίζεται με τη σήμανση των παροχών σε κόμβο του βρόγχου.

3ος Κύκλος διορθώσεων

ΑΓΩ-ΓΟΣ	Q	D	K	l	R	R·Q	R·Q ²		ΔQ	Q _{ΤΕΛ.}
							+	-		
AB	-19,77					0,091	-	1,80	+0,15	19,62
ΑΓ	+65,23	ίδιο	ίδιο	ίδιο	ίδιο	0,019	1,25	-	+0,15	65,38
ΒΓ	30,23					0,017	0,51	-	+0,15	30,38

0,127 1,76 1,80

-0,04

$$\Delta Q = - \frac{-0,04}{0,254} = +0,15$$

Η προσέγγιση αυτή θεωρείται ότι δίνει ικανοποιητική ακρίβεια .

Άρα οι τελικές παροχές θα είναι :

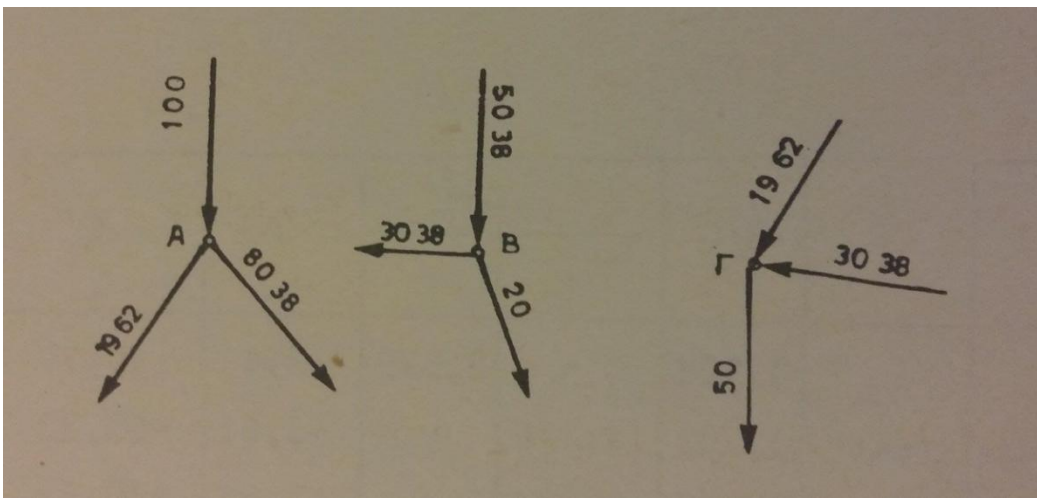
Αγωγός AB : $Q_{AB} = 19,62$ l/s

Αγωγός ΑΓ : $Q_{ΑΓ} = 65,38 + 15 = 80,38$ l/s στον κόμβο Α

Αγωγός ΑΓ : $Q_{ΑΓ} = 65,38 - 15 = 50,38$ l/s στον κόμβο Γ

Αγωγός ΒΓ : $Q_{ΒΓ} = 30,38$ l/s

Έλεγχος



Κεφάλαιο 10

Τεχνικά έργα

10.1 Βαλβίδες και τα είδη της

Οι βαλβίδες είναι εξαρτήματα των δικτύων ύδρευσης και στο ευρύ κοινό είναι γνωστές ως βάνες ή δικλείδες. Αυτές χρησιμοποιούνται κυρίως στις δεξαμενές, στα δίκτυα διανομής του νερού και στις μονάδες επεξεργασίας του νερού.

Οι βαλβίδες εκτελούν ορισμένες λειτουργίες με τις κυριότερες από αυτές να είναι:

- α. η απομάκρυνση του αέρα από τους σωλήνες
- β. η μείωση των φαινομένων του υδραυλικού πλήγματος
- γ. η ρύθμιση της παροχής και της πίεσης
- δ. η παρεμπόδιση της ανάστροφης ροής προς τις αντλίες

Επίσης οι βαλβίδες χωρίζονται σε διάφορες κατηγορίες ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας και τον τρόπο κατασκευής τους.

Οι κυριότερες βαλβίδες ανάλογα με τον τρόπο κατασκευής είναι οι πεταλουδωτές, οι συρταροτές, οι βαλβίδες τύπου βελόνας, οι βαλβίδες τύπου μανικιού και οι βαλβίδες τύπου μπάλας.

Οι κυριότερες βαλβίδες ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας χωρίζονται σε υποκατηγορίες όπως οι βαλβίδες αέρα, οι βαλβίδες εκκένωσης, οι βαλβίδες αντεπιστροφής, οι βαλβίδες ρύθμισης της παροχής ή αντλιών, οι βαλβίδες μείωσης ή διατήρησης της πίεσης.

Η επιλογή των κατάλληλων βαλβίδων όπως επίσης και η διαστασιολόγηση τους πρέπει να διέπουν μερικούς κανόνες που είναι οι εξής:

1. Δεν πρέπει να προκαλεί φαινόμενα σπηλαίωσης.
2. Δεν πρέπει να λειτουργεί συνέχεια.
3. Όταν είναι ανοιχτή η βαλβίδα, τότε δεν πρέπει να προκαλεί σημαντικές απώλειες ενέργειας.
4. Το κλείσιμο πρέπει να γίνεται την κατάλληλη στιγμή, για να αποφεύγονται προβλήματα πλήγματος.

Το νερό περιέχει διαλυμένο αέρα που έχουν την μορφή φυσαλίδων και οι ατμοί ενός υγρού ασκούν πίεση στο περιβάλλον. Στην περίπτωση που η πίεση του υγρού είναι μεγαλύτερα από την πίεση ατμών, τότε καταστρέφονται οι φυσαλίδες. Σε περίπτωση που η θερμοκρασία του αυξηθεί, τότε αυξάνεται η πίεση των ατμών και φτάνει μια στιγμή που αυτή η πίεση γίνεται ίση με την πίεση του περιβάλλοντος. Με αποτέλεσμα να σχηματίζονται φυσαλίδες υδρατμών και αέρα, οι οποίες μόλις αποκτήσουν το κατάλληλο μέγεθος ανεβαίνουν στην επιφάνεια του υγρού και πραγματοποιείται ο βρασμός.

Το φαινόμενο του βρασμού συμβαίνει με την πτώση της πίεσης του περιβάλλοντος μέχρι την πίεση ατμών. Για αυτό το λόγο που το σημείο βρασμού κάθε υγρού μειώνεται με την αύξηση του υψομέτρου.

Η πίεση μεταβάλλεται κατά την κίνηση του υγρού σε σωληνώσεις, αντλίες και βαλβίδες. Η ανάπτυξη των φυσαλίδων ξεκινά τη στιγμή που η πίεση του υγρού πλησιάζει την πίεση ατμών. Οι φυσαλίδες γίνονται ασταθείς όταν φτάσουν σε ένα συγκεκριμένο μέγεθος και τότε αυξάνεται η πίεση και καταστρέφονται.

Αποτέλεσμα αυτού στα στερεά τοιχώματα κρουστικές δυνάμεις και τα αέρια και οι υδρατμοί επανέρχονται στιγμιαία. Οι δυνάμεις αυτές προκαλούν βαθμιαία διάβρωση των στερεών τοιχωμάτων και επίσης θόρυβο που προκαλείται από συγκρουόμενα αντικείμενα. Αυτό το φαινόμενο λέγεται **σπηλαίωση**.

Οι βαλβίδες εμφανίζουν βλάβες από την σπηλαίωση και για αυτό συχνά αντικαθίστανται. Λόγω της σπηλαίωσης στη βαλβίδα προκαλείται διάβρωση, θόρυβος και μειωμένη παροχή.

Οι κατασκευαστές δίνουν έτοιμα διαγράμματα για την διαστασιολόγηση μιας βαλβίδας για να αποφεύγεται η σπηλαίωση.

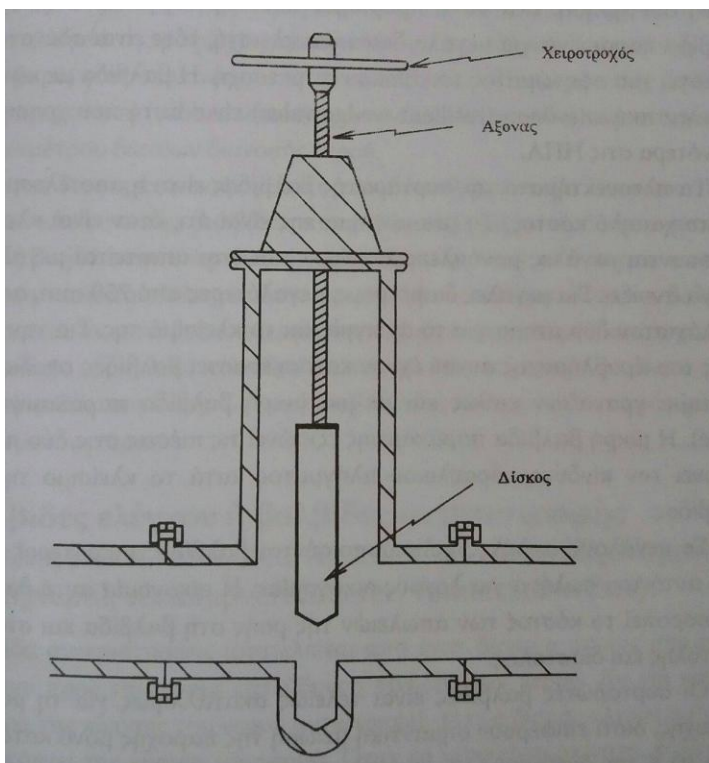
βαλβίδες διακοπής ροής

Στα δίκτυα ύδρευσης χρησιμοποιούνται διάφορες βαλβίδες με την πιο ευρεία χρήση να αποτελούν οι βαλβίδες διακοπής της ροής.

Σε αυτή την κατηγορία αντιστοιχούν οι **συρταρωτές βαλβίδες**, οι οποίες χρησιμοποιούνται από την βιομηχανική επανάσταση και μετά. Αποτελείται από έναν κινούμενο μεταλλικό δίσκο που ανεβοκατεβαίνει στο σωλήνα με την βοήθεια ενός περιστρεφόμενου άξονα. Αυτός περιστρέφεται μέσω ενός χειροτροχού. Ο δίσκος εισέρχεται από το κάτω μέρος της βαλβίδας από μια εσοχή που υπάρχει. Σε περίπτωση που οι πιέσεις είναι χαμηλές, τότε η εσοχή και η άκρη του δίσκου κατασκευάζονται από ελαστικό υλικό. Ενώ αν οι πιέσεις είναι ψηλές, τότε κατασκευάζονται από ανοξείδωτο χάλυβα. Χρειάζεται συχνή συντήρηση διότι τα φερτά υλικά που μεταφέρει το νερό γεμίζουν την εσοχή με αποτέλεσμα η βαλβίδα να μην κλείνει στεγανά. Επίσης σε περίπτωση που η βαλβίδα παραμείνει κλειστή για αρκετό καιρό, τότε σφηνώνει ο δίσκος στην εσοχή και δεν ανοίγει καθόλου εύκολα.

Η συρταρωτή βαλβίδα έχει ως πλεονέκτημα το χαμηλό κόστος και την αποτελεσματικότητά της. Ως μειονέκτημα έχει την ανάπτυξη μεγάλων πιέσεων όταν είναι κλειστή η βαλβίδα. Για να λυθεί το πρόβλημα αυτό κατασκευάστηκαν βαλβίδες με γρανάζια.

Αυτού του τύπου οι βαλβίδες δεν χρησιμοποιούνται για την ρύθμιση παροχής.



Σχ. 10.1. Συρταρωτή βαλβίδα.

Ένα άλλο είδος βαλβίδας διακοπής ροής είναι οι **βαλβίδες περιστρεφόμενου δίσκου**, στις οποίες υπάρχει ένας κινητός κυκλικός δίσκος που περιστρέφεται γύρω από οριζόντιο άξονα.

Το μειονέκτημα της βαλβίδας αυτής είναι ότι εμποδίζει τη χρήση εργαλείων καθαρισμού του σωλήνα διότι ο περιστρεφόμενος δίσκος βρίσκεται πάντα μέσα στην ροή.

Το πλεονέκτημα της βαλβίδας οι μικρές τοπικές απώλειες, οι δυνατότητες στραγγαλισμού της ροής, η ικανότητα της διακοπής της ροής και ο μικρός χώρος που απαιτείται για την τοποθέτησή της.

Οι βαλβίδες αυτές με λαστιχένια μόνωση χρησιμοποιούνται συχνά σε αγωγούς μεγάλης διαμέτρου δικτύων διανομής νερού. Κατά το άνοιγμα και το κλείσιμο της βαλβίδας απαιτείται ένας μηχανισμός χειρισμού, λόγω της διαφοράς πίεσης μεταξύ των δύο πλευρών του δίσκου. Ο μηχανισμός αυτός βοηθά στην ομαλότητα αντίστασης κατά το άνοιγμα και το κλείσιμο.

Σε περίπτωση που η βαλβίδα χρησιμοποιηθεί σε μονάδες επεξεργασίας νερού, τότε ο μηχανισμός αποτελείται από έναν υδραυλικό κύλινδρο με πιστόνι που συγκρατεί το δίσκο σε όλες τις ενδιάμεσες θέσεις.

Βαλβίδες αντεπιστροφής

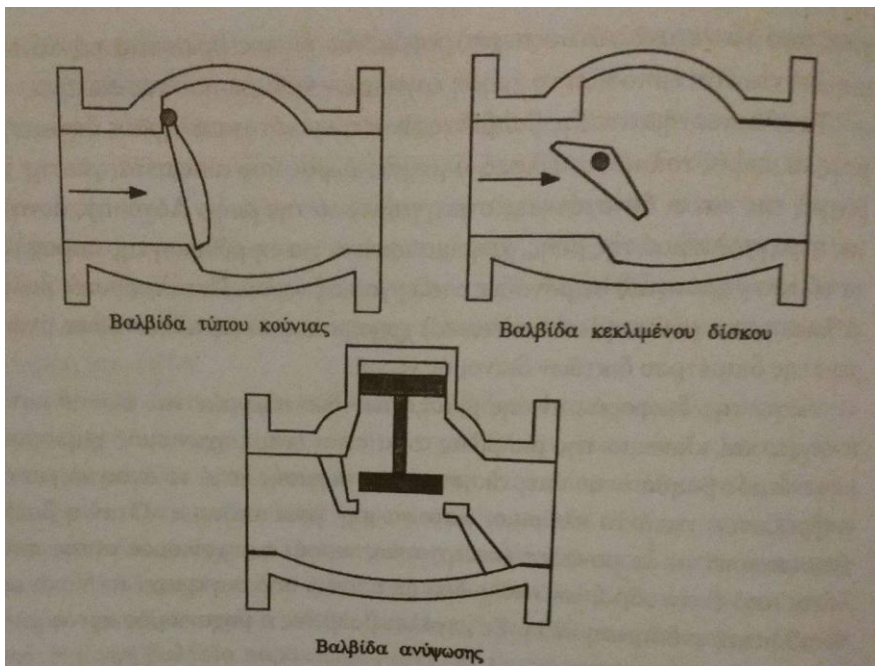
Αυτού του είδους οι βαλβίδες αποτελούνται από έναν δίσκο που ανοίγει μόνο προς την κύρια κατεύθυνση κίνησης του νερού. Αν η ροή του νερού αντιστραφεί τότε αυτόματα κλείνει ο δίσκος και σταματάει η κίνηση του νερού. Για το κλείσιμο του δίσκου συνήθως χρησιμοποιείται ελατήριο. Σε περίπτωση που το νερό είναι ακίνητο, τότε ο δίσκος είναι κλειστός λόγω του βάρους του.

Υπάρχουν διάφοροι τύποι βαλβίδων αντεπιστροφής όπως :

α. η βαλβίδα ελέγχου τύπου κούνιας, στην οποία ο δίσκος περιστρέφεται γύρω από έναν άξονα που βρίσκεται στο πάνω μέρος τους. Αλλάζοντας τον άξονα περιστροφής ή το βάρος του, τότε αλλάζουν τα χαρακτηριστικά του ανοίγματος και κλεισίματος του δίσκου.

β. η βαλβίδα κεκλιμένου δίσκου, στην οποία ο άξονας περιστροφής του δίσκου είναι τοποθετημένος έκκεντρα. Το κλείσιμο γίνεται με το βάρος του.

γ. η βαλβίδα ελέγχου ανύψωσης, η οποία αποτελείται από έναν πλωτήρα που ανυψώνεται και για αυτό κινείται το νερό. Αν αντιστραφεί η ροή του νερού, τότε ο πλωτήρας φράζει την οπή και διακόπτεται η ροή του νερού.



Σχ. 10.2. βαλβίδες αντεπιστροφής.

Για την επιλογή της βέλτιστης βαλβίδας αντεπιστροφής τα βασικότερα κριτήρια είναι τα εξής :

- A. η αποφυγή της δημιουργίας πλήγματος κατά το κλείσιμο της
- B. ο χαμηλός συντελεστής απωλειών, σε περίπτωση που η βαλβίδα είναι ανοιχτή.

Οι υποπίεσεις και οι υπερπίεσεις που δημιουργούνται κατά το κλείσιμο είναι ανάλογες της αντίστροφης ταχύτητας της ροής. Η ταχύτητα εξαρτάται από το σύστημα που είναι τοποθετημένη και από τον τύπο της βαλβίδας.

Όταν κλείνει μια βαλβίδα ακούγεται ένας ήχος που εξαρτάται από την ταχύτητα κίνησης του δίσκου προς τη θέση κλεισίματος και αυτό το φαινόμενο ονομάζεται κλείσιμο με πάταγο. Για την αποφυγή του φαινομένου αυτού θα πρέπει ο δίσκος να φτάσει στη θέση κλεισίματος όταν μηδενιστεί η ταχύτητα του νερού.

Αφού κλείσει η βαλβίδα, η πίεση του νερού αυξάνεται ανάντι και μειώνεται κατόντι. Η αύξηση της πίεσης του νερού έχει ως αποτέλεσμα η βαλβίδα να ξαναανοίγει. Επίσης σε περίπτωση που η πτώση της πίεσης κατόντι είναι μεγάλη, τότε δημιουργείται το φαινόμενο της σπηλαίωσης με αποτέλεσμα να αυξηθεί η πίεση. Για να λυθεί το συγκεκριμένο πρόβλημα απαιτείται μελέτη των υδραυλικών χαρακτηριστικών του συστήματος και είναι εγκαταστημένη η βαλβίδα αντεπιστροφής. Η μελέτη γίνεται μέσω ειδικών προγραμμάτων σε ηλεκτρονικό υπολογιστή.

Επίσης γίνονται έλεγχοι μετά την λειτουργία στο εργαστήριο για να εντοπιστούν τυχόν φθορές στα υλικά κατασκευής. Δημιουργούνται προβλήματα αστάθειας όταν οι βαλβίδες τοποθετούνται σε θέσεις έντονης τυρβής. Όταν ο δίσκος της βαλβίδας να πάλλεται, τότε υπάρχουν φθορές και καταστρέφεται βαλβίδα.

Μια ακόμη χρήση των βαλβίδων αντεπιστροφής είναι η τοποθέτησή τους στους καταθλιπτικούς αγωγούς, μετά τις αντλίες ώστε να εμποδίζεται η αντιστροφή της ροής του νερού προς την αντλία, σε περίπτωση που διακοπεί απότομα η λειτουργία της μετά την διακοπή του ηλεκτρικού ρεύματος. Επίσης χρησιμοποιούνται σε αγωγούς τροφοδοσίας για να εμποδίζει το άδειασμα ,αν γίνει θραύση του αγωγού.

Βαλβίδες αέρα

Μέσα σε ένα σωλήνα υπάρχει παγιδευμένος αέρα και πρέπει να απομακρυνθεί διότι δημιουργούνται πολλά προβλήματα κατά την λειτουργία. Ο αέρας στις σωλήνες προέρχεται από τις επιφάνειες των δεξαμενών και εκεί το νερό βρίσκεται σε επαφή με τον αέρα. Με την αλλαγή της πίεσης του νερού στο σωλήνα, ο όγκος του αέρα αυξομειώνεται. Λόγω της τυρβώδους ανάμειξης του νερού του σωλήνα έχει ως αποτέλεσμα να έρχονται οι φυσαλίδες του αέρα σε επαφή μεταξύ τους και να συνενώνονται σε μεγαλύτερες. Έτσι αυτές οι φυσαλίδες φτάνουν στα ψηλά σημεία του αγωγού και παρεμποδίζουν την κίνηση του νερού.

Σε περίπτωση που οι φυσαλίδες είναι μικρές , τότε μεταφέρονται κατά την διεύθυνση της ροής από το νερό, ενώ όταν οι φυσαλίδες είναι μεγάλες, τότε η ταχύτητα του νερού μειώνεται και κινούνται αντίθετα από την ροή. Αποτέλεσμα αυτών είναι να μαζεύονται φυσαλίδες στα ψηλά σημεία και έτσι να μειώνεται η παροχή του νερού που μπορεί να διαπεράσει από τον σωλήνα και να αυξάνεται το κόστος άντλησης. Επίσης αυτό το πρόβλημα δημιουργεί πτώση στην απόδοση του συστήματος και αύξηση του κόστους λειτουργίας ή ακόμα και να σταματήσει η ροή του νερού.

Για να λυθεί το πρόβλημα της συγκέντρωσης φυσαλίδες στα ψηλά μέρη του αγωγού, χρησιμοποιούνται βαλβίδες εξαερισμού στα σημεία αυτά. Οι βαλβίδες αυτές αποτρέπουν την συγκέντρωση των φυσαλίδων.

Η λειτουργία της βαλβίδας ξεκινά με τον σφαιρικό πλωτήρα μπορεί να ανεβοκατεβαίνει σύμφωνα με την στάθμη που βρίσκεται το νερό.

Σε περίπτωση που δεν υπάρχει αέρας στη βαλβίδα, τότε είναι γεμάτη με νερό και ο πλωτήρα βρίσκεται στο πάνω μέρος με αποτέλεσμα να κρατάει την οπή κλειστή. Με την συγκέντρωση του αέρα στο πάνω μέρος, η στάθμη του νερού μειώνεται με αποτέλεσμα να κατεβαίνει ο πλωτήρας. Στην συνέχεια η οπή ανοίγει και έτσι ελευθερώνεται ο αέρας, ενώ μετά ανεβαίνει η στάθμη του νερού και τελικά κλείνει η οπή.

Αν γεμίσει με νερό ο σωλήνας, θα πρέπει να απομακρυνθεί ο αέρας που βρίσκεται μέσα σε αυτόν και αυτό συμβαίνει μόνο την πρώτη φορά που λειτουργεί ή μετά από την επισκευή του. Για να λυθεί αυτό το πρόβλημα, χρησιμοποιούνται βαλβίδες εξαερισμού μεγάλης οπής. Αν αδειάσει από νερό ο σωλήνας για λόγους επισκευής, τότε θα πρέπει να εισέρχεται αέρας στο σωλήνα για να μην καταστραφεί από της διαφοράς της εσωτερικής πίεσης από την εξωτερική. Συνήθως τον περισσότερο κίνδυνο διατρέχουν οι χαλυβδοσωλήνες μεγάλης διαμέτρου και για αυτό στην είσοδο του αέρα τοποθετούνται βαλβίδες εισαγωγής αέρα. Έτσι αυτές έχουν μεγάλες οπές στην είσοδό τους και κατά την έξοδο διοχετεύεται μεγάλη ποσότητα αέρα. Ο σφαιρικός πλωτήρας λειτουργεί όπως περιγράφηκε και πιο πάνω.

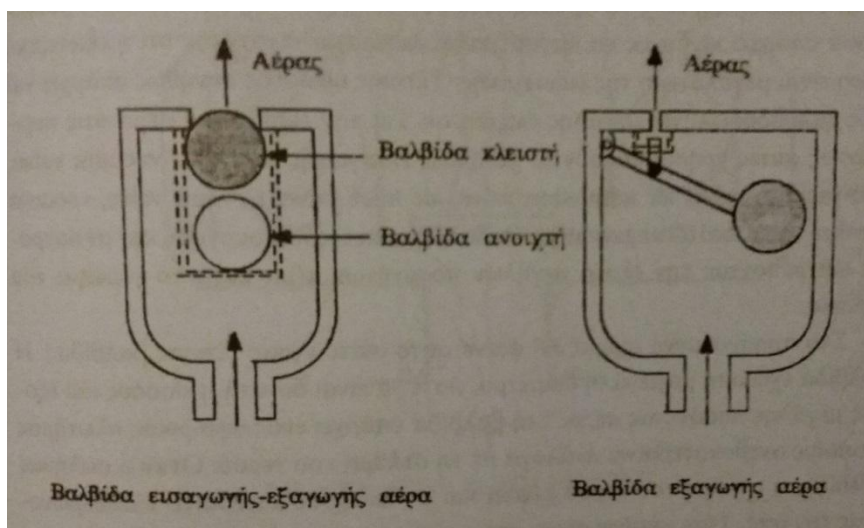
Η βέλτιστη επιλογή του τύπου βαλβίδας που θα χρησιμοποιηθεί εξαρτάται από ορισμένους παράγοντες, όπως είναι :

A. από την αντοχή του σωλήνα σε εσωτερικές υποπίεσεις και εξωτερικές πιέσεις

B. πόση ποσότητα αέρα εισέρχεται στο σωλήνα από την μηκοτομή του σωλήνα

Δ. πόσο συχνά θα αδειάζει και θα γεμίζει ο σωλήνας

Γ.



Σχ. 10.3. βαλβίδες εισαγωγής και βαλβίδες εισαγωγής-εξαγωγής αέρα.

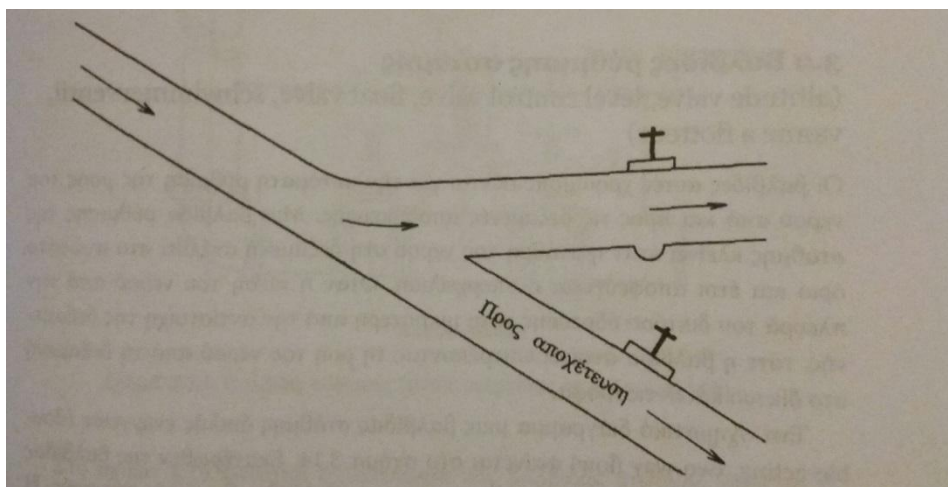
Βαλβίδες εκκένωσης

Η βαλβίδα εκκένωσης αποτελεί ένα τμήμα σωλήνα που σχηματίζει διακλάδωση με τον κύριο αγωγό και στο άλλο άκρο είναι ανοιχτός. Επίσης υπάρχει μια συρταρωτή βαλβίδα τοποθετημένη σε αυτό το τμήμα. Οι βαλβίδες εκκένωσης υπάρχουν στα χαμηλά σημεία του αγωγού.

Η βαλβίδα ανοίγει και απομακρύνεται, όταν υπάρχουν μεγάλες ποσότητες φερτών υλών στο χαμηλό σημείο του αγωγού και αυτή χρησιμοποιείται και στο άδειασμα του σωλήνα για να επισκευαστεί. Η επιλογή της εξεύρεση θέσεων εκκένωσης του αγωγού πρέπει να γίνεται με προσοχή επειδή λόγω των υψηλών πιέσεων του νερού υπάρχει περίπτωση να γίνουν καταστροφές.

Σε περίπτωση που δεν μπορεί να απομακρυνθεί ελεύθερα το νερό, τότε κατασκευάζεται ένα φρεάτιο από σκυρόδεμα για να διοχετεύεται το νερό κατά την εκκένωση. Το νερό από το φρεάτιο με υπερχειλίση φτάνει στο δίκτυο αποχέτευσης ή αντλείται ενώ δεν προτιμάται η απευθείας σύνδεση με το δίκτυο αποχέτευσης λόγω του κινδύνου σιφωνισμού.

Επίσης τα πυροσβεστικά σημεία χρησιμοποιούνται για την εκκένωση ενός αγωγού και στις περιπτώσεις αυτές οι ταχύτητες εξόδου του νερού είναι χαμηλή με αποτέλεσμα να μην απομακρύνονται τα φερτά υλικά. Έτσι επιταχύνεται η ανανέωση του στάσιμου νερού και η απομάκρυνση ανεπιθύμητων ουσιών αφού τελειώσει η επισκευή του αγωγού.

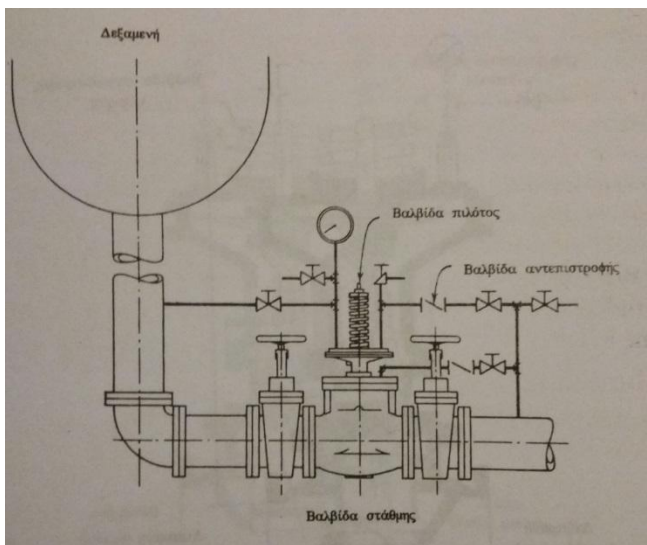


Σχ. 10.4. βαλβίδα εκκένωσης.

Βαλβίδα ρύθμισης στάθμης

Αυτού του είδους οι βαλβίδες χρησιμοποιούνται κυρίως για την αυτόματη ρύθμιση της ροής του νερού από και προς τις δεξαμενές αποθήκευσης. Για την αποφυγή της υπερχειλίσσης οι βαλβίδες αυτές κλείνουν όταν η στάθμη του νερού στη δεξαμενή φτάσει στο ανώτατο όριο. Σε περίπτωση που η πίεση του νερού είναι μικρότερη από αυτή της δεξαμενής, τότε ανοίγει και το νερό ρέει από την δεξαμενή στο δίκτυο.

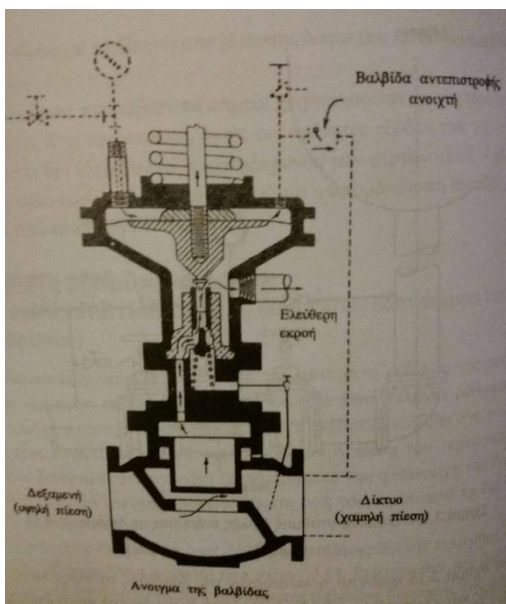
Στην βαλβίδα στάθμης εκατέρωθεν υπάρχουν δύο συρταρωτές βαλβίδες διακοπής. Πάνω στη βαλβίδα στάθμης υπάρχει η βαλβίδα πιλότος που συνδέεται με τα τμήματα του αγωγού με δύο λεπτούς σωλήνες. Υπάρχει ένας σωλήνας παράκαμψης που συνδέει το κατάντι τμήμα του σωλήνα με το πάνω τμήμα της βαλβίδας στάθμης και μία βαλβίδα αντεπιστροφής που είναι συνδεδεμένος με τον σωλήνα στο κατάντι τμήμα του αγωγού.



Σχ. 10.5. Βαλβίδα στάθμης διπλής ενέργειας σε δεξαμενή.

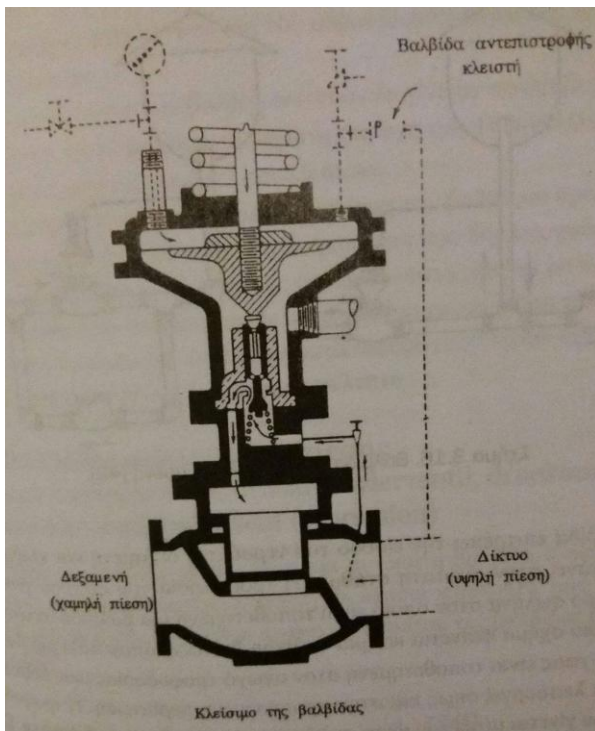
Η λειτουργία της βαλβίδας κατά το άνοιγμα ξεκινά από το γεγονός ότι το διάφραγμα είναι συνδεδεμένο με το στέλεχος ενός ελατηρίου. Αν η πίεση του νερού είναι μεγαλύτερη από πίεση στο δίκτυο, τότε έχει αποτέλεσμα το νερό μέσω του λεπτού σωλήνα που συνδέει τη βαλβίδα με το ανάντι τμήμα του αγωγού φτάνει πάνω από το διάφραγμα και κινείται μέσω της ανοιχτής βαλβίδας αντεπιστροφής προς το κατάντι τμήμα του αγωγού. Το νερό που φτάνει στη βαλβίδα στάθμης από τον αγωγό ωθεί πιστόνι προς τα πάνω και το νερό που υπάρχει πάνω από το πιστόνι εκκρίει από το ελεύθερο στόμιο. Η βαλβίδα ανοίγει με την άνοδο του πιστονιού και το νερό κινείται από τη δεξαμενή στην κατανάλωση.

Αν η πίεση του νερού στο δίκτυο υπερβεί αυτή της δεξαμενής, τότε το νερό κινείται από το δίκτυο προς την δεξαμενή και η βαλβίδα αντεπιστροφής στο σωλήνα κλείνει ενώ το διάφραγμα παραμένει στη θέση του. αποτέλεσμα αυτού είναι η βαλβίδα να παραμένει ανοιχτή και το νερό να κινείται ελεύθερα προς τη δεξαμενή.



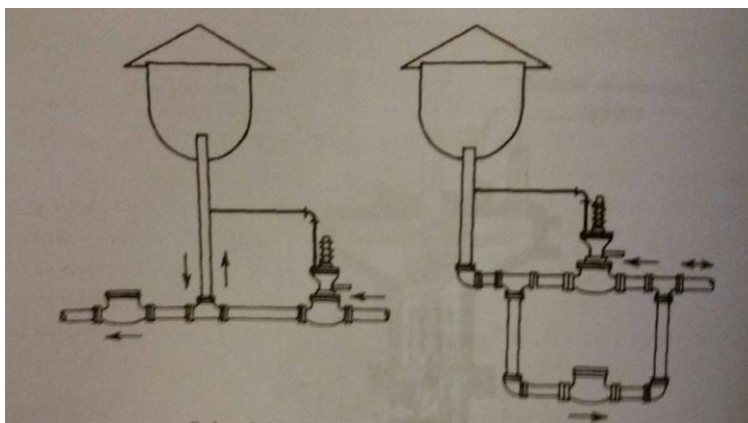
Σχ. 10.6. Λειτουργία της βαλβίδας κατά το άνοιγμα.

Το κλείσιμο της βαλβίδας αρχίζει από την άνοδο της στάθμης του νερού που εισέρχεται στη δεξαμενή μέχρι να φτάσει στο ανώτατο ύψος. Με αποτέλεσμα η πίεση του νερού και η δύναμη του ελατηρίου πιέζουν το διάφραγμα προς τα κάτω και έτσι κλείνει η βελονοβαλβίδα. Λόγω ότι η πίεση κατάντι είναι μεγαλύτερη από την ανάντι, το νερό μέσω του σωλήνα παράκαμψης κινείται προς το πάνω μέρος του πιστονιού ωθώντας το προς τα κάτω με αποτέλεσμα η βαλβίδα κλείνει και έτσι εμποδίζει την υπερχειλίση. Αν μειωθεί η πίεση στο δίκτυο, τότε η βαλβίδα ανοίγει και η βαλβίδα στάθμης θα είναι ανοιχτή ή κλειστή με αποτέλεσμα να μην μπορεί να λειτουργήσει ως στραγγαλιστική βαλβίδα.



Σχ. 10.7. Λειτουργία της βαλβίδας κατά το κλείσιμο.

Η λειτουργία της βαλβίδας στάθμης είναι να δέχεται το νερό στη δεξαμενή και τη στιγμή που φτάσει το νερό στην υψηλότερη στάθμη, τότε κλείνει. Το δίκτυο τροφοδοτείται μέσω δεύτερου σωλήνα που στον οποίο υπάρχει μια βαλβίδα αντεπιστροφής. Επίσης μπορεί να υπάρξει και μια παραλλαγή στην τροφοδοσία και να επιτευχθεί μέσω του ίδιου σωλήνα που τροφοδοτεί τη δεξαμενή. Η κίνηση του νερού από τη δεξαμενή προς το δίκτυο γίνεται μέσω ενός σωλήνα παράκαμψης, στον οποίο υπάρχει μια βαλβίδα αντεπιστροφής. Ο βέλτιστος τρόπος για να ρυθμιστεί η στάθμη της δεξαμενής γίνεται με την κατάλληλη ρύθμιση της λειτουργίας των αντλιών τροφοδοσίας. Η χρήση της βαλβίδας προβλέπεται αποκλειστικά για την πρόληψη της υπερχειλίσης και υπό άλλες συνθήκες να μην παραμένει κλειστή επειδή η δεξαμενή δεν βοηθάει στην απόσβεση του υδραυλικού πλήγματος που συμβαίνει στο δίκτυο διανομής. Το κλείσιμο και το άνοιγμα του των βαλβίδων προκαλούν φαινόμενα πλήγματος. Ο χρόνος κλεισίματος μπορεί να υπολογιστεί μέσω ειδικών προγραμμάτων ηλεκτρονικού υπολογιστή. Επίσης το κλείσιμο διαρκεί μερικά λεπτά, σε περίπτωση που ο αγωγός μεταφοράς του νερού έχει μεγάλο μήκος.

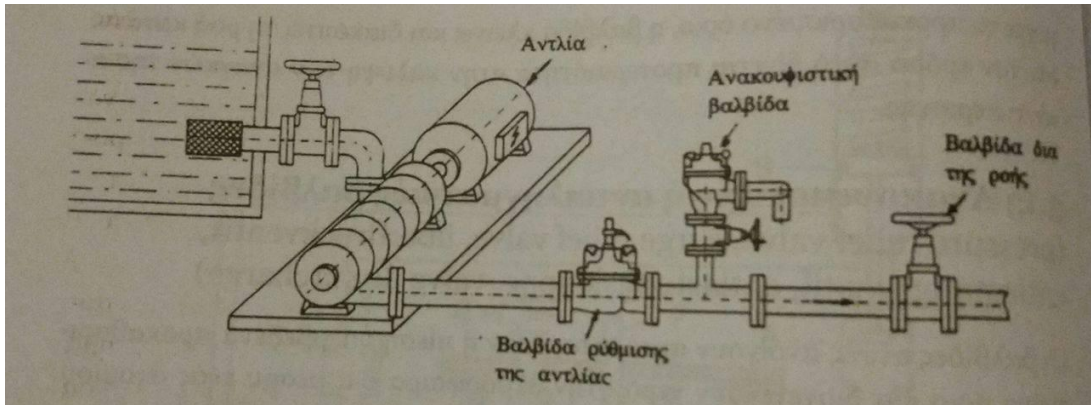


Σχ. 10.8. Βαλβίδα στάθμης σε δεξαμενή.

Αντιπληγματικές βαλβίδες

Οι βαλβίδες αυτού του είδους σε περίπτωση όπου η πίεση ξεπεράσει ένα συγκεκριμένο όριο, τότε ανοίγουν αυτόματα. Με αποτέλεσμα να γίνεται εκτόνωση του κύματος που δημιουργείται στο σωλήνα. Πρέπει να υπολογίζονται προσεκτικά διότι το παραμικρό λάθος μπορεί να δημιουργήσει αρκετά προβλήματα. Αυτό μπορεί να συμβεί αν η βαλβίδα υπερδιαστασιοποιηθεί και ανοιγοκλείνει γρήγορα. Όταν φτάσει στη βαλβίδα ένα κύμα με μεγάλη πίεση, τότε ανοίγει και έτσι η πίεση πέφτει απότομα κάτω από το όριο με αποτέλεσμα να κλείνει. Κατά το κλείσιμο δημιουργείται ξανά κύμα υπερπίεσης που αναγκάζει να ξανανοίξει. Συνεπώς η βαλβίδα δεν προστατεύει το σύστημα και αντιθέτως δημιουργεί αρκετούς κινδύνους.

Ο χρόνος κλεισίματος εξαρτάται από την ταχύτητα του κύματος και από το μήκος του σωλήνα. Στην αναγκουφιστική βαλβίδα ο υπολογισμός της διαμέτρου γίνεται με απλούς και εύκολους υπολογισμούς ενώ ο υπολογισμός των πιέσεων κατά το άνοιγμα και κλείσιμο της βαλβίδας γίνεται μέσω προγραμμάτων από ηλεκτρονικό υπολογιστή. Η βαλβίδα τοποθετείται μεταξύ μιας βαλβίδας ρύθμισης της αντλίας και μιας βαλβίδας διακοπής ροής.



Σχ. 10.9. Αντιπληγματική βαλβίδα.

Βαλβίδες πρόληψης πλήγματος

Η τοποθέτηση της συγκεκριμένης βαλβίδας γίνεται μετά την αντλία και τη βαλβίδα αντεπιστροφής. Η λειτουργία της ξεκινά με την δημιουργία ενός κύματος υποπίεσης που κινείται προς τη δεξαμενή, όταν η αντλία σταματά. Με αποτέλεσμα η βαλβίδα να ανοίγει. Το κύμα υποπίεσης γίνεται κύμα υπερπίεσης σε περίπτωση που αντακλάται στη δεξαμενή και επιστρέφει στην αντλία. Καλύτερη εκτόνωση επιτυγχάνεται όταν φτάνει το κύμα υπερπίεσης στη βαλβίδα. Λόγω το ότι οι βαλβίδες αυτές προλαβαίνουν το πλήγμα, έχουν πάρει την συγκεκριμένη ονομασία.

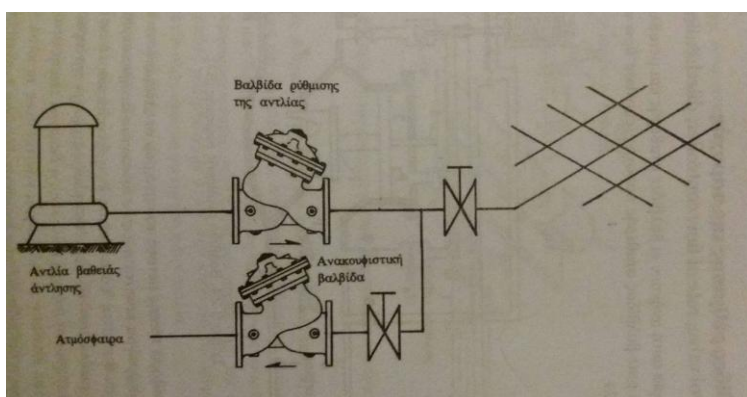
Βαλβίδες ρύθμισης αντλιών

Η τοποθέτηση των συγκεκριμένων βαλβίδων γίνονται μετά την αντλία και χρησιμεύουν στη ρύθμιση της λειτουργίας της. Αυτές χωρίζονται σε δύο κατηγορίες. Στην πρώτη ανήκουν αυτές που χρησιμοποιούνται για την ρύθμιση των αντλιών βαθιάς άντλησης και στη δεύτερη κατηγορία ανήκουν εκείνες που χρησιμοποιούνται για την ρύθμιση

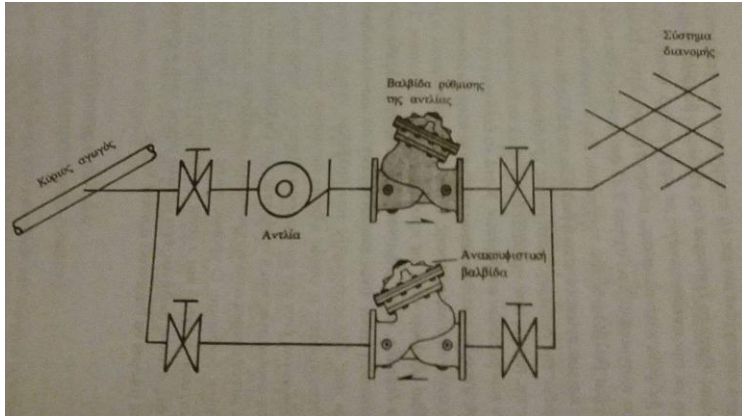
των συνήθων αντλιών.

Οι βαλβίδες της πρώτης κατηγορίας χρησιμεύουν στην εξάλειψη των αυξομειώσεων των πιέσεων κατά το ξεκίνημα και το σταμάτημα των αντλιών των βαθιών αντλήσεων. Όταν ξεκινάει η αντλία, τότε η βαλβίδα είναι ανοιχτή με αποτέλεσμα να απομακρύνεται ο αέρας του σωλήνα αναρρόφησης. Όταν σταματάει η αντλία, τότε η βαλβίδα κλείνει και εξαλείφονται τα προβλήματα του πλήγματος. Επίσης υπάρχει στην εγκατάσταση μια ανακουφιστική βαλβίδα και μια βαλβίδα αντεπιστροφής που κλείνει μόνη της σε τυχόν βλάβη στην αντλία.

Οι βαλβίδες της δεύτερης κατηγορίας χρησιμεύουν στην εξάλειψη των αυξομειώσεων της πίεσης στο ξεκίνημα και στο σταμάτημα της αντλίας. Αυτό γίνεται με τη συνεργασία της αντλίας και των ρυθμιστών της βαλβίδας. Η βαλβίδα είναι κλειστή κατά το ξεκίνημα και σε συνεργασία με την αντλία ανοίγει και επίσης η βαλβίδα κλείνει, όταν σταματά η αντλία με αποτέλεσμα και στις δύο περιπτώσεις να εξαλείφονται τα προβλήματα. Υπάρχει και μια ανακουφιστική βαλβίδα παράλληλα με την αντλία.



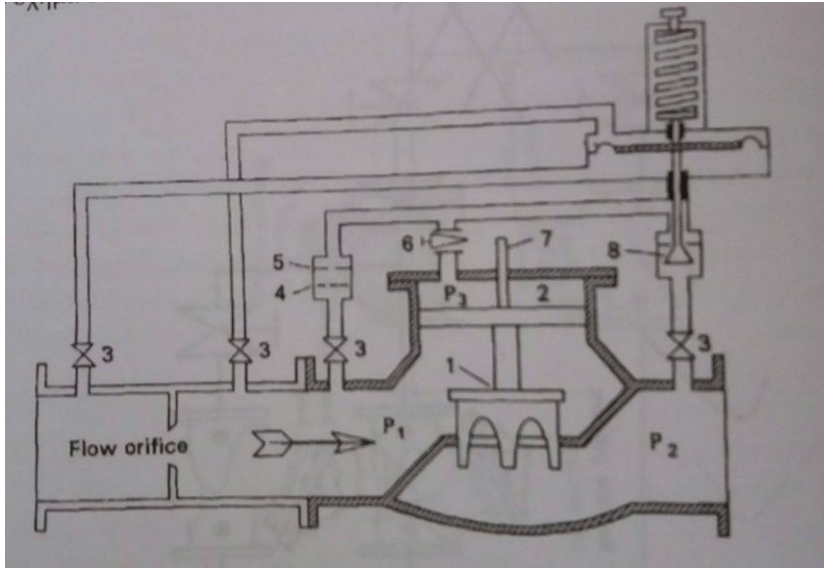
Σχ. 10.10. Ρύθμιση της λειτουργίας αντλίας βαθιάς άντλησης.



Σχ. 10.11. Ρύθμιση της λειτουργίας μιας συνήθους αντλίας.

Βαλβίδες ρύθμισης της παροχής

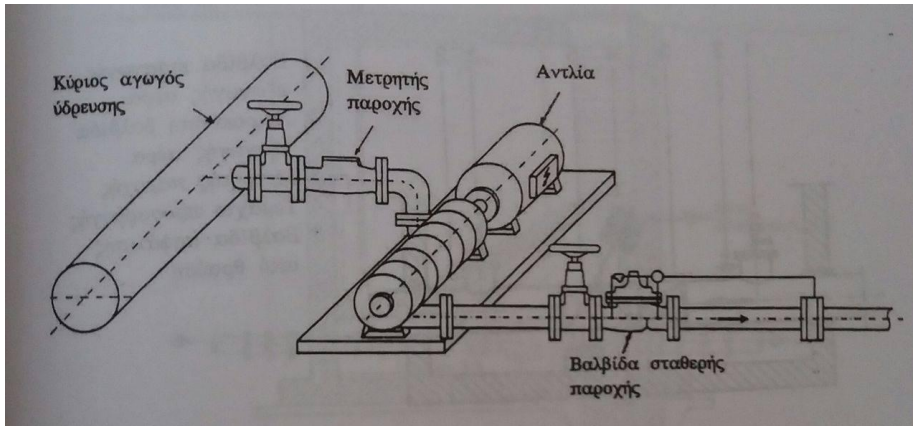
Οι βαλβίδες της κατηγορίας μπορεί να αφορούν σταθερή ή μεταβλητή παροχή. Η λειτουργία μιας βαλβίδας με σταθερή παροχή ξεκινά με το διάφραγμα να κινείται προς τα πάνω, η βαλβίδα ελέγχου κλείνει (8) και το ελατήριο συμπιέζεται. Αυτά συμβαίνουν σε περίπτωση που η διαφορά πίεσης μεταξύ του στομίου αυξάνεται λόγω αύξησης της παροχής. Ως αποτέλεσμα έχουν η πίεση P_3 να αυξάνεται και το πιστόνι να κινείται προς τα κάτω ελαττώνοντας τη διερχόμενη παροχή. Η διαφορά πίεσης μεταξύ του στομίου μειώνεται, σε περίπτωση που η διερχόμενη παροχή ελαττωθεί. Έπειτα το ελατήριο επιμηκώνεται, το διάφραγμα κινείται προς τα κάτω και ανοίγει η βαλβίδα ελέγχου (8). Επίσης το πιστόνι κινείται προς τα πάνω αυξάνοντας τη διερχόμενη παροχή (1) και η πίεση P_3 μειώνεται.



Σχ. 10.12. Βαλβίδα σταθερής παροχής.

Θα αναλυθεί μια διάταξη στην οποία μια αντλία αντλεί νερό από αγωγό ύδρευσης και εν συνεχεία τροφοδοτεί έναν οικισμό. Υπάρχουν δύο βαλβίδες διακοπής ροής, ανάντι και κατάντι της αντλίας ενώ η βαλβίδα σταθερής παροχής είναι τοποθετημένη αμέσως μετά την δεύτερη βαλβίδα διακοπής και ρυθμίζει την παροχή που διοχετεύεται στον οικισμό. Η τοποθέτηση των βαλβίδων γίνεται μεταξύ ενός αγωγού και μιας δεξαμενής ή μεταξύ ενός αγωγού ύδρευσης και μιας περιοχής ενός δικτύου ύδρευσης για την ρύθμιση της παροχής προς τον οικισμό και για τον περιορισμό της αντλούμενης παροχής από βαθιές γεωτρήσεις.

Επίσης υπάρχουν βαλβίδες μεταβλητής παροχής όπου η διερχόμενη παροχή μεταβάλλεται ύστερα από ρύθμιση χειροκίνητη ή μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή.

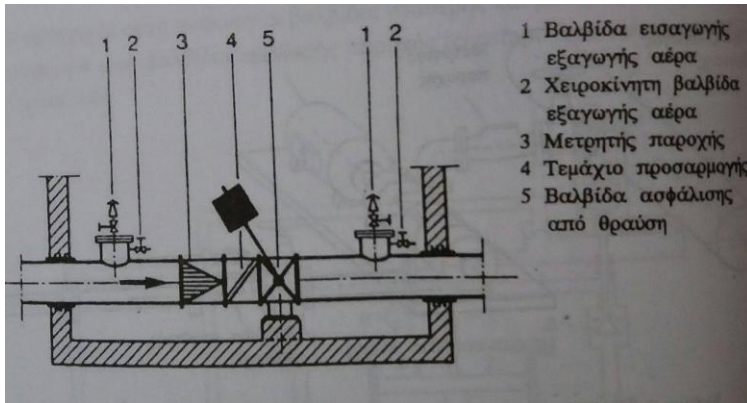


Σχ. 10.13. Ρύθμιση παροχής με βαλβίδα σταθερής παροχής.

Βαλβίδες ασφάλισης αγωγού από θραύση

Οι βαλβίδες αυτού του είδους τοποθετούνται σε αγωγούς μεταφοράς σε συγκεκριμένες αποστάσεις και κλείνουν αυτόματα, σε περίπτωση που ο αγωγός υποστεί θραύση.

Με αποτέλεσμα να σταματάει η ροή του νερού από τη δεξαμενή και να αποφεύγεται η σπατάλη του νερού και οι ζημιές που πιθανόν να προκληθούν λόγω της συνεχής διαρροής. Επίσης στο ίδιο φρεάτιο υπάρχει παροχόμετρο και δύο βαλβίδες αέρα.



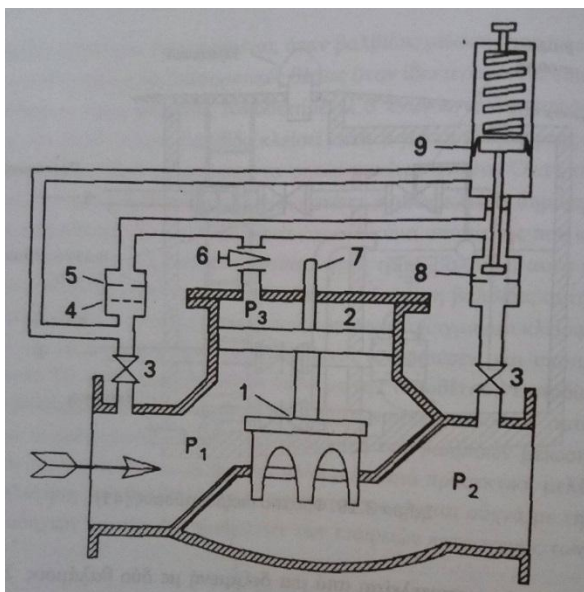
Σχ. 10.14. Ασφάλιση αγωγού από θραύση.

Βαλβίδες διατήρησης πίεσης

Οι βαλβίδες αυτές διατηρούν σταθερή την πίεση του νερού ανάντι. Η λειτουργία τους ξεκινά με την ώθηση του διαφράγματος από το νερό προς τα πάνω (9), ανοίγει η αυτόματη βαλβίδα (8) και το ελατήριο συμπιέζεται. Αυτά συμβαίνουν σε περίπτωση που η πίεση του P1 ανάντι αυξάνεται. Επίσης η πίεση του νερού P3 στο πάνω μέρος του κυλίνδρου (2) μειώνεται και το πιστόνι κινείται προς τα πάνω (1) και έτσι ανοίγει η βαλβίδα και επιτρέπει να κινηθεί το νερό κατάντι. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την ελάττωση της πίεσης P1.

Σε περίπτωση που μειωθεί η πίεση P1, τότε το ελατήριο επιμηκύνεται, κλείνει η βαλβίδα ρύθμισης (8) και το διάφραγμα κινείται προς τα κάτω. Επίσης η πίεση P3 αυξάνεται και το πιστόνι (1) κινείται προς κάτω και έτσι διακόπτεται η ροή, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η πίεση P1. Αν ένα τμήμα του δικτύου ύδρευσης τροφοδοτεί ένα δεύτερο τμήμα μέσω αγωγού, τότε μπορεί η πίεση στο ανάντι τμήμα να πέσει πολύ χαμηλά λόγω της μεγάλης κατανάλωσης στο κατάντι τμήμα. Για

να λυθεί το πρόβλημα αυτό τοποθετείται μια βαλβίδα δαίτηρησης της πίεσης στο συνδετήριο σωλήνα. Η βαλβίδα κλείνει και η ροή στο κατάντι τμήμα διακόπτεται, σε περίπτωση που η πίεση στο ανάντι τμήμα μειωθεί. Έτσι δίνεται προτεραιότητα στην κάλυψη των αναγκών της ανάντι περιοχής.



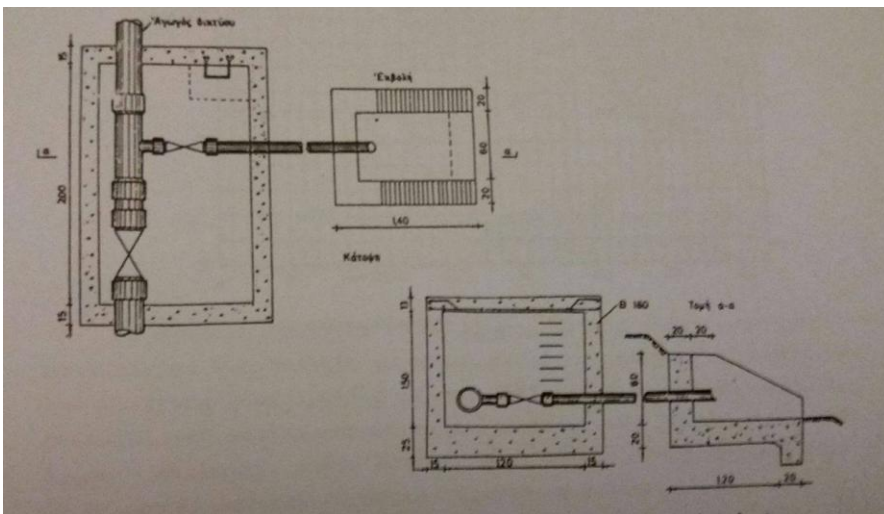
Σχ. 10.14. Βαλβίδα διατήρησης πίεσης.

10.2 Τεχνικά έργα του αγωγού μεταφοράς

Εκκενωτές

Η χρήση των εκκενωτών είναι για την εκκένωση του τρεχούμενου νερού σε αγωγό και τοποθετούνται στα χαμηλότερα σημεία της χάραξης. Οι εκκενωτές αποτελούνται από ένα φρεάτιο που είναι υπεύθυνο για την διακοπή της ροής στον αγωγό και έτσι αναγκάζει το

νερό να εισέλθει στον αγωγό της εκκένωσης.
 Συνήθως η διακλάδωση καταλήγει σε ρεύμα που το σημείο που βγαίνει το νερό επενδύεται για να είναι προστατευμένο από διαβρώσεις.
 Επίσης το άκρο της διακλάδωσης διαθέτει σύστημα αυτόματης κάλυψης του στομίου του αγωγού.

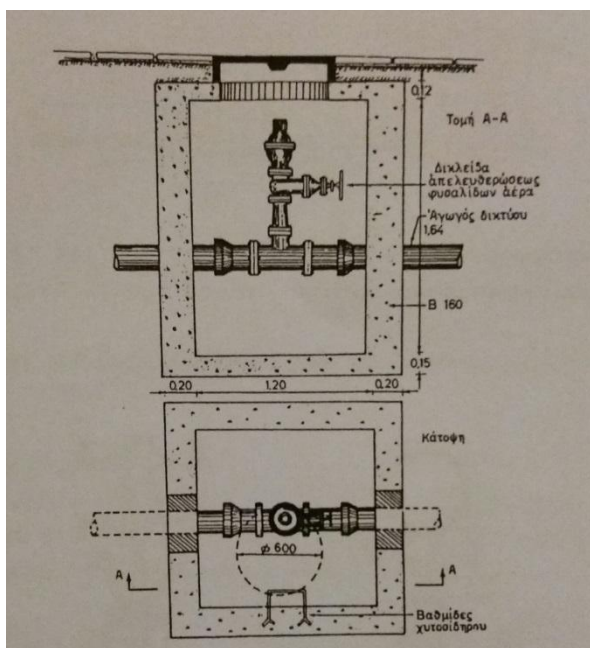


Σχ. 10.15. Κάτοψη και τομή φρεατίου εκκενωτή.

Αεροεξαγωγοί

Η χρήση των αεροεξαγωγών είναι να απομακρύνουν τον αέρα που συσσωρεύεται στα ψηλότερα σημεία του αγωγού. Αυτοί τοποθετούνται στα ψηλότερα σημεία της χάραξης.
 Το πρόβλημα που δημιουργείται στην ροή είναι η συγκέντρωση του νερού στα ψηλότερα σημεία του αγωγού διότι το νερό περιέχει

διαλυμένο ατμοσφαιρικό αέρα και με την ροή ελευθερώνεται. Για να αντιμετωπιστεί αυτό το πρόβλημα τοποθετούνται στα σημεία αυτά ένας μηχανισμός, ο οποίος επιτρέπει την έξοδο του αέρα. Η λειτουργία του συστήματος γίνεται είτε αυτόματα είτε με μια δικλείδα που όταν ανοίγει, αφήνει ελεύθερη την έξοδο του αέρα. Οι αεροεξαγωγοί βρίσκονται πάντα μέσα σε φρεάτιο, που είναι επίσκεψη και την παρακολούθηση της λειτουργίας.

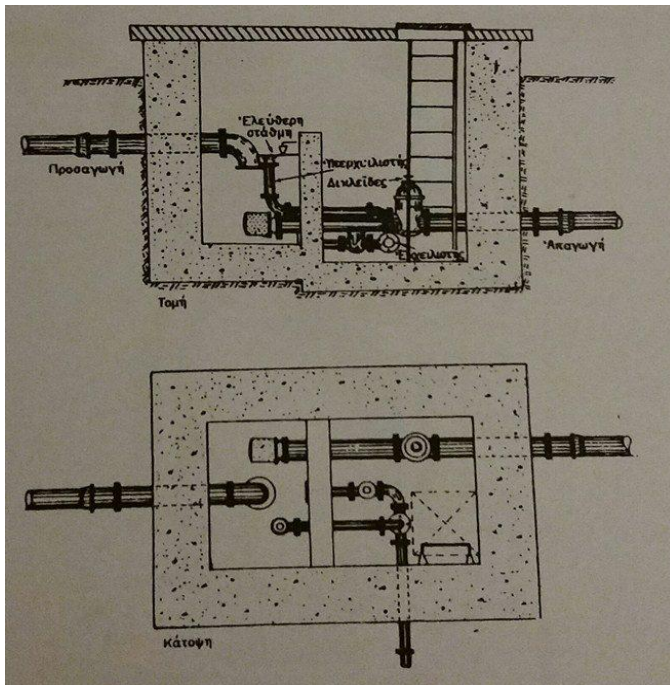


Σχ. 10.16. Κάτοψη και τομή φρεατίου αεροεξαγωγής.

Φρεάτια διακοπής της πίεσης

Τα συγκεκριμένα φρεάτια υπάρχουν για να μην σπάσει ένας σωλήνας από την μεγάλη πίεση και μειώνουν στο μηδέν το πιεζομετρικό φορτίο, με αποτέλεσμα να ελαφρώνεται η φόρτιση των αγωγών. Η μεγάλη πίεση οφείλεται στη μεγάλη κλίση του εδάφους και στο γεγονός ότι ο αγωγός μεταφοράς είναι κλειστός.

Η επιλογή της θέσης του φρεατίου γίνεται από την μηκοτομή και έτσι ώστε να δημιουργούνται τα λιγότερα προβλήματα. Τα συγκεκριμένα φρεάτια αποτελούνται από δύο θαλάμους, τον θάλαμο συγκέντρωσης και το θάλαμο δικλείδων. Η επιλογή της θέσης και της διάταξης των φρεατίων αυτών πρέπει να είναι προσεκτική και να λαμβάνονται υπόψη και τα χαρακτηριστικά που προκύπτουν από την μελέτη.

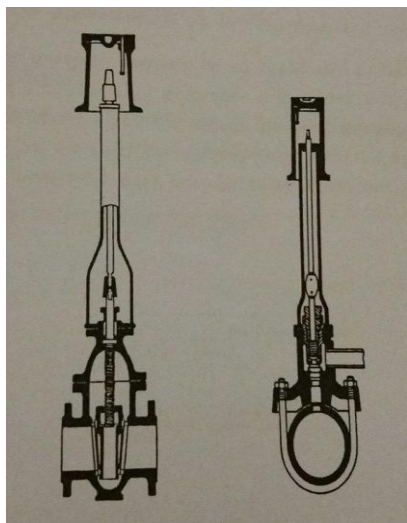


Σχ. 10.17. Κάτοψη και τομή φρεατίου διακοπής της πίεσης.

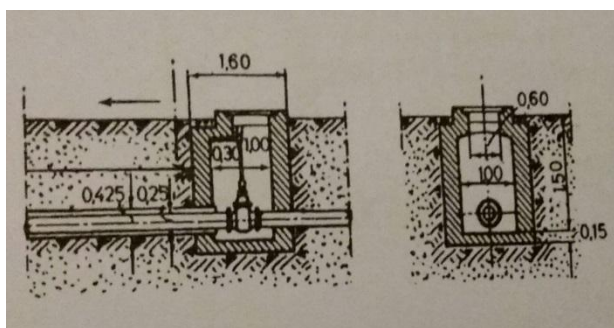
Δικλείδες

Οι δικλείδες τοποθετούνται ανά συγκεκριμένες αποστάσεις σε ένα συνεχή αγωγό με μεγάλο μήκος διότι σε αυτούς τους αγωγούς δημιουργούνται συχνά λειτουργικά προβλήματα στη μεταφορά του νερού. Η χρησιμότητά τους είναι για να διακόπτουν την ροή και να υποδιαιρούν έτσι τον αγωγό σε τμήματα. Με αυτό τον τρόπο σε

περίπτωση προβλημάτων ανεξαρτητοποιούνται και προσφέρονται σε επισκευή. Οι δικλείδες βρίσκονται μέσα σε φρεάτια με προστατευτικό κάλυμμα και οι αποστάσεις μεταξύ τους εξαρτάται από το είδος και τα χαρακτηριστικά του εκάστοτε αγωγού.



Σχ. 10.18. Τομές δικλείδων.



Σχ. 10.19. Κατά μήκος και εγκάρσια

τομή σε φρεάτιο με δικλείδα.

10.3 Σωλήνες και τα διάφορα είδη της

Η εξέλιξη των σωλήνων στο πέρασμα των χρόνων βοήθησε πολύ στην πρόοδο στον τομέα της ύδρευσης. Η συνεχής βελτίωσή τους και η πληθώρα των ειδών αποτελούν σημαντικούς παράγοντες που

αναπτύχθηκε η τεχνολογία των σωλήνων. Ανάλογα με το υλικό κατασκευής τους χωρίζονται σε ορισμένες κατηγορίες.

Αργιλοπυριτικοί σωλήνες

Για την κατασκευή τους χρησιμοποιούσαν κυρίως πηλό και το υλικό διαμορφώνεται μέσα σε μηχανές. Μετά την διαμόρφωση του σωλήνα ψηνόταν το υλικό σε πολύ υψηλή θερμοκρασία μέχρι να παρατηρηθεί εξυάλωση, για την αύξηση της στεγανότητας μέσω ειδικών βερνικιών και της αντοχής. Αυτό το είδος προτιμούνταν για μεταφορά νερού με χαμηλή πίεση και σαν αγωγοί αποχετεύσεων με μικρές διαμέτρους.

Τσιμεντοσωλήνες

Η κατασκευή τους γίνεται κυρίως από οπλισμένο σκυρόδεμα και η συνηθέστερη χρήση τους είναι οι προκατασκευασμένοι τσιμεντοσωλήνες από οπλισμένο σκυρόδεμα. Ο οπλισμός τους αποτελείται από πλέγμα κυρίως Φ6 και το μήκος τους φτάνει το 1,5 μέτρο. Ο αρμός μεταξύ των δύο σωλήνων κλείνει με τσιμεντοκονία. Η τοποθέτησή τους γίνεται συνήθως πάνω σε βάση από άοπλο σκυρόδεμα και έχουν ικανοποιητική αντοχή σε πιέσεις.

Το μειονέκτημά τους είναι ότι παρουσιάζουν διαρροές και δεν επισκευάζονται εύκολα. Αυτό του είδος σωλήνες χρησιμοποιούνται για αποχετευτικούς αγωγούς.

Πλαστικοί σωλήνες

Οι πλαστικοί σωλήνες εξελίχθηκαν τα τελευταία χρόνια και έχουν μικρότερο βάρος σε σύγκριση με τους άλλους σωλήνες, δε διαβρώνονται, είναι ανθεκτικοί, έχουν μεγάλη ελαστικότητα και δεν εμφανίζουν μείωση της υγρής διατομής εξαιτίας των αλάτων.

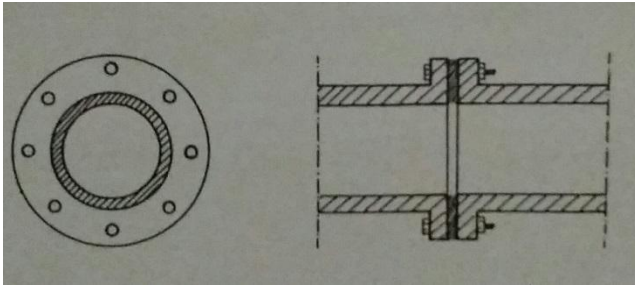
Οι πλαστικοί σωλήνες P.V.C δε σπάζουν σε χαμηλές θερμοκρασίες και οι σωληνώσεις αυτές είναι αθόρυβες δηλαδή ο ήχος δε μεταδίδεται. Ανάλογα με την πίεση χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες σύμφωνα με τον τρόποσύνδεσής τους :

1. Με ενσωματωμένο σύνδεσμο για σκληρούς πλαστικούς σωλήνες
2. Σύνδεση με συγκόλληση

Χυτοσιδερένιοι σωλήνες

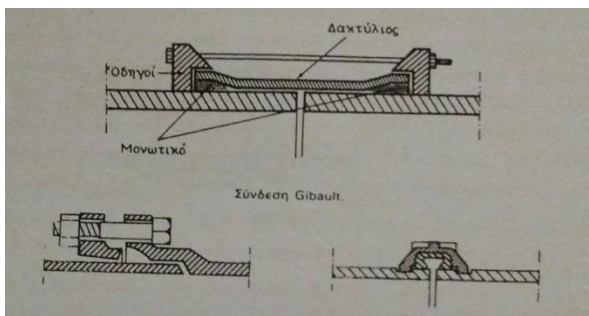
Οι συγκεκριμένοι σωλήνες είναι κατασκευασμένοι από χυτοσίδηρο που χύνεται σε κατακόρυφα ή κεκλιμένα καλούπια. Με το τέλος της στερεοποίησης του υλικού οι σωλήνες επικαλύπτονται με ασφαλικό υλικό και στη συνέχεια αφού στεγνώσει, ο σωλήνας είναι έτοιμος για εφαρμογή. Ανάλογα με τον τρόπο σύνδεσής τους οι σωλήνες διακρίνονται σε ορισμένες κατηγορίες όπως :

- A. σωλήνες με εναρμογή, οι οποίοι έχουν την μία άκρη προεξέχουσα κεφαλή και μπαίνει το άκρο του επόμενου σωλήνα
- B. σωλήνες με ωτίδες και φλάντζες, οι οποίοι τοποθετούνται ο ένας μετά τον άλλον και η σύνδεσή τους γίνεται με μπουλόνια.



Σχ. 10.20. Σύνδεση σωλήνων με ωτίδες και φλάντζες.

Γ. σωλήνες με σύνδεση Gibault, οι οποίοι είναι κυλινδρικοί χωρίς ειδικές διατάξεις στα άκρα του. η σύνδεσή τους είναι απλή και εύκολη και για αυτό εφαρμόζεται πολύ.



Σχ. 10.21. Σύνδεση Gibault.

Χαλύβδινοι σωλήνες

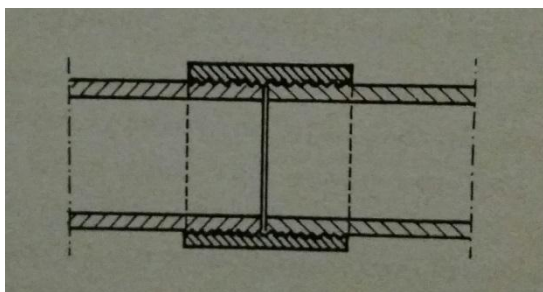
Οι χαλύβδινοι σωλήνες προέρχονται κυρίως από τη συγκόλληση χαλύβδινων φύλλων. Στο μήκος είναι μεγαλύτεροι σε σύγκριση με τους χυτοσιδερένιους. Το μειονέκτημα τους είναι ότι αντέχουν μικρό χρονικό διάστημα μέσα στο έδαφος λόγω της εύκολης οξειδωσής τους. Η εξωτερική επάλειψη με ασφαλτικό υλικό αναιρεί το μειονέκτημα.

Το πλεονέκτημα των σωλήνων αυτών είναι η μεγάλη τους αντοχή σε υψηλές πιέσεις, το μικρό κόστος κατασκευής τους, η ελαστικότητά τους και το μικρό τους βάρος.

Σιδηροσωλήνες

Οι σωλήνες αυτοί κατασκευάζονται από ελατό σίδηρο συγκολλούμενοι κατά μια διαμήκη ραφή. Η σύνδεσή τους γίνεται με ένα περιλαίμιο, που βιδώνεται στα άκρα των δύο σωλήνων.

Χρησιμοποιούνται κυρίως για μεταφορές νερού με υψηλή πίεση. Το πλεονέκτημα των σωλήνων αυτών είναι ότι κάμπτονται επί τόπου του έργου με θέρμανση του σωλήνα και μηχανική πίεση. Επίσης έχουν εύκολη κοπή.



Σχ. 10.22. Σύνδεση σιδηροσωληνώσεων.

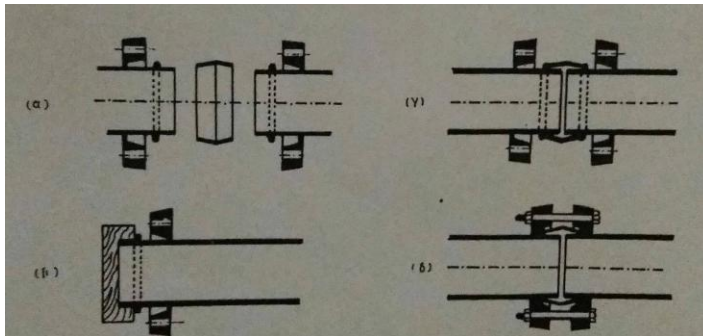
Αμιαντοτσιμεντοσωλήνες

Οι σωλήνες αυτοί κατασκευάζονται από μίγμα τσιμέντου και ινών αμιάντου και η χρήση τους τα τελευταία χρόνια είναι εκτεταμένη. Τα πλεονεκτήματα των σωλήνων αυτών είναι η μεγάλη αντοχή τους, η ελαφρότητα, η οικονομία, η ευκολία χρήσης τους και η στεγανότητά

τους. Επίσης δεν σκουριάζουν, δεν σαπίζουν και έχουν μικρό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας.

Η σύνδεση των συγκεκριμένων σωλήνων γίνεται με τρόπους όπως :

α. συναρμολόγηση με χυτοσιδερένιους συνδέσμους τύπου Gibault



Σχ. 10.23. Συναρμολόγηση αμιαντοσιμεντοσωλήνων.

β. συναρμολόγηση με συνδέσμους αμιαντοσιμέντου

Βιβλιογραφία

Βιβλία :

Υδρεύσεις του Χρήστου Ερ. Τσόγκα Διπλ. Αγρονόμου
Τοπογράφου Μηχανικού Καθηγητή ΤΕΙ Θεσσαλονίκης 1988

Υδρεύσεις Πόλεων του Αστέριου Παντοκράτορα

Υδραυλική Ανοικτών Αγωγών του Παναγιώτη Πρίνου
Καθηγητή Υδραυλικής Μηχανικής Τμήμα Πολιτικών
Μηχανικών Α.Π.Θ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΕΙΣ ΤΗΝ ΑΣΤΙΚΗ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ

ΥΔΡΕΥΣΕΙΣ ΠΟΛΕΩΝ ΜΕΡΟΣ Α'

ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ Μ. ΠΑΡΘΕΝΙΑΔΗΣ

Τακτικός καθηγητής έδρας υδραυλικών έργων

**ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗΣ ΣΧΟΛΗΣ ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟΥ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ**