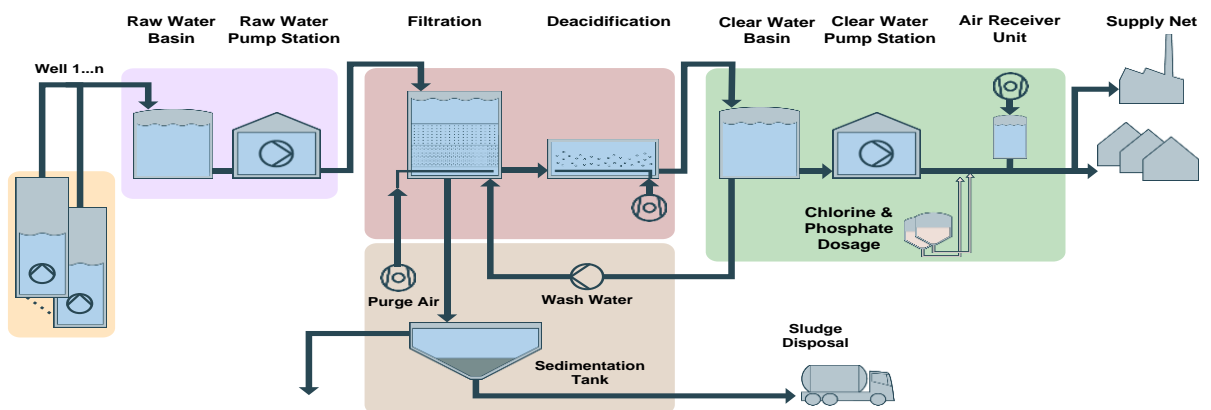




**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**  
**ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗΣ ΥΔΑΤΙΝΩΝ ΠΟΡΩΝ**  
**ΕΠΑΡΧΙΑΚΗΣ ΠΟΛΕΩΣ**



ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ : Κος ΒΥΛΛΙΩΤΗΣ ΗΡΑΚΛΗΣ  
ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ : ΑΝΑΣΤΑΣΟΠΟΥΛΟ ΚΥΡΙΑΚΟΣ

ΠΕΙΡΑΙΑΣ 2014

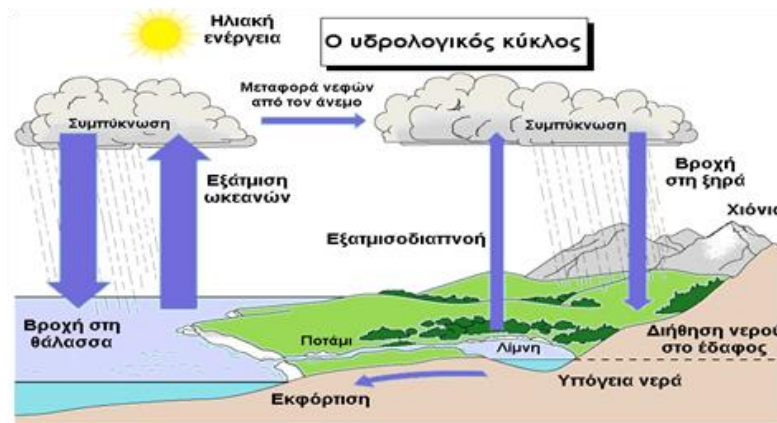
**ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ**

ΠΡΟΛΟΓΟΣ .....	2
ΣΚΟΠΟΣ .....	9
Κεφάλαιο 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	9
Κεφάλαιο 2 : ΓΕΝΙΚΗ ΘΕΩΡΗΣΗ ΥΔΑΤΙΝΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗΣ ΑΥΤΩΝ .....	11
Κεφάλαιο 3 : ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ .....	23
Κεφάλαιο 4 : ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ - ΟΡΙΣΜΟΙ – ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ ΚΑΙ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ .....	27
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ - ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ .....	27
ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ ΚΑΙ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ .....	30
Κεφάλαιο 5 : ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ – ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ – ΠΡΟΤΥΠΑ .....	31
Κεφάλαιο 6 : ΔΙΚΤΥΑ ΥΔΡΕΥΣΗΣ .....	37
ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΥΔΡΑΓΩΓΕΙΟ .....	43
ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ .....	78
ΥΔΡΟΜΑΣΤΕΥΣΗ .....	80
ΑΦΑΛΑΤΩΣΗ .....	86
ΔΙΥΛΗΣΤΙΡΟ ΝΕΡΟΥ .....	93
ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΥΔΡΑΓΩΓΕΙΟ - ΔΙΚΤΙΟ ΔΙΑΝΟΜΗΣ .....	101
ΔΙΑΡΡΟΕΣ .....	103
ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗ ΝΕΡΟΥ - ΧΛΩΡΙΩΤΕΣ .....	111
Κεφάλαιο 7 : ΔΙΚΤΥΑ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ .....	118
ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ .....	119
ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΑ ΛΥΜΑΤΩΝ .....	127
Κεφάλαιο 8 : ΔΙΚΤΥΑ ΟΜΒΡΙΩΝ – ΑΡΔΕΥΣΗΣ .....	130
Κεφάλαιο 9 : ΤΕΧΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ .....	135
ΗΛΕ ΚΤΡΟΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΙΣΧΥΡΩΝ ΡΕΥΜΑΤΩΝ .....	135
ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΧΑΜΗΛΩΝ ΡΕΥΜΑΤΩΝ .....	167
ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΙ - ΤΗΛΕΜΕΤΡΙΑ .....	172
ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΑ ΖΕΥΓΟΙ .....	184
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	189
ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ .....	191
ΑΝΑΦΟΡΕΣ-ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ .....	217
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	239

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η ζωή πάνω στον πλανήτη, και η επιβίωση και η ευημερία του ανθρώπου εξαρτάται από τους υδατικούς πόρους. Το νερό είναι ένα από τα κυρίαρχα στοιχεία της φύσης, της δημιουργίας και της ζωής. Ανέκαθεν υπήρξε το επίκεντρο της επιστήμης, της φιλοσοφίας, της μυθολογίας και της θρησκείας, καθώς και βασικό υλικό στη διαμόρφωση των λαϊκών παραδόσεων. Όλοι οι λαοί της γης λάτρευαν το νερό ως θεότητα και η θρησκεία και σαν μέσο εξαγνισμού.

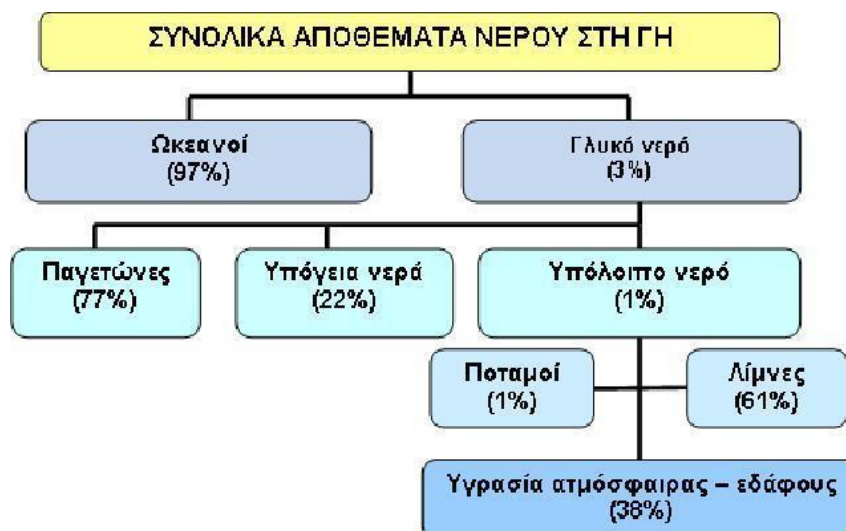
Το νερό (ή στη καθαρεύουσα ύδωρ, λέξη από την οποία και πολλοί οι παράγωγοι όροι) είναι η περισσότερο διαδεδομένη στη φύση χημική ουσία. Αποτελεί έναν από τους πολυτιμότερους φυσικούς πόρους της γης. Χωρίς νερό η ζωή είναι αδιανόητη. Η ανακύκλωση του νερού του πλανήτη μέσω συνεχών μετατροπών στη φυσική του κατάσταση είναι γνωστή και ως υδρολογικός κύκλος ή κύκλος του νερού. Οι κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν στη γη επηρεάζονται άμεσα από τον υδρολογικό κύκλο στη φύση ο οποίος παρίσταται διαγραμματικά στο Σχήμα 1.1. Το αποθηκευμένο σε πάγους και χιόνια νερό λιώνει με την αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη, απορρέει και αποθηκεύεται στους επιφανειακούς και τους υπόγειους ταμιευτήρες. Ένα άλλο ποσοστό νερού διηθείται μέσω των διαφόρων πετρωμάτων και καταλήγει πάλι στους ωκεανούς ή στους υπόγειους ταμιευτήρες. Με την εκφόρτιση του υπόγειου νερού πληρούνται οι επιφανειακοί ταμιευτήρες (λίμνες, ποτάμια και θάλασσες) ενώ ένα άλλο ποσοστό οδηγείται μέσω των ποταμών στους ωκεανούς. Με την εξάτμιση του περιεχομένου των επιφανειακών ταμιευτήρων το νερό οδηγείται και πάλι στην ατμόσφαιρα όπου συμπυκνώνεται και αποθηκεύεται στα σύννεφα. Από τα σύννεφα με τη μορφή της βροχής κατακρημνίζεται και πάλι στη γη.



Σχήμα 1.1: Ο υδρολογικός κύκλος

Το νερό αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την ανάπτυξη, την υγιεινή διαβίωση, την ίδια τη ζωή. Όμως, αυτή η πηγή ζωής αποτελεί πλέον είδος σε ανεπάρκεια. Τα συνολικά αποθέματα του νερού στη γη απεικονίζονται στο Σχήμα 1.2. Είναι προφανές, ότι τα διαθέσιμα αποθέματα του «καθαρού νερού» είναι ελάχιστα και είναι απαραίτητη η διαφύλαξή τους.

Σήμερα, σύμφωνα με στοιχεία του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας και της UNICEF, περισσότερο από 1 δισεκατομμύριο άνθρωποι δεν έχουν καμιά πρόσβαση σε καθαρό πόσιμο νερό, ένας αριθμός που μπορεί να ξεπεράσει τα 3 δισεκατομμύρια σε 20 έτη. Επιπλέον, το 80% του πληθυσμού των αναπτυσσόμενων χωρών υποφέρει από ασθένειες που συνδέονται με το νερό, ενώ 3 εκατομμύρια άνθρωποι πεθαίνουν κάθε χρόνο εξαιτίας της κακής ποιότητας νερού που καταναλώνουν. Οι άνθρωποι που στερούνται πρόσβασης σε βελτιωμένες εγκαταστάσεις υγιεινής υπολογίζονται σε 2,6 δισεκατομμύρια, δηλαδή δύο στους πέντε. Τα δύο δισεκατομμύρια απ' αυτούς ζουν σε αγροτικές περιοχές. Το ετήσιο κόστος για την εκπλήρωση των Η χώρα μας, όπως και ολόκληρος ο πλανήτης, βρίσκεται τα τελευταία χρόνια αντιμέτωπη με το μεγάλο αυτό περιβαλλοντικό πρόβλημα της απειλούμενης λειψυδρίας. Σύμφωνα με την Greenpeace το πρόβλημα αυτό οφείλεται σε μια σειρά από αίτια όπως η έλλειψη σχεδιασμού, η κακή διαχείριση των υδάτινων αποθεμάτων, η καταστροφή των δασών, η περιφρόνηση των φυσικών νόμων που διέπουν τον υδρολογικό κύκλο και η μείωση των βροχοπτώσεων λόγω των κλιματικών αλλαγών.



Σχήμα 1.2: Αποθέματα νερού στην γη

«Ως υδάτινοι πόροι θεωρούνται όλες οι δυνατές πηγές που μπορούν να παρέχουν νερό για ανθρώπινη χρήση, είτε αυτή είναι για ύδρευση, άρδευση, βιομηχανική χρήση, αλιεία, ναυσιπλοΐα κ.ά. Οι υδάτινοι πόροι δηλαδή αποτελούν τα επιφανειακά νερά, ποτάμια, λίμνες, υγρότοποι, θάλασσες, πάγοι, θερμομεταλλικά νερά (ιαματικά, μεταλλικά κ.ά.) καθώς και τα υπόγεια νερά που είναι «αποθηκευμένα» στους υπόγειους υδροφορείς». (Κ. Παυλόπουλος, 2001). Στην παρούσα εργασία θα ασχοληθούμε με τα επιφανειακά νερά. Το κύριο κριτήριο για τον ορισμό τους ως υδατικών πόρων, αποτελεί η δυνατότητα ή εφαρμογή αξιοποίησής τους για βιοτικούς, παραγωγικούς ή αναπτυξιακούς σκοπούς. Οι υδατικοί πόροι αποτελούν προϋπόθεση για την διατήρηση της ζωής αλλά και για την ανάπτυξη κάθε είδους δραστηριότητας. Η ποσοτική και ποιοτική επάρκεια τους αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για τις δυνατότητες ανάπτυξης του ανθρώπου και της κοινωνίας.



Σχήμα 1.3: Κατανομή νερού στην γη προς εκμετάλλευση

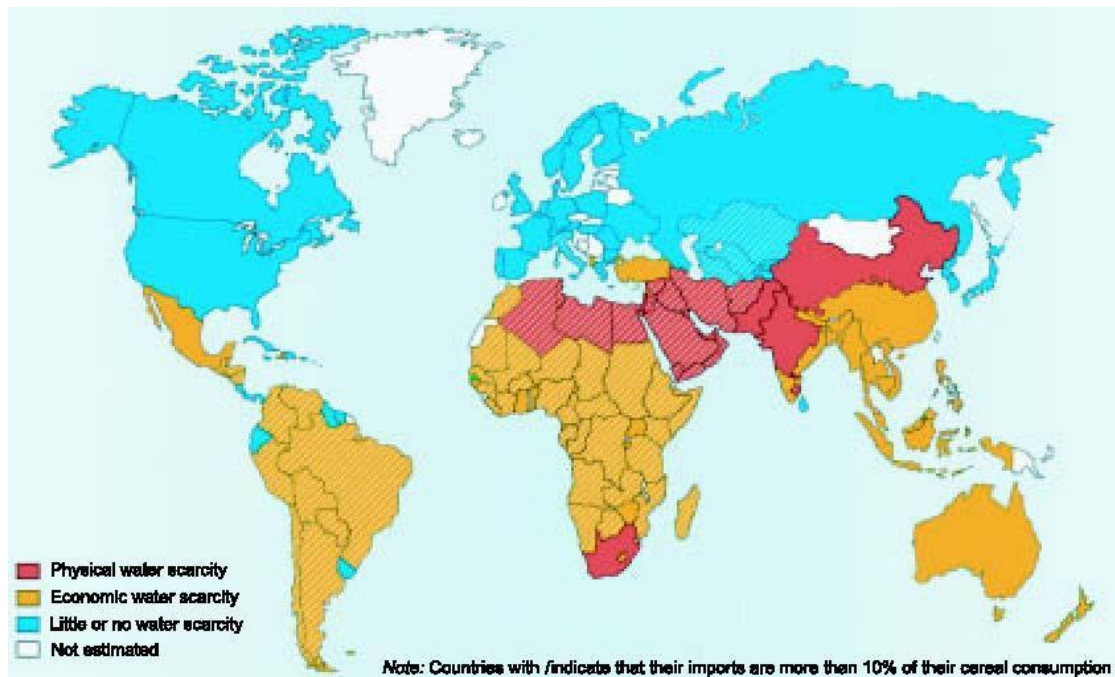
Το μεγαλύτερο τμήμα του νερού του πλανήτη μας ( $\approx 96,5\%$ ) απαντάται ως αλμυρό ύδωρ, στους ωκεανούς και σε αλμυρές λίμνες. Τα δύο τρίτα του υπόλοιπου περίπου 3% είναι δεσμευμένα με τη μορφή πάγου στις πολικές και αλπικές περιοχές. Έτσι, μόνο το 1% της συνολικής ποσότητας ύδατος αποτελεί το γνωστό «γλυκό» νερό – που μπορεί να αποτελέσει πηγή νερού για ανθρώπινη χρήση – και από αυτό, το 98% συνιστά το υπόγειο ύδωρ, ενώ το 2% βρίσκεται στις λίμνες και στα ποτάμια. Γίνεται επομένως αντιληπτό ότι η άμεσα διαθέσιμη ποσότητα νερού προς χρήση είναι πεπερασμένη και περιορισμένη και αυτή βρίσκεται στα επιφανειακά και στα υπόγεια ύδατα. Ως επιφανειακά ύδατα ορίζεται το μέρος του νερού που μεταφέρεται επιφανειακά μέσω χειμάρρων και ποταμιών, ενώ ως υπόγεια ύδατα είναι το μέρος του νερού που διεισδύει στο έδαφος και υπόγεια μετακινείται αργά προς τη θάλασσα, τις λίμνες και ενίοτε προς τα ποτάμια. Η προστασία και διαχείριση των υδατικών πόρων σε παγκόσμιο επίπεδο είναι ένα αρκετά σύνθετο πρόβλημα καθώς εμπλέκει μια σειρά περιβαλλοντικών, οικονομικών και κοινωνικών παραμέτρων. Σε περιοχές οι οποίες



αντιμετωπίζουν προβλήματα έλλειψης υδάτων εκδηλώνεται έντονος ανταγωνισμός για τη χρήση τους, παρά την ύπαρξη νομικών ρυθμίσεων.

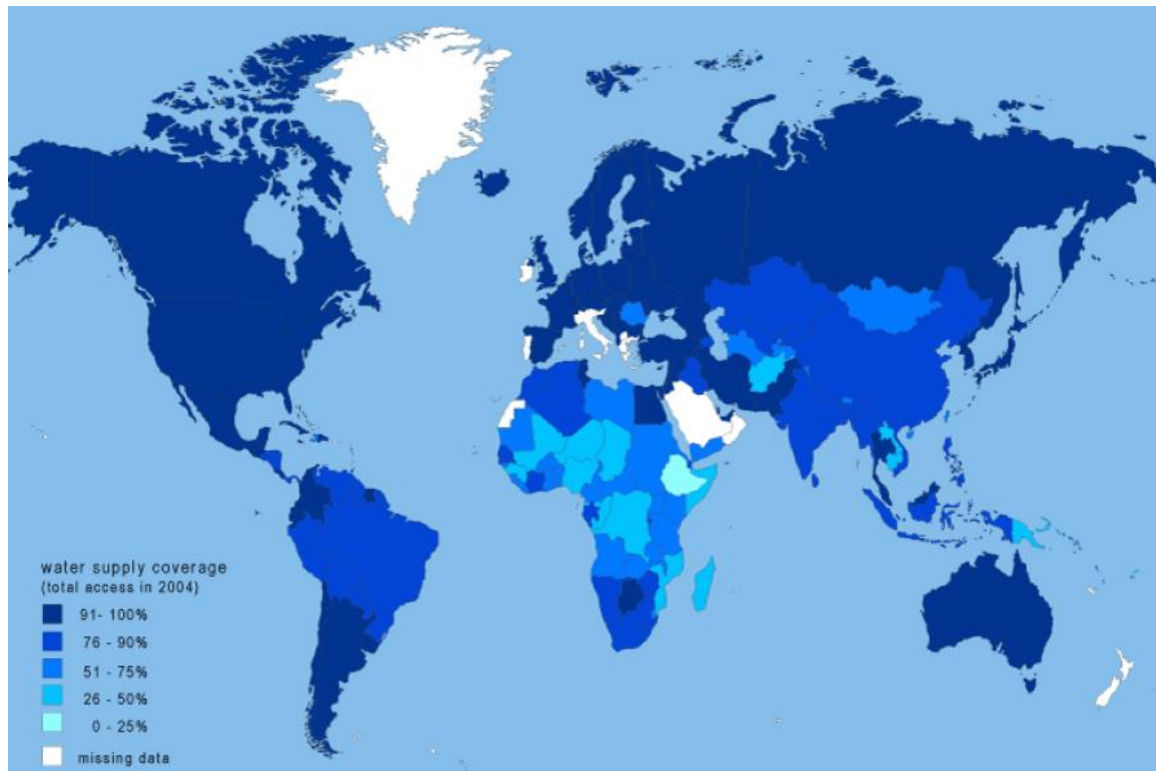
Η έλλειψη των υδάτων δεν επιτρέπει την αγροτική, αστική, βιομηχανική και τουριστική ανάπτυξη χωρίς τη λήψη περιορισμών όσον αφορά τη χρήση τους και την εφαρμογή πολιτικών διανομής τους στους διάφορους τομείς χρήσεις του. Τα προβλήματα έλλειψης των υδάτων οξύνονται σε περιοχές στις οποίες οι υδάτινοι πόροι έχουν ήδη υποβαθμιστεί ή υποβαθμίζονται ποσοτικά ή ποιοτικά. Στις υποανάπτυκτες ή αναπτυσσόμενες χώρες του κόσμου η απουσία κατάλληλων υδρευτικών, αρδευτικών και αποχετευτικών έργων σε συνδυασμό με την υποβάθμιση της ποιότητας των υδάτων, προκαλεί την εμφάνιση προβλημάτων στην υγεία των τοπικών πληθυσμών (Pereira L., Cordery I., Iacovides I., 2002).

Η διαθεσιμότητα δε των υδάτων σε παγκόσμιο επίπεδο διαφοροποιείται σημαντικά τόσο χρονικά όσο και χωρικά όπως φαίνεται και στο κατωτέρω.



Σχήμα 1-4: Συνθήκες έλλειψης υδάτων το έτος 2025 αν συνεχιστούν οι υπάρχουσες τάσεις (I.W.M.I., 2000)

Οι οργανισμοί της γης αποτελούνται κυρίως από νερό. Ένα δέντρο περιέχει περίπου 60% νερό, τα περισσότερα ζώα αποτελούνται από περίπου 65% νερό, ενώ στον ανθρώπινο πληθυσμό οι γυναίκες διαθέτουν περίπου 50% νερό και οι άνδρες 60%. Κάθε ένας από εμάς χρειάζεται περίπου οκτώ ή περισσότερα φλιτζάνια νερό την ημέρα για να επιβιώσει και τεράστιες ποσότητες νερού είναι απαραίτητες για να ικανοποιήσουν τις ανάγκες μας σε τροφή, στέγη και λοιπές επιθυμίες. Το γλυκό νερό είναι ζωτικός πόρος για τις αγροκαλλιέργειες, τις κατασκευές, τη μεταφορά και άλλες πολυάριθμες ανθρώπινες δραστηριότητες. Σε πολλές περιοχές όπου η έλλειψη τροφίμων απειλεί την ανθρώπινη επιβίωση, είναι η έλλειψη νερού που περιορίζει την παραγωγή τροφίμων. Το νερό επίσης παίζει βασικό ρόλο στη διαμόρφωση της επιφάνειας του πλανήτη, στις μεταβολές του κλίματος και στη διάλυση των ρυπογόνων ουσιών. Στην πραγματικότητα χωρίς το νερό η ζωή δεν θα υπήρχε, τουλάχιστον με τη μορφή που τη γνωρίζουμε.



Σχημα 1-5: Πρόσβαση στις βελτιωμένες πηγές νερού

Κάθε άνθρωπος καταναλώνει κατά μέσο όρο 150–200 λίτρα νερού ημερησίως για την ικανοποίηση των βασικών του αναγκών. Οι τιμές αυτές κατ' άλλους θεωρούνται χαμηλές και κατ' άλλους υψηλές, αυτό όμως που έχει μεγάλη σημασία είναι οι τεράστιες οικονομικές και οικολογικές επιπτώσεις από την μετατροπή ενός πολύτιμου κοινωνικού αγαθού σε απόβλητα. Οι καταναλώσεις αυτές θα μπορούσαν να περιοριστούν με διάφορους τρόπους όπως η αλλαγή κάποιων συνηθειών μας στην καθημερινότητα και η χρήση απλών τεχνολογιών εξοικονόμησης νερού. Φυσικά η ορθή διαχείριση του νερού απαιτεί παρεμβάσεις σε πολλά επίπεδα, με πρώτη την εξοικονόμηση νερού στη γεωργία και τη βιομηχανία [1].

Το νερό απαντάται και στις τρεις μορφές: στερεή (πάγος, χιόνι), υγρή (νερό πηγών, ποταμών, θαλασσών) και αέρια (υδρατμοί στην ατμόσφαιρα). Επίσης το νερό υπάρχει σ' όλους τους ζωντανούς (ζωικών και φυτικών) οργανισμούς. Στις τροφές υπάρχει σε μεγάλο ποσοστό. Το γάλα π.χ. περιέχει 87%, οι πατάτες 78%, τα αβγά 74%, ενώ τα λαχανικά και τα φρούτα μέχρι 93% νερό. Στο ανθρώπινο σώμα το νερό περιέχεται σε ποσότητα 70% και στο αίμα 90%.

Για τη σωστή λειτουργία του οργανισμού μας χρειαζόμαστε καθημερινά 2 λίτρα νερό (δηλαδή 8-10 ποτήρια) για να αποφύγουμε την αφυδάτωση. Το νερό αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την απομάκρυνση των τοξινών και των υποπροϊόντων του μεταβολισμού μας. Χωρίς νερό για 3 ημέρες το ανθρώπινο σώμα εξασθενεί επικίνδυνα, ενώ μπορεί να εξασθενήσει σταδιακά από τη συνεχή κατανάλωση νερού μολυσμένου από επικίνδυνες χημικές ενώσεις, βαρέα μέταλλα και βακτήρια. Δεδομένης της ανάγκης για υγεία και ζωτικότητα, ο ανθρώπινος οργανισμός απαιτεί τη λήψη ποιοτικού νερού απαλλαγμένο από επιβλαβείς ουσίες. Η σπουδαιότητα επομένως του νερού για τη διατήρηση της ζωής στον πλανήτη είναι μεγάλη.

Η σημαντικότητα του βιολογικού ρόλου του νερού καθίσταται εμφανής αν υπολογίσει κανείς ότι στο εσωτερικό περιβάλλον των κυττάρων το νερό καταλαμβάνει ένα πολύ μεγάλο ποσοστό της κατά βάρος σύστασής των, που μπορεί να μην είναι το ίδιο σε όλα τα κύτταρα, και που κυμαίνεται μεταξύ 70 και 90%. Ακόμα, το μεσοκυττάριο υγρό αποτελεί το υδατικό περιβάλλον που αναπτύσσονται τα κύτταρα των πολυκυττάρων οργανισμών.

Οι περισσότερες χημικές ουσίες που παρατηρούνται στο εσωτερικό των κυττάρων είναι "ευδιάλυτες" στο νερό. Το γεγονός αυτό επιτρέπει στις διαλυμένες ουσίες την εύκολη μετακίνησή τους από το ένα σημείο του κυττάρου σε άλλο και κατά συνέπεια την επαφή τους και την εξ' αυτής πραγματοποίηση των χημικών αντιδράσεων μέσα στο κύτταρο. Χαρακτηριστικό τέτοιο παράδειγμα αποτελεί η υδρόλυση των μακρομορίων κατά την οποία μάλιστα το νερό συμμετέχει ως αντιδρών σώμα.

Σημαντικότεροι λόγοι που καθιστούν το νερό τόσο απαραίτητο στοιχείο της ζωής είναι ακριβώς οι φυσικοχημικές του ιδιότητες που αποτελούν απόρροια της πολικότητας και της ικανότητας των μορίων του να συνδέονται μεταξύ τους με δεσμούς υδρογόνου.

Αναλυτικότερα οι φυσικοχημικές του αυτές ιδιότητες είναι:

- Η μεγάλη διαλυτική ικανότητα
- Η μεγάλη αντίσταση σε θερμικές μεταβολές, (μεγαλύτερη από κάθε υγρό)
- Η ανάπτυξη ισχυρών δυνάμεων συνοχής και συνάφειας
- Η μεγάλη πυκνότητα σε υγρή μορφή απ' ό,τι σε στερεή
- Η αντιστρεπτή διάσταση του νερού σε κατιόντα υδρογόνου και ανιόντα υδροξυλίου

Η ποιότητα του νερού καθορίζεται από φυσικές και χημικές παραμέτρους. Οι αρχικές βάσεις για τέτοιο χαρακτηρισμό είναι παράμετροι που αφορούν την ασφάλεια της ανθρώπινης επαφής και της υγείας των οικοσυστημάτων. Το πόσιμο νερό πρέπει να είναι διαυγές, άχρωμο, άοσμο και δροσερό (θερμοκρασίας 7 -11 βαθμών Κελσίου). Πρέπει να περιέχει μικρή ποσότητα ανόργανων αλάτων (0,5 γραμ. στο λίτρο) γιατί το καθαρό νερό χωρίς διαλυμένα άλατα είναι βλαβερό για τον οργανισμό. Περιέχει επίσης διαλυμένο οξυγόνο, άζωτο, διοξείδιο του άνθρακα, ελάχιστα ίχνη οργανικών ουσιών, καθώς και ίχνη φυτικών μικροοργανισμών. Το νερό που πίνουμε περιέχει και μικροοργανισμούς. Ως καλός διαλύτης, το νερό διαλύει και διαβρώνει ό,τι έρχεται σε επαφή με αυτό. Επιπλέον, ουσίες όπως η σκουριά και οργανισμοί όπως τα βακτηρίδια και οι κύστες πρωτόζωων (giardia, cryptosporidium, άλγη) συνήθως βρίσκονται στο νερό.

Το πόσιμο νερό πρέπει επομένως να εξετάζεται φυσικός (θερμοκρασία, διαύγεια, γεύση, οσμή), χημικός (ποιοτικός και ποσοτικός έλεγχος ουσιών, σκληρομετρία), μικροσκοπικός (έρευνα μικροοργανισμών), βακτηριολογικός (καλλιέργεια των μικροβίων του νερού) και τοπογραφικός (θέση πηγής, διαδρομής του νερού). Η προέλευση και η ποιότητα του πόσιμου νερού, προβληματίζουν συνεχώς ολοένα και περισσότερους ανθρώπους.

Το νερό, που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση δεν πρέπει να περιέχει χημικές ουσίες και μικροοργανισμούς σε αυξημένες ποσότητες που μπορεί να έχουν επιπτώσεις στην υγεία. Πρέπει να είναι ασφαλές και ακίνδυνο για την υγεία, να μην είναι θολό και να μην έχει χρώμα, δυσάρεστη οσμή και γεύση.

Η τοποθεσία, η κατασκευή, η λειτουργία και η επίβλεψη μιας πηγής υδροληψίας (πηγές, δεξαμενές, επεξεργασία και διανομή νερού) πρέπει να είναι τέτοιες που να αποκλείουν οποιαδήποτε ρύπανση του νερού. Οι περισσότερες χώρες στον κόσμο έχουν καθιερώσει πρότυπα ποιότητας του πόσιμου νερού που εφαρμόζουν στην επικράτειά τους και χρησιμοποιούν μεθόδους ανάλυσης και έκφρασης των αποτελεσμάτων παρόμοιες για να είναι εύκολη η σύγκριση μεταξύ τους. Επίσης, επιδημίες από ασθένειες υδρικής προέλευσης μπορεί να αποφευχθούν εάν γίνονται αυστηροί έλεγχοι από τους υπευθύνους των συστημάτων υδροληψίας και τις αρμόδιες αρχές υγείας, όσον αφορά την ποιότητα του πόσιμου νερού.

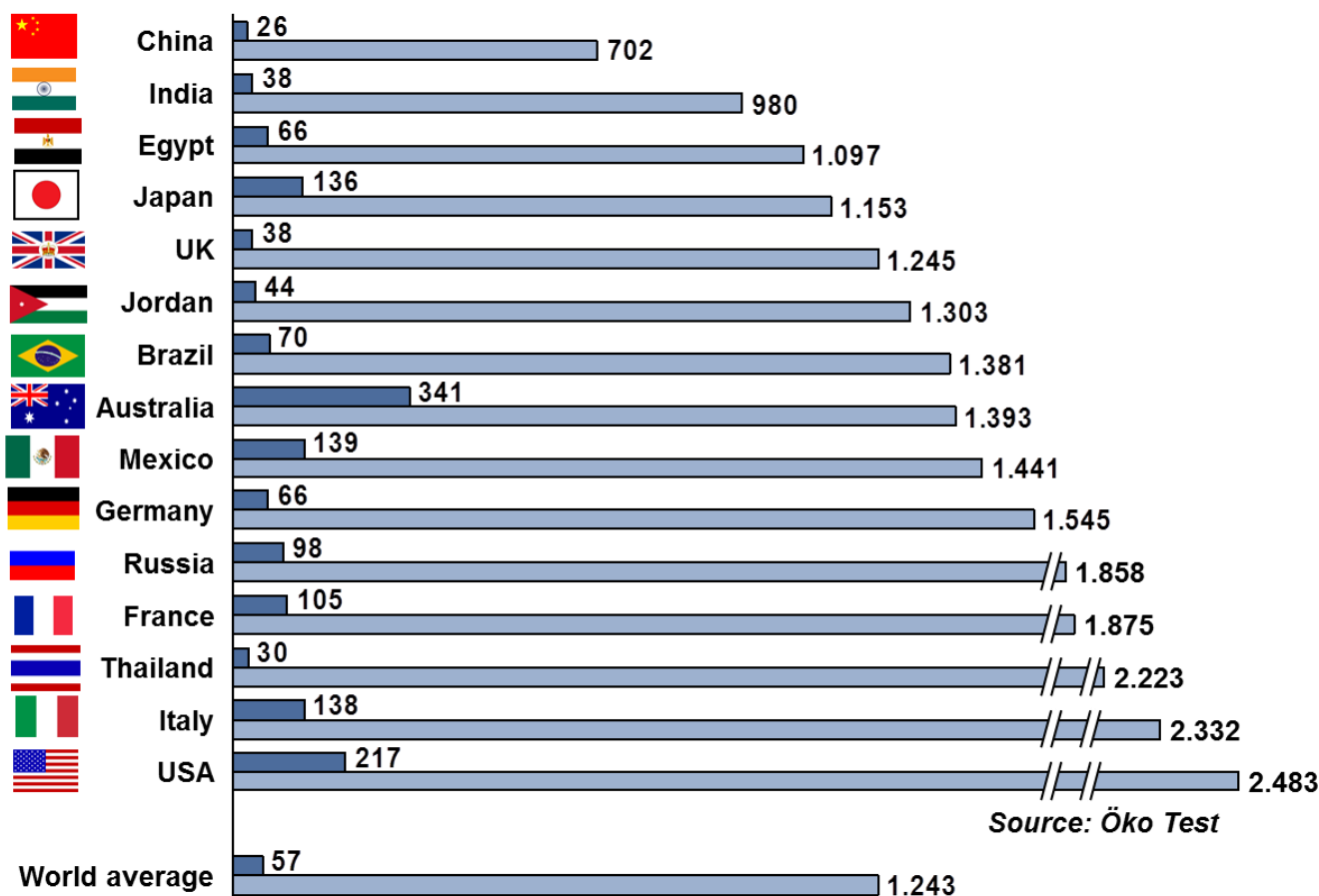
Η διαχείριση, που σε πολλές χώρες ανά τον κόσμο αναφέρεται επίσημα σαν management, είναι ίσως το σημαντικότερο ζήτημα της ανάπτυξης και χρήσης των έργων των υδατικών πόρων. Ο κατάλογος των – σχετικών με το νερό- προβλημάτων είναι εντυπωσιακός (πλημμύρες, λειψυδρία, ρύπανση, μόλυνση, υψηλό κόστος ανάπτυξης και βελτίωσης κτλ.). Παρ' όλα αυτά χωρίς να υποτιμά κανείς την τεχνική επίλυση αυτών των ζητημάτων, φαίνεται ότι η αντιμετώπισή τους είναι θέμα και διαχειριστικής πολιτικής και λήψης των σχετικών αποφάσεων. Αυτό που συχνά αποκαλείται «διαδικασία επίλυσης προβλημάτων», μπορεί να αναγνωριστεί σαν την διαδικασία διαχείρισης που έχει πολλά κοινά σημεία με την διαδικασία σχεδιασμού.

Αποτελείται συνοπτικά από τα ακόλουθα :

- Καθορισμός στόχων
- Εύρεση εναλλακτικών λύσεων
- Αξιολόγηση λύσεων
- Εφαρμογή της επιλεγμένης λύσης ( ή των επιλεγμένων λύσεων)

Συνοπτικά, μπορεί να λεχθεί ότι η διαχείριση των υδατικών πόρων περιέχει όλες τις οργανωμένες δραστηριότητες, σχετικά με την ανάπτυξη, διατήρηση, προστασία και τον έλεγχο προστασίας των υδατικών πόρων και των έργων τους, κάτω απ' όλες τις συνθήκες, με την ταυτόχρονη προστασία του περιβάλλοντος και την αειφορία του πόρου. Η διαχείριση δηλαδή πρέπει να είναι προετοιμασμένη για όλα τα πιθανά συμβάντα και αυτό καθορίζει και τον βαθμό επιτυχίας της. Τα μέτρα διαχείρισης επηρεάζουν το βαθμό και το ρυθμό αλλαγής στο περιβάλλον που εφαρμόζονται. Κάθε προσπάθεια διαχείρισης υδατικών πόρων είναι απαραίτητο να περιλαμβάνει οικολογικές αξίες και περιβαλλοντικά κριτήρια, ώστε να μην υπονομεύεται η αειφορία των οικοσυστημάτων. Υπάρχουν πολλές και διαφορετικές μορφές κρίσεων τις οποίες καλείται να αντιμετωπίσει η διαχείριση των υδατικών πόρων Στην παρούσα δεν θα αναφερθούμε στα μέτρα διαχείρισης εναλλακτικών

έργων όπως αξιοποίηση υγροτόπων, φράγματα, ανακύκλωση κλπ. και στην τεχνική ανάλυση αυτών. Όπως επίσης και η διαχείριση τέτοιων έργων θα θιγεί ακροθιγώς στο κεφάλαιο «Συμπληρωματικά Στοιχεία».



Σχημα 1-4: Παγκόσμια Κατανάλωση νερού

Ως λειψυδρία ορίζεται η έλλειψη ή η ανεπάρκεια του νερού και είναι ένα παγκόσμιο πρόβλημα που μας απειλεί πλέον έντονα και δεν αφορά μόνο τις χώρες της Αφρικής. Έρευνα που διεξήγαγε και παρουσίασε στη Γενεύη η περιβαλλοντολογική οργάνωση WWF, καταδεικνύει τον σημαντικό περιορισμό των υδάτινων αποθεμάτων παγκοσμίως, ακόμη και στις ανεπτυγμένες χώρες. Στην αυξανόμενη λειψυδρία συμβάλλουν τόσο οι κλιματικές αλλαγές όσο και η λανθασμένη διαχείριση των φυσικών πόρων. Σύμφωνα με τη μη-κυβερνητική οργάνωση, μια οικονομικά εύρωστη χώρα δεν είναι απαραίτητως και πλούσια σε νερό. Μερικές από τις πλέον ανεπτυγμένες πόλεις, όπως το Χιούστον και το Σίδνεϊ, καταναλώνουν περισσότερο νερό από όσο διαθέτουν. Αυτό συμβαίνει διότι στην προσπάθεια τους να καλύψουν τις υλικές ανάγκες των πολιτών, σπαταλούν μεγάλες ποσότητες νερού, κυρίως στο στοιχείο σχεδόν σε κάθε παραγωγική διαδικασία. Επιπλέον, το WWF τονίζει πως η κακή συντήρηση στο ήδη πεπαλαιωμένο σύστημα υδροδότησης ενισχύει την εξάντληση των υδάτινων πόρων. Στο Λονδίνο υπολογίστηκε πως οι διαρροές από τους φθαρμένους υδραγωγούς αρκούν καθημερινά για να γεμίσουν 300 πισίνες ολυμπιακών διαστάσεων.

Παράλληλα, στη νότια Ευρώπη τα αποθέματα νερού λιγοστεύουν ολοένα και περισσότερο ως αποτέλεσμα της κλιματικής αλλαγής και της συρρίκνωσης των παγετώνων στις βόρειες Άλπεις (μια σημαντική πηγή νερού).

#### Το νερό στην Ελλάδα

Από την αρχαιότητα η Ελλάδα συνδέει την ιστορία της και τη ζωή της με το βασικό πρόβλημα της λειψυδρίας. Οι αρχαίοι έλληνες φιλόσοφοι, Αριστοτέλης και Εμπεδοκλής, πίστευαν ότι το σύμπαν αποτελείται από "ύδωρ-πυρ-γη-αήρ", συστατικά από τα οποία προήλθε ο κόσμος. Το νερό μάλιστα το χαρακτήριζαν ως "αίμα" της γήινης ζωής και το θεωρούσαν μαζί με το φως, βασικά ενεργειακά συστατικά ολόκληρης της ζωής. Την πρωταρχική όμως σημασία του νερού την περιγράφει ο Πίνδαρος ως "Αριστον μεν Ύδωρ". Τον 6ο αιώνα π.χ. στην Ιωνία της Μ. Ασίας, ο Θαλής ο Μιλήσιος και οι συνεργάτες του κάνουν υπέρβαση της μυθολογίας προς μία φιλοσοφική εξήγηση της προέλευσης του κόσμου και θεωρούν το νερό ως αρχή των όντων. Στο



κεφάλαιο «ΑΝΑΦΟΡΕΣ - ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ» θα δοθούν στοιχεία για τα έργα και το εύρος αυτών κατά την αρχαία εποχή. Πολύ αργότερα ο Newton το 17ο αιώνα, αναγνωρίζει και αυτός ότι το νερό είναι η πρωταρχική ουσία από την οποία προέρχονται όλα τα υλικά αγαθά του ανθρώπου.

Η λέξη νερό εμφανίζεται στα Βυζαντινά χρόνια, όταν το φρέσκο νερό λεγόταν "νεαρόν ύδωρ" απ' όπου το "νεαρόν" με παραφθορά κατέληξε σε "νερό". Σίωρα η λέξη "ύδωρ" αναφέρεται στην καθαρώς χειλική ένωση δύο άτονων υδρογόνου με ένα άτομο οξυγόνου. Το φυσικό νερό σε αντιδιαστολή με το χωρικός καθαρό νερό, μπορεί να περιέχει σε διάλυση διάφορες ουσίες και μικροοργανισμούς. Εξάλλου, το νερό όχι μόνο δεν είναι απλό, αλλά ως προς τη φυσική και χημική του συμπεριφορά είναι ασυνήθιστο, η κατασκευή του πολύπλοκη, ενώ πολλά από τα χαρακτηριστικά του παραμένουν ακόμα θέματα μελέτης.

Ο σεβασμός στο φυσικό και πολιτισμικό περιβάλλον προϋποθέτει εκτός των άλλων, και την ορθή διαχείριση των υδατικών πόρων. Για την ορθή διαχείριση τους, από αρχαιοτάτων χρόνων κατασκευάζονται υδραυλικά έργα εξελισσόμενα, ανάλογα με την εξέλιξη της τεχνολογίας (υλικά, μηχανήματα, μέθοδοι, κλπ.) και των διαφόρων επιστημών που σχετίζονται με αυτά. Τα έργα αυτά τοποθετούνται χρονικά από την Μινωική - Κυκλαδική εποχή (3500 - 1200 π.Χ), την Μυκηναϊκή (1600- 1100 π.Χ), την Αρχαϊκή (~800 - 500 π.Χ), την Κλασσική (500 - 336 π.Χ), την Ελληνιστική (323 - 146 π.Χ) έως και την Ρωμαϊκή εποχή (146π.Χ - 323μ.Χ). Στον Ελλαδικό χώρο αναφέρονται τουλάχιστον εβδομήντα (70) αρχαία υδραυλικά της Κύπρου, της Εφέσου, της Μιλήτου και της Μ. Ασίας. Οι κατηγορίες των έργων, που υπήρχαν είναι: υδραγωγεία, δεξαμενές, πηγάδια, σιντριβάνια - πίδακες, κρήνες, τουαλέτες, θέρμες, λουτρά, λουτήρες, μπανιέρες, σιφόνια, σήραγγες, συστήματα κατανομής νερού, νυμφαία, δεξαμενές ιζηματοπόθεσης, φράγματα, διοχετεύσεις χειμάρρων, αποχετευτικά συστήματα, αποστραγγιστικά έργα, αρδευτικά έργα, διώρυγες, διευθετήσεις κοίτης, εγκαταστάσεις υγιεινής και ομβροδέκτες.

Οι υδατικοί πόροι στην σύγχρονη Ελλάδα :

Έως τα μέσα της δεκαετίας του 1980 η χώρα στερούνταν μέχρι και το κατάλληλο θεσμικό πλαίσιο για την αποτελεσματική διαχείριση και προστασία των υδατικών πόρων, με συνέπεια την αδυναμία συντονισμού των απαραίτητων ενεργειών για κάλυψη των συναφών αναγκών και την κατασπατάληση πολύτιμων πόρων. Ο Νόμος 1650/1986 για την προστασία του περιβάλλοντος (στον οποίο συμπεριλαμβάνονται και διατάξεις για την ποιότητα των υδάτων), η εναρμόνιση της Ελληνικής νομοθεσίας με τις συναφείς οδηγίες της Ε.Ε. και ο Ν.1739/1987 για την διαχείριση των υδατικών πόρων αποτελούσαν το γενικό πλαίσιο αρχών για την χάραξη εθνικής πολιτικής στον τομέα αυτό. Οι προαναφερόμενες διατάξεις σε συνδυασμό με την ενσωμάτωση των κοινοτικών θεσμικών κειμένων (που αναλυτικά παρατίθενται στη συνέχεια του παρόντος κεφαλαίου) δημιουργούν ένα στέρεο θεσμικό πλαίσιο για την προστασία, διαχείριση και αξιοποίηση των υδατικών πόρων στην Ελλάδα.

Στην παρούσα εργασία επιχειρείται μία παρουσίαση του ζητήματος της διαχείρισης και αξιοποίησης των υδατικών πόρων στην Ελλάδα από την οπτική γωνία ενός Τεχνολόγου Ηλεκτρολόγου. Η προσέγγιση γίνεται κύρια στη θεώρηση των τεχνικών απαιτήσεων για την ανάπτυξη αντίστοιχων τεχνικών έργων. Η ιδιομορφία αυτών των έργων έχει να κάνει

- με την πολυπλοκότητα (πολλοί επιστημονικοί τομείς πρέπει να συνεργαστούν για να επιτευχθεί το άριστο αποτέλεσμα)
- με το νομικό πλαίσιο (ευρωπαϊκό πλαίσιο και Ελληνική νομοθεσία που διέπουν την διαχείριση υδατινών πόρων)
- και τους κανονισμούς ( όσων αφορά την ποιότητα του νερού και όσων αφορά τα τεχνικά χαρακτηριστικά και τις μελέτες των Η/Μ εγκαταστάσεων)

## **ΣΚΟΠΟΣ**

Η παρούσα πτυχιακή εργασία έχει σκοπό την παρουσίαση και τα αντικείμενα ενός τεχνολόγου ηλεκτρολόγου μηχανικού σε ένα ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης υδάτινων πόρων. Περιλαμβάνει 9 κεφάλαια όπου δίνονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά, τις τεχνικές απαιτήσεις για τις οργανικές ενότητες που αποτελούν μια ολοκληρωμένη διαχείριση υδάτινων πόρων, για πραγματικές συνθήκες λειτουργίας των συστημάτων αυτών.

- ✓ Στο πρώτο κεφάλαιο «ΕΙΣΑΓΩΓΗ» αναφέρονται ο ορισμός, οι αρχές οποίες βασίζεται η διαχείριση και γίνεται μια εισαγωγική παρουσίαση των συστημάτων.
- ✓ Στο δεύτερο κεφάλαιο «ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ» αναφέρεται στις απαιτήσεις των συστημάτων που χρειάζονται καθώς και μια ανάλυση της δομής των συστημάτων
- ✓ Στο τρίτο κεφάλαιο «ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ» παραθέτουμε τις κύριες τεχνικές και σχηματικές απαιτήσεις από αυτά τα συστήματα
- ✓ Στο τέταρτο κεφάλαιο «ΟΡΙΣΜΟΙ – ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ ΚΑΙ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ» αναφέρεται στις συντομογραφίες και τα ακρωνύμια που χρησιμοποιούνται στην παρούσα.
- ✓ Στο πέμπτο κεφάλαιο «ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ – ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ - ΠΡΟΤΥΠΑ» αναφέρεται η νομοθεσία που διέπει αυτά τα έργα καθώς επίσης και οι κανονισμοί και τα πρότυπα που χρησιμοποιούνται σε αυτές τις εγκαταστάσεις
- ✓ Στα επόμενα τρία κεφάλαια έκτο «ΔΙΚΤΥΑ ΥΔΡΕΥΣΗΣ», έβδομο «ΔΙΚΤΥΑ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ» και όγδοο «ΔΙΚΤΥΑ ΟΜΒΡΙΩΝ – ΑΡΔΕΥΣΗΣ» γίνεται η πλήρη περιγραφή αυτών των συστημάτων
- ✓ Στο ένατο κεφάλαιο «ΑΝΑΦΟΡΕΣ- ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ» αναφέρεται μια ενδεικτική ιστορική αναδρομή τέτοιων έργων κατά την αχρειότητα.

Δεν θα αναπτυχθούν οι εκαστοτε Η/Μ μελέτες για κάθε ένα από αυτά τα αντικείμενα αλλά θα δοθεί η γενική θεώρηση και η περιγραφή του συνόλου των μελετών που απαιτούνται ούτως ώστε να γίνει αντιληπτή η συνολική θεώρηση της διαχείρισης των υδάτινων πόρων.

## **Κεφάλαιο 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Από την αρχαιότητα ακόμα, η ανάγκη του ανθρώπου να αντιμετωπίσει ακραία καιρικά φαινόμενα όπως οι πλημμύρες και η ξηρασία, τον οδήγησε στην εφεύρεση τεχνικών για την καταλληλότερη διαχείριση των υδατικών πόρων. Τις τελευταίες δεκαετίες λόγω της βιομηχανικής ανάπτυξης και της απότομης αύξησης του πληθυσμού, παρατηρείται μαζική κατασκευή υδραυλικών-μηχανικών έργων για τον έλεγχο των πλημμυρών, τον εφοδιασμό ύδατος, την υδροηλεκτρική ενέργεια και την άρδευση. Οι φυσικό-μηχανικές λύσεις είναι η βάση του παραδοσιακού τρόπου προσέγγισης και αντιμετώπισης τέτοιων προβλημάτων. Καθώς όμως περνάνε τα χρόνια παρουσιάζονται σημαντικές αλλαγές στον τρόπο σκέψης όσον αφορά την διαχείριση του νερού και την ικανοποίηση των αναγκών. Λαμβάνοντας υπ όψη τα νέα δεδομένα, οι ειδικοί ανέπτυξαν νέες μεθόδους, οι οποίες όμως χρησιμοποιούσαν την ήδη υπάρχουσα υποδομή με κύριο στόχο την ελαχιστοποίηση του κόστους.

How much of the Earth's water is salty?	97.2%
And of the drinkable water, how much is inaccessible in glaciers and permafrost?	68.9%
The primary user of water?	Agriculture (70%)
How much water does it take to manufacture:	
1 can of cola?	40 litres
1kg of steel?	50 litres
1kg of sugar?	120 litres
1kg of paper?	280 litres
1 automobile?	300 000 litres !!!

Σχήμα 1-5: Ενδεικτική κατανάλωση νερού βιομηχανικής χρήσης

Μεταξύ των σημαντικών εργαλείων για τη διαχείριση της ζήτησης είναι: η ορθή κλιμακωτή τιμολόγηση του νερού, συνδυαζόμενη με την ενημέρωση και ευαισθητοποίηση των καταναλωτών για συνετή χρήση του νερού, η ύπαρξη συνεπών και συνεχών περιβαλλοντικής παιδείας σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης για κατανόηση της σπουδαιότητας του νερού στην καθημερινή ζωή και της ανάγκης περιορισμού της σπατάλης στην κατανάλωσή του, και η διαχείριση των διαρροών και του «ατιμολόγητου νερού».

Η κοστολόγηση του νερού αποτελεί ένα οικονομικό εργαλείο για την αποτελεσματική χρήση του. Αυτό επιτυγχάνεται με τη διαχείριση της ζήτησης μέσω παροχής κινήτρων, τη διασφάλιση της απόσβεσης των επενδύσεων, αλλά και την επισήμανση στους καταναλωτές των επιπτώσεων από την ανάγκη επιπλέον επενδύσεων (GWP, 2000). Σύμφωνα με τη GWP (2000): «η μεταχείριση του νερού ως οικονομικό αγαθό μπορεί να βοηθήσει να ισορροπήσει η προσφορά και η ζήτηση του νερού [...]. Όταν το νερό λιγοστεύει όλο και περισσότερο, [...] υπάρχει μια σαφής ανάγκη για λειτουργικές οικονομικές έννοιες και όργανα που μπορούν να συμβάλουν στη διαχείριση με τον περιορισμό της ζήτησης του νερού». Από ηλεκτρολογικής άποψης με διάφορες μεθόδους μπορούμε να επηρεάσουμε θετικά τι ισοζύγιο παραγωγή – τιμολόγηση με διάφορες μεθόδους όπως

- ✓ Μέτρηση διαρροών
- ✓ Βελτιστοποίηση δικτύου
- ✓ Χρήση Inverters, Soft Starters, energy efficient motors (μειώνοντας το κόστος παράγωγης κ.λ.π.)

που θα αναπτυχθούν στα αντίστοιχα κεφάλαια

Γίνεται σαφές ότι εκτός των τεχνικών λύσεων που θα διαπραγματευτούμε θα έχουμε πάντα υπ όψιν μας και την μείωση του κόστους παραγωγής του νερού το οποίο και θα θιγεί ακροθιγώς στο Κεφάλαιο «ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ». Η κοστολόγηση του νερού αποτελεί θεμελιώδη παράμετρο της τεχνοοικονομικής μελέτης για την ανάπτυξη έργων.

Σήμερα γνωρίζουμε ότι η διαχείριση των υδατικών πόρων δεν απευθύνεται αποκλειστικά στο κράτος, αλλά και σε τρεις ομάδες ενδιαφερομένων:

- Το κοινό (οι χρήστες του νερού)
- Τους λήπτες των αποφάσεων (πολιτικοί, κυβέρνηση)
- Τους μελετητές, ερευνητές, τεχνοκράτες

Για επιτυχημένη διαχείριση υδατικών πόρων είναι απαραίτητη η συμμετοχή και των τριών κατηγοριών αυτών, όπως και η συναίνεσή τους. Είναι γεγονός ότι προσπάθειες διαχείρισης υδατικών πόρων είναι η ανάγκη συντονισμένης ενημέρωσης του κοινού και των μέσων ενημέρωσης.

Οι κύριες δραστηριότητες διαχείρισης των υδατικών πόρων πρέπει να είναι οι ακόλουθες :

- Συλλογή και ανάλυση των απαραίτητων ποσοτικών και ποιοτικών δεδομένων (μετεωρολογικά, υδρολογικά, πληθυσμιακά κτλ.)
- Έρευνα και μελέτη της παρούσας κατάστασης των υδατικών πόρων και προβλέψεις για το μέλλον.
- Ανάπτυξη τακτικής μέσω της διαμόρφωσης σεναρίων βελτίωσης.
- Λήψη αποφάσεων και εξασφάλιση της αποδοχής και συμμετοχής των ενδιαφερομένων ομάδων.
- Εφαρμογή της τακτικής.
- Διόρθωση και βελτίωση των αποφάσεων σε τακτά χρονικά διαστήματα.

Στις αρχές της δεκαετίας του '80 ο τομέας ύδρευσης-αποχέτευσης και στη χώρα μας παρουσίαζε μία εικόνα απογοητευτική, ιδιαίτερα σε σύγκριση με τις υπόλοιπες ευρωπαϊκές χώρες. Οι υπηρεσίες ύδρευσης – αποχέτευσης παρέχονταν από τους ΟΤΑ α' βαθμού, με όλα τα προβλήματα που συνεπάγονταν η κατάσταση αυτή, (γραφειοκρατία, έλλειψη ευελιξίας, έλλειψη προσωπικού, έλλειψη πόρων κ.α.). Η καθυστέρηση που παρουσίαζε ο τομέας επέβαλε τη λήψη αποτελεσματικών μέτρων για τη βελτίωσή του. Έτσι ψηφίστηκε ο Ν. 1069/80 («Περί κινήτρων δια την ίδρυση Επιχειρήσεων Υδρεύσεως και Αποχετεύσεως») με τον οποίο ιδρύθηκαν οι Δημοτικές Επιχειρήσεις Ύδρευσης-Αποχέτευσης (Δ.Ε.Υ.Α.). Στόχος του νόμου ήταν η παροχή οικονομικών κινήτρων για την ίδρυση από τους Δήμους (πλην της Αθήνας, της Θεσσαλονίκης και του Βόλου) επιχειρήσεων ύδρευσης- αποχέτευσης με αυτοτέλεια και ευελιξία για την εκτέλεση των αναγκαίων έργων- και επεξεργασίας αστικών υποδομών. Η ίδρυση είναι υποχρεωτική για τους Δήμους με πληθυσμό μεγαλύτερο από τους 10.000 κατοίκους, όπως έμμεσα προκύπτει από το άρθρο 13 παρ. 2 του Ν. 1069/80.



## **Κεφάλαιο 2 : ΓΕΝΙΚΗ ΘΕΩΡΗΣΗ ΥΔΑΤΙΝΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗΣ ΑΥΤΩΝ**

Η έννοια των υδατικών πόρων προκύπτει από τη σχέση ανάμεσα:

- στις υδατικές απαιτήσεις, για τις διάφορες ανθρώπινες δραστηριότητες, εκφρασμένες με τον όρο υδατικές ανάγκες
- στην ύπαρξη ή ανεύρεση, μέσα στο φυσικό περιβάλλον, ροής και αποθεμάτων, σχετικώς εύκολων για εκμετάλλευση, για την ικανοποίηση των αναγκών

Με μια άλλη έννοια, οι υδατικοί πόροι μπορούν να χαρακτηριστούν ως ένα δυναμικό υδατικής προσφοράς από το περιβάλλον. Η σχέση, που προαναφέρθηκε, μπορεί να διαμορφωθεί σε διαφορετικούς χωροχρόνους και σε διάφορες οικονομικές σφαίρες (ERHARD). Οι προσφορές (υδατικοί πόροι) και οι ανάγκες χαρακτηρίζονται αμοιβαίως από:

- μια θέση στο χώρο
- μια ποσότητα νερού (ροής ή αποθέματος), λίγο-πολύ μεταβλητής, στο χρόνο (με τρόπο συνεχή ή ασυνεχή)
- μια ποιότητα νερού

Όσον αφορά την ποιότητα, αυτή διακρίνεται σε,

- ποιότητα προσφερόμενη, προσδιοριζόμενη από τα φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά του νερού, στο φυσικό περιβάλλον του, σε γενικές γραμμικές μεταβαλλόμενη με τη ροή εξαρτώμενη από τις χρήσεις (κριτήριο των αναγκών για το φυσικό περιβάλλον)
- ποιότητα απαιτούμενη, εκφρασμένη, κάθε φορά, από τις προδιαγραφές που ισχύουν για κάθε υδατική χρήση και οι οποίες μεταβάλλονται στο χρόνο, συμφώνως με τις ολόενα ανανεούμενες απόψεις της ιατρικής (), της βιοτεχνολογίας (άρδευση) ή της τεχνολογίας ύδρευσης (βιομηχανική χρήση).

Επίδραση/ Αποτέλεσμα	Στις εισερχόμενες ροές (αφίξεις)	Στις εξερχόμενες ροές (απορροές)
Αύξηση +	Εισαγωγή νερού (μεταβίβαση) Σύλληψη επιφανειακού ή υπόγειου νερού από ένα όμορο περιβάλλον	Ελάττωση της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής, αποστράγγιση. Εξαγωγή νερού (μερικό φαινόμενο)
Μείωση -	Ενίσχυση της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής. Μείωση των ενεργών κατακρημνισμάτων	Καταναλώσεις

Πίνακας 2-1: Ανθρωπογενείς επιδράσεις στο υδατικό ισοζύγιο

Με οικονομικά ή εμπορικά κριτήρια, μια ανάλογη διάκριση εμφανίζεται, με ρόλο, πολλές φορές, καθοριστικό, σε συνθήκες υδατικής επάρκειας ή υπερεπάρκειας και με στόχο την καλύτερη επιλογή των υδατικών πόρων για κάθε χρήση:

κόστος προσφοράς, προσαρμοσμένο στο παθητικό των αναγκών, σε συνάρτηση με τους προηγούμενους χαρακτήρες (τόπος, καθεστώς και ποιότητα)

κόστος αναγκών, εκφρασμένο με διαφορετικές «αξίες νερού» (προστιθέμενη αξία, αξία χρήσης κ.λπ.)

Ένα σύστημα υδατικών πόρων (ένα υδατικό σύστημα εν χρήσει) συνθέτει το κατάλληλο περιβάλλον για τη διατύπωση και παρουσίαση του ποσοτικού υδατικού ισοζυγίου. Το ισοζύγιο αυτό ποσοτικοποιείται αναφερόμενο σε συγκεκριμένη χρονική διάρκεια. Οι επιδράσεις των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων στους όρους του ισοζυγίου συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα (ERHARD).

Οι υδατικοί πόροι μπορούν να υποδιαιρεθούν, Σε σχέση με τη θεώρησή τους ως ροή ή ως απόθεμα:

- Υδατικοί πόροι ανανεώσιμοι ή δυναμικοί (ροή)
- Υδατικοί πόροι μη ανανεώσιμοι (απόθεμα)

Η ανανέωση στην περίπτωση των υδατικών πόρων έχει την έννοια της αναπαραγωγής, της διατηρήσεως της υποστάσεώς τους. Η διάκριση ανάμεσα σε ανανεώσιμους και μη ανανεώσιμους πόρους αντιστοιχεί στη

διάκριση ανάμεσα στη ροή και στο απόθεμα, αλλά η ανανέωση είναι ο λόγος του ενός προς το άλλο. Είναι η ροή που ανανεώνει και το απόθεμα που ανανεώνεται. Ωστόσο, η διάκριση ανάμεσα σε πόρους (φυσικούς) ανανεώσιμους και μη ανανεώσιμους (πεπερασμένους) έχει και μια άλλη διάσταση, η αγνόηση της οποίας (χώρος και χρόνος) οδηγεί σε λανθασμένες αποφάσεις για το βαθμό και το χρόνο αξιοποίησής τους. Στην περίπτωση του νερού, αν το θέμα τεθεί για το σύνολο του νερού του πλανήτη (υδρόσφαιρα), ο πόρος είναι μη ανανεώσιμος. Σε τοπικό επίπεδο, ιδιαιτέρως σε χώρες με ξηρή περίοδο του υδρολογικού έτους, στη διάρκεια, ακριβώς, της ξηρής περιόδου, το νερό είναι πόρος μη ανανεώσιμος, ενώ, σε ημερήσια βάση, είναι ανανεώσιμος.

Σε σχέση με τη φυσική κατάσταση στο περιβάλλον:

- Υδατικοί πόροι επιφανειακοί
- Υδατικοί πόροι υπόγειοι

Σε σχέση με την πρακτική δυνατότητα αξιοποίησής ή αναρρυθμίσεώς τους:

- Υδατικοί πόροι φυσικοί ή δυνητικοί
- Υδατικοί πόροι εξερευνησιμοί

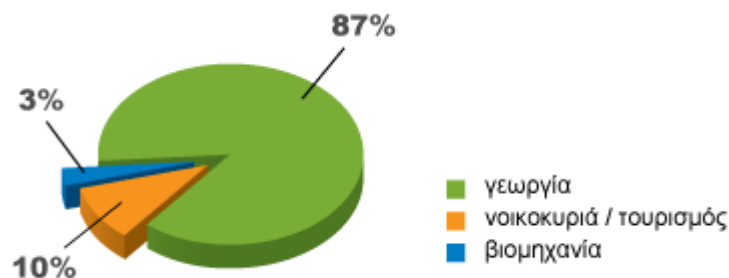
Σε σχέση με την επάρκεια του νερού, σε συνδυασμό με τα φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά του, που προσδιορίζουν τη χρήση του, τα νερά ταξινομούνται σε ποιοτικές κατηγορίες.

Ανανεώσιμοι επιφανειακοί και υπόγειοι υδατικοί πόροι

Η διάκριση των ανανεώσιμων υδατικών πόρων σε επιφανειακούς και υπόγειους δεν έχει παρά μια θεωρητική έννοια, αν προοιμιάζονται μεταξύ τους ως δύο συνιστώσες της συνολικής ροής.

Ανανεώσιμοι υδατικοί πόροι (υπόγεια νερά)

Δεν πρέπει να προστίθενται στους ανανεώσιμους υδατικούς πόρους, χωρίς μνεία μιας διάρκειας ισχύος της συνθεώρησής αυτής. Η έννοια των μη ανανεώσιμων υδατικών πόρων, συνδεδεμένη με απολήψεις από αποθέματα, είναι ανεξάρτητη από το ποσοστό της φυσικής αναπλήρωσής (ανανέωσής) του αποθέματος από τη φυσική συνολική ροή. Η έκφραση «στατικοί πόροι» ή «πεπερασμένοι πόροι», χρησιμοποιούμενη, πολλές φορές, για την υπογράμμιση των μη ανανεώσιμων υδατικών πόρων, είναι ασαφής ή διφορούμενη, στο μέτρο που εισάγει σύγχυση με τα αποθέματα λίγο ή καθόλου ανανεούμενα (μη τροφοδοτούμενοι, φυσικώς ή τεχνητώς, υδροφόροι ορίζοντες). Το τμήμα όγκου νερού, αφαιρούμενου από το απόθεμα στο οποίο ανήκει, αντιστοιχεί σε μια συγκεκριμένη ελάττωση του αποθέματος, συνιστά μη ανανεώσιμους πόρους, ακόμα και αν αυτό το απόθεμα είναι πολύ ανανεούμενο από τη φυσική ροή αφίξεων, των οποίων η μέση τιμή είναι σταθερή. Οι μη ανανεώσιμοι υδατικοί πόροι δεν περιορίζονται στην περίπτωση των υπό πίεση υδροφόρων οριζόντων, στους οποίους η φυσική αναπλήρωση δεν είναι εύκολη, λόγω της καλύψεώς τους από το, σχετικώς, αδιαπέραστο στρώμα. Επεκτείνονται και στην περίπτωση ενός μέρους των ελευθέρων υδροφόρων οριζόντων, οι οποίοι, γενικώς, είναι πολύ πιο ανανεούμενοι.

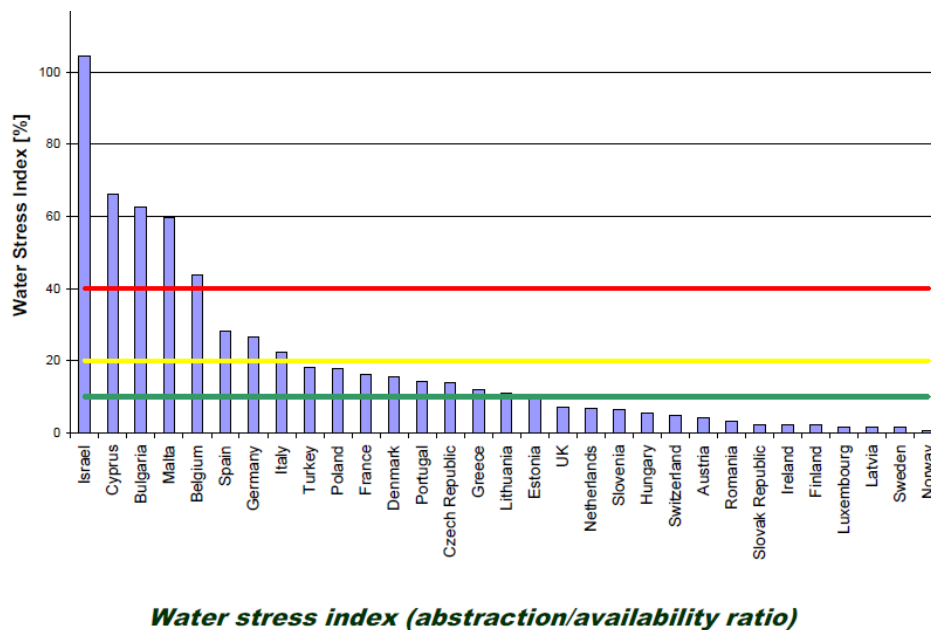


Σχήμα 2-1: Ενδεικτική κατανάλωση νερού από τους κύριους καταναλωτές

Σε αντίθεση με τους φυσικούς ή εν δυνάμει υδατικούς πόρους, που δεν αντιπροσωπεύουν παρά μια θεωρητική έννοια, οι εκμεταλλεύσιμοι υδατικοί πόροι αντιπροσωπεύουν ποσότητες νερού, που μπορούν να γίνουν αντικείμενο διαχείρισεως και απολήψεως, σε δεδομένες τεχνικές και οικονομικές συνθήκες. Είναι αυτοί, επομένως, που, πέραν θεωρητικών υπολογισμών, προσεγγίσεων ή αποθεμάτων ασφαλείας, μπορούν να μπουν σε καθεστώς υδατικής διαχείρισεως, να διοχετευθούν στις διάφορες υδατικές χρήσεις. Ο ορισμός τους είναι, επομένως, σχετικός με ποικίλα κριτήρια, που, με τη σειρά τους, εξαρτώνται, επίσης, από τα φυσικά χαρακτηριστικά της υδατικής προσφοράς του περιβάλλοντος και από τις υπάρχουσες, προς κάλυψη, ανάγκες. Είναι, παρ' όλα αυτά, κλασική, αλλά τεχνητή, η διάκριση των τεχνικών και οικονομικών κριτηρίων, για τον ορισμό και διάκριση των μετακινήσιμων και χρησιμοποιήσιμων (υδατικών) πόρων, όπως αυτοί ορίστηκαν από το Γαλλικό BRGM\* (ERHARD).

\* Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Υπηρεσία του Υπουργείου Βιομηχανίας της Γαλλίας,

στην οποία υπάγεται η Γαλλική Εθνική Γεωλογική Υπηρεσία. Υπηρεσία με τεράστια επιστημονική και εφαρμοσμένη προσφορά στη Γαλλία, αλλά και στη διεθνή επιστημονική κοινότητα και στον κόσμο ολόκληρο.



Σχήμα 2-2 : Σχέση διαθέσιμων / ζητούμενων υδάτινων αναγκών στην Ευρώπη

Εκμεταλλεύσιμοι υδατικοί πόροι: Μετακινήσιμοι και χρησιμοποιήσιμοι

Η έννοια, επομένως, της εκμεταλλευσιμότητας του φυσικού πόρου επαναδιατυπώνεται με βάση τις ισχύουσες πρακτικές, των τεχνητών διευθετήσεων και τις αντιθέσεις στις ενδεχόμενες υδατικές χρήσεις.

Οι μετακινήσιμοι υδατικοί πόροι είναι, γενικώς, οι επιλεγμένοι προς μετακίνηση στην κατανάλωση, λαμβάνοντας υπ' όψη τις τεχνικές αντιθέσεις που περιορίζουν τη διευθέτηση και αναρρύθμιση των φυσικών πόρων. Εδώ, κυριαρχεί η δυνατότητα ελέγχου των ροών, σε συνάρτηση με τη θέση των φραγμάτων των προσφερομένων υδατικών συγκεντρώσεων. Επιφανειακώς, διακρίνονται σε:

- Πόρους σχεδόν διαρκείς και περιορισμένους, μετακινούμενους με τη βοήθεια υδροληψιών, που αντιστοιχούν σε περιορισμένες εκροές της περιόδου χαμηλών υδάτων, περιλαμβανόμενους ανάμεσα στο μικρό μέγεθος της παροχής και στην ίδια την ύπαρξή της.
- Πόρους μεταβλητούς, μετακινούμενους από διευθέτηση και αναρρύθμιση, διακρινόμενους σε κατηγορίες, αναλόγως των αποθηκευμένων όγκων προς διευθέτηση, σε συνάρτηση με τη συχνότητα των εκροών (αναρρύθμιση ετήσια, υπερετήσια κ.λπ.).

Μια αντίθεση σημειώνεται, πολλές φορές, που περιορίζει, ουσιαστικώς, τους μετακινούμενους υδατικούς πόρους. Πρόκειται για τη δυνατότητα συμβιβασμού των δύο ρόλων, που ζητά ο άνθρωπος από την επιφανειακή απορροή, το ρόλο του αγωγού τροφοδοσίας μιας δεξαμενής αποθηκεύσεως και το ρόλο του παροχετευτή της περίσσιας του υδατικού δυναμικού. Σε ορισμένες περιπτώσεις, πρόκειται για απαίτηση, που επεκτείνεται και στην υπόγεια απορροή (υδροφόροι ορίζοντες). Η απαίτηση αυτή εμφανίζεται και μεταβάλλεται αναλόγως της δομής του υδρογραφικού δικτύου, του καθεστώτος απορροής και κατακρημνισμάτων, καθώς και του καθεστώτος υδροληψιών και επανατροφοδοσίας. Στην περίπτωση των εκτεταμένων υδρολογικών λεκανών, η επανακινητοποίηση του υδατικού δυναμικού μπορεί να οδηγήσει σε υπερβάσεις μέχρι και 100% του διαθέσιμου, προς εκμετάλλευση, νερού. Η έννοια, επομένως, των κινητοποιήσιμων υδατικών πόρων αποκτά μια διευρυμένη σημασία κι αποδεικνύει την ισχυρή συσχέτισή της με το καθεστώς των χρήσεων και των μεταβολών τους.

Σε σχέση με την τεχνολογία της κάθε εποχής, οι υδατικοί πόροι διακρίνονται και σε:

- συμβατικούς υδατικούς πόρους, χρησιμοποιούμενους με τεχνικές κινητοποιήσεως γνωστές και αποδεδειγμένες
- μη συμβατικούς υδατικούς πόρους, χρησιμοποιούμενους από την εξέλιξη των τεχνικών κινητοποιήσεως, πειραματικών τεχνικών ή κατ' εξαίρεση χρήσεων.

Η κατηγορία αυτή η περιλαμβάνει αρκετές περιπτώσεις, όπως π.χ.

- της αφαλατώσεως του θαλασσινού νερού
- της μείωσης των απωλειών από εξάτμιση
- της τροποποίησης του λόγου απορροή/κατείδυση
- μη συμβατικών διαδικασιών, όπως η τεχνητή βροχή.

Οι χρησιμοποιούμενοι υδατικοί πόροι, λαμβάνουν υπ' όψη, μεταξύ άλλων, οικονομικές ή κοινωνικοοικονομικές αντιθέσεις: αντιθέσεις οικονομικές, που μπορούν να καθορίσουν το εφικτό των υδραυλικών διευθετήσεων, εφικτών από τεχνικής πλευράς. Αντίθεση, σχετική με το μέγιστο αποδεκτό ή θεωρούμενο αποδεκτό κόστος αντιθέσεις κοινωνικές, που εμποδίζουν την υλοποίηση υδραυλικών διευθετήσεων, τεχνικώς εφικτών αντιθέσεις που επιβάλλονται σε υδροληπτικές χρήσεις, από επιλογές μεταξύ αυτών και των επί τόπου (in situ) χρήσεων, που απαιτούν τη διατήρηση μιας ελάχιστης υδατικής ποσότητας σε συγκεκριμένα τμήματα της απορροής αντιθέσεις οικολογικές, που απαιτούν, εξ ίσου, τη διατήρηση ελαχίστων παροχών\* για να μην εμποδίζεται ο φυσικός ρόλος του νερού, κυρίως στα υδατικά οικοσυστήματα

Υπενθυμίζεται μια σημαντική κατάκτηση του υπεύθυνου οικολογικού κινήματος, το να θεωρείται, δηλαδή, ως χρήση νερού μια, κατά περίπτωση, ελάχιστη παροχή ποταμού ή ελάχιστη στάθμη λίμνης. Η διατύπωση αυτή υπάρχει και στη σύγχρονη Ελληνική και Ευρωπαϊκή νομοθεσία.

Οι επαναχρησιμοποιούμενοι υδατικοί πόροι αποτελούν, τέλος, μια ιδιαίτερη κατηγορία, που εξαρτάται από το, κάθε φορά, κοινωνικό, οικονομικό και τεχνολογικό επίπεδο και πρέπει να εκτιμούνται και να υπολογίζονται ξεχωριστά.

- Υδατικές ανάγκες

Αντιπροσωπεύουν όγκους διαθέσιμου νερού, επαρκείς σε ποσότητα και κατάλληλους σε ποιότητα, για την ικανοποίηση των χρήσεων, που επιβάλλουν οι ανθρώπινες δραστηριότητες. Οι ανάγκες σε νερό έχουν ένα χαρακτήρα απόλυτο και αυτόνομο, προσδιοριζόμενες από τεχνολογικό στάδιο και το υπάρχον ή επιδιωκόμενο οικονομικό και δημογραφικό επίπεδο. Σημαίνουν σταθερή, μεταβλητή ή ασυνεχή παροχή για την κάλυψη ειδικών χρήσεων. Η χρήση νερού είναι η εφαρμογή μιας ή περισσότερων ικανοποιήσεων αναγκών, ενώ, η χρησιμοποίηση νερού είναι η μετατροπή του σε χρήσιμο, από οικονομικής, παραγωγικής, καταναλωτικής κ.α. πλευράς για να επιτευχθεί η χρήση του.

- Υδατικές απαιτήσεις

Οι υδατικές απαιτήσεις, θεωρούμενες με την οικονομική έννοια της απαιτήσεως, προσδιορίζονται, αρχικώς, σε σχέση με τις υδατικές χρησιμοποιήσεις, που τις αιτιολογούν ως αναγκαίες απαιτήσεις και/ή συγκεκριμένους υδατικούς προορισμούς. Σε αντιπαράθεση με την υδατική προσφορά, που καθορίζουν οι υδατικοί πόροι, προσδιορίζονται ως απαιτήσεις εκμεταλλεύσεως ή απαιτήσεις υδροληψίας.

#### Κόστος και αξία του νερού

Στην κλίμακα ενός υδατικού συστήματος (υδατικού πόρου και χρησιμοποιήσεως), ο προσδιορισμός των εκμεταλλεύσιμων υδατικών πόρων εισάγει μια τεχνικοοικονομική αντίθεση ανάμεσα στο προσφερόμενο υδατικό δυναμικό και στη δομή των υπαρχουσών ή προβλεπόμενων απαιτήσεων. Αν η έννοια των χρησιμοποιήσιμων πόρων φαίνεται να αντανάκλα, σχεδόν ετυμολογικός, την οικονομική άποψη του χρήστη, η έννοια των μετακινήσιμων πόρων βρίσκει την προέλευσή της στην άποψη του υδραυλικού διευθετητή. Δεν μένουν, παρά οι αποφάσεις, είτε για υδραυλική διευθέτηση, είτε για χρησιμοποίηση, με κριτήρια το κόστος και την αξία του νερού. Στο σημείο αυτό, όμως, παρεμβαίνει με τρόπο αποφασιστικό η επίπτωση στο κόστος του νερού από το κόστος της περιβαλλοντικής διατηρήσεως ή αποκαταστάσεως, όταν επιδιώκεται, βεβαίως.

Με ένα γενικό τρόπο και από οικονομικής πλευράς θεωρήσεως, το κόστος του νερού προσδιορίζεται στο επίπεδο μιας διαχειριστικής μονάδας και της άμεσης (εσωτερικό κόστος) ή έμμεσης (εξωτερικό κόστος) επιπτώσεως της ιδιαίτερης οικονομικής δραστηριότητας της μονάδας αυτής. Αυτός είναι ο λόγος που το κόστος του νερού διαφέρει από τόπο σε τόπο, ακόμα και μέσα στο ίδιο κράτος. Στην περίπτωση άμεσης υδροληψίας ο διαχειριστής προκαλεί μια άμεση επίπτωση στο φυσικό περιβάλλον και η επίπτωση αυτή μεταφράζεται, σε ένα εσωτερικό οικονομικό σχέδιο, ως καθαρό κόστος εκμεταλλεύσεως ή καθαρό κόστος παραγωγής, που εξαρτάται, κυρίως, από τα χαρακτηριστικά του υδατικού πόρου (προσφοράς). Όταν τα χαρακτηριστικά του υδατικού πόρου δεν αντιστοιχούν στα ανάλογα των υδατικών απαιτήσεων (αποκλίσεις τοποθεσίας, μεταβλητότητας της διαθέσιμης παροχής στο χρόνο, ποιότητας), το εσωτερικό κόστος αυξάνεται κατά τις συνιστώσες, που αντιστοιχούν στο κόστος προσαρμογής (κόστος μεταφοράς, αποθηκεύσεως, επεξεργασίας), το οποίο, για μια δεδομένη προσφορά, εξαρτάται, κυρίως, από τα χαρακτηριστικά της ειδικής απαιτήσεως. Το εξωτερικό κόστος είναι η αποτίμηση των αρνητικών (έστω και με επιφυλάξεις) επιπτώσεων, λίγο ή πολύ διαφορετικών, προκαλούμενων από τον τρόπο υδροληψίας ή από τον τρόπο χρήσης, σε σχέση με το φυσικό περιβάλλον ή σε σχέση με άλλους χρήστες του ίδιου υδατικού πόρου. Η διεθνοποίηση του εξωτερικού κόστους,



επομένως η τεχνητή ολοκλήρωση των μορφών εσωτερικού κόστους, μπορεί να πραγματοποιηθεί, ιδιαίτερα στις περιπτώσεις διασυνοριακών ή διακρατικών υδατικών πόρων, με την πρακτική των πρόωρων συγκρούσεων στο επίπεδο υδροληψίας, καταναλώσεως, ρυπάνσεως κ.α. Ωστόσο, οι εξωτερικές επιπτώσεις της διαχειριστικής δράσης στο περιβάλλον δεν είναι πάντα αρνητικές και δεν μεταφράζονται, πάντα, σε κόστη, αλλά, μερικές φορές, σε έμμεσα πλεονεκτήματα, που, συνήθως, δεν υπαισέρχονται λογιστικώς. Στην περίπτωση της έμμεσης υδροληψίας, ένας ενδιάμεσος παράγοντας, τουλάχιστον αυτός που έχει ως αντικείμενο την παραγωγή και τη διανομή του νερού, τοποθετείται ανάμεσα στο φυσικό περιβάλλον και το χρήστη. Στην περίπτωση αυτή, το νερό είναι το αντικείμενο μιας ανταλλακτικής σχέσης ανάμεσα στον παραγωγό και το χρήστη. Η ανταλλαγή αυτή βασίζεται στη θεώρηση του κόστους ανταλλαγής ή ανταλλακτικού κόστους.

Η τιμή του νερού, εκφρασμένη μονεταριστικώς κατά μονάδα όγκου ή, πιο σπανίως, κατά μονάδα ροής, συνδέεται με μια εμπορική ανταλλαγή ανάμεσα στον πωλητή (προμηθευτή) και τον αγοραστή (καταναλωτή), σε μια ελεύθερη αγορά, ανταγωνιστική ή όχι. Η έννοια της αγοράς του νερού προϋποθέτει την ύπαρξη, τουλάχιστον ενός ενδιάμεσου οικονομικού παράγοντα (παραγωγός, διανομέας) ανάμεσα στο περιβάλλον (υδατικός πόρος) και το χρήστη (απαιτητής). Στην πραγματικότητα, υπαισέρχονται πολύπλοκες εμπορικές ανταλλαγές ανάμεσα στο παραγωγό-διανομέα και στον χρήστη-καταναλωτή, που χαρακτηρίζονται από έναν πόρο μεταβληθέντα, στο βαθμό που η χρήση του υδατικού πόρου επιφέρει σ' αυτόν, σημαντικές έως μη αντιστρεπτές μεταβολές. Στο πλαίσιο της πολιτικής οικονομίας, διαμορφώνονται οι ποικίλες σχετικές παράμετροι, όπως η μέση τιμή, η τιμή πωλήσεως, οι σχέσεις κόστους-τιμής, η τιμή ελεύθερης διαχείρισεως ή ελεύθερης χρήσης κ.α. Σε κάθε περίπτωση, η σύγκριση της τιμής, σε σχέση με το κόστος στηρίζεται στη θέση του τοπικού υδατικού καθεστώτος στη δομή του καθεστώτος καταναλώσεως και στην προσέγγιση του προσδιορισμού της τιμής με τη χρήση του λόγου ετήσια δαπάνη νερού κατά κεφαλή / ετήσιο όγκο νερού χρησιμοποιούμενο κατά κεφαλή («κατά κεφαλή» θεώρηση) ή του λόγου ετήσια δαπάνη νερού κατά νοικοκυριό / ετήσιος όγκος νερού χρησιμοποιούμενος κατά νοικοκυριό («κατά νοικοκυριό» θεώρηση. Εννοείται ότι, όλα τα παραπάνω, αφορούν στο σύνολό τους νερό υδρεύσεως, καθώς τα νερά για άλλες χρήσεις (άρδευση, βιομηχανία κ.α.) ενδέχεται να εισέρχονται σε καθεστώς διαχείρισεως και υπό άλλες συνθήκες. Επίσης, στη θεώρηση αυτή, δεν περιλαμβάνονται, όπως είναι ευνόητο, τα εμφιαλωμένα νερά, έστω και αν πρόκειται για υδρευτικά νερά.

#### Σύγκρουση υδατικών απαιτήσεων – υδατικών πόρων

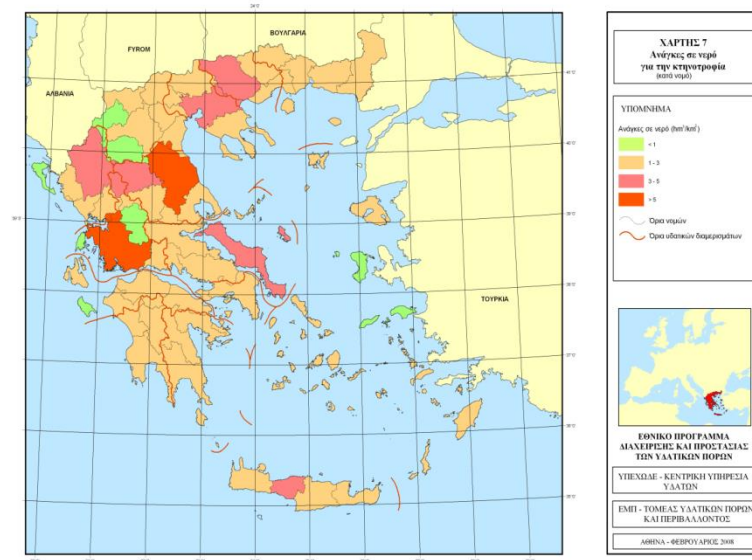
Η εννοιολογική σύγκρουση μεταξύ των υδατικών απαιτήσεων και της υδατικής προσφοράς (χαρακτηριστικά δεδομένων υδατικών πόρων) έχει την έννοια της σύγκρισης (ποιοτικώς και ποσοτικώς) των πραγματικών υδατικών απαιτήσεων των συγκεκριμένων υδατικών χρήσεων και του συστήματος των πόρων. Η σύγκρουση αυτή, για τους εκμεταλλεύσιμους υδατικούς πόρους, εξυπηρετεί κυρίως τον προσδιορισμό της επάρκειας των πόρων και συνεπώς την αποκάλυψη των προβλημάτων από μια ενδεχόμενη έλλειψη νερού.

Η χωρική θεώρηση του θέματος της επάρκειας, σε περιφερειακή ή εθνική κλίμακα, εισάγει την έννοια των διαθεσίμων υδατικών αποθεμάτων. Τα αποθέματα αυτά, σε τοπική κλίμακα αντιπροσωπεύουν τους πόρους μείον την υδροληψία και, σε εθνική ή κλίμακα λεκάνης απορροής, τους πόρους μείον τις καταναλώσεις. Αυτό συμβαίνει, γιατί σύμφωνα με την επιλεχθείσα διαδικασία υπολογισμού, οι πολλαπλές χρήσεις ή επαναχρησιμοποιήσεις ποσοτήτων νερού πρέπει ή να προστίθενται στους πόρους ή να επαναχαράζουν την πολιτική των υδροληψιών. Σε κάθε περίπτωση, στα διαχειριστικά προγράμματα είναι απαραίτητη η διάκριση ανάμεσα στον όρο μεταφορά νερού (μεταφορά από λεκάνη ή υπολεκάνη σε άλλα), τροποποιώντας την περιφερειακή κατανομή των φυσικών και κινητοποιήσιμων φυσικών πόρων και της προσθήκης νερού μεταφορά νερού από ένα χώρο υδροληψίας σε ένα προσδιορισμένο χώρο χρήσης (Δεξαμενές ύδρευσης).

Η χρονική θεώρηση του θέματος συγκρίνει τις μέσες τιμές των υδροληψιών με τους εκμεταλλεύσιμους υδατικούς πόρους, μια διαδικασία η οποία καθιστά δυσδιάκριτες τις επιπτώσεις των μεταβολών στο χρόνο αμφοτέρων. Οι μεταβολές αυτές προσδιορίζονται από τις προσωρινές ανεπάρκειες και τις συνδεδεμένες, ετήσιες ή εποχικές, προβληματικές συνθήκες, είτε με ανεπάρκεια της προσφοράς (ξηρασία), είτε με τις υπεραιτητήσεις. Απαιτείται επομένως ο προσδιορισμός των ελαχίστων τιμών των εκμεταλλεύσιμων πόρων για ένα δεδομένο και αποδεκτό χρονικό διάστημα, οι διευθετήσεις στο επίπεδο αναρρύθμιση του δείκτη τοπικής εκμετάλλευσης (σύνολο υδροληψιών/φυσικοί πόροι), του δείκτη περιφερειακής εκμετάλλευσης (σύνολο καταναλώσεων/φυσικοί πόροι), καθώς και άλλων παραμέτρων, απαραίτητων για τη σωστή διατύπωση ενός σωστού και βιώσιμου προγράμματος υδατικής διαχείρισης.

Εξετάζοντας το νερό ως φυσικό πόρο στο πλαίσιο της υδατικής επάρκειας, είναι απαραίτητο να διαχωριστούν δύο έννοιες διαφορετικές μεταξύ τους, που όμως συγχέονται ενίοτε και από επιστήμονες ή υπεύθυνους πολιτικών αποφάσεων και εφαρμογών (τους επονομαζόμενους, διεθνώς decision makers). Η πρώτη έννοια είναι αυτή της ανομβρίας ή ξηρασίας, δηλαδή της , είτε άμεσης (βροχοπτώσεις), είτε έμμεσης (επιφανειακή και

υπόγεια παροχή), μειωμένης προσφοράς νερού στο περιβάλλον, συγκρινόμενη με μετρήσεις χρονοσειρών και θεωρούμενους μέσους όρους. Η δεύτερη έννοια είναι αυτή της λειψυδρίας, που έχει να κάνει με το μειωμένο διαθέσιμο υδατικό δυναμικό, σε σχέση με την υπάρχουσα ή προβλεπόμενη χρήση. Η λειψυδρία μπορεί να είναι αποτέλεσμα της ανομβρίας (περίπτωση κατά την οποία ταυτίζονται ποσοτικός οι δύο έννοιες). Μπορεί όμως να προκύπτει σε εποχή κανονικής ή και μεγαλύτερης από το μέσο όρο προσφοράς νερού, και να οφείλεται, είτε σε κακή υδατική διαχείριση, είτε σε κακούς προγραμματισμούς χρήσεων, χρήσεων που δεν μπορούν να καλυφθούν από το διαθέσιμο υδατικό δυναμικό.



Σχήμα 2-3: Ανάγκες σε νερό για κτηνοτροφία (ΥΠΕΧΩΔΕ)

Σημαντική παράμετρος σε θέματα διαθεσιμότητας υδάτινων πόρων είναι η τομεακή κατανάλωση. Ο μεγαλύτερος καταναλωτής σε παγκόσμιο επίπεδο είναι ο γεωργικός τομέας. Η εξέλιξη της κατανάλωσης για την κάλυψη των αναγκών στην γεωργία ακολούθησε εκθετική αύξηση. Το έτος 2025 εκτιμάται ότι η κατανάλωση ύδατος στον τομέα της γεωργίας θα ξεπεράσει 3.000 m<sup>3</sup>, ποσότητα εξαπλάσια σε σχέση με το επίπεδο κατανάλωσης των αρχών του 20ου αιώνα. Ο τομέας της βιομηχανίας κατατάσσεται δεύτερος αναφορικά με τις ποσότητες κατανάλωσης και ακολουθεί σταθερό ρυθμό αύξησης. Οι εκτιμήσεις σχετικά με την κατανάλωση στον βιομηχανικό τομέα σε παγκόσμιο επίπεδο το έτος 2025 είναι της τάξης των 1.000 m<sup>3</sup> νερού. Σημαντική αναμένεται να είναι και η αύξηση στην οικιακή χρήση που διαχρονικά παραμένει ο μικρότερος τομεακός καταναλωτής.

Η έλλειψη υδάτινων πόρων επιδρά ήδη στο 1/3 της εδαφικής επικράτειας της ΕΕ και σε τουλάχιστον 100 εκατομμύρια κατοίκους της. Στην ετήσια έκθεση του European Environment υπερβολική κατανάλωση ύδατος από κάποιες χρήσεις προκαλεί κίνδυνο για την κάλυψη των αναγκών των υπόλοιπων χρήσεων (ΕΕΑ 2009). Το αποτέλεσμα είναι να πυκνώνουν οι αναφορές για μειωμένη στάθμη υδάτων σε λίμνες και υπόγεια νερά όπως και η μειωμένη απορροή ποταμιών, με επιπτώσεις στο περιβάλλον. Επιπλέον η έκθεση σημειώνει ότι αυξάνονται τα περιστατικά υφαλμύρωσης παράκτιων υδροφόρων στην ευρωπαϊκή επικράτεια, μειώνοντας έτσι τα υδάτινα διαθέσιμα αποθέματα προς κατανάλωση. Χαρακτηριστικές περιπτώσεις λειψυδρίας αποτελεί το πρόβλημα των νησιών, ιδιαίτερα των μικρών, αλλά και του λεκανοπεδίου της Αττικής. Πολλά νησιά (π.χ. Κυκλάδες), παρά το γενικά μειωμένο ύψος ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων, τη μικρή έκταση (άρα και τις μικρές δυνατότητες υδατικών συγκεντρώσεων) και τη μεγάλη θερμοκρασία και ηλιοφάνεια (άρα και την υψηλή εξάτμιση), διαθέτουν στο παρελθόν επαρκείς υδατικούς πόρους για τις ανάγκες τους.

Για τον λόγο αυτό, πολλά από αυτά τα νησιά είχαν παλιά και την ονομασία Υδρούσα. Οι αλλαγές των χρήσεων γης από γεωργία, κτηνοτροφία, αλιεία σε τουριστική βιομηχανία, η τρομακτική αύξηση πληθυσμού τους καλοκαιρινούς μήνες, οι αλλαγές στον τρόπο ζωής (συχνό πλύσιμο σώματος και ρούχων κ.λπ.) και η επέκταση των υδατικών χρήσεων (πισίνες, πλύση αυτοκινήτων, κήποι κ.λπ.), δημιουργούν τεράστια ζήτηση σε νερό, τέτοια που το υπάρχον υδατικό δυναμικό αδυνατεί να καλύψει, με ότι αυτό συνεπάγεται. Τα προβλήματα επιδεινώνονται από την ανισομερή κατανομή των βροχοπτώσεων, τόσο σε υπερετήσια και ενδοετήσια βάση, όσο και στο χώρο. Ανάλογης προέλευσης πρόβλημα εμφανίζεται και στο λεκανοπέδιο της Αττικής, στη μείζονα αστική περιοχή Αθηνών-Πειραιώς και υπόλοιπων δήμων. Εδώ βρισκόμαστε σε μια κατάσταση συνεχούς και συνεχώς διογκούμενης αστυφιλίας και οικιστικής, οικονομικής και διοικητικής συγκέντρωσης με αποτέλεσμα,

στο τέλος της δεύτερης χιλιετηρίδας, ο πληθυσμός του λεκανοπεδίου να έχει φτάσει ή να ξεπερνά το 40% του συνολικού πληθυσμού της Ελλάδας και οι οικονομικές δραστηριότητες στον ίδιο χώρο να φτάνουν το 70% της συνολικής οικονομικής δραστηριότητας.

Όσον αφορά την ποιότητα, αυτή διακρίνεται σε:

- ποιότητα προσφερόμενη, προσδιοριζόμενη από τα φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά του νερού στο φυσικό περιβάλλον του, σε γενικές γραμμές μεταβαλλόμενη με τη ροή και εξαρτώμενη από τις χρήσεις (κριτήριο των αναγκών για το φυσικό περιβάλλον)
- ποιότητα απαιτούμενη, εκφρασμένη, κάθε φορά, από τις προδιαγραφές που ισχύουν για κάθε υδατική χρήση και οι οποίες μεταβάλλονται στο χρόνο, σύμφωνα με τις ολοένα ανανεωνόμενες απόψεις της ιατρικής (ύδρευση), της βιοτεχνολογίας (άρδευση) ή της τεχνολογίας (βιομηχανική χρήση).

Με οικονομικά ή εμπορικά κριτήρια, μια ανάλογη διάκριση εμφανίζεται, με ρόλο, πολλές φορές, καθοριστικό, σε συνθήκες υδατικής επάρκειας ή υπερεπάρκειας και με στόχο την καλύτερη επιλογή των υδατικών πόρων για κάθε χρήση:

- κόστος προσφοράς, προσαρμοσμένο στο παθητικό των αναγκών (τόπος, καθεστώς, και ποιότητα)
- κόστος αναγκών, εκφρασμένο με διαφορετικές «αξίες νερού» (προστιθέμενη αξία, αξία χρήσης κ.λπ.)

Ένα σύστημα υδατικών πόρων (ένα υδατικό σύστημα εν χρήσει) συνθέτει το κατάλληλο περιβάλλον για τη διατύπωση και παρουσίαση του ποσοτικού υδατικού ισοζυγίου. Το ισοζύγιο αυτό ποσοτικοποιείται αναφερόμενο σε συγκεκριμένη χρονική διάρκεια. Οι υδατικοί πόροι μπορούν να υποδιαιρεθούν:

Σε σχέση με τη θεώρησή τους ως ροή ή ως απόθεμα:

- Υδατικοί πόροι ανανεώσιμοι ή δυναμικοί (ροή)
- Υδατικοί πόροι μη ανανεώσιμοι (απόθεμα)

Σε σχέση με την τεχνολογία της κάθε εποχής

- συμβατικούς υδατικούς πόρους, χρησιμοποιούμενους με τεχνικές κινητοποιήσεως γνωστές και αποδεδειγμένες
- μη συμβατικούς υδατικούς πόρους, χρησιμοποιούμενους από την εξέλιξη των τεχνικών κινητοποιήσεως, πειραματικών τεχνικών ή κατ' εξαίρεση χρήσεων. Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει αρκετές περιπτώσεις, όπως π.χ. της αφαλατώσεως του θαλασσινού νερού της μείωσης των απωλειών από εξάτμιση
- της τροποποίησης του λόγου απορροή/κατείδυση μη συμβατικών διαδικασιών, όπως η τεχνητή βροχή

Το σύνολο της ετήσιας ζήτησης νερού στη χώρα μας, με τις σημερινές συνθήκες, εκτιμάται σε 8.243 hm<sup>3</sup> (κυβικά εκατόμετρα, 1hm<sup>3</sup> = 100 m), από τα οποία το 83% αφορά στην άρδευση, το 1% στην κτηνοτροφία, το 13% στην ύδρευση και το 3% στη βιομηχανία και ενέργεια. Έτσι, η ζήτηση για γλυκό νερό ξεπερνά σε σημαντικό βαθμό την προσφορά. Για αυτό το λόγο, εδώ και μερικές δεκαετίες, έχει προκύψει η ανάγκη για την σχεδίαση και κατασκευή τεχνικών έργων συλλογής και αποθήκευσης νερού. Τα έργα αυτά αποκαλούνται τεχνητοί υδάτινοι πόροι.

Το νερό της επιφανειακής απορροής μπορεί να αξιοποιηθεί με τους εξής τρόπους:

- Με άμεση άντληση από την κοίτη του υδρογραφικού δικτύου, ενόσω ρέει, πριν καταλήξει
- στη θάλασσα.
- Με κατασκευή φραγμάτων στην τεχνητή λίμνη των οποίων αποθηκεύεται και από την οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί.
- Με τη χρησιμοποίησή του για τεχνητό εμπλουτισμό των υδροφόρων στρωμάτων.

Στην πρώτη περίπτωση η λύση είναι κατά κανόνα συμφέρουσα, όμως μπορεί να αξιοποιηθεί μόνο μικρό ποσοστό του επιφανειακού νερού. Εξάλλου η ζήτηση νερού είναι μέγιστη όταν η παροχή του υδρογραφικού δικτύου είναι ελάχιστη ή μηδενική. Άρα σε χώρες όπως η Ελλάδα δεν αποτελεί λύση σήμερα που απαιτείται αξιοποίηση όλου του υδατικού δυναμικού, ή πάντως μεγάλου τμήματός του.

Στη δεύτερη περίπτωση έχουμε στην Ελλάδα, στις άλλες παραμεσόγειες χώρες και σε όλο τον υπόλοιπο κόσμο κατασκευή φραγμάτων και χρησιμοποίηση του νερού από τις τεχνητές λίμνες τους και κατασκευή αφαλατώσεων.

Κατά την επιστημονική βιώσιμη διαχείριση υδατικών πόρων (ΔΥΠ) πρέπει να Επιδιώκονται οι ακόλουθη στόχοι:

- Διατήρηση της βιολογικής ποικιλομορφίας ( πρόληψη βλαβών στη φύση και άμεση προστασία σημαντικών βιολογικών ειδών)
- Διατήρηση και αναβάθμιση των υδατικών πόρων (μείωση υδατικής ρύπανσης)



- Διατήρηση της υγείας και ζωτικότητας των οικοσυστημάτων (πρόληψη, καταπολέμηση ασθενειών από βιοτικούς παράγοντες, υδραυλικά έργα και αποξήρανση)
- Δημογραφική σταθεροποίηση
- Παύση της υπερεκμετάλλευσης και του υποβιβασμού της στάθμης των υπογείων υδροφόρων οριζόντων
- Άμβλυση των κοινωνικών συγκρούσεων
- Ανάπτυξη ενός πλαισίου που θα εξασφαλίζει τη βιωσιμότητα (από άποψη τεχνική, οργανωτική και θεσμική)

Ανακυκλωμένο νερό:

Οι φυσικοί υδάτινοι πόροι μπορούν επίσης να συμπληρωθούν με την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων λυμάτων από εργοστάσια επεξεργασίας υγρών αποβλήτων και γκρίζου νερού, δηλαδή, τα λύματα από τα νοικοκυριά εκτός από αυτά της τουαλέτας.

Σε Ευρωπαϊκό επίπεδο, δεν υπάρχουν επίσημοι ορισμοί ή κατευθυντήριες γραμμές, που να αφορούν τη χρήση επεξεργασμένων λυμάτων. Αντίθετα, στην Ε.Ε. υπάρχει μια ανομοιότητα στις τεχνικές επαναχρησιμοποίησης, αλλά υπάρχουν τουλάχιστον δύο οδηγίες για το περιβάλλον, οι οποίες θίγουν το ζήτημα: (α) η Οδηγία για την Επεξεργασία Αστικών Λυμάτων (91/271/ΕΟΚ) καθορίζει ότι τα επεξεργασμένα λύματα θα επαναχρησιμοποιούνται όπου είναι εφικτό και (β) η Οδηγία Πλαίσιο Περί Υδάτων(2000/60/ΕΚ) αναφέρεται σε έλεγχο των εκπομπών και σε μέτρα αποδοτικότητας και επαναχρησιμοποίησης, μεταξύ άλλων, στην προώθηση τεχνολογιών ορθολογικής χρήσης νερού στη βιομηχανία και τεχνικών εξοικονόμησης νερού στην άρδευση.

Το ανακυκλωμένο νερό, το οποίο ονομάζεται επίσης επαναχρησιμοποιούμενο νερό, χρησιμοποιείται εδώ και χρόνια σε πολλά μέρη του κόσμου. Η Σιγκαπούρη, η Καλιφόρνια, η Φλόριδα, τα Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα και το Ισραήλ χρησιμοποιούν το ανακυκλωμένο νερό σαν σημαντικό μέρος της βελτίωσης της ασφάλειας της μελλοντικής ύδρευσης. Όταν επεξεργαστεί, όπως απαιτείται, το ανακυκλωμένο νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί ευρύτατα για άρδευση, βιομηχανικές διεργασίες (ψύξη), πότισμα πάρκων και γηπέδων γκολφ και στα νοικοκυριά (τουαλέτα, πλύσιμο αυτοκινήτου και πότισμα κήπου).

Σε μερικές περιοχές, το ανακυκλωμένο νερό χρησιμοποιείται για ανθρώπινη κατανάλωση, είτε άμεσα, είτε έμμεσα. Τα άμεσα πόσιμα ανακυκλωμένα λύματα χρησιμοποιούνται για πόση μετά από επεξεργασία. Η άμεση επαναχρησιμοποίηση για πόση δε χρησιμοποιείται για μεγάλης κλίμακας δημόσια δίκτυα ύδρευσης. Στην έμμεση επαναχρησιμοποίηση για πόση το επεξεργασμένο νερό εκφορτίζεται σε λίμνη, ποτάμι ή υπόγεια ύδατα πριν εξαχθεί και επεξεργαστεί ξανά για χρήση. Τα ανακυκλωμένα λύματα χρειάζονται ιδιαίτερη προσοχή και συχνά, δαπανηρή επεξεργασία για να κατασταθούν πόσιμα.

Το γκρίζο νερό είναι τα λύματα από τις ντουζιέρες, τις μπανιέρες, τους νιπτήρες, τα πλυντήρια και τις κουζίνες. Το γκρίζο νερό από τους νεροχύτες κουζίνας αποφεύγεται, καθώς είναι πιο μολυσμένο. Το γκρίζο νερό μπορεί να συλλεχθεί, να αποθηκευτεί και να χρησιμοποιηθεί για τις τουαλέτες και το πότισμα των κήπων (μη βρώσιμα φυτά).

#### ΓΙΑ ΤΗΝ ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗ ΤΩΝ ΥΔΑΤΙΝΩΝ ΠΟΡΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Η Ελλάδα διαιρείται σε 14 υδατικά διαμερίσματα 7 βάσει του Ν.1739/1987 (ΦΕΚ Α/201/20.11.1987) (βλ. σχήμα 2.1.). Η διαίρεση αυτή βασίστηκε στη διάταξη των λεκανών απορροής στο χώρο και σε γενικότερες υδρολογικές - υδρογεωλογικές συνθήκες. Όπως είναι γνωστό, η διαίρεση της χώρας στα 14 υδατικά διαμερίσματα αποκλίνει από την διοικητική της διαίρεση στις 13 "Περιφέρειες Προγραμματισμού και Συντονισμού της Περιφερειακής Ανάπτυξης" που είχε θεσμοθετηθεί με το Π.Δ. 51/87(ΦΕΚ Α/26/6.3.87)



Σχήμα 2-4: Υδατικά Διαμερίσματα στην Ελλάδα

Οι αρμοδιότητες όσον αφορά τους υδατικούς πόρους κατανέμονται ανά υπουργείο σύμφωνα με τα ακόλουθα:

*Το Υπουργείο Ανάπτυξης*

αποτελεί τον αρμόδιο φορέα για τη διαχείριση των υδατικών πόρων στην Ελλάδα και συγκεκριμένα για τη διαχείριση της ποσότητάς τους, αρμοδιότητα η οποία διαφοροποιείται από τις αρμοδιότητες για την προστασία των υδατικών πόρων από περιβαλλοντικής απόψεως, συμπεριλαμβανομένου του ελέγχου της ποιότητας των υδάτων, οι οποίες ανήκουν στο Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων (ΥΠΕΧΩΔΕ). Το Υπουργείο Ανάπτυξης αποτελεί τον αρμόδιο φορέα για τη διαχείριση των υδατικών πόρων μέχρι τη στιγμή που αυτοί κατανέμονται στους άλλους συναρμόδιους φορείς για τις διάφορες χρήσεις των υδάτων καθώς και για την κατανομή των ποσοτήτων νερού στις διάφορες ανταγωνιστικές του χρήσεις. Το ίδιο υπουργείο είναι επίσης υπεύθυνο για τη χρήση των υδάτων στον τομέα της βιομηχανίας και της ενέργειας καθώς και για την κατασκευή μεγάλων έργων υποδομής για την παροχή νερού. Αρμόδιος φορέας για την κατασκευή υδροηλεκτρικών φραγμάτων είναι η Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (ΔΕΗ).

*Το Υπουργείο Γεωργίας*

είναι αρμόδιο για την αγροτική χρήση των υδάτων (άρδευση, κτηνοτροφία, ιχθυοκαλλιέργειες, αρτοποιασκευή).

*Το Υπουργείο Εσωτερικών, Δημόσιας Διοίκησης και Αποκέντρωσης*

είναι αρμόδιο για την ύδρευση όλων των περιοχών της χώρας, πλην των πόλεων Αθηνών και Θεσσαλονίκης, για τα αποχετευτικά δίκτυα καθώς και για την κατασκευή μονάδων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων.

*Το Υπουργείο Πολιτισμού*

είναι αρμόδιο για τη χρήση των υδάτων σε αθλητικές δραστηριότητες.

*Ο Εθνικός Οργανισμός Τουρισμού*

είναι αρμόδιος για την ιαματική χρήση του νερού καθώς και για τη χρήση του σε δραστηριότητες αναψυχής.

*Το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων*

είναι υπεύθυνο, βάσει της σχετικής νομοθεσίας, για τη δέσμευση, έπειτα από την ικανοποίηση όλων των προαναφερομένων αναγκών και ανταγωνιστικών χρήσεων του ύδατος, ικανής ποσότητας νερού με σκοπό την προστασία και τη διατήρηση των υδατικών οικοσυστημάτων. Το ΥΠΕΧΩΔΕ επίσης είναι αρμόδιο για την εκτίμηση σημειακών των ρυπαντικών φορτίων, για την επιβολή και την εξασφάλιση της συμμόρφωσης με τα αντίστοιχα ποιοτικά όρια καθώς και για την εκπόνηση όλων των σχετικών διαδικασιών αδειοδότησης.

*Το Υπουργείο Εξωτερικών*

έχει την ευθύνη της διαπραγμάτευσης με τις όμορες χώρες και σε θέματα που αφορούν στην ροή ποταμών που διατρέχουν την Ελλάδα πηγάζοντας από γειτονικές χώρες.

*Το Υπουργείο Εμπορικής Ναυτιλίας*

έχει την υπευθυνότητα για το θαλάσσιο περιβάλλον και τις παράκτιες περιοχές.

*Το Υπουργείο Υγείας και Πρόνοιας*

είναι αρμόδιο για την εφαρμογή, από υγειονομικής απόψεως, των σχετικών κανονισμών για την ποιότητα του πόσιμου νερού (νερό ανθρώπινης κατανάλωσης).

Το Κράτος είναι υπεύθυνο για την παροχή των υπηρεσιών ύδρευσης και αποχέτευσης στις πόλεις των Αθηνών και της Θεσσαλονίκης. Αρμόδιες για την παροχή των υπηρεσιών αυτών είναι η ΕΥΔΑΠ για την Αθήνα, η οποία αποτελεί Νομικό Πρόσωπο Ιδιωτικού Δικαίου εποπτευόμενο από το ΥΠΕΧΩΔΕ, ενώ για τη Θεσσαλονίκη η ΟΥΘ, μία δημόσια επιχείρηση η οποία διαθέτει τομέα αρμόδιο για τα θέματα αποχέτευσης, τον ΟΑΘ. Από τις 3/11/1998, οι δύο Ανώνυμες Εταιρείες αρμόδιες για την ύδρευση και αποχέτευση της Θεσσαλονίκης, δηλαδή οι ΟΥΘ και ΟΑΘ αντίστοιχα, ενοποιήθηκαν υπό τον τίτλο ΕΥΑΘ (Εταιρεία Ύδρευσης & Αποχέτευσης Θεσσαλονίκης Α.Ε.). Η ΕΥΑΘ αποτελεί ιδιωτική εταιρεία που εποπτεύεται από το Υπουργείο Μακεδονίας-Θράκης. Η γενικότερη πολιτική υδατικών πόρων διαμορφώνεται σε εθνικό επίπεδο από την Διυπουργική Επιτροπή Υδάτων (ΔΕΥΔ), της οποίας ηγείται το Υπουργείο Ανάπτυξης.

Για τις πόλεις με πληθυσμό άνω των 10.000, έχουν συσταθεί δημοτικές επιχειρήσεις αρμόδιες για τη διαχείριση και παροχή των υπηρεσιών ύδρευσης και αποχέτευσης. Για τις μικρότερες πόλεις καθώς και για τις αγροτικές περιοχές, αρμόδιες για τις υπηρεσίες αυτές είναι απευθείας οι δημοτικές αρχές. Εκτός των μικρών μονάδων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων, δεν υπάρχει προς το παρόν καμία πρόβλεψη ή ενέργεια για την εμπλοκή του ιδιωτικού τομέα στην παροχή των υπηρεσιών αυτών.

Η διάρθρωση των αρμόδιων οργάνων αναφορικά με την αξιοποίηση και χρήση των υδατικών διαθέσιμων ξεκινά από τους τοπικούς οργανισμούς εγγείων βελτιώσεων (ΤΟΕΒ) που είναι υπεύθυνοι για τα τοπικά έργα. Επεκτείνεται δε στους Γενικούς Οργανισμούς Εγγείων Βελτιώσεων (ΓΟΕΒ) για μεγαλύτερα έργα. Η αρδευόμενη από συνεταιριστικά έργα έκταση αγγίζει το 40% της συνολικά αρδευόμενης. Οι ΤΟΕΒ είναι αυτοδιοικούμενοι οργανισμοί, που ιδρύθηκαν και λειτουργούν στη βάση των συνεταιριστικών επιχειρήσεων. Αρμοδιότητα τους η υλοποίηση και λειτουργία αρδευτικών και αποχετευτικών έργων. Διοικούνται από 5-μελές ή 7-μελές διοικητικό συμβούλιο που εκλέγεται από την γενική συνέλευση των αντιπροσώπων. Οι αντιπρόσωποι εκλέγονται από την γενική συνέλευση των μελών του τοπικού οργανισμού και οι οποίοι είναι ιδιοκτήτες εκτάσεων που επωφελούνται από τα συνεταιριστικά αρδευτικά έργα. Οι ιδιοκτήτες εκτάσεων που επωφελούνται των αρδευτικών έργων υποχρεώνονται στην καταβολή τελών που αφορούν στην κάλυψη των λειτουργικών και διοικητικών δαπανών. Σήμερα, 408 ΤΟΕΒ έχουν την αρμοδιότητα για τον προϋπολογισμό, τα διαμοιραζόμενα μερίδια και τις συνδρομές μεταξύ των ιδιοκτητών ή χρηστών των έργων και τη συλλογή των προσόδων μέσω αυτόνομων μηχανισμών ή ειδικών διαδικασιών μέσω της Αγροτικής Τράπεζας της Ελλάδας και των τοπικών ΔΟΥ.

Οι ΓΟΕΒ είναι ημι-κυβερνητικοί οργανισμοί, ορισμένοι από το Κράτος, με αρμοδιότητα συναφή έργα γενικότερης εμβέλειας σε σχέση με τα ΤΟΕΒ. Διοικούνται από 7-μελές διοικητικό Συμβούλιο (5 μέλη ορίζονται από την Κυβέρνηση και 2 μέλη εκλέγονται από τα συμμετέχοντα ΤΟΕΒ).

Σε λειτουργία σήμερα παράλληλα με τους 408 Τ.Ο.Ε.Β. βρίσκονται 10 Γ.Ο.Ε.Β. Πολλά από τα αρδευτικά έργα σχεδιάστηκαν και υλοποιήθηκαν 30-40 χρόνια πριν, βρίσκονται δε σε λειτουργία στη βάση της ίδιας

τεχνολογίας. Η επαναοριοθέτηση και ο εκσυγχρονισμός τους θα συντελέσει στη μείωση των απωλειών, και στον περιορισμό των στραγγιστικών υποδομών. Σε πολλές περιοχές της χώρας, το πρόβλημα εντείνεται από την

- θεσμική αδράνεια (γραφειοκρατία) και τις συντηρητικές αντιλήψεις και συμπεριφορές. Η μεταφορά τεχνογνωσίας και τεχνολογίας από άλλες χώρες με πιο βιομηχανοποιημένη γεωργία δεν αποτελεί την απόλυτη λύση, καθώς τόσο ο βαθμός πολυπλοκότητας, όσο και οι ενεργειακές απαιτήσεις και το μέγεθος κλίμακας των έργων αυτών δεν τα καθιστά πρόσφορες μορφές επένδυσης σε περιοχές που χαρακτηρίζονται από μικρές ιδιοκτησίες, χαμηλής τεχνολογικής εξέλιξης με πολύ διαφορετικά δεδομένα κεφαλαίων και απασχόλησης.

Η γεωργία στην Ελλάδα καθορίζεται από το φυσικό και κοινωνικό υπόβαθρο στο οποίο λειτουργεί και αναπτύσσεται. Σε γενικές γραμμές, οι αγροτικές εκμεταλλεύσεις είναι μικρής έκτασης και διαιρούνται σε ένα μεγάλο αριθμό μεριδίων με συμμετοχή μεγάλου ποσοστού του τοπικού εργατικού δυναμικού, κύρια σε εποχιακή βάση. Η πολλαπλή εργασιακή απασχόληση, οι μικρές εκμεταλλεύσεις, οι τοπικές αγορές (στις οποίες κατευθύνεται συνήθως ο κύριος όγκος της παραγωγής) και η σημαντική διακύμανση στο εισόδημα έχουν ενισχύσει την ανάπτυξη ενός προσαρμοσμένου μοντέλου γεωργικής παραγωγής, το οποίο είναι ικανό να απαντά στις αβεβαιότητες του φυσικού και κλιματικού περιβάλλοντος.

Σχετικά με την ύδρευση και την αποχέτευση με τον νόμο

-Υπάρχουσες και νέες αρμοδιότητες Δήμων με βάση το Ν.3463/2006 «Κώδικας Δήμων και Κοινοτήτων» και τους Ν.3852/2010 «Πρόγραμμα Καλλικράτης» - και συγκεκριμένα με το άρθρο

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ Ι – ΤΟΜΕΑΣ Γ' («Ποιότητα Ζωής & Εύρυθμη Λειτουργία των Πόλεων & των Οικισμών»)  
ΑΡΜΟΔΙΟΤΗΤΕΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ Ν. 3463/2006 (άρθρο 75)

*Η εξασφάλιση και διαρκής βελτίωση των τεχνικών και κοινωνικών υποδομών στις πόλεις και τα χωριά όπως η κατασκευή, συντήρηση και διαχείριση συστημάτων ύδρευσης, αφαλάτωσης, τηλεθέρμανσης, έργων ηλεκτροφωτισμού των κοινόχρηστων χώρων, η δημιουργία χώρων πρασίνου, χώρων αναψυχής, πλατειών και λοιπών υπαίθριων κοινόχρηστων χώρων.*

Η διαχείριση των υδάτινων πόρων ανατέθηκε στις δραστηριότητες των Δήμων, όπου δημιουργούν τις αντίστοιχες εταιρίες ΔΕΥΑ συντάσσουν τους αντίστοιχους «ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΥΣ ΥΔΡΕΥΣΗΣ - ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ» αναφέρουν ενδεικτικά

*Ο Κανονισμός Ύδρευσης Αποχέτευσης περιλαμβάνει γενικά τους όρους λειτουργίας των δικτύων Ύδρευσης Αποχέτευσης καθώς και του Βιολογικού Καθαρισμού, ρυθμίζει επίσης τις σχέσεις ΔΕΥΑ καταναλωτή. Ο παρών κανονισμός εφαρμόζεται στο σύνολο περιοχής ευθύνης της ΔΕΥΑ, όπως αυτή προκύπτει από την σχετική νομοθεσία. Αρμοδιότητα της όπως περιγράφεται και τον Ν.1069/80 είναι η κατασκευή, συντήρηση και αντικατάσταση των δικτύων ύδρευσης αποχέτευσης. Δίκτυα τα οποία κατασκευάστηκαν προ συστάσεως της ΔΕΥΑΑ περιέχονται αυτοδίκαια στην ιδιοκτησία της. Όσοι αγωγοί διέρχονται εντός ιδιοκτησιών αντικαθίστανται σταδιακά από νέους που κατασκευάζονται εντός δημοσίων οδών και έπειτα από σχετικό αίτημα που υποβάλλεται στη ΔΕΥΑΑ από τους ιδιοκτήτες των οικοπέδων. Η κατασκευή τους γίνεται στο πλαίσιο εφαρμογής και εκτέλεσης του τεχνικού προγράμματος της ΔΕΥΑΑ. Δεν προκύπτει καμία ευθύνη ή δεν εγείρεται καμία αξίωση αποζημίωσης της ΔΕΥΑΑ για το καθεστώς αυτό.*

*Δεν αποτελούν αρμοδιότητα της ΔΕΥΑΑ τα ρέματα ανοιχτά ή κλειστά, όπως προκύπτει και από την κείμενη νομοθεσία*

Το θεσμικό πλαίσιο των ΔΕΥΑ προσδιορίζεται στο Ν.1069/80 «Περί Κινήτρων για την Ίδρυση Δημοτικών Επιχειρήσεων Ύδρευσης Αποχέτευσης ( ΔΕΥΑ ) » και κατά κανόνα , καλύπτουν πόλεις με πληθυσμό άνω των 10.000 κατοίκων, εκτός Αττικής και Θεσσαλονίκης, όπου δραστηριοποιούνται η ΕΥΔΑΠ και η ΕΥΑΘ, αντίστοιχα. Οι Δημοτικές Επιχειρήσεις Ύδρευσης – Αποχέτευσης ( ΔΕΥΑ ) έχουν στην κυριότητά τους τα δίκτυα Ύδρευσης και είναι αρμόδιες για την μελέτη, κατασκευή, συντήρηση, εκμετάλλευση, διοίκηση και λειτουργία τους, σύμφωνα με το Ν.1069/80 ,όπως αυτός ισχύει κάθε φορά.

Για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της διαχείρισης των υδατικών πόρων η Ε.Ε. έχει θεσπίσει σημαντικά νομοθετικά εργαλεία όπως η Οδηγία - Πλαίσιο 2000/60 για μία κοινή πολιτική υδάτων στο χώρο της Ε.Ε., (ποταμών, λιμνών, παρακτίων και υπογείων υδάτων). Η Οδηγία 2000/60 η εφαρμογή της οποίας θα ολοκληρωθεί το 2015 δίνει προτεραιότητα στο πόσιμο νερό, καθιερώνει την αρχή "ο ρυπαίνων πληρώνει " και ενθαρρύνει όλους τους πολίτες να συμμετέχουν στην προστασία και διαχείριση των υδάτων. Η Οδηγία 2000/60 ενσωματώθηκε στο εθνικό δίκαιο με τον ν. 3199/2003.

Στόχος του νέου θεσμικού πλαισίου είναι ο εξορθολογισμός της υδατικής πολιτικής, η προσαρμογή της στην αρχή της αειφόρου ανάπτυξης και εναρμόνισή της με τις άλλες συναφείς πολιτικές με στόχο την προστασία περιβάλλοντος και την αναβάθμιση



της ποιότητας της ζωής των πολιτών της Χώρας μας. Είναι πλέον κοινή διαπίστωση ότι η προστασία του υδατικού περιβάλλοντος μπορεί να επιτευχθεί μόνο με την ενοποίηση πολιτικών και ενεργειών που μπορούν να συμβάλουν στη βελτίωση ποιότητας της του νερού.

Οι ΔΕΥΑ και γενικότερα οι επιχειρήσεις ύδρευσης αποχέτευσης της χώρας μας έχουν σημαντική ευθύνη, τόσο όσον αφορά στην προστασία και ορθολογική διαχείριση των υδατικών πόρων, όσο και στην προστασία της δημόσιας υγείας και την προστασία του περιβάλλοντος.

Οι ΔΕΥΑ έχουν προτείνει ένα Γενικό Σχέδιο Διαχείρισης των Υδατικών Πόρων της Χώρας , που βασίζεται σε σύγχρονα και αποτελεσματικά μέτρα που στοχεύουν :

Στην εφαρμογή Ενιαίας Διαχείρισης Υδατικών πόρων :

- α) Κεντρικά με τη δημιουργία Ενιαίου Δημόσιου Φορέα
- β) Περιφερειακά

Στη συστηματοποίηση και την επέκταση της συλλογής και επεξεργασίας βασικών δεδομένων ποσότητας ( διαθεσιμότητας και χρήσης ) και ποιότητας των υδάτων .

- Στην καθιέρωση , στην πράξη , του νερού ως εθνικού αγαθού, που θα ανήκει στο κοινωνικό σύνολο και θα εξυπηρετεί τις αναπτυξιακές ανάγκες του.
- Στην καθιέρωση ως υδατικών πόρων των προ-επεξεργασμένων εκροών υγρών αποβλήτων και άλλων περιθωριακών υδάτων, που είναι δυνατόν να επαναχρησιμοποιηθούν ή να ανακυκλωθούν.
- Στη θεσμοθέτηση ποιοτικών κριτηρίων κατά χρήση νερού, που θα λαμβάνει υπ' όψη της τη νομοθεσία της Ε.Ε
- Στον ορθολογικό προγραμματισμό των έργων υδατικών πόρων, σε ότι αφορά στη μελέτη, την αξιοποίηση και τη διαχείριση, όχι σε επίπεδο συνοικισμών, δήμων και νομών αλλά σε επίπεδο φυσικών ορίων πηγής και κυρίως υδρολογικής λεκάνης. Απόλυτη προτεραιότητα θα πρέπει να δοθεί στα συλλογικά έργα και φυσικά στα έργα ύδρευσης.
- Στη θεσμοθέτηση μέτρων προστασίας των υδατικών πόρων από τη ρύπανση και γενικά τις ανεπιθύμητες ποιοτικές μεταβολές του νερού, στα πλαίσια του Ν. 1650/86.
- Στον καθορισμό της ουσιαστικής συμμετοχής και του ρόλου των ΟΤΑ-ΔΕΥΑ ως βασικών μονάδων έργων αξιοποίησης , χρήσης και προστασίας υδατικών πόρων, στο νέο αποκεντρωμένο θεσμικό πλαίσιο, που θα παρέχει απόλυτη προτεραιότητα στην ύδρευση.

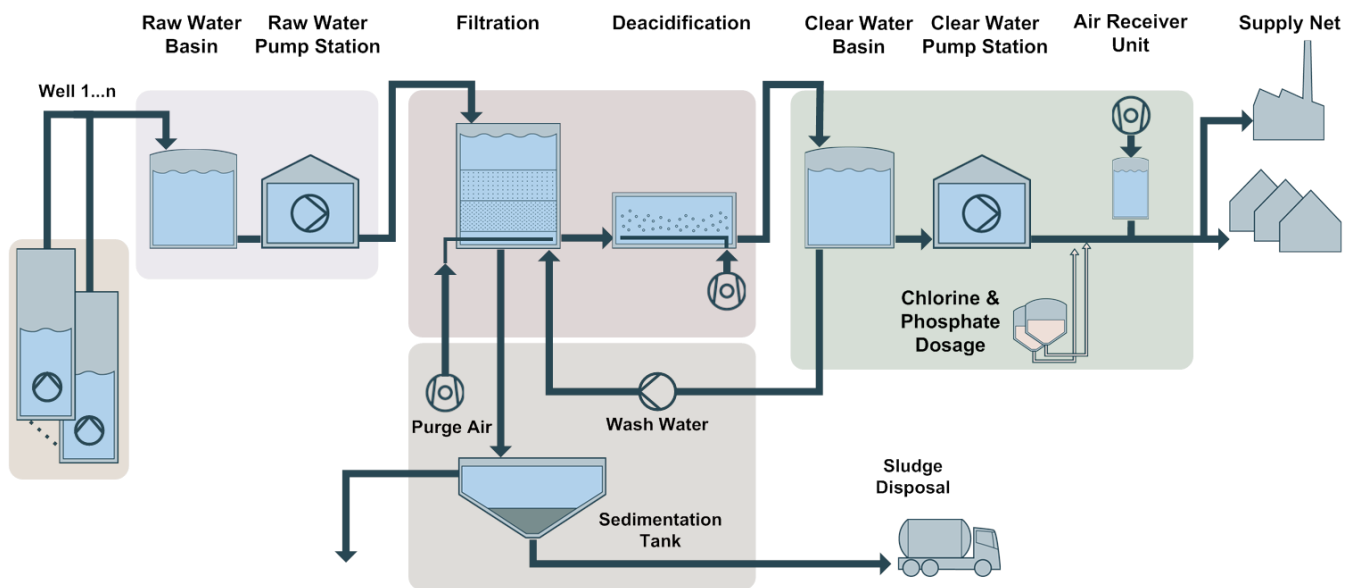
Σήμερα λειτουργούν 200 περίπου ΔΕΥΑ στη χώρα μας και καλύπτουν, με τις παρεχόμενες υπηρεσίες τους (ύδρευση - αποχέτευση - επεξεργασία λυμάτων) 3,5 εκ. κατοίκους.

**Κεφάλαιο 3 : ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ**

Όπως γίνεται εύκολα αντιληπτό από τα ανωτέρω η έννοια της διαχείρισης, από τεχνικής άποψης, αφ ενός σκοπό έχει την υλοποίηση άρτιων τεχνικών έργων αφ εταίρου την συλλογή δεδομένων για περαιτέρω επεξεργασία από τις σύνοδες επιστήμες ούτος ώστε να εξασφαλιστεί και η σωστή διαχείριση και η δυνατότητα λήψης ορθών αποφάσεων για την εν γέννη διατήρηση του πολύτιμου αυτού αγαθού των υδάτινων πόρων. Κατ αρχάς θα πρέπει να υλοποιηθούν τα αντίστοιχα τεχνικά έργα σε επίπεδο Δήμων και περιφερειών για να είναι δυνατή η συστηματική συλλογή δεδομένων. Τα έργα αυτά με δεδομένη την δομή και τις υποχρεώσεις των ΟΤΑ μπορούν να παρουσιαστούν στις εξής θεματικές ενότητες

- ΔΥΚΤΙΑ ΥΔΡΕΥΣΗΣ
- Εξωτερικό Υδραγωγείο - Η διαχείριση του νερού από την “παραγωγή”
  - Υδρομάστευση, Γεώτρηση, Αφαλάτωση, Διυλιστήρια νερού, Φράγμα κλπ. μέχρι τις δεξαμενές εισόδου του νερού στον αστικό ιστό.
- Εσωτερικό υδραγωγείο – Το δίκτυο ύδρευσης μέσα στον αστικό ιστό.
  - Δεξαμενές, Booster, Διαρροές κλπ.
- ΔΥΚΤΙΑ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ – ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΙ
  - Δίκτυο αποχέτευσης - Αντλιοστάσια
  - Βιολογικός καθαρισμός
- ΔΙΚΤΥΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ
  - Αντλιοστάσια άρδευσης.

Μια γενική θεώρηση ενός δικτύου ύδρευσης (Εξωτερικό Υδραγωγείο) παρουσιάζεται στο κατώτερο σχήμα :



Σχήμα 3-1: Τυπικό δίκτυο ύδρευσης

Το εξωτερικό υδραγωγείο αποτελείται από Αντλιοστάσια (είτε αυτά αναρροφούν από υδρομάστευση είτε από γεώτρηση είτε από αφαλάτωση είτε από φράγμα)

Το δίκτυο

Διυλιστήριο εάν αυτό είναι απαραίτητο από τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού (είτε από ταχυδυηλητήριο που συνήθως βρίσκεται στις εισόδους των δεξαμενών τροφοδοσίας του αστικού ιστού

Δεξαμενές τροφοδοσίας του αστικού ιστού

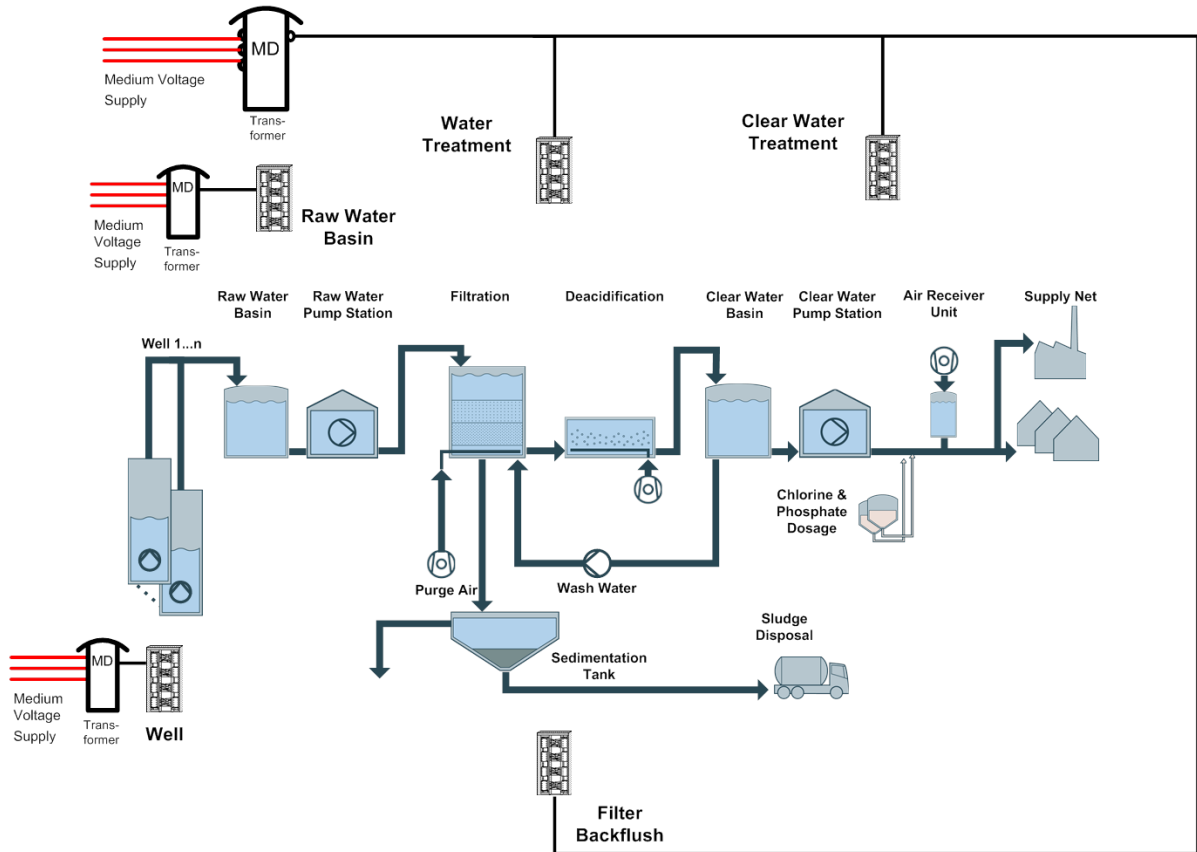
Οι ανάγκες ενός τέτοιου έργου από τεχνικής πλευράς είναι

Ηλεκτρικές παροχές ( Βασικός παράγοντας κόστους παράγωγης )

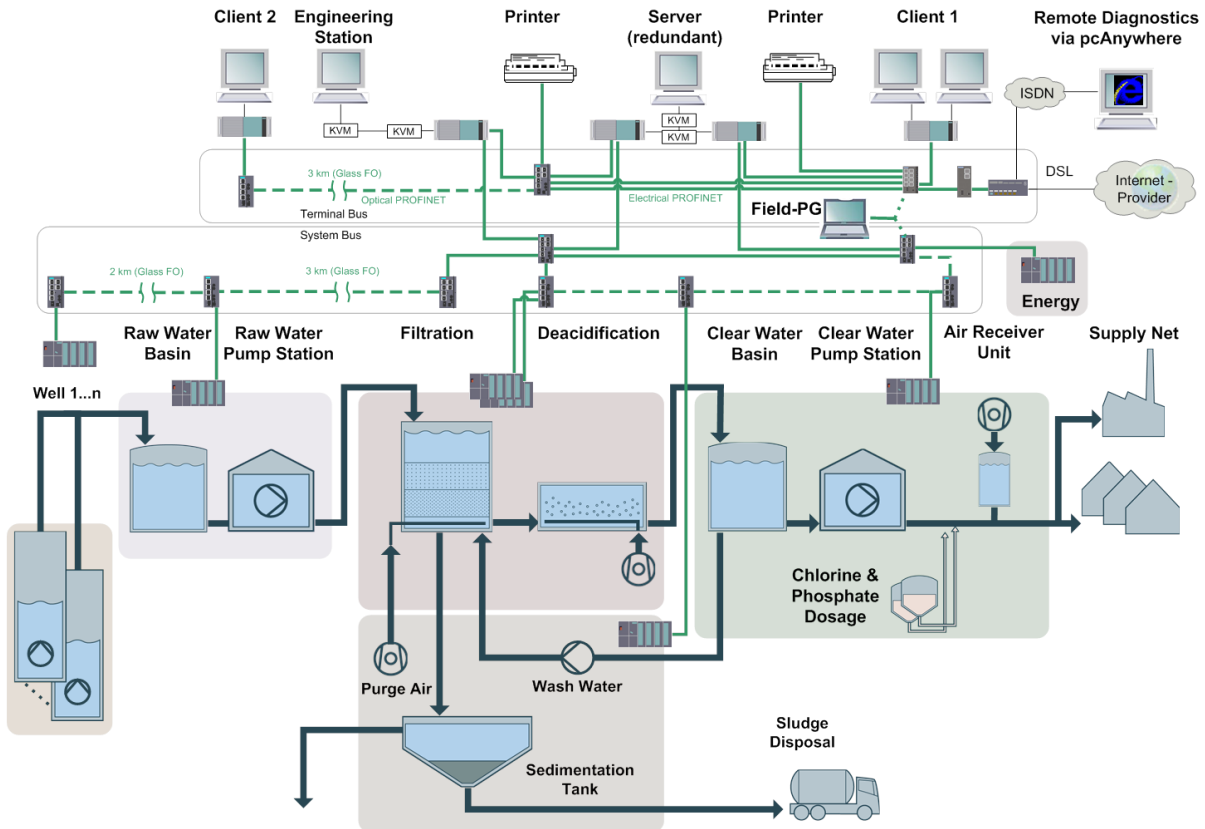
Σύστημα τηλεμετρίας ( Σύστημα παρακολούθησης και καταγραφής -SCADA καθώς και διαχείρισης )

Αυτά φαίνονται στα κατώτερο σχήματα

**« ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗΣ ΥΔΑΤΙΝΩΝ ΠΟΡΩΝ ΕΠΑΡΧΙΑΚΗΣ ΠΟΛΕΩΣ »**



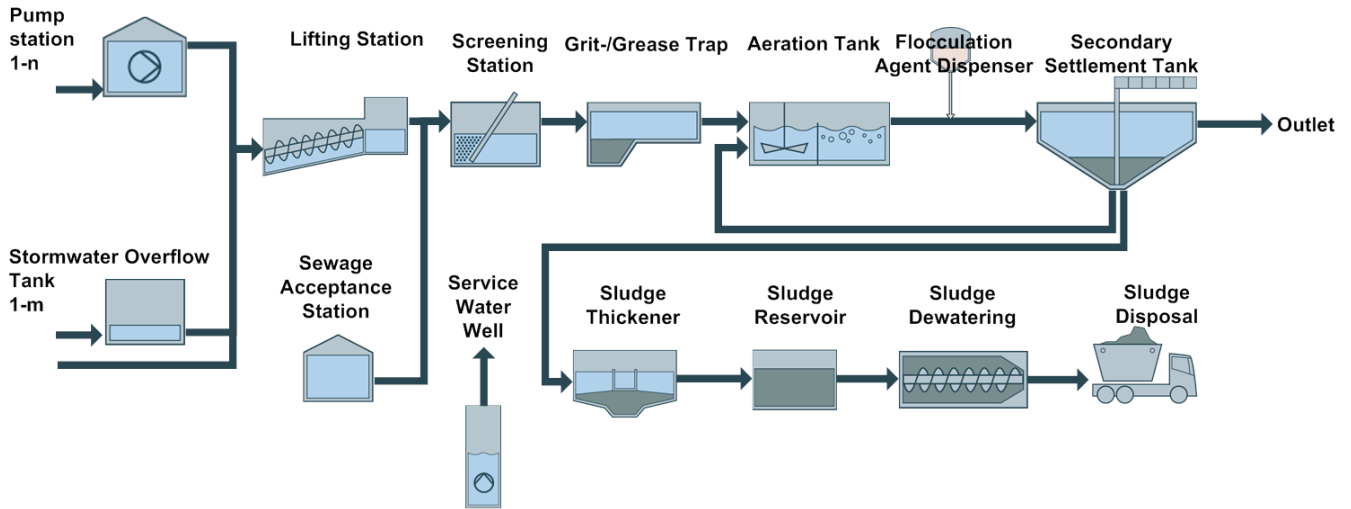
Σχήμα 3-2: Τυπικό δίκτυο ύδρευσης με ηλεκτρικές παροχές



Σχήμα 3-3: Τυπικό δίκτυο ύδρευσης με σύστημα τηλεμετρίας

Μια γενική θεώρηση ενός αποχετευτικού δικτύου με τον βιολογικό καθαρισμό παρουσιάζεται στο κατώτερο σχήμα :





Σχήμα 3-4: Τυπικό δίκτυο αποχέτευσης και βιολογικός

Το δίκτυο αποχέτευσης αποτελείται από

Αντλιοστάσια λυμάτων

Το δίκτυο

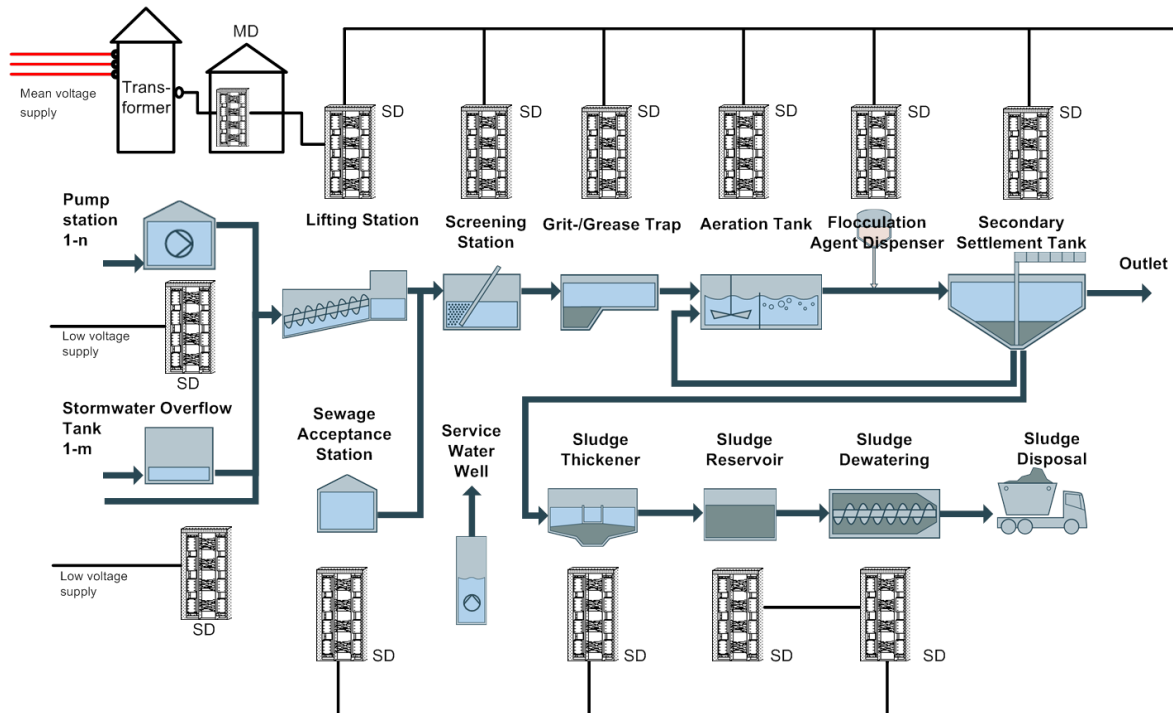
Τον Βιολογικό καθαρισμό

Οι ανάγκες ενός τέτοιου έργου από τεχνικής πλευράς είναι

Ηλεκτρικές παροχές ( Βασικός παράγοντας κόστους παραγωγής )

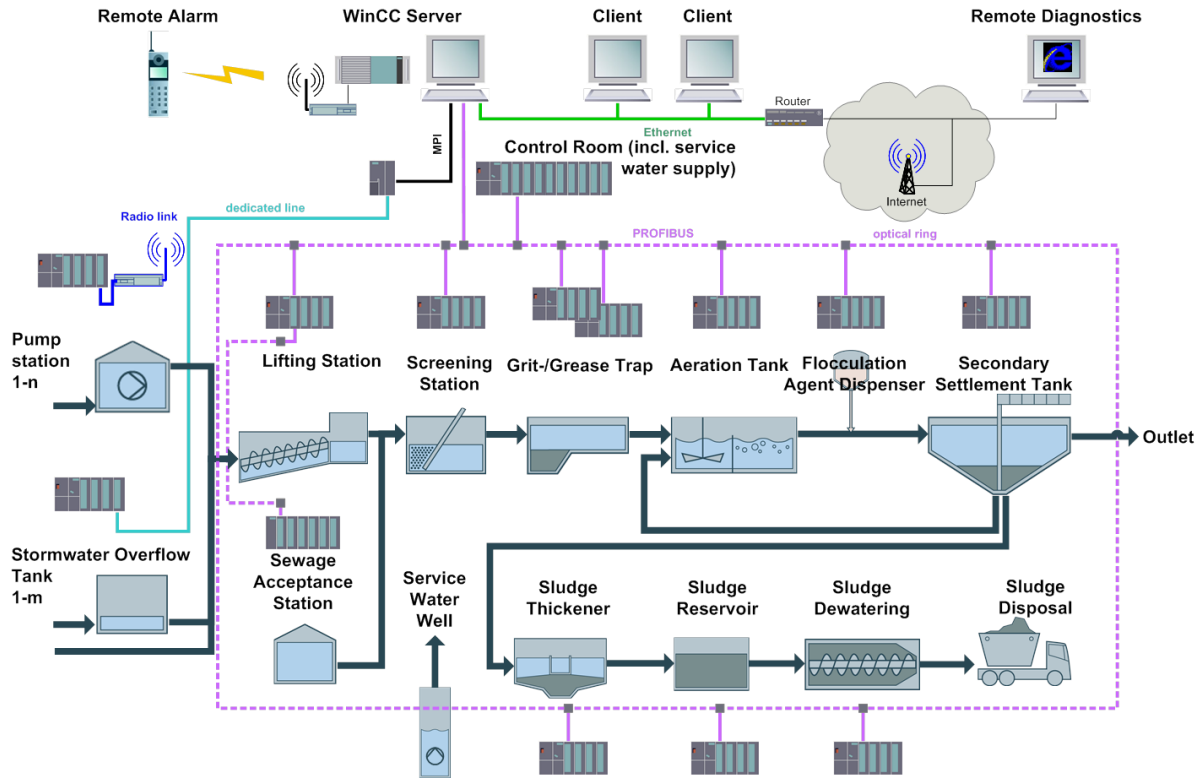
Σύστημα τηλεμετρίας ( Σύστημα παρακολούθησης και καταγραφής -SCADA καθώς και διαχείρισης )

Αυτά φαίνονται στα κατώτερο σχήματα



Σχήμα 3-5: Τυπικό δίκτυο τροφοδοσίας αποχέτευσης και βιολογικού

**« ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗΣ ΥΔΑΤΙΝΩΝ ΠΟΡΩΝ ΕΠΑΡΧΙΑΚΗΣ ΠΟΛΕΩΣ »**



Σχήμα 3-6: Τυπικό δίκτυο τηλεμετρίας αποχέτευσης και βιολογικού

## Κεφάλαιο 4 : ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ - ΟΡΙΣΜΟΙ – ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ ΚΑΙ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

### ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ - ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

- Σχήμα 1.1: Ο υδρολογικός κύκλος  
Σχήμα 1.2: Αποθέματα νερού στην γη  
Σχήμα 1.3: Κατανομή νερού στην γη προς εκμετάλλευση  
Σχήμα 1-4: Συνθήκες έλλειψης υδάτων το έτος 2025 αν συνεχιστούν οι υπάρχουσες τάσεις (I.W.M.I., 2000)  
Σχήμα 1-5: Πρόσβαση στις βελτιωμένες πηγές νερού  
Σχήμα 1-4: Παγκόσμια Κατανάλωση νερού  
Σχήμα 1-5: Ενδεικτική κατανάλωση νερού βιομηχανικής χρήσης  
Σχήμα 2-1: Ενδεικτική κατανάλωση νερού από τους κύριους καταναλωτές  
Σχήμα 2-2 : Σχέση διαθέσιμων / ζητούμενων υδάτινων αναγκών στην Ευρώπη  
Σχήμα 2-3: Ανάγκες σε νερό για κτηνοτροφία (ΥΠΕΧΩΔΕ)  
Σχήμα 2-4: Υδατικά Διαμερίσματα στην Ελλάδα  
Σχήμα 3-1: Τυπικό δίκτυο ύδρευσης  
Σχήμα 3-2: Τυπικό δίκτυο ύδρευσης με ηλεκτρικές παροχές  
Σχήμα 3-3: Τυπικό δίκτυο ύδρευσης με σύστημα τηλεμετρίας  
Σχήμα 3-4: Τυπικό δίκτυο αποχέτευσης και βιολογικός  
Σχήμα 3-5: Τυπικό δίκτυο τροφοδοσίας δικτύου αποχέτευσης και βιολογικού  
Σχήμα 3-6: Τυπικό δίκτυο τηλεμετρίας αποχέτευσης και βιολογικού  
Σχήμα 6-1: Τυπική αντλιτική διάταξη  
Σχήμα 6-2: Προσδιορισμός σημείου λειτουργίας της εγκατάστασης  
Σχήμα 6-3: Τυπική διάταξη για τον υπολογισμό αντλίας  
Σχήμα 6-4: Διατάξεις φυγοκεντρικής (α) και αξονικής (β) αντλίας  
Σχήμα 6-5: Αντλίες μικτής ροής (α) ελικοειδή (β) διαγώνια  
Σχήμα 6-6: Αναγεννητική αντλία (στροβιλαντλία)  
Σχήμα 6-7: Κίνηση του νερού σε στροβιλαντλία  
Σχήμα 6-10: Διβάθμια φυγοκεντρική αντλία για συνθήκες υψηλής πίεσης και θερμοκρασίας.  
Σχήμα 6-11: Αεροφυλάκιο τύπου πεπιεσμένου δοχείου.  
Σχήμα 6-12: Αεροφυλάκιο τύπου αποταμιευτή  
Σχήμα 6-13: Αρχή λειτουργίας υδραυλικού πλήγματος  
Σχήμα 6-14: Αντλιτικό συγκρότημα γεωτρήσεως  
Σχήμα 6-15: Δεξαμενή από σκυρόδεμα με οριζόντια οροφή στηριζόμενη σε υποστυλώματα  
Σχήμα 6-16: Αναπαράσταση ενός συστήματος αφαλάτωσης  
Σχήμα 6-17: Αρχή λειτουργίας μεθόδου MSF  
Σχήμα 6-18: Σχηματική απεικόνιση της πολυβάθμιας εξάτμισης (MSF)  
Σχήμα 6-19: Αρχή λειτουργίας μεθόδου VC  
Σχήμα 6-20: Αρχή λειτουργίας μεθόδου SD  
Σχήμα 6-21: Αρχή λειτουργίας μεθόδου ED  
Σχήμα 6-22: Σχήμα Το φαινόμενο της ώσμωσης και η επίτευξη της αντίστροφης ώσμωσης  
Σχήμα 6-23: Το φαινόμενο της ώσμωσης και η επίτευξη της αντίστροφης ώσμωσης  
Σχήμα 6-24: Εγκαταστάσεις επεξεργασίας νερού  
Σχήμα 6-25: Κατανομή διαρροών  
Σχήμα 6-26: Διακύμανση ρυθμού διαρροών με μέσο σημείο ζώνης για σύστημα βαρύτητας με NDF < 24 ώρες  
Σχήμα 6-27: Διακύμανση διαρροών με μέσο σημείο ζώνης για σύστημα ελεγχόμενης πίεσης με NDF >24 ώρες (WSA/WCA, 1994)  
Σχήμα 6-28: Η αρχή της συσχέτισης θορύβου διαρροής (Pilcher et al., 2008)  
Σχήμα 6-29: Σχηματική παράσταση δεξαμενής πόλης με τις εναλλακτικές τροφοδοσίες  
Σχήμα 6-30: Σχηματικό διάγραμμα χλωρίωσης δεξαμενής  
Σχήμα 6-31: Σύστημα χλωρίωσης με μέτρηση του υπολειμματικού χλωρίου  
Σχήμα 7-1: Διάλυλος Parshall.  
Σχήμα 7-1: Διάταξη Υποβρύχιου αντλιτικού συγκροτήματος  
Σχήμα 7-2: Διάταξη εγκατάστασης αντλιτικού συγκροτήματος (α) εν ξηρό (β) Υποβρύχιο  
Σχήμα 8-1: Σχηματικό διάγραμμα δικτύου Αρδευσης

Σχήμα 9-1: Ακτινικό δίκτυο  
Σχήμα 9-2: Βρογχοειδές δίκτυο  
Σχήμα 9-3: Μονογραμμικό διάγραμμα υποσταθμού ΜΤ παροχής Α1  
Σχήμα 9-4: Τομή ενός τριφασικού Μ/Σ λαδιού  
Σχήμα 9-5: Αρχή λειτουργίας διαφορικής προστασίας Μ/Σ  
Σχήμα 9-6: Διάταξη κυψέλης προστατευμένης με διακόπτη ισχύος  
Σχήμα 9-7: Συνδεσμολογίες Κινητήρων

Εικόνα 6-1: Ακτινωτά δίκτυα  
Εικόνα 6-2: Κλειστά δίκτυα  
Εικόνα 6-3: Σειριακό δίκτυο  
Εικόνα 6-4: Ακτινωτά σύστημα  
Εικόνα 6-5: Βρογχωτό σύστημα (δικτυωτό)  
Εικόνα 6-6: Μικτό δίκτυο  
Εικόνα 6-7: Επιφάνειες σωληνώσεων  
Εικόνα 6-8: Εξαρτήματα σωληνώσεων  
Εικόνα 6-9: Αρχή λειτουργίας Βανών  
Εικόνα 6-10: Αρχή λειτουργίας Βανών ΙΙ  
Εικόνα 7-1: Πρωτογενής και δευτερογενής επεξεργασία αποβλήτων (MILLER T. G., 2000)  
Εικόνα 9-1: Διάφορες ασφάλειες  
Εικόνα 9-2: Εγκατάσταση καλωδίων μέσης τάσης σε σχάρες  
Εικόνα 9-3: Μετασχηματιστής ισχύος  
Εικόνα 9-4: Η/Ν Buchholz  
Εικόνα 9-5: Πίνακες ΜΤ

Πίνακας 2-1: Ανθρωπογενείς επιδράσεις στο υδατικό ισοζύγιο  
Πίνακας 6-1: Κατάταξη αντλιών με βάση την αρχή λειτουργίας τους.  
Πίνακας 6-2: Κατάταξη αντλιών με βάση τον τρόπο κίνησης  
Πίνακας 6-3: Κατάταξη αντλιών με βάση τον τρόπο εγκατάστασης  
α) ως προς την έδραση και β) ως προς τη θέση λειτουργίας  
Πίνακας 6-4: Τυποποίηση Κατά DIN χρωματισμού σωληνώσεων  
Πίνακας 6-5: Αντοχή σωλήνων  
Πίνακας 6-6: Ταχύτητες υγρών σε δίκτυα  
Πίνακας 6-7: Δαπάνες μεταφερόμενων ποσοτήτων νερού ανά έτος στις Ν.Α Κυκλάδες & στα Δωδεκάνησα  
Πίνακας 6-8: Τυπική χημική σύσταση πόσιμου νερού  
Πίνακας 9-1: Χαρακτηριστικά μεγέθη αυτομάτων διακοπών ισχύος για Υ/Σ ΜΤ 20kV  
Πίνακας 9-2: Χαρακτηριστικά μεγέθη διακοπών φορτίου για υποσταθμό των 20kV  
Πίνακας 9-3: Συγκριτικός πίνακας με τα χαρακτηριστικά των διακοπών  
Πίνακας 9-4: Τεχνικά στοιχεία μετασχηματιστών λαδιού ονομαστικής τάσης 20/0,4 kV  
Πίνακας 9-5: Μέγιστα επιτρεπόμενα ρεύματα βραχυκύκλωσης Μ/Σ για διάφορους χρόνους

Διάγραμμα 6-1 : Μεταβολή της πίεσης στον χρόνο (στο Υδραυλικό πλήγμα)  
Διάγραμμα 6-2 : πρότυπης ισορροπίας ύδατος (IWA)  
Διάγραμμα 6-3 : Θάνατοι από τον τύφο στις Ηνωμένες Πολιτείες την χρονική περίοδο 1900-1960  
Διάγραμμα 6-4 : Μεταβολή της συγκέντρωσης του HOCl και OCl<sup>-</sup> σε σχέση με το pH και τη θερμοκρασία

## **ΟΡΙΣΜΟΙ**

- Αβιοτικό περιβάλλον: είναι τα μη ζωντανά συστατικά που μας περιβάλλουν και διακρίνονται κυρίως στη λιθόσφαιρα (έδαφος και πετρώματα), στην υδρόσφαιρα (νερά) και την ατμόσφαιρα (αέρας).
- Αιολική δράση: η δράση του ανέμου πάνω στο έδαφος και τα πετρώματα.

- Απορροή επιφανειακή : είναι το ποσοστό των κατακρημνισμάτων τα οποία μόλις πέσουν στην επιφάνεια του εδάφους ρέουν επιφανειακά επιφανειακή ροή του νερού.
- Αποσάθρωση: είναι η διαδικασία με την οποία αποσυνθέτονται τα πετρώματα στα ορυκτά υπολείμματα που τα δομούν και σε ιόντα.
- Διαπνοή: είναι η εξάτμιση του νερού, η έξοδος του που συμβαίνει από τους πόρους (στόματα) ή τα ανοίγματα του εξωτερικού στρώματος των φύλλων και της επιδερμίδας των φυτών.
- Βάλτος: είναι τόπος με στάσιμα νερά.
- Βιοκοινότητα: είναι το σύνολο των οργανισμών σε κάθε περιβάλλον.
- Βιομάζα: είναι η μάζα των οργανισμών που υπάρχει σε μία βιοκοινότητα τη στιγμή
- Βιοτικά συστατικά: είναι τα έμβια όντα των οικοσυστημάτων που αποτελούνται από φυτά, ζώα και μικροοργανισμούς. που γίνεται η μέτρηση ή η δειγματοληψία.
- Έλος: είναι έκταση που καλύπτεται από ρηχά , λιμνάζοντα νερά.
- Εξάτμιση: είναι η μεταφορά νερού στην ατμόσφαιρα από μία υγρή επιφάνεια (θάλασσα, λίμνη, ποταμό, χείμαρρο, νερόλακκο), ένα γυμνό έδαφος ή μια επιφάνεια με φυτοκάλυψη.
- Εξατμισοδιαπνοή: είναι η ταυτόχρονη λειτουργία των φαινομένων της εξάτμισης και της διαπνοής τα οποία αλληλοεπηρεάζονται.
- Κατακρημνίσματα ατμοσφαιρικά: είναι οι μορφές , οι καταστάσεις του νερού με τις οποίες αυτό πέφτει στη Γή. Είναι δηλαδή κατακρημνίσματα η βροχή, το χιόνι, η δρόσος, το χαλάζι, η ομίχλη κ.ά.
- Κατείσδυση: είναι το μέρος εκείνο των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων το οποίο διαπερνάει την επιφάνεια του εδάφους και μπορεί να φτάσει μέχρι και τους υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες. Δηλαδή κατείσδυση είναι η διήθηση του νερού μέσα στο έδαφος ή και τα πετρώματα.
- Κατολίσηση: είναι γεωλογικό φαινόμενο κατά το οποίο μάζες πετρωμάτων αποσπώμενες από τις πλαγιές βουνών γλιστρούν προς χαμηλότερα σημεία.
- Κλίμα: είναι το σύνολο των ατμοσφαιρικών συνθηκών που επικρατούν σε ένα τόπο.
- Λεκάνη απορροής ή υδροκριτική λεκάνη: είναι η περιοχή που αποστραγγίζεται από ένα σύστημα ρυάκων , ποταμών και χειμάρρων.
- Λιμνοδεξαμενή: είναι δεξαμενή στην οποία συγκεντρώνεται νερό για την κάλυψη των υδρευτικών και αρδευτικών αναγκών άνωδρων περιοχών.
- Οικοσύστημα: είναι μια οργανωμένη ενότητα που περιλαμβάνει τους ζωντανούς οργανισμούς και οτιδήποτε τους περιβάλλει και τους επηρεάζει (βιότοπος και αβιοτικά στοιχεία).
- Υγροβιότοπος: είναι χώρος θάλασσας, λίμνης, ποταμού, έλους, ή άλλης υγροτοπικής έκτασης όπου ζουν και αναπτύσσονται ζωικοί και φυτικοί οργανισμοί.
- Υγρότοπος: είναι τόπος με κινούμενα ή και στάσιμα νερά, μεταβατική ζώνη μεταξύ υδάτινων και χερσαίων οικοσυστημάτων.
- Υδατικό ισοζύγιο: είναι η αλγεβρική εξίσωση με τις τροφοδοσίες και τις απώλειες σε νερό ενός συστήματος για μία ορισμένη χρονική περίοδο
- Υδρολογία: είναι η επιστήμη που ασχολείται με την εμφάνιση, την κατανομή, τις ιδιότητες και την κίνηση του νερού στη γη.
- Υδρολογικός κύκλος ή κύκλος του νερού: ο ατέλειωτος μετασχηματισμός, η διαρκής κίνηση του νερού μέσα από μία ποικιλία μονοπατιών στην ατμόσφαιρα, στη βιόσφαιρα και στη λιθόσφαιρα, από τη μία κατάσταση (υγρή, στερεή, αέρια) στην άλλη.
- Υδρόσφαιρα: είναι το σύνολο των υδάτων που καλύπτουν τα 2/3 της γήινης σφαίρας.
- Υδροκρίτης: είναι η γραμμή της κορυφογραμμής ή το τμήμα που εξέχει από το έδαφος και που διαχωρίζει δύο ή περισσότερες λεκάνες απορροής.
- Υπόγεια υδροφόρα στρώματα: είναι υδατοπερατοί γεωλογικοί σχηματισμοί κορεσμένοι σε νερό.
- Ταμειντήρας: είναι δεξαμενή στην οποία συγκεντρώνεται νερό για την τροφοδότηση υδροηλεκτρικών, υδρευτικών ή και αρδευτικών δικτύων.
- Τεκτονικός: ο αναφερόμενος στη δομή και στις διαταράξεις των πετρωμάτων του στερεού φλοιού της γης.
- Τέλμα: είναι αβαθής έκταση στάσιμων νερών.
- Φράγμα: είναι κάθε τεχνικό έργο που φράσσει τη δίοδο σε ρέοντα νερά.

**ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ ΚΑΙ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ**

CEN	Comité Européen de Normalisation
CEWEP	Confederation of European Waste-to-Energy Plants
DCSR	Debt-Service Coverage Ratio
EBITDA	Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation and Amortization
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IRR	Internal rate of return – εσωτερικός βαθμός απόδοσης
MBT	Mechanical Biological Treatment
NIR	Near Infrared
PDF	Packaging Derived Fuel
PEF	Processed Engineered Fuel
PPF	Paper and Plastic Fraction
RDF	Refuse Derived Fuel
REF	Recovered Fuel
SRF	Solid Recovered Fuel
SWOT	Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats
TDF	Tire Derived Fuel
ΑΠΕ	Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
ΑΣΑ	Αστικά Στερεά Απόβλητα
ΔΑ	Διαχείριση Αποβλήτων
ΔΣΑ	Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων
ΕΠΟ	Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων
ΕΠΠΕΡΑΑ	Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Περιβάλλον και Αειφόρος Ανάπτυξη
ΕΣΔΚΝΑ	Ενιαίος Σύνδεσμος Δήμων και Κοινοτήτων Νομού Αττικής
ΕΥΠΕ	Ειδική Υπηρεσία Περιβάλλοντος
ΚΔΑΥ	Κέντρο Διαλογής Ανακυκλώσιμων Υλικών
ΜΒΕ	Μηχανική Βιολογική Επεξεργασία
ΜΒΕ	Μηχανική Βιολογική Επεξεργασία
ΜΕΑ	Μονάδα Ενεργειακής Αξιοποίησης
ΜΕΑΛ	Μονάδα Επεξεργασίας Αστικών Λυμάτων
ΜΕΚ	Μηχανή Εσωτερικής Καύσης
ΜΘΕ	Μονάδα Θερμικής Επεξεργασίας
ΜΜΔ	Μονάδα Μηχανικού Διαχωρισμού
ΜΠΕ	Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων
ΞΑΖ	Ξηρή Αναερόβια Ζύμωση
ΟΤΑ	Οργανισμός Τοπικής Αυτοδιοίκησης
ΠΕΠ	Περιφερειακά Επιχειρησιακά Προγράμματα
ΠΕΣΔΑ	Περιφερειακός Σχεδιασμός Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων
ΠΚΜ	Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας
ΠΠΕ	Προμελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων
ΠΠΕΑ	Προκαταρκτική Περιβαλλοντική Εκτίμηση και Αξιολόγηση
ΡΑΕ	Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας
ΣΗΘ	Συμπαράγωγή Ηλεκτρισμού-Θερμότητας
ΣΗΘΥΑ	Συμπαράγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης
ΣΜΑ	Σταθμός Μεταφόρτωσης Αποβλήτων
ΥΠΕΚΑ	Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής
ΦοΔΣΑ	Φορέας Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων
ΧΥΤΑ	Χώρος Υγειονομικής Ταφής Αποβλήτων
ΧΥΤΥ	Χώρος Υγειονομικής Ταφής Υπολειμμάτων
mm	Χιλιοστά
m	Μέτρα
m <sup>3</sup>	Κυβικά Μέτρα
hm <sup>3</sup>	Εκατομμύρια Κυβικά Μέτρα
km	Χιλιόμετρα



km <sup>2</sup>	Τετραγωνικά Χιλιόμετρα
ΑΕΠ	Ακαθάριστου Εθνικού Προϊόντος
ΜΣΘ	Μέση Στάθμη της Θάλασσας
ΟΠΥ	Οδηγία Πλαίσιο για τα Ύδατα
ΥΔ	Υδατική Διαχείριση
ΔΥΕ	Δείκτης Υδατικής Εκμετάλλευσης
ΕΕΛ	Εργοστάσιο Επεξεργασίας Λυμάτων
ΔΔΔ	Διαδικασία Δημόσιας Διαβούλευσης
ΔΔ	Διπυργικό Διάταγμα
ΣΠΥ	Σχέδιο Προστασίας Υδάτων
ΟΥΚ	Ολοκληρωμένος Υδατικός Κύκλος

## **Κεφάλαιο 5 : ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ - ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ - ΠΡΟΤΥΠΑ**

### **ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ**

#### **ΕΛΛΑΔΑ - ΒΑΣΙΚΟ ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ**

- Ν.3199/2003 (ΦΕΚ 280) «Προστασία και διαχείριση των υδάτων...»
- Ν. 1739/1987 «Για τη Διαχείριση των Υδατικών Πόρων και άλλες Διατάξεις».
- Ν. 1650/1986 «Για την Προστασία του Περιβάλλοντος» και οι εκδοθείσες με εξουσιοδότηση του Υπουργικές αποφάσεις, που αφορούν στην προστασία του υδατικού περιβάλλοντος.
- Ν.Δ. 3881/1958 «Περί Έργων Έγγειων Βελτιώσεων», το οποίο τροποποιήθηκε και συμπληρώθηκε με το Ν.Δ. 1218/1972, Ν.Δ.1977/1972 και το Ν. 414/1976.
- Ν. 481/1943 και Ν. 608/1948 «Περί Διοικήσεως και Διαχειρίσεως των δη' Αρδεύσεις χρησιμοποιουμένων υδάτων».
- Β.Δ. 13 Σεπτ./7 Νοεμβ.1959 «Περί Οργανισμών Έγγειων Βελτιώσεων».
- Ν. 1988/1952 «Περί Γεωτρήσεων»
- Ν. 1069/1980 «Περί Κινήτρων δια την Ίδρυση Επιχειρήσεων Υδρεύσεως και Αποχετεύσεως».
- Ν. 550/1915 και 2853/22 «Περί Υδραυλικών εν γένει Έργων».
- Ν. 2040/1920 «Περί Αναγκαστικής Απαλλοτριώσεως Κτημάτων προς Εκτέλεση Υδραυλικών Έργων» σε Συνδυασμό με το Ν.Δ. 797/1971 «Περί Αναγκαστικών Απαλλοτριώσεων κλπ».
- Α.Ν. 439/1945 «Περί Επιβολής Περιορισμών εις τας Αντλήσεις Υπογείων Υδάτων προς Εξασφάλιση της Κανονικής Ροής Υδρεύσεως των Πόλεων, Χωρίων και Συνοικισμών».
- Ν.Δ. 17/20 Ιουλ. 1923 «Περί Εκμεταλλεύσεως των Δυνάμεων των Ρεόντων Υδάτων», όπως τροποποιήθηκε με το Α.Ν. 143/1963.
- Οι Υγειονομικές διατάξεις:
  - Γ. 3α/761/1968 «Περί Ποιότητας του Πόσιμου Νερού».
  - Γ 4/90/1974 «Περί Υποχρεωτικής Φθοριώσεως του εκ των Συστημάτων Υδρεύσεως Παρεχόμενων Πόσιμου Νερού».
- Α 5/288/1986 «Περί του Πόσιμου Νερού σε Συμμόρφωση με την 80/778 Οδηγία της Ε.Ε».
  - Αρ. 46899/1052/1900 «Απαιτούμενη Ποιότητα Επιφανειακών Νερών σε Συμμόρφωση με τις Σχετικές Οδηγίες της Ε.Ε.».
  - Ε1β 221/1965 «Περί Διαθέσεως Αστικών Υγρών και Βιομηχανικών Αποβλήτων».
- Ν. 2503/97 για τη Διοίκηση, Οργάνωση, Στελέχωση της Περιφέρειας. Ρύθμιση θεμάτων για την Τοπική Αυτοδιοίκηση και άλλες Διατάξεις ( Ίδρυση Τμημάτων Διαχείρισης Υδατικών Πόρων).
- Π.Δ. 30/1996 Κώδικας Νομαρχιακής Αυτοδιοίκησης
- Π.Δ. 410/1995 Κώδικας Τοπικής Αυτοδιοίκησης

#### **Π.Δ/ΤΑ. ΚΑΙ ΥΠΟΥΡΓΙΚΕΣ ΑΠΟΦΑΣΕΙΣ ΤΟΥ Ν. 1739/87 ( που έχουν εκδοθεί)**

- Π.Δ. 256/1989(Άρθρο 9 παρ. 1). «Άδεια χρήσης νερού»



**« ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗΣ ΥΔΑΤΙΝΩΝ ΠΟΡΩΝ ΕΠΑΡΧΙΑΚΗΣ ΠΟΛΕΩΣ »**

- Αριθ. Φ. 16/5813/1989 (Κοινή υπουργική απόφαση, άρθρο 8, παρ.2). «Άδεια εκτέλεσης έργου αξιοποίησης υδατικών πόρων από νομικά πρόσωπα ιδιωτικού δικαίου που δεν περιλαμβάνονται στο δημόσιο τομέα και φυσικά πρόσωπα».
- Αριθ. Φ. 16 6631/1989 (Κοινή υπουργική απόφαση, άρθρο 9, παρ.5). «Προσδιορισμός κατωτάτων και ανωτάτων ορίων των αναγκαίων ποσοτήτων για την ορθολογική χρήση του νερού στην άρδευση»
- Αριθ. Δ11/Φ/16/8500/1991 (Κοινή υπουργική απόφαση, άρθρο 9, παρ. 5). «Προσδιορισμός κατωτάτων και ανωτάτων ορίων των αναγκαίων ποσοτήτων για την ορθολογική χρήση νερού στην ύδρευση».
- Π.Δ. 504/1988 (Άρθρο 3, παρ. 5). «Σύσταση Διευθύνσεων Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Ηπείρου και Κρήτης».
- Π.Δ. 412/1989 (Άρθρο 3, παρ. 5). «Σύσταση Διευθύνσεων Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Δυτ. Μακεδονίας, Κεντρ. Μακεδονίας, Αν. Μακεδονίας και Θράκης».
- Π.Δ. υπ' αριθ. 60/98. «Καθορισμός χωρικής αρμοδιότητας των Τμημάτων Διαχείρισης Υδατικών Πόρων της Περιφέρειας».
- Π.Δ. αριθ. 60/1998 για τον «Καθορισμό Χωρικής Αρμοδιότητας των Τμημάτων Διαχείρισης Υδατικών Πόρων της Περιφέρειας».
- Αριθ. Δ11/Φ16.1.ΟΙΚ 550/22/13.1.99. Κοινή Απόφαση Για τη Σύσταση Περιφερειακών Επιτροπών Υδάτων (ΠΕΥΔ) των Υδατικών Διαμερισμάτων της Χώρας.

**ΚΟΙΝΟΤΗΤΑ - Προστασία και διαχείριση των υδάτων - Παράγωγο δίκαιο**

- ΟΔΗΓΙΑ 2000/60/ΕΚ «για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων»
- Οδηγία 75/440/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 16ης Ιουνίου 1975 περί της απαιτούμενης ποιότητας των υδάτων επιφάνειας που προορίζονται για την παραγωγή ποσίμου ύδατος στα κράτη μέλη
- 376L0160, Οδηγία 76/160/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 8ης Δεκεμβρίου 1975 περί της ποιότητας των υδάτων κολυμβήσεως
- , Οδηγία 76/464/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 4ης Μαΐου 1976 περί ρυπάνσεως που προκαλείται από ορισμένες επικίνδυνες ουσίες που εκχέονται στο υδάτινο περιβάλλον της Κοινότητας
- 77/795/ΕΟΚ: Απόφαση του Συμβουλίου της 12ης Δεκεμβρίου 1977 περί καθιερώσεως κοινής διαδικασίας ανταλλαγής πληροφοριών για την ποιότητα των γλυκών επιφανειακών υδάτων της Κοινότητας
- Οδηγία 80/68/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 17ης Δεκεμβρίου 1979 περί προστασίας των υπογείων υδάτων από τη ρύπανση που προέρχεται από ορισμένες επικίνδυνες ουσίες
- Οδηγία 80/778/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 15ης Ιουλίου 1980 περί της ποιότητας του πόσιμου νερού
- Οδηγία 91/271/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 21ης Μαΐου 1991 για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων
- Οδηγία 91/676/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 12ης Δεκεμβρίου 1991 για την προστασία των υδάτων από τη νιτρορύπανση γεωργικής προέλευσης
- Οδηγία 91/692/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 23ης Δεκεμβρίου 1991 για την τυποποίηση και τον εξορθολογισμό των εκθέσεων που αφορούν την εφαρμογή ορισμένων οδηγιών για το περιβάλλον
- Οδηγία 98/83/ΕΚ του Συμβουλίου της 3ης Νοεμβρίου 1998 σχετικά με την ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης

**ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΩΝ ΔΕΥΑ**

Το βασικό θεσμικό πλαίσιο των Δ.Ε.Υ.Α. αποτελείται από τον ιδρυτικό τους νόμος 1069/80. Οι Δ.Ε.Υ.Α. ιδρύονται και λειτουργούν σύμφωνα με τον Ν. 1069/80 (αρ.1 παρ. 1). Ο Ν.1069/80 τροποποιήθηκε με τους εξής νόμους:

Ν.2065/92, Ν.2130/93, Ν.2218/94, Ν.2307/95, Ν.2503/97, Ν.2647/98,  
Ν.2839/2000, Ν.3013/2002, Ν.3274/2004, Ν.3320/2005, Ν.3731/2008,  
Ν. 3801/2009.

Ο Ν. 1069/80 ως ειδικός νόμος για τις Δ.Ε.Υ.Α. υπερισχύει για τα ζητήματα που σαφώς ρυθμίζει κάθε άλλης νομοθετικής διάταξης.

Σε περίπτωση που κάποιο ζήτημα δεν προβλέπεται από τον Ν. 1069/80 (νομοθετικό κενό) ισχύει συμπληρωματικά ο Δημοτικός και Κοινοτικός Κώδικας (Ν. 3463/2006) σύμφωνα με το άρθρο 1 παρ. 1 Ν. 1069/80. Σχετική νομοθεσία με εκτέλεση έργων στους ΟΤΑ

(Ειδικά η νομοθεσία ΣΔΙΤ αναφέρεται στο Παράρτημα IV).

**ΔΗΜΟΤΙΚΟΣ ΚΑΙ ΚΟΙΝΟΤΙΚΟΣ ΚΩΔΙΚΑΣ – ΝΟΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ, Ν.3463/2006 (ΦΕΚ Α' 114) . “ Κύρωση του Κώδικα Δήμων και Κοινοτήτων”**

Ευρετήριο – Περιεχόμενα .

Δήμοι και κοινότητες – Σύσταση και Αρμοδιότητες ( Άρθρα 1-18 )

Δημοτικές και Κοινοτικές Αρχές – Εκλογή ( Άρθρα 19 – 74 )

Αρμοδιότητες – Άσκηση Αρμοδιοτήτων Δήμων και Κοινοτήτων ( Άρθρα 75 – 85 )

Διοίκηση Δήμων και Κοινοτήτων ( Άρθρα 86 -154 )

Οικονομική Διοίκηση ΟΤΑ – Περιουσία ΟΤΑ – Επιχειρησιακά Προγράμματα – Έργα και Προμήθειες – Απαλλοτριώσεις ( Άρθρα 155 -213 )

Τοπική Δημοκρατία ( 214 -218 )

Συνεργασίες Δήμων και Κοινοτήτων σε Διεθνές και Ευρωπαϊκό Επίπεδο ( Άρθρα 219 -221 )

Διαδημοτική Συνεργασία – Συμβάσεις – Συμπράξεις ( Άρθρα 222 -225 )

Δημοτικά και Κοινοτικά Ιδρύματα – Νομικά Πρόσωπα ( Άρθρα 226 -251 )

Επιχειρήσεις Οργανισμών Τοπικής Αυτοδιοίκησης Άρθρα 252 -270 )

Μεταβατικές και Τελικές Διατάξεις ( Άρθρα -287

Ν.3310 /05 “ Μέτρα για τη Διασφάλιση της Διαφάνειας κατά τη Σύναψη Δημοσίων Συμβάσεων”

Ν.3414 /2005. Τροποποίηση του

Ν.3299 /2004 . “ Νέος Αναπτυξιακός Νόμος”

Ν.2286/30-1-95 (ΦΕΚ 19 Α) . “ Περί Προμηθειών του Δημοσίου Τομέα και Ρυθμίσεων Συναφών Θεμάτων. ( άρθρο 2, παράγραφος 12 )

Ν.1418 /1984 . « Δημόσια Έργα και Ρυθμίσεις Συναφών Θεμάτων »

ΚΟΙΝΟΤΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ 2004/18/ΕΚ/31-3-2004 . “ Διατάξεις περί Συντονισμού των Διαδικασιών Σύναψης Δημοσίων Συμβάσεων Έργων, Προμηθειών και Υπηρεσιών”

ΥΠΟΥΡΓΙΚΗ ΑΠΟΦΑΣΗ με αριθ. 11389/1993. “ΕΝΙΑΙΟΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ ΠΡΟΜΗΘΕΙΩΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ ΤΟΠΙΚΗΣ ΑΥΤΟΔΙΟΙΚΗΣΗΣ” ( ΕΚΠΟΤΑ)

Ν.2286/1995. “ Περί επιλογής Διαδικασιών για τη Σύναψη Συμβάσεων Προμηθειών”

ΠΡΟΕΔΡΙΚΟ ΔΙΑΤΑΓΜΑ 370/ 1995 : “ Προσαρμογή της Ελληνικής Νομοθεσίας περί προμηθειών του Δημοσίου προς το Κοινοτικό Δίκαιο” ( 93 /96 / ΕΕ ) όπως τροποποιήθηκε με το Προεδρικό Διάταγμα 105 /2000 ( 97 /52 /Ε.Κ )

ΠΡΟΕΔΡΙΚΟ ΔΙΑΤΑΓΜΑ 394 /96 : “ Κανονισμός Προμηθειών Δημοσίου Τομέα “ ( ΚΠΔ ) .

ΠΡΟΕΔΡΙΚΟ ΔΙΑΤΑΓΜΑ υπ’ ΑΡΙΘ. 60 /2007 ( ΦΕΚ 64 /16-3-2007 ) : Προσαρμογή της Ελληνικής Νομοθεσίας στις Διατάξεις της Οδηγίας 2004 /18 /ΕΚ « περί Συντονισμού των Διαδικασιών Σύναψης Δημοσίων Συμβάσεων Έργων , Προμηθειών και Υπηρεσιών » , όπως τροποποιήθηκε με την Οδηγία 2005 /51 /ΕΚ της Επιτροπής και την Οδηγία 2005 /75 /ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 16ης Νοεμβρίου 2005.

#### ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΕΙΣ– ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑΣ

- Εγκύκλιος 27/1997 ΥΠΕΧΩΔΕ
- Π.Δ. 696/1974 (Β' : Τεχνικές Προδιαγραφές)
- Οδηγία 91/271/ΕΟΚ, σχετικά με την επεξεργασία των αστικών λυμάτων
- Ν-1650/86 (ΦΕΚ 160/Α/16-10-86) για την προστασία του περιβάλλοντος
- ΚΥΑ 69269/5387/90 (ΦΕΚ 678/Β/90) «Κατάταξη έργων και δραστηριοτήτων σε κατηγορίες, Περιεχόμενο Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΜΠΕ), καθορισμός περιεχομένου ειδικών περιβαλλοντικών μελετών (ΕΠΜ) και λοιπές συναφείς διατάξεις σύμφωνα με το Ν. 1650/1986 17/94 ΥΠΕΧΩΔΕ «Οδηγίες για την εφαρμογή των διατάξεων της ΚΥΑ 69269/5387/90
- Ν-3010 (ΦΕΚ 91/Α/25-4-2002) «Εναρμόνιση του Ν.1650/86 με τις Οδηγίες 97/11/
- ΕΕ και 96/61/ΕΕ, διαδικασία οριοθέτησης και ρυθμίσεις θεμάτων για τα υδατορεμάτα και άλλες διατάξεις.

## « ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗΣ ΥΔΑΤΙΝΩΝ ΠΟΡΩΝ ΕΠΑΡΧΙΑΚΗΣ ΠΟΛΕΩΣ »

- Η.Π. 15393/2332 (ΦΕΚ 1022/Β/5-12-2002) «Κατάταξη δημόσιων και ιδιωτικών με το άρθρο 3 του Ν.1650/86, έργων και δραστηριοτήτων σε κατηγορίες σύμφωνα όπως αντικαταστάθηκε με το άρθρο 1 του Ν.3010/2002.
- ΚΥΑ 5673/400 (ΦΕΚ-192/Β/12-3-1997): «Μέτρα και όροι για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων»
- ΚΥΑ 19661/1982 (ΦΕΚ-1811/29-11-1999): «Τροποποίηση της 5673/400/1999»
- ΚΥΑ 48392/939 (ΦΕΚ-405/Β/3-4-2002): «Συμπλήρωση της 19661/1982/1999»
- Υγειονομική Διάταξη ε1β/221/22-1-65 (ΦΕΚ 138-τ.β.-24-2-65) «Περί διαθέσεων λυμάτων και βιομηχανικών αποβλήτων»

## ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΑ ΖΕΥΓΗ

Για την Χορήγηση ή την Εξαίρεση από την Υποχρέωση Άδειας Παραγωγής Ν. 2773/99Ν.2773/1999 (ΦΕΚ 286 Α') «Απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Ρύθμιση θεμάτων ενεργειακής πολιτικής και λοιπές διατάξεις», όπως αυτός τροποποιήθηκε και συμπληρώθηκε με το Ν.2941/2001 (ΦΕΚ 201 Α') και Ν. 3468/2006 (ΦΕΚ 129 Α')

Ν. 3468/2006 (ΦΕΚ 129 Α') Άρθρο 24 και Άρθρο 28 «Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Συμπαράγωγή Ηλεκτρισμού και θερμότητας Υψηλής Απόδοσης και λοιπές διατάξεις» Υ.Α. Δ5-ΗΛ/Β/Φ1/οικ.17951/2000 (ΦΕΚ1498 Β') «Κανονισμός Αδειών Παραγωγής και Προμήθειας Ηλεκτρικής Ενέργειας. (Έκδοση 1)»

Για την χορήγηση Άδειας Εγκαταστάσεων και Λειτουργίας

4. Ν.2244/1994 (ΦΕΚ168 Α') «Ρύθμιση θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις», όπως αυτός τροποποιήθηκε με το Ν.2773/1999 (ΦΕΚ 286 Α') και το Ν.3468/2006 (ΦΕΚ 129 Α')

Κ.Υ.Α. Δ6/Φ1/οικ.8295/1995 (ΦΕΚ385 Β') Α. «Διαδικασίες και δικαιολογητικά που απαιτούνται για την έκδοση των αδειών εγκατάστασης και λειτουργίας σταθμών ηλεκτροπαραγωγής, τα καταβλητέα παράβολα καθώς και κάθε άλλη λεπτομέρεια» Β. «Καθορισμός γενικών τεχνικών και οικονομικών όρων των συμβάσεων μεταξύ παραγωγών και ΔΕΗ, λεπτομέρειες διαμόρφωσης των τιμολογίων καθώς και όροι διασύνδεσης»

Σχετική Νομοθεσία

Ν.2941/2001 (ΦΕΚ 201 Α') μόνο τα Άρθρα 2 και 8 «Απλοποίηση διαδικασιών ίδρυσης εταιρειών, αδειοδότησης Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και άλλες διατάξεις»

Ερμηνευτική Εγκύκλιος Αρ. Πρ. Δ6/Φ1/16262/21-9-2001 του Υπ.Αν. «Ερμηνευτική εγκύκλιος άρθρου 2 Ν.2941/2001 για την απλοποίηση διαδικασιών αδειοδότησης έργων ηλεκτροπαραγωγής με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας»

Π.Δ.92/1993 (ΦΕΚ 38 Α') §42: «Μεταβίβαση αρμοδιοτήτων για την εγκατάσταση και λειτουργία εφεδρικών Η/Ζ στις Νομαρχιακές Υπηρεσίες»

Εγκύκλιος αρ. Δ5/ΗΛ/Γ/Φ26/38/13330/20-7-2001 του Υπ.Αν. «Μεταβίβαση αρμοδιοτήτων στις Περιφέρειες»

## ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ

### ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΓΕΝΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

Γενικός Οικοδομικός Κανονισμός ΝΔ 8/73.

- Κτιριοδομικός Κανονισμός.
- Πρότυπα ΕΛΟΤ και ΕΝ.
- Πρότυπα ISO, IEC, DIN και VDE συμπληρωματικά προς τα ανωτέρω.

### ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ

- Γερμανικοί κανονισμοί VDE συμπληρωματικά προς τους ελληνικούς.
- Οδηγίες της Διεύθυνσης εκμετάλλευσης και διανομής της ΔΕΗ.
- Πρότυπο ISO/IEC 11801.
- Πρότυπα EN 50172, 50173.
- Πρότυπα ANSI/EIA/TIA 568 Α.
- Πρότυπα ΕΙΒΑ

## **ΠΡΟΤΥΠΑ**

Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης (ΕΛΟΤ)

- 266 Χαλύβδινοι σύνδεσμοι (μούφες) κοχλιοτομημένοι σύμφωνα με το Πρότυπο ΕΛΟΤ 267
- 267-1 Σπειρώματα σωλήνων για στεγανές υπό πίεση συνδέσεις –  
Μέρος 1 : Χαρακτηρισμός, διαστάσεις και αντοχές.
- 267-2 Χαλυβδοσωλήνες κατάλληλοι για κοχλιοτόμηση σύμφωνα με το  
Πρότυπο ΕΛΟΤ 267 - Σειρά βαρέως τύπου.
- 269 Χαλυβδοσωλήνες κατάλληλοι για κοχλιοτόμηση σύμφωνα με το  
Πρότυπο ΕΛΟΤ 267 - Σειρά μεσαίου τύπου.
- 279 Χαλύβδινοι σωλήνες γενικής χρήσης με απλά άκρα.
- 284 Επιψευδαργύρωση χαλύβδινων σωλήνων. Τεχνικοί όροι παράδοσης για επικαλύψεις σωλήνων.
- 348 Εξαρτήματα μη πλαστικοποιημένου χλωριούχου πολυβινυλίου (PVC) με απλή κεφαλή, για σωληνώσεις  
πίεσης. Διαστάσεις κεφαλών - Μετρική σειρά.
- 496 Χαλύβδινοι σωλήνες. Πάχη τοιχωμάτων.
- 497 Χαλύβδινοι σωλήνες . Εξωτερικές διαμέτρους.
- 504 Ηλεκτροσυγκολλημένοι ή άραφοι χαλύβδινοι σωλήνες για ύδρευση, αποχέτευση και αέρια.
- 541 Χαλύβδινοι σωλήνες. Συστήματα αντοχών.
- 542 Χαλύβδινοι σωλήνες με απλά άκρα, ηλεκτροσυγκολλημένοι και άραφοι. Γενικοί πίνακες διαστάσεων και  
μάζας ανά μονάδα μήκους.
- 567 Εξαρτήματα σωληνώσεων από μαλακό χυτοσίδηρο, με σπειρώματα σύμφωνα με προς το Πρότυπο ISO R7.
- 616 Χάλκινοι σωλήνες κυκλικής διατομής - Διαστάσεις.
- 617 Εξαρτήματα τριχοειδούς συγκολλησεως για χάλκινους σωλήνες. Διαστάσεις εφαρμογής και δοκιμές.
- 619 Θερμοπλαστικοί σωλήνες για την μεταφορά υγρών. Ονομαστικές εξωτερικές διαμέτρους και πιέσεις.  
Γερμανικό Ινστιτούτο Προτύπων (DIN)
- 1928 Έλεγχος πίεσης σωληνώσεων νερού.
- 2440 Κοχλιοτομημένοι χαλύβδινοι σωλήνες και εξαρτήματα, μεσαίου τύπου.
- 2441 Κοχλιοτομημένοι χαλύβδινοι σωλήνες και εξαρτήματα βαρέως τύπου.
- 2448 Χαλύβδινοι σωλήνες άνευ ραφής.
- 2590 Εξαρτήματα σωληνώσεων και σύνδεση ελαστικών σωληνώσεων γενικά.
- 2600 Εξαρτήματα αποχέτευσεων
- 2620 Χυτοσίδηρο εξαρτήματα
- 2680 Σωλήνες νερού και λυμάτων.
- 2700 Χυτοσίδηροι σωλήνες.
- 2710 Χαλύβδινοι σωλήνες
- 2720 Μη σιδηροί σωλήνες
- 2800 Συμπαγείς σύνδεσμοι σωληνώσεων
- 2810 Φλαντζωτοί σύνδεσμοι σωληνώσεων γενικά
- 2850 Φλάντζες χυτοσιδηρές ή χαλύβδινες
- 2860 Βιδωτές φλάντζες
- 2920 Βιδωτοί σύνδεσμοι σωληνώσεων παροχής νερού.
- 2960 Εξαρτήματα βιδωτών συνδέσμων σωληνώσεων
- 3030 Βαλβίδες γενικά.
- 3050 Βαλβίδες και ρυθμιστές παροχής νερού.
- 3204 Συρτοδικλείδες φλατζωτές από χυτοσίδηρο
- 3843 Συρτοδικλείδες ερυθρού ορειχάλκινου, σταθερού άξονα.
- 8061 Άκαμπτα εξαρτήματα σωληνώσεων από PVC
- 18381 Εσωτερικές εγκαταστάσεις αερίου, νερού και αποχέτευσης.
- 19500 - 19508 Χυτοσίδηροι σωλήνες και εξαρτήματα
- 50961 Ηλεκτρική επικάλυψη - Επικάλυψη ψευδαργύρου σε σίδηρο ή χάλυβα.
- 50976 Αντιδιαβρωτική προστασία - Επιγαλβάνιση εν θερμό σε προϊόντα σιδήρου - απαιτήσεις και δοκιμές.
- 18165 Θερμομονωτικά υλικά από σύνθετες ίνες.
- Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης (ISO)
- 7/1-1982 Σπειρώματα σωληνώσεων κατάλληλα για συνδέσμους πίεσης.  
Μέρος 1 : Ορισμοί, διαστάσεις και αντοχές.
- 7/2-1982 Σπειρώματα σωληνώσεων κατάλληλα για συνδέσμους πίεσης.  
Μέρος 2 : Εξακρίβωση με οριακούς μετρητές.
- 49-1983 Εξαρτήματα μαλακού χυτοσιδήρου με σπειρώματα σύμφωνα προς  
το ISO 7/1.



- 50-1977 Μεταλλικοί σωλήνες. Χαλύβδινες κεφαλές με σπειρώματα σύμφωνα προς το ISO 7.  
274 -1975 Χαλκοσωλήνες κυκλικής διατομής. Διαστάσεις.  
2016-1981 Εξαρτήματα τριχοειδούς συγκόλλησης για χαλκοσωλήνες. Διαστάσεις συναρμογής και έλεγχου.  
161/1-1978 Θερμοπλαστικοί σωλήνες για την μεταφορά των υγρών Ονομαστικές εξωτερικές διάμετροι και πιέσεις.  
Μέρος 1: Μετρική σειρά.  
2641976 Εξαρτήματα μη πλαστικοποιημένου χλωριούχου πολυβινυλίου (PVC). Προδιαγραφή και προσδιορισμός πυκνότητας.  
3604-1976 Σωληνώσεις μη πλαστικοποιημένου χλωριούχου πολυβινυλίου (PVC). Ανοχές εξωτερικών διαμέτρων και πάχη τοιχωμάτων.  
7387/1-1983 Κόλλες με διαλυτικά για την συναρμογή στοιχείων σωληνώσεων από UPVC. Χαρακτηρισμός. Μέρος 1: Βασικές μέθοδοι ελέγχου.  
4126-1981 Βαλβίδες ασφαλείας. Γενικές απαιτήσεις.  
2441-1975 Φλάντζες σωληνώσεων γενικής χρήσης. Σχήματα και διαστάσεις επιφανειών στεγανών υπό πίεση.  
2604/4-1975 Χαλύβδινα προϊόντα για χρήσεις πίεσης. ποιοτικές απαιτήσεις. Μέρος IV Q Ελάσματα.  
3419-1981 Ηλεκτροσυγκολλητικά εξαρτήματα από χάλυβα και κράματα χάλυβα.  
4200-1981 Χαλύβδινοι σωλήνες απλών άκρων, ηλεκτροσυγκολλημένοι και χωρίς ραφή. Γενικοί πίνακες διαστάσεων και μάζας ανά μονάδα μήκους.  
5251-1981 Ηλεκτροσυγκολλητικά εξαρτήματα από ανοξείδωτο χάλυβα.  
5252-1981 Χαλύβδινοι σωλήνες. Συστήματα ανοχών.  
6761-1981 Χαλύβδινοι σωλήνες. Προετοιμασία άκρων και εξαρτημάτων για ηλεκτροσυγκόλληση.  
7186-1983 Σωλήνες μορφοσιδήρου και εξαρτήματα για αγωγούς χωρίς πίεση.  
7268-1983 Εξαρτήματα σωληνώσεων. ορισμός της ονομαστικής πίεσης.  
7369-1983 Σωληνώσεις . Εύκαμπτοι μεταλλικοί σωλήνες. Λεξιλόγιο γενικών όρων της δίγλωσσης έκδοσης.  
7598-1982 Σωλήνες από ανοξείδωτο χάλυβα, κατάλληλες για σύνδεση με σπείρωμα με το ISO 7/1.

#### Ηλεκτρομηχανολογικές Εγκαταστάσεις

- VDE 0100 για την κατασκευή εγκαταστάσεων υψηλής τάσης με ονομαστικές τάσεις ως 1000V  
VDE 0101 για την κατασκευή εγκαταστάσεων υψηλής τάσης με ονομαστικές τάσεις άνω των 1000V  
VDE 0105για τη λειτουργία εγκαταστάσεων υψηλής τάσης  
VDE 0108 για την κατασκευή και λειτουργία εγκαταστάσεων υψηλής τάσης σε μέρη συνάθροισης ατόμων, αποθήκες και χώρους εργασίας  
VDE 0125 περί ηλεκτρικών εγκαταστάσεων κατά την κατασκευή κτιρίων  
VDE 0165 για την κατασκευή ηλεκτρικών εγκαταστάσεων σε χώρους παραγωγής και επικίνδυνες περιοχές  
VDE 0228 για τις μετρήσεις όταν συστήματα τηλεδιαχείρισης επηρεάζονται από τριφασικά συστήματα  
VDE 0510 για τους συσσωρευτές και τα συστήματά τους  
VDE 0800 για εγκαταστάσεις τηλεπικοινωνιών  
DIN 18382 για τα ηλεκτρικά καλώδια και γραμμές σε κτίρια  
VDE 60204, VDE 0107, VDE 0271, VDE 0190  
DIN V ENV 61024-1, E DIN IEC 61024-1-2, για την προστασία από κεραυνούς  
DIN EN 60204-1: Ηλεκτρικός εξοπλισμός  
DIN VDE 0660 T 500: Ταξινόμηση καλωδίων στον πίνακα  
DIN VDE 0298 T 4: Ταξινόμηση καλωδίων στη μονάδα  
DIN EN 60104 T 1: Ταξινόμηση καλωδίων στο μηχάνημα  
Ταξινόμηση μπαρών χαλκού: DIN 43671  
Κυκλώματα ελέγχου: πάντα γειωμένα στη μία άκρη, αλλιώς αποσυνδετήρας δύο ακίδων με έλεγχο σφάλματος γης  
DIN 60204 (Κύκλωμα έκτακτης διακοπής): σύμφωνα με τις απαιτήσεις κατηγορίας 0/1/2  
Επιτρεπτές περιοχές για τη διευθέτηση ενεργοποιητών, περιλαμβάνει ασφάλειες και διακόπτες: σύμφωνα με DIN VDE 0660 T 500, DIN EN 60204 T 1, DIN VDE 0106 T 100

#### Αντικεραυνική Προστασία – Γειώσεις

ΕΛΟΤ 1197 μέρος Α και Β

ΕΛΟΤ - EN 50164-2

VDE 0141 Earthling systems for power installations above 1KV

VDE 0151 Materials and minimum dimensions of earth electrodes with respect of corrosion

VDE 0190 Inclusion of water pipes in the main equipotential bonding system of electrical installations

VDE 0185 Lightning protection system



VDE 0675 Recommendations for over voltage protection devices  
VDE 0800 Part 2 Earthling and equipotential bonding of communication systems  
VDE 0845 Protection of telecommunication systems against lightning, electrostatic discharges and over voltages  
IEC 364-5-54/1980 Amendments No.1 July 1982. Electrical installations of buildings

Τους Εθνικούς Κανονισμούς και τα Εθνικά πρότυπα, όπως Γερμανικά (DIN κλπ.), Βρετανικά (BS κλπ.), Γαλλικά (FN κλπ.), Ηνωμένων Πολιτειών (ASTM κλπ.), τα των λοιπών Κρατών Μελών της Ε.Ε., καθώς και τα διεθνή (ISO κλπ.), ειδικότερα δε, οι Κανονισμοί και τα Πρότυπα της χώρας προέλευσης του συγκεκριμένου προϊόντος, εάν δεν καλύπτονται από τα πιο πάνω αναφερόμενα.

Ασθενή ρεύματα

ΦΕΚ Β' 269/8-4-71 περί εγκρίσεως κανονισμού τοποθετήσεως και συντηρήσεως δευτερευουσών εγκαταστάσεων

ΦΕΚ Β' 331/31-3-81 και ΦΕΚ Β' 117/26-2-81 Περί τροποποιήσεως κανονισμού τοποθετήσεως και συντηρήσεως δευτερευουσών τηλεφωνικών εγκαταστάσεων

ΦΕΚ Β' 773/30-12-83 Νέος κανόνισος εσωτερικών τηλεπικοινωνιακών δικτύων οικοδομών Κανονισμός εγκατάστασης συλλογικής κεραίας τηλεόρασης -ραδιοφώνου

VDE 0800 "Regulations for erection and operation of telecommunication installations, including data processing equipment"

VDE 0804 Telecommunication: Additional requirements of construction and testing of apparatus

VDE 0805 Safety of data processing equipment

VDE 0815 Wiring cables for telecommunication and data processing systems

VDE 0816 Outdoor cables for communication systems

VDE 0817 Cables with stranded conductors for increased mechanical stress

VDE 0845 Protection of telecommunication systems against lightning, electrostatic discharges and over voltages

VDE 0855 Cabled distribution for television and sound systems

VDE 0875 Radio interference suppression of electrical appliances and systems

VDE 0878 Radio equipment and systems

VDE 0887 Coaxial cables used in cabled distribution networks

VDE 0888 Fiber optic cables for telecommunication purposes

VDE 0510 Specification for electric storage batteries and battery plants

Commercial Building Telecommunications Wiring Standard EIA/TIA-568, July 1991 (ANSI/ EIT/TIA-568-1991)

Commercial Building Standard for Telecommunications Pathways and Spaces EIA/TIA-569, October 1990 (ANSI/EIA/TIA-569-1990)

Residential and Light Commercial Telecommunications Wiring Standard EIA/TIA/-570, June 1991 (ANSI/EIA/TIA-570-1991)

Administration Standard for the Telecommunications Infrastructure of Commercial Buildings EIA/TIA-606, February 1993

(ANSI/EIA/TIA-606-1993)

Κανονισμός Εσωτερικών Τηλεπικοινωνιακών δικτύων Οικοδομών του ΟΤΕ, ΦΕΚ 767/44 31/12/92 Κεφάλαιο Δ' Γειώσεις, Άρθρο 11

Κανονισμός VDE 0855/Teil 2, & 1 R 8-15, Max. and min. levels for receiver inputs. CCIR Standard, level calculation according to DIN 45004

CCIR Comite Consultatif international pour le Radio -Communication

CCITT Committee Consultatif international Telegraphique et Telephonique\ ISO International Standard Organization

VDE 830 Part 2 Intrusion Alarm Systems

VDE 833 Part 1 - 3 Requirements for alarm systems

VDE 830 CCTV surveillance systems for use in security applications

## **Κεφάλαιο 6 : ΔΙΚΤΥΑ ΥΔΡΕΥΣΗΣ**

Ως δίκτυο ύδρευσης ορίζουμε το σύνολο των αγωγών και των άλλων εξαρτημάτων που είναι απαραίτητα για την μεταφορά του νερού από τα μέρη αποθήκευσης μέχρι την κατανάλωση. Ένα δίκτυο αποτελείται εκτός από τις σωληνώσεις, και από δεξαμενές αποθήκευσης, μηχανές πρόσδοσης ή αφαίρεσης ενέργειας, βάνες, εργαλεία ελέγχου κλπ. Στο τέλος κάθε αγωγού υπάρχει ένας κόμβος. Κάθε κόμβος μπορεί να είναι μια διασταύρωση σωληνώσεων, αλλαγή διαμέτρου σωλήνα ή ένα σημείο στο οποίο υπάρχει εκροή ή εισροή νερού.

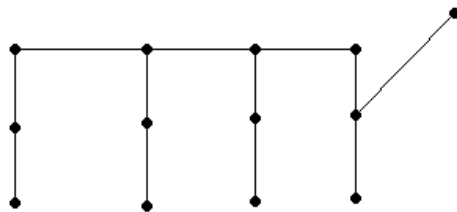
Σκοπός ενός δικτύου ύδρευσης δεν είναι παρά η εξασφάλιση της παροχής του απαιτούμενου νερού στους καταναλωτές. Προκειμένου να εξασφαλιστεί λοιπόν αυτή η παροχή του νερού θα πρέπει να υπάρχουν εγκαταστάσεις ώστε να είναι δυνατή η συλλογή και η διανομή του νερού. Το νερό που προέρχεται από τους διάφορους υδάτινους πόρους συλλέγεται σε δεξαμενές εκτός αστικής περιοχής και στη συνέχεια διοχετεύεται προς τις δεξαμενές πίεσης.

### **Είδη δικτύων ύδρευσης**

Ένα δίκτυο ύδρευσης χαρακτηρίζεται από τον τρόπο με τον οποίο είναι οι διαταγμένοι οι σωλήνες οι οποίοι το αποτελούν. Έτσι ένα δίκτυο μπορεί να είναι ακτινωτό ή κλειστό.

#### **Ακτινωτά δίκτυα**

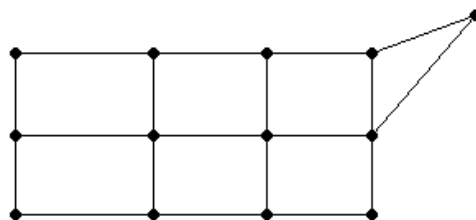
Ως ακτινωτό χαρακτηρίζεται ένα δίκτυο το οποίο έχει μια μοναδική πηγή τροφοδοσίας και στο οποίο δεν υπάρχουν κλειστές διαδρομές δηλαδή βρόχοι. Πρακτικά είναι ένα δίκτυο όπου μικρότερες σωληνώσεις συνδέονται με την κεντρική σωληνώση, μεταφέροντας το νερό στους οικισμούς χωρίς να κλείνουν βρόχο. Το κυριότερο τους πλεονέκτημα είναι ότι ελαχιστοποιείται το μήκος επομένως και το κόστος των σωληνώσεων, ωστόσο παρουσιάζουν μεγάλες υδραυλικές απώλειες.



Εικόνα 6-1: Ακτινωτά δίκτυα

#### **Κλειστά δίκτυα**

Τα δίκτυα αυτά έχουν παραπάνω από μία πηγές τροφοδοσίας στις οποίες έχουμε τον σχηματισμό κλειστών διαδρομών αγωγών. Έναντι των ακτινωτών δικτύων έχουν το πλεονέκτημα ότι αποφεύγεται το ενδεχόμενο σε κάποιο απόμακρο σημείο του δικτύου να υπάρχει νερό κακής ποιότητας λόγω της μη κυκλοφορίας του, καθώς και ότι σε περίπτωση βλάβης υπάρχουν εναλλακτικές διαδρομές για την διακίνηση του νερού. Ωστόσο έχουν αυξημένες απώλειες. Επίσης αποτελούνται από περισσότερες σωληνώσεις κάτι το οποίο όμως δεν σημαίνει απαραίτητα μεγαλύτερο κόστος μιας και αυτό αντισταθμίζεται από την χρήση σωληνώσεων με μικρότερες διαμέτρους.



Εικόνα 6-2: Κλειστά δίκτυα

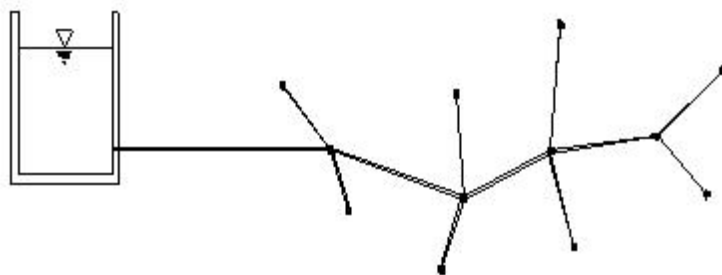
Ανάλογα με τον τρόπο με τον οποίο συνδέονται μεταξύ τους οι σωλήνες, μπορούν να διακριθούν οι ακόλουθες διατάξεις συστήματος: (α) σειριακή, (β) ακτινωτή, (γ) κλειστή (βροχωτή), (δ) μικτή. Το σειριακό δίκτυο

(Σχήμα ..... ) είναι ένα σύστημα χωρίς διακλαδώσεις ή βρόχους και αποτελεί την πιο απλή διάταξη. Έχει μια πηγή, ένα άκρο και μερικούς ενδιάμεσους κόμβους (σημεία ζήτησης). Κάθε ενδιάμεσος κόμβος συνδέει δύο κλάδους. Η κατεύθυνση ροής είναι σταθερή, από την πηγή, στο άκρο του συστήματος. Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούνται σε πολύ μικρές (αγροτικές) περιοχές διανομής και παρόλο που δεν είναι τόσο δαπανηρά, δε χρησιμοποιούνται συχνά εξαιτίας της χαμηλής αξιοπιστίας τους και των προβλημάτων ποιότητας, που δημιουργούνται από τη στασιμότητα του νερού στο άκρο του δικτύου.



Εικόνα 6-3: Σειριακό δίκτυο

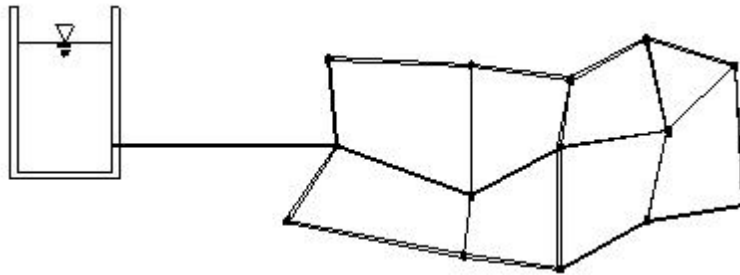
Το ακτινωτό σύστημα, το οποίο ονομάζεται επίσης δενδροειδές ή δενδρικό σύστημα, είναι ένας συνδυασμός σειριακών δικτύων. Αποτελείται, συνήθως, από ένα σημείο παροχής και αρκετά άκρα (Σχήμα 1.8.). Σε αυτή την περίπτωση, οι ενδιάμεσοι κόμβοι στο σύστημα ενώνουν έναν ανάντη κλάδο με έναν ή περισσότερους κατάντη κλάδους. Η σταθερή κατεύθυνση ροής δημιουργείται από τη διανομή από την πηγή, στα άκρα του συστήματος και το νερό μπορεί να ακολουθήσει μόνο μια διαδρομή, για να φτάσει από την πηγή στον συνδρομητή. Τα ακτινωτά συστήματα είναι κατάλληλα για μικρές κοινότητες, αφού ληφθεί υπόψη το αποδεκτό επενδυτικό κόστος. Παρόλα αυτά, τα κυριότερα μειονεκτήματα παραμένουν: - μικρή αξιοπιστία, - πιθανός κίνδυνος μόλυνσης, λόγω του ότι μεγάλα μέρη του δικτύου παραμένουν χωρίς νερό κατά τη διάρκεια μη τυπικών καταστάσεων, - συγκέντρωση ιζημάτων λόγω στασιμότητας του νερού στα άκρα του συστήματος, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται σε ορισμένες περιπτώσεις προβλήματα στην οσμή και τη γεύση, - κυμαινόμενη ζήτηση νερού, με αποτέλεσμα να παράγονται ψηλές μεταβολές στην πίεση, - σε περίπτωση βλάβης αγωγού, όλοι οι πελάτες κατάντη της βλάβης δε θα έχουν νερό μέχρι να τελειώσουν οι επισκευές.



Εικόνα 6-4: Ακτινωτά σύστημα

Σε βροχωτά συστήματα ή κυκλοφοριακά συστήματα (Σχήμα 1.9.), όπως υπονοεί και η ονομασία τους, είναι δυνατό να υπάρχουν πολλές διαδρομές, τις οποίες μπορεί να ακολουθήσει το νερό για να φτάσει από την πηγή σε ένα συγκεκριμένο συνδρομητή. Αυτό το σύστημα, αποτελείται από κόμβους, οι οποίοι μπορούν να λάβουν νερό από περισσότερες από μια πλευρές. Αυτό είναι επακόλουθο της δομής του δικτύου, η οποία διαμορφώθηκε με αυτό τον τρόπο, για να εξαλειφθούν τα μειονεκτήματα των ακτινωτών συστημάτων. Η βροχωτή διάταξη μπορεί να αναπτυχθεί από ένα ακτινωτό σύστημα με τη σύνδεση των άκρων του, είτε αρχικά, είτε σε μεταγενέστερο στάδιο, σε πλέγμα βρόχων. Τα προβλήματα, τα οποία αναφέρονται στα ακτινωτά συστήματα αντιμετωπίζονται με τους ακόλουθους τρόπους: - τα βροχωτά συστήματα είναι, γενικά, πιο

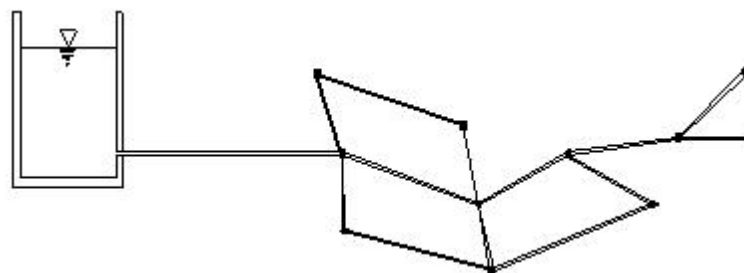
επιθυμητά από τα ακτινωτά συστήματα γιατί, σε συνδυασμό με δικλίδες, μπορούν να προσφέρουν ένα ακόμα επίπεδο αξιοπιστίας, - επειδή το νερό ρέει σε περισσότερες από μια κατευθύνσεις, δε δημιουργείται στασιμότητα μακράς διάρκειας, - σε περίπτωση βλάβης ενός αγωγού, η βλάβη μπορεί να απομονωθεί για να επισκευαστεί, με ελάχιστες επιπτώσεις στους συνδρομητές που βρίσκονται έξω από την πληγείσα περιοχή - Κατά τη διάρκεια συντήρησης του συστήματος, η γύρω περιοχή θα προμηθεύεται με νερό που ρέει από άλλες κατευθύνσεις, στην περίπτωση των συστημάτων με αντλίες, η αύξηση της πίεσης που δημιουργείται από περιορισμό της ροής, μπορεί να βοηθήσει προς αυτή την κατεύθυνση, - Οι διακυμάνσεις στη ζήτηση του νερού θα έχουν λιγότερες επιπτώσεις στις διακυμάνσεις της πίεσης.



Εικόνα 6-5: Βροχωτό σύστημα (δικτυωτό)

Ένα άλλο πλεονέκτημα της βροχωτής διάταξης είναι οι μικρότερες ταχύτητες και η μεγαλύτερη δυναμικότητα του συστήματος, λόγω του ότι υπάρχουν περισσότερες από μια διαδρομές, τις οποίες μπορεί να ακολουθήσει το νερό για να φτάσει στον

χρήστη. Όσον αφορά την υδραυλική, τα βροχωτά συστήματα είναι πολύ πιο πολύπλοκα από τα σειριακά ή τα ακτινωτά συστήματα. Σε τέτοια συστήματα, η μορφή της ροής καθορίζεται, όχι μόνο από το σχήμα του δικτύου, αλλά και από τη λειτουργία του συστήματος. Αυτό σημαίνει ότι, οι κρίσιμες πιέσεις μπορούν, με το χρόνο, να εμφανιστούν σε διαφορετικά σημεία. Στην περίπτωση της παροχής από περισσότερες από μια πηγές, η ανάλυση γίνεται ακόμα πιο πολύπλοκη. Τα βροχωτά συστήματα είναι πιο δαπανηρά όσον αφορά επενδυτικό κόστος και κόστος λειτουργίας. Είναι η κατάλληλη λύση για τις αστικές (ή βιομηχανικές) περιοχές διανομής, οι οποίες απαιτούν ένα πολύ αξιόπιστο σύστημα παροχής καλής ποιότητας νερού. Τα μικτά δίκτυα είναι ο πιο κοινός τύπος δικτύων στις μεγάλες αστικές περιοχές. Το κεντρικό μέρος του συστήματος αποτελείται από βροχωτή διάταξη, ενώ η παροχή στις παρυφές της περιοχής γίνεται με επεκτάσεις γραμμών (Σχήμα 1.10.).



Εικόνα 6-6: Μικτό δίκτυο

Η διάταξη του συστήματος επηρεάζεται από την τοπογραφία, το δίκτυο δρόμων, τη θέση των ταμιευτήρων και άλλων εγκαταστάσεων και τον τρόπο με τον οποίο αναπτύχθηκε η περιοχή που θα εξυπηρετηθεί.

Σημεία σύνδεσης στο δίκτυο

Τα σημεία σύνδεσης συνδέουν τους χρήστες με το δίκτυο διανομής. Μια τυπική διάταξη σύνδεσης αποτελείται από: σύνδεσμο, σωλήνα, εσωτερική και εξωτερική δικλίδα διακοπής και μετρητή νερού, ενώ μπορεί να προστεθεί και μια βαλβίδα αντεπιστροφής. Η σύνδεση με το δίκτυο μπορεί να γίνει στο πάνω μέρος του σωλήνα, από τα πλάγια, με ή χωρίς σάγματα κλπ. Τα σημεία σύνδεσης τοποθετούνται, συνήθως,

### **Βελτιστοποίηση δικτύου σωληνώσεων**

Το υψηλό κόστος των δικτύων σωληνώσεων προκάλεσε προσπάθειες για την αισθητή μείωση του, εξασφαλίζοντας παράλληλα την διακίνηση του νερού στην απαιτούμενη ποσότητα και ποιότητα όπως αυτή ζητείται από τους καταναλωτές. Το πρόβλημα της βελτιστοποίησης έγκειται ουσιαστικά στον καλύτερο δυνατό συνδυασμό μείωσης κόστους των κομματιών τα οποία το αποτελούν. Πρακτικά μπορεί να πάρει πολλές μορφές εξαρτώμενη από τα διαφορετικού είδους εξαρτήματα. Τα κόστη τα οποία καθορίζουν το συνολικό κόστος ενός δικτύου ύδρευσης είναι:

- Κόστος δεξαμενών αποθήκευσης
- Κόστος σωληνώσεων
- Κόστος άντλησης
- Κόστος εξαρτημάτων μέτρησης και ελέγχου
- Κόστος ενέργειας και λειτουργίας
- Κόστος συντήρησης

Οι περιορισμοί που πρέπει να τηρούνται κατά την σχεδίαση:

Γεωμετρικοί περιορισμοί

Περιορισμοί μέγιστης και ελάχιστης πίεσης σε κάθε κόμβο

Εναρμόνιση με περιορισμούς ασφαλείας

Περιορισμοί μέγιστης και ελάχιστης ταχύτητας ρευστού στις σωληνογραμμές

### **Σχεδίαση**

Οι κύριες απαιτήσεις που πρέπει να ικανοποιεί μια σωλήνωση διακίνησης ρευστού, εκτός φυσικά της επίτευξης της επιθυμητής παροχής, είναι:

- Επαρκής μηχανική αντοχή στις συνθήκες λειτουργίας της εγκατάστασης (πίεση, θερμοκρασία, υδραυλική κρούση κλπ.)
- Καταλληλότητα του υλικού για το συγκεκριμένο ρευστό που μεταφέρεται (εξασφάλιση συνθηκών υγιεινής, μείωση σχηματισμού αλάτων ή καταλοίπων κλπ.)
- Επαρκής αντοχή του υλικού σε μηχανική, χημική, και ηλεκτρολυτική (γαλβανική) διάβρωση

### **Γεωμετρικά μεγέθη**

Η επιλογή του υλικού και των γεωμετρικών μεγεθών πρέπει αφενός να ικανοποιήσει τις παραπάνω προϋποθέσεις, αφετέρου πρέπει να γίνει με τέτοιο τρόπο προκειμένου να επιτυγχάνεται η βέλτιστη από τεχνοοικονομική άποψη λύση. Αυτό καθιστά την μελέτη αρκετά περίπλοκη καθώς όπως προαναφέρθηκε οι παράμετροι που μπορούν να μεταβληθούν είναι αρκετοί. Πχ: ποία διαδρομή θα ακολουθήσει μια σωληνογραμμή, που θα τοποθετηθεί μια δεξαμενή τροφοδότησης προκειμένου να ελαχιστοποιούνται οι αποστάσεις και άλλα πολλά. Τέλος η σχεδίαση πρέπει να εναρμονίζεται και με τους περιορισμούς που επιβάλλονται από νόμους περιβαλλοντικής, κοινωνικής και πολεοδομικής σημασίας.

### **Επιλογή υλικού**

Κάθε υλικό έχει διαφορετικά χαρακτηριστικά, και διαφορετικές αντοχές. Επομένως η επιλογή υλικού για μια σωλήνωση εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του δικτύου και τις απαιτήσεις που έχει αυτό. Τα κριτήρια επιλογής ωστόσο δεν είναι αμιγώς υδραυλικά. Ρόλο στην επιλογή υλικού παίζει φυσικά το κόστος του υλικού, το κατά πόσο είναι εύκολη η μεταφορά του στο σημείο που θα στηθεί το δίκτυο και φυσικά η διαθεσιμότητα του εν λόγω υλικού στις ποσότητες που θα απαιτηθεί. Σημαντικός παράγων είναι και ο χρόνος ζωής του δικτύου, καθώς και αν το δίκτυο θα είναι υπόγειο η υπέργειο. Είναι αντιληπτό σε πρώτη φάση ότι το υλικό των σωληνώσεων πρέπει να αντέχει ώστε να φτάνει τον χρόνο ζωής του δικτύου, καθώς και ότι ένα υπόγειο δίκτυο απαιτεί σωληνώσεις που να αντέχουν την πίεση του εδάφους. Ειδικές τέτοιες συνθήκες ενδεχομένως να απαιτούν την χρήση μεγαλύτερου πάχους καθώς και ειδικών επικαλύψεων για την προστασία από την διάβρωση, κλπ.

### **Επιλογή διαμέτρου**



Οι παράγοντες που καθορίζουν την επιλογή διαμέτρου σε έναν αγωγό είναι το κόστος και οι απώλειες. Όσο μεγαλύτερη η διάμετρος τόσο υψηλότερο το κόστος ενώ αντίθετα ταυτόχρονα υπάρχει μείωση των απωλειών. Επομένως σίγουρα θα υπάρχει κάποια επιλογή για κάθε δίκτυο που να συνδυάζει καλύτερα αυτά τα δύο κριτήρια. Ωστόσο σε ένα δίκτυο υφίστανται περιορισμοί που αποκλείουν κάποιες λύσεις. Επομένως η επιλογή της βέλτιστης διαμέτρου πρέπει να προσαρμόζεται στα δεδομένα και της απαιτήσεις κάθε δικτύου. Περιορισμοί τέτοιου είδους αφορούν κυρίως την τιμή της ταχύτητας για την αποφυγή φαινομένων όπως η σπηλαίωση.

**Επιλογή πάχους** Η επιλογή του πάχους γίνεται με γνώμονα την αντοχή του σωλήνα στην ορθή τάση που αναπτύσσεται λόγω της εσωτερικής υπερπίεσης από την κίνηση του ρευστού. Κατά τον υπολογισμό του πάχους συνυπολογίζεται και μια προσαύξηση λόγω ενδεχόμενης φθοράς ή εξασθένησης λόγω καταπόνησης κατά την εγκατάσταση. Έτσι οι παρακάτω τύποι χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό του πάχους σωλήνων. Οι τύποι αυτοί βασίζονται στην πίεση που αναπτύσσεται κατά την μόνιμη ροή, ωστόσο πρέπει να ληφθούν υπόψη και ενδεχόμενα εμφάνισης υψηλότερων πιέσεων από φαινόμενα όπως το υδραυλικό πλήγμα, καθώς και το ενδεχόμενο η παροχή να μην είναι σταθερή, αλλά να αυξομειώνεται κατά την διάρκεια ενός διαστήματος.

Ο Μηχανολογικός εξοπλισμός με τον οποίον είναι εξοπλισμένο ένα δίκτυο ύδρευσης είναι  
**ΔΙΚΛΕΙΔΕΣ - ΒΑΛΒΙΔΕΣ**

- Δικλίδες απομόνωσης
- Βαλβίδες αντεπιστροφής
- Βαλβίδες ελέγχου υψομέτρου
- Βαλβίδες εισαγωγής/εξαγωγής αέρα
- Δικλίδες ελέγχου
- Αεροβαλβίδες
- Βαλβίδες ελέγχου
- Βαλβίδες μείωσης
- Βαλβίδες διατήρησης πίεσης (PSVs).
- Βαλβίδες ελέγχου ροής (FCVs).
- Βαλβίδες ελέγχου πίεσης εισαγωγής (TCVs).

#### **ΟΡΓΑΝΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ**

- Μετρητής στάθμης Υπερήχων
- Μετρητής στάθμης Γεωτρήσεων
- Διακόπτης στάθμης
- ηλεκτρομαγνητικά παροχόμετρα
- Οι μετρητές πίεσης
- Επιτηρητές αγωγιμότητας / ηλεκτρόδια στάθμης
- Ηλεκτρονικοί διακόπτες ροής

#### **ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΕΣ ΔΙΚΛΕΙΔΕΣ**

- Ηλεκτροκίνητη δικλείδα αναλογική
- Ηλεκτροκίνητη δικλείδα ON / OFF

#### **ΑΝΤΛΙΕΣ ΝΕΡΟΥ**

- Φυγόκεντρες αντλίες : περιφερικές, ανοξείδωτες, μονομπλόκ, μονοβάθμιες, υψηλής πίεσης, περιφερειακές, Διβάθμιες
- Αντλίες αυτόματης αναρρόφησης
- Αντλίες πολυβάθμιες αθόρυβες ,αυτομάτου αναρροφήσεως
- Αντλίες πετρελαιοκίνητες
- Αντλίες LDP, Αντλίες LDF υψηλής πίεσης
- Αντλίες βενζινοκίνητες
- Αντλίες κάθετες πολυβάθμιες
- Πιεστικά συγκροτήματα
- Πιεστικά με δοχείο διαστολής, Πιεστικά με ηλεκτρονικό κιτ, Πιεστικά με ενσωματωμένο ηλεκτρονικό κιτ,
- Πιεστικά με INVERTER, Πιεστικά με δύο ή περισσότερες αντλίες
- Υποβρύχιες αντλίες γεωτρήσεων - πηγαδιών
- Υποβρύχιοι κινητήρες γεωτρήσεων
- Πιεστικά δοχεία νερού & εξαρτήματα αντλιών
- Πιεστικά δοχεία διαστολής νερού
- Κυκλοφορητές

## ΣΩΛΗΝΩΣΕΙΣ

### ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΥΔΡΑΓΩΓΕΙΟ

#### Δίκτυο διανομής νερού

Για να μεταφερθεί το νερό από την πηγή στο συνδρομητή, είναι απαραίτητο ένα δίκτυο σωλήνων, αντλιών, δικλίδων κι άλλου μηχανολογικού εξοπλισμού που περιγράφεται πιο κάτω σε αυτό το κεφάλαιο. Η αποθήκευση νερού για ικανοποίηση μεταβολών της ζήτησης εξαιτίας διαφορετικών ρυθμών χρήσεως ή αναγκών πυρόσβεσης, απαιτεί εγκαταστάσεις αποθήκευσης, όπως δεξαμενές και ταμειυτήρες. Οι σωληνώσεις, η αποθήκευση και η σχετική υποδομή ονομάζονται, γενικά, δίκτυο διανομής νερού. Το σύστημα διανομής εξασφαλίζει την ροή και είναι απαραίτητο για τη μεταφορά νερού με ικανοποιητική πίεση, στην απαιτούμενη ποσότητα και ποιότητα, σε κάθε καταναλωτή.

Γενικά, ένα δίκτυο διανομής νερού αποτελείται από τα παρακάτω:

- Αντληση και μεταφορά ανεπεξέργαστου νερού
- Επεξεργασία και αποθήκευση νερού
- Μεταφορά και διανομή καθαρού νερού.

Η μεταφορά (Εξωτερικό υδραγωγείο) και η διανομή (Εσωτερικό υδραγωγείο) είναι, τεχνικά, πανομοιότυπες διαδικασίες, κατά τις οποίες το νερό μεταφέρεται μέσω ενός συστήματος σωληνώσεων, αποθηκεύεται περιοδικά και καταθλίβεται όταν είναι απαραίτητο, για να ικανοποιηθούν η ζήτηση και οι πιέσεις στο σύστημα. Η διαφορά μεταξύ των δύο, βρίσκεται στον στόχο τους ο οποίος και επηρεάζει την επιλογή της διάταξης του συστήματος. Αυτό το σύστημα σωληνώσεων, συχνά, διαχωρίζεται σε αγωγούς μεταφοράς (Εξωτερικό υδραγωγείο) και αγωγούς διανομής (Εσωτερικό υδραγωγείο). Οι αγωγοί μεταφοράς αποτελούνται από τμήματα, τα οποία είναι σχεδιασμένα να μεταφέρουν μεγάλες ποσότητες νερού σε μεγάλες αποστάσεις. Οι αγωγοί μεταφοράς, συνήθως, δεν εξυπηρετούν μεμονωμένους συνδρομητές. Οι αγωγοί διανομής έχουν μικρότερο διάμετρο από τους αγωγούς μεταφοράς και τυπικά, ακολουθούν τη γενική τοπολογία και διάταξη των αστικών δρόμων. Αυτό το δίκτυο μικρότερων σωλήνων, το οποίο έχει πολλές συνδέσεις, είναι ένα ενδιάμεσο βήμα προς τη διανομή νερού στους τελικούς συνδρομητές. Οι μεταβολές της ροής σε τέτοια συστήματα είναι πολύ μεγαλύτερες από τις μεταβολές στα συστήματα μεταφοράς. Για να βελτιστοποιηθεί η λειτουργία, μπορούν να εγκατασταθούν στο σύστημα διαφορετικοί τύποι δεξαμενών, αντλιοστάσια, υδατόπυργοι και άλλα παρελκόμενα. Οι γραμμές μεταφοράς μεταφέρουν το νερό από τους αγωγούς διανομής στις δεξαμενές αποθήκευσης που ανάλογα με τον σχεδιασμό του δικτύου μπορούν να έχουν άμεσα διαθέσιμο νερό στους καταναλωτές. Αυτές οι Δεξαμενές αποθηκεύουν το νερό και διατηρούν την συνεχή υδροδότηση της πόλεως από μερικές ώρες έως μερικές ημέρες ανάλογα τον σχεδιασμό, την εποχή του έτους και τις ειδικές συνθήκες (υψηλές θερμοκρασίες, χιονόπτωση κλπ.). Αυτές οι δεξαμενές είναι και το σημείο όπου διαχωρίζεται το εξωτερικό με το εσωτερικό υδραγωγείο.

Όπως αναφέρθηκε και ανωτέρω ένα εξωτερικό υδραγωγείο αποτελείται από

- Αντλιοστάσια (είτε αυτά αναρροφούν από υδρομάστευση είτε από γεώτρηση είτε από αφαλάτωση είτε από φράγμα) και καταθλίβουν σε δεξαμενές
- Το δίκτυο (Σωληνώσεις, Δικλείδες, Βάνες, Πιεστικά, Αεροφυλακία, κλπ.)
- Διυλιστήριο εάν αυτό είναι απαραίτητο από τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού (είτε από ταχυδηληστηριο –για μικρές και μεσαίες παροχετεύσεις- που συνήθως βρίσκεται στις εισόδους των δεξαμενών τροφοδοσίας του αστικού ιστού
- Δεξαμενές τροφοδοσίας του αστικού ιστού (Δεξαμενές Πόλης ΔΠ)

Οι ανάγκες ενός τέτοιου έργου από ηλεκτρολογικής άποψης είναι

- Ηλεκτρικές παροχές ( Βασικός παράγοντας κόστους παραγωγής )
- Αυτοματισμοί (εξασφαλίζουν την απρόσκοπτη λειτουργία των μηχανών και των ροών)
- Σύστημα τηλεμετρίας ( Σύστημα παρακολούθησης και καταγραφής -SCADA καθώς και διαχείρισης )

Από ηλεκτρομηχανολογικής άποψης (λειτουργικότητα) τα στοιχεία που απαρτίζουν τα εσωτερικά υδραγωγεία και τα εσωτερικά υδραγωγεία των πόλεων δεν διαφέρουν (μόνο όσον αφορά τις προδιαγραφές. Σε αυτό το σημείο θα γίνει εκτενής αναφορά αυτών των στοιχείων η οποία ισχύει και στο εσωτερικό υδραγωγείο. Η διάφορα τους που αναφέρεται στα δίκτυα θα αναφερθεί ξεχωριστά.

Κατανάλωση και πρόβλεψη αναγκών από ένα δίκτυο ύδρευσης.

Προκειμένου να γίνει μελέτη ενός δικτύου ύδρευσης για την κατασκευή του, είναι αναγκαίο να υπάρχουν γνώσεις σχετικά με τις ανάγκες, την ζήτηση και τις διαθέσιμες πηγές. Εδώ πρέπει να διαχωριστούν οι έννοιες ανάγκη και ζήτηση. Ως ανάγκη θα μπορούσαμε να ορίσουμε την ελάχιστη εκείνη ποσότητα νερού που απαιτείται προκειμένου να διασφαλιστεί, με κάποια σιγουριά, η ομαλή λειτουργία μιας κοινωνίας που χρειάζεται νερό για, λόγους ανθρώπινους, γεωργικούς, οικονομικούς κλπ. Ως ζήτηση από οικονομικής πλευρά ορίζεται η ποσότητα νερού που διατίθενται να αγοράσουν σε κάποια συγκεκριμένη τιμή. Έτσι προκύπτει μια ζήτηση σε νερό η οποία προκαλεί μία ζήτηση περιβαλλοντικών πηγών. Επομένως είναι ζωτικής σημασίας να διαχωρίσουμε μεταξύ της ζήτησης που προκύπτει από τους τελικούς καταναλωτές του νερού, και την ζήτηση σε πηγές. Η πρώτη ποσοτικά είναι πολύ μικρότερη λόγω των απωλειών και της εξάτμισης και μεταβάλλεται με τον χρόνο. Τυχόν αλλαγές στην ποσότητα και την ποιότητα επηρεάζουν άμεσα το δίκτυο και τα υδραυλικά μεγέθη. Κατά την μελέτη ένα χαρακτηριστικό που έχει μεγάλη σημασία για το δίκτυο είναι το περιβάλλον. Η μορφολογία του εδάφους, η τοπογραφική θέση του σημείου όπου θα γίνει το δίκτυο καθώς και η επίδραση που θα έχουν στο περιβάλλον τα σημεία συλλογής, απόρριψης νερού. Έπειτα από δεκαετίες λανθασμένων υποθέσεων περί ύπαρξης ανεξάντλητων πηγών νερού με πλήρη ελευθερία ζήτησης και χρήσης, θεωρώντας την ικανοποίηση αυτής της ζήτησης ένα δείγμα πολιτισμού και ανάπτυξης, ζητώντας όλο και περισσότερη διαθεσιμότητα, καταλήξαμε σε μια κατάσταση όπου η διάθεση νερού σε ικανοποιητική ποσότητα και ποιότητα αποτελεί μείζον πρόβλημα σε πολλές περιοχές ανά τον πλανήτη. Ο προσδιορισμός των διαθέσιμων πηγών που βρίσκονται ήδη σε χρήση, και αυτών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν με τεχνικά και οικονομικά όρια και η σύγκριση τους με την ζήτηση στο χώρο και στο χρόνο θα φανερώσει ελλείψεις και πλεονάσματα. Με την περάτωση μιας μελέτης πρέπει να οριοθετηθούν οι επιθυμητές αλλαγές στη διαθεσιμότητα και την ζήτηση καθώς και οι απαραίτητες εναλλακτικές όσον αφορά τις υδραυλικές υποδομές. Έτσι θα είναι δυνατή η επιλογή της καταλληλότερης και της πιο βολικής από άποψης κόστους και περιβάλλοντος λύσης για το δίκτυο. Η ετήσια έκθεση με τις διαφορές μεταξύ των προβλέψεων για τη ζήτηση και της πραγματικής ζήτησης θα πρέπει να αντικατασταθούν από μια διόρθωση των προηγούμενων προβλέψεων και ένα λογικό επενδυτικό πρόγραμμα που ελαχιστοποιεί το κόστος προς την πολιτεία και το λειτουργικό κόστος. Φυσικά όσο καλή μελέτη και επένδυση να γίνει δεν πρέπει να αποκλειστούν καιρικά φαινόμενα όπως ξηρασίες ή πλημμύρες, καθώς και η πιθανότητα ο υδρολογικός κύκλος να επιφυλάσσει πολλές εκπλήξεις. Ωστόσο πάλι με κατάλληλες μελέτες δύναται να μειωθεί η συχνότητα εμφάνισης ενός απρόσμενου φαινομένου.

## **ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΑ**

### **ΑΝΤΛΙΕΣ**

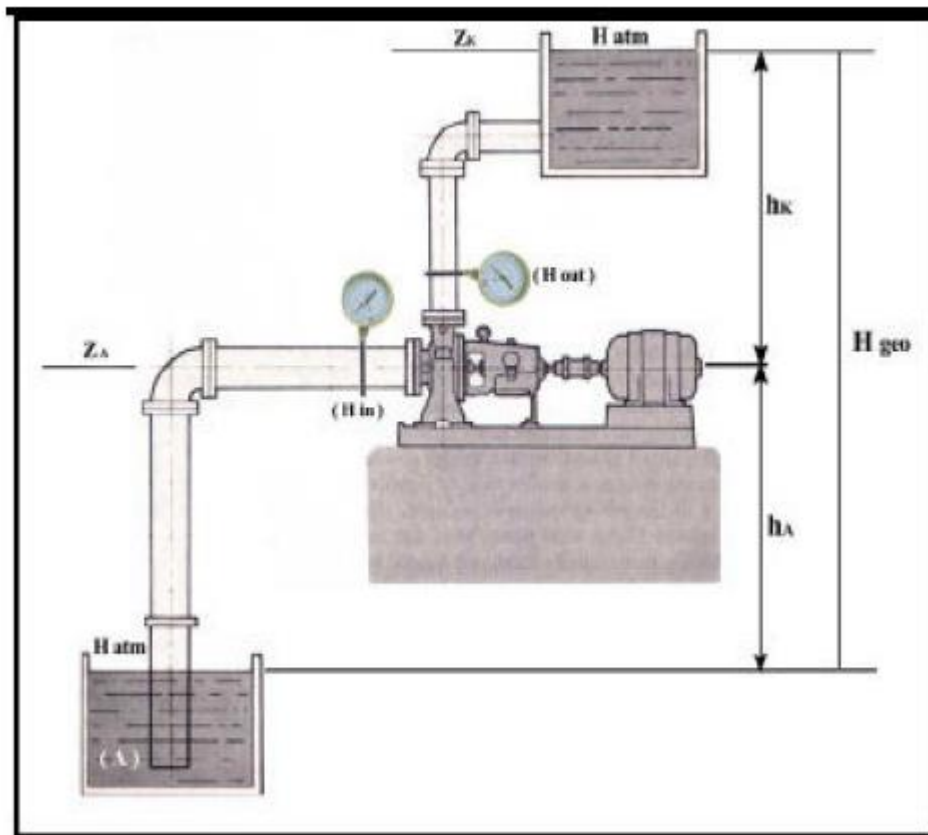
Οι αντλίες χρησιμοποιούνται για την ανύψωση του νερού σε ψηλότερα σημεία, δίνοντας στο ρευστό την απαραίτητη ενέργεια. Η λειτουργία των αντλιών μπορεί να ορισθεί με πολλούς τρόπους. Σε πολλές περιπτώσεις δίνεται απλά μια σταθερή ισχύς. Σε άλλες περιπτώσεις δίνεται η καμπύλη.

Προσδιορισμός του σημείου λειτουργίας μιας αντλητικής εγκατάστασης

Για τη διακίνηση παροχής  $Q$  κατά μήκος δεδομένης αντλητικής εγκατάστασης όπως αυτή που παρουσιάζεται στο πιο κάτω Σχήμα (με τριβές και γεωδαιτικό ύψος ανύψωσης), το υγρό ανά μονάδα μάζας πρέπει να παραλαμβάνει ενέργεια (ύψος  $H$ ) που περιγράφεται από την παρακάτω εξίσωση:

$$H = H_{\Sigma} = H_{geo} + \zeta_{EA} \cdot Q^2$$

όπου,  $H_{geo}$  το γεωμετρικό ύψος ανύψωσης, δηλαδή η διαφορά στάθμης μεταξύ της δεξαμενής κατάθλιψης και της δεξαμενής αναρρόφησης και  $\zeta_{EA} \cdot Q^2$  το σύνολο των υδραυλικών απωλειών της σωλήνωσης.



Σχήμα 6-1: Τοπική αντλιτική διάταξη

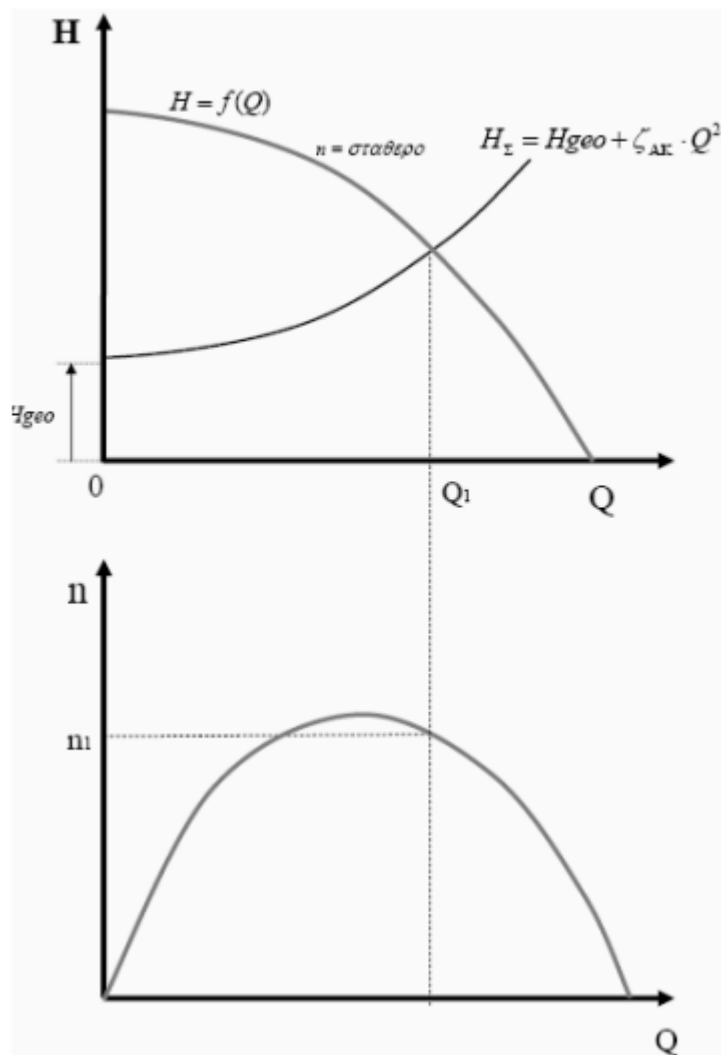
Η εξίσωση αυτή εκφράζει την χαρακτηριστική καμπύλη της σωλήνωσης, δηλαδή την ανά μονάδα μάζας ενέργεια που πρέπει να προσδίδεται στο υγρό έτσι ώστε αυτό να διακινείται μέσω της σωλήνωσης με παροχή  $Q$ . Η ενέργεια αυτή  $H_{\Sigma}$ , είναι ίση προς το άθροισμα της δυναμικής ενέργειας δηλαδή  $h_{EA}$  κατά την οποία αυξάνεται η ανά μονάδα μάζας ενέργεια του υγρού και της ενέργειας που δαπανάται στην κάλυψη των υδραυλικών απωλειών που εμφανίζονται στο σύνολο της σωλήνωσης.

Το σημείο λειτουργίας της αντλητικής εγκατάστασης, δηλαδή η διακινούμενη παροχή  $Q$ , το ύψος  $H$  και ο βαθμός απόδοσης της αντλίας, με δεδομένη τη χαρακτηριστική  $(H, Q)$  της αντλίας θα είναι αυτό για την οποία η ενέργεια  $H = f(Q)$  που προσδίδει η αντλία είναι ίση με αυτή που απαιτείται για την διακίνηση της παροχής στην αντλητική εγκατάσταση και η οποία περιγράφεται από την χαρακτηριστική της σωλήνωσης  $H_{\Sigma} = f(Q)$ . Άρα το σημείο λειτουργίας της δεδομένης αντλητικής εγκατάστασης με τη δεδομένη αντλία θα προκύπτει ως το σημείο τομής της χαρακτηριστικής  $(H, Q)$  της αντλίας με την χαρακτηριστική  $(H_{\Sigma}, Q)$  της σωλήνωσης (πιο κάτω σχήμα). Η απαιτούμενη ισχύς από την αντλία υπολογίζεται κατά τα γνωστά από τη σχέση

$$P = \frac{\rho \cdot g \cdot H \cdot Q}{\eta}$$

στην οποία είναι,

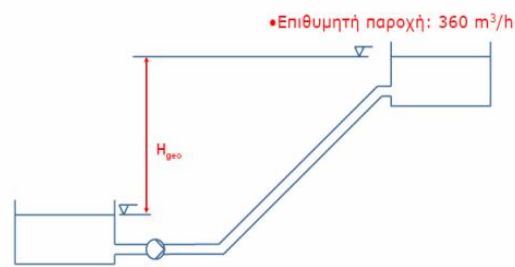
- $\rho$ , η πυκνότητα του διακινούμενου υγρού
- $g$ , η επιτάχυνση της βαρύτητας,  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$
- $H$ , το προσδιδόμενο ύψος στο υγρό από την αντλία
- $Q$ , η διακινούμενη παροχή και
- $\eta$ , ο βαθμός απόδοσης της αντλίας



Σχήμα 6-2: Προσδιορισμός σημείου λειτουργίας της εγκατάστασης

Προκειμένου να εντοπίσουμε το σημείο λειτουργίας μιας αντλίας η οποία διακινεί νερό σε ένα δίκτυο, πρέπει να υπολογίσουμε την χαρακτηριστική καμπύλη την σωλήνωσης διαμέσου της οποίας διακινείται το νερό. Πρόκειται για μια καμπύλη η οποία εκφράζει την ενέργεια που θα πρέπει να προσδοθεί στο ρευστό προκειμένου να διακινήθει διαμέσου της σωλήνωσης. Έπειτα, θα πρέπει γραφικά να βρούμε την τομή της χαρακτηριστικής της σωλήνωσης με την χαρακτηριστική της αντλίας, η οποία έχει την μορφή του ανώτερου σχήματος αντλίες συνιστούν ένα από τα πιο ιδιαίτερα ενδιαφέροντα αντικείμενα της μηχανολογίας και αποτελούν την καρδιά ενός μεγάλου τομέα βιομηχανικών αλλά και δημοσίων δικτύων, των δικτύων σωληνώσεων. Υπάρχει ένα μεγάλο φάσμα τύπων αντλιών αρκετά διαφορετικών μεταξύ τους ως προς την αρχή λειτουργίας τη δομή και τις εφαρμογές που καλύπτουν. Αναφέρουμε ενδεικτικά τις φυγοκεντρικές αντλίες, τις παλινδρομικές, τις περιστροφικές, τις αντλίες κενού, τα τζιφάρια, αλλά και ειδικές αντλίες όπως ατμού και αερίων. Οι δύο πιο βασικές κατηγορίες ωστόσο είναι οι φυγοκεντρικές αντλίες και οι αντλίες θετικού εκτοπίσματος στις οποίες υπάγονται οι παλινδρομικές και οι περιστροφικές αντλίες. Παρακάτω θα εξετάσουμε το σχεδιασμό και τους διάφορους τύπους των φυγοκεντρικών αντλιών.





Σχήμα 6-3: Τυπική διάταξη για τον υπολογισμό αντλίας

### Κατηγορίες Αντλιών

Η ποικιλία των μορφών που έχουν οι αντλίες σήμερα οφείλεται στην ανάγκη διαφορετικής σχεδίασης που καλείται κάθε φορά να καλύψει διαφορετικές συνθήκες εφαρμογής, όπως: τύπος υγρού, θερμοκρασία, πίεση, παροχή, θέση λειτουργίας, διαθέσιμη ενέργεια κλπ. Είναι όμως φανερό, ότι και ο ανταγωνισμός μεταξύ των διαφόρων κατασκευαστών αντλιών με ταυτόχρονη προσπάθεια μείωσης του κόστους συμβάλλει στη δημιουργία νέων μορφών και τύπων κατάλληλων για κάθε ειδική εφαρμογή. Κάθε κατασκευαστής αντιμετωπίζει μια δεδομένη απαίτηση με λίγο διαφορετικό τρόπο από κάποιον ανταγωνιστή του και προβάλλει την υπεροχή του προϊόντος του. Έτσι δημιουργείται μια ατέλειωτη σειρά από νέους τύπους αντλιών. Σε αυτό συμβάλλει και η τεχνολογία των υλικών που δίνει συνεχώς βελτιωμένα υλικά και υποεξαρτήματα.

Όμως, ας δούμε πως μπορούν να καταταγούν τις αντλίες σε κατηγορίες για ευκολότερη μελέτη τους. Η κατάταξη των αντλιών μπορεί να γίνει με βάση:

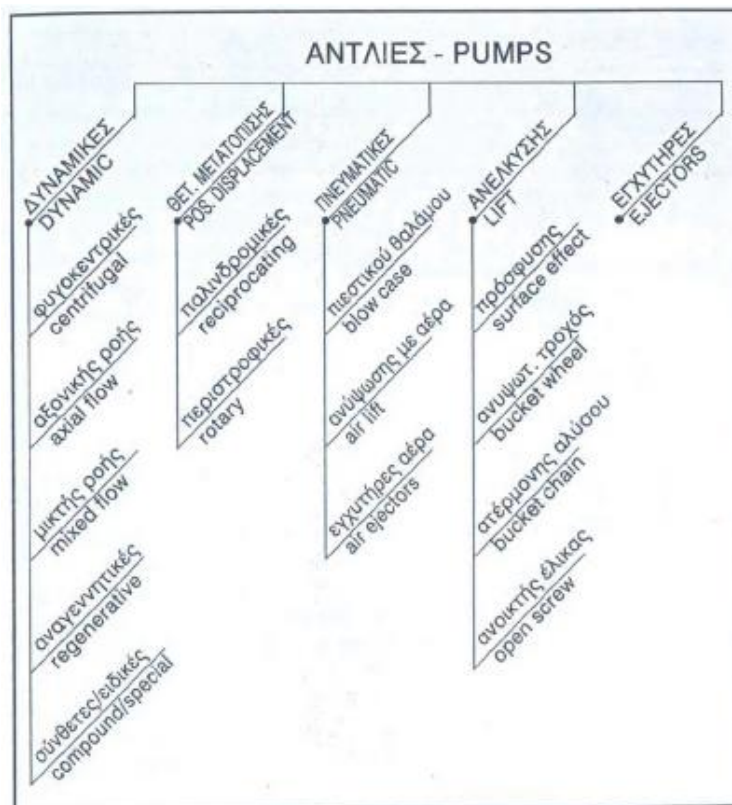
- Την αρχή λειτουργίας τους
- Τη μορφή τους (κατασκευαστικές λεπτομέρειες)
- Τον αριθμό των βαθμίδων τους
- Τη δυνατότητα αυτόματης αναρρόφησης
- Τον τρόπο εγκατάστασης
- Τον τρόπο κίνησης
- Το είδος του αντλούμενου υγρού
- Τη συγκεκριμένη χρήση τους

Για κάθε κατάταξη αντλιών σύμφωνα με τους παραπάνω τρόπους προκύπτουν διάφορες υποκατηγορίες όταν συνδυασθούν δύο ή και περισσότεροι τρόποι κατάταξης. Με αυτό τον τρόπο μία αντλία χαρακτηρίζεται με όλο και μεγαλύτερη λεπτομέρεια: π.χ. Αντλία φυγοκεντρική, μονής εισόδου/κλειστής πτερωτής, μονοβάθμια, όχι αυτόματης αναρρόφησης, κατακόρυφη/επιφανείας, ηλεκτροκίνητη, για θαλασσινό νερό, ψύξης. Οι χαρακτηρισμοί αυτοί προϋποθέτουν τη χρήση όλων των πιο πάνω τρόπων κατάταξης (α) έως (θ) όπως θα δούμε στις παραγράφους που ακολουθούν. Πάντως ο θεμελιώδης τρόπος κατάταξης στον οποίο στηρίζονται όλοι οι άλλοι τρόποι είναι ο τρόπος που βασίζεται στην αρχή λειτουργίας.

### Κατάταξη με βάση την αρχή λειτουργίας

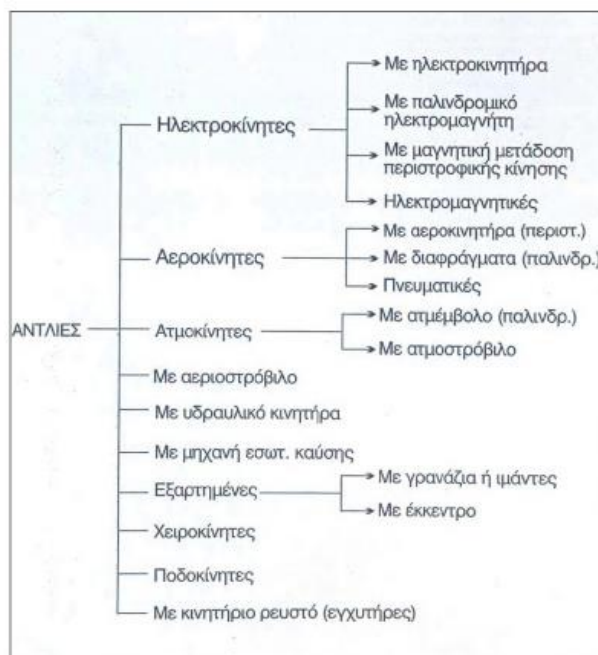
Η λειτουργία των δυναμικών αντλιών στηρίζεται στη μεταβολή της κινητικής κατάστασης του υγρού και τη μετατροπή της κινητικής του ενέργειας σε στατική πίεση. Οι αντλίες αυτές έχουν μεγάλη διάδοση για τους παρακάτω λόγους:

- Έχουν καλή απόδοση μικρό όγκο και βάρος και συνδέονται εύκολα με διάφορους τύπους κινητήρων.
- Έχουν συνεχή και ομοιόμορφη κίνηση (περιστροφική).
- Η πίεση και η παροχή τους δεν παρουσιάζει περιοδική διακύμανση.
- Έχουν διάφορες δυνατότητες ρύθμισης της παροχής τους.
- Το κόστος αγοράς και λειτουργίας τους είναι χαμηλό.
- Παρουσιάζουν ασφάλεια λειτουργίας γιατί έχουν μικρό αριθμό κινούμενων στοιχείων.



Πίνακας 6-1: Κατάταξη αντλιών με βάση την αρχή λειτουργίας τους.

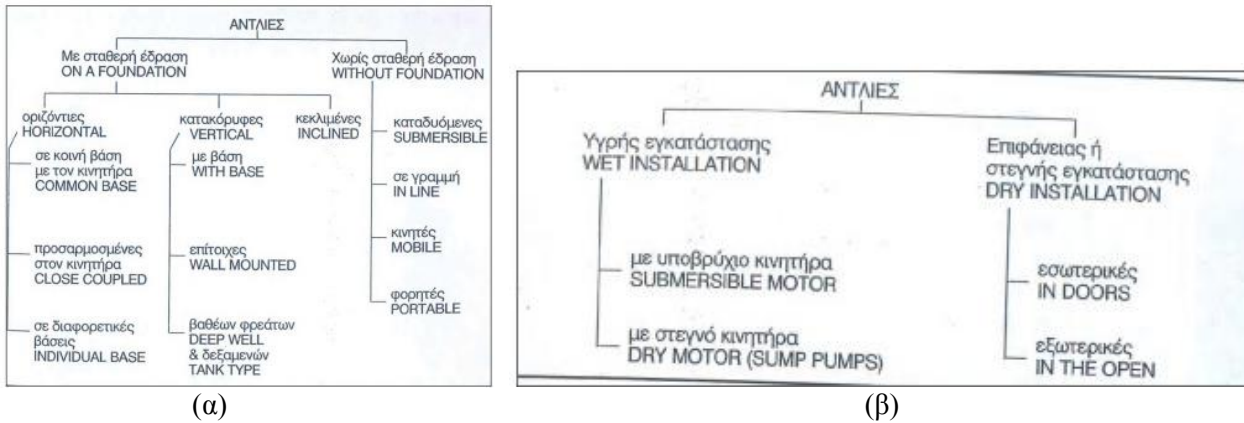
Κατάταξη αντλιών με βάση τον τρόπο κίνησης



Πίνακας 6-2: Κατάταξη αντλιών με βάση τον τρόπο κίνησης

Κατάταξη αντλιών ανάλογο με τον τρόπο εγκατάστασης

Η εγκατάσταση μιας αντλίας πραγματοποιείται με την τοποθέτηση της αντλίας και του κινητήρα στη θέση λειτουργίας τους μαζί με όλες τις απαραίτητες συνδέσεις των σωληνώσεων. Η εγκατάσταση προϋποθέτει ότι όλες οι δυνάμεις και οι ροπές μεταφέρονται με ασφάλεια στην έδραση του αντλητικού συγκροτήματος ή στην ίδια τη σωλήνωση. Η κατάταξη των αντλιών ανάλογα με τον τρόπο εγκατάστασης μπορεί να γίνει κατά δύο έννοιες: α) ως προς την έδραση και β) ως προς τη θέση λειτουργίας .



Πίνακας 6-3: Κατάταξη αντλιών με βάση τον τρόπο εγκατάστασης α) ως προς την έδραση και β) ως προς τη θέση λειτουργίας

Ενδεικτικά θα δούμε την αρχή λειτουργίας ορισμένων αντλιών

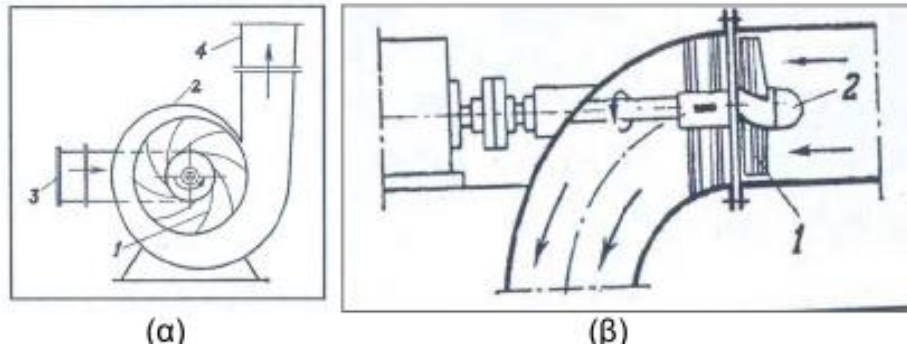
#### Φυγοκεντρικές αντλίες

Το κατωτέρω Σχήμα (α) παρουσιάζει σχηματικά μια φυγοκεντρική αντλία. Η περωτή (1) φέρει περύγια και περικλείεται μέσα σ ένα περίβλημα (κέλυφος) (2). Καθώς η περωτή περιστρέφεται από τον κινητήρα, το υγρό μετακινείται από τη φυγόκεντρη δύναμη από το κέντρο προς την περιφέρεια και εκτινάσσεται στο σπειροειδές περίβλημα για να οδηγηθεί στη συνέχεια στον σωλήνα κατάθλιψης (4). Επειδή τα υγρά μετακινείται από το κέντρο της περωτής προς την περιφέρεια, η πίεση στο Κέντρο ελαττώνεται. Νέα ποσότητα υγρού κινείται μέσα από τον σωλήνα αναρρόφησης (3) προς το σημείο χαμηλής πίεσης δηλαδή το κέντρο της περωτής. Έτσι δημιουργείται μια σταθερή ροή από την αναρρόφηση προς την κατάθλιψη της αντλίας. Το σπειροειδές κέλυφος έχει μια σταθερά αυξανόμενη διατομή, έτσι ώστε καθώς το υγρό προχωρεί κατά μήκος του σπειροειδούς αγωγού η ταχύτητά του να ελαττώνεται και αφού σύμφωνα με την αρχή διατήρησης της ενέργειας, η ενέργεια του υγρού δεν χάνεται, η ελάττωση της κινητικής του ενέργειας συνεπάγεται αύξηση της δυναμικής του ενέργειας (ενέργεια πίεσης), δηλαδή έχουμε αύξηση της πίεσης του υγρού.

Οι φυγοκεντρικές αντλίες ονομάζονται μονοβάθμιες όταν έχουν μόνο μία περωτή, διβάθμιες όταν έχουν δύο περωτές κοκ. Υπάρχουν αντλίες που έχουν 30 ή και περισσότερες βαθμίδες σε εξαιρετικές περιπτώσεις. Στις πολυβάθμιες αντλίες το υγρό ρέει διαδοχικά μέσα από τις βαθμίδες. Κάθε περωτή στη σειρά αυξάνει την πίεση του υγρού στην κατάθλιψη της αντλίας. Πιο κάτω θα αναφερθούμε αναλυτικά στις φυγοκεντρικές αντλίες μια και είναι οι πιο διαδεδομένες αντλίες στα δίκτυα ύδρευση.

#### Αντλίες αξονικής ροής

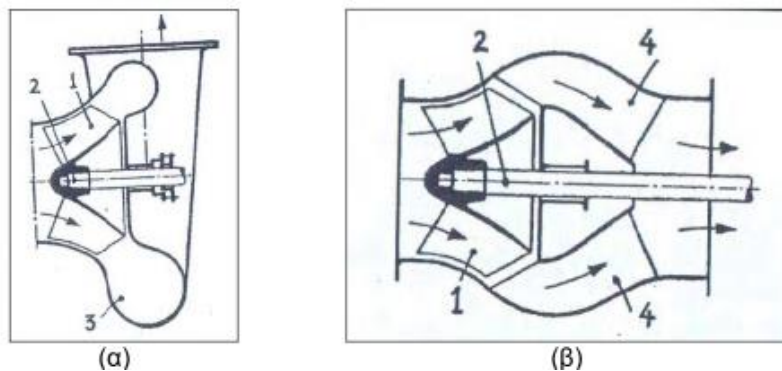
Στο ίδιο Σχήμα (β) φαίνεται σχηματικά μία αντλία αξονικής ροής. Τα περύγια της περωτής (1) είναι στερεωμένα στην πλήμνη (2) υπό γωνία ως προς το επίπεδο που περνάει από τον κεντρικό άξονα. Τα περιστρεφόμενα περύγια εξασκούν ώθηση στο υγρό που κινείται αξονικά, δηλαδή κατά μήκος του άξονα της αντλίας. Επειδή η περωτή έχει Σχήμα έλικας οι αντλίες αυτές ονομάζονται και ελικοφόρες



Σχήμα 6-4: Διατάξεις φυγοκεντρικής (α) και αξονικής (β) αντλίας

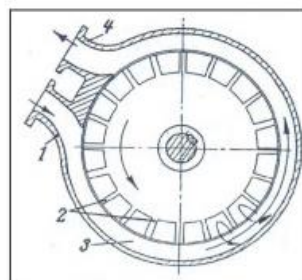
#### Αντλίες μικτής ροής

Η μορφή (και η λειτουργία) αυτών των αντλιών είναι ενδιάμεση ανάμεσα στις φυγοκεντρικές και τις αντλίες αξονικής ροής (βλ. πιο κάτω Σχήμα ). Σ αυτές η αύξηση της πίεσης του υγρού δημιουργείται κατά ένα μέρος από τη φυγόκεντρη δύναμη και κατά το άλλο μέρος από την ώθηση των πτερυγίων (1). Τα πτερύγια είναι τοποθετημένα υπό γωνία ως προς τον άξονα περιστροφής (2). Το υγρό εισέρχεται αξονικά και εξέρχεται από πτερωτή ταυτόχρονα αξονικά και ακτινικά. Όταν η έξοδος του υγρού από την αντλία γίνεται αξονικά μέσα από κατάλληλα σταθερά πτερύγια (4) η αντλία λέγεται διαγώνια (σχ. β). Όταν υπάρχει σπειροειδές κέλυφος (3) όπως στις φυγόκεντρες αντλίες και η έξοδος του υγρού από την αντλία γίνεται ακτινικά, η αντλία λέγεται ελικοειδής (σχ.)



Σχήμα 6-5: Αντλίες μικτής ροής (α) ελικοειδή (β) διαγώνια

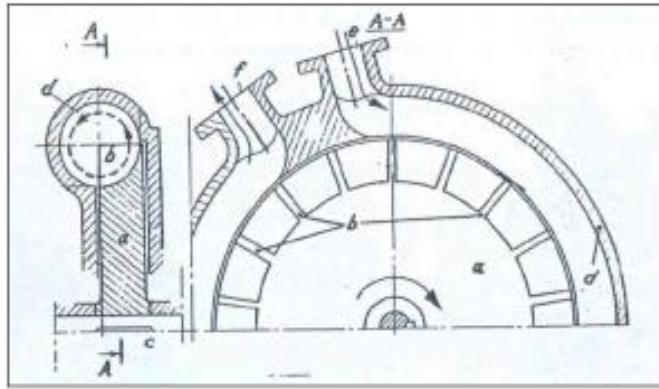
#### Αντλίες αναγεννητικές ή στροβιλαντλίες ή περιφερικές (peripheral) ή δινοαντλίες (vortex pumps)



Σχήμα 6-6: Αναγεννητική αντλία (στροβιλαντλία)

Χαρακτηριστικό των στροβιλαντλιών είναι ότι το υγρό κινείται συνεχώς από την περιφέρεια της πτερωτής προς το περίβλημα και από το περίβλημα προς την περιφέρεια της πτερωτής. Αυτό φαίνεται καλύτερα στο πιο κάτω σχήμα που δείχνει και μια τομή της αντλίας κάθετη προς το επίπεδο της πτερωτής. Το υγρό διαγράφει ταυτόχρονα δύο περιστροφικές κινήσεις: την κίνηση  $b \leftrightarrow d$  από και προς τα πτερύγια της πτερωτής και την κίνηση  $e \rightarrow f$  κατά μήκος του δακτυλιοειδούς κελύφους από την είσοδο προς την έξοδο της αντλίας.

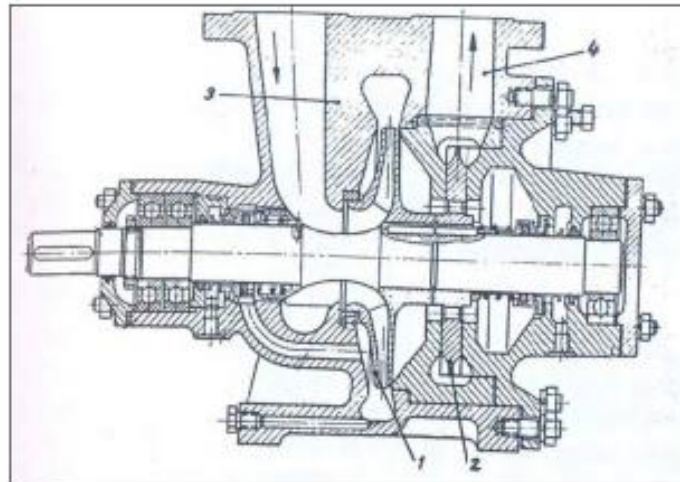




- α. πτερωτή
- β. πτερόγια
- γ. άξονας
- δ. περίβλημα
- ε. είσοδος
- ς έξοδος

Σχήμα 6-7: Κίνηση του νερού σε στροβιλοαντία

Αντλίες σύνθετες και ειδικές Οι σύνθετες αντλίες αποτελούν συνδυασμό δύο τύπων δυναμικών αντλιών σε μία αντλία, για να επιτευχθούν συγκεκριμένα πλεονεκτήματα. Ένα παράδειγμα φαίνεται στο πιο κάτω Σχήμα που δείχνει μια σύνθετη αντλία που είναι συνδυασμός φυγοκεντρικής και αναγεννητικής αντλίας. Το υγρό ρέει από την είσοδο του κελύφους (3) προς τη φυγοκεντρική πτερωτή (1) όπως δείχνει το βέλος. Εξερχόμενο από τη φυγοκεντρική πτερωτή οδηγείται μέσα από κοχλιοειδή αγωγό του κελύφους στην αναρρόφηση της αναγεννητικής πτερωτής (2) και στη συνέχεια καταθλίβεται μέσα από το στόμιο εξόδου (4).



Σχήμα 6-8: Σύνθετη Φυγοκεντρική – αναγεννητική αντλία

#### Αντλίες θετικής μετατόπισης

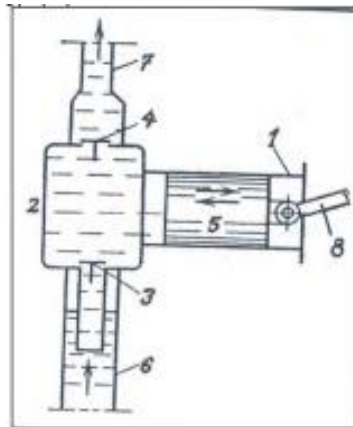
Η δεύτερη μεγάλη κατηγορία είναι οι αντλίες θετικής μετατόπισης. Οι αντλίες αυτές παραλαμβάνουν το υγρό από τον σωλήνα αναρρόφησης και το μετατοπίζουν το εκτοπίζουν προς τον σωλήνα κατάθλιψης με κάποιο κινούμενο στερεό σώμα (έμβολο, σύρτη, οδόντωση, διάφραγμα κλπ.), που κινείται μέσα σε ειδικό περίβλημα. Το υγρό εξαναγκάζεται να μετατοπιστεί ανεξάρτητα από την υδραυλική αντίσταση των σωλήνων μεταφοράς του. Γι' αυτό και οι αντλίες της κατηγορίας αυτής ονομάζονται θετικής μετατόπισης. Διακρίνονται σε δύο βασικούς τύπους: Τις παλινδρομικές και περιστροφικές ανάλογα με το είδος της κίνησης του κινούμενου στοιχείου.

#### Παλινδρομικές αντλίες

Στο πιο κάτω σχήμα φαίνεται η βασική σχεδίαση μιας παλινδρομικής αντλίας. Ο κύλινδρος (1) συνδέεται με τον βαλβιδοθάλαμο (2) στον οποίο υπάρχει η βαλβίδα εισαγωγής (3) και η βαλβίδα εξαγωγής (4). Καθώς το έμβολο (5) Κινείται προς τα δεξιά μέσα στον κύλινδρο, κλείνει η βαλβίδα κατάθλιψης (4) και ο θάλαμος (2) γεμίζει με υγρά μέσα από την ανοιχτή βαλβίδα

αναρρόφησης (3). Όταν το έμβολο κινείται προς τα αριστερά κλείνει η βαλβίδα αναρρόφησης ανοίγει η βαλβίδα κατάθλιψης και το υγρό εκτοπίζεται προς το στόμιο εξόδου (κατάθλιψης) (7). Το έμβολο κινείται παλινδρομικό από τον διωστήρα (8), που παίρνει κίνηση από τον κινητήρα μέσω στροφάλου. Στις αντλίες αυτές η ταχύτητα του εμβόλου περιορίζεται από την αδράνεια και γι' αυτό δεν μπορούν να συνδεθούν άμεσα με πολύστροφους ηλεκτροκινητήρες. Επίσης η παροχή τους



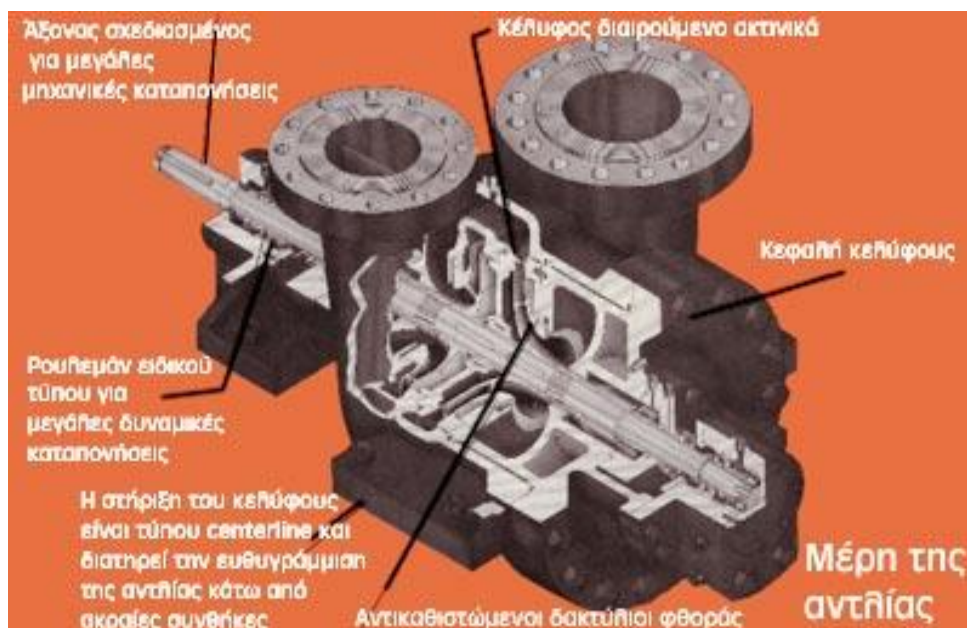


Σχήμα 6-9: Παλινδρομική αντλία (σηματικά)

### Φυγοκεντρικές αντλίες

#### Αρχή λειτουργίας

Οι φυγοκεντρικές αντλίες χρησιμοποιούν τη φυγόκεντρο δύναμη που δημιουργείται από έναν περιστρεφόμενο δίσκο πάνω στον οποίο υπάρχουν πτερώγια ειδικής μορφής και ο οποίος είναι γνωστός ως στροφεΐον ή πτερωτή. Οι φυγοκεντρικές αντλίες αποτελούνται από περιστρεφόμενες μονάδες υψηλής ταχύτητας και μεγάλης δυναμικότητας, οι οποίες κινούνται είτε από μηχανές εσωτερικής καύσεως, είτε από ηλεκτρικούς κινητήρες είτε από ατμοστροβίλους. Η ροή του υγρού στις φυγοκεντρικές αντλίες δημιουργείται από τη φυγόκεντρο κινητική ενέργεια που δημιουργεί η περιστροφική κίνηση του στροφεΐου. Το αναρροφούμενο υγρό φτάνει στο άνοιγμα αναρρόφησης και παρασύρεται στην περιστροφή οδηγούμενο από τα πτερώγια. Η περιστροφική κίνηση της πτερωτής προσδίδει περιστροφή στη μάζα του υγρού η οποία οδηγείται από τα πτερώγια μεταδίδοντας φυγόκεντρο δύναμη στο υγρό. Το υγρό υποχρεώνεται να διατρέχει κατά μήκος των πτερωγίων και να πετάγεται έξω από την πτερωτή. Το υγρό μόλις διαφύγει από την πτερωτή συλλέγεται σε έναν εσωτερικό χώρο της αντλίας, ο οποίος έχει σπειροειδή μορφή με συνεχώς αυξανόμενη διατομή και τελικά φεύγει από την έξοδο της αντλίας.



Σχήμα 6-10: Διβάθμια φυγοκεντρική αντλία για συνθήκες υψηλής πίεσης και θερμοκρασίας.

### **Δομή και σχεδιασμός**

Οι φυγοκεντρικές αντλίες αποτελούνται από ένα μεγάλο πλήθος εξαρτημάτων. Τα βασικότερα μέρη τους είναι τα παρακάτω.

- Το σώμα της αντλίας.
- Το στροφείο ή περωτή.
- Τους δακτυλίους φθοράς
- Την άτρακτο τη αντλίας και τα παρελκόμενα εξαρτήματα.

### **Το σώμα της αντλίας**

Το σώμα της αντλίας είναι το πλαίσιο πάνω στο οποίο μοντάρονται όλα τα άλλα μέρη της αντλίας. Το σώμα της αντλίας κατασκευάζεται από υλικά ανθεκτικά και στα υγρά που πρόκειται να μεταφερθούν και στις διάφορες θερμοκρασίες λειτουργίας. Το κέλυφος της αντλίας είναι διαιρούμενο, είτε οριζόντια, είτε κάθετα, είτε διαγώνια σε μια γωνία διαφορετική από 90 μοίρες. Τα κελύφη που διαιρούνται οριζόντια λέγονται και αξονικά διαιρούμενα κελύφη, ενώ τα κάθετα διαιρούμενα λέγονται και ακτινικά διαιρούμενα. Οι λαιμοί (puzzles) για τις φλάντζες εισόδου και εξόδου είναι και οι δύο στο κάτω τμήμα του διαιρούμενου κελύφους. Αναφορικά με το σώμα της αντλίας σημειώνουμε πως υπάρχει και ο σχεδιασμός τύπου βαρελιού (barrel type), που χρησιμοποιούνται κυρίως σε αντλίες πολύ υψηλών πιέσεων. Στο σχεδιασμό αυτό το εσωτερικό του κελύφους προσαρμόζεται στο εξωτερικό του «βαρελιού». Το σώμα έχει ποδαρικά με τα οποία αγκυρώνεται είτε στον εξοπλισμό που βρίσκεται κάτω από αυτό είτε στο έδαφος, πράγμα που αποτελεί και τη συνηθέστερη περίπτωση. Το σώμα της αντλίας με βάση το κριτήριο της λειτουργικότητας μπορεί να χωριστεί σε δύο μέρη το τμήμα εισόδου και το τμήμα εξόδου.

### **Τμήμα εισόδου**

Η βασική απαίτηση για να επιτυγχάνεται ικανοποιητική λειτουργία στην αναρρόφηση της αντλίας είναι το τμήμα εισόδου να είναι έτσι διαμορφωμένο, ώστε να εξασφαλίζεται ομοιόμορφη διανομή της ταχύτητας στην συμμετρική ως προς τον άξονα επιφάνεια εισόδου της περωτής. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται όλα τα περύγια της περωτής να λειτουργούν ομοιόμορφα. Ευκολότερος είναι ο σωστός σχεδιασμός του τμήματος εισόδου σε ορισμένους τύπους αντλιών, όπως στις μονοβάθμιες αντλίες με την περωτή σε πρόβολο και στις κατακόρυφες αντλίες αξονικής ή μικτής ροής. Σε αυτούς τους τύπους αντλιών το τμήμα εισόδου έχει μορφή, είτε κωνική συγκλίνουσα προς την είσοδο της περωτής, είτε κυλινδρική με κυκλική διατομή. Ωστόσο το τμήμα εισόδου δεν μπορεί να έχει κωνική ή κυλινδρική μορφή στις πολυβάθμιες αντλίες και στις αντλίες διπλής αναρρόφησης γιατί σε αυτούς τους τύπους αντλιών η διεύθυνση του ρευστού στη διατομή εισόδου είναι κάθετη προς τον άξονα περιστροφής της περωτής. Για να εξαλειφθεί λοιπόν η συστροφή του ρευστού στη διατομή εισόδου, αλλά παράλληλα και για να αλλάξει η διεύθυνση του ρευστού μετά την είσοδό του στην αντλία σχεδιάστηκε το τμήμα εισόδου με τη μορφή ημισπειροειδούς κελύφους. Σχεδιάζοντας τη διατομή του ημισπειροειδούς αυτού κελύφους υποπολλαπλάσια της διατομής εισόδου επιτυγχάνουμε την επιθυμητή επιταχυνόμενη ροή στο τμήμα εισόδου. Στις αντλίες που έχουν περωτή διπλής αναρρόφησης το τμήμα εισόδου είναι συμμετρικό και διαμοιράζει τη ροή σε δύο ίσα μέρη με συνέπεια η τροφοδοσία κάθε μιας εισόδου της περωτής να γίνεται από ένα ημισπειροειδές κέλυφος όπως και στις πολυβάθμιες αντλίες.

### **Τμήμα εξόδου**

Το τμήμα εξόδου μιας φυγοκεντρικής αντλίας φαίνεται να καταλαμβάνει το μεγαλύτερο όγκο του συνολικού σώματος (κελύφους) της αντλίας και είναι αυτό που συλλέγει το αντληθέν ρευστό και το καθοδηγεί στη διατομή εξόδου της αντλίας. Στην έξοδο της περωτής (που εντάσσεται στο τμήμα εισόδου) το ρευστό έχει μια αρκετά μεγάλη ταχύτητα που είναι συνάρτηση μιας σειράς παραμέτρων (τύπος περωτής, μορφή τμήματος εισόδου, πίεση ρευστού στην αναρρόφηση κλπ.), η οποία όμως πρέπει να μειωθεί όταν το ρευστό θα φτάσει στην κυκλική διατομή εξόδου μέχρι μια ταχύτητα της τάξεως 4-6 μέτρων το δευτερόλεπτο. Η πτώση της ταχύτητας πρέπει να συνοδευτεί από μια μετατροπή της κινητικής ενέργειας σε στατική πίεση. Στα κελύφη των φυγοκεντρικών αντλιών συναντώνται δύο βασικοί τύποι τμημάτων εξόδου, το σπειροειδές κέλυφος και ο διαχύτης (diffuser).

- Σπειροειδές κέλυφος.

Είναι ο συχνότερα συναντώμενος τύπος κελύφους εξόδου μιας φυγοκεντρικής αντλίας. Για να σχεδιαστεί το σπειροειδές κέλυφος χρησιμοποιούνται σήμερα δύο μέθοδοι που κάθε μια έχει τα δικά της πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Η πρώτη μέθοδος που είναι και η πιο παραδοσιακή και συνήθως χρησιμοποιούμενη βασίζεται σε δύο βασικές αρχές της μηχανικής των ρευστών, την αρχή της διατήρησης της συστροφής και την αρχή της

συνέχειας και υπολογίζει την κλίση της γραμμής ροής του αντληθέντος ρευστού στη διαδρομή εξόδου συναρτήσει της απόστασης του όγκου ελέγχου (μονάδα αναφοράς του ρευστού που χρησιμοποιείται για θεωρητικούς υπολογισμούς στη μηχανική των ρευστών) του προωθούμενου ρευστού από το κέντρο της κυκλικής διατομής εισόδου. Από τη εξίσωση που προκύπτει διαπιστώνεται ότι η γραμμή ροής - στον αξονομετρικό χώρο που αποτελεί νοητή προέκταση των αξονομετρικών επιφανειών των δίσκων της περωτής – είναι σπειροειδής καμπύλη. Αν οι προεκτάσεις των αξονομετρικών επιφανειών είναι επίπεδα κάθετα προς τον άξονα συμμετρίας τότε οι γραμμές ροής είναι λογαριθμικές σπείρες. Η γεωμετρία λοιπόν του κελύφους καλείται να ακολουθήσει τη γραμμή ροής που προέκυψε με βάση τους υπολογισμούς αυτούς, ωστόσο είναι προσεγγιστική για δύο βασικούς λόγους. Κατά πρώτον γιατί οι υπολογισμοί της γραμμής ροής γίνονται με την παραδοχή ιδανικής και όχι συνεκτικής ροής και κατά δεύτερο γιατί για πρακτικούς κατασκευαστικούς λόγους το σπειροειδές κέλυφος ακολουθεί την υπολογισθείσα γεωμετρία της σπειροειδούς καμπύλης μόνο για μια περιστροφή και μετά διαμορφώνεται έτσι ώστε να προσαρμοστεί σταδιακά στην κυκλική διατομή εξόδου. Η δεύτερη μέθοδος που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της γεωμετρίας του σπειροειδούς κελύφους είναι η μέθοδος της σταθερής μέσης ταχύτητας. Η μέθοδος αυτή βασίζεται στην αρχή της σταθερής μέσης ταχύτητας της ροής στις διάφορες διατομές και υπολογίζει τη διατομή του σπειροειδούς κελύφους συναρτήσει της γωνίας περιστροφής του μονάδας αναφοράς του προωθούμενου ρευστού (όγκος ελέγχου όπως αναφέρθηκε παραπάνω). Η αφορμή για τη χρησιμοποίηση αυτή της μεθόδου δόθηκε από τη διαπίστωση ότι υπήρξαν σημαντικές αποκλίσεις στη διανομή της ταχύτητας στο τμήμα εξόδου σε σπειροειδή κελύφη που υπολογίζονταν με τη μέθοδο της διατήρησης της συστροφής. Ολοκληρώνοντας την αναφορά στο σπειροειδές κέλυφος σημειώνουμε ότι μέθοδος της διατήρησης της συστροφής δίνει αντλίες με λίγο μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης, ενώ η μέθοδος της σταθερής μέσης ταχύτητας δίνει περισσότερο ομοιόμορφη διανομή της στατικής πίεσης στο σπειροειδές κέλυφος.

#### • Διαχύτης.

Το τμήμα εξόδου μπορεί να έχει τη μορφή διαχύτη, ο οποίος μπορεί να είναι κατασκευασμένος με ή χωρίς πτερύγια. Ο διαχύτης χωρίς πτερύγια δεν είναι παρά ένα αξονοσυμμετρικό κέλυφος οδήγησης της ροής, εντός του οποίου η περιφερειακή ταχύτητα μεταβάλλεται αντίστροφα ανάλογα προς την ακτίνα ενώ η ακτινική ταχύτητα ικανοποιεί την αρχή της συνέχειας. Δεν αποτελεί καλή λύση γιατί η διαδρομή του ρευστού μέχρι τη φλάντζα εξόδου είναι μεγάλη όπως επίσης και οι αντίστοιχες απώλειες τριβής. Ο διαχύτης με πτερύγια δεν είναι παρά μια ακίνητη ακτινική στεφάνη πτερυγίων διατεταγμένη γύρω από την περωτή. Τα πτερύγια της στεφάνης επιτυγχάνουν σε μικρή σχετικά ακτινική απόσταση την επιθυμητή επιβράδυνση της ταχύτητας που έχει το ρευστό στην έξοδο της περωτής. Όταν χρησιμοποιείται σχεδιασμός τύπου διαχύτη με πτερύγια σε μικρού μεγέθους αντλίες προκύπτουν ιδιαίτερα μεγάλες απώλειες τριβής. Από την άλλη πλευρά σε αντλίες με μικρό ειδικό αριθμό στροφών συχνά μια στεφάνη διαχύτη με πτερύγια παρεμβάλλεται μεταξύ περωτής και σπειροειδούς κελύφους. Ο διαχύτης στην περίπτωση αυτή επιτυγχάνει μια καταρχήν επιβράδυνση της ροής πριν το ρευστό προχωρήσει στο σπειροειδές κέλυφος και παράλληλα μια μείωση των υδραυλικών απωλειών.

#### Η περωτή

Για το σχεδιασμό της περωτής δύο είναι τα καθοριστικά σημεία. Το πρώτο είναι ο υπολογισμός της γωνίας κλίσης των πτερυγίων στη διατομή εξόδου της περωτής και το δεύτερο είναι ο καθορισμός του αριθμού των πτερυγίων της περωτής. Αναφορικά με τη γωνία κλίσης των πτερυγίων είναι γνωστό από τη μηχανική των ρευστών ότι αυτή συνδέεται άμεσα με την κλίση της ιδεατής αλλά και πραγματικής χαρακτηριστικής H-V μιας φυγοκεντρικής αντλίας. Σημειώνουμε πως όσο μειώνεται η γωνία κλίσης των πτερυγίων, τόσο αυξάνεται η απόλυτη τιμή της κλίσης της πραγματικής χαρακτηριστικής καμπύλης λειτουργίας H-V. Αυτό ευνοεί την ευστάθεια της λειτουργίας μιας αντλητικής εγκατάστασης με θετικό μανομετρικό. Στις περιπτώσεις αυτές που αποτελούν και τη μεγάλη πλειοψηφία η γωνία κλίσης κυμαίνεται μέσα σε ένα εύρος 17-35 μοιρών και συνήθως επιλέγεται να είναι 20–25 μοίρες. Στις ειδικές περιπτώσεις που δεν είναι απαιτητό ένα θετικό μανομετρικό, όπως στους κυκλοφορητές των κτιριακών δικτύων, δεν τίθεται πρόβλημα ευστάθειας λειτουργίας της συνολικής αντλητικής εγκατάστασης, οπότε η γωνία κλίσης παίρνει μεγαλύτερη τιμή (μέχρι τις 90 μοίρες), δεδομένου άλλωστε ότι με μεγαλύτερη γωνία κλίσης επιτυγχάνεται το επιθυμητό σημείο λειτουργίας με μικρότερες διαστάσεις περωτής αλλά και της αντλίας συνολικά. Το πλήθος των πτερυγίων της περωτής με βάση τη θεωρία των φυγοκεντρικών αντλιών συνδέεται άμεσα με το βαθμό απόδοσης της περωτής και κατ'επέκταση και της αντλίας καθώς όσο περισσότερα είναι τα πτερύγια τόσο μεγαλύτερος είναι ο βαθμός απόδοσης. Ωστόσο ο ιδεατός βαθμός απόδοσης της περωτής είναι αντίστροφα ανάλογος με τη γωνία κλίσης των πτερυγίων και από αυτόν επίσης εξαρτάται το μέσο πραγματικό τρίγωνο των ταχυτήτων εξόδου. Από την

άλλη πλευρά η αύξηση του πλήθους των περυγίων επιφέρει αύξηση των απωλειών τριβής και κατά συνέπεια μείωση του υδραυλικού βαθμού απόδοσης της αντλίας. Έτσι τελικά έχουμε για κάθε περιοχή τιμών της γωνίας κλίσης των περυγίων να υπολογίζεται ένας βέλτιστος αριθμός περυγίων, ώστε να βελτιστοποιείται το γινόμενο  $\eta_1 \cdot \eta_2$ , όπου  $\eta_1$  είναι ο ιδεατός βαθμός απόδοσης της περωτής και  $\eta_2$  ο υδραυλικός βαθμός απόδοσης της αντλίας.

### **Δακτύλιοι φθοράς (Wear Rings)**

Ένα άλλο δομικό στοιχείο των φυγοκεντρικών αντλιών είναι οι δακτύλιοι φθοράς. Αυτοί έχουν συγκεκριμένη διαμόρφωση ώστε να επιτυγχάνουν μια δακτυλιοειδή σχισμή μεταξύ του ακίνητου κελύφους και της περωτής. Η σχισμή αφήνει ένα συγκεκριμένο κατά περίπτωση ακτινικό διάκενο και έχει ένα επίσης συγκεκριμένο μήκος. Σκοπός της διαμόρφωσης λαβυρίνθων με τη χρήση των δακτυλίων φθοράς είναι η διατήρηση των ογκομετρικών απωλειών στην επιθυμητή χαμηλή τιμή οπότε η αντίστοιχη τιμή του ογκομετρικού βαθμού απόδοσης να έχει την τιμή που προδιαγράφεται. Οι δακτύλιοι φθοράς είναι στις περιπτώσεις αφαιρετοί και μπορούν να αντικατασταθούν όταν έχουν φθαρεί αρκετά με χαμηλό κόστος, πολύ χαμηλότερο φυσικά από αυτό που θα απαιτείτο για την αντικατάσταση, είτε του κελύφους, είτε της περωτής.

### **Άτρακτος**

Η άτρακτος μεταφέρει τη ροπή στρέψης από τον κινητήρα προς την περωτή ή τις περωτές. Σε μια μόνιμη λειτουργία μιας φυγοκεντρικής αντλίας με σταθερή ταχύτητα περιστροφής η ροπή αυτή ισούται με τη ροπή αντιστάθμισης που προκύπτει από τις μηχανικές απώλειες κατά τη λειτουργία. Πάντως καθώς η άτρακτος είναι προσδεσμένη στην περωτή παραλαμβάνει επίσης εκτός από τη μηχανική ροπή αντίστασης και αντιστάσεις «υδραυλικής προέλευσης» που προέρχονται από τις αξονικές και ακτινικές δυνάμεις που αναπτύσσονται στην/στις περωτές καθώς αυτή/αυτές μετακινούν το ρευστό. Το σύνολο των προβλεπόμενων να εφαρμοστούν στην άτρακτο δυνάμεων και ροπών επιβάλλει καταρχήν ένα στατικό υπολογισμό στη φάση του σχεδιασμού της. Δεδομένου του μεγάλου κατά κανόνα μήκους της ατράκτου πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και η ελαστικότητα της. Στόχος μας είναι να έχουμε κατά τη λειτουργία μικρή κλίση και βέλος κάμψης της ατράκτου για να μην επηρεάζεται η λειτουργία του πλήθους των συνδεδεμένων με αυτήν εξαρτημάτων. Παράλληλα πρέπει να μελετηθεί η ιδιοσυχνότητα του μηχανικού υποσυστήματος άτρακτος-περωτή ώστε να μην συμπέσει με την ιδιοσυχνότητα του συνολικού στρεφομένου συστήματος και προκληθούν έτσι αυξημένες καταπονήσεις και συνεπώς ανεπιθύμητα μεγάλες παραμορφώσεις στην άτρακτο κατά τη λειτουργία.

### **Παρελκόμενα εξαρτήματα**

Από κατασκευαστική σκοπιά η άτρακτος πρέπει να διαθέτει τις κατάλληλες ανοχές για να λειτουργεί σωστά ένα πλήθος καθοριστικών για τη λειτουργία της αντλίας παρελκόμενων εξαρτημάτων τα κυριότερα των οποίων είναι οι σαλαμάστρες και τα έδρανα στήριξης. Γύρω από τον άξονα των αντλιών τοποθετούμε σαλαμάστρες για να επιτύχουμε στεγανότητα. Το πρόβλημα της στεγανότητας είναι από τα σημαντικότερα για το σχεδιασμό και τη λειτουργία μιας αντλίας. Αντιμετωπίζεται με τη χρήση στυπιοθλιπτών των οποίων σκοπός είναι η εξασφάλιση της στεγανότητας της αντλίας με το εξωτερικό περιβάλλον στο σημείο όπου η άτρακτος διαπερνά το σταθερό κέλυφος της αντλίας. Στην περίπτωση όπου το ύψος της αντλίας είναι σημαντικό οπότε κατά την εκκίνησή της, η στατική πίεση στο σημείο εξόδου της ατράκτου πέσει κάτω από την ατμοσφαιρική, σκοπός του στυπιοθλιπτή είναι να εμποδίσει την είσοδο του αέρα από το περιβάλλον. Σε αντίθετη περίπτωση η κίνηση της αντλίας γίνεται προβληματική. Διακρίνουμε δύο ειδών στυπιοθλιπτες:

- 1) Τους συμβατικούς με στυπία (σαλαμάστρα) στους οποίους η στεγανότητα εξασφαλίζεται από τη συμπίεση των στυπιών μέσω του στυπιοθλιπτού.
- 2) Τους μηχανικούς στους οποίους η στεγανότητα εξασφαλίζεται με την επαφή δύο λείων δίσκων, ενός στρεφόμενου με την άτρακτο και ενός μη στρεφόμενου.

### **Έδρανα**

Μια άλλη σημαντική παράμετρος στο σχεδιασμό των αντλιών είναι η στήριξη της ατράκτου, η οποία επιτυγχάνεται με τη βοήθεια εδράνων. Σκοπός των εδράνων είναι η στήριξη της ατράκτου τόσο κατά την αξονική όσο και κατά την ακτινική διεύθυνση ώστε να εξασφαλίζεται η λειτουργία της περωτής. Για να επιτευχθεί αυτό θα πρέπει τα έδρανα να μπορούν να παραλάβουν και να μεταφέρουν στο στερεό σώμα της



αντλίας τις αξονικές και ακτινικές δυνάμεις που αναπτύσσονται στην πτερωτή, στο σημείο μετάδοσης της κίνησης, καθώς και το ίδιο βάρος της άτρακτου. Στη γενική περίπτωση η άτρακτος των αντλιών έχει δύο έδρανα, οπότε οι δυνάμεις που αναπτύσσονται σ' αυτά προκύπτουν από την ισορροπία των εξωτερικών δυνάμεων, σύμφωνα με τη μηχανική του στερεού σώματος. Στις τυποποιημένες αντλίες ή αντλίες γενικής χρήσης χρησιμοποιούνται έδρανα κύλισης (ρουλεμάν), παρά το γεγονός ότι είναι ακριβότερα από τα έδρανα ολίσθησης, διότι έχουν μια σειρά άλλων πλεονεκτημάτων. Βρίσκονται εύκολα στο εμπόριο σε όλα τα μεγέθη και τους τύπους, έχουν 25-50% μικρότερες απώλειες, απαιτούν μικρότερες διαστάσεις και εξασφαλίζουν λειτουργία με μικρότερες ανοχές.

### **Τύποι και εφαρμογές**

Οι φυγοκεντρικές αντλίες διακρίνονται σε οριζόντιες και κάθετες με βάση το κριτήριο της διεύθυνσης της γραμμής αναρρόφησης, σε ακτινικής και αξονικής ροής με βάση το κριτήριο της κατεύθυνσης της ροής του καταθλιβόμενου ρευστού, σε απλής και διπλής αναρρόφησης με βάση το κριτήριο της μορφής της χρησιμοποιούμενης πτερωτής και σε μονοβάθμιες και πολυβάθμιες με βάση το κριτήριο του αριθμού των στροφείων ή πτερωτών που χρησιμοποιούν. Μολονότι όπως καταδεικνύεται παραπάνω υπάρχει μια μεγάλη γκάμα φυγοκεντρικών αντλιών υπάρχουν κοινά συγκριτικά πλεονεκτήματά όλων των τύπων των φυγοκεντρικών αντλιών σε σχέση με τους άλλους τύπους αντλιών. Αυτά είναι η στρωτή και ομαλή λειτουργία τους (αν τις συγκρίνουμε πχ με τις παλινδρομικές) αλλά κυρίως η ευκαμψία λειτουργίας τους με την έννοια της δυνατότητας επιλογής του επιθυμητού εύρους λειτουργίας κατά το διάγραμμα H-V, (η επιλογή αυτή γίνεται με βάση κατασκευαστικές και λειτουργικές παραμέτρους, πχ διάμετρο στροφείου, ταχύτητα περιστροφής, κλπ). Παράλληλα οι φυγοκεντρικές αντλίες απαιτούν κατά κανόνα μικρό χώρο συγκριτικά με άλλους τύπους αντλιών για το ίδιο μανομετρικό ή παροχή. Οι φυγοκεντρικές αντλίες πάντως έχουν τη δυνατότητα να προσφέρουν τύπους αντλιών με πολύ μεγάλες παροχές που οι άλλοι τύποι αντλιών αδυνατούν να επιτύχουν (με μια εύλογη τεχνοοικονομικά κατασκευή) και για το λόγο αυτό συνήθως προτιμώνται σε γραμμές μεγάλων παροχών. Παρακάτω παρουσιάζονται τα κύρια κατασκευαστικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά ορισμένων βασικών τύπων αντλιών καθώς και οι ιδιαίτερες εφαρμογές τους.

### **Μονοβάθμιες αντλίες απλής αναρρόφησης**

Οι μονοβάθμιες αντλίες απλής αναρρόφησης έχουν μεγάλη χρήση γιατί καλύπτουν εκτεταμένες τεχνικές εφαρμογές (ύδρευση, άρδευση, κυκλοφορία υγρών σε βιομηχανίες κλπ.). Όλοι σχεδόν οι κατασκευαστές αντλιών κατασκευάζουν πλήρεις σειρές τυποποιημένων αντλιών αυτού του τύπου για ταχύτητα περιστροφής 1450 και 2900 RPM, που καλύπτουν την περιοχή παροχών από  $V = 6,0-500,0$  m<sup>3</sup>/h και ολικών υψών  $H = 15-80$  mΣΥ. Μια πολύ πρακτική διαμόρφωση των μονοβάθμιων φυγοκεντρικών αντλιών που συνηθίζεται στη χημική βιομηχανία και είναι οι λεγόμενες in-line αντλίες, οι οποίες τοποθετούνται συνήθως με κατακόρυφο τον άξονα. Σ' αυτές η διατομή εισόδου βρίσκεται στην ίδια ευθεία με τη διατομή εξόδου με αποτέλεσμα η αντλία να παρεμβάλλεται στη σωληνογραμμή χωρίς την παρέμβαση καμπυλών. Μια άλλη συνηθισμένη διαμόρφωση των μονοβάθμιων αντλιών που εφαρμόζεται συνήθως για τη διακίνηση υγρών ή σε δίκτυα θέρμανσης – ψύξης (κυκλοφορητές), είναι αυτή στην οποία ο ηλεκτροκινητήρας προσαρμόζεται με φλάντζα πάνω στο σώμα της αντλίας και έχει κοινή άτρακτο με αυτήν. Αυτές οι αντλίες ονομάζονται monoblock και κατασκευάζονται για παροχές από 10-80 m<sup>3</sup>/h και μανομετρικά ύψη 8-50 mΣΥ.

### **Αντλίες διπλής αναρρόφησης**

Αναφορικά με το σχεδιασμό των πτερωτών έχουμε τις απλές και τις διπλές πτερωτές καθώς επίσης τις ανοικτές και τις κλειστές πτερωτές. Οι αντλίες απλού στροφείου ή απλής πτερωτής έχουν δύο ανοίγματα, ένα από κάθε πλευρά. Το πρώτο είναι για την εισαγωγή του υγρού, ενώ το δεύτερο χρησιμεύει για την είσοδο του άξονα από τον κινητήρα ή τη μηχανή που μας προσδίδει την κίνηση. Ένα τρίτο ακτινικό άνοιγμα αποτελεί τον αγωγό εξόδου. Εκτός όμως από τις «μονές» πτερωτές υπάρχουν και οι διπλές πτερωτές που είναι συμμετρικές ως προς επίπεδο κάθετο στον άξονά τους. Χρησιμοποιούμε αντλίες διπλής αναρρόφησης όταν θέλουμε να αυξήσουμε τη ροή. Στις αντλίες διπλής αναρρόφησης κάθε μια πτερωτή διακινεί το μισό της συνολικής παροχής δηλαδή  $V' = V/2$ , οπότε ο ειδικός αριθμός στροφών της πτερωτής χαρακτηρίζεται από την παροχή  $V'$ . Οι αντλίες διπλής αναρρόφησης κατασκευάζονται με σκοπό τη μείωση του ειδικού αριθμού στροφών (ο οποίος είναι πλέον συνάρτηση του  $V'$  αντί του  $V$ ) ώστε αυτός να έχει τιμές μεταξύ 2.000 και 4.000 ( $V$  σε m<sup>3</sup>/h), οπότε η πτερωτή έχει έξοδο ακτινικής ροής και ο βαθμός απόδοσης της αντλίας είναι υψηλός. Λόγω της ιδιομορφίας όλων των τμημάτων της αντλίας διπλής αναρρόφησης (διαμπερής άτρακτος, τμήμα εισόδου κλπ), οι αντλίες διπλής



αναρρόφησης κατασκευάζονται μόνο για μεγάλα μεγέθη και συγκεκριμένα για παροχές  $V = 500-8.000 \text{ m}^3/\text{h}$  και ολικά μανομετρικά ύψη 42-128 mΣΥ. Οι αντλίες διπλής αναρρόφησης είναι συνήθως αντλίες οριζόντιου άξονα.

### ΣΩΛΗΝΩΣΕΙΣ

Διακίνηση Ρευστών με αγωγούς

- Οι αγωγοί κυκλικής διατομής ονομάζονται σωλήνες
- Οι σωλήνες με λεπτά και λεία τοιχώματα ονομάζονται αυλοί
- Οι αγωγοί μεταφοράς αέρα ονομάζονται αεραγωγοί και είναι συνήθως ορθογωνικής διατομής
- Τα αυλάκια (ανοικτοί υδραγωγοί) είναι τριγωνικής ή τραπεζοειδούς διατομής

Υλικά σωλήνων

- Μέταλλα
- Κράματα
- Πλαστικά
- Κεραμικά
- Τσιμέντο
- Γυαλί

Παράγοντες επιλογής υλικού για σωληνώσεις

- Διαβρωτικές ιδιότητες του ρευστού
- Θερμοκρασία και Πίεση του ρευστού
- Κόστος
- Ύπαρξη περιοριστικών κανονισμών για τη χρήση

**Πίνακας 4-3** Τυποποίηση χρωματισμού σωληνώσεων  
(κατά DIN 2403)

ΧΡΩΜΑ	ΕΙΔΟΣ ΡΕΥΣΤΟΥ	ΧΡΩΜΑ	ΕΙΔΟΣ ΡΕΥΣΤΟΥ
Κόκκινο	Ατμός	Πορτοκαλί	Οξεία
Πράσινο	Νερό	Καστανό	Υγρά καύσιμα
Γαλάζιο	Αέρας	Μαύρο	Πίσσα
Κίτρινο	Αέρια	Φαιόν	Κενό

Πίνακας 6-4: Τυποποίηση Κατά DIN χρωματισμού σωληνώσεων

Για μεταφορά διαβρωτικών ρευστών με πίεση Χρησιμοποιούνται χαλυβδοσωλήνες με εσωτερική πλαστική επένδυση

### ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΑΓΩΓΩΝ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΥΛΙΚΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ -ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Ανθρακούχος χάλυβας  
Ανοξειδωτος χάλυβας  
Χυτοσίδηρος  
Χαλκός-ορείχαλκος

Νερό, ατμός και πιεσμένος αέρας  
Οξειδωτικά ρευστά  
Κεντρικοί σωλήνες μεταφοράς νερού και σωλήνες αποχέτευσης  
Σωλήνες εναλλακτών θερμότητας – εσωτερικά δίκτυα θερμού και ψυχρού νερού

Κεραμικό - μπετόν  
 Οπλισμένο μπετόν  
 PVC-PET  
 PET- πολυπροπυλένιο

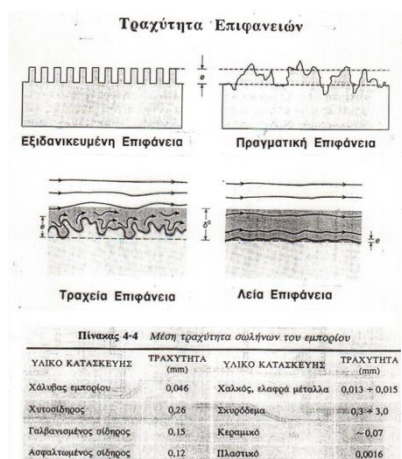
Υπόγειοι αγωγοί ύδρευσης και δίκτυα αποχέτευσης  
 Κεντρικοί αποχετευτικοί αγωγοί και υδραγωγοί μεγάλης διαμέτρου  
 Σωλήνες ύδρευσης, αποχέτευσης και άρδευσης  
 Σωλήνες αποχέτευσης όξινων και αλκαλικών – σωλήνες διακίνησης νερού θέρμανσης

Αντοχή σε	ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΙ	ΜΗ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΙ
καταπόνηση	Μεγάλη (+)	Μικρή σε πιέσεις (-)
Χημική διάβρωση	Ευπαθείς (-)	Ανθεκτικοί (+)
Κόστος	Υψηλό (-)	Χαμηλό (+)

Πίνακας 6-5: Αντοχή σωλήνων

Βασικά χαρακτηριστικά μεγέθη σωληνώσεων, συνήθως καθορίζουμε την ονομαστική διάμετρο και τον αριθμό σειράς

- Φ :ονομαστική διάμετρος: συμπίπτει με την εξωτερική διάμετρο για μεγάλους σωλήνες, ενώ δεν αντιστοιχεί σε πραγματική διάσταση για τους μικρούς. Δύο σωλήνες με ίδια ονομαστική διάμετρο έχουν ίδια εξωτερική διάμετρο ανεξαρτήτως πάχους
- Β :πάχος τοιχώματος (επιλέγεται με βάση την πίεση και την επιτρεπόμενη τάση)
- Ν :αριθμός σειράς (αφορά στο πάχος) μεγάλο Ν ο συνεπάγεται μεγάλο πάχος για τους χαλυβδοσωλήνες
- L :Χαρακτηριστικό μήκος
- Ε :απόλυτη τραχύτητα της επιφάνειας. Είναι η μέση στατιστική τιμή εσοχών και προεξοχών και εξαρτάται από το υλικό και την επεξεργασία των εσωτερικών τοιχωμάτων



Εικόνα 6-7: Επιφάνειες σωληνώσεων

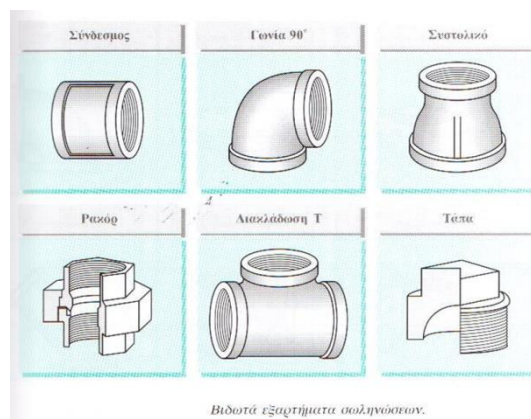
**Πίνακας 4-2** Αντιπροσωπευτικές τιμές ταχυτήτων σε αγωγούς μεταφοράς ρευστών σε συνθήκες μόνιμης ροής

ΕΙΔΟΣ ΡΟΗΣ		ΤΑΧΥΤΗΤΑ (m/s)
Αγωγοί Μεταφοράς	Αργού πετρελαίου	1 ÷ 2
	Φυσικού αερίου	10 ÷ 20
	Κορεσμένου ατμού	15 ÷ 25
	Υπερθερμού ατμού	30 ÷ 60
	Αερίων χαμηλής πίεσης	5 ÷ 10
	Αερίων υψηλής πίεσης	10 ÷ 30
Δίκτυα Διανομής	Πόσιμο νερού	1 ÷ 2
	Υγραερίου	≲ 1
Είσοδος Αντλίας	Λεπτόρευστα ρευστά	0,3 ÷ 1,0
	Παχύρευστα ρευστά	0,05 ÷ 0,15
Έξοδος Αντλίας	Λεπτόρευστα ρευστά	1,20 ÷ 3,0
	Παχύρευστα ρευστά	0,20 ÷ 0,60
Βιομηχανικές Σωληνώσεις	Λεπτόρευστα ρευστά	1,4 ÷ 2,4
	Παχύρευστα ρευστά	0,05 ÷ 0,60

Πίνακας 6-6: Ταχύτητες υγρών σε δίκτυα

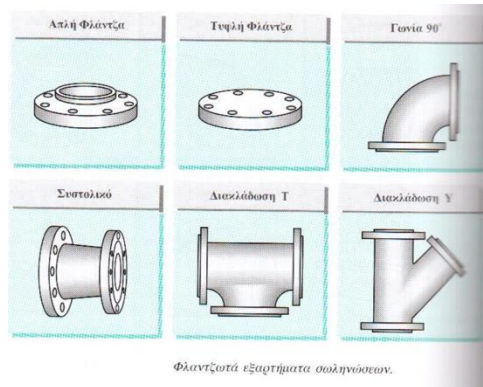
**Εξαρτήματα**

- Το σύνολο των αγωγών ονομάζεται σωλήνωση (ή σωληνογραμμή)
- Τα εξαρτήματα χρειάζονται για προσαρμογή:
  - Σύνδεση δύο τμημάτων ίδιας διαμέτρου
  - Σύνδεση δύο τμημάτων διαφορετικής διαμέτρου
  - Αλλαγή κατεύθυνσης
  - Σύνδεση δύο ρευμάτων για σχηματισμό τρίτου
  - Διακλάδωση για διανομή σε διάφορες χρήσεις
  - Τερματισμός σωλήνωσης
  - Ρύθμιση της παροχής



Εικόνα 6-8: Εξαρτήματα σωληνώσεων

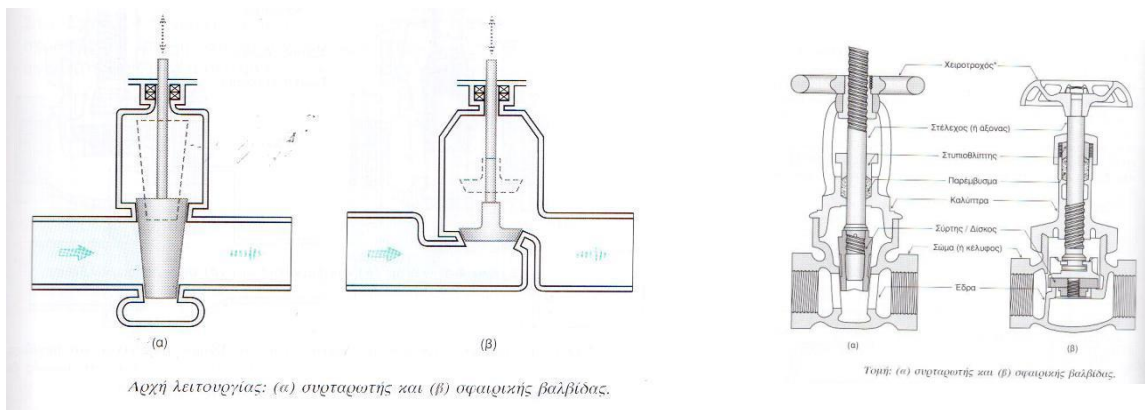
Φλαντζωτά εξαρτήματα : είναι χαλύβδινοι δίσκοι ή δακτύλιοι με περιφερειακές οπές για κοχλίες στήριξης βάζουμε παρέμβυσμα από ελαστικό ή ειδικό χαρτί μεταξύ των επιφανειών για στεγανοποίηση)



### ΒΑΛΒΙΔΕΣ (ή Βάνες)

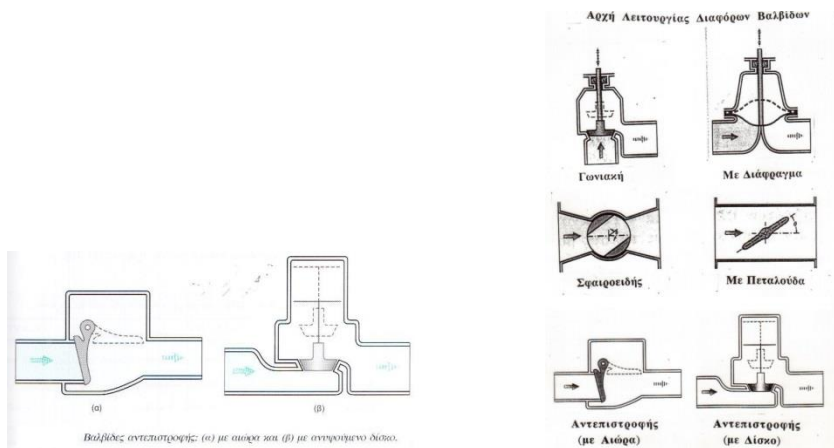
Οι Βάνες είναι εξάρτημα που ρυθμίζει τη ροή στη σωλήνωση και είναι τριών ειδών:

- Διακοπής (χρήση: η διακοπή της ροής)
  - ✓ τυπικά συρταρωτή
- Όταν είναι ανοικτή έχουμε μικρή πτώση πίεσης
- Ρύθμισης (χρήση: η ρύθμιση της παροχής)
  - ✓ Σφαιρική, γωνιακή, σφαιροειδής, με πεταλούδα ή με διάφραγμα
- Αντεπιστροφής (χρήση: ροή μόνο προς μία κατεύθυνση π.χ. στις εξόδους των αντλιών για προστασία)
  - ✓ ανοίγουν με την πίεση
  - ✓ όταν η ροή είναι αντίστροφη κλείνουν με βαρύτητα ή ελατήριο



Εικόνα 6-9: Αρχή λειτουργίας Βανών





Εικόνα 6-10: Αρχή λειτουργίας Βανών II

### **ΔΙΚΛΕΙΔΕΣ – ΒΑΛΒΙΔΕΣ**

Η δικλίδα είναι ένα στοιχείο, το οποίο μπορεί να ανοίξει και να κλείσει σε διαφορετικούς βαθμούς (ρύθμιση), για να μεταβληθεί η αντίστασή της στη ροή και να ελεγχθεί, με αυτό τον τρόπο, η κίνηση του νερού μέσα σε ένα σωλήνα. Οι δικλίδες στα συστήματα διανομής νερού διαχωρίζονται με βάση τη βασική λειτουργία τους, τον ρόλο τους στο σύστημα και τον τρόπο ελέγχου. Γενικά, οι δικλίδες έχουν τρεις βασικές λειτουργίες:

- ρύθμιση της ροής και/ή της πίεσης (δικλίδες ελέγχου ροής, βαλβίδες μείωσης- ή βαλβίδες διατήρησης της πίεσης κλπ.)
- αποκλεισμός μέρους του δικτύου σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης ή για λόγους συντήρησης (δικλίδες απομόνωσης ροής)
- προστασία ταμιευτήρων και αντλιών (π.χ. βαλβίδα ελέγχου τροφοδοσίας αγωγού μέσω στάθμης δεξαμενής, βαλβίδες αντεπιστροφής). Οι δικλίδες κατατάσσονται στις πέντε ακόλουθες βασικές κατηγορίες:
  - Δικλίδες απομόνωσης
  - Βαλβίδες αντεπιστροφής
  - Βαλβίδες ελέγχου υψομέτρου
  - Βαλβίδες εισαγωγής/εξαγωγής αέρα
  - Δικλίδες ελέγχου

#### **Βαλβίδες**

##### **Βαλβίδες αντεπιστροφής**

Οι βαλβίδες αντεπιστροφής, οι οποίες ονομάζονται επίσης βαλβίδες κατεύθυνσης, βαλβίδες συγκράτησης και βαλβίδες μιας κατεύθυνσης, χρησιμοποιούνται για να διασφαλιστεί η ροή του νερού προς μια κατεύθυνση μέσα στο σωλήνα και να παρεμποδιστεί η ροή προς την αντίθετη κατεύθυνση (αντίστροφη ροή).

Βαλβίδες ελέγχου στάθμης Πολλές εταιρίες υδάτων χρησιμοποιούν συσκευές, οι οποίες ονομάζονται βαλβίδες ελέγχου στάθμης ή βαλβίδες με πλωτήρα

##### **Αεροβαλβίδες**

Το φαινόμενο του παγιδευμένου αέρα σε μια σωλήνωση μπορεί να έχει σοβαρές επιπτώσεις στη λειτουργία και την αποτελεσματικότητα του συστήματος. Καθώς οι θύλακες αέρος συγκεντρώνονται στα ψηλότερα σημεία, δημιουργείται μια παρεμπόδιση της ροής, η οποία προκαλεί περιττό ύψος απωλειών ενέργειας. Σε μια σωλήνωση με αρκετούς αεροθύλακες μπορεί να προκληθεί ικανή παρεμπόδιση,

ώστε να σταματήσει ολόκληρη η ροή. Η κίνηση των αεροθυλάκων μπορεί να προκαλέσει ξαφνικές μεταβολές στην ταχύτητα. Όταν διέλθουν από ένα εμπόδιο στη σωλήνωση, όπως για παράδειγμα μια βαλβίδα ελέγχου, μπορεί να προκληθούν κύματα ή υδραυλικό πλήγμα. Το υδραυλικό πλήγμα μπορεί να προκαλέσει βλάβες στον εξοπλισμό ή να χαλαρώσει εξαρτήματα και να προκαλέσει διαρροή.

##### **Βαλβίδες ελέγχου**

Για οποιαδήποτε βαλβίδα ελέγχου, η οποία ονομάζεται και ρυθμιστική βαλβίδα, η ρύθμιση έχει πρωταρχική σημασία. Για τις βαλβίδες ελέγχου ροής, η ρύθμιση αφορά τη ρύθμιση της παροχής και για μια βαλβίδα ελέγχου πίεσης εισαγωγής, αφορά ένα συντελεστή δευτερευουσών απωλειών



#### Βαλβίδες μείωσης πίεσης (PRVs).

Οι βαλβίδες μείωσης πίεσης ρυθμίζονται αυτόματα, για να αποτρέψουν την πίεση εξόδου από το να υπερβεί μια προκαθορισμένη τιμή και χρησιμοποιούνται περιπτώσεις σε όπου υψηλές κατάντη πιέσεις μπορούν να προκαλέσουν ζημιές. Για παράδειγμα, σε ένα κόμβο μεταξύ δύο πιεζομετρικών ζωνών, αν δεν υπάρχει βαλβίδα μείωσης της πίεσης, η πίεση εξόδου στην ψηλότερη ζώνη θα μπορούσε να προκαλέσει πιέσεις στην κατώτερη ζώνη αρκετά υψηλές, ώστε να σπάσουν σωλήνες και να ανοίξουν οι βαλβίδες ανακούφισης. Σε αντίθεση με τις βαλβίδες απομόνωσης, οι βαλβίδες μείωσης πίεσης δε σχετίζονται με τις σωληνώσεις, αλλά παρουσιάζονται ξεκάθαρα σε ένα υδραυλικό μοντέλο

**Βαλβίδες διατήρησης πίεσης (PSVs).** Μια βαλβίδα διατήρησης πίεσης ρυθμίζει αυτόματα τη ροή, για να αποτρέψει την πτώση της ανάντη υδραυλικής πίεσης κάτω από μια προκαθορισμένη τιμή. Για την ακρίβεια, αυτή η βαλβίδα είναι μια βαλβίδα μείωσης της πίεσης, της οποίας η λειτουργία έχει αντιστραφεί. Σε αυτή την περίπτωση, το απομονωμένο μέρος του δικτύου βρίσκεται ανάντη της βαλβίδας, όπου θα πρέπει να διασφαλιστεί μια συγκεκριμένη ελάχιστη πίεση.

**Βαλβίδες ελέγχου ροής (FCVs).** Οι βαλβίδες ελέγχου ροής (FCVs) ρυθμίζονται αυτόματα, για να περιορίσουν την παροχή διαμέσου μιας βαλβίδας σε μια τιμή, η οποία καθορίζεται από το χρήστη. Αυτός ο τύπος βαλβίδας μπορεί να χρησιμοποιηθεί οπουδήποτε είναι απαραίτητος ο έλεγχος με βάση τη ροή, όπως για παράδειγμα, όταν ένας διανεμητής νερού έχει συμφωνία με ένα συνδρομητή όσον αφορά μέγιστες παροχές κατανάλωσης.

**Βαλβίδες ελέγχου πίεσης εισαγωγής (TCVs).** Σε αντίθεση με τις βαλβίδες ελέγχου ροής, όπου η ροή καθορίζεται άμεσα, μια βαλβίδα ελέγχου πίεσης εισαγωγής, ρυθμίζεται, για να προσαρμόσει το συντελεστή τοπικών απωλειών με βάση την τιμή κάποιου άλλου χαρακτηριστικού του συστήματος (όπως, για παράδειγμα, η πίεση

σε ένα κρίσιμο κόμβο ή η στάθμη του νερού σε μια δεξαμενή).

## **ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΑ ΜΕΓΕΘΗ ΣΕ ΔΙΚΤΥΟ ΥΔΡΕΥΣΗΣ – ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΟΡΓΑΝΩΝ**

### Αρχές Λειτουργίας Οργάνων

#### Μετρητές ταχύτητας

Οι μετρητές ταχύτητας λειτουργούν βάσει της αρχής ότι, το νερό που περνά μέσω μιας διατομής γνωστής επιφάνειας με μετρημένη ταχύτητα, μπορεί να εξισωθεί με τον όγκο της ροής. Οι μετρητές ταχύτητας είναι κατάλληλοι για περιπτώσεις μεγάλης παροχής. Υπάρχουν διαφορετικοί τύποι μετρητών ταχύτητας, όπως στροβιλομετρικοί, πολλαπλής ριπής, μετρητές προωστήρων, υπερηχητικοί, μετρητές Βεντούρι και μετρητές στομίου

#### Οι στροβιλομετρικοί μετρητές (Ροόμετρα Vortman)

έχουν ένα περιστρεφόμενο στοιχείο, το οποίο γυρίζει με τη ροή του νερού. Ο όγκος του νερού υπολογίζεται με βάση τις περιστροφές του στροβίλου.

#### Οι μετρητές Βεντούρι

έχουν ένα τμήμα με μικρότερη διάμετρο από την ανάντη πλευρά του σωλήνα. Με βάση μια αρχή της υδραυλικής, καθώς το νερό ρέει σε έναν σωλήνα, η ταχύτητά του αυξάνεται, όταν περνά από μια διατομή μικρότερης επιφάνειας. Μετράται η διαφορά στην πίεση, πριν και στην περιοχή με την μικρότερη διάμετρο. Η μεταβολή στην πίεση είναι ανάλογη του τετραγώνου της ταχύτητας. Η παροχή μπορεί να καθοριστεί μετρώντας τη διαφορά στην πίεση.

Τα υδραυλικά ροόμετρα αποτελούν εμπόδιο στη ροή, δημιουργώντας απώλειες ενέργειας και περιορίζοντας την απαίτηση για συντήρηση των σωληνώσεων

#### Τα υπερηχητικά ροόμετρα (Ultrasonic Flowmeters)

χρησιμοποιούν υπερηχητικά κύματα, για να δειγματολογήσουν την κατατομή της ταχύτητας μέσα σε ένα σωλήνα. Οι μετρητές που χρησιμοποιούνται για πόσιμο νερό, βασίζονται, συνήθως, τη λειτουργία τους στην αρχή μεταβολής της ταχύτητας του ήχου, η οποία λαμβάνει υπόψη την ταχύτητα διάδοσης του ήχου στο νερό. Δύο αισθητήρες ηχητικού σήματος εγκαθίστανται στον σωλήνα με μικρή απόσταση μεταξύ τους και ανταλλάσσουν διαγώνια ηχητικά κύματα σε αντίθετες κατευθύνσεις. Η διαφορά μεταξύ των ηχητικών συχνοτήτων των δύο σημάτων, η οποία είναι ανάλογη παροχής, καταγράφεται, επειδή ο ήχος που ταξιδεύει αντίθετα με τη ροή, θα χρειαστεί περισσότερο χρόνο να φτάσει στο δέκτη, από ότι ο ήχος που ταξιδεύει στην ίδια κατεύθυνση με τη ροή.

#### Οι ηλεκτρομαγνητικοί μετρητές

δημιουργούν ένα μαγνητικό πεδίο συνεχούς ρεύματος, το οποίο επηρεάζεται από τη ροή του νερού. Σαν αποτέλεσμα, θα δημιουργηθεί ένα μικρό ηλεκτρικό ρεύμα, ανάλογο της ταχύτητας ροής, το οποίο καθορίζει τις κατατομές της ταχύτητας μέσα στη διατομή του σωλήνα. Ένας αισθητήρας, ο οποίος εκπέμπει παλμούς στον πομπό μέτρησης, λαμβάνει τα σήματα, τα οποία υποδεικνύουν την παροχή. Όσον αφορά τη μαζική εφαρμογή, οι ηλεκτρομαγνητικοί μετρητές είναι πολύ ακριβείς, αλλά μάλλον πολύπλοκες και ακριβές συσκευές. Χρησιμοποιούνται ευρέως για μέτρηση ροών μεγάλου όγκου σε αντλιοστάσια και κύριους αγωγούς.

#### Οι επαγωγικοί μετρητές

είναι μηχανικοί μετρητές, οι οποίοι χρησιμοποιούνται για μέτρηση ροής σε σωλήνες διανομής μικρού και μεσαίου μεγέθους. Αυτοί οι μετρητές καταγράφουν την ποσότητα νερού που περνά, με την περιστροφική ταχύτητα ενός κάθετου ή οριζόντιου ρότορα ή μιας βάνας, η οποία μεταφέρεται στη συνέχεια σε ένα μετρητή ή καταχωρητή.

#### Οι μετρητές προωστήρων

έχουν ένα ρότορα σε σχήμα βεντάλιας, ο οποίος περιστρέφεται με τη ροή του νερού. Πάνω στο ρότορα είναι συνδεδεμένος ένας καταγραφέας, ο οποίος καταγράφει τις μετρήσεις.

#### Οι μετρητές πολλαπλής ριπής

έχουν ανοίγματα εφαπτόμενα σε ένα θάλαμο, για να καθοδηγούν τη ροή του νερού σε ένα ρότορα με πολλά πτερύγια. Η ροή μετράται ανάλογα με την ταχύτητα του ρότορα

### ΟΡΓΑΝΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

Τυπικά χαρακτηριστικά εμπορικών οργάνων μέτρησης που χρησιμοποιούνται στα δίκτυα υδρευσης. Τα στοιχεία για την παρουσίαση των τυπικών χαρακτηριστικών συλλεγθηκαν από το Instrumentation Department της εταιρίας SIEMENS. Αντιστοίχα τεχνικά χαρακτηριστικά έχουν και οι υπολοίπες εταιρίες που κατασκευάζουν αισθητήρες όπως η Endress& Houser, ABB, Miltronics κ.λ.π..

#### Μετρητής στάθμης Υπερήχων

##### Τεχνικά Χαρακτηριστικά

Τύπος	:PROBE LU
Κατασκευαστής	:SIEMENS MILLTRONICS
Αρχή λειτουργίας	:Υπέρηχοι
Συχνότητα εκπομπής υπερήχων	: 54 kHz
Γωνία εκπομπής υπερήχων	:10
Εύρος μέτρησης	:0,25 -6 m ή 0,25 -12 m
Ακρίβεια μέτρησης	:0,15% full scale
Ανάλυση	: Καλύτερη των 3 mm
Επαναληψιμότητα	: Καλύτερη των 3 mm
Ανιστάθμιση θερμοκρασίας	:Ενσωματωμένη
Τοπική ένδειξη	:Ενσωματωμένη
Χειριστήριο παραμετροποίησης	:Υπερήθρων
Αναλογική έξοδος	:1 (4-20 mA)
Παραμετροποίηση αναλ. Εξόδου	:απόσταση, στάθμη, όγκος
Προστασία οργάνου	:IP68 NEMA
Υλικό κατασκευής αισθητηρίου	:PBT
Υλικό περιβλήματος	:PVDF
Θερμοκρασία λειτουργίας	:-40 - +80 oC
Τάση τροφοδοσίας	:18-30 VDC
Σπείρωμα σύνδεσης	: 2'' BSP

##### Περιγραφή

Ο μετρητής στάθμης Probe LU χρησιμοποιείται για την μέτρηση στάθμης υγρών και στερεών σε κλειστές και ανοικτές δεξαμενές. Το υλικό κατασκευής του αισθητηρίου από PBT (Polybutylene terephthalate (PBT) is a thermoplastic engineering polymer that is used as an insulator in the electrical and electronics industries) επιτρέπει την χρησιμοποίηση του μετρητή σε πληθώρα βιομηχανικών εφαρμογών.

Η τοποθέτηση του οργάνου γίνεται εύκολα μέσω σπειρώματος σύνδεσης. Το όργανο προγραμματίζεται τοπικά από μικρή απόσταση μέσω χειριστηρίου ηλεκτρολογίου υπερήθρων για παραμέτρους όπως:

- Αρχή μέτρησης 4 mA (Zero)

- Εύρος μέτρησης 20 mA (Span)
- Χαρτογράφηση δεξαμενής
- Περιοχή αγνόησης παρασιτικών ανακλάσεων σε απόσταση 0,25-6 m από την επιφάνεια του αισθητηρίου
- Μέγιστη ταχύτητα μεταβολής στάθμης 0,1 / 1 / 10 m/min (Speed of Response)
- Χρονική καθυστέρηση (min ) για την ενεργοποίηση εναλλακτικής τιμής της αναλογικής εξόδου (3,85 mA, 20,15 mA ή hold) σε περίπτωση χαμηλού λόγου σήματος ως προς θόρυβο.
- Μονάδα μέτρησης m , cm, mm, feet, m3 (Unit)
- Παραμετροποίηση κωδικού πρόσβασης
- Παραμετροποίηση των διαστάσεων τυποποιημένων δεξαμενών ( κυλινδρική, τετράγωνη, κωνική κλπ) σε περίπτωση ογκομέτρησης
- Παραμετροποίηση έως και 11 συντεταγμένων στάθμης, όγκου σε περίπτωση ογκομέτρησης μη τυποποιημένων δεξαμενών
- Καταγραφή της μέγιστης θερμοκρασίας από το θερμόμετρο του αισθητηρίου καθώς και καταγραφή του αριθμού των εκκινήσεων (Power On ) του οργάνου

Οι παραπάνω ρυθμίσεις αποθηκεύονται στην EEPROM του οργάνου και διατηρούνται αναλίωτες σε περίπτωση της απώλειας της τροφοφοσίας.

Η αξιόπιστη και ακριβής μέτρηση (0,15 %), ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά του μετρητού, επιτυγχάνεται αφενός μεν με το διεθνώς πατενταρισμένο λογισμικό ανάλυσης και επεξεργασίας υπέρηχων Sonic Intelligence και αφετέρου με την ενσωματωμένη αντιστάθμιση θερμοκρασίας. Με την επιλογή ειδικών αλγόριθμων και φίλτρων αναλύεται το ακουστικό αποτύπωμα της δεξαμενής και οι ανακλάσεις κατηγοριοποιούνται σε πραγματικές και παρασιτικές. Οι παρασιτικές ανακλάσεις αγνοούνται και δεν λαμβάνονται υπόψη στην περαιτέρω αξιολόγηση του ακουστικού αποτυπώματος της δεξαμενής. Σταθερά εμπόδια εντός των δεξαμενών όπως ενισχύσεις κ.α. μπορούν να αγνοηθούν με την ενεργοποίηση της χαρτογράφησης της δεξαμενής.

#### Ενδεικτικό Στάθμης

Για την ένδειξη της στάθμης των δεξαμενών συνηθως χρησιμοποιούνται ψηφιακά ενδεικτικά 4 ψηφίων τα οποία τοποθετούνται στην πρόσοψη των πινάκων αυτοματισμού.

#### Τεχνικά Χαρακτηριστικά

Τύπος	MP 40 P6
-Κατασκευαστής	Mect S.r.l Ιταλίας
-Σήμα εισόδου	4-20 mA από το αισθητήριο
-Τροφοδοσία	230 Vac +/-10%
-ΕνδειξηΟθόνης	4 ψηφίων, ύψους 13 mm με δυνατότητα ρύθμισης του μηδενός και της κλίμακας
-Προστασία	IP 55,στήριξη σε πίνακα
-Διαστάσεις	48X96X75 mm
-Πληκτρολόγιο	Πλήκτρα μεμβράνης στην πρόσοψη
-Τάση εξόδου	15 Vdc για τροφοδοσία του αισθητηρίου με παθητική συνδεσμολογία

#### Μετρητής στάθμης Γεώτρησεων

Για την μέτρηση της στάθμης του νερού στις γεωτρήσεις, χρησιμοποιούνται αισθητήριο υδροστατικής πίεσης (transmitter) κατάλληλο για τοποθέτηση σε σωλήνα διατομής 1' , τύπου LMP-305, του οίκου BD-SENSORS GmbH Γερμανίας, με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

-Μετρούμενη πίεση (στάθμη)	:0-50 mH2O
-Μέγιστη υπερπίεση	:P=20 bar ( 200 m H2O )
-Προστασία	:IP 68
-Σώμα αισθητηρίου	:Ανοξείδοτο SS 316 Ti ( 1.4571 )
-Διάφραγμα (μεμβράνη)	:Ανοξείδοτη SS 316L ( 1.4571 )
-Σήμα εξόδου	:4-20 mA , προρυθμισμένο στην ανωτέρω κλίμακα (0-50 mH2O )για φορτίο < 600 Ω ( στα 24 Vdc )
-Τροφοδοσία	:12-36 Vdc με προστασία πολικότηταςκατά την συνδεσμολογία και μόνιμη προστασία έναντι βραχυκυκλώματος και υπέρτασης
-Αντιστάθμιση θερμοκρασίας	:Πιεζοηλεκτρική γέφυρα Wheatstone με αντιστάθμιση της θερμοκρασίας
-Διαστάσεις αισθητηρίου	:19X135 mm
-Ακρίβεια μέτρησης	:0.35% FSO με βάση την μέθοδο ρύθμισης οριακού σημείου ( terminal point method ) ή < 0,175% FSO με βάση την μέθοδο BFSL ( Best fit straight line )

συμπεριλαμβανομένων και των παραμέτρων της μη γραμμικότητας, της υστέρησης ( <0,1% ) και της επαναληψιμότητας ( <0,1% ) και για τις δύο περιπτώσεις.

- Θερμοκρασία Λειτουργία : -10 έως 70 οC
- Αντιστάθμιση : 0 έως 80 οC
- Σφάλμα μεταβολών θερμοκρασίας : < 0,75% της μέγιστης τιμής θερμοκρασίας αντιστάθμισης ( ή < 0,007% ανα οC )

-Ηλεκτρική σύνδεση Δια μέσω ενσωματωμένου ειδικού καλωδίου από PVC με σωληνάκι για την εξισορρόπηση της ατμοσφαιρικής πίεσης μήκους=60 m

**Διακόπτης στάθμης**

Για την ανίχνευση του ανώτατου ορίου της στάθμης στις δεξαμενές χρησιμοποιούνται χωρητικοί διακόπτες στάθμης με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- Τύπος CLS 100
- Κατασκευαστής : Siemens
- Αρχή λειτουργίας : Χωρητική
- Τροφοδοσία : 10-33 V DC
- Σήμα αναλογικής εξόδου : 4 ή 20 mA loop powered
- Ψηφιακή έξοδος : 1 ρελέ 30 V DC 2A
- Θερμοκρασία λειτουργίας : -40 έως + 100 ° C
- Προστασία : IP 68
- Ρύθμιση ευαισθησίας ανίχνευσης : μέσω ποντεσιόμετρου
- Ένδειξη σφάλματος : μέσω Led στο ηλεκτρονικό μέρος του οργάνου
- Ένδειξη κατάστασης ρελέ (ορίου) : μέσω Led στο ηλεκτρονικό μέρος του οργάνου
- Σπείρωμα σύνδεσης : 3/4 " NPT ή 1 " BSP

Ο διακόπτης στάθμης CLS 100 , χρησιμοποιείται για την μέτρηση στάθμης υγρών και στερεών σε κλειστές και ανοικτές δεξαμενές. Το υλικό κατασκευής του αισθητηρίου από PPS (**Polyphenylene sulfide** (PPS) is an organic polymer consisting of aromatic rings linked with sulfides) επιτρέπει την χρησιμοποίηση του μετρητή σε πληθώρα βιομηχανικών εφαρμογών.

Η τοποθέτηση του οργάνου γίνεται εύκολα μέσω σπειρώματος σύνδεσης 3/4' NPT. Η ευαισθησία της ανιχνευόμενης στάθμης ρυθμίζεται τοπικά μέσω ποντεσιόμετρου. Η παρουσία νερού μπορεί να μεταδοθεί σε υπερκείμενα συστήματα αυτοματισμού μέσω του κυκλώματος τροφοδοσίας με σήμα 4 ή 20 mA (loop powered) ή μέσω της επαφής ρελέ.

**Μετρητής Παροχής**

**Χαρακτηριστικά Αισθητηρίου**

- Τύπος : SITRANS FM MAGFLO MAG 5100W
- Κατασκευαστής : SIEMENS
- Διατομές : DN25 –DN1200
- Φλάντζες : EN ή DIN 2501
- Εσωτερική επένδυση αισθητηρίου : Hard Rubber
- Υλικό ηλεκτροδίων : AISI 316 Ti
- Ηλεκτρόδια γείωσης : Ενσωματωμένα από AISI 316 Ti
- Ονομαστική πίεση : PN 40 (DN25-DN50) PN16 (DN65-DN1200)
- Θερμοκρασία λειτουργίας : -5 έως +90° C
- Ακρίβεια μέτρησης : 0,25% για ταχύτητες ροής από 0,5 -10 m/s
- Προστασία αισθητηρίου : IP68
- Για διατομες αγωγων : Φ65, Φ80, Φ100, Φ125, Φ150, Φ200, Φ250, Φ300, Φ500, Φ600
- Κιτ στεγανοποίησης : IP68

**Χαρακτηριστικά Μετατροπέα**

- Τύπος : SITRANS FM MAGFLO □ MAG 6000
- Κατασκευαστής : SIEMENS
- Τροφοδοσία : 230 V AC / 24 V DC
- Αναλογική έξοδος : 0-20 mA / 4-20 mA + Alarm
- Μέγιστο φορτίο αναλογικής εξόδου : 800 Ω
- Σταθερά Χρόνου αναλογικής εξόδου : 0,1-30 s προγραμματιζόμενη
- Ψηφιακές έξοδοι : 2 ( 1 passive & 1 active )
- Παραμετροποίηση ψηφιακών εξόδων : Συχνότητα , χρόνος παλμού, μονάδα μέτρησης ανά παλμό

Έξοδος Ρελέ	: 1 μεταγωγική επαφή 42 V AC /2A, 24 V DC / 1A
Ψηφιακή είσοδοι	: 1 (11 VDC / 2,5 mA, 30 VDC / 7mA)
Γαλβανική απομόνωση	: σε όλες τις εισόδους και εξόδους
Απαριθμητές ( Totalizers )	:2 απαριθμητές 8 ψηφίων για μέτρηση ροής και προς τις δύο κατευθύνσεις ροής ή της διαφοράς αυτών ( forward, reverse and net flow totalizers)
Οθόνη ενδείξεων	:φωτιζόμενη αλφαριθμητική οθόνη υγρών κρυστάλλων 3 σειρών και 20 χαρακτήρων ανά σειρά για την ένδειξη ροής απαριθμημένων μεγεθών, παραμέτρων και σφαλμάτων
Ρύθμιση μηδενικής ροής	: αυτόματη
Τοποθέτηση	:επί του αισθητηρίου (compact) ή απομακρυσμένα (remote)
Μέγιστη απόσταση απομακρυσμένης	: 500 m στα 50 μS/cm μέσω ειδικού εγκατάστασης καλωδίου
Θερμοκρασία λειτουργίας	: -20 έως + 50 ° C
Βαθμός προστασίας	: IP 67
Δυνατές επικοινωνίες	:Hart, Profibus PA, Profibus DP, CANopen, DeviceNet μέσω Plug-In Module

#### Περιγραφή

Τα ηλεκτρομαγνητικά παροχόμετρα της σειράς SITRANS FM MAGFLO αποτελούνται από το κυρίως αισθητήριο (Sensor), με φλάντζες σύνδεσης κατά EN ή DIN 2501 από χάλυβα (Carbon Steel), και τον μετατροπέα (Converter) ο οποίος μπορεί να τοποθετηθεί είτε επί του αισθητηρίου είτε απομακρυσμένα. Η μέγιστη απόσταση απομακρυσμένης τοποθέτησης του μετατροπέα από το αισθητήριο ανέρχεται στα 500 m με την χρήση καλωδίου διπλής θωράκισης. Τα παροχόμετρα της σειράς SITRANS FM MAGFLO λειτουργούν με τον νόμο του Faraday. Το σώμα του αισθητηρίου είναι κατασκευασμένο από χάλυβα (Carbon Steel) και έχει εξωτερικά επικάλυψη αντιδιαβρωτικής εποξεικής βαφής τουλάχιστον 150 micron. Για την εσωτερική επένδυση του αισθητηρίου χρησιμοποιείται σκληρό ελαστομερές υλικό (Hard Rubber) με μεγάλη μηχανική αντοχή και γεωμετρική σταθερότητα. Η επένδυση του αισθητηρίου είναι κατάλληλη για εφαρμογές πόσιμου νερού (WRC approved). Το υλικό κατασκευής των ηλεκτροδίων μέτρησης και γείωσης είναι ανοξείδωτος χάλυβας (AISI 316 Ti). Στην συμπαγή τους έκδοση ( μετατροπέας τοποθετημένος επί του αισθητηρίου compact version) τα παροχόμετρα SITRANS FM MAGFLO παρέχουν βαθμό προστασίας IP67. Σε περίπτωση απομακρυσμένης τοποθέτησης του μετατροπέα ο βαθμός προστασίας του αισθητηρίου μπορεί να μετατραπεί σε IP 68. Ο μετατροπέας τροφοδοτεί τα πηνία του αισθητηρίου με συνεχές παλμικό ρεύμα ( μετατροπέας παλμικού συνεχούς μαγνητικού πεδίου). Διαθέτει την δυνατότητα να ανιχνεύσει εάν ο αγωγός είναι άδειος (empty pipe detection) και να δώσει την πληροφορία αυτή σε ψηφιακή έξοδο. Η μέτρηση της ροής είναι δυνατή και προς τις δύο κατευθύνσεις (forward and reverse flow) Ο μετατροπέας φέρει ενσωματωμένη αλφαριθμητική φωτιζόμενη οθόνη 3 γραμμών και 60 χαρακτήρων ( 20 χαρακτήρων ανά σειρά). Οι γραμμές της οθόνης προγραμματίζονται ελεύθερα για την ένδειξη μεγεθών όπως της στιγμιαίας ή συνολικής παροχής, μηνυμάτων και σφαλμάτων.

Στην τοπική οθόνη απεικονίζονται:

- Στιγμιαία ροή
- Αθροιστική ροή
- Πραγματική ροή ( net flow = forward – reverse flow)
- Διαγνωστικά και
- Συνθήκη κενού αγωγού

Η παραμετροποίηση του μετατροπέα πραγματοποιείται τοπικά με την βοήθεια ενσωματωμένου τοπικού χειριστηρίου 6 πλήκτρων ή απομακρυσμένα μέσω δικτύου επικοινωνίας (πχ Profibus DP) και λογισμικού PDM ( Process Device Manager) Στον μετατροπέα ενσωματώνεται μονάδα μνήμης στην οποία έχουν αποθηκευθεί από το εργοστάσιο κατασκευής όλα τα στοιχεία και δεδομένα βαθμονόμησης του αισθητηρίου. Τα δεδομένα αυτά μεταφέρονται κατά την διάρκεια της πρώτης εκκίνησης του μετατροπέα στην ενσωματωμένη EEPROM του. Με τον τρόπο αυτό είναι δυνατή η γρήγορη αντικατάσταση του μετατροπέα σε περίπτωση βλάβης του, χωρίς να είναι απαραίτητος ο επαναπρογραμματισμός του.

Με την προσθήκη ειδικών Plug-In Modules επιτυγχάνονται οι παρακάτω επικοινωνίες

- Hart
- Profibus PA
- Profibus DP
- CANopen
- DeviceNet



Επιπλέον χαρακτηριστικά του μετατροπέα είναι:

- Προγραμματισμός κωδικού πρόσβασης (Password)
- Λειτουργία των αναλογικών και ψηφιακών εξόδων ανεξάρτητα από την επιλογή του Plug-In Module επικοινωνίας
- Ύπαρξη δύο ανεξάρτητων αθροιστικών απαριθμητών
- Δυνατότητα προγραμματισμού δοσομέτρησης (Batch)
- Προγραμματιζόμενο όριο ροής
- Μενού προγραμματισμού σε 10 διαφορετικές γλώσσες
- Αυτοδιάγνωση σφαλμάτων και ένδειξη μέσω οθόνης ή δικτύου Profibus
- Κατηγοριοποίηση σφαλμάτων (Fatal, Permanent, Warning)

Στα παροχόμετρα μπορούν να προστεθούν κιτ στεγανοποίησης αισθητηρίου IP 68, καλώδιο 40μ και βάση για την απομακρυσμένη τοποθέτηση του μετατροπέα σήματος από το αισθητήριο.

#### Ενδεικτικό στιγμιαίας παροχής

Για την ένδειξη της στιγμιαίας παροχής στους επί μέρους σταθμούς ύδρευσης χρησιμοποιούνται ψηφιακά ενδεικτικά 4 ψηφίων τα οποία θα τοποθετηθούν στην πρόσοψη των πινάκων αυτοματισμού.

#### Τεχνικά Χαρακτηριστικά

Τύπος	:MP 40 P6
-Κατασκευαστής	:Mect S.r.l Ιταλίας
-Σήμα εισόδου	:4-20 mA από το αισθητήριο
-Τροφοδοσία	:230 Vac +/-10%
-Ένδειξη	:Οθόνη 4 ψηφίων, ύψους 13 mm με δυνατότητα ρύθμισης του μηδενός και της κλίμακας
-Προστασία	:IP 55,στήριξη σε πίνακα
-Διαστάσεις	:48X96X75 mm
-Πληκτρολόγιο	:Πλήκτρα μεμβράνης στην πρόσοψη
-Τάση εξόδου	:15 Vdc για τροφοδοσία του αισθητηρίου με παθητική συνδεσμολογία

#### Καθοδική Προστασία Παροχομέτρων

Τα παραχόμετρα συνδέονται στους αγωγούς του δικτύου μέσω μονωτικών παρεμβυσμάτων σύνδεσης. Στην περίπτωση της απομακρυσμένης τοποθέτησης του μετατροπέα από το αισθητήριο ( Remote Installation ) συνδέεται η θωράκιση του καλωδίου μέσω πυκνωτή 1,5 μF στο σώμα του αισθητηρίου. Η θωράκιση του καλωδίου στην άλλη άκρη (μετατροπέας) μονώνεται. Σε περίπτωση συμπαγούς τοποθέτησης ( Compact Installation ) ο μετατροπέας συνδέεται μέσω Μ/Σ απομόνωσης.

Αντικατανακτική προστασία τροφοδοσίας μετατροπέα 230 V AC

#### Μετρητής πίεσης

##### Τεχνικά Χαρακτηριστικά

Τύπος	:SITRANS P SERIES Z
Κατασκευαστής	:SIEMENS
Εύρος μέτρησης	:0-16 bar
Πίεση διάτρησης μεμβράνης	:50 bar
Ακρίβεια μέτρησης	:0,25%
Βαθμός προστασίας	:IP 65
Σήμα εξόδου	:4-20 mA
Υλικό κατασκευής	:Ανοξείδωτος χάλυβας
Υλικό μεμβράνης	:Κεραμικό (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - 96%)
Σπείρωμα σύνδεσης	:G ½ A ανοξείδωτος χάλυβας
Θερμοκρασία λειτουργίας	:-30+120 ° C
Τάση τροφοδοσίας	:10-36 V DC
Κωδικός	:7MF1564-3CB00-1AA1 (0-16 bar)
Περιγραφή	

Οι μετρητές πίεσης της σειράς SITRANS P SERIES Z χρησιμοποιούνται για την μέτρηση πίεσης υγρών και αερίων και διατίθενται σε προεπιλεγμένα εύροι πίεσης. Είναι σύμφωνοι με την κοινοτική οδηγία PED

(PRESSURE EQUIPMENT DIREKTIVE FOR GAS 1/LIQUIDS 1 ART. 3.3 SEP). Η αρχή λειτουργίας τους είναι η πιεζοηλεκτρική. Το διάφραγμα μετάδοσης πίεσης κατασκευάζεται από κεραμικό υλικό ( $Al_2O_3$  - 96%). (**Aluminium oxide** is a chemical compound of aluminium and oxygen with the chemical formula  $Al_2O_3$ ) Αισθητήριο και μετατροπέας σήματος είναι τοποθετημένοι εντός ανοξείδωτου περιβλήματος συμπαγών διαστάσεων και στιβαρής κατασκευής. Για την σύνδεση τους σε αγωγούς προβλέπεται σπείρωμα σύνδεσης G ½ A. Σε κάθε μετρητή πίεσης προβλέπεται κατάλληλη βάνα εξαερισμού και απομόνωσης.

Αντικεραυνική προστασία μετρητών πίεσης

#### Ενδεικτικό Πίεσης

Για την ένδειξη της πίεσης στους επί μέρους σταθμούς ύδρευσης προβλέπονται ψηφιακά ενδεικτικά 4 ψηφίων τα οποία θα τοποθετηθούν στην πρόσοψη των πινάκων αυτοματισμού.

Τεχνικά Χαρακτηριστικά

Τύπος MP 40 P6

- Κατασκευαστής :Mect S.r.l Ιταλίας
- Σήμα εισόδου :4-20 mA από το αισθητήριο
- Τροφοδοσία :230 Vac +/-10%
- Ένδειξη :Οθόνη 4 ψηφίων, ύψους 13 mm με δυνατότητα ρύθμισης του μηδενός και της κλίμακας
- Προστασία :IP 55,στήριξη σε πίνακα
- Διαστάσεις :48X96X75 mm
- Πληκτρολόγιο :Πλήκτρα μεμβράνης στην πρόσοψη
- Τάση εξόδου :15 Vdc για τροφοδοσία του αισθητηρίου με παθητική συνδεσμολογία

#### Επιτηρητές αγωγιμότητας / ηλεκτρόδια στάθμης

Για την ανίχνευση της ύπαρξης και εισροής νερού στο πάτωμα προβλέπονται στα απαιτούμενα σημεία του έργου επιτηρητές αγωγιμότητας οι οποίοι συνδέονται με δύο ανοξείδωτα ηλεκτρόδια στάθμης. Τα ηλεκτρόδια στάθμης τοποθετούνται αντικριστά κοντά στο πάτωμα και συνδέονται μέσω καλωδίου με τον παραπάνω ανιχνευτή αγωγιμότητας.

Χαρακτηριστικά ηλεκτροδίων

Τύπος 5TG8223

- Κατασκευαστής :SIEMENS
- Υλικό ηλεκτροδίων :Ανοξείδωτος χάλυβας
- Θερμοκρασία λειτουργίας :0 – 90 ° C
- Τύπος καλωδίου :H07- RN-F 1,5 mm<sup>2</sup>

Χαρακτηριστικά επιτηρητή στάθμης

- Κατασκευαστής :SIEMENS
- Τροφοδοσία :230 VAC
- Όρια στάθμης :Min / Max
- Ευαισθησία ρύθμισης :2-450 kΩ
- Μέγιστη τάση ηλεκτροδίων :10 V AC
- Μέγιστο ρεύμα ηλεκτροδίων :1,5 mA
- Έξοδοι ρελέ :2
- Χρονική καθυστέρηση ενεργοποίησης ρελέ :0,2-20 s ρυθμιζόμενη ξεχωριστά για κάθε ρελέ
- Ενδείξεις :2 LED για την κατάσταση των 2 ρελέ, 1 LED για την παρουσία τάσης λειτουργίας
- Θερμοκρασία λειτουργίας : -20- +60 ° C
- Στερέωση :Σε ράγα

#### Ηλεκτρονικοί διακόπτες ροής

Για την επαλήθευση της λειτουργίας των αντλιών όπως επίσης και για την προστασία τους από ξηρή λειτουργία χρησιμοποιούνται ηλεκτρονικοί διακόπτες ροής χωρίς μηχανικά μέρη.

Χαρακτηριστικά

- Τύπος :SN 450/3 GR
- Κατασκευαστής :EGE ELECTRONIK GmbH Γερμανίας
- Τροφοδοσία :24 Vdc +/- 20%
- Προστασία :α) IP 67
- Ενδείξεις :Έξι ( 6 ) ενδεικτικές λυχνίες (LED) στοκέλυφος του οργάνου για οπτική ένδειξη της

**« ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗΣ ΥΔΑΤΙΝΩΝ ΠΟΡΩΝ ΕΠΑΡΧΙΑΚΗΣ ΠΟΛΕΩΣ »**

	ενεργοποίησης ή μη της ψηφιακής εξόδου
Σήμα εξόδου	:Ψηφιακή έξοδος , ρελέ με μεταγωγική επαφή 250 V ac/ 4 A ac.
Περιοχή λειτουργίας	:Σε ταχύτητες ρευστού από 1-150 cm/s ( 0,01-1,5 m/s)
Ρύθμιση σημείου λειτουργίας	:Δια μέσου ποτενσιόμετρου εξωτερικού πάνω στο κέλυφος του διακόπτη
Άλλες ρυθμίσεις	:Ρύθμιση χρονοκαθυστερίσεως της ενεργοποίησης ( 1-13 sec ) ή της απενεργοποίησης ( 1-15 sec ) της μεταγωγικής επαφής της ψηφιακής εξόδου
Υλικό κατασκευής διακόπτη	:Βρεχόμενα μέρη ανοξείδωτα AISI 316 Ti
Κέλυφος από PA	
Μήκος στελέχους εμπύθισης	:L= 120 mm κατάλληλο για μεγάλους σωλήνες ( > DN 200 )
Υδραυλική σύνδεση	:Αρσενικό σπείρωμα G 1/2 ( 1/2" ) για άμεση στήριξη στο σωλήνα
Πίεση λειτουργίας	:Έως 100 Bar
Θερμοκρασία ρευστού	:-20 έως 80 0C
Θερμοκρασία περιβάλλοντος	:-20 έως 70 0C
Ηλεκτρική σύνδεση	:Διαμέσου ενσωματωμένου καλωδίου 5*0,5 mm <sup>2</sup> από PVC, μήκους 2 μέτρων
Περιγραφή	

Ο ηλεκτρονικός διακόπτης ροής τύπου SN 450/3 GR ( compact type ) του οίκου EGE ELECTRONIK GmbH Γερμανίας λειτουργεί με την θερμοδυναμική αρχή. Εντός του στελέχους εμπύθισης είναι τοποθετημένα 2 αισθητήρια θερμοκρασίας και 1 αντίσταση θέρμανσης. Η θερμοκρασία η οποία παράγεται από την αντίσταση θέρμανσης καταγράφεται από το ένα αισθητήριο θερμοκρασίας. Το δεύτερο αισθητήριο θερμοκρασίας βρίσκεται αντιδιαμετρικά του πρώτου και καταγράφει την θερμοκρασία του νερού. Μεταξύ των δύο αισθητηρίων θερμοκρασίας δημιουργείται διαφορά θερμοκρασίας, η οποία μεταβάλλεται ανάλογα με την ταχύτητα ροής του υγρού. Οι χρησιμοποιούμενοι διακόπτες ροής μπορούν να ανιχνεύσουν ταχύτητες ροής από 0,01-1,5 m/s. Η ρύθμιση του επιθυμητού ορίου ταχύτητας ροής γίνεται μέσω ποτενσιόμετρου στο κέλυφος του οργάνου. Το μήκος του στελέχους εμπύθισης (120 mm) παρέχει την δυνατότητα εγκατάστασης του διακόπτη ροής σε διατομές > DN 200 . Για διατομές αγωγών μικρότερες των 200 mm θα χρησιμοποιηθεί ο ίδιος τύπος διακόπτη ροής ο οποίος θα τοποθετηθεί επί του αγωγού μέσω μαστού προέκτασης.

Για τα ανωτέρω όργανα χρησιμοποιείται αντικεραυνική προστασία μετρητών.

Για κάθε μετρητή προβλέπεται στο κύκλωμα σήματος / τροφοδοσίας (αισθητήριο 2 αγωγών ) η παρακάτω περιγραφόμενη αντικεραυνική προστασία :

Τύπος	DM-024/1RDJ
Κατασκευαστής	:SALTEK
Ονομαστική τάση	: 24 V DC
Μέγιστη τάση συνεχούς λειτουργίας	: 31,4 V DC
Αιχμή κρουστικού ρεύματος	:10KA 8/20 μs
Ρεύμα λειτουργίας	:60 mA
Μεγίστη παραμένουσα τάση	:< 36V
Χρόνος απόκρισης	:<1 ns

**ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΕΣ ΔΙΚΛΕΙΔΕΣ**

Ενδεικτικά θα παρουσιάσουμε τα τεχνικά χαρακτηριστικά ηλεκτροκίνητης ρυθμιστικής δικλείδας ονομαστικής διατομής Φ 500

**ΔΙΚΛΕΙΔΑ ΤΥΠΟΥ ΠΕΤΑΛΟΥΔΑΣ ΤΟΥ ΟΙΚΟΥ “AMRI- KSB ” DN 500 PN 16**

ΚΩΔΙΚΟΣ	:T2 3G-6K-2-XC
ΤΥΠΟΣ ΔΙΚΛΕΙΔΑΣ	:AQUISORIA T2 Semi Lug type
ΥΛΙΚΑ ΔΙΚΛΕΙΔΑΣ	: ΣΩΜΑ : (3G) ΕΛΑΤΟΣ ΧΥΤΟΣΙΔΗΡΟΣ GGG 40
ΑΞΟΝΑΣ	: (6K) 13 % Cr ΑΝΟΞΕΙΔΩΤΟΣ ΧΑΛΥΒΑΣ
ΔΙΣΚΟΣ	: (2) Aluminium Bronze
ΕΔΡΑ	: (XC) E.P.D.M. με πιστοποιητικό για πόσιμο νερό

**ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΧΕΙΡΙΣΤΗΡΙΑ ΒΑΝΝΩΝ**

ΧΕΙΡΙΣΜΟΣ	: ΜΕΣΩ Ηλεκτροκινήτηρα Regulating Service για DN 500
ΚΩΔΙΚΟΣ	:200+SAR 07.5 Regulating + TAM 4-20 mA
ΤΥΠΟΣ	:ACTELEC του οίκου Bernard

## « ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗΣ ΥΔΑΤΙΝΩΝ ΠΟΡΩΝ ΕΠΑΡΧΙΑΚΗΣ ΠΟΛΕΩΣ »

ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ : 380 V / 50 Hz / AC / Τριφασικό ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ : IP 67

Κάθε κινητήρας αποτελείται από:

Γραναζοκιβώτιο τύπου MR , με πρόβλεψη χειροκίνητης λειτουργίας ,Σερβομηχανισμό ο οποίος διαθέτει: 2 διακόπτες ροπής 1/O – 1/C , / 2 τερματικούς διακόπτες 1/O – 1/C , / Θερμικό ,και αναλογική έξοδο θέσης 4-20 mA

ΤΟΠΙΚΟΣ ΧΕΙΡΙΣΜΟΣ: ΜΕΣΩ τοπικής μονάδας ελέγχου τύπου AUMA MATIC 0.1.1 η PLC

### Ηλεκτροκίνητη δικλείδα ON / OFF

ονομαστικής διατομής Φ 200 με τα εξής χαρακτηριστικά

ΔΙΚΛΕΙΔΑ ΤΥΠΟΥ ΠΕΤΑΛΟΥΔΑΣ ΤΟΥ ΟΙΚΟΥ “AMRI- KSB ” DN 200 PN 16

ΚΩΔΙΚΟΣ : T2 3T-6K-2-XC

ΤΥΠΟΣ ΔΙΚΛΕΙΔΑΣ : AQUISORIA T2 Semi Lug type

ΥΛΙΚΑ ΔΙΚΛΕΙΔΑΣ : ΣΩΜΑ : (3G) ΕΛΑΤΟΣ ΧΥΤΟΣΙΔΗΡΟΣ GGG 40

ΑΞΟΝΑΣ : (6K) 13 % Cr ΑΝΟΞΕΙΔΩΤΟΣ ΧΑΛΥΒΑΣ

ΔΙΣΚΟΣ : (2) Aluminium Bronze

ΕΔΡΑ : (XC) E.P.D.M. με πιστοποιητικό για πόσιμο νερό

### ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΧΕΙΡΙΣΤΗΡΙΑ ΒΑΝΝΩΝ

ΧΕΙΡΙΣΜΟΣ : ΜΕΣΩ Ηλεκτροκινήτηρα Regulating Service για DN 200

ΚΩΔΙΚΟΣ : Actelec AS 50 On- Off

ΤΥΠΟΣ : ACTELEC του οίκου Bernard

ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ : 380 V / 50 Hz / AC / Τριφασικό ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ : IP 67

Κάθε κινητήρας αποτελείται από:

Γραναζοκιβώτιο τύπου MR , με πρόβλεψη χειροκίνητης λειτουργίας ,Σερβομηχανισμό ο οποίος διαθέτει: 2 διακόπτες ροπής 1/O – 1/C , / 2 τερματικούς διακόπτες 1/O – 1/C , και Θερμικό

ΤΟΠΙΚΟΣ ΧΕΙΡΙΣΜΟΣ: ΜΕΣΩ τοπικής μονάδας ελέγχου τύπου η PLC

### ΑΝΤΛΙΕΣ ΝΕΡΟΥ

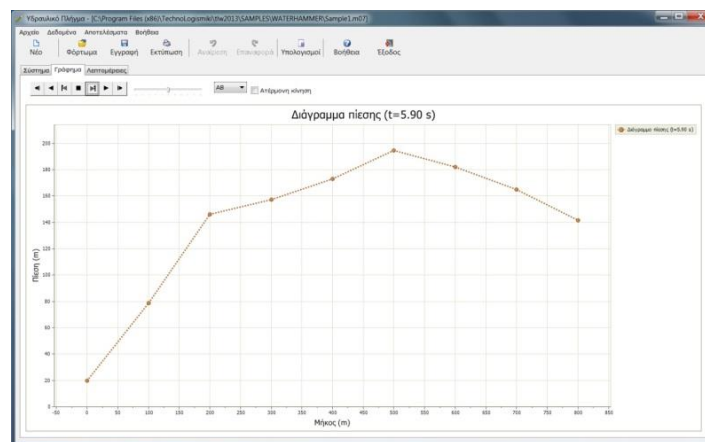
Οι αντλίες αναλογα με την λειτουργικότητα τους και την τεχνολογία που χρησιμοποιούν είναι :

- Φυγόκεντρες αντλίες : περιφεριακές, ανοξείδωτες, μονομπλόκ, μονοβάθμιες, υψηλής πίεσης, περιφεριακές,
- Διβάθμιες
- Αντλίες αυτόματης αναρρόφησης
- Αντλίες πολυβάθμιες αθόρυβες ,αυτομάτου αναρροφήσεως
- Αντλίες πετρελαιοκίνητες
- Αντλίες LDP, Αντλίες LDF υψηλής πίεσης
- Αντλίες βενζινοκίνητες
- Αντλίες κάθετες πολυβάθμιες
- Πιεστικά συγκροτήματα
- Πιεστικά με δοχείο διαστολής, Πιεστικά με ηλεκτρονικό κιτ, Πιεστικά με ενσωματωμένο ηλεκτρονικό κιτ, Πιεστικά με INVERTER, Πιεστικά με δύο ή περισσότερες αντλίες
- Υποβρύχιες αντλίες γεωτρήσεων - πηγαδιών
- Υποβρύχιοι κινητήρες γεωτρήσεων
- Πιεστικά δοχεία νερού & εξαρτήματα αντλιών
- Πιεστικά δοχεία διαστολής νερού
- Κυκλοφορητές

### ΥΔΡΑΥΛΙΚΟ ΠΛΗΓΜΑ - ΑΕΡΟΦΥΛΑΚΙΟ

Οι υδραυλικές ασυνέχειες (πλήγμα κριού η Υδραυλικό πλήγμα) εμφανίζονται στις περισσότερες περιπτώσεις, όταν το νερό επιταχύνει ή επιβραδύνει. Όταν π.χ. διακόπτεται απότομα η ροή του νερού στο

δίκτυο ύδρευσης αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την δημιουργία υπερπίεσεων και υποπίεσεων που αναπτύσσονται στην κατάθλιψη της αντλίας και στο μέσο του αγωγού κατάθλιψης μιας αντλητικής εγκατάστασης, εξαιτίας του μεταβατικού φαινομένου που δημιουργήθηκε π.χ. ύστερα από την αιφνίδια διακοπή της λειτουργίας του κινητήρα της αντλίας. Αυτό είναι το υδραυλικό πλήγμα. Τη στιγμή του πλήγματος αναπτύσσεται απότομη στιγμιαία υψηλή πίεση η οποία είναι πολύ επικίνδυνη αφού φτάνει να είναι έως και 8 φορές μεγαλύτερη από την κανονική πίεση του δικτύου. Η υψηλή αυτή πίεση λειτουργεί σαν στιγμιαία έκρηξη μέσα στο δίκτυο, η οποία αναζητάει εκτόνωση σε όλο το δίκτυο και δεν τη βρίσκει επειδή το νερό είναι ασυμπίεστο. Δηλαδή, αν η πίεση λειτουργίας του δικτύου είναι 5bar, τη στιγμή του πλήγματος η πίεση μπορεί στιγμιαία να φτάσει μέχρι και 40bar (αύξηση 800%).



Διάγραμμα 6-1 : Μεταβολή της πίεσης στον χρόνο (στο Υδραυλικό πλήγμα)

Η μεταβολή της ταχύτητας του διακινούμενου ρευστού προκαλεί κύματα υπερπίεσεων και υποπίεσεων με συνέπεια τη χρονική μεταβολή της στατικής πίεσης σε κάθε σημείο του συστήματος (για κλειστούς αγωγούς) ή της στάθμης της ελεύθερης επιφάνειας (για ανοιχτούς αγωγούς). Η ανάπτυξη των μεταβατικών φαινομένων οφείλεται ουσιαστικά στην αδράνεια της μάζας του ρευστού που βρίσκεται εν κινήσει στο εσωτερικό του συστήματος και της αποθηκευόμενης ενέργειας σε αυτό υπό μορφή κινητικής ενέργειας. Ανάλογα με τον ρυθμό αλλαγής της αρχικής μόνιμης κατάστασης τα μη μόνιμα φαινόμενα χωρίζονται στις δύο παρακάτω κατηγορίες:

- Στα φαινόμενα όπου η μεταβολή γίνεται με αργό ρυθμό (surging), τότε η συμπίεστικότητα του ρευστού και η ελαστικότητα του αγωγού μπορούν να παραληφθούν. Σε αυτή την περίπτωση τα κύματα πίεσης που δημιουργούνται έχουν μικρά μεγέθη και η μεταβολή της κινηματικής κατάστασης γίνεται στιγμιαία αντιληπτή σε ολόκληρο το σύστημα. Τα φαινόμενα αυτής της κατηγορίας μελετώνται με τη θεωρία της συμπαγούς στήλης υγρού (rigid column theory).
- Στα φαινόμενα όπου η μεταβολή γίνεται με γρήγορο ρυθμό, τότε η συμπίεστικότητα του ρευστού και η ελαστικότητα του αγωγού δεν μπορούν να παραληφθούν. Σε αυτή την περίπτωση τα κύματα πίεσης που δημιουργούνται έχουν μεγάλα μεγέθη και η μεταβολή της κινητικής κατάστασης έχει τη μορφή διαταραχής που δημιουργείται στη θέση του υδραυλικού συστήματος όπου προκλήθηκε η μεταβολή και οδεύει με πεπερασμένη ταχύτητα (αντίστοιχη της ταχύτητας του ήχου) κατά μήκος του συστήματος. Η κατηγορία αυτών των φαινομένων ονομάζεται υδραυλικό πλήγμα (water hammer) και μελετάται με τη θεωρία της ελαστικής στήλης υγρού (elastic column theory).

Τα μη μόνιμα φαινόμενα στα υδραυλικά συστήματα παρουσιάζουν μεγάλο πρακτικό ενδιαφέρον γιατί συνοδεύονται από την ανάπτυξη υπερπίεσεων και υποπίεσεων, συχνά πολύ μεγαλύτερης τάξης από την ονομαστική πίεση της εγκατάστασης όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω. Το μέγεθος των υπερπίεσεων και υποπίεσεων εξαρτάται κυρίως από τους παρακάτω παράγοντες:



- ✓ Το προφίλ του αγωγού
- ✓ Το μήκος του αγωγού
- ✓ Το υλικό κατασκευής του αγωγού
- ✓ Πλήθος αντλιών εν λειτουργία
- ✓ Ειδικός αριθμός στροφών των εν λειτουργία αντλιών
- ✓ Πλήρεις χαρακτηριστικές των εν λειτουργία αντλιών
- ✓ Αδράνεια στρεφόμενων μαζών συστήματος κινητήρα – αντλίας.
- ✓ Την αρχική ταχύτητα του διακινούμενου ρευστού
- ✓ Το μέγεθος της επιτάχυνσης ή της επιβράδυνσης του διακινούμενου ρευστού
- ✓ Την πυκνότητα του διακινούμενου ρευστού
- ✓ Τις μηχανικές ιδιότητες του υδραυλικού συστήματος

Στους μεγάλους κεντρικούς αγωγούς και στα αντλιοστάσια, με τις υψηλές ταχύτητες ροής οι επιπτώσεις των υδραυλικών ασυνεχειών είναι αρκετά σημαντικές, καθώς μπορεί να προκληθεί θραύση των αγωγών. Επομένως, στις περιπτώσεις αυτές η ανάλυση και ο έλεγχος των υδραυλικών ασυνεχειών, καθώς και η χρήση αντιπληγματικών βαλβίδων, είναι απαραίτητα.

Τα μη μόνιμα φαινόμενα (δηλ. Του υδραυλικού πλήγματος) θέτουν σε κίνδυνο την αντοχή του συστήματος και είναι δυνατό να προκαλέσουν:

- ✓ Κόπωση
- ✓ Ρήξη των αγωγών του συστήματος
- ✓ Καταστροφή των στηρίξεων του αγωγού
- ✓ Καταστροφή των βαλβίδων της αντλητικής εγκατάστασης
- ✓ Ανάπτυξη κραδασμών και θορύβου
- ✓ Εισαγωγή αέρα διαμέσων των φλαντζών των βαλβίδων ή διαμέσων των ενώσεων των τμημάτων των αγωγών.
- ✓ Σπηλαιώση
- ✓ Αποκόλληση της στήλης του ρευστού (column separation)

Οι κυριότεροι λόγοι ανάπτυξης των μη μόνιμων φαινομένων (δηλ. Του υδραυλικού πλήγματος) είναι:

- ✓ Χειρισμοί στη βάνα (άνοιγμα ή κλείσιμο)
- ✓ Αλλαγές στην απαίτηση ροής από το σύστημα
- ✓ Έναρξη της λειτουργίας της αντλίας
- ✓ Ελεγχόμενη διακοπή της λειτουργίας της αντλίας
- ✓ Αστοχία της αντλίας
- ✓ Πτώση του ηλεκτρικού δικτύου ή αστοχία του κινητήρα
- ✓ Αστοχία των ρυθμιστών πίεσης
- ✓ Εισαγωγή αέρα στους αγωγούς του συστήματος
- ✓ Ρήξη αγωγού του συστήματος
- ✓ Μεταβολή της στάθμης του διακινούμενου νερού

Το υδραυλικό πλήγμα είναι η βασική αιτία των ζημιών στις υδραυλικές εγκαταστάσεις και αν δεν αντιμετωπισθεί κατάλληλα, εκτός από τον ενοχλητικό θόρυβο, θα προκληθεί βλάβη στο δίκτυο, πρόωρη φθορά στις υδραυλικές συσκευές και στα εξαρτήματα.

Σε μεγάλα δίκτυα ύδρευσης ή αποχέτευσης πόλεων ή σε δίκτυα διακίνησης καυσίμων, έχουμε δύο κυρίως περιπτώσεις υδραυλικού πλήγματος:

- Ξαφνικό σταμάτημα της ροής εξαιτίας του απότομου κλεισίματος μιας βάνας: Λόγω της ορμής μεγάλης μάζας υγρού και του απότομου σταματήματός της, δημιουργείται υποπίεση στην αρχή του αγωγού, η οποία προκαλεί ορμητική επιστροφή του υγρού, που μπορεί να προξενήσει σημαντική ζημιά στην αντλία.
- Απότομο σταμάτημα ή ξεκίνημα της αντλίας, που προξενεί φαινόμενα σπηλαιώσης «Η σπηλαιώση είναι το φαινόμενο κατά το οποίο με την άντληση δημιουργούνται περιοχές υποπίεσης, που προκαλούν όπως και στο προηγούμενο παράδειγμα ορμητική πρόσκρουση του υγρού επάνω στην αντλία».

Πώς αντιμετωπίζεται το υδραυλικό πλήγμα

Η αντιπληγματική προστασία αντλητικής εγκατάστασης με χρήση αεροφυλακίου προσφέρει απόλυτη ασφάλεια και αξιοπιστία και αντιμετωπίζει τις υπερπίεσεις, τις υποπίεσεις καθώς και τις αρνητικές πιέσεις. Το αεροφυλάκιο είναι ένα κλειστό δοχείο που στο πάνω μέρος του υπάρχει αέριο (π.χ. αέρας) υπό πίεση και στο κάτω μέρος του υπάρχει νερό που διατηρεί σταθερή στάθμη. Η μάζα του αερίου που είναι εγκλωβισμένη στο πάνω μέρος του αεροφυλακίου θεωρείται σταθερή και άρα όταν η πίεση στο σημείο σύνδεσης του αεροφυλακίου με τον αγωγό αυξάνεται, τότε αυξάνεται η πίεση του αερίου, το αέριο συμπιέζεται και μειώνεται ο όγκος του. Το αντίθετο συμβαίνει όταν μειώνεται η πίεση στο σημείο σύνδεσης με τον αγωγό.

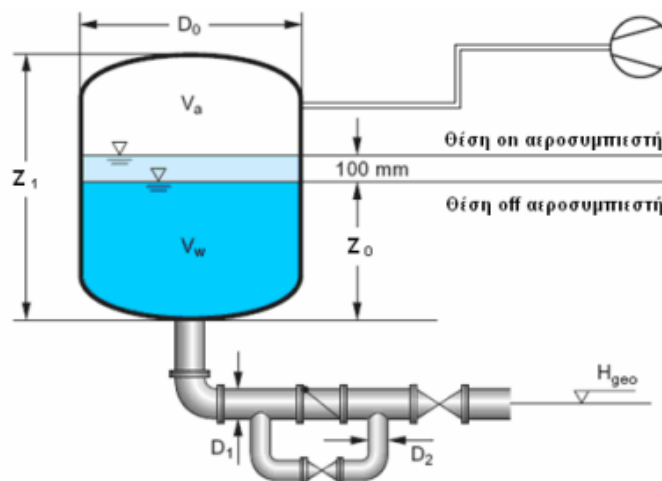
Κατά τη παύση του κινητήρα της αντλίας, εξαιτίας της αιφνίδιας διακοπής της ηλεκτρικής τροφοδοσίας, το ύψος και η παροχή που παρέχονται από την αντλία μειώνονται απότομα. Το συμπιεσμένο αέριο στο εσωτερικό του αεροφυλακίου εκτονώνεται, αναγκάζει το νερό να εξέλθει από το αεροφυλάκιο, μέσα από ένα ειδικά διαμορφωμένο στόμιο εισόδου, και να εισέλθει στον αγωγό κατάθλιψης με σκοπό να αποκαταστήσει εν μέρει την κινητική κατάσταση της ροής και έτσι να μειώσει την ένταση του αναπτυσσόμενου υδραυλικού πλήγματος. Όταν η ταχύτητα περιστροφής της αντλίας μειωθεί σε βαθμό που δεν μπορεί να προσδώσει άλλη ενέργεια στο νερό τότε η βαλβίδα αντεπιστροφής, που είναι τοποθετημένη στη κατάθλιψη της αντλίας, κλείνει απότομα και η αντλία εισέρχεται σε διαδικασία αδρανοποίησης. Μετά από σύντομο χρονικό διάστημα η ροή του νερού στον αγωγό κατάθλιψης σταματά, αντιστρέφεται και επιστρέφει προς το αεροφυλάκιο. Καθώς το νερό εισέρχεται στο αεροφυλάκιο, μέσα από ένα ειδικά διαμορφωμένο στόμιο εισόδου, ο όγκος του αερίου μειώνεται και δημιουργείται μία νέα διαφορά πίεσης, το μέγεθος της οποίας εξαρτάται από τη διαμόρφωση των στομιών εισόδου και εξόδου, τον αρχικό όγκο του αερίου στο αεροφυλάκιο και τη θερμοδυναμική μεταβολή που λαμβάνει χώρα στο εσωτερικό του αεροφυλακίου. Τα στόμια εισόδου και εξόδου διαμορφώνονται έτσι ώστε η πτώση πίεσης κατά την είσοδο του νερού στο αεροφυλάκιο να είναι μεγαλύτερη από την πτώση πίεσης κατά την έξοδο του νερού (αεροφυλάκιο τύπου πεπιεσμένου δοχείου). Το παραπάνω έχει διαπιστωθεί πως οδηγεί γρηγορότερα στην απόσβεση του μεταβατικού φαινομένου.

Διακρίνονται οι εξής τύποι αεροφυλακίου:

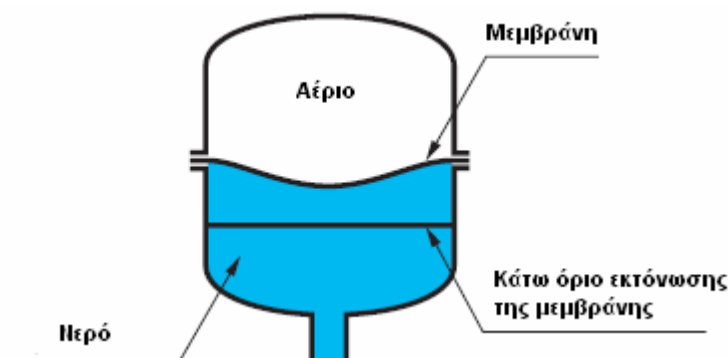
- αεροφυλάκιο τύπου πεπιεσμένου δοχείου (air chamber),
- αεροφυλάκιο τύπου αποταμιευτή (accumulator).

Και οι δύο τύποι λειτουργούν με βάση την ίδια αρχή λειτουργίας και η επιλογή ενός από τους δύο βασίζεται σε τεχνικά και οικονομικά κριτήρια. Επίσης ένα αεροφυλάκιο μπορεί να έχει διεύθυνση κατακόρυφη, οριζόντια ή επικλινή. Το αεροφυλάκιο τύπου πεπιεσμένου δοχείου είναι εξοπλισμένο με αεροσυμπιεστή και με αισθητήρες οι οποίοι ενεργοποιούν ή απενεργοποιούν τον αεροσυμπιεστή έτσι ώστε το αεροφυλάκιο να είναι γεμισμένο μέχρι την επιθυμητή στάθμη. Η στάθμη που ενεργοποιεί τον αεροσυμπιεστή βρίσκεται ψηλότερα από τη στάθμη που τον απενεργοποιεί. Όμως δεν υπάρχει κάποιος κανόνας που να ρυθμίζει την απόσταση των δύο σταθμών. Παράγοντες που διαμορφώνουν την απόσταση αυτή, όπως αναφέρουν οι Evans και Crawford, είναι:

- η χωρητικότητα του συμπιεστή,
- το μέγεθος του αεροφυλακίου,
- πόσο συχνά ο αεροσυμπιεστής ενεργοποιείται ή απενεργοποιείται,
- οι διακυμάνσεις της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος,
- πόσο διάστημα χρειάζεται για την επαναλειτουργία της εγκατάστασης έπειτα από παρατεταμένη διακοπή της λειτουργίας της.



Σχήμα 6-11: Αεροφυλάκιο τύπου πεπιεσμένου δοχείου.



Σχήμα 6-12: Αεροφυλάκιο τύπου αποταμιευτή

Ο τύπος αυτός αεροφυλακίου ρυθμίζεται συνήθως με την προσυμπίεση του αερίου μέσα στο αεροφυλάκιο μέχρι μιας αρχικής πίεσεως και πρέπει να διαθέτουν γυάλινη επιφάνεια μέσω της οποίας να μπορεί να φανεί η στάθμη του νερού στο αεροφυλάκιο. Το αεροφυλάκιο τύπου αποταμιευτή, εξαιτίας της σχεδιάσής του, είναι κατάλληλο μόνο για εγκαταστάσεις που απαιτούν μικρούς όγκους αεροφυλακίου (π.χ. πετροχημικές εγκαταστάσεις). Στο εσωτερικό του υπάρχει μια εύκαμπτη μεμβράνη η οποία διαχωρίζει τον υγρό από τον αέριο όγκο. Το αέριο που χρησιμοποιείται συνήθως είναι άζωτο ή κάποιο άλλο αδρανές αέριο. Η εύκαμπτη μεμβράνη εμποδίζει την απορρόφηση του αερίου από το υγρό. Αυτός ο τύπος αεροφυλακίου έχει το πλεονέκτημα της ευκολότερης συντήρησης σε σύγκρισή με τον τύπο πεπιεσμένου δοχείου.

Τα αεροφυλάκια δεν τοποθετούνται μόνο στη κατάθλιψη της αντλίας για να προστατεύουν την εγκατάσταση από τις αρνητικές συνέπειες των μεταβατικών φαινομένων που μπορεί να προκαλέσει η αντλία, αλλά μπορούν επίσης να τοποθετηθούν σε άλλες κατάλληλες θέσεις του δικτύου αγωγών. Για παράδειγμα σε μεγάλους αγωγούς αναρρόφησης, ένα επιπρόσθετο αεροφυλάκιο στην αναρρόφηση της αντλίας παρέχει αποτελεσματικό έλεγχο των μεταβατικών φαινομένων. Σε περίπτωση αστοχίας της αντλίας ή διακοπής της ηλεκτρικής τροφοδοσίας, ένα ανάντη αεροφυλάκιο θα απορροφήσει την ενέργεια, ενώ ένα κατάντη αεροφυλάκιο θα την καταναλώσει. Τα αεροφυλάκια δεν είναι κατάλληλα για χρήση σε συστήματα διαχείρισης αποβλήτων για τους παρακάτω λόγους:

- όταν ένα σύστημα διαχειρίζεται απόβλητα δεν είναι δυνατό να μετρηθεί η επιθυμητή στάθμη του νερού για τη ρύθμιση του αεροσυμπιεστή,
- το εσωτερικό κέλυφος του αεροφυλακίου θα τρυπηθεί από τα αιχμηρά αντικείμενα που περιέχονται στα απόβλητα,

- υπάρχει κίνδυνος δημιουργίας κρούστας, ιζημάτων και διαφόρων εμποδίων.

Τα αεροφυλάκια παρουσιάζουν υψηλή αξιοπιστία λειτουργίας, αρκεί να είναι κατάλληλα ρυθμισμένα. Κατά τη διάρκεια της λειτουργίας τους πρέπει να δίνεται προσοχή στα παρακάτω:

- παρακολούθηση της στάθμης του νερού στο αεροφυλάκιο,
- για λόγους υγιεινής, συνεχής ή τουλάχιστον συχνή αντικατάσταση του υγρού όγκου,
- το συμπιεσμένο αέριο δεν πρέπει να περιέχει κανένα έλαιο,
- με σκοπό την επιθεώρηση και τη συντήρηση του αεροφυλακίου απαιτείται η ύπαρξη εφεδρικού αεροφυλακίου,
- συντήρηση του αεροσυμπιεστή.

Το αεροφυλάκιο αντιμετωπίζει συνήθως το πρόβλημα των αρνητικών πιέσεων καλύτερα από τις υπόλοιπες αντιπληγματικές διατάξεις. Ως μειονέκτημα της μεθόδου αυτής μπορεί να θεωρηθεί το υψηλό κόστος εγκατάστασης, όπως αναφέρει ο Fox (1977), λόγω του σχετικά μεγάλου μεγέθους του αεροφυλακίου και η ανάγκη εξυπηρέτησής του από αεροσυμπιεστή. Για αυτό το λόγο η εγκατάσταση αεροφυλακίου δικαιολογείται μόνο στις μεγάλους μεγέθους εγκαταστάσεις, όπου οι άλλες μέθοδοι μάλλον είναι λιγότερο αξιόπιστες ή το ίδιο δαπανηρές. Το αεροφυλάκιο πρέπει να αποφεύγεται ως αντιπληγματική λύση στη περίπτωση αντλητικής εγκατάστασης στην οποία η υψομετρική διαφορά των δεξαμενών αναρρόφησης και κατάθλιψης είναι μικρή σε σύγκριση με τις υδραυλικές απώλειες του αγωγού (δηλαδή στις περιπτώσεις μεγάλου μήκους μεταφοράς αγωγών και οριζόντιων δικτύων όπως τα πυροσβεστικά δίκτυα). Συνήθως ανάμεσα στο αεροφυλάκιο και την αντλία χρησιμοποιείται βαλβίδα αντεπιστροφής. Επειδή η απόσταση αντλίας – αεροφυλακίου είναι συνήθως μικρή ενδέχεται να εκδηλωθεί πλήγμα στη βαλβίδα (check valve slam) και για τον λόγο αυτό χρησιμοποιείται σύστημα εξασθένησης της μηχανικής κίνησης. Ο όγκος του αέρα που περικλείεται στο αεροφυλάκιο εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως το μήκος του αγωγού, τη διατομή του, την αρχική ταχύτητα του νερού και τη μηκοτομή του αγωγού. Η εγγυημένη διατήρηση του αέρα μέσα στο αεροφυλάκιο είναι ουσιαστική για τη σωστή λειτουργία του, αφού για πλήρωση με αέρα κάτω από το 50% του όγκου του αεροφυλακίου έχει ως αποτέλεσμα την μη αποδοτική λειτουργία του. Για τον λόγο αυτό τα αεροφυλάκια χρησιμοποιούνται σπάνια σε υδροηλεκτρικά έργα όπου προτιμώνται οι πύργοι ανάπλασης. Σημειώνεται ότι η συνδυασμένη τοποθέτηση βαλβίδων εισαγωγής αέρα με την εγκατάσταση αεροφυλακίου έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του απαιτούμενου όγκου του. Η μείωση του όγκου του αεροφυλακίου μπορεί να επιτευχθεί με τοποθέτηση ειδικά διαμορφωμένων στομίων εισόδου και εξόδου στη βάση του. Τέλος, τα αεροφυλάκια πρέπει να είναι θερμικά μονωμένα γιατί περιέχουν στάσιμο νερό με τη πιθανότητα να παγώσει.

Σχετικά με τις μελέτες για την κατασκευή ανεροφυλακίου:

Στις αρχές του 1970 άρχισε η εντατική χρησιμοποίηση Η/Υ για την προσομοίωση και την ανάλυση του υδραυλικού πλήγματος. Το 1974 οι Graze και Forrest επέλυσαν τις εξισώσεις της μεθόδου των χαρακτηριστικών με τη βοήθεια Η/Υ λαμβανομένων των υδραυλικών απωλειών κατά μήκος του αγωγού και αναπαρήγαγαν τα διαγράμματα των Evans και Crawford. Τα νέα διαγράμματα που προέκυψαν παρουσίαζαν σημαντική μείωση των μέγιστων υπερπιέσεων και μικρή αύξηση των μέγιστων υποπιέσεων λόγω της διανομής των γραμμικών απωλειών κατά μήκος του αγωγού. Το 1977 ο Ruus ύστερα από διεξοδική μελέτη των διαγραμμάτων αυτών έδειξε την ανάπτυξη υψηλών πιέσεων που αναπτύσσονται στο πρώτο τέταρτο του αγωγού κατάθλιψης. Το 1978 ο Fok συνέταξε διαγράμματα που έδειχναν υψηλές πιέσεις σε κάθε σημείο του αγωγού και ανέφερε ότι η θεώρηση ενός ενδιάμεσου του αγωγού κατάθλιψης. Το 1978 ο Fok συνέταξε διαγράμματα που έδειχναν υψηλές πιέσεις σε κάθε σημείο του αγωγού και ανέφερε ότι η θεώρηση ενός ενδιάμεσου πολυτροπικού εκθέτη  $n=1,2$  είναι πιο ρεαλιστική. Επίσης αναφέρει ότι τα διαγράμματα αυτά μπορούν να εφαρμοσθούν σε δίκτυα σωληνώσεων αν η κινητική ενέργεια στη μόνιμη κατάσταση λειτουργίας μπορεί να αντικατασταθεί από μια ισοδύναμη ροή σε απλό αγωγό.

Το 1982 οι Graze και Hoflacher απομάκρυναν την αντίσταση του στομίου του αεροφυλακίου από την ανάλυσή τους και θεωρώντας μεταβλητό πολυτροπικό εκθέτη συνέταξαν διαγράμματα βασισμένα στη μέθοδο των χαρακτηριστικών. Οι ερευνητές χρησιμοποίησαν την “θερμοδυναμική εξίσωση” που διατύπωσε ο Graze το 1968. Η εξίσωση αυτή συμπεριλάβανε τον πολυτροπικό εκθέτη ως μεταβλητή του χρόνου κατά τη διάρκεια του φαινομένου. Τα θεωρητικά και πειραματικά αποτελέσματα που προέκυψαν συμφωνούσαν σε αρκετά ικανοποιητικό βαθμό. Παρόλα αυτά τα διαγράμματα δεν υιοθετήθηκαν από άλλους ερευνητές εξαιτίας των δυσκολιών που παρουσιάζουν κατά την πρακτική εφαρμογή τους. Τα διαγράμματα αυτά παρουσίαζαν υψηλές πιέσεις κατά μήκος όλου του αγωγού κατάθλιψης. Το 1986 οι ίδιοι ερευνητές εισήγαγαν την αντίσταση του στομίου του αεροφυλακίου στην ανάλυσή τους, αλλά ξεχωριστά από τις γραμμικές απώλειες του αγωγού. Η ανάλυση έδειξε ότι ο λόγος των απωλειών της ροής στο στόμιο εισόδου προς τις απώλειες της ροής στο στόμιο εξόδου του αεροφυλακίου μπορεί να κυμαίνεται μεταξύ 10÷30 διευρύνοντας την τιμή του 2,5 που είχε ως τότε

υιοθετηθεί για οικονομικό σχεδιασμό του αεροφυλακίου. Παρόμοιες υψηλές τιμές του λόγου αυτού παρουσίασαν το 1984 οι Thorley και Enever.

Το 1985 οι Thorley και Lastowiecki παρουσίασαν την πρώτη επαναληπτική διαδικασία υπολογισμού για τη διαστασιολόγηση αεροφυλακίων σε υδραυλικά συστήματα. Το 1989 οι Graze και Horlacher ανέπτυξαν παρόμοια διαγράμματα με αυτά 1982, για περιπτώσεις κλεισίματος βανών. Τα διαγράμματα χωρίζονταν σε δύο κατηγορίες, από τις οποίες η πρώτη αγνοούσε αντίσταση του στομίου του αεροφυλακίου και η δεύτερη την λάμβανε υπόψη.

Το 2002 ο Stephenson χρησιμοποιώντας τη θεωρία της ασυμπίεστης ροής για την ανάπτυξη νομογραφημάτων διαστασιολόγησης αεροφυλακίων για περιπτώσεις αστοχίας της αντλίας και συνέκρινε τα αποτελέσματα της μελέτης του με αυτά που προκύπτουν έπειτα από εφαρμογή της πλήρους ελαστικής ανάλυσης. Τόνισε τον σημαντικό ρόλο που έχει η αντίσταση του στομίου του αεροφυλακίου στον οικονομικό σχεδιασμό του και κατέληξε στο ότι η αντίσταση του στομίου είναι πιο σημαντικός παράγοντας κατά τον σχεδιασμό του αεροφυλακίου από ότι είναι ο πολυτροπικός εκθέτης.

Το 2002 ο Di Santo ανέπτυξε διαγράμματα σχεδίασης για τη διαστασιολόγηση του αεροφυλακίου για περιπτώσεις αστοχίας της αντλίας όταν η κατάντη οριακή συνθήκη είναι ένας κατακόρυφος αγωγός (vertical shaft) που καταθλίβει απευθείας στην ατμόσφαιρα αντί της κλασσικής υποθέσεως περί σταθερής στάθμης της δεξαμενής κατάθλιψης η οποία υιοθετήθηκε σε προηγούμενες μελέτες. Χρησιμοποίησε τη θεωρία της συμπαγούς στήλης υγρού και διεξήγαγε μετρήσεις για την επικύρωση των αποτελεσμάτων του.

Τα παραπάνω διαγράμματα σχεδίασης που αναφέραμε ως τώρα μπορούν να εφαρμοστούν μόνο κατά το στάδιο του προσχεδιασμού κυρίως λόγω των απλοποιητικών υποθέσεων που εισάγουν (π.χ. αμελητέες υδραυλικές απώλειες), την επιλογή και διακύμανση των παραμέτρων που χρησιμοποιούν και την περιορισμένη ακρίβεια των λύσεων που παρουσιάζουν. Ο Thorley το 1991 τόνισε ότι τα διαγράμματα αυτά πρέπει να εφαρμόζονται μόνο για την εξαγωγή εκτιμήσεων και τη χρησιμοποίηση τους ως βασικών δεδομένων για λεπτομερέστερη ανάλυση και πως ένας συντελεστής ασφαλείας της τάξης του  $1,2 \div 1,25$  πρέπει να χρησιμοποιείται.

Διβάθμιες βελτιστοποιήσεις βασισμένες σε γενετικούς αλγορίθμους αναπτύχθηκαν για την σχεδίαση ανοιχτών πύργων ανάπλασης (surge shafts) και βαλβίδων αέρος σε δίκτυα διανομής ύδατος από τον Wang (1997) και από τον Lingireddy (2000). Μοντέλα βελτιστοποίησης (Wang (1997), Nash και Karney (1999), Vitkovsky (2000), Kapelan (2003), και Bong και Karney (2006)) τρέχουν μοντέλα προσομοίωσης μη μόνιμων φαινομένων εκατοντάδες φορές έτσι ώστε να αποκομίσουν τη βέλτιστη λύση. Το 2006 οι Bong και Karney μελέτησαν το πρόβλημα της βέλτιστης τοποθέτησης των ανοιχτών πύργων ανάπλασης και των ανακουφιστικών βαλβίδων και το μέγεθος των τελευταίων για ένα δίκτυο διανομής ύδατος αποτελούμενο από 29 αγωγούς με σκοπό την προστασία από τα μη μόνιμα φαινόμενα που μπορούν να δημιουργηθούν από απότομους χειρισμούς της βάνας. Δεν δινόταν όμως διαστασιολόγηση των πύργων ανάπλασης που χρησιμοποιήθηκαν. Συνοπτικά μπορούμε να αναφέρουμε ότι από τη μελέτη της βιβλιογραφίας που αφορά τη σχεδίαση αεροφυλακίων από το 1934 έως το 2002 εξάγονται τα παρακάτω συμπεράσματα:

1. Κάθε μέθοδος ήταν ουσιαστικά μια βελτίωση από την παραμετροποίηση του προβλήματος “αντλία-αεροφυλάκιο-δεξαμενή κατάθλιψης”.
2. Η βασική ιδέα με την οποία προσεγγίζονταν το πρόβλημα ήταν η ενεργειακή ισορροπία μεταξύ της κινητικής ενέργειας στη μόνιμη κατάσταση λειτουργίας και της ενέργειας στο αεροφυλάκιο.
3. Μελέτες έχουν εισάγει διάφορες θεωρίες που αναλύουν το φαινόμενο του υδραυλικού πλήγματος όπως γραφικές μεθόδους, προσεγγίσεις με χρήση της θεωρίας συμπαγούς στήλης υγρού, προγράμματα Η/Υ βασισμένα στη μέθοδο των χαρακτηριστικών με σκοπό την εκτίμηση των μέγιστων πιέσεων κατά μήκος του αγωγού.
4. Όλες οι μελέτες συμφωνούσαν στο γεγονός ότι η αντίσταση της ροής στο στόμιο εισόδου του αεροφυλακίου είναι σημαντικός παράγοντας στον οικονομικό σχεδιασμό του αεροφυλακίου. Η αντίσταση της ροής στο στόμιο εξόδου του αεροφυλακίου αποδείχθηκε πως είναι ευνοϊκή υπέρ της μείωσης των υποπιέσεων που αναπτύσσονται στον αγωγό εξαιτίας των μεταβατικών φαινομένων που αναπτύσσονται εξαιτίας απότομων χειρισμών στη βάνα.
5. Μολονότι η επίδραση του πολυτροπικού εκθέτη στην ανάπτυξη των υπερπιέσεων ήταν γνωστή, το 2002 ο Stephenson αμφισβήτησε την ορθότητα αυτής της άποψης ειδικά όταν πρόκειται για την ανάπτυξη διαγραμμάτων σχεδίασης. Υποστήριξε ότι η διαστασιολόγηση του αεροφυλακίου επηρεάζεται περισσότερο από την αντίσταση της ροής στα στόμια εισόδου και εξόδου του αεροφυλακίου παρά από τον πολυτροπικό εκθέτη. Σημειώνεται ότι ο Wood το 1970 ανέφερε ότι για την περίπτωση της αδιαβατικής συμπίεσης του αέρα οι πιέσεις που αναπτύσσονται είναι κατά 10% υψηλότερες



από αυτές που αναπτύσσονται με την ισοθερμοκρασιακή συμπίεση, ενώ ο Martino το 2002 ανέφερε ότι η αύξηση είναι 10÷20%.

6. Παρόλο που η μέθοδος της μεταφοράς θερμότητας για τη θερμοδυναμική ανάλυση των αεροφυλακίων είναι ακριβής σε ικανοποιητικό βαθμό, όπως αναφέρει ο Graze (1968), οι περισσότερες μεταγενέστερες μελέτες συνέχισαν να χρησιμοποιούν εμπειρικές σχέσεις. Αυτό συνέβη κυρίως λόγω της δυσκολίας που παρουσιάζει η εφαρμογή της μεθόδου και του γεγονότος ότι οι ερευνητές έδιναν βαρύτητα σε άλλα πιο κρίσιμα θέματα που αφορούν τον σχεδιασμό.

7. Η αδιαβατική συμπεριφορά του αέρα στο εσωτερικό του αεροφυλακίου έχει ως αποτέλεσμα τη χαμηλή αντίσταση της ροής στο στόμιο εισόδου του αεροφυλακίου και συνεπώς τη δημιουργία υψηλών ταλαντώσεων της πίεσης στο εσωτερικό του. Σημειώνεται ότι αεροφυλάκια μεγάλων διαστάσεων έχουν παρατηρηθεί να συμπεριφέρονται αδιαβατικά.

8. Η ισοθερμική συμπεριφορά του αέρα στο εσωτερικό του αεροφυλακίου έχει ως αποτέλεσμα την υψηλή αντίσταση της ροής στο στόμιο εισόδου του αεροφυλακίου, με αποτέλεσμα την ανάπτυξη μικρών πιέσεων στο εσωτερικό του. Σημειώνεται ότι αεροφυλάκια μικρών διαστάσεων έχουν παρατηρηθεί να συμπεριφέρονται αδιαβατικά.

9. Η αντίσταση της ροής στο στόμιο εισόδου βρέθηκε πως επηρεάζει περισσότερο το κόστος σχεδιασμού του αεροφυλακίου στα συστήματα χαμηλών υδραυλικών απωλειών από ότι στα συστήματα υψηλών υδραυλικών απωλειών.

10. Τα διαγράμματα σχεδίασης ήταν ουσιαστικά περιορισμένα σε περιπτώσεις απλών υδραυλικών συστημάτων. Ο Fok το 1978 υποστήριξε ότι η εφαρμογή τους σε δίκτυα σωληνώσεων είναι δυνατή, αλλά τότε δεν παρουσιάστηκε στην πράξη. Η εφαρμογή τους απαιτεί τον ορισμό ενός αγωγού που στη μόνιμη κατάσταση λειτουργίας έχει ισοδύναμη κινητική ενέργεια με αυτή του δικτύου.

11. Βελτιστοποιήσεις βασισμένες σε διβάθμιους γενετικούς αλγόριθμους, μεθόδων που ακολουθούν τη θεωρία της ελαστικής στήλης υγρού και απαιτούν υψηλή υπολογιστική ισχύ, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη διαστασιολόγηση αεροφυλακίων απλών αγωγών και μικρών δικτύων διανομής, προσφέροντας έτσι μια πιο ακριβή και λεπτομερή μέθοδο από αυτή των διαγραμμάτων σχεδίασης.

12. Μολονότι η προσέγγιση του προβλήματος με χρήση βελτιστοποιήσεων βασισμένων σε διβάθμιους γενετικούς αλγόριθμους μπορεί να εφαρμοστεί σε μεγάλα δίκτυα διανομής ύδατος, προκύπτει το παρακάτω πρακτικό πρόβλημα:

Η ανάγκη για αρκετές εκατοντάδες προσομοιώσεις των μεταβατικών φαινομένων, μέσα στα πλαίσια της βελτιστοποίησης, προκαλεί απαγορευτικά υψηλό υπολογιστικό κόστος, καθιστώντας τη λύση αυτή πρακτικά ανέφικτη.

Σε δίκτυα ύδρευσης κτιριακών εγκαταστάσεων, το υδραυλικό πλήγμα αντιμετωπίζεται μόνιμα με την επιλογή του κατάλληλου μεγέθους σε όγκο αεροθαλάμου και την τοποθέτησή του στην κατάλληλη θέση της υδραυλικής εγκατάστασης (πάντα πριν από το διακόπτη). Ανάλογα με τη διάταξη των σωληνώσεων και των σημείων κατανάλωσης επιλέγονται ένα ή περισσότερα τεμάχια για τοποθέτηση στα κατάλληλα σημεία της εγκατάστασης.



Σχήμα 6-13: Αρχή λειτουργίας υδραυλικού πλήγματος

Μέσω των ανωτέρω οργάνων και μηχανολογικού εξοπλισμού γίνεται στα εξωτερικά υδραγωγεία ο έλεγχος και η διαχείριση του νερού. Ο εν λόγω εξοπλισμός τοποθετείται στους σταθμούς διαχειρίσεις ενός εξωτερικού δηλαδή σε Γεωτρήσεις, Υδρομαστεύσεις, Αντλιοστάσια, Φρεάτια και δεξαμενές

## **ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ**

Γεωτρήσεις χρησιμοποιούνται και για την άντληση νερού και για τον εμπλουτισμό του υδροφόρου ορίζοντα η για γεωθερμία.

Η γεώτρηση είναι μέθοδος διατήσεως του εδάφους σε σημαντικό βάθος με τη διάνοιξη οπών κατάλληλης διαμέτρου για την έρευνα και την αξιοποίηση των πόρων του υπεδάφους, δηλαδή την απευθείας άντληση νερού ή τη χρησιμοποίηση της γεωθερμίας. Η γεώτρηση εκτελείται με τα κατάλληλα μηχανήματα που ονομάζονται γεωτρύπανα.

### **Διαδικασία Γεώτρησης**

Οι γεωλόγοι και μηχανολόγοι, αρχικά εκπονούν μελέτη της περιοχής και του χώρου όπου θα πραγματοποιηθεί η γεώτρηση, ενώ παράλληλα προβαίνουν στις απαραίτητες ενέργειες για την έκδοση άδειας. Μελέτη του χώρου και εντοπισμός της ακριβής θέσης της διάτρησης. Εξασφάλιση ομαλής πρόσβασης στο χώρο διάτρησης όπου θα στηθούν τα γεωτρύπανα και ο υπόλοιπος εξοπλισμός της υδρογεώτρησης. Για δυσπρόσιτες περιοχές εξασφαλίζεται η καλύτερη πρόσβαση για ανεφοδιασμό σε καύσιμα και νερό που απαιτούν τα μηχανήματα γεώτρησης. Αυτό συμβαίνει και στην περίπτωση γεώτρησης σε υπόγεια. Πραγματοποιείται προϋπολογισμός δαπάνης και συμφωνίας του έργου. Η καθαυτό διαδικασία διαρκεί από 1 ως 3 μέρες ανάλογα τη δυσκολία έργου. Η διάρκεια εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά υπεδάφους (σκληρότητα πετρωμάτων, σαθρότητα εδάφους κ.ά.), το εύρος και το βάθος της γεώτρησης, καθώς επίσης από τις δυσκολίες πρόσβασης. Στα πλαίσια μιας γεώτρησης ενδέχεται να πραγματοποιηθούν τσιμεντενέσεις στεγανοποίησης κι ενίσχυσης εδαφών.

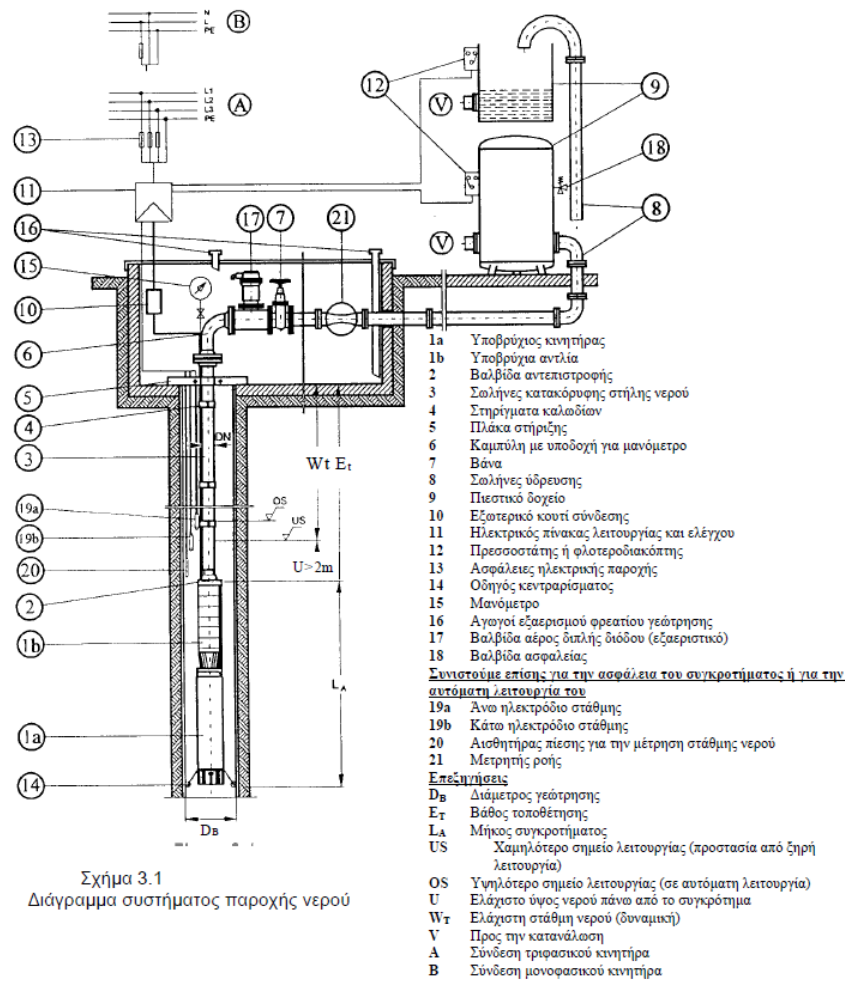
### **Διασωλήνωση γεωτρήσεων**

Μετά την ολοκλήρωση μιας υδρογεώτρησης απαιτείται ο κατάλληλος εξοπλισμός για τη σωστή λειτουργία παροχής νερού. Αυτό επιτυγχάνεται με τη διεκπεραίωση διασωλήνωσης, όπου χρησιμοποιούνται δύο δίκτυα σωληνώσεων. Το πρώτο δίκτυο έχει να κάνει με τη σωλήνωση άρδευσης για την παροχή νερού. Το δεύτερο δίκτυο είναι ένα σύστημα ανθεκτικής σωλήνωσης με σκοπό την ενίσχυση των τοιχωμάτων της γεώτρησης.

Ανάλογα τα χαρακτηριστικά της γεώτρησης και του εδάφους ποικίλουν και οι σωλήνες που συνθέτουν τα δύο αυτά δίκτυα. Συνήθως είναι ανοξείδωτοι, γαλβανισμένοι ή πλαστικοί. Σκοπός της διασωλήνωσης είναι η δυναμική συγκράτηση των τοιχωμάτων της διάτρησης που δημιουργεί η γεώτρηση. Ταυτόχρονα στεγανοποιούνται οι ρωγμές που επιτρέπουν ανεπιθύμητη εισροή ρευστών από τον υδροφόρο ορίζοντα.

Χαλίκωση γεώτρησης Μετά τη διασωλήνωση έρχεται το στάδιο της χαλίκωσης στα τοιχώματα της γεώτρησης νερού. Με πρώτη ύλη το υποβαθμισμένο ποταμίσιο χαλίκι καλύπτουμε το κενό που παρουσιάζει ο εξωτερικός προστατευτικός σωλήνας με τα άκρα της διάτρησης.

Με το χαλίκωμα επιτυγχάνεται μία προστατευτική ασπίδα ενάντια στα ακατάλληλα ύδατα και έτσι δημιουργείται ένα φυσικό φίλτρο νερού.



Σχήμα 6-14: Αντλητικό συγκρότημα γεωτρήσεως

### Αντλίες γεωτρήσεων

Η άντληση του νερού από μεγάλο βάθος είναι αδύνατη χωρίς τη χρήση ειδικής αντλίας, η οποία τοποθετείται στη γεώτρηση σε εμφανή ή υποβρύχια θέση και διατίθεται σε διάφορα μεγέθη ή ισχύ, ανάλογα με τις ανάγκες άντλησης. Η ειδική αυτή αντλία διαθέτει αυτόματη λειτουργία, ειδικό πίνακα προστασίας, καθώς και χρονοδιακόπτη για περιορισμένη και προκαθορισμένη λειτουργία (έναρξη-τερματισμός άντλησης του νερού).

#### Στοιχεία υπολογισμού

Σε πολλές περιπτώσεις, σε ένα υδραυλικό σύστημα πρέπει να προστεθεί ενέργεια για να αντισταθμιστούν οι διαφορές στο υψόμετρο, οι απώλειες τριβής και οι δευτερεύουσες απώλειες. Η αντλία είναι μια συσκευή στην οποία εφαρμόζεται μηχανική ενέργεια η οποία μετατρέπεται στο νερό σε ολική ενέργεια. Αυτή η ενέργεια, η οποία παράγεται από την πτερωτή της αντλίας, εκφράζεται συνήθως ως το ύψος μιας στήλης νερού και ονομάζεται ύψος αντλίας  $h_p$ . Το προστιθέμενο ύψος είναι συνάρτηση της παροχής διαμέσου της αντλίας και αντιπροσωπεύει τη διαφορά των επιπέδων ενέργειας μεταξύ της εισόδου της αντλίας, δηλαδή, στο σωλήνα αναρρόφησης και της εξόδου της αντλίας, δηλαδή, στο σωλήνα κατάθλιψης (ή πίεσης).

#### Σχήμα. Καμπύλη αντλίας

Στην περίπτωση συστήματος με μία αντλία, όσο μεγαλύτερο είναι το ύψος  $h_p$  της αντλίας, τόσο μικρότερη θα είναι η αντλημένη ροή  $Q$ . Για ένα συνδυασμό τιμών  $Q$ - $h_p$ , η ισχύς  $N$  (W) που χρειάζεται για ανύψωση του νερού υπολογίζεται ως:

$$N = \rho g Q h_p \text{ όπου } Q \text{ (m}^3/\text{s) είναι η αντλούμενη παροχή.}$$

Η απαιτούμενη ισχύς για τη λειτουργία της αντλίας θα είναι μεγαλύτερη, λόγω των απωλειών ενέργειας μέσα στην αντλία:

$$N_p = (\rho g Q h_p) / \eta_p$$

όπου ηρ είναι ο βαθμός απόδοσης της αντλίας που εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της αντλίας και το καθεστώς λειτουργίας.

Η απαραίτητα ισχύς για τον κινητήρα της αντλίας θα είναι:

$$Nm = Np / \eta m$$

όπου ηm υποδεικνύει την απόδοση του κινητήρα.

Η υδραυλική απόδοση των αντλιών, δηλαδή, η σχέση μεταξύ του αποδιδόμενου ύψους της αντλίας και της παροχής της αντλίας, δίνεται με τη μορφή μιας καμπύλης ύψους-παροχής (ονομάζεται επίσης χαρακτηριστική καμπύλη). Η σχέση μεταξύ ύψους αντλίας και εκφόρτησης είναι μη γραμμική και όπως αναμένεται, όσο περισσότερο νερό δίνει η αντλία, τόσο λιγότερο ενεργειακό ύψος μπορεί να προσθέσει. Αυτή η καμπύλη πρέπει να περιγραφεί σαν μια μαθηματική συνάρτηση για χρήση σε υδραυλική προσομοίωση. Μερικά μοντέλα χρησιμοποιούν μια πολυωνυμική καμπύλη σε επιλεγμένα σημεία δεδομένων, αλλά μια πιο κοινή προσέγγιση είναι η περιγραφή της καμπύλης με τη χρήση εκθετικής συνάρτησης.

Για φυγοκεντρικές αντλίες, μια πολύ καλή προσέγγιση της καμπύλης της αντλίας επιτυγχάνεται με την ακόλουθη εξίσωση:

$$H_p = aQ^2 + c$$

Όπου οι συντελεστές a, b και c εξαρτώνται από το μοντέλο της αντλίας και τις χρησιμοποιούμενες μονάδες. Εναλλακτικά, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η ακόλουθη εξίσωση:  $H_p = c - aQb$

Από ηλεκτρολογικής άποψης η μελέτη και εγκατάσταση ενός αντλιοστασίου θα παρουσιαστεί στο κεφάλαιο «ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΧΑΜΗΛΩΝ ΠΡΕΥΜΑΤΩΝ»

## **ΥΔΡΟΜΑΣΤΕΥΣΗ**

Όταν το νερό βγει από την «πηγή» στην επιφάνεια της γης, (αναβρύζει) για να είναι εκμεταλλεύσιμο (να μπορεί να αντληθεί) δημιουργείται μια αποστραγγιστική στοά ή αποστραγγιστική σήραγγα και ένα δίκτυο καναλιών προκειμένου το νερό να διοχετεύεται στην περιοχή που πρόκειται να υδροδοτηθεί ή να αρδευτεί. Στην προκειμένη περίπτωση σαν «πηγή» θεωρούνται

- Διανοίγματα μέσα σε επιφανειακές (αλλουβιακές) αποθέσεις που αναπτύσσονται στους πρόποδες λόφων, εκεί δηλαδή όπου εξορυσσονται τα "μητρικά πηγάδια", προκειμένου να εντοπιστεί το βάθος της στάθμης του νερού. Είναι αυτά με τη μεγαλύτερη και μονιμότερη παροχή νερού, καθώς επίσης και με τη μεγαλύτερη διάρκεια ζωής.
- Διήθησης. Το νερό που συλλέγουν προέρχεται από ρήγματα ή γενικά σπασίματα των πετρωμάτων. Οι ποσότητες νερού που παρέχουν είναι χαμηλές, ενώ έχουν και μικρή διάρκεια ζωής.
- Βροχόπτωσης. Τροφοδοτούνται από το νερό της βροχής. Η ροή τους αρχίζει με τη βροχόπτωση και λήγει μερικές ημέρες μετά το πέρας της.
- Πηγής. Σε αυτά το νερό κάποιας πηγής διοχετεύεται στη στοά.

Σε αυτά τα σημεία δημιουργούνται οι υδρομαστευτικές στοές.

Υδρομαστευτική στοά (ή αποστραγγιστική στοά ή αποστραγγιστική σήραγγα) θεωρείται η "οποιασδήποτε περατότητας, οριζόντια ή κεκλιμένη σήραγγα μέσα στην οποία το νερό θα μπορεί να ρέει ελεύθερα ή να διηθείται από μία υπερκείμενη ή παρακείμενη πηγή".

Βελτιωμένος λοιπόν ορισμός της αποστραγγιστικής στοάς είναι ο παρακάτω:

Οι αποστραγγιστικές στοές είναι υδροπερατές, οριζόντιες ή κεκλιμένες σήραγγες μέσα στις οποίες το νερό μπορεί να διηθείται από μία υπερκείμενη ή παρακείμενη πηγή. Κατασκευάζονται κάτω από την πιεζομετρική επιφάνεια του νερού σε μια περιοχή όπου υπάρχει επαρκής ανατροφοδότηση, η οποία καλύπτει το ρυθμό άντλησης και όπου η υδροπερατότητα είναι επαρκής για να μεταφερθούν ποσότητες νερού μέσα στη στοά, κάτω από τις υπάρχουσες συνθήκες πιεζομετρίας. Ενίοτε έχουν κατασκευαστεί και υποθαλάσσιες τέτοιες συραγγες. Προφανώς δεν υπάρχει καμία συγκεκριμένη μέθοδος σχεδιασμού για ένα τόσο ευρύ φάσμα μορφών του έργου. Παρακάτω παρατίθενται σειρά παραδειγμάτων στοών αποστράγγισης και μεταφοράς νερού ανά τον κόσμο.

Οι υδρομαστευτικές στοές κατέχουν θέση μεταξύ των παλαιότερων τρόπων συλλογής νερού. Όμως, πιθανόν ως αποτέλεσμα της φαινομενικά απλής και συνηθισμένης εμφάνισής τους, λίγες τεχνικές πληροφορίες



είναι δημοσιευμένες σχετικά με τους παράγοντες που ρυθμίζουν την παροχή και τις απαιτήσεις συντήρησής τους. Η ιδέα της υδρομαστευτικής στοάς γεννήθηκε από την ανάγκη κάλυψης υδρευτικών αναγκών περιοχών που υπέφεραν από έλλειψη νερού. Η βασική λειτουργία της στοάς περιλαμβάνει την "παγίδευση" του νερού και την καθοδήγησή του, με μόνη κινητήρια δύναμη αυτή της θβαρύτητας, στις (κατοικημένες) υδρευόμενες ή αρδευόμενες περιοχές.

Πλεονέκτημα των υδρομαστευτικών στοών, έναντι άλλων μεθόδων εκμετάλλευσης, είναι το γεγονός ότι δεν είναι αναγκαία η οποιαδήποτε κατανάλωση ανθρώπινης ή μηχανικής ενέργειας για την μεταφορά του νερού, καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του έργου. Αντίθετα, μειονέκτημα είναι η μη δυνατότητα ρύθμισης των επιθυμητών παροχών.

Παραδοσιακές υδρομαστευτικές στοές

#### Qanat

Στις ασιατικές χώρες συναντώνται εκατοντάδες υδρομαστευτικές στοές που η αρχή της κατασκευής τους χάνεται στα βάθη των αιώνων. Μία τέτοια χώρα είναι το Ιράκ, όπου συναντά κανείς δίκτυο αποστραγγιστικών στοών τα οποία ονομάζονται "qanats". Η παροχή των στοών αυτών ποικίλει, ανάλογα με την εποχή του χρόνου. Τα qanats διανοίγονταν κυρίως μέσα σε μη συμπαγοποιημένους υδροφόρους ορίζοντες (αλλούβια). Αυτό επιβαλλόταν από το γεγονός ότι η όλη διαδικασία διάνοιξης τους γινόταν χειρωνακτικά, επομένως ήταν αδύνατο να διανοιχθούν σε βράχο. Η τεχνική διάνοιξης τους είναι απλή

Καταρχήν εξορύσσεται πηγάδι, το οποίο ονομάζεται "μητρικό" και έχει σκοπό να καθορίσει το βάθος της πιεζομετρικής επιφάνειας του υδροφόρου ορίζοντα. Το μητρικό πηγάδι εξορύσσεται σε περιοχή τοπογραφικά υψηλότερη από αυτήν που επιθυμείται να υδρευτεί ή να αρδευτεί. Το πηγάδι αυτό αποτελεί και την αρχή του qanat. Η υδρομαστευτική στοά "κόβει" τον υδροφόρο ορίζοντα και κατεβάζει το νερό σε χαμηλότερα τοπογραφικά σημεία. Η διάνοιξη του qanat ξεκινά από το σημείο εξόδου του νερού και απευθύνεται προς το μητρικό πηγάδι. Είναι μια εργασία εξαιρετικά δύσκολη και επικίνδυνη, καθώς οι εργάτες μπορεί να βρεθούν ανά πάσα στιγμή αντιμέτωποι με το νερό. Κατά τη γραμμική διάνοιξη της στοάς εξορύσσεται, κάθε 15 – 30 m, κάθετα κανάλια, τα οποία συνδέουν την επιφάνεια με την στοά.

Οι εν λόγω κάθετες δίοδοι χρειάζονται, αφενός για να διευκολύνουν τον αερισμό και φωτισμό της στοάς και των εργατών, αφετέρου γιατί μέσω αυτών γίνεται η εναπόθεση στην επιφάνεια των όγκων χόματος που εξορύσσονται. Οι κάθετες δίοδοι χρησιμεύουν ακόμη και στη φάση λειτουργίας της στοάς, για να κάνουν πιο εύκολη την πρόσβαση σε διάφορα σημεία της στοάς, αν παραστεί ανάγκη.

Η μεταξύ αυτών των καναλιών απόσταση ποικίλει ανάλογα με την φύση του υδροφόρου ορίζοντα. Όσο λιγότερο συμπαγής είναι ένας υδροφόρος ορίζοντας, τόσο μικραίνει η οριζόντια απόσταση μεταξύ των κάθετων καναλιών.

#### Karez

Ο όρος "karez" είναι περσική λέξη που εννοεί σχεδόν ακριβώς ότι και το qanat, ενώ στην Αφρική (στην Βόρεια κυρίως) χρησιμοποιείται ο όρος "foggaras". Τα karez στην Ασία αποτελούν συνήθως το κέντρο γύρω από το οποίο περιστρέφονται οι τοπικές κοινωνίες. Τα σπίτια χτίζονται κοντά στη στοά, ενώ κατοχυρωμένο μερίδιο στο νερό του karez αποτελεί λόγο κοινωνικής αποδοχής και αναγνώρισης. Το karez επιβλέπει ένα άτομο το οποίο είναι υπεύθυνο για τη σωστή κατανομή του νερού στους κατοίκους, οι οποίοι συμμετείχαν στην κατασκευή της στοάς. Αυτό το άτομο είναι συνήθως το ίδιο στο οποίο ανήκει η ιδέα κατασκευής του έργου, καθώς επίσης εκείνο που έδωσε το μεγαλύτερο μέρος της χρηματοδότησης. Σε ανταμοιβή των υπηρεσιών που προσφέρει ως υπεύθυνος του έργου δικαιούται επιπλέον 12 ώρες νερό χωρίς χρέωση, όπως επίσης και μεγαλύτερη έκταση γης για καλλιέργεια. Η ιδιότητα του "επιστάτη" του karez κληρονομείται και συνήθως την κληρονομεί ο πρωτότοκος "γιος της οικογένειας" [65].

Οι παροχές που δίνει ένα karez κυμαίνονται εποχιακά, όμοια με το qanat. Οι μεγαλύτερες παροχές σημειώνονται την άνοιξη, την εποχή δηλαδή που λιώνουν τα χιόνια. Επίσης, αύξηση παροχών των karez σημειώνεται και μετά από βροχοπτώσεις.

Υπάρχουν τέσσερα είδη karez

- Αλλουβιακά. Διανοίγονται μέσα σε αλλουβιακές αποθέσεις που αναπτύσσονται στους πρόποδες λόφων, εκεί δηλαδή όπου εξορύσσονται τα "μητρικά πηγάδια", προκειμένου να εντοπιστεί το βάθος της στάθμης του νερού. Είναι αυτά με τη μεγαλύτερη και μονιμότερη παροχή νερού, καθώς επίσης και με τη μεγαλύτερη διάρκεια ζωής.
- Διήθησης. Το νερό που συλλέγουν προέρχεται από ρήγματα ή γενικά σπασίματα των πετρωμάτων. Οι ποσότητες νερού που παρέχουν είναι χαμηλές, ενώ έχουν και μικρή διάρκεια ζωής.
- Βροχόπτωσης. Τροφοδοτούνται από το νερό της βροχής. Η ροή τους αρχίζει με τη βροχόπτωση και λήγει μερικές ημέρες μετά το πέρας της.



- Πηγής. Σε αυτά το νερό κάποιας πηγής διοχετεύεται στη στοά.

Η διάρκεια ζωής των karez ποικίλει ανάλογα με τον τύπο τους. Μπορεί να κυμαίνεται από δεκάδες μέχρι μερικές εκατοντάδες χρόνια. Τα karez διήθησης και πηγής έχουν μικρή διάρκεια ζωής, ενώ αυτά που συνδέονται με ελεύθερο υδροφόρο ορίζοντα έχουν πολύ μεγαλύτερη διάρκεια ζωής. Άλλος σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει την διάρκεια ζωής τους είναι η συντήρησή τους. Θα πρέπει ανά περιόδους το karez να καθαρίζεται από τα χώματα που έχουν συσσωρευτεί μέσα σε αυτό, εξαιτίας της ροής του νερού. Όταν το νερό βγει από την στοά στην επιφάνεια της γης, τότε με ένα δίκτυο καναλιών διοχετεύεται στην περιοχή που πρόκειται να υδροδοτηθεί ή να αρδευτεί. Τα περισσότερα karez διανοίγονταν από ιδιώτες – γαιοκτήμονες μιας φυλής, οι οποίοι χρειαζόντουσαν νερό για να ποτίσουν τις εκτάσεις τους. Στη διάνοιξη βοηθούσαν όλοι οι κάτοικοι της περιοχής και οι απολαβές τους σε νερό ήταν ευθέως ανάλογες της συνεισφοράς τους στην κατασκευή του έργου. Στη συνέχεια, αυτά τα οφέλη κληρονομούνταν στα παιδιά τους κ.ο.κ.

Επειδή το karez δεν ήταν δυνατό να γίνει αντικείμενο μοιράσματος, οι κληρονόμοι αρκούσαν στην από κοινού εκμετάλλευσή του. Το αποτέλεσμα ήταν, μέσα από το πέρασμα των γενεών, να αποτελεί ιδιοκτησία ολόκληρων χωριών. Οι μεριδιούχοι του νερού της στοάς πιέζονταν από την κοινωνία να μην πουλήσουν γη και επομένως και το αντίστοιχο νερό, προκειμένου να μην μπουκ στην κοινωνία ξενόφερτα άτομα].

Το νερό διοχετεύεται σε κάθε μεριδιούχο τουλάχιστον μια φορά την εβδομάδα. Για την διευκόλυνση του σκοπού αυτού φτιάχτηκαν ειδικές μονάδες μέτρησης του χρόνου. Χαρακτηριστικά αναφέρονται τα hangam (= 12 h), neem hangam (= 6 h), tassu (= 3 h), abba (= 1,5 h) και tas (= 30 min). Παλαιότερα, για να μπορούν οι μεριδιούχοι να υπολογίζουν τον χρόνο ποτίσματος, χρησιμοποιούσαν μία μπάλα διαμέτρου 3 in, με μια μικροσκοπική τρύπα σε ένα σημείο της. Η μπάλα αυτή αφηνόταν να επιπλέει σε μια δεξαμενή νερού. Το νερό σιγά – σιγά έμπαινε από την τρύπα και γέμιζε την μπάλα, η οποία κάποια στιγμή βούλιαζε. Ο χρόνος που απαιτούνταν για να πληρωθεί με νερό η μπάλα και να βουλιάξει οριζόταν ως 1 tas.

Κανένας μεριδιούχος δεν υπάρχει περίπτωση να πάρει νερό για λιγότερο από 30 min εβδομαδιαίως (1 tas).

Όταν έρχεται η σειρά του, ποτίζει τα χωράφια για όσο χρόνο του αναλογεί. Επειδή κάποιοι στα πλαίσια αυτού του κύκλου αναγκάζονται να ποτίζουν τα χωράφια τους πάντα νύχτα, κάθε φορά μετά το τέλος της συγκομιδής ο κύκλος αλλάζει. Πολλά από τα παραδοσιακά karez που λειτουργούν μέχρι σήμερα μπορούν να βελτιωθούν. Η ευθυγράμμιση των στοών, ώστε να αποφεύγονται απώλειες λόγω κατεΐσδυσης, το σκέπασμα των πηγαδιών πρόσβασης, ώστε να μειωθούν όλα τα μπάζα που πέφτουν μέσω αυτών στις στοές και ο συστηματικός καθαρισμός των στοών, μπορεί να αυξήσει θεαματικά τις παροχές. Τα karez σίγουρα αποτελούν παραδοσιακή μέθοδο, η οποία σε πολλές περιπτώσεις κρίνεται αναγκαίο να αντικατασταθεί από γεωτρήσεις. Παρόλα αυτά, σε επίσης πολλές περιπτώσεις, είναι χρήσιμο να συνεχιστεί η λειτουργία των, με ορισμένες βελτιώσεις, αφού είναι σε θέση να δώσουν ποσότητες νερού τέτοιες που η παραγωγή τους με τη μέθοδο των γεωτρήσεων θα προκαλούσε σημαντική επιβάρυνση του υδροφόρου ορίζοντα.

Σύγχρονες υδρομαστευτικές στοές

Γενικά

Υδρομαστευτική στοά (ή αποστραγγιστική στοά ή αποστραγγιστική σήραγγα) θεωρείται η "οποιασδήποτε περατότητας, οριζόντια ή κεκλιμένη σήραγγα μέσα στην οποία το νερό θα μπορεί να ρέει ελεύθερα ή να διηθείται από μία υπερκείμενη ή παρακείμενη πηγή". Με βάση αυτό τον ορισμό, τα "rock-lined υδραγωγεία" και οι "αγωγοί τύπου Maui" είναι υδρομαστευτικές στοές.

Βελτιωμένος λοιπόν ορισμός της αποστραγγιστικής στοάς είναι ο παρακάτω:

Οι αποστραγγιστικές στοές είναι υδροπερατές, οριζόντιες ή κεκλιμένες σήραγγες μέσα στις οποίες το νερό μπορεί να διηθείται από μία υπερκείμενη ή παρακείμενη πηγή. Κατασκευάζονται κάτω από την πιεζομετρική επιφάνεια του νερού σε μια περιοχή όπου υπάρχει επαρκής ανατροφοδότηση, η οποία καλύπτει το ρυθμό άντλησης και όπου η υδροπερατότητα είναι επαρκής για να μεταφερθούν ποσότητες νερού μέσα στη στοά, κάτω από τις υπάρχουσες συνθήκες πιεζομετρίας. Προφανώς δεν υπάρχει καμία συγκεκριμένη μέθοδος σχεδιασμού για ένα τόσο ευρύ φάσμα μορφών του έργου. Παρακάτω παρατίθενται σειρά παραδειγμάτων στοών αποστράγγισης και μεταφοράς νερού ανά τον κόσμο.

Σχεδιασμός υδρομαστευτικής στοάς κάτω από επιφανειακό ρεύμα

Κάτω από σταθερές συνθήκες ροής (steady flow), η παροχή μιας στοάς εξαρτάται από το πάχος του υδροφορέα και την περατότητα (k), το ποσό της διήθησης μέσω του στρώματος εδάφους και της επιφανειακής πηγής νερού, την διαθέσιμη πτώση στάθμης, την θερμοκρασία του νερού, το μήκος της στοάς, την "ενεργή" ακτίνα της στοάς και την απόσταση από τα θεωρητικά όρια επαναφόρτισης. Όλα αυτά τα δεδομένα μπορούν να ληφθούν από μία και μόνο δοκιμαστική άντληση. Οι αποστραγγιστικές στοές μπορούν να κατασκευαστούν, είτε παράλληλα, είτε απευθείας κάτω από ένα επιφανειακό ρεύμα ή άλλο σώμα, από το οποίο

θα γίνεται η επαναφόρτιση (ανατροφοδότηση). Η επιλογή που γίνεται εξαρτάται από την ποιότητα και την ποσότητα του νερού που απαιτείται και από το σχετικό κόστος κατασκευής. Μία στοά απευθείας κάτω από μία επιφανειακή πηγή θα φορτίζεται και από τις δύο πλευρές, και γι' αυτό θα παράγει περισσότερο νερό από μία που κατασκευάζεται από τη μία πλευρά, παράλληλα στην επαναφόρτιση

Αγωγοί τύπου «Maui» στην Hawaii

Οι μεγαλύτερες πηγές νερού στην πολιτεία της Hawaii είναι φακοί κατεισδυόμενης βροχής που πλέουν πάνω στο θαλάσσιο νερό, εντός των κενών της λάβας των ηφαιστειακών δομών των νησιών. Το φαινόμενο αυτό παρουσιάζεται ιδιαίτερα εμφανές στα νησιά Oahu και Maui

Η κατανόηση και εκμετάλλευση αυτών των μεγάλων πηγών νερού από τους πρωτοπόρους Χαβανέζους επιχειρηματίες των ζαχαροφυτειών, την περίοδο 1889 – 1900, ήταν ταυτόχρονη με την ευρωπαϊκή έρευνα στην οποία βασίστηκαν τα γραπτά των Badon-Ghyben (1889) και Herzberg (1901). Οι εργασίες κάθε ερευνητικής ομάδας συμπλήρωσαν η μία την άλλη, παρά την έλλειψη επικοινωνίας.

Η ερευνητική ομάδα στην Hawaii συνέλαβε και τελειοποίησε τεχνικές, σχετικά με την εκμετάλλευση του νερού, την πιο σημαντική παράμετρο για την μετέπειτα ανάπτυξη της πολιτείας. Οι τεχνικές αυτές πραγματοποιήθηκαν χωρίς ανάλογο επιστημονικό όφελος και από το πρόγραμμα που γινόταν στην Ευρώπη.

Οι "φακοί των Ghyben – Herzberg" εξηγούν πως είναι δυνατό νησιά που απέχουν περίπου 2.200 μίλια από μία ήπειρο να έχουν τόσο μεγάλες πηγές γλυκού νερού, ώστε να μπορούν να υποστηρίξουν μεγάλες φυτείες ζάχαρης, σημαντικές στρατιωτικές δραστηριότητες και να έχουν έναν ταχέως αυξανόμενο πληθυσμό.

Ο Todd είχε ανταλλάξει εμπειρίες με αυτούς που υπηρέτησαν ως μηχανικοί του Στρατού και του Ναυτικού των Η.Π.Α. κατά τον Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο και προσπάθησαν να εκμεταλλευθούν πηγές στην περιοχή του Ειρηνικού ωκεανού. Πολλοί από αυτούς απέκτησαν μεγάλη οικειότητα με τους φακούς " γλυκού" ή χρησιμοποιήσιμου "υφάλμυρου" νερού σε ένα μεγάλο αριθμό νησιών.

Στην Βάση του Ναυτικού των Η.Π.Α. στην Hawaii, το υφάλμυρο νερό αποδείχθηκε επαρκές για να καλύψει τις μη υδρευτικές ανάγκες αρκετών χιλιάδων αντρών. Το νερό συλλέχθηκε από ατσάλινους υδατοστεγείς κυλίνδρους διαμέτρου 6 ft, οι οποίοι βυθίστηκαν στην άμμο, περίπου 2 ft πάνω από το επίπεδο της θάλασσας. Στο νησί Maui, ακολουθώντας το τοπικό μοντέλο, το Ναυτικό βύθισε έναν σωλήνα στο ηφαιστειακό πέτρωμα, ώστε να "τραβήξει" το νερό από τους φακούς, για τις ανάγκες της Ναυτικής βάσης Puunene. Στο Oahu, κατά τη διάρκεια του 2 παγκοσμίου πολέμου, ο Οργανισμός Νερού της Honolulu και το Ναυτικό των Η.Π.Α. ολοκλήρωσαν τρία προγράμματα με αγωγούς τύπου Maui":

- ✓ τον άξονα "Navy "Barber Point",
- ✓ τον άξονα "Red Hill", και
- ✓ τον άξονα του Οργανισμού Ύδρευσης της Hawaii.

Οι Badon-Ghyben και Herzberg ανακάλυψαν, μετά από έρευνες κατά την περίοδο 1889 – 1901, ότι όταν το γλυκό νερό εντοπίζεται κάτω από τέτοιες συνθήκες, η συγκέντρωσή του, καθώς και το μίγμα γλυκού – θαλάσσιου νερού εκτείνεται κάτω από το επίπεδο της θάλασσας, περίπου 40 φορές το ύψος πάνω από το επίπεδο της θάλασσας. Αδιαπέραστοι παράκτιοι σχηματισμοί (caprock), όπως στις περιοχές Honolulu – Pearl Harbor, παρεμποδίζουν την πορεία του νερού προς τη θάλασσα και μεγαλώνουν τον φακό "γλυκού" νερού, έτσι ώστε να μπορεί να ειπωθεί ότι αυτός επιπλέει πάνω στο θαλασσινό νερό, εντός των δομών της λάβας. Έτσι, οι γεωτρήσεις που διανοίγονται στη Honolulu στα 20 ή 30 ft πάνω από το επίπεδο της θάλασσας και εκτείνονται μέχρι το βάθος των 600 ft ή και περισσότερο, κάτω από το επίπεδο της θάλασσας, παράγουν νερό κατάλληλο για οικιακή χρήση. Επίσης, ακόμα βαθύτερες γεωτρήσεις, στο Oahu, παράγουν νερό κατάλληλο για πότισμα καλαμιών .

Σύγχρονες υδρομαστευτικές στοές στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα, σε διάφορες περιοχές, ήδη από την αρχαιότητα, αναπτύχθηκε σύστημα υδρομαστευτικών στοών, οι οποίες κατασκευάστηκαν με την τεχνική του qanat. Πολλά από αυτά τα qanat, παρά τα εκατοντάδες χρόνια που έχουν περάσει συνεχίζουν να λειτουργούν και να τροφοδοτούν με νερό για ύδρευση ή άρδευση πολλές περιοχές. Ακόμα και μεγάλες πόλεις (Αθήνα, Θεσσαλονίκη) τροφοδοτούνται, εν μέρει, από νερό που κυκλοφορεί μέσω qanat.

Τα qanat, ως μέθοδος συλλογής νερού, υπερίσχυσαν για τον απλό λόγο ότι μπορούν και φέρνουν νερό μέχρι την επιφάνεια του εδάφους χωρίς δαπάνη κανενός είδους ενέργειας. Επίσης, έχουν αποδειχθεί ως την πλέον μακροβιότερη λύση. Πολλά βέβαια είναι αυτά, τα οποία έχουν εγκαταλειφθεί γιατί έχουν στερέψει. Αυτό όμως, κατά κύριο λόγο, προέκυψε από την άναρχη διάνοιξη στοών, με αποτέλεσμα η κάθε μία από αυτές να αποστραγγίζει το νερό της άλλης. Η λειτουργία των qanat ήταν βασικός παράγοντας ανάπτυξης μιας περιοχής.

Οι οικισμοί αναπτύσσονταν γύρω από τα qanats, όπως και όλες οι επαγγελματικές δραστηριότητες των κατοίκων. Πολλές περιοχές εγκαταλείφθηκαν όταν έπαψε η λειτουργία τους για κάποιο λόγο (π.χ. σεισμός). Σήμερα βέβαια, η μέθοδος μοιάζει να έχει εγκαταλειφθεί. Εάν όμως σκεφτεί κανείς ότι αυτή τη στιγμή λειτουργούν δεκάδες qanats ανά την Ελλάδα, των οποίων η ηλικία ξεπερνάει κατά πολύ τον αιώνα και ότι αυτά συνεχίζουν να παρέχουν νερό όλα αυτά τα χρόνια, χωρίς ουσιαστικά να έχει γίνει τίποτα για την συντήρησή τους, συμπεραίνεται ότι πιθανόν η εφαρμογή παλαιών μεθόδων με νέες τεχνικές να δώσει ένα ανέλπιστα καλό αποτέλεσμα.

Στην επαρχία Φυλλίδας Σερρών έγινε εμπειριστατομένη έρευνα σχετικά με τα qanats της περιοχής, με ιδιαίτερα εντυπωσιακά αποτελέσματα. Τα qanats που βρίσκονται εντός των διοικητικών ορίων της εν λόγω επαρχίας και λειτουργούν σήμερα, είναι αυτά της Νέας Ζίχνης, της Μεσοράχης, της Δήμητρας, της Λευκοθέας, του Σιδηροδρομικού Σταθμού Αγγίστας, της Αγγίστας, της Κρηνίδας, της Ηλιοκώμης, της Κορμίστας, της Πρώτης, του Ροδολείβους, της Παλαιοκώμης, του Δραβείσκου, της Μυρίνης, του Μικρού Σουλίου, της Μονής Εικοσιφοινίσσης, της Μονής Αγίας Κυριακής και της Μονής Αγίας Παρασκευής.

Τα μήκη των στοών που χαρτογραφήθηκαν κυμαίνονται από 35 m μέχρι και 4 km. Ανάλογα με την επιφανειακή μορφολογία και την υδρογεωλογική-υδρολιθολογική κατάσταση της ζώνης υδρομάστευσης, διακρίνονται οι παρακάτω τύποι qanats:

- Qanat Νέας Ζίχνης.
- Qanat Ροδολείβους.
- Qanat Σιδηροδρομικού Σταθμού Αγγίστας.

Μερικά από τα πλεονεκτήματα της Υδρομαστευση έναντι άλλων μεθόδων εκμετάλλευσης (όπως οι γεωτρήσεις), έχουν ως εξής

- Το νερό θα εισέρχεται στη στοά με ελεύθερη ροή και κατ' αυτό τον τρόπο δεν θα προκαλείται αναστάτωση" στον υδροφορέα, όπως γίνεται π.χ. με τις γεωτρήσεις. "Επίσης, λόγω διαμέτρου, η στοά θα έχει πολλαπλάσια απόδοση, σε σύγκριση με γεωτρήσεις αθροιστικού πάχους υδροφορέα ίσου με το μήκος της στοάς.
- Μειωμένο κόστος λειτουργίας και συντήρησης (προσωπικό, ανταλλακτικά, προμήθειες, οδοιπορικά κλπ.). Το κόστος συντήρησης, λειτουργίας και ελέγχου που απαιτείται για την υδρομαστευτική στοά είναι μικρότερο από το αντίστοιχο κόστος ενός ισοδύναμου σε απόδοση δικτύου γεωτρήσεων.
- Άμεσος και πλέον αποτελεσματικός έλεγχος λειτουργίας, καθώς τόσο το αντλητικό συγκρότημα και ο μηχανολογικός εξοπλισμός, όσο και τα έργα υποδομής (δίκτυα μεταφοράς παροχών και οδικό δίκτυο), θα είναι συγκεντρωμένα σ' ένα ενιαίο χώρο.
- Τα ιστορικά δεδομένα και η διεθνής πρακτική αποδεικνύουν ότι ο χρόνος ζωής ενός τέτοιου έργου είναι πρακτικά απεριόριστος, ενώ αντίθετα οι γεωτρήσεις, υπό τις καλύτερες προϋποθέσεις, είναι έργα ληξιπρόθεσμα.
- Το υδρομαστευτικό έργο, προκειμένου να καλύψει τις αυξημένες μελλοντικές υδρευτικές ανάγκες, μπορεί να επεκτείνεται σταδιακά (διακλάδωση της στοάς), χωρίς πρακτικά να διακόπτεται η λειτουργία του έργου και να προκαλούνται ανεπιθύμητες επιβαρύνσεις στον υδροφόρο ορίζοντα της πηγής.
- Μείωση των προβλημάτων καθαλάτωσης στο δίκτυα μεταφοράς και διανομής του υδρευτικού νερού. Θα ελαττωθούν σημαντικά οι φθορές που οφείλονται στις μεγάλες συγκεντρώσεις αλάτων.
- Μειωμένος κίνδυνος υφαλμύρινσης σε σχέση με γεωτρήσεις εγκατεστημένες στην περιοχή επίδρασης της στοάς (όπως προαναφέρθηκε στο κεφ. 1).
- Αποτελεσματικότερος έλεγχος της ανθρωπογενούς ρύπανσης.
- Δεν θα επηρεάσει αρνητικά την απόδοση οποιασδήποτε άλλης από τις κατά καιρούς προταθείσες λύσεις αξιοποίησης του υδροφορέα (ρυθμιστικό φράγμα στην πηγή Αλμυρού, γεωτρήσεις σε άλλες περιοχές κ.λπ.).

Απο τεχνικής σκοπιάς και από την πλευρά ενός ηλεκτρολόγου μηχανικού αφού ορίσαμε «Πλεονέκτημα των υδρομαστευτικών στοών, έναντι άλλων μεθόδων εκμετάλλευσης, είναι το γεγονός ότι δεν είναι αναγκαία η οποιαδήποτε κατανάλωση ανθρώπινης ή μηχανικής ενέργειας για την μεταφορά του νερού, καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του έργου. Αντίθετα, μειονέκτημα είναι η μη δυνατότητα ρύθμισης των επιθυμητών παροχών. », οι υδρομαστεύσεις μπορούν να θεωρηθούν σαν «δίκτυο διανομής» η και σαν γεώτρηση με όλα τα ηλεκτρομηχανολογικά χαρακτηριστικά τους όπως αναφέρθηκαν πιο πάνω σε αυτό το κεφάλαιο..

## Φρεάτια και δεξαμενές

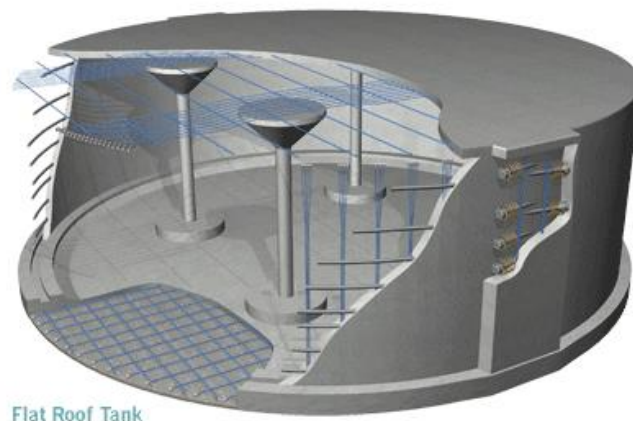
### ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ

Δεξαμενές κατασκευάζονται σε όλο τον κόσμο και χρησιμεύουν κυρίως στην αποθήκευση υγρών όπως νερό, που χρησιμοποιείται για ύδρευση και κατάσβεση πυρκαγιών, πετρέλαιο, και άλλα καύσιμα. δεξαμενές χρησιμοποιούνται ακόμη και για την αποθήκευση συμπιεσμένων αερίων (φυσικού αερίου). Υπάρχουν υπόγειες, επίγειες και υπερυψωμένες δεξαμενές. Οι δεξαμενές μπορεί να διαφέρουν στο υλικό κατασκευής, στο σχήμα και τον τρόπο που τοποθετούνται (οριζόντια ή κατακόρυφα).

Για την κατασκευή δεξαμενών χρησιμοποιείται κυρίως ο χάλυβας και το σκυρόδεμα, όμως δεν είναι σπάνια και η χρήση άλλων υλικών όπως το πλαστικό. Οι πρώτες υπερυψωμένες δεξαμενές ήταν κατασκευασμένες από ξύλο σε υποστυλώματα από πέτρα ή τούβλα. Αργότερα περιορισμοί στο μέγεθος, την ανθεκτικότητα αλλά και λόγοι υγιεινής οδήγησαν στο να χρησιμοποιείται κυρίως ο χάλυβας για την κατασκευή των υπερυψωμένων δεξαμενών νερού. Χάλυβας, σε συνδυασμό με σκυρόδεμα για την κατασκευή της πλάκας έδρασης του χαλύβδινου κελύφους, χρησιμοποιείται συνήθως και στις δεξαμενές που εδράζονται στο έδαφος.

Οι δεξαμενές που εδράζονται στο έδαφος είναι κυλινδρικές, ενώ οι υπερυψωμένες δεξαμενές μπορεί να είναι σφαιρικές, κυλινδρικές ή κωνικές. Η χωρητικότητα των δεξαμενών κυμαίνεται από κάποιες δεκάδες μέχρι μερικές χιλιάδες κυβικά μέτρα. Η μεγαλύτερη επίγεια δεξαμενή βρίσκεται στην Οσάκα της Ιαπωνίας, έχει χωρητικότητα 180000 m<sup>3</sup> και χρησιμοποιείται για την αποθήκευση υγροποιημένου φυσικού αερίου.

Η οροφή των δεξαμενών μπορεί να είναι οριζόντια, κωνική, σε σχήμα ομπρέλας ή να έχει τη μορφή θόλου. Υπάρχουν δεξαμενές με διπλή οροφή, από τις οποίες η μία μπορεί να κινείται. Όσον αφορά τη στήριξη της μπορεί να είναι αυτοστηριζόμενη, ή να στηρίζεται σε ένα σύστημα δοκών και υποστυλωμάτων. Οι αυτοστηριζόμενες οροφές είναι συγκολλημένες στο κέλυφος και κατασκευάζονται όταν είναι επιθυμητό να είναι ελεύθερο το εσωτερικό της δεξαμενής.



Σχήμα 6-15: Δεξαμενή από σκυρόδεμα με οριζόντια οροφή στηριζόμενη σε υποστυλώματα

Η βάση των δεξαμενών μπορεί να είναι οριζόντια για δεξαμενές με σχετικά μικρές διαμέτρους. Ακόμη, μπορεί να είναι κωνική με το κέντρο να είναι το ψηλότερο ή το χαμηλότερο σημείο (όταν θα γίνεται άδειασμα της δεξαμενής από το κέντρο με υπόγειους αγωγούς) ή επίπεδη αλλά ελαφρώς υπερυψωμένη προς τη μία πλευρά. Αυτός ο σχεδιασμός περιορίζεται σε δεξαμενές με διαμέτρους μικρότερες από 30 m καθώς η υψομετρική διαφορά μεταξύ δύο αντιδιαμετρικών σημείων μπορεί να γίνει σημαντική σε δεξαμενές μεγάλης διαμέτρου.

## ΦΡΕΑΤΙΑ

Τα φρεάτια διακρίνονται σε διάφορους τύπους που χαρακτηρίζονται από την διάμετρο του εξερχομένου από το φρεάτιο κυρίου αγωγού από το βάθος του φρεατίου και από το αν οι διαφορές στα υψόμετρα των πυθμένων των αγωγών που καταλήγουν στο φρεάτιο επιβάλλουν την διαμόρφωση ειδικού έργου πτώσης στο φρεάτιο ή επιβάλλουν την διαμόρφωση ειδικού έργου υπερχειλίσεως ή εκτροπής στο φρεάτιο. Έτσι οι τύποι των φρεατίων είναι :



- φρεάτια επισκέψεως στα οποία περιλαμβάνονται και τα φρεάτια αλλαγής κατευθύνσεως, αλλαγής κλίσεως, συμβολής ( απλά φρεάτια ).
- φρεάτια πτώσης
- φρεάτια υπερχειλίσης - εκτροπής
- φρεάτια υδροσυλλογής.
- Φρεάτια εκτροπής

## **ΑΦΑΛΑΤΩΣΗ**

Είναι γνωστό το πρόβλημα της έλλειψης πόσιμου νερού που αντιμετωπίζουν πολλές περιοχές στον Ελλαδικό χώρο. Συγκεκριμένα στα νησιά του Αιγαίου, όπου συναντάται το τυπικό ξηρό μεσογειακό κλίμα, το πρόβλημα είναι πολύ έντονο αφού οι υδάτινοι πόροι είναι περιορισμένοι. Επιπλέον η είσοδος του θαλασσινού νερού στον υδροφόρο ορίζοντα δυσχεραίνει ακόμη περισσότερο την εξεύρεση πόσιμου νερού. Τα παραπάνω έχουν σαν αποτέλεσμα τα αποθέματα υδάτινων πόρων να μην επαρκούν για τη κάλυψη των αναγκών του τοπικού πληθυσμού. Το πρόβλημα αυτό γίνεται εντονότερο τους καλοκαιρινούς μήνες, όταν η ανάγκη για πόσιμο νερό αυξάνεται έως και πέντε φορές από το κανονικό λόγω της αύξησης του πληθυσμού. Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίζεται κυρίως με τη μεταφορά πόσιμου νερού σε αυτές τις περιοχές με υδροφόρα πλοία. Αυτή η διαδικασία έχει ιδιαίτερα μεγάλο οικονομικό κόστος. Συγκεκριμένα, σύμφωνα με επίσημα στοιχεία του υπουργείου Αιγαίου το 2006 το κόστος του μεταφερόμενου νερού κυμαινόταν 6-10 ευρώ/μ<sup>3</sup> και το κόστος για τις συνολικά μεταφερόμενες ποσότητες νερού σε Κυκλάδες και Δωδεκάνησα ήταν 9,5 εκατομμύρια ευρώ το 2006.

ΕΤΟΣ	Ν.Α. ΚΥΚΛΑΔΩΝ			Ν.Α. ΔΩΔΕΚΑΝΗΣΟΥ			ΣΥΝΟΛΑ	
	Ποσότητες m <sup>3</sup>	Δαπάνες € (με ΦΠΑ)	Δαπάνη (€/m <sup>3</sup> )	Ποσότητες m <sup>3</sup>	Δαπάνες € (με ΦΠΑ)	Δαπάνη (€/m <sup>3</sup> )	Ποσότητες m <sup>3</sup>	Δαπάνες €
1997	86.525	311.078	3,60	402.295	933.802	2,32	488.820	1.244.881
1998	91.050	650.755	7,15	484.994	1.312.419	2,71	576.044	1.963.174
1999	87.760	672.712	7,67	461.855	1.407.916	3,05	549.615	2.080.628
2000	145.570	1.158.370	7,96	555.212	2.004.234	3,61	700.782	3.162.604
2001	203.792	1.625.093	7,97	621.297	2.722.540	4,38	825.089	4.347.633
2002	329.343	2.561.278	7,78	617.745	3.109.358	5,03	947.088	5.670.637
2003	336.777	2.772.718	8,23	605.019	3.214.680	5,31	941.796	5.987.398
2004	338.812	2.787.235	8,23	759.737	4.034.203	5,31	1.098.549	6.821.438
2005	464.562	4.006.916	8,63	969.676	5.082.935	5,24	1.434.238	9.089.852
2006	567.719	4.677.686	8,24	1.005.338	4.905.044	4,88	1.573.057	9.582.730
2007	697.117	5.802.509	8,32	1.101.628	5.403.900	4,91	1.798.745	11.206.409
<b>ΣΥΝ.</b>	<b>3.349.027</b>	<b>27.026.353</b>		<b>7.584.796</b>	<b>34.131.036</b>		<b>10.933.823</b>	<b>61.157.390</b>

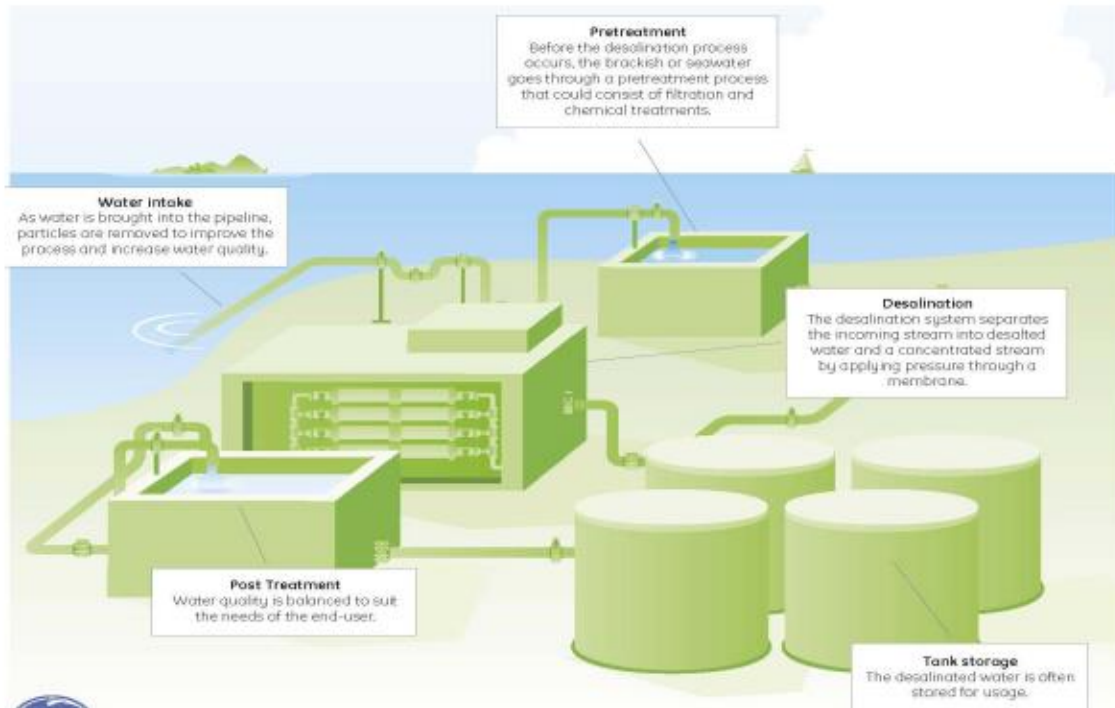
Πίνακας 6-7: Δαπάνες μεταφερόμενων ποσοτήτων νερού ανά έτος στις Ν.Α Κυκλάδες & στα Δωδεκάνησα

Μία εναλλακτική λύση τη μεταφορά νερού είναι η εγκατάσταση και λειτουργία μονάδων αφαλάτωσης. Σήμερα, σύμφωνα με επίσημα στοιχεία του Υπουργείου Περιβάλλοντος, λειτουργούν στην Ελλάδα περίπου 50 μονάδες αφαλάτωσης που εξυπηρετούν την ύδρευση δήμων και κοινοτήτων με συνολική δυναμικότητα 35000 m<sup>3</sup>/ημέρα ενώ υπάρχουν και εκατοντάδες μικρότερες ιδιωτικής χρήσεις ( ξενοδοχεία, βιομηχανίες, κατοικίες κ.τ.λ.). Οι σημαντικότερες μονάδες αφαλάτωσης, όπως φαίνεται και στον παραπάνω πίνακα είναι στη Σύρο, στη Μύκονο και στη Χίο.

### **Αρχές Λειτουργίας**

Αν και έχουν αναπτυχθεί διάφορες μέθοδοι αφαλάτωσης, οι οποίες θα αναλυθούν παρακάτω, η βασική διαδικασία και τα επί μέρους στάδια του όλου συστήματος παραμένουν ίδια. Σε αυτή την ενότητα, θα γίνει προσπάθεια να περιγραφεί ένα τυπικό σύστημα αφαλάτωσης (Σχήμα ).





Σχήμα 6-16: Αναπαράσταση ενός συστήματος αφαλάτωσης

Αρχικά, λοιπόν, το θαλασσίνο νερό συλλέγεται μέσω σωληνώσεων, ενώ συγχρόνως αφαιρούνται σωματίδια προκειμένου να έχει καλύτερη απόδοση η διαδικασία αλλά και να βελτιωθεί η ποιότητα του νερού (Water intake). Στη συνέχεια, το ρεύμα θαλασσινού νερού διέρχεται από μια διαδικασία, η οποία προηγείται της αφαλάτωσης, όπου φιλτράρεται ή και επεξεργάζεται χημικά αναλόγως τη μέθοδο αφαλάτωσης (Pretreatment). Το νερό μετά από αυτό το στάδιο είναι έτοιμο για να «περάσει» από το κύριο μέρος της εγκατάστασης (Desalination).

Εδώ, το σύστημα αφαλάτωσης διαχωρίζει το ρεύμα εισόδου σε ένα ρεύμα με αφαλατωμένο νερό και σε ένα ρεύμα με συμπυκνωμένη άλμη. Η μέθοδος με την οποία διαχωρίζεται το ρεύμα θαλασσινού νερού ποικίλει.. Αξίζει να αναφέρουμε επίσης, ότι η απόρριψη αυτής της άλμης στη θάλασσα, είναι πιθανόν να έχει επιπτώσεις στη θαλάσσια πανίδα. Συνεπώς η εκμετάλλευση της είναι αναγκαία (παραγωγή άλατος). Επανερχόμενος στη διαδικασία, το αφαλατωμένο νερό επεξεργάζεται εκ νέου, για να ικανοποιηθούν κάποιες απαιτήσεις ποιότητας, προκειμένου να είναι κατάλληλο για χρήση (Post Treatment). Τέλος, πολλές φορές, το παραγόμενο νερό αποθηκεύεται σε δεξαμενές στην περίπτωση που η εκμετάλλευση του δεν απαιτείται να είναι άμεση (Water Storage).

Μέθοδοι αφαλάτωσης

Τις τελευταίες δεκαετίες, λόγω και του αυξημένου ενδιαφέροντος, έχουν αναπτυχθεί αρκετές μέθοδοι αφαλάτωσης άλλες σε θεωρητικό επίπεδο και άλλες εφαρμόσιμες στην πράξη. Στην παρούσα ενότητα θα παρουσιάσουμε τις μεθόδους που έχουν εφαρμοστεί και παρουσιάζουν το μεγαλύτερο ενδιαφέρον.

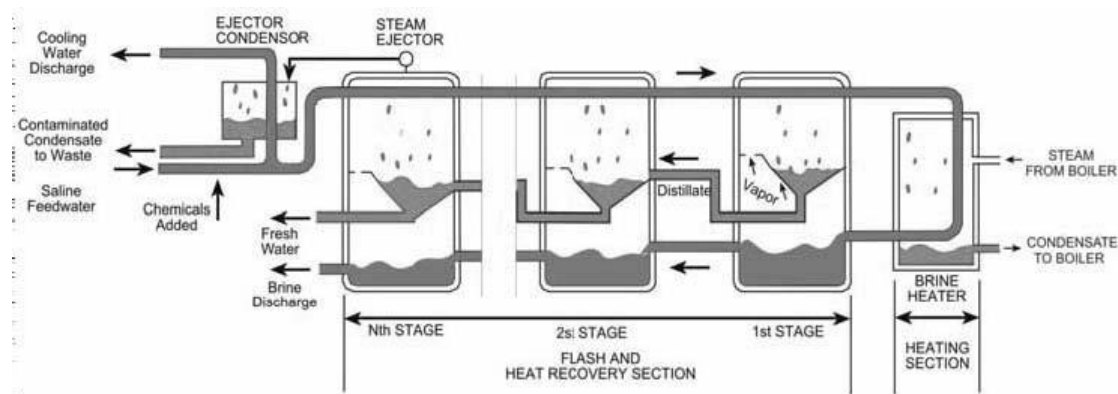
Οι μέθοδοι αφαλάτωσης μπορούν να ταξινομηθούν, ανάλογα τον μηχανισμό διαχωρισμού, σε αυτές όπου το μέσο αλλάζει φάση εκμεταλλεύοντας κάποια πηγή θερμότητας και σε αυτές που μέσω μεμβρανών, ύστερα από επιβολή πίεσης, γίνεται ο διαχωρισμός του θαλασσινού νερού. Αναφέρουμε συνοπτικά τις μεθόδους αφαλάτωσης που χρησιμοποιούνται:

- Αλλαγής φάσης (Phase-change processes)
- Άμεση απόσταξη πολλαπλών βαθμίδων (MSF)
- Απόσταξη πολλαπλής επίδρασης (ME)
- Απόσταξη με συμπίεση ατμών (VC)
- Ηλιακή απόσταξη (Solar Distillation)
- Πάγωμα
- Ύγρανση/Αφύγρανση

- Διεργασίες Μεμβρανών (Membrane based desalination technologies)
- Αντίστροφη Ώσμωση (RO)
- Ηλεκτροδιάλυση (ED)
- Νανόφιλτρα (NF)

Από τις παραπάνω μεθόδους, αυτές που κατέχουν το μεγαλύτερο μέρος της αγοράς της Ευρώπης για θαλασσινό νερό, είναι οι θερμικές MSF και MED καθώς και από τις διεργασίες μεμβρανών, η αντίστροφη ώσμωση (RO), ενώ για υφάλμυρο νερό, η αντίστροφη ώσμωση (RO) και η ηλεκτροδιάλυση (ED). Στις ενότητες που έπονται, δίνονται κάποια λειτουργικά στοιχεία για τις μεθόδους που έχουν αναπτυχθεί εμπορικά.

### Άμεση απόσταξη πολλαπλών βαθμίδων - MSF



Σχήμα 6-17: Αρχή λειτουργίας μεθόδου MSF

Η άμεση απόσταξη πολλαπλών βαθμίδων βασίζεται στη δημιουργία ατμού από το θαλασσινό νερό, η οποία οφείλεται σε μια απότομη μείωση της πίεσης όταν το ρεύμα του θαλασσινού νερού εισέρχεται σε έναν θάλαμο κενού (Kalogirou, 2005). Η διαδικασία επαναλαμβάνεται, έχοντας χαμηλότερη πίεση από θάλαμο σε θάλαμο. Η μέθοδος απαιτεί εξωτερική τροφοδοσία θερμοκρασίας 100 οC περίπου του ατμού. Η απόδοση περιορίζεται, λόγω μέγιστου της θερμοκρασίας που επιτρέπεται, εξ' αιτίας της συγκέντρωσης άλατος. Παρακάτω αναλύεται η λειτουργία της μεθόδου. Αναλυτικά, η άμεση απόσταξη πολλαπλών βαθμίδων αποτελεί μια μέθοδο αφαλάτωσης με επί μέρους στάδια επεξεργασίας (συνήθως 10-30 στάδια). Σε κάθε στάδιο, συμπύκνωμα ατμού χρησιμοποιείται για να προθερμάνει το τροφοδοτούμενο θαλασσινό νερό. Με τον «διαχωρισμό» της διαφοράς θερμοκρασίας ανάμεσα στη θερμή πηγή και στο θαλασσινό νερό, σε ένα μεγάλο αριθμό από στάδια (2 οC πτώση ανά στάδιο), το σύστημα αποκτά την ιδανική ολική λανθάνουσα θερμότητα. Το σύστημα, πρακτικά, διαιρείται σε ένα τμήμα ανάκτησης θερμότητας και σε ένα τμήμα απόρριψης θερμότητας (Kalogirou, 2005). Το θαλασσινό νερό τροφοδοτείται μέσω του τμήματος απόρριψης θερμότητας, το οποίο απορρίπτει θερμότητα από την μονάδα και αποβάλλει το παραγόμενο ρεύμα και το ρεύμα της άλμης στη χαμηλότερη δυνατή θερμοκρασία. Το θαλασσινό νερό αναμιγνύεται με μεγάλης μάζας νερό, το οποίο ανακυκλοφορεί συνεχώς μέσα στην μονάδα. Το αναμεμιγμένο ρεύμα, στη συνέχεια, διέρχεται μέσα από μια

σειρά εναλλακτών θερμότητας για να αυξήσει την θερμοκρασία του. Μετά τους εναλλάκτες θερμότητας, το ρεύμα διέρχεται από τον θερμαντή της άλμης προκειμένου να αυξήσει την θερμοκρασία του τόσο ώστε να πλησιάσει την θερμοκρασία κορεσμού στη μέγιστη για το σύστημα πίεση. Έπειτα, εισάγεται στο πρώτο στάδιο μέσω μιας οπής (orifice) όπου έχουμε πτώση πίεσης. Έτσι, από τη στιγμή που βρίσκονται σε θερμοκρασία κορεσμού για υψηλότερη πίεση, τώρα υπερθερμαίνεται και μεταπίπτει σε ατμό. Ο παραγόμενος ατμός περνά μέσα από ένα διάτρητο δίσκο (demister) για να αφαιρεθούν υπολείμματα άλατος, και από εκεί στον εναλλάκτη (1ο) στάδιο

Ποσότητα θερμότητας όπου δεν συμπυκνώνεται και συλλέγεται, που ατμοποιείται, περνά στο δεύτερο στάδιο όπου επικρατεί χαμηλότερη πίεση, μειώνοντας, έτσι, το σημείο βρασμού. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται, στα επόμενα στάδια. Ο ατμός που συμπυκνώνεται σε κάθε στάδιο συλλέγεται, ενώ μετά το τελευταίο στάδιο, έχουμε την απόρριψη της άλμης.

Η χρήση αυτής της μεθόδου ενδείκνυται όταν υπάρχει απαίτηση για μεγάλη ημερήσια παραγωγή νερού, υψηλής ποιότητας και είναι διαθέσιμη κάποια πηγή θερμότητας. Εκτός των συμβατικών πηγών, έχουν χρησιμοποιηθεί ηλιακοί συλλέκτες ως πηγή θερμότητας. Ένα από τα κυριότερα πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι το γεγονός ότι η ατμοποίηση προέρχεται από ρεύμα θαλασσινού νερού τροφοδοσίας και όχι από τις θερμαινόμενες επιφάνειες στις οποίες η εξάτμιση προκαλεί σχηματισμό στρωμάτων επικάλυψης και επομένως σταδιακή μείωση των συντελεστών μετάδοσης θερμότητας (Σταματόπουλος, 2007). Μειονέκτημα της μεθόδου η αργή εκκίνηση, και η αυξημένη ειδική κατανάλωση ενέργειας.

### Απόσταξη πολλαπλής επίδρασης – ME

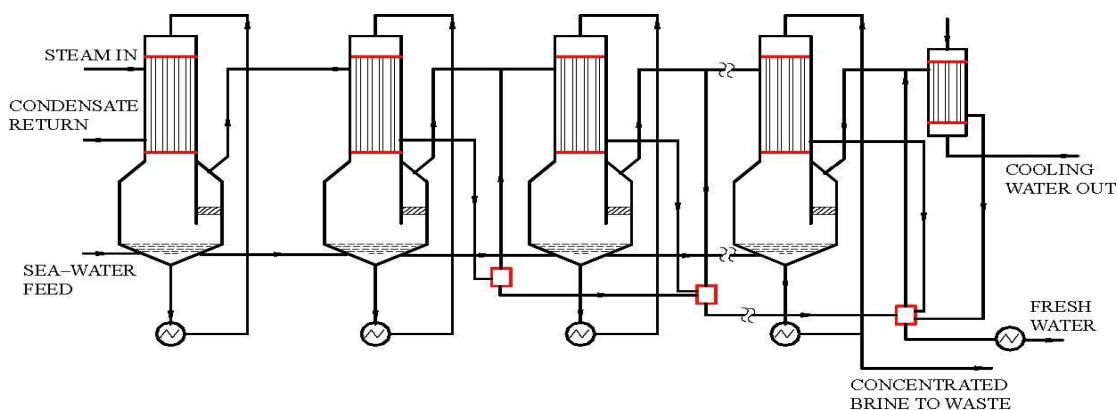


Fig. 9. Long tube vertical (LTV) MEB plant.

### Σχήμα 6-18: Σχηματική απεικόνιση της πολυβάθμιας εξάτμισης (MSF)

Η απόσταξη πολλαπλής επίδρασης είναι η παλαιότερη μέθοδος αφαλάτωσης και με μεγάλο θερμικό βαθμό απόδοσης. Η μέθοδος, λοιπόν, λαμβάνει χώρα σε μια σειρά από ατμοποιητές, αποκαλούμενα ως στάδια (effects), και χρησιμοποιεί την αρχή μειούμενης πίεσης περιβάλλοντος στα διάφορα στάδια (Khawaji κλπ, 2007). Αυτή η διαδικασία, επιτρέπει στο ρεύμα τροφοδοσίας να «υποβληθεί» σε πολλαπλή ατμοποίηση χωρίς να χρειάζεται πρόσδωση θερμότητας μετά το πρώτο στάδιο. Το θαλασσινό νερό εισέρχεται στο πρώτο στάδιο και φτάνει στο σημείο βρασμού μετά την προθέρμανση του στους σωλήνες. Μάλιστα ψεκάζεται στην επιφάνεια των σωλήνων του ατμοποιητή προκειμένου να επιταχυνθεί η ατμοποίηση. Οι σωλήνες μέσω των οποίων μεταφέρεται ο ατμός, απορροφούν θερμότητα από τον ατμό που κυκλοφορεί. Ο ατμός (περίπου 70 οC) συνήθως παρέχεται από θερμοηλεκτρικό σταθμό. Στο εσωτερικό των σωλήνων ο ατμός συμπυκνώνεται, ενώ το συμπύκνωμα ατμού επιστρέφει στον θερμοηλεκτρικό σταθμό. Μόνο ένα μέρος του θαλασσινού νερού που ψεκάζεται στο πρώτο στάδιο ατμοποιείται. Το υπόλοιπο διοχετεύεται στο δεύτερο στάδιο και ψεκάζεται στη συστοιχία σωλήνων. Αυτοί οι σωλήνες, με τη σειρά τους, θερμαίνονται από τον ατμό που έχει δημιουργηθεί στο πρώτο στάδιο. Ο ατμός συμπυκνώνεται σε καθαρό νερό το οποίο συλλέγεται, ενώ προσδίδει θερμότητα για να ατμοποιηθεί το υπόλοιπο θαλασσινού νερού στο επόμενο στάδιο. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται από στάδιο σε στάδιο σε ολοένα χαμηλότερη πίεση και θερμοκρασία.

Όπως και στη μέθοδο MSF, απαιτείται ποσότητα ατμού, κάτι το οποίο προϋποθέτει γειτονική κατανάλωση ισχύος ή ηλιακούς συλλέκτες. Έχει θερμοηλεκτρική μονάδα μικρότερη σε σχέση με την MSF και συγχρόνως υψηλότερο λόγο απόδοσης. Ως μειονέκτημα θα μπορούσαμε να αναφέρουμε, την εξάτμιση που γίνεται στις επιφάνειες συναλλαγής θερμότητας και καθιστά την διεργασία επιρρεπή στο σχηματισμό στρωμάτων επικάλυψης (Σταματόπουλος, 2007).

#### Απόσταξη με συμπίεση ατμών - VC

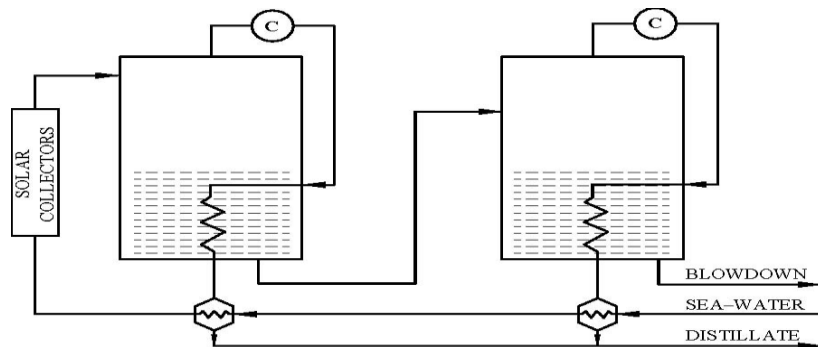
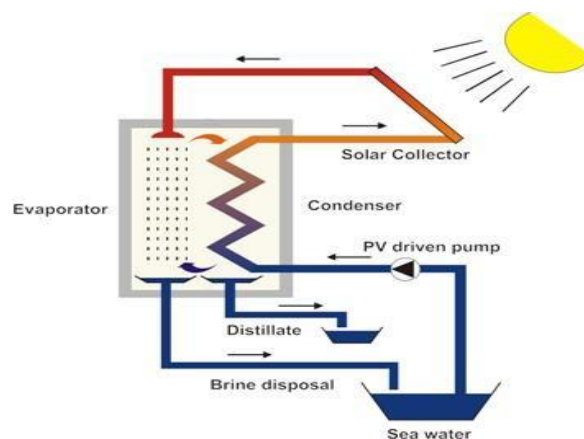


Fig. 11. Principle of operation of a vapour-compression (VC) system.

#### Σχήμα 6-19: Αρχή λειτουργίας μεθόδου VC

Στην απόσταξη με συμπίεση ατμών, η θερμότητα για την ατμοποίηση του θαλασσινού νερού προέρχεται από τη συμπίεση του ατμού. Η μέθοδος εκμεταλλεύεται την αρχή σύμφωνα με την οποία, η μείωση της θερμοκρασίας σημείου βρασμού επιτυγχάνεται μειώνοντας την πίεση (Khawaji κλπ, 2007). Για την συμπύκνωση του ατμού, που θα προσδώσει θερμότητα προκειμένου να ατμοποιηθεί το θαλασσινό νερό, χρησιμοποιείται ένας συμπιεστής. Ο συμπιεστής δημιουργεί κενό στον ατμοποιητή και στη συνέχεια συμπιέζει τον ατμό, προερχόμενο από τον ατμοποιητή, και τον συμπυκνώνει μέσα στη συστοιχία σωλήνων. Το θαλασσινό νερό ψεκάζεται στην επιφάνεια των σωλήνων και ατμοποιείται μερικώς, παράγοντας περισσότερο ατμό. Αποτελεί μια μέθοδο απλή, αξιόπιστη και αποδοτική η οποία απαιτεί μόνο ισχύ. Έχοντας μεγάλης ισχύος συμπιεστή, η διαδικασία σε γίνεται θερμοκρασίες μικρότερες των 70 οC, οπότε αποφεύγεται σ ένα βαθμό η διάβρωση. Χρησιμοποιείται για μεσαίου μεγέθους μονάδες αφαλάτωσης, ενώ έχει χαμηλότερη ειδική ενεργειακή κατανάλωση σε σχέση με τις προηγούμενες μεθόδους.

#### Ηλιακή απόσταξη - SD

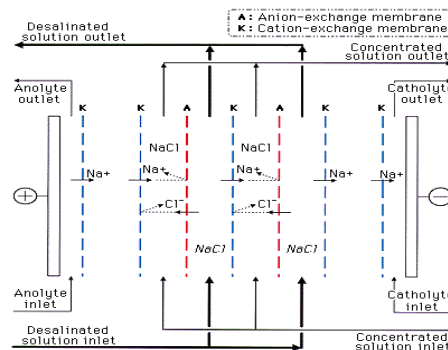


Σχήμα 6-20: Αρχή λειτουργίας μεθόδου SD

Η μέθοδος αποτελεί κομμάτι του υδρολογικού κύκλου. Το θαλασσίνο νερό, διοχετεύεται μέσω σωλήνων στο εσωτερικό του ηλιακού συλλέκτη, όπου θερμαίνεται από τις ακτίνες του ήλιου και παράγεται ατμός (Khawaji κλπ, 2007). Στη συνέχεια, ο ατμός συμπυκνώνεται σε μια ψυχρή επιφάνεια και το συμπύκνωμα συλλέγεται ως πόσιμο νερό.

Η ηλιακή απόσταση εφαρμόζεται σε περιοχές με υψηλά ποσοστά ηλιοφάνειας κατά τη διάρκεια του έτους, αλλά μειονεκτήματα της μεθόδου είναι υψηλές απαιτήσεις σε ενέργεια και η χαμηλή απόδοση της.

### Ηλεκτροδιάλυση - ED



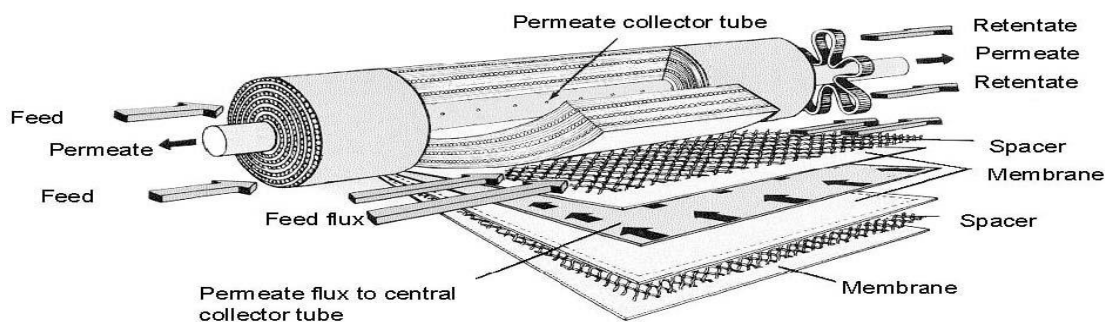
Σχήμα 6-21: Αρχή λειτουργίας μεθόδου ED

Η ηλεκτροδιάλυση πραγματοποιείται μειώνοντας την αλατότητα του νερού με μεταφορά ιόντων. Αυτό γίνεται μέσω μεμβρανών, υπό την επιρροή ηλεκτρικού πεδίου. Το αλμυρό νερό τροφοδοσίας περιέχει διαλυμένα άλατα με θετικά και αρνητικά ιόντα. Τα ιόντα θα μετακινηθούν προς το αντίθετο φορτισμένο ηλεκτρόδιο περνώντας μέσα από μεμβράνες. Η κίνηση των ιόντων μειώνει τη συγκέντρωση άλατος στο νερό τροφοδοσίας του θαλάμου στο οποίο προϋπήρχαν ενώ αυξάνει την συγκέντρωση στους γειτονικούς θαλάμους. Δεκάδες τέτοιοι θάλαμοι συναποτελούν μια μονάδα ηλεκτροδιάλυσης και δημιουργούν εναλλασσόμενα τμήματα καθαρού νερού και άλμης.

Για την αποφυγή δημιουργίας στρωμάτων επικάλυψης, αντιστρέφεται η φορά της διεργασίας, αντιστρέφοντας τη φορά του ηλεκτρικού ρεύματος κάθε 20 min. Έτσι προλαμβάνεται η συσσώρευση ποσότητας άλατος στις μεμβράνες (Kalogirou, 2005).

Η μέθοδος χρησιμοποιείται συνήθως για υφάλμυρο νερό, ενώ η απαίτηση για συνεχές ρεύμα καθιστά τα φωτοβολταϊκά ιδανική λύση για τη λειτουργία της μεθόδου

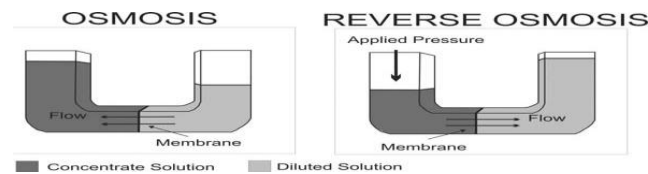
### Αντίστροφης ώσμωσης - RO



Σχήμα 6-22: Σχήμα Το φαινόμενο της ώσμωσης και η επίτευξη της αντίστροφης ώσμωσης



Η μέθοδος αντίστροφης ώσμωσης αποτελεί την πιο διαδεδομένη διεργασία αφαλάτωσης που χρησιμοποιεί μεμβράνες. Η μέθοδος βασίζεται στην επιλεκτική διαπερατότητα ορισμένων πολυμερών. Ενώ, λοιπόν, είναι πολύ διαπερατά στο νερό, καθιστούν δύσκολη τη διέλευση διαφόρων ουσιών. Εφαρμόζοντας διαφορά πίεσης δια μέσου της μεμβράνης, το ρεύμα του θαλασσινού νερού αναγκάζεται να διέλθει από τη μεμβράνη. Σε αυτό το σημείο, πρέπει να τονιστεί ότι η εφαρμοζόμενη πίεση είναι αναγκαίο να υπερβαίνει την ωσμωτική πίεση που δημιουργείται εκατέρωθεν της μεμβράνης προκειμένου να είναι δυνατή η διέλευση του θαλασσινού νερού τροφοδοσίας. Σε εφαρμογές, θαλασσινού νερού η απαιτούμενη πίεση συνήθως κυμαίνεται από 55 έως 68 bar (Fritzmann κλπ, 2006).



Σχήμα 6-23: Το φαινόμενο της ώσμωσης και η επίτευξη της αντίστροφης ώσμωσης

Το φαινόμενο της ώσμωσης εμφανίζεται όταν μια ημι-περατή μεμβράνη χωρίζει δύο υδάτινα ρεύματα διαφορετικής συγκέντρωσης. Σε μηδενική διαφορά πίεσης και θερμοκρασίας ανάμεσα στις δύο πλευρές, η φορά ροής είναι από αυτή της μικρότερης σε αυτή της μεγαλύτερης συγκέντρωσης, μέχρι να ισοσταθμιστούν οι συγκεντρώσεις τους. Αυτή η διαδικασία, συνεχίζεται μέχρι η διαφορά πίεσης ανάμεσα στις δύο πλευρές να πάρει μια συγκεκριμένη τιμή που εξαρτάται από την αντίστοιχη διαφορά συγκεντρώσεων και ονομάζεται ωσμωτική πίεση. Στη μέθοδο αυτή, γίνεται προσπάθεια να «εξαλειφθεί» το φαινόμενο, εφαρμόζοντας διαφορά «πίεσης μεγαλύτερη της ωσμωτικής, έτσι ώστε να αντιστραφεί η ροή από την πλευρά της μεγαλύτερης συγκέντρωσης προς αυτή της μικρότερης. Η πίεση που εφαρμόζεται στη πλευρά τροφοδοσίας είναι συνεχώς αυξανόμενη, καλύπτοντας την ωσμωτική. Έτσι προκύπτει ρεύμα εξόδου αμελητέας συγκέντρωσης σε σχέση με το ρεύμα εισόδου. Η μονάδα αποτελείται από συστοιχία μεμβρανών για την παραγωγή καλύτερου ποιοτικά προϊόντος. Το ρεύμα θαλασσινού νερού αφού προεπεξεργάζεται (πχ αφαίρεση αντικειμένων), αντλείται σε υψηλή πίεση για να είναι σε θέση να διαπεράσει την συστοιχία των μεμβρανών. Έτσι, προκύπτουν δύο ρεύματα. Το ρεύμα της άλμης που απορρίπτεται, αν δεν υπάρχει μέσο εκμετάλλευσής του, και το ρεύμα του πόσιμου νερού το οποίο αφού επεξεργαστεί τελικώς, είναι διαθέσιμο για χρήση.

Την επιτυχία της η μέθοδος την οφείλει, κατά πολύ, στο χαμηλό σχετικά κόστος αλλά και στις χαμηλές ενεργειακές απαιτήσεις. Αυτό επιτεύχθηκε, με την εφαρμογή και την ανάπτυξη συστημάτων ανάκτησης ενέργειας. Τα συστήματα αυτά, γενικά, εκμεταλλεύονται, την απομένουσα ενέργεια του ρεύματος της άλμης, που ειδάλως απορρίπτεται, και συμβάλει στην παροχή της απαιτούμενης πίεσης από την αντλία. Έτσι, μειώνεται η ισχύς της αντλίας ανύψωσης της πίεσης του ρεύματος τροφοδοσίας και συγχρόνως η ενεργειακές απαιτήσεις της μονάδας. Τα συστήματα ανάκτησης ενέργειας (energy recovery systems - ER) που χρησιμοποιούνται στις εφαρμογές αντίστροφης ώσμωσης μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες (Fritzmann κλπ, 2006):

- «Εναλλάκτες πίεσης» (Pressure exchangers), οι οποίοι μεταφέρουν άμεσα πίεση από την άλμη σε μέρος του ρεύματος τροφοδοσίας .
- Συστήματα στροβίλων (Turbine systems), οι οποίοι μετατρέπουν την ενέργεια της ρεύματος της άλμης σε μηχανική, είτε τροφοδοτώντας την αντλία σαν συμπλήρωμα, είτε άμεσα το ρεύμα τροφοδοσίας.

Η γενική αρχή λειτουργίας των εναλλακτών πίεσης έχει ως εξής: Το θαλασσινό νερό οδηγείται σε έναν αγωγό που στη συνέχεια κλείνει από μια βάνα. Μια άλλη βάνα ανοίγει, και επιτρέπει το υψηλής πίεσης ρεύμα άλμης να εισαχθεί στον αγωγό. Με αυτό το τρόπο, το ρεύμα τροφοδοσίας αυξάνει την πίεση του. Στην συνέχεια, αναμιγνύεται με το ρεύμα τροφοδοσίας από την αντλία υψηλής πίεσης και οδηγούνται στις μεμβράνες. Χρησιμοποιώντας εναλλάκτες πίεσης, μόνο ένα μέρος της συνολικής τροφοδοσίας χρειάζεται ανύψωση της πίεσης του από την αντλία. Να αναφέρουμε ότι, ένας εναλλάκτης πίεσης που χρησιμοποιείται στην πλειονότητα των εφαρμογών είναι ο Clark pump της εταιρείας Spectra Watermakers. Οι μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των συστημάτων αντίστροφης ώσμωσης τα τελευταία χρόνια οφείλεται, κατά ένα μεγάλο βαθμό, στην ενσωμάτωση Clark pump.

Ο εναλλάκτης Clark pump χρησιμοποιεί δύο αντίθετα τοποθετημένους κυλίνδρους και έμβολα που ενώνονται με μία ράβδο. Η πίεση του νερού τροφοδοσίας χρησιμοποιείται από το ένα κύλινδρο για να εξαναγκάσει τον

άλλον να δώσει πίεση και να κυκλοφορήσει το υφάλμυρο νερό προς την μεμβράνη. Η πρόσδοση πίεσης επιτυγχάνεται όταν η ράβδος, όπως «σπρώχνεται» μέσα στον κύλινδρο, οδηγεί το νερό στο κλειστό βρόγχο. Η πίεση, στιγμιαία, αυξάνει σε σημείο που ο εκτοπιζόμενος όγκος νερού απορρίπτεται από τη μεμβράνη ως αφαλατωμένο νερό. Όταν το έμβολο ενός κυλίνδρου ακουμπά στη βάση, η διαδικασία αντιστρέφεται.

Από την άλλη, στα συστήματα στροβίλων, η αντλία υψηλής πίεσης έχει να κάνει με το σύνολο του ρεύματος τροφοδοσίας. Τα συστήματα αυτά είναι είτε ένα στρόβιλος Pelton είτε ένα σύστημα συνεργασίας αντλίας-στροβίλου (turbocharger). Στο σύστημα ανάκτησης ενέργειας με στρόβιλο Pelton, το απορριπτόμενο ρεύμα άλμης υψηλής πίεσης εισέρχεται στο στρόβιλο μέσω ενός ακροφύσιου. Η πίεση του ρεύματος μεταφέρεται στον ρότορα του στροβίλου, που με τη σειρά του μεταφέρει ισχύ στην αντλία υψηλής πίεσης μέσω της κοινής τους ατράκτου. Η άλμη απορρίπτεται σε πίεση ίση με την ατμοσφαιρική.

Οι turbochargers αποτελούνται από μια αντλία και ένα στρόβιλο συνδεδεμένα σε ένα κιβώτιο. Τόσο η αντλία όσο και ο στρόβιλος περιέχουν μία απλή βαθμίδα ρότορα. Η υδραυλική ενέργεια του ρεύματος της άλμης μετατρέπεται σε μηχανική από τον ρότορα του στροβίλου. Στη συνέχεια, η αντλία ξαναμετατρέπει την ενέργεια σε πίεση με την οποία τροφοδοτεί το ρεύμα του θαλασσινού νερού. Η διεργασία παρουσιάζεται στο σχήμα 2.17, όπου η αντλία υψηλής πίεσης αυξάνει την πίεση της τροφοδοσίας σε μια μέση τιμή και στη συνέχεια αυξάνεται περαιτέρω από το σύστημα ανάκτησης ενέργειας (turbocharger).

Συγκριτικά, οι turbochargers αποτελούν την επικρατούσα τεχνολογία στο χώρο αυτό, παρόλο που οι εναλλάκτες πίεσης έχουν αρκετά πλεονεκτήματα όσον αφορά την απόδοση της μονάδας.

Οι εναλλάκτες πίεσης διατηρούν τον βαθμό απόδοσης τους ανεξάρτητα από οποιεσδήποτε αλλαγές μπορούν να συμβούν λόγω χρόνων λειτουργίας της μονάδας ή συντήρησης, σε αντίθεση με τους στροβίλους που με μια τέτοια αλλαγή, μπορεί να μεταβάλει το σημείο λειτουργίας τους και να λειτουργούν με μειωμένη απόδοση (εκτός του κανονικού σημείου λειτουργίας). Όμως, οι εναλλάκτες πίεσης απαιτούν κάποιο πρόσθετο εξοπλισμό, όπως κυκλοφορητές. Έτσι αυξάνονται τα κόστη εξοπλισμού και συντήρησης. Επίσης, ο τρόπος λειτουργίας τους αυξάνει την αλατότητα του ρεύματος με αποτέλεσμα μεγαλύτερη ωσμωτική πίεση.

Συμπερασματικά, η εφαρμογή συστημάτων ανάκτησης πίεσης, έχει ως αποτέλεσμα την μείωση ειδικής ενεργειακής κατανάλωσης της μονάδας. Σε μονάδες εφοδιασμένες με συστήματα ανάκτησης ενέργειας η ενεργειακή απαίτηση κυμαίνεται στις αρκετά χαμηλές τιμές των 2-4 kWh/m για θαλασσινό νερό (Fritzmann, 2006).

Παράμετροι επιλογής μεθόδου αφαλάτωσης

Κατά τη μελέτη εγκατάστασης μιας μονάδας αφαλάτωσης, πρέπει να εξετάζονται διαφορές παράμετροι, για να επιλεγεί η κατάλληλη μέθοδος. Οι παράμετροι αυτές είναι (Kalogirou, 2005):

- Πηγή ενεργειακής τροφοδοσίας μονάδας
- Ενεργειακές απαιτήσεις
- Το μέγεθος της παραγωγής και η ποιότητα του πόσιμου νερού
- Απαιτήσεις επεξεργασίας θαλασσινού νερού
- Το κόστος εξοπλισμού
- Η επιφάνεια γης που απαιτείται για την εγκατάσταση του εξοπλισμού

## **ΔΙΥΛΗΣΤΙΡΟ ΝΕΡΟΥ**

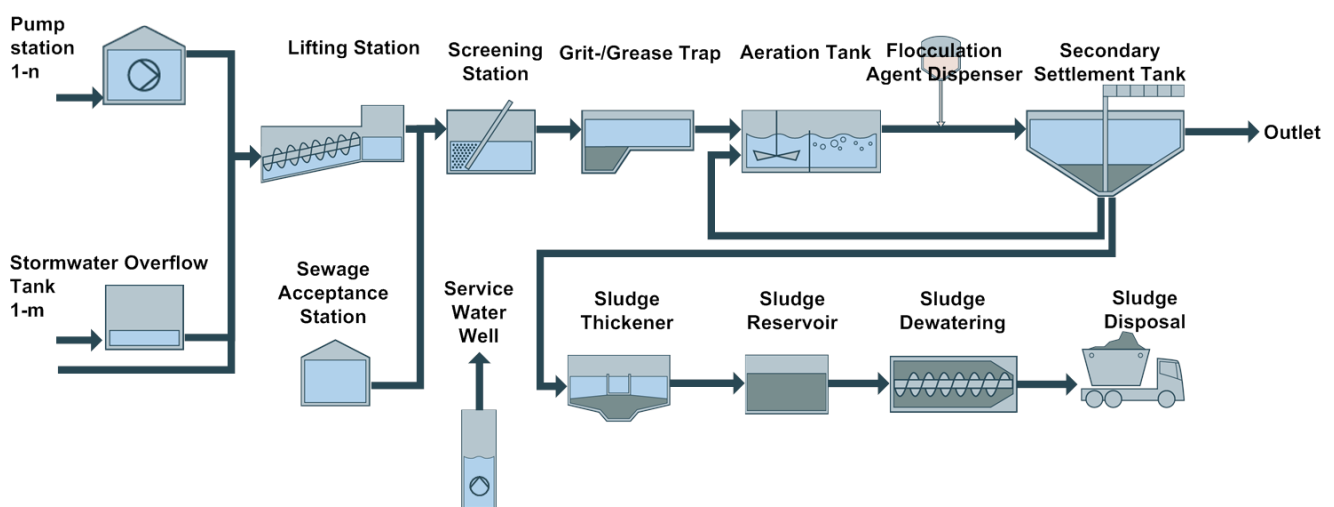
Το ακατέργαστο νερό προέρχεται από επιφανειακές και υπόγειες πηγές και μεταφέρεται σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας, όπου μετατρέπεται σε πόσιμο με τη βελτίωση των φυσικών, χημικών και βιολογικών χαρακτηριστικών του. Μετά την προστασία των πηγών, οι επόμενοι φραγμοί ενάντια στη μόλυνση του συστήματος πόσιμου νερού, είναι οι διαδικασίες επεξεργασίας νερού συμπεριλαμβανομένης της απολύμανσης και της φυσικής αφαίρεσης των προσμείξεων. Ο βαθμός επεξεργασίας που απαιτείται για να γίνει πόσιμο το νερό, εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του ακατέργαστου νερού, τα σχετικά πρότυπα για το πόσιμο νερό, τις διαδικασίες επεξεργασίας που χρησιμοποιούνται και τα χαρακτηριστικά του συστήματος διανομής.

Το νερό δεν πρέπει να έχει γεύση ή οσμή, η οποία να ενοχλεί τους καταναλωτές. Για να διαπιστώσουν την ποιότητα του πόσιμου νερού, οι καταναλωτές βασίζονται κυρίως στις αισθήσεις τους. Μικροβιακά, χημικά και φυσικά συστατικά του νερού είναι δυνατό να επηρεάσουν την εμφάνιση, τη μυρωδιά ή τη γεύση του νερού και ο καταναλωτής θα εκτιμήσει την ποιότητα και το κατά πόσο το νερό είναι αποδεκτό, στη βάση αυτών των κριτηρίων. Παρόλο που αυτές οι ουσίες μπορεί να μην έχουν

καμιά άμεση επίπτωση στην υγεία, νερό το οποίο είναι θολό, έχει χρώμα ή έχει κάποια δυσάρεστη οσμή ή γεύση, μπορεί να θεωρηθεί μη ασφαλές από τους καταναλωτές και να απορριφθεί. Σε ακραίες περιπτώσεις, οι καταναλωτές μπορεί να αποφύγουν το αισθητικά μη αποδεκτό, αλλά κατά τα άλλα ασφαλές πόσιμο νερό και να προτιμήσουν πιο ευχάριστες αλλά δυνητικά επικίνδυνες πηγές. Για αυτό το λόγο, είναι καλό να λαμβάνονται υπόψη οι αντιλήψεις του καταναλωτή και να ικανοποιούνται κριτήρια που αφορούν τόσο την υγεία, όσο και την αισθητική, όταν εξετάζονται οι πηγές πόσιμου νερού και δημιουργούνται κανονισμοί και πρότυπα. Αλλαγές στη συνήθη εμφάνιση, οσμή ή γεύση του νερού, μπορεί να σηματοδοτούν αλλαγές στην ποιότητα της πηγής του ακατέργαστου νερού ή ανεπάρκειες στις διαδικασίες επεξεργασίας και θα πρέπει να διερευνηθούν. Το κρύο νερό είναι, γενικά, πιο εύγευστο από το ζεστό νερό και η θερμοκρασία θα έχει επιπτώσεις στην αποδοχή άλλων ανόργανων συστατικών και χημικών προσμείξεων, οι οποίες μπορούν να επηρεάσουν τη γεύση. Η υψηλή θερμοκρασία στο νερό ευνοεί την ανάπτυξη μικροοργανισμών και μπορεί να επιδεινώσει προβλήματα που σχετίζονται με τη γεύση, την οσμή, το χρώμα και τη διάβρωση.

Οι κατευθυντήριες γραμμές της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Ε.Ε) και του Παγκόσμιου οργανισμού Υγείας (Π.Ο.Υ), ακολουθούνται γενικά, στις περισσότερες χώρες του κόσμου σαν κριτήρια για την ποιότητα του πόσιμου νερού. Εκτός από αυτές τις κατευθυντήριες γραμμές, κάθε χώρα ή περιοχή ή υπηρεσία παροχής νερού μπορεί να έχει τις δικές του επιπλέον κατευθυντήριες γραμμές, οι οποίες διασφαλίζουν ότι οι χρήστες έχουν πρόσβαση σε ασφαλές πόσιμο νερό. Οι πιο κοινές διαδικασίες επεξεργασίας, οι οποίες χρησιμοποιούνται για να καταστεί το νερό κατάλληλο για ανθρώπινη κατανάλωση είναι:

- Αρχική εσχάρωση
- Αποθήκευση
- Εσχάρωση ή μικροεσχάρωση
- Αερισμός
- Κροκίδωση
- Συσσωμάτωση
- Καθίζηση
- Διήθηση
- Ρύθμιση pH
- Απολύμανση
- Αποσκλήρυνση
- Απομάκρυνση της ιλύος



Σχήμα 6-24: Εγκαταστάσεις επεξεργασίας νερού

## ΔΙΥΛΙΣΤΗΡΙΑ ΝΕΡΟΥ

### ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΚΑΙ ΣΤΑΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

Στα διυλιστήρια νερού γίνεται η επεξεργασία του νερού των φραγμάτων και συγκεκριμένα, επεξεργάζονται 400 λίτρα /δευτερόλεπτο. Το ακατέργαστο νερό όταν φτάνει στις εγκαταστάσεις των διυλιστηρίων περιέχει όλες τις συνηθισμένες ουσίες ενός επιφανειακού νερού, όπως αέρια, μικρόβια, στερεές ουσίες (χώματα και φύλλα), αιωρούμενα και κολλοειδή σωματίδια, πρωτόζωα, άλγες κλπ. Για να καταστεί δυνατή η αφαίρεση όλων αυτών των ουσιών ούτως ώστε το νερό να γίνει πόσιμο, ακολουθείται η παρακάτω διαδικασία (Μήτρακας,1996):

- Αφαίρεση των στερεών ουσιών
- Αποχρωματισμός και οξείδωση της ανόργανης και οργανικής ύλης και αδρανοποίηση
- όλων των μικροοργανισμών, πρωτόζωων και άλλων, με χλώριο (προχλωρίωση)
- Αερισμός του νερού
- Κροκίδωση των κολλοειδών/οργανικών σωματιδίων με θειικό αργίλιο και ανιονικό
- πολυηλεκτρολύτη
- Καθίζηση
- Φιλτράρισμα του νερού
- Προσθήκη ασβέστη
- Μεταχλωρίωση

#### Αφαίρεση στερεών ουσιών

Στη δεξαμενή ακατέργαστου νερού του διυλιστηρίου κατακρατούνται διάφορες στερεές ουσίες όπως φύλλα, υδρόβια φυτά, χώματα και άλλες στερεές ουσίες που υπάρχουν στα φράγματα, στις σωλήνες μεταφοράς του ακατέργαστου νερού και στις δεξαμενές αποπίεσης.

#### Προχλωρίωση

Το χλώριο έχει οξειδωτική και απολυμαντική ικανότητα. Με την προσθήκη χλωρίου, αφενός οξειδώνονται διάφορες οργανικές και ανόργανες ουσίες όπως σίδηρος, υδρόθειο, αμμωνία, φυτικές και άλλες οργανικές ουσίες και αφετέρου αδρανοποιούνται ή και σκοτώνονται όλοι οι παθογόνοι και άλλοι μικροοργανισμοί, όπως βακτηρίδια, άλγες, πρωτόζωα, ιοί κλπ. Σε όλα τα στάδια διύλισης, έχουμε πλεόνασμα χλωρίου για να μην υπάρχει η πιθανότητα ανάπτυξης ή πολλαπλασιασμού οποιονδήποτε παθογόνων μικροοργανισμών. Η ποσότητα χλωρίου που προστίθεται, μεταβάλλεται ανάλογα με την ποσότητα νερού, αλλά του και με τις συνθήκες θερμοκρασίας. Το καλοκαίρι για παράδειγμα το χλώριο εξατμίζεται ευκολότερα κι έτσι παρέχεται σε μεγαλύτερες

ποσότητες. Σε περίπτωση που υπάρξει διαρροή χλωρίου, αυτόματα, μέσω εξειδικευμένων συστημάτων, εισέρχεται στο χώρο καυστική σόδα κι έτσι παράγεται αλάτι, ώστε να αποφευχθούν τυχόν ατυχήματα. Ακόμη, επειδή το χλώριο είναι ακριβό και επικίνδυνο, γίνονται προσπάθειες αντικατάστασής του.

#### Αερισμός νερού

Ο αερισμός του νερού γίνεται για να αδρανοποιηθούν οι αναερόβιοι μικροοργανισμοί και να οξειδωθούν οι οργανικές ουσίες ούτως ώστε στη συνέχεια να γίνει πιο αποδοτική η διύλιση του νερού.

#### Κροκίδωση

Κροκίδωση ονομάζεται η διαδικασία που επιτυγχάνεται με την προσθήκη θειικού αργιλίου. Η προσθήκη του θειικού αργιλίου γίνεται για την αφαίρεση των κολλοειδών (οργανικών) σωματιδίων από το ακατέργαστο νερό ώστε το νερό να γίνει από κιτρινοπράσινο, διαυγές. Το δραστικό στοιχείο του θειικού αργιλίου είναι το αργίλιο που αντιδρά με τα αρνητικά φορτία των κολλοειδών σωματιδίων. Τα σωματίδια παύουν να αιωρούνται και συσσωματώνονται, σχηματίζοντας οργανικές ουσίες μεγαλύτερου όγκου (φαινόμενο κροκίδωσης). Οι ουσίες αυτές έχουν μεγαλύτερο μοριακό βάρος από το νερό και σταδιακά κατακάθονται στη δεξαμενή καθίζησης ως λάσπη.

#### Προσθήκη ανιονικού πολυηλεκτρολύτη

Η προσθήκη του ανιονικού πολυηλεκτρολύτη ενισχύει τη δράση του θειικού αργιλίου. Η χρήση του δημιουργεί μεγάλες και βαριές οργανικές ουσίες που κατακάθονται πολύ πιο εύκολα, δηλαδή σε 2-3 ώρες αντί σε 6-8 ώρες με τη χρήση μόνο του θειικού αργιλίου. Η προσθήκη του ανιονικού πολυηλεκτρολύτη γίνεται όταν η προσθήκη του θειικού αργιλίου δεν επιτυγχάνει την επιθυμητή συνένωση των οργανικών ουσιών, ιδιαίτερα όταν υπάρχουν χαμηλές θερμοκρασίες το χειμώνα, όταν το ακατέργαστο νερό περιέχει μεγάλες ποσότητες αλγών την άνοιξη και το φθινόπωρο και όταν υπάρχει μεγάλη θολότητα στο νερό, ιδιαίτερα μετά από βαριές βροχοπτώσεις.

#### Καθίζηση



Μετά την προσθήκη του θεικού αργιλίου και σε ορισμένες περιπτώσεις και του ανιονικού πολυηλεκτρολύτη, επιτυγχάνεται κροκίδωση και καθίζηση της λάσπης στις δεξαμενές καθίζησης. Οι δεξαμενές καθίζησης σε αρκετές περιπτώσεις ονομάζονται δεξαμενές διαύγισης γιατί εδώ το νερό γίνεται διαυγές. Η αφαίρεση της λάσπης από τις πιο πάνω δεξαμενές γίνεται σε καθημερινή βάση. Η λάσπη αποστέλλεται στις δεξαμενές αποξήρασης κι έπειτα στο σκυβαλότοπο, το δε επεξεργασμένο νερό προχωρεί προς τα φίλτρα.

#### Φιλτράρισμα νερού

Μετά τις δεξαμενές καθίζησης, το νερό περνά μέσα από ειδικά φίλτρα άμμου όπου φιλτράρεται για να απομακρυνθούν από αυτό και οι τελευταίοι κρόκοι ή θρόμβοι που τυχόν απέμειναν. Σε τακτά χρονικά διαστήματα τα φίλτρα ξεπλένονται, με αντίστροφη ροή του νερού, για να καθαρίσουν και να μην κλείσουν με τις ακαθαρσίες που μαζεύονται. Το ακάθαρτο νερό διοχετεύεται σε άλλη δεξαμενή όπου η μεν λάσπη κατακάθεται στο χαμηλό μέρος της, ενώ το νερό ξαναμπαίνει στο σύστημα διύλισης για επεξεργασία. Με τον τρόπο αυτό η απώλεια νερού από τη διύλιση μειώνεται από 3-4% στα 0,5-1%.

#### Προσθήκη ασβέστη

Μετά τη διύλιση γίνεται η προσθήκη του ειδικά επεξεργασμένου ασβέστη για τη διόρθωση της οξύτητας του νερού (pH). Η προσθήκη του ασβέστη γίνεται μόνο όταν αυτό θεωρείται απαραίτητο, συνήθως κατά τους χειμερινούς μήνες. Το ακατέργαστο νερό των φραγμάτων είναι αλκαλικό (pH 8.0-8.5), με την προσθήκη όμως του θεικού αργιλίου και χλωρίου, το νερό αυτό μετατρέπεται σε όξινο μέχρι ουδέτερο (pH 7,0-7,5) και με την προσθήκη του ασβέστη το νερό γίνεται λιγότερο αλκαλικό (pH 7.4-7.8).

#### Μεταχλωρίωση

Στο τέλος της επεξεργασίας ή διύλισης του νερού, γίνεται η μεταχλωρίωσή του (δεύτερη προσθήκη χλωρίου) για να μην επανεμφανιστούν οποιοδήποτε μικροοργανισμοί μέχρι να παραληφθεί το νερό από τα διάφορα Συμβούλια Υδατοπρομήθειας, Δήμους και Κοινότητες. Οι ποσότητες χλωρίου που προστίθενται είναι πολύ μικρότερες από αυτές της προχλωρίωσης.

#### Διεργασίες που χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία πόσιμου νερού

##### Αρχική εσχάρωση – Αποθήκευση

Για να προστατευτεί η εγκατάσταση επεξεργασίας, το νερό περνά πρώτα από μια σειρά σχαρών, οι οποίες είναι κατασκευασμένες για να αφαιρούν φύλλα, χαρτί, πέτρες, ξύλα και άλλα αιωρούμενα και επιπλέοντα στερεά. Οι εσχάρες αφαιρούνται συχνά για να καθαριστούν ή πλένονται με αντλίες υψηλής πίεσης για να προληφθεί το φράξιμο. Μετά, το νερό αποθηκεύεται σε δεξαμενες, όπου η ποιότητά του βελτιώνεται.

##### Εσχάρωση

Πριν από την κύρια επεξεργασία, το νερό περνά ξανά μέσα από σχάρες με μικράδιάκενα, οι οποίες είναι σχεδιασμένες για να αφαιρούν στερεά σωματίδια.

##### Αερισμός

Οι διεργασίες αερισμού είναι σχεδιασμένες για να αφαιρούν αέρια και πτητικές ενώσεις μέσω αεροδιαχωρισμού. Η μεταφορά οξυγόνου, συνήθως, μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση μιας απλής διάχυσης αέρα στο νερό, χωρίς να υπάρχει ανάγκη για περίπλοκο εξοπλισμό. Ο αεροδιαχωρισμός βελτιώνει το ρυθμό της φυσικής διαδικασίας της εξάτμισης, αυξάνοντας την επιφάνεια επαφής μεταξύ αέρα και νερού, για να αφαιρεθούν οι πτητικές ενώσεις από το νερό. Η αφαίρεση αερίων ή πτητικών ενώσεων όμως, μπορεί να απαιτεί εξειδικευμένες

εγκαταστάσεις, οι οποίες να προσφέρουν ψηλό βαθμό μαζικής μεταφοράς από την υγρή στην αέρια φάση. Για τη μεταφορά οξυγόνου, οι φυσητήρες είναι κατασκευασμένοι με τέτοιο τρόπο, ώστε η ροή του νερού να γίνεται μέσω μιας λεπτής μεμβράνης για να επιτυγχάνεται αποδοτική μεταφορά μάζας. Εναλλακτικά, μπορεί να διαχυθεί συμπιεσμένος αέρας διαμέσου ενός συστήματος διάτρητων σωλήνων. Αυτοί οι τύποι φυσητήρων, χρησιμοποιούνται για οξείδωση και καθίζηση σιδήρου και μαγγανίου. Ο αεροδιαχωρισμός, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αφαίρεση πτητικών οργανικών ενώσεων (π.χ. διαλύτες), μερικών ενώσεων που προκαλούν γεύση και οσμή καιραδονίου.

##### Χημική κατακρήμνιση

Η συσσωμάτωση και η κροκίδωση είναι μόνο δύο από τα πολλά στάδια που ακολουθούνται, για να φτάσει το ακατέργαστο νερό τα αποδεκτά πρότυπα.

##### (α) Κροκίδωση

Η διεργασία που βασίζεται στη χημική κροκίδωση, είναι η πιο κοινή προσέγγιση για επεξεργασία επιφανειακών υδάτων και στηρίζεται σχεδόν πάντα στις ακόλουθες μονάδες διεργασίας. Χημικά κροκιδωτικά, συνήθως άλατα αλουμινίου ή σιδήρου, προστίθενται στο ακατέργαστο νερό κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες, για να σχηματιστεί ένα στερεό, ιξώδες μεταλλικό υδροξείδιο. Τα συσσωματώματα, που δημιουργούνται, απομακρύνουν επιπλέοντες και διαλυμένες προσμείξεις με μηχανισμούς εξουδετέρωσης φορτίων,



απορρόφησης και παγίδευσης. Η αποτελεσματικότητα της διαδικασίας κροκιδώσης εξαρτάται από την ποιότητα του ακατέργαστου νερού, το κροκιδωτικό ή τα κροκιδωτικά βοηθήματα που χρησιμοποιούνται και λειτουργικούς παράγοντες όπως, τις συνθήκες ανάμιξης, τη δόση κροκιδωτικού και το pH. Στη συνέχεια, τα συσσωματώματα αφαιρούνται από το επεξεργασμένο νερό με διεργασίες διαχωρισμού υγρού – στερεού, όπως καθίζηση ή επίπλευση και/ή διήθηση με φίλτρα άμμου ή φίλτρα πίεσης. Η αποτελεσματική λειτουργία της διαδικασίας κροκιδώσης εξαρτάται από την επιλογή της βέλτιστης δόσης κροκιδωτικού και επίσης, από την τιμή του pH. Η απαιτούμενη δόση και το pH μπορούν να καθοριστούν με τη διεξαγωγή ελέγχων κροκιδώσης μικρής κλίμακας, οι οποίοι συχνά ονομάζονται Jar tests. Αυξανόμενες δόσεις κροκιδωτικών προστίθενται σε δείγματα ακατέργαστου νερού, τα οποία αναδεύονται και στη συνέχεια αφήνονται να καθιζάνουν. Η βέλτιστη δόση είναι αυτή που αφαιρεί επαρκώς το χρώμα και τη θολότητα, το βέλτιστο pH μπορεί να καθοριστεί με παρόμοιο τρόπο. Αυτοί οι έλεγχοι πρέπει να διεξάγονται με επαρκή συχνότητα για να διαπιστώνονται οι αλλαγές στην ποιότητα του ακατέργαστου νερού και συνεπώς στην απαιτούμενη ποσότητα κροκιδωτικού. Κατά την κροκιδώση, μπορεί να προστεθεί στο νερό κονιορτοποιημένος ενεργός άνθρακας (PAC), για να απορροφήσει οργανικές ενώσεις, όπως μερικά υδρόφοβα παρασιτοκτόνα. Ο ενεργός άνθρακας θα αφαιρεθεί σαν μέρος των συσσωματωμάτων και θα απορριφθεί με τη λάσπη (ιλύς). Τα συσσωματώματα μπορούν να αφαιρεθούν με καθίζηση, για να μειωθεί ο όγκος των στερεών που καταλήγει στα φίλτρα άμμου. Η καθίζηση, συνήθως, επιτυγχάνεται σε δεξαμενές οριζόντιας ροής ή αντιδραστήρες στιβάδας. Εναλλακτικά, οι τολύπες μπορούν να αφαιρεθούν χρησιμοποιώντας επίπλευση με διαλυμένο αέρα, κατά την οποία, τα στερεά έρχονται σε επαφή με φυσαλίδες αέρα, οι οποίες προσκολλώνται στους τολύπες, οδηγώντας τους στην επιφάνεια της δεξαμενής, από όπου συλλέγονται περιοδικά, υπό μορφή στρώματος λάσπης. Το επεξεργασμένο νερό περνά μέσα από φίλτρα άμμου, για να αφαιρεθούν τα εναπομείναντα στερεά. Το διηθημένο νερό μπορεί να περάσει από ακόμα ένα στάδιο επεξεργασίας, όπως επιπλέον οξείδωση και διήθηση (για την αφαίρεση μαγγανίου), οξονοποίηση και/ή προσρόφηση κοκκώδη ενεργού άνθρακα (για αφαίρεση παρασιτοκτόνων και άλλων οργανικών ενώσεων), πριν την τελική απολύμανση και την είσοδο του επεξεργασμένου νερού στο δίκτυο διανομής. Η κροκιδώση είναι κατάλληλη για την αφαίρεση ορισμένων βαριών μετάλλων και χαμηλής διαλυτότητας οργανικών χημικών, όπως παρασιτοκτόνα με οργανοχλωρίνες. Όσον αφορά άλλα οργανικά χημικά, η κροκιδώση είναι γενικά αναποτελεσματική, εκτός και αν το χημικό είναι προσκολλημένο σε χουμικά υλικά ή απορροφημένο σε σωματίδια.

#### **(β) Συσσωμάτωση**

Τα υλικά και τα σωματίδια, τα οποία βρίσκονται στο πόσιμο νερό (πηλός, οργανικά υλικά, μέταλλα, μικροοργανισμοί), συνήθως είναι πολύ μικρά και έτσι δε θα καθιζάνουν χωρίς βοήθεια. Για να βοηθηθεί η διαδικασία καθίζησης, προστίθενται στο νερό κατάλληλες ενώσεις, με αποτέλεσμα τα αιωρούμενα σωματίδια να προσκολλούνται σε αυτές τις ενώσεις και να δημιουργούν μεγάλα και βαρύτερα σωματίδια. Το νερό αναδεύεται απαλά, με μεγάλα κουπιά, για να διανεμηθεί το κροκιδωτικό. Η διαδικασία αυτή διαρκεί περίπου 25 λεπτά. Η συσσωμάτωση είναι η διαδικασία, κατά την οποία το νερό αναδεύεται αργά και έχει σαν αποτέλεσμα τη διανομή του κροκιδωτικού, την αύξηση του μεγέθους των συσσωματωμάτων και την προσκόλλησή τους σε άσωματίδια για τη δημιουργία μεγαλύτερων σωματιδίων, τα οποία θα καθιζάνουν εύκολα. Ο σκοπός είναι η δημιουργία συσσωμάτων με κατάλληλο μέγεθος, πυκνότητα και σκληρότητα, τα οποία να μπορούν να αφαιρεθούν αποτελεσματικά με καθίζηση και διήθηση. Η δημιουργία τους εξαρτάται από το ρυθμό με τον οποίο γίνονται οι συγκρούσεις μεταξύ των σωματιδίων και τη σταθερότητα τους μετά τις συγκρούσεις.

#### **Καθίζηση**

Όταν το νερό είναι ακίνητο ή κινείται με μικρή ταχύτητα, τα αιωρούμενα σωματίδια κατασταλάζουν στον πυθμένα. Συνήθως, χρησιμοποιούνται δύο βασικές διεργασίες καθίζησης, η καθίζηση οριζόντιας ροής και η καθίζηση ανοδικής ροής. Η αποτελεσματική απομάκρυνση των μεγαλύτερων συσσωματωμάτων με καθίζηση βοηθά στην παραγωγή καλύτερης ποιότητας διηθημένου νερού και υποβοηθά τη λειτουργία των φίλτρων. Ο χρόνος παρακράτησης είναι ο μέσος όρος του χρόνου που χρειάζεται, για να περάσει το νερό από τη δεξαμενή καθίζησης. Αν η δεξαμενή είναι κατάλληλα σχεδιασμένη, επιτυγχάνεται η απομάκρυνση ενός μεγάλου ποσοστού των αιωρούμενων σωματιδίων.

#### **Δύλιση**

Τα σωματίδια μπορούν να αφαιρεθούν από το ακατέργαστο νερό με τη χρήση φίλτρων βαρύτητας, οριζόντιων φίλτρων, φίλτρων πίεσης ή φίλτρων άμμου. Το νερό περνά από μια σειρά φίλτρων, τα οποία παγιδεύουν και αφαιρούν τα σωματίδια που παρέμειναν στο νερό. Για να συμπληρωθεί αυτή η διαδικασία, χρησιμοποιούνται συνήθως στρώματα άμμου ή ξυλάνθρακα. Η διήθηση με φίλτρα άμμου είναι μια βιολογική επεξεργασία, ενώ οι υπόλοιπες μέθοδοι διήθησης είναι φυσικές επεξεργασίες. Τα φίλτρα βαρύτητας, τα οριζόντια φίλτρα και τα φίλτρα πίεσης, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για άμεση διήθηση του ακατέργαστου νερού, χωρίς προεπεξεργασία. Τα φίλτρα βαρύτητας και τα φίλτρα πίεσης, ρησιμοποιούνται

συνήθως για να διηθήσουν νερό, το οποίο έχει υποστεί επεξεργασίες κροκιδώσης και καθίζησης. Μια εναλλακτική διαδικασία είναι η άμεση διήθηση, κατά την οποία προστίθεται στο νερό κροκιδωτικό και μετά περνά κατευθείαν από τα φίλτρα, όπου αφαιρούνται τα συσσωματώματα (μαζί με τιςπροσμείξεις) η χρήση της άμεσης διήθησης περιορίζεται από τη χωρητικότητα του φίλτρου για αποθήκευση στερεών.

#### α) Φίλτρα βαρύτητας

Τα φίλτρα βαρύτητας αποτελούνται συνήθως από μια ανοικτή, ορθογώνια δεξαμενή, η οποία περιέχει πυριτική άμμο (εύρος μεγέθους 0.5-1.0 mm ) σε βάθος μεταξύ 0.6 και 2 μέτρων. Το νερό έχει κάθετη ροή και τα στερεά συγκεντρώνονται στα ανώτερα στρώματα της άμμου. Ο ρυθμός ροής είναι γενικά 4–20 m / m Το επεξεργασμένο νερό συλλέγεται από στόμια που βρίσκονται στον πυθμένα του φίλτρου. Τα στερεά που συγκεντρώνονται, απομακρύνονται περιοδικά με τη χρήση κατεργασμένου νερού, ενώ, μερικές φορές, προηγείται πλύσιμο της άμμου με αέρα. Παράγεται αραιωμένη ιλύς, η οποία πρέπει να απομακρυνθεί. Εκτός από τα φίλτρα άμμου, χρησιμοποιούνται φίλτρα διπλού στρώματος ή φίλτρα πολλαπλών στρωμάτων. Αυτά τα φίλτρα συνδυάζουν διαφορετικά υλικά, με αποτέλεσμα η κατασκευή τους να μετατρέπεται από χονδροειδής σε λεπτή, καθώς το νερό περνά μέσα από το φίλτρο. Χρησιμοποιούνται υλικά με κατάλληλη πυκνότητα, για να επιτευχθεί ο διαχωρισμός των διάφορων στρωμάτων μετά από ανάστροφη πλύση. Ένα τυπικό παράδειγμα φίλτρου διπλού στρώματος είναι το φίλτρο ανθρακίτη – άμμου, το οποίο αποτελείται, συνήθως, από ένα στρώμα ανθρακίτη με κόκκους μεγέθους 1.5 mm και βάθους 0.2 m , πάνω από ένα στρώμα πυριτικής άμμου, βάθους 0.6 m . Ο ανθρακίτης, η άμμος και ο λυχνίτης, μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε φίλτρα πολλαπλών στρωμάτων.

Το πλεονέκτημα των φίλτρων διπλού στρώματος είναι ότι, υπάρχει πιο αποτελεσματική χρήση ολόκληρου του βάθους της κλίνης για τη συγκράτηση σωματιδίων – ο ρυθμός ανάπτυξης του ύψους τριβών, μπορεί να είναι μέχρι και ο μισός σε σύγκριση με τα φίλτρα ενός στρώματος, γεγονός το οποίο επιτρέπει μεγαλύτερους ρυθμούς ροής χωρίς να υπάρχει αύξηση του ύψους απωλειών.

Τα φίλτρα βαρύτητας χρησιμοποιούνται συνήθως για την αφαίρεση συσσωματωμάτων από κροκιδωμένο νερό. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν, επίσης, για να μειώσουν τη θολότητα (συμπεριλαμβανομένων και απορροφημένων χημικών) και το οξειδωμένο σίδηρο και μαγγάνιο από το ακατέργαστο νερό.

#### β) Χαλικόφιλτρα

Τα χαλικόφιλτρα μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν φίλτρα προεπεξεργασίας πριν από την εφαρμογή άλλων επεξεργασιών, όπως, για παράδειγμα, η διήθηση με φίλτρα άμμου. Τα χαλικόφιλτρα με μέσο διήθησης το χοντρό χαλίκι ή θραυστό υλικό μπορούν να επεξεργαστούν επιτυχώς, νερό με αυξημένη θολότητα. Το κύριο πλεονέκτημα της διήθησης με τα φίλτρα αυτά είναι ότι, ενώ το νερό περνά από το φίλτρο, τα σωματίδια απομακρύνονται τόσο μέσω της διήθησης, όσο και μέσω της καθίζησης λόγω βαρύτητας. Τα οριζόντια φίλτρα μπορούν να έχουν μήκος μέχρι και 10 m και λειτουργούν σε ρυθμούς διήθησης 0.3–1.0 m / m

#### γ) Φίλτρα πίεσης

Τα φίλτρα πίεσης χρησιμοποιούνται μερικές φορές, όταν είναι απαραίτητο να διατηρηθεί η πίεση και να αποφευχθεί η χρήση αντλιών στο δίκτυο διανομής. Η κλίση του φίλτρου βρίσκεται σε κυλινδρικό κέλυφος. Μικρά φίλτρα πίεσης, με δυνατότητα επεξεργασίας περίπου 15 m<sup>3</sup> /ώρα, μπορούν να κατασκευαστούν από πλαστικό ενισχυμένο με γυαλί. Μεγαλύτερα φίλτρα πίεσης, με διάμετρο μέχρι και 4 m , κατασκευάζονται από ειδικά επικαλυμμένο ατσάλι. Η λειτουργία και η αποδοτικότητά τους είναι, γενικά, η ίδια με των φίλτρων βαρύτητας και παρόμοιες εγκαταστάσεις είναι απαραίτητες για τον καθαρισμό τους και την απομάκρυνση της ιλύος.

#### δ) Φίλτρα άμμου βραδείας διύλισης

Τα φίλτρα άμμου βραδείας διύλισης αποτελούνται, συνήθως, από δεξαμενές, οι οποίες περιέχουν άμμο (εύρος αποτελεσματικού μεγέθους 0.15– 0.3 mm ), σε βάθος μεταξύ 0.5 και 1.5 m . Το ακατέργαστο νερό ρέει προς τα κάτω και η θολότητα και οι μικροοργανισμοί αφαιρούνται, αρχικά, στα πρώτα εκατοστά της άμμου. Στην επιφάνεια του φίλτρου αναπτύσσεται ένα βιολογικό υμέναιο, γνωστό σαν « schmutzdecke » («στρώμα βρωμιάς» στα γερμανικά), το οποίο μπορεί να συμβάλει στην αφαίρεση μικροοργανισμών. Το επεξεργασμένο νερό συλλέγεται στον πυθμένα του φίλτρου με στραγγιστήρια ή σωληνώσεις. Το ανώτερο στρώμα άμμου (μερικά εκατοστά), το οποίο περιέχει τα συσσωρευμένα στερεά, περιοδικά αφαιρείται και αντικαθίσταται. Τα φίλτρα άμμου λειτουργούν με ρυθμούς ροής νερού μεταξύ 0.1 και 0.3 m<sup>3</sup> / m<sup>2</sup> /ώρα. Τα φίλτρα άμμου είναι κατάλληλα μόνο για χαμηλής θολότητας ή προ-διηθημένο νερό. Χρησιμοποιούνται για την αφαίρεση φυκιών και μικροοργανισμών, συμπεριλαμβανομένων πρωτόζωων και, αν έχει προηγηθεί εσχάρωση ή διήθηση με χαλικόφιλτρο, για μείωση της θολότητας (συμπεριλαμβανομένων απορροφημένων χημικών). Η διήθηση με φίλτρα άμμου είναι αποτελεσματική για την αφαίρεση οργανικών ενώσεων, συμπεριλαμβανομένων ορισμένων παρασιτοκτόνων και της αμμωνίας.

### Ρύθμιση pH

Το νερό σε ένα δίκτυο διανομής δεν πρέπει να είναι ούτε διαβρωτικό ( pH <7, όξινο νερό), ούτε αλκαλικό ( pH >7). Νερό με pH <7 μπορεί να προκαλέσει διάβρωση των σωληνώσεων και των εγκαταστάσεων, που θα έχει σαν αποτέλεσμα δαπανηρή συντήρηση ή μεταφορά διαβρωτικών υλικών τους καταναλωτές. Στην περίπτωση αυτή, το σύστημα διανομής και αποθήκευσης, πρέπει να είναι κατασκευασμένο από τα κατάλληλα υλικά (π.χ. PVC, πολυαιθυλένιο). Νερό με pH >7 προκαλεί απόθεση αλάτων και μπορεί να έχει σαν αποτέλεσμα μειωμένη αποδοτικότητα και δυσλειτουργία των βαλβίδων, μετρητών κλπ.

### Απολύμανση

Η σημαντικότητα της απολύμανσης είναι αδιαμφισβήτητη για την παροχή ασφαλούς πόσιμου νερού. Η καταστροφή μικροβιακών παθογόνων είναι απαραίτητη και συχνά συμπεριλαμβάνει τη χρήση αντιδραστικών χημικών παραγόντων, όπως το χλώριο. Η απολύμανση είναι ένα αποτελεσματικό μέτρο προστασίας ενάντια σε πολλά παθογόνα (ειδικά βακτήρια) κατά την επεξεργασία

πόσιμου νερού και πρέπει να χρησιμοποιείται σε επιφανειακά και υπόγεια ύδατα που έχουν μολυνθεί με κόπρανα. Η υπολειμματική απολύμανση χρησιμοποιείται για να προσφέρει μερική προστασία ενάντια σε χαμηλού επιπέδου μόλυνση και ανάπτυξη μέσα στο σύστημα διανομής. Η χημική απολύμανση πόσιμου νερού, το οποίο έχει μολυνθεί από κόπρανα, θα μειώσει γενικά τον κίνδυνο ασθενειών, αλλά δε θα κάνει απαραίτητα το νερό ασφαλές για κατανάλωση. Η απολύμανση μπορεί

επίσης, να μην είναι αποτελεσματική ενάντια σε παθογόνα που βρίσκονται μέσα σε συσσωματώματα ή σωματίδια, τα οποία τα προστατεύουν από τη δράση του απολυμαντικού. Υψηλά επίπεδα θολότητας μπορούν να προστατεύσουν τους μικροοργανισμούς από την απολύμανση, να υποβοηθήσουν την ανάπτυξη βακτηρίων και να αυξήσουν σημαντικά την ανάγκη για χλώριο. Μια αποτελεσματική ολική στρατηγική διαχείρισης ενσωματώνει πολλαπλά επίπεδα προστασίας, συμπεριλαμβανομένης προστασίας της πηγής του νερού και κατάλληλες διεργασίες επεξεργασίας, καθώς και προστασία κατά την αποθήκευση και διανομή, σε συνδυασμό με απολύμανση, για να προληφθεί ή να καταπολεμηθεί η μικροβιακή μόλυνση. Η χρήση χημικών απολυμαντικών κατά την επεξεργασία του νερού έχει, συνήθως, σαν αποτέλεσμα, τη δημιουργία χημικών παραπροϊόντων. Παρόλα αυτά, οι κίνδυνοι για την υγεία από αυτά τα παραπροϊόντα είναι πολύ μικροί, σε σχέση με τους κινδύνους που σχετίζονται από την ανεπαρκή απολύμανση και είναι πολύ σημαντικό να μη διακυβεύεται η απολύμανση στην προσπάθεια να ελεγχθούν αυτά

τα παραπροϊόντα. Μερικά απολυμαντικά, όπως το χλώριο, μπορούν εύκολα να παρακολουθούνται και να ελέγχονται, όταν χρησιμοποιούνται σαν απολυμαντικά πόσιμου νερού και η συχνή παρακολούθηση επιβάλλεται όταν γίνεται χλωρίωση. Η απολύμανση δεν πρέπει να διακυβεύεται στην προσπάθεια να ελεγχθούν τα παραπροϊόντα από την απολύμανση. Οι πιο κοινές μέθοδοι απολύμανσης είναι: η χλωρίωση, η χλωραμίνωση, η χρήση διοξειδίου του χλωρίου, η προσθήκη όζοντος, η υπεριώδης ακτινοβολία και οι προχωρημένες διεργασίες οξειδωσης.

#### (α) Χλωρίωση

Η χλωρίωση μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση υγροποιημένου αερίου χλωρίου, διάλυμα υποχλωριώδους νατρίου ή κόκκους υποχλωριώδους ασβεστίου και επί τόπου γεννητριών χλωρίου. Το υγροποιημένο αέριο χλωρίου περιέχεται σε δοχεία υπό πίεση. Το αέριο αποσύρεται από τον κύλινδρο και εισάγεται στο νερό από ένα χλωριωτή, ο οποίος ελέγχει και ταυτόχρονα μετρά το ρυθμό ροής του αερίου. Το διάλυμα υποχλωριώδους νατρίου προστίθεται στο νερό με τη χρήση ηλεκτρικής αντλίας θετικής εκτόπισης ή βαρυτικού συστήματος τροφοδοσίας. Το υποχλωριώδες ασβέστιο πρέπει να διαλυθεί στο νερό και μετά να προστεθεί στο σύστημα διανομής. Το χλώριο, είτε είναι στη μορφή αερίου σε κύλινδρο, είτε υποχλωριώδες νάτριο ή υποχλωριώδες ασβέστιο, διαλύεται στο νερό και σχηματίζει υποχλωριώδες οξύ ( HOCl ) και υποχλωριώδη ιόντα ( OCl<sup>-</sup> ). Μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορες τεχνικές χλωρίωσης, συμπεριλαμβανομένης της πλήρους οξειδωσης, της οριακής χλωρίωσης και της υπερχλωρίωσης/αποχλωρίωσης. Η πλήρης οξειδωση είναι μια μέθοδος, κατά την οποία η δόση χλωρίου είναι αρκετή για να οξειδώσει γρήγορα όλο το αμμωνιακό άζωτο στο νερό και να αφήσει αρκετό ελεύθερο υπολειμματικό χλώριο, για να προστατεύσει το νερό ενάντια στην επιμόλυνση, από τη χλωρίωση μέχρι τη χρήση. Η υπερχλωρίωση/αποχλωρίωση είναι η προσθήκη μεγάλης δόσης χλωρίου για να προκληθεί γρήγορα απολύμανση και χημική αντίδραση, ακολουθούμενη από την αφαίρεση του επιπλέον ελεύθερου υπολειμματικού χλωρίου. Η αφαίρεση του επιπλέον χλωρίου είναι απαραίτητη, για να προληφθούν προβλήματα στη γέυση. Χρησιμοποιείται, κυρίως, όταν το βακτηριακό φορτίο είναι ευμετάβλητο ή όταν ο χρόνος παραμονής στη δεξαμενή δεν είναι αρκετός. Η οριακή χλωρίωση χρησιμοποιείται όταν το νερό είναι υψηλής ποιότητας και είναι η απλή προσθήκη χλωρίου, για να παραχθεί το επιθυμητό επίπεδο ελεύθερου υπολειμματικού χλωρίου. Η ανάγκη για χλώριο σε τέτοιο νερό είναι πολύ περιορισμένη και μπορεί να μη γίνει καν πλήρης οξειδωση. Η χλωρίωση χρησιμοποιείται κυρίως για απολύμανση μικροβίων. Το χλώριο, όμως, δρα επίσης σαν οξειδωτικό και μπορεί να: αφαιρέσει ή να βοηθήσει στην αφαίρεση μερικών χημικών,



όπως για παράδειγμα, στην αποσύνθεση παρασιτοκτόνων που οξειδώνονται εύκολα, να οξειδώσει διαλυμένες ενώσεις (π.χ. μαγγάνιο ( II ))για να δημιουργηθούν αδιάλυτα προϊόντα, τα οποία μπορούν να αφαιρεθούν μετά με διήθηση και να οξειδώσει διαλυμένες ενώσεις, σε μορφές που αφαιρούνται πιο εύκολα. Ένα μειονέκτημα του χλωρίου είναι η ικανότητά του να αντιδρά με φυσικές οργανικές ενώσεις. Η δημιουργία παραπροϊόντων, όμως, μπορεί να ελεγχθεί με τη βελτιστοποίηση του συστήματος επεξεργασίας.

#### (β) Χλωραμίνωση

Οι χλωραμίνες (μονοχλωραμίνη, διχλωραμίνη και «τριχλωραμίνη» ή τριχλωρίδιο του υδρογόνου), παράγονται από την αντίδραση υδατικού χλωρίου με αμμωνία. Η μονοχλωραμίνη είναι το μόνο χρήσιμο απολυμαντικό από τις χλωραμίνες και οι συνθήκες που χρησιμοποιούνται για χλωραμίνωση είναι σχεδιασμένες για να παράγουν μόνο μονοχλωραμίνη. Η μονοχλωραμίνη δεν είναι τόσο αποτελεσματικό απολυμαντικό όσο το ελεύθερο χλώριο, αλλά είναι επίμονη και για αυτό το λόγο, αποτελεί ένα ελκυστικό δευτερεύον απολυμαντικό για τη συντήρηση ενός σταθερού συστήματος διανομής.

#### (γ) Διοξειδίο του χλωρίου

Ιστορικά, το διοξειδίο του χλωρίου δε χρησιμοποιούνταν ευρέως για την απολύμανση πόσιμου νερού, παρόλα αυτά, τα τελευταία χρόνια έχει αρχίσει να χρησιμοποιείται λόγω ανησυχίας για την παραγωγή τριαλογονομεθανίων ( THM ) από την απολύμανση με χλώριο. Τυπικά, το διοξειδίο του χλωρίου παράγεται αμέσως πριν τη χρήση, με την προσθήκη αερίου χλωρίου ή ενός διαλύματος υδατικού χλωρίου σε υδατικό χλωριώδες νάτριο. Το διοξειδίο του χλωρίου αποσυντίθεται στο νερό και παράγει χλωριώδη και χλωρικά ιόντα. Καθώς το χλώριο δεν οξειδώνει τα βρωμιούχα (κατά την απουσία ηλιακού φωτός), η επεξεργασία νερού με το διοξειδίο του χλωρίου δε θα παράγει βρωμοφόρμιο ή βρωμικά ιόντα.

#### (δ) Προσθήκη όζοντος

Το όζον είναι ένα ισχυρό οξειδωτικό και έχει πολλές εφαρμογές στην επεξεργασία του νερού, συμπεριλαμβανομένης και της οξείδωσης οργανικών χημικών ενώσεων. Το όζον μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν πρωτεύον απολυμαντικό. Το όζον ( O<sub>3</sub> ), δημιουργείται με το πέρασμα ξηρού αέρα ή οξυγόνου διαμέσου ενός ηλεκτρικού πεδίου υψηλής τάσης. Ο πλούσιος σε όζον αέρας που δημιουργείται, διοχετεύεται απευθείας στο νερό με πορώδεις διαχύτες στη βάση δεξαμενών επαφής με διάφραγμα. Η δεξαμενή επαφής προσφέρει χρόνο επαφής 10-20 λεπτά. Πρέπει να είναι δυνατή η καταστροφή τουλάχιστον 80% του όζοντος που προστίθεται, ενώ το υπόλοιπο περιέχεται στα απαέρια, τα οποία περνούν από καταστροφέα όζοντος και απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα. Η αποτελεσματικότητα της οζόνωσης στηρίζεται στην επίτευξη της επιθυμητής συγκέντρωσης, μετά από ένα δεδομένο χρονικό διάστημα επαφής. Για την οξείδωση οργανικών χημικών ενώσεων, όπως μερικών δυνάμενων να οξειδωθούν παρασιτοκτόνων, χρησιμοποιείται, συνήθως, ένα υπόλειμμα 0.5 mg /λίτρο, μετά από διάστημα επαφής 20 λεπτών. Για να επιτευχθεί αυτό, η απαραίτητη δόση διαφοροποιείται ανάλογα με τον τύπο του νερού, αλλά γενικά, είναι στο εύρος 2-5 mg /λίτρο. Για ακατέργαστο νερό είναι απαραίτητες μεγαλύτερες δόσεις, εξαιτίας του όζοντος που χρειάζονται οι φυσικές οργανικές ενώσεις. Το όζον αντιδρά με τις φυσικές οργανικές ενώσεις και αυξάνει τη βιοδιασπασιμότητά τους, η οποία μετριέται σαν αφομοιώσιμος οργανικός άνθρακας. Για να αποφευχθεί η ανεπιθύμητη ανάπτυξη βακτηρίων στο σύστημα διανομής, η οζόνωση ακολουθείται συνήθως από επεξεργασία, όπως διήθηση ή κοκκώδη ενεργό άνθρακα, για να αφαιρεθούν οι βιοδιασπώμενες οργανικές ενώσεις και από υπολειμματική χλωρίωση, καθώς δεν προσφέρει υπολειμματικό απολυμαντικό. Το όζον είναι αποτελεσματικό για την καταστροφή μεγάλου φάσματος παρασιτοκτόνων και άλλων οργανικών χημικών.

#### (ε) Υπεριώδης ακτινοβολία (UV)

Η χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας για την επεξεργασία πόσιμου νερού περιορίζεται γενικά στις μικρές εγκαταστάσεις. Η υπεριώδης ακτινοβολία, η οποία εκπέμπεται από μια λάμπα υδραργύρου χαμηλής πίεσης, είναι βιοκτόνα σε μήκη κύματος που κυμαίνονται μεταξύ 180 και 320 νανομέτρων ( nm ). Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την καταστροφή πρωτόζωων, βακτηρίων, βακτηριοφάγων, βλαστομυκήτων, ιών, μυκήτων και μικροφυκιών. Η θολότητα μπορεί να επηρεάσει την απολύμανση με υπεριώδη ακτινοβολία. Η υπεριώδης ακτινοβολία, μπορεί να δράσει σαν ισχυρός καταλύτης σε αντιδράσεις οξείδωσης, όταν χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με το όζον.

#### Αποσκλήρυνση

Η σκληρότητα, η παρουσία δηλαδή, πολυδύναμων κατιόντων, ειδικά ασβεστίου ( Ca<sup>+2</sup> ) και σε μικρότερο βαθμό μαγνησίου ( Mg<sup>+2</sup> ), δεν προκαλεί προβλήματα στην υγεία. Περιγράφεται συνήθως, σαν η αντίστοιχη ποσότητα ανθρακικού ασβεστίου ( mg / L CaCO<sub>3</sub> ), η οποία κατατάσσει το νερό από «μαλακό» σε «πολύ σκληρό». Ανάλογα με το pH και την αλκαλικότητα, μπορεί να δημιουργήσει άλατα στους σωλήνες και ειδικά σε συστήματα θέρμανσης. Το μαλακό νερό, με σκληρότητα μικρότερη από περίπου 100 mg /λίτρο, έχει μικρή ρυθμιστική ικανότητα και μπορεί να είναι πιο διαβρωτικό για τους σωλήνες νερού. Ο βαθμός σκληρότητας του νερού, παρόλα αυτά, μπορεί να επηρεάσει την αποδοχή του από τους καταναλωτές, εξαιτίας της γεύσης και της

παρουσίας αλάτων. Η σκληρότητα, που προκαλείται από το ασβέστιο και το μαγνήσιο, υποδεικνύεται από την ιζηματοποίηση των καταλοίπων σαπουνιού και την ανάγκη για χρήση περισσότερου σαπουνιού για να επιτευχθεί καθαριότητα. Η αποδοχή του βαθμού σκληρότητας από το κοινό μπορεί να διαφέρει σημαντικά από κοινότητα σε κοινότητα, ανάλογα με τις τοπικές συνθήκες. Συγκεκριμένα, είναι πιθανόν οι καταναλωτές να προσέξουν αλλαγές στη σκληρότητα. Το κατώτερο όριο γεύσης για τα ιόντα ασβεστίου είναι μεταξύ 100-300 mg /λίτρο και εξαρτάται από το σχετικό ανιόν και το κατώτερο όριο γεύσης για το μαγνήσιο είναι πιθανότατα πιο χαμηλό από αυτό του ασβεστίου. Σε μερικές περιπτώσεις, οι καταναλωτές ανέχονται σκληρότητα νερού μεγαλύτερη από 500 mg /λίτρο. Τα υπόγεια ύδατα μπορεί να περιέχουν υψηλά επίπεδα σκληρότητας, ειδικά σε ζώνες δολομίτη. Το σκληρό νερό μπορεί να τύχει επεξεργασίας με διάφορους τρόπους. Η αφαίρεση της σκληρότητας από το νερό, η οποία ονομάζεται αποσκλήρυνση, μπορεί να επιτευχθεί με: αποσκλήρυνση με ασβέστη, ιοντοανταλλαγή, προσθήκη οξέως και προσθήκη χημικών ενώσεων φωσφορικού άλατος. Οι δύο τελευταίες μέθοδοι δεν αφαιρούν τη σκληρότητα, αλλά μειώνουν τα προβλήματα που προκύπτουν από τη χρήση σκληρού νερού. Η επεξεργασία με ασβέστη για τη μείωση της σκληρότητας περιλαμβάνει την προσθήκη ένυδρου ασβέστη [ Ca ( OH )2 ] σε σκληρό νερό, για να αφαιρεθεί η ανθρακική σκληρότητα με ιζηματοποίηση, ενώ το ίζημα αφαιρείται με διήθηση. Η μη ανθρακική σκληρότητα, από την άλλη πλευρά, μειώνεται με την προσθήκη ανθρακικού νατρίου ( Na 2 CO 3 ), το οποίο δημιουργεί μη διαλυτό ίζημα, που αφαιρείται και πάλι με διήθηση. Αυτή η συγκεκριμένη μέθοδος για μείωση της σκληρότητας χρησιμοποιείται μερικές φορές από τα δημόσια εργοστάσια επεξεργασίας νερού, για να μειώσουν την ποσότητα ασβεστίου και μαγνησίου στο νερό. Παρόλο που η μέθοδος είναι αρκετά αποτελεσματική για τη μείωση της σκληρότητας, δεν αποτελεί διεργασία πλήρους αφαίρεσης. Η επεξεργασία με ανθρακικό νάτριο είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική, αν το νερό περιέχει διττανθρακική (προσωρινή) σκληρότητα. Όταν το ασβέστιο και το μαγνήσιο βρίσκονται κυρίως σε ενώσεις χλωρίου και φωσφορικές ενώσεις, η διεργασία αυτή δεν είναι τόσο αποτελεσματική. Ο ένυδρος ασβέστης χρησιμοποιείται για να αφαιρέσει το διττανθρακικό ασβέστιο από το νερό. Στο νερό, το οποίο πρόκειται να τύχει επεξεργασίας, τα ιόντα του ένυδρου ασβέστη αντιδρούν με το διττανθρακικό ασβέστιο και δημιουργούν το πολύ χαμηλής διαλυτότητας ανθρακικό ασβέστιο. Αυτό το ιζηματοποιημένο υλικό αφαιρείται πρώτα με καθίζηση και μετά με διήθηση. Για να αφαιρεθεί το επιπλέον μαγνήσιο, χρησιμοποιείται ασβέστης. Αυτή η διεργασία έχει απλά αντικαταστήσει το μαγνήσιο με ασβέστιο. Αν μετά προστεθεί Ανθρακικό νάτριο στο νερό, το ασβέστιο θα ιζηματοποιηθεί σαν ανθρακικό ασβέστιο. Η ιοντοανταλλαγή είναι η διαδικασία, κατά την οποία ιόντα με το ίδιο φορτίο, ανταλλάσσονται μεταξύ της φάσεως του νερού και της φάσεως της στερεάς ρητίνης. Η αποσκλήρυνση του νερού επιτυγχάνεται με την ανταλλαγή κατιόντων. Το νερό περνά από μια κλίνη με κατιονική ρητίνη και τα ιόντα ασβεστίου και μαγνησίου στο νερό αντικαθίστανται από ιόντα νατρίου. Όταν η ρητίνη ιοντοανταλλαγής εξαντλείται (δηλαδή, εξαντλούνται τα ιόντα νατρίου), αναγεννιέται με τη χρήση ενός διαλύματος χλωριούχου νατρίου. Η διαδικασία της απαλκαλίωσης μπορεί επίσης να αποσκλήρυνει το νερό. Το νερό περνά από μια κλίνη ελαφρώς όξινης ρητίνης και τα ιόντα ασβεστίου και μαγνησίου αντικαθίστανται από ιόντα υδρογόνου. Το ιόντα υδρογόνου αντιδρούν με τα ανθρακικά και διττανθρακικά ιόντα και παράγουν διοξείδιο του άνθρακα. Με αυτό τον τρόπο μειώνεται η σκληρότητα του νερού, χωρίς καμιά αύξηση στα επίπεδα νατρίου. Η ανταλλαγή ανιόντων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αφαίρεση προσμείξεων, όπως τα νιτρικά, τα οποία ανταλλάσσονται με χλώριο. Για αυτό το σκοπό, υπάρχουν ειδικές ρητίνες για νιτρικά. Η ανταλλαγή κατιόντων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αφαίρεση ορισμένων βαριών μετάλλων. Δυνητικές εφαρμογές των ανιονικών ρητινών, εκτός από την αφαίρεση των νιτρικών, είναι για αφαίρεση προϊόντων αρσενικού και σεληνίου.

#### Απομάκρυνση της ιλύος

Η επεξεργασία νερού παράγει κατάλοιπα, κυρίως λάσπη από τις δεξαμενές καθίζησης και νερό από το πλύσιμο των φίλτρων. Η μέθοδος απομάκρυνσης των κατάλοιπων είναι μοναδική για κάθε εργοστάσιο επεξεργασίας, εξαιτίας των διαφορετικών χαρακτηριστικών των παραγόμενων κατάλοιπων. Η ιλύς αποξηραίνεται σε κλίνες αποξήρανσης ή αφυδατώνεται με φυγοκέντρηση ή διήθηση με πίεση και ακολούθως απορρίπτεται σε χώρους υγειονομικής ταφής των αποβλήτων.

## **ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΥΔΡΑΓΩΓΕΙΟ - ΔΙΚΤΙΟ ΔΙΑΝΟΜΗΣ**

Σαν εσωτερικό υδραγωγείο θεωρείτε η διανομή του νερού από τις δεξαμενές εισόδου στα δίκτυα διανομής ενός του αστικού ιστού.

Τρόποι διανομής

Ανάλογα με τον τρόπο που παρέχεται το νερό, διακρίνονται οι ακόλουθοι τρόποι διανομής:

- Βαρύτητα (Βαρυτικά δίκτυα διανομής),



- Άμεση άντληση (Αντλιοστάσια Booster),
- Συνδυασμοί των δύο.

Η επιλογή μιας από τις πιο πάνω εναλλακτικές συνδέεται άμεσα με τις υπάρχουσες τοπογραφικές συνθήκες. Η διανομή με βαρύτητα χρησιμοποιεί την υπάρχουσα τοπογραφία. Σε αυτή την περίπτωση, η δεξαμενή βρίσκεται σε ψηλότερο υψόμετρο από την περιοχή διανομής. Η διανομή του νερού μπορεί να γίνει χωρίς αντλίες και παρόλα αυτά να υπάρχει ικανοποιητική πίεση. Τα πλεονεκτήματα αυτής της μεθόδου είναι :

- δεν υπάρχουν ενεργειακά κόστη
- απλή λειτουργία (λιγότερα μηχανικά στοιχεία, δε χρειάζεται ηλεκτρική ενέργεια)
- χαμηλά κόστη συντήρησης
- πιο αργές μεταβολές στην πίεση
- ρυθμιστική δυνατότητα για μη τυπικές καταστάσεις.

Όσο και να βοηθούν στη δημιουργία πιέσεων στο σύστημα, οι τοπογραφικές συνθήκες μπορούν να παρεμποδίσουν μελλοντικές παροχές. Τα συστήματα βαρύτητας είναι λιγότερο ευέλικτα όσον αφορά την επέκταση, εξαιτίας του σταθερού εύρους πιέσεων. Επιπλέον, χρειάζονται σωλήνες με μεγαλύτερη διάμετρο, για να ελαχιστοποιηθούν οι απώλειες στην πίεση. Η κύρια λειτουργική ανησυχία είναι η μείωση της δυναμικότητας, εξαιτίας της εισαγωγής αέρα.

Στην άμεση άντληση (Αντλιοστάσια Booster), το σύστημα λειτουργεί χωρίς πρόνοια αποθήκευσης, για εξισορρόπηση της ζήτησης. Ολόκληρη η ζητούμενη ποσότητα εισάγεται κατευθείαν στο δίκτυο. Καθώς το σύστημα πρέπει να ικανοποιεί τις μεταβολές στη ζήτηση, είναι σημαντική η σωστή επιλογή των μονάδων, για να βελτιστοποιηθεί η κατανάλωση ενέργειας. Πρέπει επίσης να υπάρχει πρόνοια για εφεδρική δυναμικότητα άντλησης για μη τυπικές καταστάσεις. Τα πλεονεκτήματα του συστήματος άμεσης άντλησης είναι αντίθετα από αυτά του συστήματος διανομής με βαρύτητα. Με καλό σχεδιασμό και λειτουργία μπορούν να επιτευχθούν στο σύστημα οποιεσδήποτε πιέσεις. Τα συστήματα αυτά όμως, είναι συστήματα με πολύπλοκη λειτουργία και συντήρηση και εξαρτώνται από την ύπαρξη αξιόπιστης πηγής ενέργειας. Για αυτό το λόγο, είναι απαραίτητη η λήψη επιπλέον προφυλάξεων, όπως, εναλλακτική πηγή τροφοδοσίας, αυτόματη λειτουργία των αντλιών, απόθεμα ανταλλακτικών κλπ.

Τα συστήματα συνδυασμών (η πιο συνηθισμένη περίπτωση) λειτουργούν με αντλιοστάσια και δεξαμενές, για εξισορρόπηση της ζήτησης. Μέρος της περιοχής διανομής μπορεί να εξυπηρετείται από άμεση άντληση και ένα άλλο μέρος από βαρύτητα. Σε αυτή την περίπτωση, είναι απαραίτητο να υπάρχει μεγάλος αποθηκευτικός όγκος, αλλά η δυναμικότητα άντλησης θα είναι μικρότερη από αυτή του συστήματος άμεσης άντλησης. Τα συστήματα συνδυασμού χρησιμοποιούνται, συνήθως, σε λοφώδεις περιοχές. Η επικρατούσα τοπογραφία μπορεί να οδηγήσει στη χρήση πιεζομετρικών ζωνών.

Με τη δημιουργία πιεζομετρικών ζωνών, μπορεί να γίνει οικονομία, καθώς, σε διαφορετικά υψόμετρα, παρέχεται νερό με χαμηλότερα κόστη άντλησης και χρησιμοποιούνται σωληνώσεις χαμηλότερης αντοχής, λόγω της χαμηλότερης πίεσης. Από τεχνικής άποψης, οι πιεζομετρικές ζώνες μπορεί να έχουν πλεονεκτήματα, όπως, η πρόληψη πολύ ψηλών πιέσεων στα κατάντη (μπορούν να χρησιμοποιηθούν δικλίδες μείωσης πίεσης) ή στην παροχή ικανοποιητικών πιέσεων στα ανάντη (με αντλίες), όταν η πηγή της παροχής βρίσκεται στη χαμηλότερη ζώνη.

#### Διατάξεις συστήματος

##### ΣΩΛΗΝΩΣΕΙΣ

##### ΔΙΚΛΕΙΔΕΣ - ΒΑΛΒΙΔΕΣ

- Δικλίδες απομόνωσης
- Βαλβίδες αντεπιστροφής
- Βαλβίδες ελέγχου υψομέτρου

- Βαλβίδες εισαγωγής/εξαγωγής αέρα
- Δικλίδες ελέγχου
- Αεροβαλβίδες
- Βαλβίδες ελέγχου
- Βαλβίδες μείωσης
- Βαλβίδες διατήρησης πίεσης (PSVs).
- Βαλβίδες ελέγχου ροής (FCVs).
- Βαλβίδες ελέγχου πίεσης εισαγωγής (TCVs).

#### ΟΡΓΑΝΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

- Μετρητής στάθμης Υπερήχων
- Μετρητής στάθμης Γεωτρήσεων
- Διακόπτης στάθμης
- ηλεκτρομαγνητικά παροχόμετρα
- Οι μετρητές πίεσης
- Επιτηρητές αγωγιμότητας / ηλεκτρόδια στάθμης
- Ηλεκτρονικοί διακόπτες ροής

#### ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΕΣ ΔΙΚΛΕΙΔΕΣ

- Ηλεκτροκίνητη δικλείδα αναλογική
- Ηλεκτροκίνητη δικλείδα ON / OFF

#### ΑΝΤΛΙΕΣ ΝΕΡΟΥ

- Φυγόκεντρες αντλίες : περιφερειακές, ανοξείδωτες, μονομπλόκ, μονοβάθμιες, υψηλής πίεσης, περιφερειακές,
- Διβάθμιες
- Αντλίες αυτόματης αναρρόφησης
- Αντλίες πολυβάθμιες αθόρυβες ,αυτομάτου αναρροφήσεως
- Αντλίες πετρελαιοκίνητες
- Αντλίες LDP, Αντλίες LDF υψηλής πίεσης
- Αντλίες βενζινοκίνητες
- Αντλίες κάθετες πολυβάθμιες
- Πιεστικά συγκροτήματα
- Πιεστικά με δοχείο διαστολής, Πιεστικά με ηλεκτρονικό κιτ, Πιεστικά με ενσωματωμένο ηλεκτρονικό κιτ, Πιεστικά με INVERTER, Πιεστικά με δύο ή περισσότερες αντλίες
- Υποβρύχιες αντλίες γεωτρήσεων - πηγαδιών
- Υποβρύχιοι κινητήρες γεωτρήσεων
- Πιεστικά δοχεία νερού & εξαρτήματα αντλιών
- Πιεστικά δοχεία διαστολής νερού
- Κυκλοφορητές

#### **ΔΙΑΡΡΟΕΣ**

Οι μισές και πλέον ποσότητες νερού από τα υδραγωγεία μέχρι τα σπίτια των καταναλωτών χάνεται κατά μήκος της διαδρομής. Οι διαρροές στο νερό είναι τις τάξεως του 60 % !!! Ενώ η τυπική τιμή (μέσος όρος) για μια ΔΕΥΑ είναι το 45%

«Οι απώλειες του δικτύου ύδρευσης (μη τιμολογούμενο νερό) ενός Πολεοδομικού Συγκροτήματος φθάνουν το 45%. Οι εμφανείς και οι αφανείς διαρροές του δικτύου εκτιμώνται σε 25%, ενώ το υπόλοιπο κατανέμεται σε λαθροϋδροληψία, λάθος μέτρηση των υδρομέτρων, πυροσβεστική παροχή κλπ.

Το ποσοστό των διαρροών είναι υψηλό για τα διεθνή δεδομένα, γι' αυτό και γίνονται σημαντικές προσπάθειες για τη μείωσή του (αντικαταστάσεις πεπαλαιωμένου δικτύου, αυτοματοποίηση κλπ.).

*Έτσι για παράδειγμα στον Βόλο, ενώ το 2001 η παραγωγή του νερού ήταν 13,7 εκατ. κ.μ. με 58.000 υδρόμετρα, το 2012 ήταν πάλι 13,7 εκατ. κ.μ. με 70.000 υδρόμετρα. Χωρίς τον περιορισμό των διαρροών, οι ανάγκες θα ήταν 17,5 εκατ. κ.μ. Η εξοικονόμηση 3,8 εκατ. κ.μ. το χρόνο οφείλεται κατ' εκτίμηση:*

*α) κατά το 1/3, στην ευαισθητοποίηση των πολιτών, και*

*β) κατά τα 2/3, στον περιορισμό των διαρροών.*

*Αν, δηλαδή, σήμερα οι διαρροές υπολογίζονται σε 40%, οι διαρροές το 2001 ήταν πολύ περισσότερες.*

*Στα περιφερειακά υδραγωγεία, ωστόσο, η κατάσταση είναι πολύ χειρότερη, αφού σύμφωνα με εκτιμήσεις (ακριβείς μετρήσεις δεν είναι δυνατές προς το παρόν λόγω ελλείψεως αξιόπιστου συστήματος καταγραφών -*

SCADA), οι διαρροές των δικτύων φαίνεται να φθάνουν το 50 - 60 %. Αυτό οφείλεται στην παλαιότητα των δικτύων και των εγκαταστάσεων και στην απουσία χαρτογράφησης τους, που κάνει δύσκολο έως αδύνατο τον εντοπισμό των διαρροών.

Η Απώλεια Ύδατος (Water Loss) ή Μη Τιμολογημένο Νερό (Non-Revenue Water - NRW) αντιπροσωπεύει αναποτελεσματικές διαδικασίες παράδοσης και μέτρησης του νερού στα δίκτυα μεταφοράς και διανομής και, σε μερικά δίκτυα ύδρευσης, μπορεί να αποτελεί ένα αρκετά μεγάλο ποσοστό της συνολικής παραγωγής ύδατος. Οι Απώλειες Ύδατος για ένα ολόκληρο δίκτυο ή για ένα τμήμα ενός δικτύου υπολογίζονται ως η διαφορά του Όγκου Εισόδου στο Σύστημα (Systems Input Volume) μείον την Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση (Authorized Consumption). Οι Απώλειες Ύδατος αποτελούνται από τις Πραγματικές (Real) και τις Φαινομενικές Απώλειες (Apparent Losses):

- Πραγματικές Απώλειες Είναι οι φυσικές απώλειες από διαρροές και υπερχειλίσεις στο υπό πίεση σύστημα, μέχρι τα σημεία που συνδέεται το δίκτυο με τον κάθε καταναλωτή.
- Φαινομενικές Απώλειες Αποτελούνται από όλους τους τύπους ανακριβών μετρητών (εισόδου, εξόδου και μετρητές πελατών) και από μη εξουσιοδοτημένη κατανάλωση (κλοπή και παράνομη χρήση). Ονομάζονται επίσης εμπορικές απώλειες.

Η ορολογία αυτή αναπτύχθηκε από το International Water Association (IWA) (Διεθνής Οργανισμός Ύδατος) και χρησιμοποιείται ευρέως σε όλο τον κόσμο.

Παραδείγματα πραγματικών (φυσικών) απωλειών είναι:

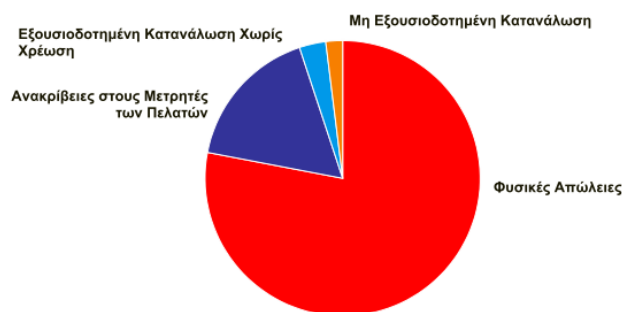
- Αναφερθείσες και μη αναφερθείσες διαρροές από πίδακες νερού (bursts) σε σωλήνες
- Διαρροές σε σωλήνες και συναρμολογήσεις
- Διαρροές και υπερχειλίσεις σε δεξαμενές

Παραδείγματα φαινομενικών (εμπορικών) απωλειών είναι:

- Λάθη στους μετρητές στα κεντρικά σημεία του δικτύου
- Λάθη στους μετρητές των πελατών
- Μη εξουσιοδοτημένη χρήση δηλ. παράνομες συνδέσεις και κλοπή

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την ποσότητα του νερού που χάνεται είναι:

- Πίεση στο σύστημα
- Συχνότητα εμφάνισης διαρροών με πίδακες νερού και ρυθμός ροής τους
- Χρονικό διάστημα ύπαρξης της διαρροής πριν εντοπιστεί και επισκευαστεί
- Επίπεδο μη ανιχνεύσιμων μικρών διαρροών (απώλειες στο υπόβαθρο)



Σχήμα 6-25: Κατανομή διαρροών

Η ποσότητα της απώλειας ύδατος από ένα σύστημα μπορεί να προσδιοριστεί κατασκευάζοντας μια ισορροπία ύδατος. Αυτή βασίζεται στη μέτρηση ή εκτίμηση της ποσότητας νερού που παράγεται (λαμβάνοντας υπόψη οποιοδήποτε εισαγόμενο και/ή εξαγόμενο νερό), που καταναλώνεται και που χάνεται. Στην απλούστερη μορφή της, η ισορροπία ύδατος είναι:

$$\text{Απώλειες} = \text{Είσοδος στο Σύστημα Διανομής} - \text{Κατανάλωση}$$

Όγκος Εισόδου στο Σύστημα	Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση	Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση με Χρέωση	Κατανάλωση με Χρέωση με Μετρητή	Έσοδα Από Νερό	
			Κατανάλωση με Χρέωση Χωρίς Μετρητή		
	Απώλειες Ύδατος	Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση Χωρίς Χρέωση		Κατανάλωση Χωρίς Χρέωση με Μετρητή	Μη Τιμολογημένο Νερό
				Κατανάλωση Χωρίς Χρέωση Χωρίς Μετρητή	
		Φαινομενικές (Εμπορικές) Απώλειες		Μη Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση	
				Ανακριβείς Μετρητών	
		Πραγματικές (Φυσικές) Απώλειες		Διαρροή στην Μεταφορά και/ή στους Κεντρικούς Αγωγούς Διανομής	
				Διαρροή και Υπερχείλιση σε Δεξαμενές Αποθήκευσης της Εταιρείας Ύδρευσης	
	Διαρροή στις Συνδέσεις Μέχρι τον Μετρητή των Πελατών				

Διάγραμμα 6-2 : πρότυπης ισορροπίας ύδατος (IWA)

Τα συστατικά μέρη της IWA πρότυπης ισορροπίας ύδατος είναι:

- **Όγκος Εισόδου στο Σύστημα** (Alex Alex Alex) Είναι ο ετήσιος όγκος του εισερχόμενου ύδατος στο μέρος του δικτύου ύδρευσης το οποίο σχετίζεται με τον υπολογισμό της ισορροπίας του ύδατος.
- **Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση** (Authorised Consumption) Είναι ο ετήσιος όγκος καταγεγραμμένου ή/και μη καταγεγραμμένου νερού που λαμβάνεται από καταχωρημένους πελάτες, τον προμηθευτή νερού και άλλους που είναι έμμεσα ή άμεσα εξουσιοδοτημένοι από τον προμηθευτή νερού για οικιστικούς, εμπορικούς και βιομηχανικούς λόγους.
- **Απώλειες Ύδατος** (Water Losses) Είναι η διαφορά μεταξύ του Όγκου Εισόδου στο Σύστημα και της Εξουσιοδοτημένης Κατανάλωσης. Οι Απώλειες Ύδατος μπορούν να υπολογιστούν σε ολόκληρο το σύστημα, ή σε υπό-δίκτυα, όπως σε δίκτυα μεταφοράς ή διανομής, ή σε μεμονωμένες ζώνες. Οι Απώλειες Ύδατος αποτελούνται από τις Πραγματικές Απώλειες και από τις Φαινομενικές Απώλειες.
- **Φαινομενικές Απώλειες** (Apparent Losses) Αφορούν όλα τα λάθη σε μετρήσεις του κεντρικού δικτύου ύδρευσης και των μετρητών των πελατών, καθώς επίσης και τα λάθη επεξεργασίας των δεδομένων (στην καταγραφή ενδείξεων των μετρητών καθώς και στην τιμολόγηση), συν την μη εξουσιοδοτημένη κατανάλωση (κλοπή ή παράνομη χρήση).
- **Πραγματικές Απώλειες** (Real Losses) Αφορούν τις φυσικές απώλειες νερού στο υπό πίεση σύστημα διανομής, μέχρι το σημείο της χρήσης από τους πελάτες. Σε δίκτυα ύδρευσης με μετρητές, το σημείο αυτό είναι ο μετρητής των πελατών. Ο ετήσιος όγκος που χάνεται μέσω όλων των τύπων διαρροών και υπερχειλίσεων εξαρτάται από τις συχνότητες, το ρυθμό ροής, και τη μέση διάρκεια των διαρροών και των υπερχειλίσεων.
- **Μη Τιμολογημένο Νερό** (Non-Revenue Water - NRW) Είναι η διαφορά μεταξύ του Όγκου Εισόδου στο Σύστημα και της τιμολογημένης Εξουσιοδοτημένης Κατανάλωσης. Το NRW αποτελείται από την Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση Χωρίς Χρέωση (κανονικά αυτή αφορά μόνο ένα πολύ μικρό μέρος του συνολικού νερού), τις Φαινομενικές και τις Πραγματικές Απώλειες.

Ο έλεγχος της πίεσης του δικτύου διανομής αποτελεί την βάση της καλής διαχείρισης των διαρροών:

- Ο ρυθμός ροής των διαρροών είναι περίπου ανάλογος με την πίεση του δικτύου δηλ. μια πίεση μειωμένη στο μισό θα καταλήξει σε μισή διαρροή.
- Η συχνότητα των έντονων διαρροών με πίδακες νερού διαφέρει περίπου σύμφωνα με τον κύβο της πίεσης του δικτύου δηλ. ο διπλασιασμός της πίεσης εντός του δικτύου καταλήγει γενικά σε 8 φορές μεγαλύτερο ρυθμό διαρροών.
- Απώλειες στο υπόβαθρο – Διάφορες πάρα πολύ μικρές ρωγμές που είναι δύσκολο να εντοπισθούν μπορούν να μειωθούν μόνο αν περιορισθεί η πίεση του δικτύου.
- Συχνές ή ξαφνικές αλλαγές στην πίεση αυξάνουν τον αριθμό των έντονων διαρροών σε ένα σύστημα.

- Η διαχείριση της πίεσης είναι σημαντική ακόμη και σε περιοχές που έχουν λογικές χαμηλές πιέσεις καθώς, κατά τη διάρκεια των νυκτερινών ωρών μειωμένης χρήσης, η πίεση μπορεί να αυξηθεί σημαντικά αυξάνοντας έτσι τον αριθμό των διαρροών.
- Η σχεδίαση και η λειτουργία άμεσης άντλησης στο δίκτυο θα πρέπει να εξαφανίζει την απότομη αύξηση της πίεσης του δικτύου εάν πρέπει να αποφευχθούν έντονες διαρροές υψηλής πίεσης σε κοντινή περιοχή των σταθμών άντλησης.

Αφού διαιρεθεί το δίκτυο διανομής σε ζώνες ή περιοχές που εξυπηρετούν μεταξύ 1.000 έως 5.000 συνδέσεις, ιδανικά με ένα μόνο σημείο ανεφοδιασμού, θα πρέπει να καταγράφεται η ροή και η πίεση σε αρχεία καταγραφής δεδομένων ή να μετριοούνται από μακριά. Αυτό διευκολύνει τον έλεγχο της νυκτερινής ροής, της οποίας η ανάλυση είναι σχεδόν πάντα ζωτικής σημασίας για την αποτελεσματική εφαρμογή της μείωσης και του ελέγχου των διαρροών.

Γίνεται λοιπόν σαφή η ανάγκη ανάπτυξης συστήματος μέτρησης διαρροών των δικτύων ύδρευσης.

Δεν ανέφθηκαν οι διαρροές στο εξωτερικό αντλιοστάσιο γιατί ο υπολογισμός τους καθίσταται εύκολος

- Στο εξωτερικό αντλιοστάσιο το δίκτυο είναι συνήθως ακτινωτό
- Οι αγωγοί είναι συνήθως προσδόκιμοι (αγροτικές κυρίως περιοχές)
- Με το ημερήσιο ισοζύγιο που παράγεται από τα συστήματα παρακολούθησης (SCADA) μπορούμε που εύκολα να βγάλουμε ασφαλή συμπεράσματα.

Η πολυπλοκότητα κατά κύριο λόγο των δικτύων του εσωτερικού υδραγωγείου κάνει την μέτρηση και διαχείριση των διαρροών εξαιρετικά δύσκολη υπόθεση

#### ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΔΙΑΡΡΟΩΝ ΔΙΚΤΥΟΥ

Για να γίνει ικανή η μέτρηση των διαρροών σε ένα δίκτυο ύδρευσης εσωτερικού υδραγωγείου είναι απαραίτητα

- Σύστημα καταγραφής δεδομένων και αποθήκευσης αυτών σε βάσεις δεδομένων (SCADA)
- Χαρτογράφηση Δικτύου, Προσομοίωσης Δικτύου Ύδρευσης GIS, CAD και άλλες τεχνολογίες που ενσωματώνουν το λογισμικό μαθηματικού μοντέλου αναγνώρισης διαρροών στο συστήματα

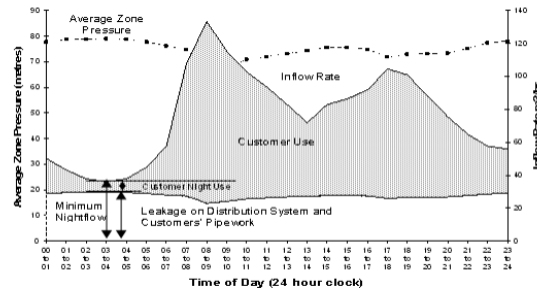
Τα πιο κοινά λογισμικά τα οποία βασίζονται σε GIS και CAD και χρησιμοποιούνται στη μοντελοποίηση συστημάτων διανομής νερού αναφέρονται στο κεφάλαιο «συμπληρωματικά στοιχεία», και είναι:

- Το ArcGIS
- Το WaterMAP
- Το Water GEMS
- Το H2OMAP
- WaterGem

Η βελτίωση της τροφοδοσίας της πόλης με ένα ορθολογικότερο σύστημα καθιστά αναγκαία την κατάρτιση ενός καταλλήλου υδραυλικού στρατηγικού και λεπτομερούς μοντέλου προσομοίωσης και τον επανασχεδιασμό νέων ζωνών τροφοδοσίας και ελέγχου διαρροών αυτό επιτυγχάνεται με:

- Η επικαιροποίηση των υδραυλικών σχεδίων του εσωτερικού δικτύου ύδρευσης της πόλης με εισαγωγή όλων των νέων στοιχείων της τελευταίας 5ετίας.
- Ο επανασχεδιασμός των υπομοντέλων και ζωνών ελέγχου διαρροών με σκοπό να είναι συμβατές με τα συστήματα τηλεέγχου και τηλεχειρισμού.
- Η επαλήθευση και ρύθμιση του μοντέλου με βάση τα νέα δεδομένα (πρόσφατα δεδομένα κατανάλωσης).
- Εφαρμογές προσαρμοσμένων μοντέλων: Αξιολόγηση σεναρίων τροφοδοσίας και προσθήκη διεπιφάνειας για τη διασύνδεση δεδομένων των υδραυλικών μοντέλων και του συστήματος SCADA.
- Η ετοιμασία στρατηγικού μοντέλου που περιλαμβάνει μόνο το βασικό τροφοδοτικό δίκτυο με σκοπό την βελτίωση της κατανομής των πιέσεων σε όλη την έκταση του δικτύου, την ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης ενέργειας, την αποφυγή των ασυνεχειών λειτουργίας που καταπονούν το δίκτυο και προκαλούν επιδείνωση των διαρροών.



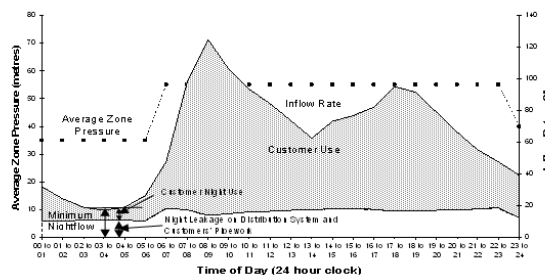


Σχήμα 6-26: Διακύμανση ρυθμού διαρροών με μέσο σημείο ζώνης για σύστημα βαρύτητας με NDF < 24 ώρες

Τον καλύτερο προγραμματισμό λειτουργίας του όλου συστήματος μέσω της απεικόνισης/προσομοίωσης που προσφέρει το στρατηγικό μοντέλο και η πλήρης τεκμηρίωση των μοντέλων, θα περιέχει κατ'ελάχιστον τα εξής τεύχη και σχέδια:

- Επεξεργασία Αρχείων Καταναλώσεων
- Προσομοίωση Εξωτερικού Δικτύου
- Πίνακας Ταχύτητας Αγωγών
- Στοιχεία Κατανάλωσης
- Λεπτομέρειες Τροφοδοτικού Δικτύου
- Αντλιοστάσια
- Δεξαμενές
- Αρχεία Μοντέλου
- Αποτελέσματα Μοντέλου – Διαγράμματα Σύγκρισης
- Αποτελέσματα Μοντέλου – Γραφική Παρουσίαση
- Χάρτης Εξωτερικού Υδραγωγείου
- Σχηματικό Διάγραμμα Δικτύου Ύδρευσης
- Προσομοίωση Εσωτερικού Δικτύου ανά Περιοχή Υπομοντέλου
- Φόρμες Καταγραφής Μετρήσεων Πεδίου
- Στοιχεία Κατανάλωσης
- Ρυθμίσεις Λειτουργίας Μοντέλου
- Διαγράμματα Παροχής και Πίεσης
- Αρχεία Μοντέλου
- Αποτελέσματα Μοντέλου
- Διάταξη Υπομοντέλου
- Θέσεις Καταγραφής Πίεσης
- Εφαρμογές προσαρμοσμένων μοντέλων: Προσθήκη διεπιφάνειας για τη διασύνδεση των δεδομένων υδραυλικού μοντέλου και SCADA.
- Εξέταση Σεναρίων Λειτουργίας & Βελτιστοποίηση Εσωτερικού Δικτύου
- Αποτελέσματα Σεναρίων υπό μορφή γραφημάτων και Έκθεσης Απόδοσης Αντλιών
- Σχεδιασμός ζωνών ελέγχου διαρροών

Το στρατηγικό μοντέλο διαχείρισης του συστήματος ύδρευσης αποτελεί την ολοκληρωμένη διερεύνηση της λειτουργίας του συστήματος και περιλαμβάνει και το εξωτερικό υδραγωγείο δηλαδή γεωτρήσεις, κεντρικό αντλιοστάσιο, καταθλιπτικούς αγωγούς και δεξαμενές μέχρι την έξοδό τους.



Σχήμα 6-27: Διακύμανση διαρροών με μέσο σημείο ζώνης για σύστημα ελεγχόμενης πίεσης με NDF >24 ώρες (WSA/WCA, 1994)

Η κατάρτιση στρατηγικού μοντέλου έχει ως σκοπό την αξιολόγηση της υφιστάμενης λειτουργίας του υδραγωγείου με βάση τα επίπεδα των παρεχομένων υπηρεσιών, με κύρια τη βελτιστοποίηση της ενεργειακής κατανάλωσης και τον αυτοματισμό της λειτουργίας του βασικού σκελετού του συστήματος υδροδότησης και τη διατήρηση ικανοποιητικού επιπέδου πιέσεων στο σύνολο του υδρευτικού συστήματος. Τα αποτελέσματα της αξιολόγησης θα αποτελέσουν τη βάση για την πρόταση λειτουργικών επεμβάσεων και τεχνικό-οικονομικά εφικτών λύσεων.

Λεπτομερές μοντέλο δικτύου ύδρευσης. Στο κεφάλαιο «ΑΝΑΦΟΡΕΣ - ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ» θα γίνει πλήρης παρουσίαση των συστημάτων τηλεμετρίας (SCADA). Το σύστημα καταγραφής δεδομένων (SCADA) καταγράφει τον τρόπο λειτουργίας του εσωτερικού δικτύου, από τις δεξαμενές και μετά, για τις διάφορες συνθήκες ζήτησης, και αποθηκεύει σε βάση δεδομένων RDBMS τα δεδομένα για τις στάθμες των δεξαμενών, την λειτουργία των αντλιοστασίων των δεξαμενών, τα επίπεδα πιέσεων, υψόμετρα. Αυτά τα δεδομένα μαζί με το πλήρες αρχείο των καταναλωτών συμβάλλει στην ακριβέστερη περιγραφή και προσομοίωση της λειτουργίας του εσωτερικού δικτύου, και τα δεδομένα του δικτύου που έχουμε τροφοδοτήσει το GIS, γίνονται εισαγωγή στο Μαθηματικού Μοντέλου Αναγνώρισης Διαρροών .

Εφαρμογές προσαρμοσμένων μοντέλων (στρατηγικού και λεπτομερούς):

- Διασύνδεση των υδραυλικών μοντέλων μέσω διεπιφάνειας με το σύστημα SCADA.
- Αξιολόγηση πιθανών σεναρίων τροφοδοσίας
- Σχεδιασμός ζωνών ελέγχου διαρροών.

Τα μοντέλα θα μπορούν να χρησιμοποιηθούν, για διαστασιολόγηση αγωγών σε περιοχές μελλοντικών επεκτάσεων καθώς και τον έλεγχο επάρκειας των υφιστάμενων τροφοδοτικών αγωγών που θα εξυπηρετούν τις νέες περιοχές

Γενικά χαρακτηριστικά λογισμικού

Το μοντέλο είναι ένα εξειδικευμένο πακέτο υδραυλικής επίλυσης, δυναμικής προσομοίωσης δικτύων ύδρευσης και προσομοίωσης ποιοτικών χαρακτηριστικών.

- έχει τη δυνατότητα δυναμικής προσομοίωσης
- έχει τη δυνατότητα αυτόνομης λειτουργίας ή/και μέσα από το περιβάλλον λειτουργίας των ArcMap και AutoCAD
- έχει τη δυνατότητα επίλυσης μεγάλων και πολύπλοκων δικτύων
- έχει τη δυνατότητα μοντελοποίησης δικτύων από υφιστάμενα δεδομένα οποιασδήποτε μορφής (π.χ. DXF, XLS, ODBC, shapefile, dwg κλπ.)
- έχει τη δυνατότητα διασυνδέσεων ODBC, βάσεων δεδομένων και φύλλων εργασίας
- έχει δυνατότητα διασύνδεσης με shapefiles, χωρικές βάσεις δεδομένων, και SDE

Το μοντέλο θα παρέχει τη δυνατότητα δημιουργίας ενός μοντέλου του δικτύου ύδρευσης με τους εξής τρόπους :

Με την ψηφιοποίηση επί της οθόνης (on screen digitizing). Γι' αυτή τη λειτουργία είναι δυνατή η επίδειξη στην οθόνη υποβάθρων υπό την μορφή raster ή διανυσματικών (vector) χαρτών, με τη δημιουργία αρχείων, τα οποία θα περιέχουν όλες τις απαραίτητες πληροφορίες σχετικές με τα στοιχεία του δικτύου (συντεταγμένες, παροχές, μήκη αγωγών, κλπ.).

#### Τροποποίηση Δεδομένων

Όλα τα αρχεία δεδομένων και αποτελεσμάτων είναι σε μορφή τέτοια ώστε να είναι δυνατή η τροποποίησή σε οποιοδήποτε επεξεργαστή κειμένου. Επίσης το λογισμικό έχει την δυνατότητα τροποποίησης των δεδομένων απευθείας μέσα από το γραφικό περιβάλλον του λογισμικού, με απεριόριστο αριθμό αναίρεσης ή επαναφοράς των αλλαγών (undo/redo)

#### Διαχείριση Δεδομένων Ζήτησης

Το λογισμικό επιτρέπει τον καθορισμό διαφορετικών κατηγοριών κατανάλωσης σε κάθε κόμβο κατανάλωσης. Σε κάθε κατηγορία κατανάλωσης δίνεται η δυνατότητα εφαρμογής ενός προφίλ ημερήσιας διακύμανσης.

Τα δεδομένα κατανάλωσης μπορούν να τροποποιηθούν συνολικά, ανά κατηγορία ή κατά περιοχή του μοντέλου.

#### Δυνατότητες προσομοίωσης

Το λογισμικό μέσω ενός κέντρου ελέγχου σεναρίων επιτρέπει την οργάνωση σχεδίων, απαιτήσεων παροχής, λειτουργιών και σεναρίων τοπολογίας δικτύων, προτείνοντας άμεσες λύσεις και συγκρίνοντας αποτελέσματα.

Με τον τρόπο αυτό θα προσφέρει ένα περιβάλλον λήψης αποφάσεων και επίλυσης κρίσιμων καταστάσεων.

#### Μέθοδοι επαλήθευσης δεδομένων

Κατά την διάρκεια της εισαγωγής, επίλυσης και τροποποίησης δεδομένων, το λογισμικό μπορεί να αναγνωρίζει μη αποδεκτά ή μη υπάρχοντα δεδομένα.

Επιπρόσθετα παρέχεται η επιλογή της επαλήθευσης δεδομένων όπου επιτρέπεται ο προσδιορισμός - καθορισμός επιτρεπτών ορίων στις τιμές των περισσότερων από τις παραμέτρους κλειδιά σε ένα μοντέλο.  
Επαλήθευση μοντέλου

Για την επαλήθευση ενός μοντέλου, το λογισμικό διαθέτει την δυνατότητα σύγκρισης των προσομοιωμένων και μετρημένων τιμών πίεσης και παροχής υπό τη μορφή γραφημάτων, δυναμικών πινάκων και θεματικών χαρτών.

Λειτουργικά χαρακτηριστικά

Λογισμικό Διαχείρισης Ενεργειακών Υδροδυναμικών Μεγεθών επιτελεί:

- Διαχείριση Λειτουργικών παραμέτρων
- Καταχώρηση παραμέτρων λειτουργίας
- Καταχώρηση παραμέτρων κόστους
- Παρακολούθηση Κατανάλωσης
- Ανάγνωση στοιχείων ενεργειακής κατανάλωσης από SCADA
- Real-time υπολογισμός κόστους κατανάλωσης ρεύματος για άμεση ενημέρωση και παρακολούθηση (μέσω του SCADA)
- Διαχείριση Ενεργειακής Κατανάλωσης Ηλεκτρολογικού/Μηχανολογικού εξοπλισμού
- Παρακολούθηση μέσω του SCADA ηλεκτρομηχανολογικών μεγεθών που σχετίζονται με τη λειτουργία των αντλιών, όπως:
  - άεργος ισχύς & απώλειες ισχύος
  - ικανότητα επίτευξης απαιτούμενης πίεσης λειτουργίας
  - απόδοση και σταθερότητα αντλίας (μπορεί η απόδοση να είναι η επιθυμητή κατά την εκκίνηση αλλά σύντομα να πέφτει σε χαμηλότερα επίπεδα).
  - φθορά αντλίας
  - υπερθέρμανση κινητήρα
  - υπερβολική πίεση
  - θόρυβος και κραδασμοί
- Θερμοκρασία εισόδου/εξόδου νερού
- υδραυλικό κρουστικό κύμα (hydraulic shock)

Με χρήση των παρελθοντικών δεδομένων από το SCADA, το σύστημα εκτελεί προσημειώσεις λειτουργίας με διαφορετικούς τύπους αντλιών ή άλλου εξοπλισμού, ώστε να είναι σε θέση να υποδείξει τον καλύτερο δυνατό εξοπλισμό από άποψης ενεργειακής απόδοσης αλλά και Total Cost of Ownership (TCO).

Για τους υπολογισμούς θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κρίσιμα στοιχεία του δικτύου όπως δικλείδες, δεξαμενές, αντλιοστάσια, κλπ., γενεσιουργοί παράγοντες όπως κλείσιμο (ολικό ή μερικό) δικλείδων ροής, απότομη αύξηση ή μείωση κατανάλωσης, ελεγχόμενη παύση/έναρξη λειτουργίας αντλιοστασίου, κλπ., καθώς και οι εγκαταστάσεις ασφαλείας όπως αγωγοί εκτόνωσης, αντιπληγματικές δικλείδες, και θάλαμοι εξαερισμού. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται ως θεματικοί χάρτες και γραφήματα απεικόνισης.

Με την χρήση του υποσυστήματος διαχείρισης ενεργειακών υδροδυναμικών μεγεθών θα δημιουργούνται αναφορές με τις προτεινόμενες στάθμες ON/OFF για κάθε δεξαμενή με στόχο τη ελαχιστοποίηση της ενεργειακής κατανάλωσης.

Συσχετισμός Παραγωγής – Κατανάλωσης (Υδατικό Ισοζύγιο) (Άδειες S/W και Εφαρμογή)

Το υποσύστημα Συσχετισμού Παραγωγής-Κατανάλωσης περιλαμβάνει τις εξής λειτουργίες:

Προβολή στατιστικών στοιχείων παροχής νερού

- Ανά περίοδο
- Ανά δεξαμενή
- Ανά περιοχή
- Ανά ζώνη

Σύγκριση συγκεντρωτικού όγκου παρεχόμενου νερού με τιμολογημένο όγκο

- Ανά περίοδο
- Ανά ζώνη
- Καταχώρηση στοιχείων δικτύου και υδρομέτρων
- Σύνδεση στοιχείων παροχής και κατανάλωσης.

Μέσα από το σύστημα, έχουμε στη διάθεση μας όλα τα στατιστικά στοιχεία παροχής νερού (Ισοζύγιο Νερού – παραγόμενη & προς κατανάλωση ποσότητα) και δύναται η αναζητήσει συγκεκριμένα στοιχεία βάσει κριτηρίων όπως χρονική περίοδος, δεξαμενή, ζώνη και περιοχή ακόμα και συνδυαστικά. Με τη χρήση του Λογισμικού

Υδραυλικής προσομοίωσης η προβολή των ανωτέρω στοιχείων μπορεί να περιλαμβάνει και τη γεωγραφική τους διάσταση και την απεικόνιση τους σε ψηφιακό χάρτη.

Εφόσον υπάρχουν στοιχεία (από SCADA) για όλα τα σημεία διανομής νερού προς κατανάλωση το σύστημα λαμβάνοντας τιμές για την τιμολογήσιμη κατανάλωση νερού από το αρμόδιο τμήμα (π.χ. οικονομική υπηρεσία) μπορεί να κάνει τις ανάλογες συγκρίσεις (συγκεντρωτικού όγκου παρεχόμενου νερού με τιμολογημένο όγκο) και να κατηγοριοποιήσει τα στοιχεία ανά περίοδο και ανά ζώνη, επιτρέποντας παράλληλα την αντίστοιχη να ζήτηση. Επίσης, εφόσον είναι διαθέσιμα τα κατάλληλα γεωγραφικά υπόβαθρα με αρίθμηση οδών, υπάρχει η δυνατότητα για καταχώρηση στο σύστημα όλων των επιπλέον στοιχείων του δικτύου και των υδρομέτρων από την ίδιο την Υπηρεσία για την απεικόνιση τους σε ψηφιακό χάρτη και την εύκολη αναζήτηση τους.

Υπάρχουν βέβαια και οι παραδοσιακές μέθοδοι ανίχνευσης διαρροών που αναφέρονται σε χειροκίνητες μεθόδους ανίχνευσης και αυτές είναι

Μέθοδοι Ανίχνευσης Διαρροών

- Ακουστικές Μέθοδοι
  - ✓ Χρήση απλών ακουστικών συσκευών
  - ✓ Καταγραφείς ήχου
  - ✓ Συσχετισμός του ήχου διαρροής
- Μη Ακουστικές Μέθοδοι
  - ✓ Χρήση ενδεικτικού αερίου
  - ✓ Θερμογραφία
  - ✓ Γεωδαιισδυτικό ραντάρ

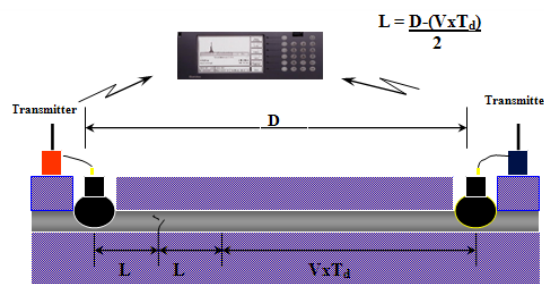
Ακουστικές Μέθοδοι

Χρήση απλών ακουστικών συσκευών

Οι συσκευές που χρησιμοποιούνται σε αυτήν την μέθοδο περιλαμβάνουν ακουστικές ράβδους και μικρόφωνα εδάφους (ground microphones) και μπορεί να είναι είτε μηχανικές είτε ηλεκτρονικές. Χρησιμοποιούν ευαίσθητους μηχανισμούς ή υλικά, όπως

πιεζοηλεκτρικά στοιχεία, για την ανίχνευση ήχου ή δονήσεων παραγόμενου από την διαρροή. Οι σύγχρονες ακουστικές συσκευές ενσωματώνουν ενισχυτές σήματος και φίλτρα θορύβου, ώστε να κάνουν το σήμα της διαρροής να ξεχωρίζει. Ο χειριστής που πραγματοποιεί την έρευνα για διαρροές εξετάζει συστηματικά το δίκτυο αγωγών, χρησιμοποιώντας ακουστικές ράβδους σε κατάλληλα σημεία των αγωγών, ώστε να αναγνωρίσει τον χαρακτηριστικό συριστικό ήχο που δημιουργείται από το διαρρέον ύδωρ.

Η αποτελεσματικότητα αυτής της μεθόδου εξαρτάται από το μέγεθος των διαρροών, τον θόρυβο του περιβάλλοντος, από την κίνηση στους δρόμους και την κατανάλωση, και από τον βαθμό της λεπτομέρειας της έρευνας. Γενικές έρευνες, που πραγματοποιούνται ακούγοντας μόνο σε ευκόλως προσβάσιμα σημεία, όπως πυροσβεστικού κρουνοί και / ή βαλβίδες, επιτρέπουν την ανίχνευση κυρίως μεγάλων διαρροών. Απ' την άλλη, διεξοδικές έρευνες που γίνονται ακούγοντας σε όλα τα προσβάσιμα σημεία, μπορούν να ανιχνεύσουν και μικρές διαρροές. Τα μικρόφωνα εδάφους χρησιμοποιούνται για τον εντοπισμό διαρροών ακούγοντας για ήχο διαρροής στην επιφάνεια του εδάφους ακριβώς πάνω από τον αγωγό σε μικρά διαστήματα. Αυτή η διαδικασία είναι ιδιαίτερα χρονοβόρα και η επιτυχία της στηρίζεται στην εμπειρία του χειριστή.



Σχήμα 6-28: Η αρχή της συσχέτισης θορύβου διαρροής (Pilcher et al., 2008)

Καταγραφείς ήχου

Οι καταγραφείς ήχου είναι συμπαγείς μονάδες που αποτελούνται από ένα αισθητήριο δονήσεων (ή ένα υδρόφωνο) και έναν προγραμματιζόμενο καταγραφέα δεδομένων. Χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση ύπαρξης διαρροών σε μεγάλες περιοχές, αλλά δεν είναι κατάλληλες για την εύρεση της τοποθεσίας τους. Οι καταγραφείς τοποθετούνται σε ομάδες των 6 ή παραπάνω σε παρακείμενες κατάλληλες θέσεις του δικτύου, π.χ. πυροσβεστικούς κρουνοί ή βαλβίδες 200 με 500 μέτρα μακριά, και αφήνονται για την διάρκεια της νύχτας. Οι μονάδες είναι συνήθως προγραμματισμένες να συλλέγουν τον ήχο των αγωγών από τις 2 μέχρι τις 4 πμ. Την επόμενη μέρα συλλέγονται και τα αποθηκευμένα δεδομένα μεταφέρονται σε έναν προσωπικό υπολογιστή πριν οι καταγραφείς μεταφερθούν στην επόμενη τοποθεσία. Τα καταγεγραμμένα δεδομένα αναλύονται στατιστικά, π.χ. συχνοτική ανάλυση του επιπέδου ήχου, για να ανιχνευτεί η ύπαρξη διαρροών (Fourier). Πρόσφατα μοντέλα καταγραφών ήχου μπορούν να τοποθετηθούν μόνιμα στο δίκτυο. Σε αυτή την περίπτωση η ανάλυση γίνεται με τα ηλεκτρονικά συστήματα, που περιλαμβάνει η μονάδα, και το αποτέλεσμα μεταδίδεται ασύρματα σε κάποιον περιφερόμενο αποδέκτη. Η οικονομική, όμως, βιωσιμότητα και η ικανότητα ανίχνευσης διαρροών των καταγραφών ήχου είναι αμφισβητούμενη. Για κάλυψη ολόκληρου του δικτύου, οι μόνιμοι καταγραφείς είχαν μια ελάχιστη περίοδο απόσβεσης της επένδυσης 25 ετών. Όταν οι καταγραφείς χρησιμοποιούνταν με προσωρινή τοποθέτηση ήταν 3 φορές λιγότερο αποτελεσματικοί στην ανίχνευση διαρροών σε σχέση με την χρήση απλών ακουστικών μέσων. Επίσης αναφέρεται ότι ο αριθμός των διαρροών που ανιχνεύτηκαν με την χρήση καταγραφών ήχου και από γενικές έρευνες με απλές ακουστικές συσκευές ήταν ο ίδιος. Οι καταγραφείς απέτυχαν, όμως, να ανιχνεύσουν το 40% των διαρροών που ανιχνεύτηκαν από λεπτομερείς ακουστικές έρευνες. Το πλεονέκτημα των καταγραφών έναντι της χρήσης απλών ακουστικών μέσων εμφανίζεται σε περιπτώσεις που οι τελευταίες δεν μπορούν να πραγματοποιηθούν κατά την διάρκεια της ημέρας λόγω υψηλού περιβαλλοντικού θορύβου.

#### Μη Ακουστικές Μέθοδοι

##### Χρήση ενδεικτικού αερίου

Με αυτήν την μέθοδο, ένα μη τοξικό, αδιάλυτο στο νερό και ελαφρύτερο του αέρα αέριο, όπως το ήλιο ή το υδρογόνο, εγχέεται σε ένα απομονωμένο τμήμα του αγωγού. Το αέριο τότε διαφεύγει από το άνοιγμα (αν υπάρχει) στον αγωγό και, όντας ελαφρύτερο από τον αέρα, διαφεύγει προς την ατμόσφαιρα περνώντας από το έδαφος και το οδόστρωμα. Η διαρροή εντοπίζεται σαρώνοντας την επιφάνεια του εδάφους με έναν υψηλής ευαισθησίας ανιχνευτή αερίου.

##### Θερμογραφία

Η αρχή στην οποία βασίζεται η χρήση της θερμογραφίας για την ανίχνευση διαρροών σε αγωγούς ύδρευσης είναι, ότι το νερό που διαρρέει από έναν υπόγειο αγωγό αλλάζει τα θερμοκρασιακά χαρακτηριστικά του παρακείμενου εδάφους, κάνοντας το, για παράδειγμα, έναν πιο αποτελεσματικό απορροφητή θερμότητας από το περιβάλλον ξηρό έδαφος. Οι θερμοκές ανωμαλίες πάνω από τους αγωγούς ανιχνεύονται με μία κάμερα υπερέθρων τοποθετημένη στο έδαφος ή στον αέρα.

##### Γεωδιδεισδυτικό ραντάρ

Ένα ραντάρ μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εντοπίσει διαρροές σε υπόγειους αγωγούς είτε ανιχνεύοντας κενά στο έδαφος, που δημιουργούνται από το διαρρέον νερό καθώς κυκλοφορεί κοντά στον αγωγό είτε ανιχνεύοντας κομμάτια του αγωγού τα οποία εμφανίζονται βαθύτερα, από ότι είναι στην πραγματικότητα, λόγω της αύξησης της διηλεκτρικής σταθεράς του παρακείμενου κορεσμένου σε νερό εδάφους. Τα κύματα του γεωδιδεισδυτικού ραντάρ αντανακλώνται εν μέρει πίσω στην επιφάνεια του εδάφους όταν συναντούν μια ανωμαλία στις διηλεκτρικές ιδιότητες, όπως για παράδειγμα έναν κενό ή έναν αγωγό. Μια εικόνα του μεγέθους και του σχήματος του αντικειμένου δημιουργείται από τα χρονικά ίχνη του ραντάρ, τα οποία λαμβάνονται σαρώνοντας την επιφάνεια του εδάφους. Η χρονική καθυστέρηση ανάμεσα στα εκπεμπόμενα και ανακλώμενα κύματα καθορίζει το βάθος του ανακλώντος αντικειμένου.

## ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗ ΝΕΡΟΥ - ΧΛΩΡΙΩΤΕΣ

Η χημική σύσταση του πόσιμου νερού περιγράφεται στην ισχύουσα Ευρωπαϊκή Νομοθεσία για την ποιότητα του νερού προς πόση (Οδηγία 98/83/ΕΕ, 5-12-98) και την αντίστοιχη Ελληνική νομοθεσία (ΚΥΑ Υ2/2600/2001, ΦΕΚ 892/11-7-2001).

Το νερό, το υψίστης σημασίας αγαθό για τον άνθρωπο θεωρείται επικίνδυνο γι' αυτόν όταν δεν λαμβάνονται μέτρα να πληροί ορισμένους όρους Υγιεινής.



**Πίν. 3.3:** Ενδεικτικές παράμετροι του πόσιμου νερού  
(Οδηγία 98/83/ΕΚ του Συμβουλίου της 3<sup>ης</sup>/11/1998).

α/α	Παράμετρος	Μονάδα έκφρασης αποτελεσμάτων	Παραμετρική τιμή*
1	Ιόντα υδρογόνου	μονάδα pH	6.5≤pH≤9.5
2	Αγωγιμότητα	μS/cm	2500
3	Χλωριούχα άλατα	mg/l	250
4	Θειικά άλατα	mg/l	250
5	Νάτριο	g/l	200
6	Αργίλιο	μg/l	200
7	Νιτρικά άλατα	mg/l	50
8	Νιτροδέν άλατα	mg/l	0,50
9	Βρωμικά άλατα	mg/l	10
10	Κυανιούχα άλατα	μg/l	50
11	Αμμώνιο	mg/l	0,50
12	Φθοριούχα άλατα	mg/l	1,5
13	Σίδηρος	μg/l	200
14	Μαγγάνιο	μg/l	50
15	Χαλκός	mg/l	2,0
16	Αρσενικό	μg/l	10
17	Χρόμιο	μg/l	50
18	Υδράργυρος	μg/l	1,0
19	Μόλυβδος	μg/l	10
20	Νικέλιο	μg/l	20
21	Κάδμιο	μg/l	5,0

\*Η παραμετρική τιμή, με βάση την Οδηγία 98/83/ΕΚ, αναφέρεται στη συγκέντρωση καταλοίπων μονομερούς στο νερό, όπως υπολογίζεται σύμφωνα με τις προδιαγραφές περί μέγιστης μεταμόρφωσης εκ του αντιστοιχού πολυμερούς, όταν βρίσκεται σε επαφή με το νερό.

#### Πίνακας 6-8: Τυπική χημική σύσταση πόσιμου νερού

Η απολύμανση του πόσιμου νερού (που σήμερα είναι υποχρεωτική βάση νομοθεσίας) άρχισε να εφαρμόζεται εδώ και πολλά χρόνια (since 1850) με την χλωρίωση του νερού που ακόμα και στις μέρες μας αποτελεί την περισσότερο εφαρμόσιμη μέθοδο απολύμανσης.

Την επί σειρά ετών έλλειψη του μικροβιολογικού ελέγχου του υδάτινου περιβάλλοντος, η ανθρωπότητα πλήρωσε πολύ ακριβά. Εκατομμύρια άνθρωποι έπεσαν θύματα σοβαρών υδατογενών λοιμώξεων. Ακόμα και σήμερα που είναι γνωστή η σημασία της μικροβιολογικής καθαρότητας του νερού για την δημόσια Υγεία, ο αριθμός των υδατογενών λοιμώξεων εξακολουθεί να είναι μεγάλος και είναι γνωστό ότι στις χώρες του τρίτου κόσμου αποτελούν την πρώτη αιτία θανάτου των παιδιών. Οι υδατογενείς αυτές λοιμώξεις οφείλονται στην παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών οι οποίοι, εισερχόμενοι στο νερό μέσω των λυμάτων, επιβιώνουν, παρά το oligοτροφικό-αφιλόξενο υδάτινο περιβάλλον, άλλοτε μικρό, άλλοτε μεγάλο χρονικό διάστημα και μεταδίδουν τα διάφορα υδατογενή νοσήματα με ποικίλους τρόπους όπως με κατάποση, επαφή και εισπνοή υδατοσταγονιδίων.

Η ρύπανση (επιβάρυνση με ύλη ή ενέργεια), ή μόλυνση (επιβάρυνση με παθογόνους για τον άνθρωπο και τα ζώα μικροοργανισμούς) των επιφανειακών και υπόγειων νερών αποτελεί σοβαρό πρόβλημα και απασχολεί τους επιστήμονες, τους πολιτικούς αλλά και τους απλούς πολίτες σε όλο τον κόσμο, γιατί οι ανάγκες σε γλυκό νερό αυξάνονται συνέχεια ενώ οι διαθέσιμοι υδάτινοι πόροι είναι λίγοι και η δυνατότητα αυτοκαθαρισμού του νερού που συμβαίνει μέσω του υδρολογικού κύκλου είναι περιορισμένη.

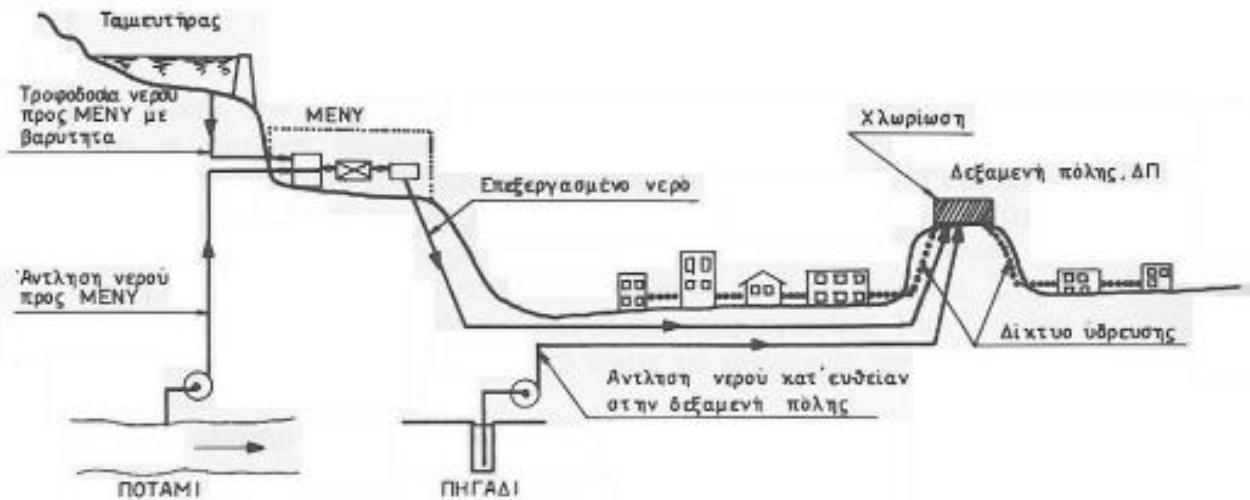
Συνεπώς η επεξεργασία/απολύμανση του νερού πριν την κατανάλωσή του κρίνεται αναγκαία, κυρίως στα δίκτυα ύδρευσης, τα οποία πρέπει να παρέχουν στους καταναλωτές νερό κατάλληλο για πόση. Στις μέρες μας η τεχνολογία επεξεργασίας του νερού και οι νέες τεχνολογίες αυτοματισμού και ελέγχου που εφαρμόζονται σε δίκτυα ύδρευσης, βρίσκονται σε τέτοιο επίπεδο ώστε να είναι σε θέση να παρέχουν στους καταναλωτές νερό απαλλαγμένο από μικροοργανισμούς, παράσιτα και ουσίες, σε αριθμούς και συγκεντρώσεις, που αποτελούν ενδεχόμενο κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία. Ως προς το πόσιμο νερό, οι μεγάλες πόλεις στη χώρα μας (με πληθυσμό πάνω από 50.000 κατοίκους) υδρεύονται με νερό καλής ποιότητας, που ελέγχεται τακτικά.

Ο πρωτοβάθμιος έλεγχος των πόσιμων νερών γίνεται στο Εργαστήριο Ελέγχου Ποιότητας Νερού και Λυμάτων της Δ.Ε.Υ.Α ενώ για τους υπόλοιπους ελέγχους συνεργάζεται με πανεπιστήμια, ερευνητικά ιδρύματα, την Ε.Υ.Δ.Α.Π. κ.α. Ο τακτικός ποιοτικός έλεγχος που πραγματοποιείται από το Εργαστήριο Ελέγχου Ποιότητας Νερού και Λυμάτων της Δ.Ε.Υ.Α. για τα πόσιμα νερά περιλαμβάνει :

- Καθημερινό έλεγχο της μικροβιολογικής και χημικής ποιότητας του νερού,
- Καθημερινό έλεγχο του υπολειμματικού χλωρίου στο δίκτυο.
- Δειγματοληψίες και αναλύσεις για τον εντοπισμό και διερεύνηση τυχόν προβλημάτων στο δίκτυο μετά από παράπονα καταναλωτών.

- Παρακολούθηση από το σύστημα τηλεμετρίας και τακτικές αναλύσεις του νερού, για τον προσδιορισμό των παραπροϊόντων της χλωρίωσης στο δίκτυο ύδρευσης (ΤΗΜ).
- Παροχή υπηρεσιών επ' αμοιβή, δηλαδή χημικές και μικροβιολογικές αναλύσεις, για πολίτες (αρτεσιανά κλπ.).

Για την ύδρευση μιας αστικής περιοχής σχεδόν πάντα κατασκευάζεται μια ή περισσότερες δεξαμενές πόλης (ΔΠ), όπου αντλείται ή οδηγείται με βαρύτητα το νερό από την μονάδα επεξεργασίας του νερού ύδρευσης (ΜΕΝΥ) ή σε αρκετές περιπτώσεις απ' ευθείας από το πηγάδι, όπως φαίνεται σχηματικά στο Σχήμα 1.2. Η ΔΠ είναι μια επιφανειακή δεξαμενή ή ένας υδατόπυργος και εξασφαλίζει την παροχή νερού σε ημερήσια βάση [3].



Σχήμα 6-29: Σχηματική παράσταση δεξαμενής πόλης με τις εναλλακτικές τροφοδοσίες

Τα πλεονεκτήματα από τη χρήση της ΔΠ

Η χρήση της δεξαμενής σε ένα δίκτυο ύδρευσης μιας πόλης έχει τα εξής πλεονεκτήματα :

- Εξισορροπεί την κυμαινόμενη ζήτηση έναντι μιας σταθερής παροχής. Η έξοδος από την Μονάδα Διύλισης ή η κατευθείαν άντληση από ένα πηγάδι έχουν σταθερή παροχή κατά τη διάρκεια του 24ώρου. Η κατανάλωση κάθε άλλο παρά σταθερή είναι και απαιτείται μια ενδιάμεση αποθήκευση του νερού.
- Η χρήση της ΔΠ μειώνει την απαίτηση σε άντληση, γιατί δε χρειάζεται να διατίθεται η άντληση που αντιστοιχεί στη μέγιστη ζήτηση νερού. Όταν υπάρχει η απαίτηση για τη μέγιστη παροχή η ΔΠ δίνει το επιπλέον νερό που έχει αποθηκευτεί από τις χρονικές περιόδους, κατά τις οποίες η ζήτηση είναι μικρότερη από την άντληση.
- Μειώνει τις πιέσεις του νερού στο δίκτυο
- Παρέχει τη δυνατότητα για ποιοτικό έλεγχο κοντά στην κατανάλωση και επιπλέον απολύμανση του νερού. Σε πολλές πόλεις της Ελλάδας η χλωρίωση του νερού των πηγαδιών γίνεται στις ΔΠ.
- Αποτελεί αποθήκη νερού για την πυρόσβεση.

Για την εξασφάλιση της ύδρευσης μιας περιοχής πρέπει να επιλέξουμε κατ' αρχήν την πηγή του νερού μέσα από τις δυνατές πηγές και στη συνέχεια να καθορίσουμε τη μέθοδο επεξεργασίας. Η επιλογή της πηγής του νερού είναι μια διαδικασία που πρέπει να περιλαμβάνει και θεωρήσεις μακροπρόθεσμες. Η μέθοδος επεξεργασίας εξαρτάται κατά κύριο λόγο από τα χαρακτηριστικά του ακατέργαστου νερού και σε μικρότερο βαθμό, από τις απαιτήσεις του δικτύου κατανάλωσης, την προσθήκη φθοριόντων και τη μέθοδο απολύμανσης. Στην επιλογή της πηγής προηγείται η σύνταξη του υδατικού ισοζυγίου της υδρολογικής λεκάνης. Κατά τη μελέτη του υδατικού ισοζυγίου εντοπίζονται οι επιφανειακές και οι υπόγειες πηγές, καθορίζονται τα υδατικά αποθέματα και η διαχρονική απόδοση των αποθεμάτων. Η ύπαρξη στατιστικών στοιχείων για τη βροχόπτωση, την εξάτμιση, την απορροή, τη διήθηση, την παροχή των υδατοστρωμάτων, τη στάθμη των υδροφοριών είναι απαραίτητα για την εκτίμηση της μελλοντικής συμπεριφοράς των πηγών. Το συνολικό διαχειριστικό Σχήμα συμπεριλαμβάνει τις πηγές που θα ικανοποιήσουν την παρούσα και μελλοντική ζήτηση, τα υδραυλικά έργα για τη διευθέτηση των πηγών, όπως τα φράγματα, οι ταμιευτήρες, τα έργα υδροληψίας και μεταφοράς, τα έργα αποθήκευσης και επεξεργασίας .

### Επιλογή πηγής νερού

Η επιλογή της πηγής ύδρευσης περιλαμβάνει τη θεώρηση όλων των εναλλακτικών πηγών και τα χαρακτηριστικά τους. Οι παράμετροι που πρέπει να εξεταστούν, όταν επιλέγεται μια και τα χαρακτηριστικά τους. Οι παράμετροι που πρέπει να εξεταστούν, όταν επιλέγεται μια πηγή νερού, είναι :

- Απόδοση ασφαλής (ποσότητα) για τις άμεσες αλλά και τις μακροχρόνιες ανάγκες.
- Ποιότητα Νερού.
- Απαίτηση συλλογής (Έργα εισόδου, πηγάδια, ταμειυτήρες, δεξαμενές κ.λ.π.).
- Απαίτηση επεξεργασίας (περιλαμβάνει το κόστος και τη δυνατότητα διάθεσης υπολειμμάτων π.χ. ιλύος, ενεργού άνθρακα).
- Απαίτηση μεταφοράς και διανομής.

Ο στόχος κατά την επιλογή της πηγής του νερού είναι η εξασφάλιση της ποιότητας αλλά και της ποσότητας για τη συνεχή τροφοδοσία για τις παρούσες και μελλοντικές ανάγκες. Η ποιότητα του νερού εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ποιότητα της πηγής. Η διαδικασία επεξεργασίας του νερού στοχεύει στη δημιουργία ποιότητας αποδεκτής για την αστική ή/και βιομηχανική κατανάλωση. Αν και η ποιότητα του νερού ποικίλει πολύ από περιοχή σε περιοχή μπορούμε να πούμε ότι τα επιφανειακά νερά έχουν ορισμένες ομοιότητες όπως επίσης και ότι τα υπόγεια νερά έχουν μερικά κοινά χαρακτηριστικά

Η παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών στο νερό ευνοείται από ορισμένους παράγοντες, όπως είναι το ουδέτερο pH, η παρουσία οργανικής ύλης που είναι η τροφή τους, καθώς και η ύπαρξη θρεπτικών συστατικών, όπως το άζωτο και ο φωσφόρος, τα οποία είναι απαραίτητα στη βιοσύνθεσή τους. Εξαιτίας του πολύ μικρού μεγέθους τους οι μικροοργανισμοί είναι δύσκολο να απομακρυνθούν πλήρως από το νερό μόνο με φυσικοχημικές διεργασίες, όπως είναι η καθίζηση και η διήθηση, οπότε για να διασφαλισθεί η απουσία τους στο νερό απαιτείται η απολύμανσή του.

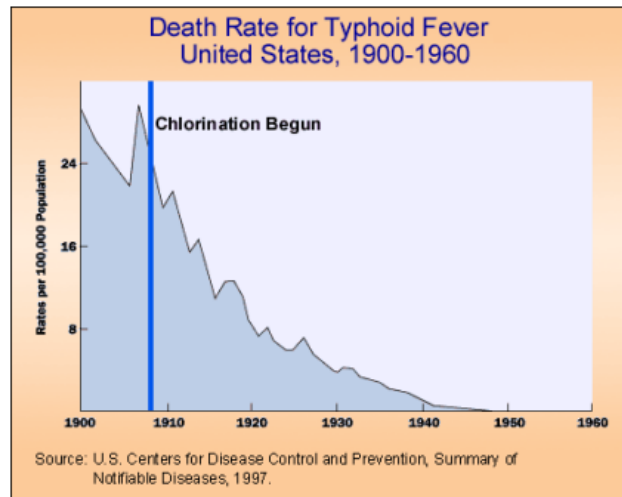
Απολύμανση είναι η επεξεργασία εκείνη του νερού που έχει ως σκοπό την καταστροφή ή την αδρανοποίηση των παθογόνων μικροοργανισμών που τυχόν περιέχει, ώστε να προστατευθεί η δημόσια υγεία. Πρωταρχικός σκοπός της απολύμανσης είναι η αναστολή του πολλαπλασιασμού και της επιβίωσης κάθε παθογόνου μικροοργανισμού μέσα στο σύστημα ύδρευσης. Γενικότερα, ως απολύμανση ορίζεται η επεξεργασία εκείνη που έχει ως σκοπό τη διατήρηση των μικροοργανισμών ενός ανοικτού ή κλειστού δικτύου νερού σε επίπεδα που δεν επηρεάζουν τη διεργασία. Είναι ουσιώδες να διευκρινισθεί η διαφορά μεταξύ της αποστείρωσης, η οποία σημαίνει πλήρη καταστροφή όλων των μικροοργανισμών και της απολύμανσης, η οποία χαρακτηρίζεται ως η εκλεκτική ελάττωση σε ανεκτά επίπεδα των μικροοργανισμών

### Η ιστορία της απολύμανσης

Η χλωρίωση αποτέλεσε την πρώτη μέθοδο που χρησιμοποιήθηκε για την απολύμανση τόσο των υγρών αποβλήτων, όσο και του πόσιμου νερού. Μια από τις πρώτες γνωστές χρήσεις του χλωρίου για την απολύμανση νερού ήταν από τον John Snow το 1850, όταν προσπάθησε να απολυμάνει την ευρεία παροχή νερού αντλιών οδών στο Λονδίνο μετά από ένα ξέσπασμα χολέρας. Το 1897, εφαρμόστηκε από τον Sims Woodhead ως προσωρινό μέτρο για να αποστειρωθούν οι κεντρικοί αγωγοί διανομής πόσιμου νερού στο Maidstone, Kent της Αγγλίας μετά από ένα ξέσπασμα τυφοειδούς πυρετού.

Η συνεχής χλωρίωση του πόσιμου νερού άρχισε τα πρώτα έτη αυτού του αιώνα στη Μεγάλη Βρετανία, όπου η εφαρμογή της μείωσε αισθητά τους τυφοειδείς θανάτους. Αμέσως μετά από αυτήν την δραματική επιτυχία, η χλωρίωση άρχισε να εφαρμόζεται στην πόλη του Jersey City, N.J το 1908 και στη συνέχεια την υιοθέτησαν πολλές πόλεις και αστικές περιοχές στις ΗΠΑ με αποτέλεσμα να συμβάλλει στην εξαφάνιση των μεταδιδόμενων από το νερό ασθενειών όπως η χολέρα, τύφος, η δυσεντερία και η ηπατίτιδα Α. Πριν από την εμφάνιση της χλωρίωσης στην επεξεργασία πόσιμου νερού, ο τυφοειδής πυρετός σκότωσε περίπου 25 από τους 100.000 ανθρώπους στις ΗΠΑ ετησίως, ένα ποσοστό θανάτου που προσεγγίζει αυτού που συνδέθηκε εκείνη την περίοδο με τα αυτοκινητικά ατυχήματα.

Όπως παρατηρούμε στο Σχήμα 6.3 από την στιγμή που άρχισε να εφαρμόζεται η χλωρίωση οι θάνατοι από τυφοειδή πυρετό μειώθηκαν σημαντικά. Τα πρώτα προβλήματα ανέκυψαν στις αρχές του 1940 στις Η.Π.Α. όπου ήταν έντονη η δυσάρεστη γεύση και οσμή στο χλωριωμένο νερό. Για την αντιμετώπιση αυτών των προβλημάτων, αλλά και θεμάτων που σχετίζονται με την ασφαλή διαχείριση των εγκαταστάσεων απολύμανσης, την ελάττωση των επιπτώσεων των παραπροϊόντων απολύμανσης, τη μείωση του λειτουργικού κόστους και φυσικά τη βελτίωση της απολυμαντικής δράσης, αναπτύχθηκαν, παράλληλα και με τις τεχνολογικές εξελίξεις, νέες μέθοδοι απολύμανσης, ή και παραλλαγές της απολύμανσης με χλώριο (διοξειδίο του χλωρίου).



Διάγραμμα 6-3 : Θάνατοι από τον τύφο στις Ηνωμένες Πολιτείες την χρονική περίοδο 1900-1960

Ταξινόμηση απολυμαντικών μέσων

Τα μέσα απολύμανσης με βάση τη φύση τους μπορούν να διαχωριστούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες,

- στα μη χημικά και
- στα χημικά.

Στα μη χημικά μέσα απολύμανσης του νερού ανήκουν η υπεριώδης ακτινοβολία, η αποστειρωτική διήθηση και σε περιορισμένη έκταση η θερμότητα και η ραδιενεργός ακτινοβολία. Τα χημικά μέσα μπορούν επίσης να διαιρεθούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες, στα οξειδωτικά και στα μη οξειδωτικά απολυμαντικά. Τα οξειδωτικά απολυμαντικά περιλαμβάνουν μια σειρά από ενώσεις με οξειδωτικό δυναμικό, όπως είναι το αέριο χλώριο, το υποχλωριώδες νάτριο, το διοξείδιο του χλωρίου, το βρώμιο, το ιώδιο, το υπεροξείδιο υδρογόνου και το όζον. Στα μη οξειδωτικά απολυμαντικά ανήκουν οργανικές κυρίως ενώσεις, όπως είναι το μεθυλενοδιθειοκυάνιο, το διβρωμονιτριλοπροπιοναμίδιο, οι ισοθειαζολόνες κ.ά

Επιλογή απολυμαντικού

Η επιλογή του απολυμαντικού εξαρτάται από πλήθος παραγόντων, οι κυριότεροι από τους οποίους είναι:

- Να είναι δραστικό σε όλες τις κατηγορίες μικροοργανισμών που παρουσιάζονται ή αναμένεται να παρουσιαστούν στο σύστημα.
- Να συμφέρει οικονομικά η εφαρμογή του.
- Να μην δημιουργεί παρενέργειες στο σύστημα και να μη διευκολύνει την ανεξέλεγκτη ανάπτυξη ανεπιθύμητων ειδών.
- Να μην δημιουργεί σοβαρούς κινδύνους για το προσωπικό και το περιβάλλον.

Επιλογή οξειδωτικού

Τα κριτήρια για την επιλογή ενός οξειδωτικού είναι η απόδοση στην επεξεργασία, το κόστος αγοράς και η ευκολία χειρισμού. Η ασυμβατότητα με τις διεργασίες που προηγούνται και εκείνες που ακολουθούν και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της απαιτούμενης οξείδωσης θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη.

Υπάρχουν μερικά μόνο οξειδωτικά μέσα που πληρούν τους ανωτέρω όρους:

- οξυγόνο του αέρα
- όζον
- υπεροξείδιο του υδρογόνου
- υπερμαγγανικό κάλιο
- χλώριο ή υποχλωριώδες
- διοξείδιο του χλωρίου

Η αποτελεσματικότητα της απολύμανσης είναι μια σύνθετη συνάρτηση πολλών μεταβλητών, όπως είναι :

- το είδος και η δόση του μέσου απολύμανσης
- το είδος και η συγκέντρωση των μικροοργανισμών
- ο χρόνος επαφής και τα χαρακτηριστικά ποιότητας του νερού

Οι βασικοί παράγοντες της απολυμαντικής δράσης (συγκέντρωση απολυμαντικού και χρόνος επαφής) είναι μεταβλητά στοιχεία, διότι η θερμοκρασία, το pH και η θολερότητα του νερού μπορούν να επηρεάσουν την αποτελεσματικότητα της απολύμανσης.

Σήμερα οι πιο διαδεδομένες μέθοδοι απολύμανσης είναι:

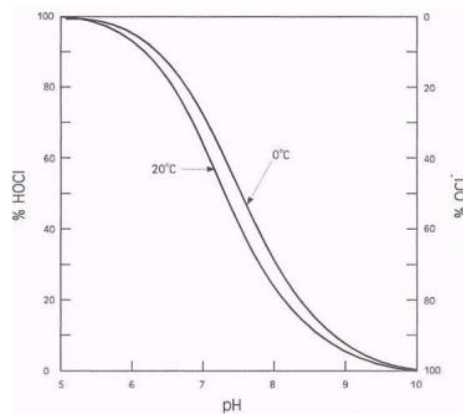
- Χλωρίωση (αέριο χλώριο, υποχλωριώδες νάτριο, διοξείδιο του χλωρίου)
- Υπεριώδη Ακτινοβολία (U.V.)
- Οζόνωση (με παραγωγή όζοντος από ατμοσφαιρικό αέρα ή οξυγόνο)

Τα τελευταία χρόνια έχει αλλάξει ο προσανατολισμός και στον Ελληνικό χώρο προς την κατεύθυνση των «καθαρών» τεχνολογιών απολύμανσης (υγρών αποβλήτων αλλά και πόσιμο νερού) και ειδικότερα προς την απολύμανση με όζον. Παρ' όλα αυτά η Χλωρίωση είναι η πιο διαδεδομένη μέθοδο απολύμανσης.

### Χλωρίωση

Εδώ και δεκάδες χρόνια το χλώριο χρησιμοποιείται ως απολυμαντικό μέσο στο πόσιμο νερό ακόμα και στις μέρες μας παραμένει το συνηθέστερα χρησιμοποιούμενο απολυμαντικό μέσο για το πόσιμο νερό. Το χλώριο προστίθεται στο νερό σε αέρια μορφή, σε υγρή μορφή (υποχλωριώδες νάτριο) ή σε σκόνη (υποχλωριωδών αλάτων) και είναι το απολυμαντικό για το οποίο έχουμε την περισσότερη επιστημονική γνώση από οποιοδήποτε άλλο.

Μία ευρέως διαδεδομένη μέθοδος απολύμανσης είναι η χρήση ελεύθερου υπολειμματικού χλωρίου, το οποίο είναι τοξικό στους περισσότερους παθογόνους μικροοργανισμούς. Το ελεύθερο υπολειμματικό χλώριο είναι το χλώριο στην μοριακή του μορφή ( $\text{Cl}_2$ ) και τα παράγωγα του : υποχλωριώδες οξύ ( $\text{HOCl}$ ) και υποχλωριώδη ιόντα ( $\text{OCl}^-$ ). Το χλώριο καταστρέφει διάφορους παθογόνους μικροοργανισμούς, όπως είναι τα βακτήρια *E. coli*, τα οποία χρησιμοποιούνται ως δείκτης μικροβιακής μόλυνσης. Η απολυμαντική του δράση εξαρτάται από τη τιμή pH, τη θερμοκρασία, το περιεχόμενο του νερού σε οργανικές ενώσεις, καθώς επίσης και από άλλα ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού



Διάγραμμα 6-4 : Μεταβολή της συγκέντρωσης του  $\text{HOCl}$  και  $\text{OCl}^-$  σε σχέση με το pH και τη θερμοκρασία

### Πλεονεκτήματα :

Η χλωρίωση είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική ενάντια στους περισσότερους παθογόνους μικροοργανισμούς, είναι εύκολη στην εφαρμογή, στον έλεγχο, και στην επίβλεψή της.

Λειτουργικά είναι η πιο αξιόπιστη μέθοδος απολύμανσης και αποτελεί το απολυμαντικό με την καλύτερη συντελεστή απόδοσης ως προς το κόστος και την αποτελεσματικότητα απολύμανσης.

Το σημαντικότερο όμως πλεονέκτημα της είναι ότι παρέχει ένα υπόλειμμα στο δίκτυο ύδρευσης που προστατεύει από πιθανή μόλυνση στο δίκτυο (παραμένει σαν προστατευτικός παράγοντας για αρκετό χρονικό διάστημα μέσα στο νερό) –Υπολειμματικό Χλώριο- το οποίο μετράτε απ ενός στις εξόδου των δεξαμενών απ εταίρου δειγματοληπτικά απ ευθείας στο δίκτυο πόλεως, και βοηθάει στη μείωση της προσκόλλησης των μικροοργανισμών σε τοιχώματα των σωλήνων αποτρέποντας έτσι την δημιουργία ένα είδος κρούστας (βιοφίλμ).

### Μειονεκτήματα :

Ένα σημαντικό μειονέκτημα της χλωρίωσης είναι η δημιουργία οργανικών παραπροϊόντων χλωρίωσης



(CBPs, THMs, HAAs, HANs) που όπως διαπιστώνεται στο απειλούν άμεσα την υγεία του ανθρώπου.

#### UV

Πλεονεκτήματα :

Κατά την απολύμανση του νερού με υπεριώδης ακτινοβολία (UV), αντίθετα με τη χλωρίωση, δεν παράγεται κανένα γνωστό παραπροϊόν σε επίπεδα ανησυχητικά για την υγεία του ανθρώπου. Η UV είναι αποτελεσματική ενάντια στο παθογόνο *Cryptosporidium* και στην αδρανοποίηση των περισσότερων ιών, σπόρια και κύστες. Επίσης δεν χρειάζεται να παράγεται, να αποθηκεύεται ή να ελέγχεται κανένα χημικό κατά την απολύμανση, με αποτέλεσμα να μην υφίσταται κίνδυνος υπερδοσολογίας. Χαρακτηριστικό είναι και το χαμηλό κόστος της απολύμανσης καθώς εκατοντάδες λίτρα νερού απολυμαίνονται με ελάχιστο κόστος.

Μειονεκτήματα :

Το μεγαλύτερο μειονέκτημα της απολύμανσης του πόσιμου νερού με UV είναι ότι δεν παρέχεται καμία υπολειμματική προστασία στο δίκτυο ύδρευσης. Εξίσου σοβαρό μπορεί να χαρακτηριστεί και το φαινόμενο της φωτοενεργοποίησης ορισμένων μικροοργανισμών: η επίδραση του φωτός ορισμένου μήκους κύματος είναι δυνατόν να ενεργοποιήσει ορισμένους μικροοργανισμούς μετά από την απολύμανση τους με UV, οι οποίοι στην συνέχεια θα μπορούν να πολλαπλασιαστούν και να γίνουν λοιμογόνιοι. Έχει χαμηλή αδρανοποίηση μερικών ιών (ρεοϊούς και rotaviruses) και η αποτελεσματικότητα της απολύμανσης δύσκολα ελέγχεται. Ακόμη απαιτείται υψηλό κόστος για τη δημιουργία ενός εφεδρικού συστήματος απολύμανσης σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης.

#### Όζον

Πλεονεκτήματα :

Το όζον είναι το ισχυρότερο απολυμαντικό λόγω της ισχυρής του οξειδωτικής του δράσης. Επίσης κατά την απολύμανση δεν παράγονται χλωριωμένα παράγωγα (CBPs) και σε αντίθεση με τη χλωρίωση είναι αποτελεσματικό ενάντια στο *Cryptosporidium* σε υψηλές συγκεντρώσεις. Συντελεί στη απομάκρυνση του χρώματος, των οσμών και στην καταστροφή ορισμένων επικίνδυνων οργανικών ουσιών.

Μειονεκτήματα :

Το μεγαλύτερο ίσως μειονέκτημα της απολύμανσης με όζον είναι ότι δεν παρέχει καμία υπολειμματική δράση με αποτέλεσμα να μην υπάρχει καμία προστασία στο δίκτυο ύδρευσης. Αν στο νερό υπάρχουν βρωμιόντα τότε κατά την απολύμανση παράγονται βρωμιωμένα οργανικά παραπροϊόντα. Ακόμη το όζον σπάει περισσότερα σύμπλοκα οργανικής ύλης σε μικρότερες ενώσεις που μπορούν να προάγουν την επανανάπτυξη των μικροοργανισμών μέσα στο δίκτυο ύδρευσης και να αυξήσουν την δημιουργία παραπροϊόντων κατά τη διάρκεια δευτεροβάθμιων διαδικασιών απολύμανσης. Μειονέκτημα επίσης αποτελεί η δυσκολία στον έλεγχο και στην παρακολούθησή του ειδικά κάτω από μεταβαλλόμενες συνθήκες φορτίου και ότι απαιτείται μεγαλύτερο αρχικό κεφάλαιο από τη χλωρίωση.

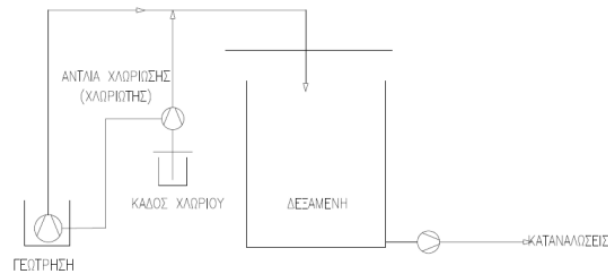
Οι περισσότερο συνηθισμένες εφαρμογές χλωρίωσης είναι :

#### Χλωρίωση νερού γεώτρησης

Είναι η πιο απλή και διαδιδόμενη εφαρμογή της χλωρίωσης. Το πόσιμο νερό αντλείται από μια γεώτρηση και αποθηκεύεται σε δεξαμενή. Από την δεξαμενή συνήθως με βαρύτητα οδηγείται στο δίκτυο ύδρευσης.

Στην περίπτωση αυτή ο εξοπλισμός της χλωρίωσης περιλαμβάνει μια αναλογική δοσομετρική αντλία. Η δοσομετρική αντλία τροφοδοτείται από το

ίδιο ηλεκτρικό κύκλωμα με την αντλία της γεώτρησης. Έτσι οι δύο αντλίες (γεώτρησης – χλωρίωσης) έχουν λειτουργία παράλληλη (ηλεκτρική μανδάλωση). Όταν η αντλία γεώτρησης είναι σε κράτηση είναι σε κράτηση και η αντλία χλωρίωσης και όταν η γεώτρηση λειτουργεί τότε λειτουργεί και η χλωρίωση.



Σχήμα 6-30: Σχηματικό διάγραμμα χλωρίωσης δεξαμενής

Αποθηκεύοντας το νερό (ανάλογα με το μέγεθος του δεξαμενισμού) μπορεί το νερό να έχει μεγάλο χρόνο παραμονής στην δεξαμενή, οπότε η συγκέντρωση χλωρίου στο νερό ελαττώνεται. Στην περίπτωση αυτή απαιτείται, εκτός από την αρχική χλωρίωση όπως παραπάνω, και η προσθήκη «αναμνηστικής» συμπληρωματικής δόσης χλωρίου.

Ο επιπλέον εξοπλισμός περιλαμβάνει επιπλέον :

- Σύστημα συνεχούς επανακυκλοφορίας του νερού στην δεξαμενή αποθήκευσης
- Ηλεκτρονικό όργανο συνεχούς μέτρησης και καταγραφής υπολειμματικού χλωρίου (χλωριόμετρο), με έξοδο σήματος αυτοματισμού

Η λειτουργία του συστήματος έχει ως εξής. Το νερό της δεξαμενής επανακυκλοφορεί συνεχώς με την αντλία επανακυκλοφορίας. Το υπολειμματικό χλώριο μετράται συνεχώς. Εάν πέσει χαμηλότερα από μια προεπιλεγμένη τιμή (ρυθμίζεται ελεύθερα) τότε ξεκινά να λειτουργεί η δοσομετρική αντλία, προσθέτοντας στο νερό το απαιτούμενο επιπλέον χλώριο. Μετά από κάποιο χρονικό διάστημα η συγκέντρωση του χλωρίου στο νερό θα ανέλθει στο προεπιλεγμένο όριο, οπότε η λειτουργία της δοσομετρικής αντλίας θα σταματήσει αυτόματα.

Χλωρίωση νερού με μεταβαλλόμενη ροή

Μια άλλη περίπτωση είναι όταν έχουμε ροή νερού που μεταβάλλεται (συνήθως σε πηγαία ύδατα με διαφοροποίηση της παροχής), οπότε θα πρέπει να μεταβάλλεται η προσθήκη χλωρίου στο νερό. Στην περίπτωση αυτή τοποθετείται στην σωλήνωση του νερού, αυτόματος μετρητής της παροχής που επικοινωνεί ηλεκτρονικά με την δοσομετρική αντλία χλωρίωσης. Έτσι καθώς αυξάνεται ή μειώνεται η ροή του νερού μεταβάλλεται ανάλογα και η παροχή χλωρίου από την δοσομετρική αντλία, έτσι ώστε η συγκέντρωση χλωρίου στο νερό να είναι σταθερή.



Σχήμα 6-31: Σύστημα χλωρίωσης με μέτρηση του υπολειμματικού χλωρίου

## Κεφάλαιο 7 : ΔΙΚΤΥΑ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ

Ο σχεδιασμός ενός δικτύου περιλαμβάνει

(α) τη διαστασιολόγηση των αγωγών του δικτύου (επιλογή διατομής, υλικού κ.α.) και των ειδικών έργων που απαιτούνται (φρεάτια, δεξαμενές, αντλιοστάσια κ.α.),

(β) τη χάραξη της πορείας του (οριζοντιογραφικά και σε μηκοτομή, δηλ. η κλίση του, οι αλλαγές πορείας του κ.α.) και

(γ) τον υπολογισμό του κόστους του (αρχικού και λειτουργικού) .

Για να σχεδιαστεί-μελετηθεί ένα δίκτυο μπορεί να εφαρμοστεί η ακόλουθη μεθοδολογία σχεδιασμού που αποτελείται από 5 στάδια.

Στάδιο 1. Οριοθέτηση της περιοχής μελέτης.

Στάδιο 2. Συλλογή στοιχείων.

Στάδιο 3. Υπολογισμός της παροχής σχεδιασμού.

Στάδιο 4. Διαστασιολόγηση των αγωγών.

Στάδιο 5. Υπολογισμός κόστους.

Όπως αναφέρθηκε και στην γενική θεώρηση των συστημάτων Το δίκτυο αποχέτευσης αποτελείται από

- Αντλιοστάσια λυμάτων
- Το δίκτυο
- Τον Βιολογικό καθαρισμό

Οι ανάγκες ενός τέτοιου έργου από τεχνικής πλευράς είναι

- Ηλεκτρικές παροχές ( Βασικός παράγοντας κόστους παραγωγής )
- Σύστημα τηλεμετρίας ( Σύστημα παρακολούθησης και καταγραφής -SCADA καθώς και διαχείρισης )

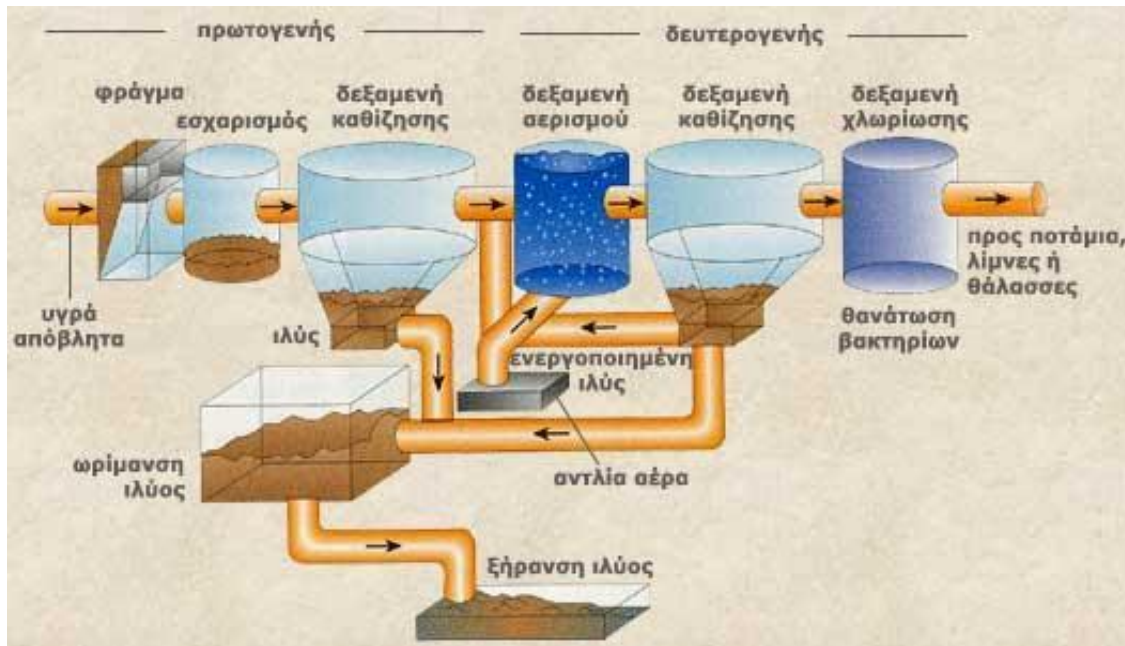
Βασική παράμετρος υπολογισμού των παροχών αγωγών αποχέτευσης ακαθάρτων είναι ο μελλοντικός πληθυσμός (σχεδιασμού) στο τέλος της χρονικής διάρκειας του έργου. Ο μελλοντικός πληθυσμός υπολογίζεται με διάφορες μεθόδους, όπως (1) με την προβολή στο μέλλον στοιχείων απογραφής, (2) εφαρμόζοντας τον τύπο του ανατοκισμού ή (3) με διάκριση της περιοχής μελέτης σε ζώνες (ανάλογα με τις δραστηριότητες του πληθυσμού), κάθε μια από τις οποίες χαρακτηρίζεται από μια πυκνότητα πληθυσμού (κατ/εκτάριο). Για τον πληθυσμό σχεδιασμού αντιστοιχεί μια μοναδιαία κατανάλωση νερού η οποία κυμαίνεται από 150 μέχρι 250 l/κατ day (μέση τιμή=200) με τις μεγαλύτερες τιμές να παρατηρούνται σε μεγάλες πόλεις και τις μικρότερες σε μικρούς οικισμούς.

Στην περίπτωση των δικτύων αποχέτευσης ακαθάρτων η κατανάλωση νερού υπολογίζεται από υπάρχοντα στοιχεία του δικτύου ύδρευσης (εφόσον υπάρχει) ή από στοιχεία άλλων παρόμοιων οικισμών. Από το σύνολο των καταναλώσεων του νερού, γίνεται συχνά η παραδοχή ότι ένα ποσοστό περίπου 80% καταλήγει στο αποχετευτικό δίκτυο, ενώ το υπόλοιπο αποτελεί τις απώλειες. Στην παροχή που προκύπτει πρέπει να προστεθούν και οι εισροές-διηθήσεις. Οι εισροές-διηθήσεις οφείλονται στη μη απόλυτη στεγανότητα των αρμών των αγωγών του και σε φθορές-κατασκευαστικές ατέλειες του δικτύου. Εξαρτώνται από τη σχετική θέση του αγωγού και του υπόγειου ορίζοντα, από τις επιφανειακές

## **ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ**

Για τον καθαρισμό των υγρών αποβλήτων εφαρμόζονται διάφορα στάδια επεξεργασίας τα οποία είναι συνδυασμός φυσικών, χημικών και βιολογικών διεργασιών. Τα στάδια αυτά αναφέρονται συνοπτικά στη συνέχεια:

- Προεπεξεργασία: σκοπός αυτού του σταδίου είναι η προστασία των επόμενων σταδίων. Γίνεται απομάκρυνση των ογκωδών αντικειμένων, της άμμου, των λιπών και των ελαίων και εξασφαλίζεται η ομοιόμορφη φόρτιση των επόμενων σταδίων.
- Πρωτοβάθμια επεξεργασία: σκοπός εδώ είναι η απομάκρυνση των οργανικών και ανόργανων στερεών. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση διεργασιών όπως η καθίζηση, η επίπλευση, η κροκιδώση.
- Δευτεροβάθμια επεξεργασία: σκοπός είναι η απομάκρυνση των οργανικών ουσιών με τη χρήση βιολογικών διεργασιών (λάσπη, βιοφίλτρα, δραστική χαλικοδιυλιστήρια κ.α.).
- Τριτοβάθμια επεξεργασία: σκοπός είναι η απομάκρυνση κυρίως του αζώτου και του φωσφόρου καθώς επίσης και άλλων τοξικών ουσιών.
- Επεξεργασία και διάθεση της λάσπης: σκοπός είναι η ελάττωση του όγκου της μέσω της απομάκρυνσης του υγρού και η αποδόμηση οργανικών που προκαλούν δυσοσμία.



Εικόνα 7-1: Πρωτογενής και δευτερογενής επεξεργασία αποβλήτων (MILLER T. G., 2000)

Ένας από τους πιο αποτελεσματικούς τρόπους αντιμετώπισης της ρύπανσης των υδάτινων πόρων από τα απόβλητα είναι οι Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Αστικών Αποβλήτων (ΕΕΑΑ). Οι ΕΕΑΑ έχουν ως σκοπό τον καθαρισμό των αστικών αποβλήτων από τα «βλαβερά» συστατικά που περιέχουν ώστε αυτά να διατεθούν ακίνδυνα στο περιβάλλον. Τα δομικά στοιχεία ενός ΕΕΑΑ είναι:

#### ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΠΡΟΚΑΤΑΠΚΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

- Εσχάρωση
- Εξάμμιωση – Λιποσυλλογή
  - Εξαμμωτές με σταθερή ταχύτητα ροής
  - Στοιχεία σχεδιασμού
  - Αεριζόμενοι εξαμμωτές
  - Αερισμός Α Φυσητήρες
  - Διαχείριση της άμμου και στραγγιδίων
  - Διαχείριση των λιπών
  - Κτίριο φυσητήρων
- Μέτρηση παροχής
  - Είδη διατάξεων μέτρησης παροχής
  - Διάυλος Parshall – Υπολογισμός
  - Μετρικός εξοπλισμός
- Υποδοχή βοθρολυμάτων
  - Διάταξη υποδοχής βοθρολυμάτων

#### ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

- Σύστημα ενεργού ιλύος – Παρατεταμένος αερισμός (Π.Α)
- Βιολογικός αντιδραστήρας (Β.Α)

- Δεξαμανή καθίζησης (B.K)
- Θεωρητική και εμπειρική περιγραφή του συστήματος ενεργού ιλύος
- Γενικά χαρακτηριστικά του παρατεταμένου αερισμού
- Δεξαμενές αερισμού (B.A)
- Δεξαμενές καθίζησης (B.K) A – Αντλιοστάσιο λάσπης (AN.Λ)
- Ανοξικές δεξαμενές (AOB) – Αντλιοστάσιο ανακυκλοφορίας ανάμικτου υγρού
- Αναερόβιες δεξαμενές φωσφόρου (ANB) – Διατάξεις ανάμιξης
- Δεξαμενές επιλογής βακτηριδίων (BEB)

#### ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗ

- Χλωρίωση – Αποχλωρίωση
- Υποχλωριώδες νάτριο – Απολυμαντική δράση
- Υπολειμματικό χλώριο
- Αποχλωρίωση – Διοξειδίο του θείου
- Δεξαμενή χλωρίωσης (BXL)
- Χώρος αποχλωρίωσης
- Εξοπλισμός Χλωρίωσης – Αποχλωρίωσης

#### ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΣΣΕΙΑΣ ΛΑΣΠΗΣ

- Πάχυνση
  - Πάχυνση με βαρύτητα
  - Πάχυνση με επίπλευση
  - Πάχυνση με μηχανικά μέσα
- Αφυδάτωση
  - Αφυδάτωση με μηχανικά μέσα –Ταινιοφυλτρώπρεςες (ΤΦ)
  - Αφυδάτωση σε κλίνες ξήρανσης (ΚΞ)

Ως «βλαβερά» συστατικά των αποβλήτων θεωρούνται τα ογκώδη αντικείμενα η άμμος, τα μικρού μεγέθους στερεά που αιωρούνται στη μάζα των αποβλήτων (αιωρούμενα στερεά), τα οργανικά – φυσικά συστατικά (π.χ. υδατάνθρακες, Πρωτεΐνες, λίπη), οι παθογόνοι μικροοργανισμοί και τα θρεπτικά στοιχεία (άζωτο και φώσφορος). Αν τα απόβλητα διοχετευτούν χωρίς επεξεργασία σε έναν υδάτινο αποδέκτη δημιουργούν διάφορα προβλήματα. Τα ογκώδη στερεά η άμμος και αιωρούμενα στερεά προκαλούν περισσότερο αισθητική δυσάρεσκεια παρά ουσιαστική ρύπανση του υδάτινου φορέα. Οι παθογόνοι μικροοργανισμοί είναι υπεύθυνοι για τη μετάδοση των ασθενειών στον άνθρωπο και σε άλλους οργανισμούς. Η παρουσία τους διαπιστώνεται από τα αποτελέσματα που επιφέρουν στον άνθρωπο όπως π.χ. δερματικές και άλλες μολύνσεις. Αυτοί χρησιμοποιούνται συχνά ως το βασικότερο κριτήριο για την καταλληλότητα ή όχι μιας ακτής για κολύμβησης αλιείας κλπ. Τα οργανικά συστατικά, είναι όμως τα περισσότερο υπεύθυνα για τις δυσάρεστες καταστάσεις ρύπανσης. Και αυτό γιατί κάθε υδάτινος φορέας, αλλά και τα ίδια τα απόβλητα, περιέχουν μικροοργανισμούς που καταναλώνουν τα οργανικά συστατικά των αποβλήτων, καθώς και το άζωτο και φώσφορο, για να τραφούν και να πολλαπλασιαστούν καταναλώνοντας παράλληλα το οξυγόνο (δηλ. αναπνέοντας), που βρίσκεται διαλυμένο στο νερό του φορέα μέχρι να το εξαφανίσουν τελείως. Το άζωτο και ο φώσφορος, μπορεί να δημιουργήσουν το λεγόμενο φαινόμενο του ευτροφισμού που εκδηλώνεται με την υπερβολική ανάπτυξη στον υδάτινο φορέα.

Το Συμβούλιο Υπουργών Περιβάλλοντος της ΕΟΚ εξέδωσε οδηγία (19/3/92) για το καθαρισμό των αστικών αποβλήτων, στην οποία προβλέπεται ότι θα πρέπει να εγκατασταθούν ΕΕΑΑ σε όλες τις πόλεις της Κοινότητας.

Συγκεκριμένα επιβάλλεται η κατασκευή βιολογικού καθαρισμού για όλες τις πόλεις με πληθυσμό μεγαλύτερο από 15000 κατοίκους μέχρι το 2000 και για τις μικρότερες μέχρι το 2005. Επιπλέον για τις πόλεις με πληθυσμό που βρίσκονται σε περισσότερο ευαίσθητες περιοχές και τριτοβάθμιος καθαρισμός, ενώ για τις πόλεις σε λιγότερο ευαίσθητες περιοχές με λιγότερους από 15000 κατοίκους ο πρωτοβάθμιος καθαρισμός θεωρείται ότι είναι αρκετός.



Όπως αναφέρει και η οδηγία της ΕΟΚ μια ΕΕΑΑ χαρακτηρίζεται από το βαθμό Καθαρισμού, ο οποίος καθορίζεται από το ποια από τα βλαβερά συστατικά που αναφέρθηκαν προηγουμένως απομακρύνει. Τα ογκώδη στερεά, η άμμος και τα αιωρούμενα στερεά απομακρύνονται σχεδόν πάντα σε μια ΕΕΑΑ οπότε ο καθαρισμός χαρακτηρίζεται ως πρωτοβάθμιος. Ο δευτεροβάθμιος ή συχνά αποκαλούμενος βιολογικός καθαρισμός αποσκοπεί στην απομάκρυνση και των οργανικών συστατικών και συχνά των παθογόνων μικροοργανισμών. Ο τριτοβάθμιος αφορά την απομάκρυνση και των θρεπτικών στοιχείων (φώσφορο και άζωτο).

Μια ΕΕΑΑ με βιολογικό ή δευτεροβάθμιο καθαρισμό επιτυγχάνει όχι μόνο πρωτοβάθμιο αλλά και δευτεροβάθμιο καθαρισμό δηλ. σχεδόν πλήρη απομάκρυνση (μεγαλύτερη από 95%) των οργανικών συστατικών. Η ιδέα του βιολογικού καθαρισμού στηρίζεται στην πραγματοποίηση των βιοχημικών διεργασιών που γίνονται ανεξέλεγκτα στη φύση (π.χ. κατά τη διοχέτευση αποβλήτων σε έναν υδάτινο αποδέκτη) με ελεγχόμενο τρόπο σε ειδικές γι' αυτό το σκοπό δεξαμενές. Στις δεξαμενές αυτές δίνονται οι ιδανικές συνθήκες στους μικροοργανισμούς που είναι η τροφή (οργανικά συστατικά των αποβλήτων) και το οξυγόνο για να αναπτυχθούν και να πολλαπλασιαστούν. Έτσι τη θέση των βλαβερών οργανικών συστατικών παίρνουν οι μικροοργανισμοί αυτοί (κυρίως βακτηρίδια) που όχι μόνο δεν είναι βλαβεροί όπως οι παθογόνοι αλλά αποτελούν και το "εργαλείο" καθαρισμού σε μια ΕΕΑΑ.

## **ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ**

### **Προκαταρκτική επεξεργασία**

Στην προκαταρκτική επεξεργασία γίνεται η απομάκρυνση των ογκωδών αντικειμένων (εσχάρωση) της άμμου (εξάμμωση) και των λιπών (λιποσυλλογή) από την υγρή μάζα των αποβλήτων η μέτρηση της παροχής και η υποδοχή των βοθρολυμάτων.

### **Εσχάρωση**

Σκοπός των εσχάρων είναι η συγκράτηση σε αυτές και στη συνέχεια η απομάκρυνση των ογκωδών αντικειμένων (κομμάτια ξύλων, πλαστικά, κλαδιά, κουρέλια κλπ.), για να προστατευτεί από το φράξιμο και τη φθορά ο ΗΑΜ

εξοπλισμός της ΕΕΑΑ. Τα βασικά είδη των εσχάρων είναι δύο, οι απλές χειροκίνητες που καθαρίζονται με τα χέρια και οι μηχανικές – αυτοκαθαριζόμενες.

Στη συνηθισμένη πρακτική τοποθετούνται μια ή δύο μηχανικές εσχάρες και μια παρακαμπτήρια χειροκίνητη. Σε κανονική λειτουργία λειτουργούν μόνο οι μηχανικές εσχάρες ενώ σε περίπτωση έμφραξης ή διακοπής της λειτουργίας τους τα λύματα υπερχειλίζουν αυτόματα προς την παρακαμπτήρια εσχάρα. Σε περίπτωση σκόπιμης παράκαμψης των μηχανικών εσχάρων υπάρχουν τα κατάλληλα θυροφράγματα απομόνωσης χειροκίνητα ή μηχανικά.

Οι εσχάρες είναι συνήθως κατασκευασμένες από ανοξείδωτο χάλυβα ή χάλυβα St37 με θερμό γαλβανισμό.

Γενικά τα βρεχάμενα μέρη των εσχάρων συνιστάται να κατασκευάζονται από ανοξείδωτο χάλυβα.

Τα εσχάρισματα έχουν πυκνότητα 600A1000 kg/m<sup>3</sup>μ υγρασία 75A90%μ περιεκτικότητα σε VSS 80A90% και αποδίδουν κατά τη καύση τους 13000 – 18000 kJ/kg. Οι ποσότητες των εσχарισμάτων ποικίλλουν ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της εσχάρας το είδος του αποχετευτικού συστήματος (σε παντοροικά συστήματα μπορεί να είναι και 10 φορές μεγαλύτερες απ' ότι σε χωριστικά) και την παρουσία βιομηχανικών αποβλήτων. Μια αντιπροσωπευτική τιμή ποσότητας εσχарισμάτων είναι 30 l/m<sup>3</sup> λυμάτων.

Η απομάκρυνση των εσχарισμάτων από τον προσωρινό χώρο αποθήκευσης τους προς τα δοχεία αποθήκευσης γίνεται με μεταφορική ταινία (από χάλυβα St37 με θερμό γαλβάνισμα) ή με κλειστό μεταφορικό κοχλία . Στο μεταφορικό κοχλία μπορεί να γίνει παράλληλα μερική ή ακόμα και πλήρης αφυδάτωση – στράγγιση των εσχарισμάτων (σχ.3.1.2.). Τα στραγγίδια επιστρέφουν στη κύρια ροή των υγρών αποβλήτων απευθείας με βαρύτητα ή με την παρεμβολή του αντλιοστασίου στραγγιδίων.

Η εκκίνηση – λειτουργία του συστήματος μεταφοράς των εσχарισμάτων συνδυάζεται με την κίνηση του μηχανισμού απομάκρυνσής τους. Η αποθήκευση των εσχарισμάτων γίνεται συνήθως σε κλειστούς κάδους απορριμμάτων, συμβατών με αυτούς της αποκομιδής των στερεών απορριμμάτων του Δήμου.

### **Εξάμμωση - Λιποσυλλογή**

#### **Σκοπός**

Σκοπός της εξάμμωσης είναι η απομάκρυνση των κόκκων άμμου των σωματιδίων αργίλου ή των άλλων σωματιδίων γεωλογικής ή όχι υφής, με διάμετρο μεγαλύτερη από 200 μm που δεν είναι οργανικά και έχουν ταχύτητες καθίζησης σημαντικά μεγαλύτερες από εκείνες των οργανικών στερεών. Η απομάκρυνση των σωματιδίων αυτών είναι απαραίτητη, γιατί η παρουσία τους δημιουργεί προβλήματα όπως εναπόθεση φερτών

υλών στον πυθμένα των αγωγών, φράξιμο των σωληνώσεων, φθορά του HAM εξοπλισμού (αντλίες κ.λ.π.) και μείωση της απόδοσης των επόμενων μονάδων επεξεργασίας.

Τα βασικά είδη των εξαμμωτών είναι δύο: οι εξαμμωτές με σταθερή ταχύτητα ροής και οι αεριζόμενοι εξαμμωτές. Οι αεριζόμενοι εξαμμωτές συνδυάζονται και με λιποσυλλέκτες.

Εξαμμωτές με σταθερή ταχύτητα ροής

Είναι επιμήκη και ρηχά κανάλια στα οποία η ταχύτητα ροής παραμένει σταθερή (περίπου 30 m/s) και ανεξάρτητη από την παροχή λυμάτων. Η εξασφάλιση της σταθερής ταχύτητας ροής επιτυγχάνεται με έναν από του παρακάτω τρόπους:

- με ανοιχτό αγωγό παραβολικής διατομής και διάυλο Parshall στο κατάντη άκρο του ή
- με ανοιχτό αγωγό ορθογώνιας διατομής και αναλογικό υπερχειλίση στο κατάντη άκρο του.

Αεριζόμενοι εξαμμωτές

Οι αεριζόμενοι εξαμμωτές είναι ορθογώνιες αεριζόμενες δεξαμενές στις οποίες ο αέρας εισάγεται με διαχυτήρες κατά της μιας πλευράς με αποτέλεσμα τη δημιουργία ελικοειδούς ροής. Η κατάλληλη ταχύτητα περιστροφής που επιτρέπει την απομάκρυνση της άμμου επιτυγχάνεται με ρύθμιση της παροχής αέρα. Η άμμος καθιζάνει στον πυθμένα και συσσωρεύεται σε χοάνη (ή χοάνες) απ' όπου απομακρύνεται. Η ταχύτητα περιστροφής ρυθμίζει το μέγεθος των σωματιδίων (συνήθως 0.2 mm) που θα απομακρυνθούν. Όταν η ταχύτητα περιστροφής είναι πολύ μεγάλη η άμμος συμπαρασύρεται με τη ροή ενώ όταν είναι πολύ μικρή στα στερεά που καθιζάνουν περιέχονται πολλά οργανικά με αποτέλεσμα την έκλυση δυσοσμίων στους χώρους συγκέντρωσης της άμμου. Η επιθυμητή ταχύτητα περιστροφής συνήθως είναι 0.30 m/s επιτυγχάνεται με κατάλληλη ρύθμιση της παροχής αέρα και με σωστό σχεδιασμό της γεωμετρίας της δεξαμενής ώστε να αποφεύγονται οι βραχυκυκλώσεις και οι αδρανείς περιοχές. Το βασικότερο πλεονέκτημα των αεριζόμενων εξαμμωτών είναι ότι συνδυάζονται με λιποσυλλέκτες. Κατά μήκος των εξαμμωτών και παράλληλα σε αυτούς μπορεί να δημιουργηθούν περιοχές ηρεμίας-λιποσυλλογής (πλάτους 0.8 – 1.2 m) όπου θα συγκεντρώνονται στην επιφάνεια τα λίπη οι αφοί και οι άλλες επιπλέουσες ουσίες Άλλα πλεονεκτήματα των αεριζόμενων εξαμμωτών είναι:

- έχουν σταθερή απόδοση (ρυθμίζοντας κατάλληλα την παροχή αέρα)
- έχουν μικρούς όγκους εξαιτίας των μικρών χρόνων παραμονής
- τα απόβλητα αερίζονται σε αυτούς
- μπορεί να χρησιμοποιηθούν ως σημεία προσθήκης χημικών (π.χ. για την απομάκρυνση φωσφόρου και οσμών προχλωρίωση κ.λπ.)
- έχουν μικρές υδραυλικές απώλειες (15 – 20 cm) και (στ) η άμμος έχει καλή ποιότητα.

Αερισμός – Φυσητήρες.

Ο αερισμός παρέχεται συνήθως από λοβοειδείς φυσητήρες (από χυτοσίδηρο) θετικής εκτόπισης που λειτουργούν συνεχώς. Η παροχή του αέρα είναι συνήθως 9A18 m<sup>3</sup>/h (τυπική τιμή ίση με 10 m<sup>3</sup>/h) ανά m μήκος εξαμμωτή.

Οι φυσητήρες τροφοδοτούν με σωληνώσεις (συνήθως από γαλβανισμένο χάλυβα) τους διαχυτήρες χοντρός ή μεσαίας φυσαλίδας (από ανοξείδωτο χάλυβα ή πλαστικό) που είναι τοποθετημένοι σε απόσταση 0.45A0.90 m από τον πυθμένα κατά μήκος της εσωτερικής πλευράς του εξαμμωτή. Οι διαχυτήρες πρέπει συνήθως να παρέχουν ποσότητες αέρα μικρότερες από 15 m<sup>3</sup>/h ανά m μήκους διαχυτήρα.

Διαχείριση της άμμου και των στραγγιδίων

Η άμμος που καθιζάνει έχει χαρακτηριστικά που εξαρτώνται έντονα από το είδος και την απόδοση του εξαμμωτή, το είδος και την κατάσταση του αποχετευτικού συστήματος και παρουσία βιομηχανικών αποβλήτων. Την Μια αντιπροσωπευτική τιμή ποσότητας άμμου είναι 30 l/m λυμάτων. Η άμμος έχει γενικά ειδική βαρύτητα 1.3-2.7μ, υγρασία 10 85% και περιεκτικότητα σε VSS ίση με 8 – 46%. Ένας αεριζόμενος εξαμμωτής κατά μήκος του πυθμένα του διαμορφώνεται σε μια μεγάλη επιμήκη χοάνη ή σε ένα αριθμό χοανών (όπου καθιζάνει και συγκεντρώνεται η άμμος) ανάλογα με το σύστημα απομάκρυνσης της άμμου. Η απομάκρυνση της άμμου από της χοάνες συλλογής της προς το χώρο στράγγισης της γίνεται με αντλίες άμμου ή αεραντλίες.

Οι αεραντλίες είναι διατάξεις ανύψωσης της άμμου (από ανοξείδωτο χάλυβα) που λειτουργούν με πεπιεσμένο αέρα. Η προώθησή του μίγματος άμμου – αποβλήτων – αέρα από το στόμιο αναρρόφησης (πέλμα) προς τα πάνω γίνεται εξαιτίας του μικρότερου ειδικού βάρους του μίγματος σε σχέση με το υγρό που περιβάλλει τη διάταξη. Έτσι δημιουργείται διαφορά πίεσης η οποία προωθεί το μίγμα άμμου νερού

προς τη διάταξη στράγγισης. Στην περίπτωση που υπάρχουν κατά μήκος του πυθμένα του εξαμωτή περισσότερες από μια χοάνες συλλογής οι αεραντλίες ή αντλίες άμμου που είναι τόσες όσες και οι χοάνες είναι στερεωμένες στον εξαμωτή καταλήγοντας στις χοάνες συλλογής απ' όπου αντλούν την προς τη διάταξη στράγγισης. Στην περίπτωση που υπάρχει μια επιμήκης χοάνη συλλογής μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια αεραντλία στερεωμένη σε παλινδρομικά κινούμενη μεταλλική γέφυρα ( από χάλυβα St37 με θερμό γαλβάνισμα) μαζί με τον φυσητήρα της. Στην πρώτη περίπτωση η άμμος οδηγείται προς τη διάταξη στράγγισης ενώ στη δεύτερη οδηγείται πρώτα σε πλευρικό κανάλι και στη συνέχεια στη διάταξη στράγγισης εκτός αν η διάταξη στράγγισης βρίσκεται και αυτή πάνω στη γέφυρα. Η στράγγιση της άμμου μπορεί να γίνει σε κατάλληλο μηχανικό κοχλιωτό διαχωριστή που τοποθετείται με κλίση ώστε τα στραγγίδια να επιστραφούν στην κύρια ροή των υγρών λυμάτων.

Η διάταξη απομάκρυνσης – έκπλυσης της άμμου εκκινεί με χρονοδιακόπτη και λειτουργεί για χρονικό διάστημα που εξαρτάται από την παροχή. Η αποθήκευση της άμμου γίνεται σε δοχεία όμοια με αυτά των εσχαρισμάτων. Η τελική διάθεση της άμμου μπορεί να γίνει χώρους διάθεσης στερεών αποβλήτων ή σε δρόμους ως υλικό επίχωσης.

**Διαχείριση των λιπών.**

Τα λίπη που επιπλέουν στις επιφάνειες (λωρίδες) λιποσυλλογής οδηγούνται σε παρακείμενο φρεάτιο λιπών με κατάλληλη διάταξη. Η διάταξη αυτή να είναι ένα ξέστρο προσαρμοσμένο σε μεταλλική κινούμενη γέφυρα ή συνδυασμός επιφανειακού διαχυτήρα – κινητού υπερχειλιστή εκροής που οδηγεί τα επιφανειακά λίπη στο φρεάτιο συλλογής των λιπών. Στο φρεάτιο συλλογής των γίνεται με κατάλληλη διάταξη σωλήνων (Τ) η απομάκρυνση των νερών ενώ τα λίπη παραμένουν στην επιφάνεια και απομακρύνονται με απορρόφηση.

**Κτίριο φυσητήρων.**

Οι φυσητήρες εγκαθίστανται πάντα σε κλειστό χώρο με επαρκή εξαερισμό και κατάλληλη ηχομόνωση, ώστε το επίπεδο του θορύβου σε απόσταση 1.0 m από τον εξωτερικό τοίχο να μην υπερβαίνει τα 60dB(A).

**Μέτρηση Παροχής**

**Σκοπός.**

Σκοπός της μέτρησης της παροχής είναι ο υπολογισμός της παροχής που διέρχεται από την ΕΕΑΑμ με βάση την οποία ρυθμίζεται η λειτουργία σημαντικών μονάδων. Με το σήμα της παροχής ρυθμίζεται συνήθως η λειτουργία της διάταξης συλλογής απομάκρυνσης και στράγγισης της άμμου του αεριζόμενου εξαμωτή των αντλιών ανακυκλοφορίας και των μονάδων που χρησιμοποιούν χημικά (π.χ. συνδυασμένη βιολογική – χημική απομάκρυνση φωσφόρου απολύμανση κ.α.).

**Είδη διατάξεων μέτρησης παροχής.**

Η μέτρηση της παροχής γίνεται σε ανοικτούς ή κλειστούς χώρους. Ο πιο συνηθισμένος τύπος διάταξης μέτρησης της παροχής σε ανοικτούς αγωγούς είναι ο διάυλος με στένωση Parshall ενώ σπανιότερα χρησιμοποιούνται ορθογώνιοι τριγωνικοί ή πριονωτοί υπερχειλιστές. Στους κλειστούς αγωγούς η παροχή μετρείται με την εισαγωγή στη ροή διάταξης που δημιουργεί πτώση πίεσης (π.χ. σωλήνας Pitot σωλήνας Venturi) από την οποία υπολογίζεται η παροχή με μαγνητικές ή ηχητικές ή και άλλες μεθόδους.



Σχήμα 7-1: Διάυλος Parshall.

Η παροχή στο διάυλο Parshall ( $Q$  σε  $m^3/s$ ) υπολογίζεται από το βάθος ροής ανάντη της στένωσης ( $Y_u$ ) με την ακόλουθη εξίσωση:  $Q = k d Y^n$

Οι συντελεστές  $k$  και  $n$  παρουσιάζονται ως συνάρτηση του πλάτους της συγκέντρωσης ( $w$ ) που αποτελεί το χαρακτηριστικό μέγεθος του διαύλου. Η ακρίβεια της μέτρησης κυμαίνεται από  $\pm 3\%$  μέχρι  $\pm 5\%$ .

Για την ικανοποιητική λειτουργία του πρέπει ανάντη της στένωσης να υπάρχει ελάχιστο μήκος ίσο με 20 φορές την διάσταση του. Κατάντη της στένωσης πρέπει να υπάρχει ελεύθερη πτώση ή βάθος ροής,  $Y_d$  που δεν υπερβαίνει το 50-70% του  $Y_u$ . σημειώνεται ότι το βάθος ροής κατάντη του διαύλου Parshall ( $Y_d$ ) καθορίζεται από το αμέσως κατάντη του διαύλου σημείο ελέγχου της ροής.

Μετρικός εξοπλισμός.

Η μέτρηση του βάθους ροής  $Y_u$  γίνεται συνήθως με υπέρηχους. Το σήμα από το αισθητήριο στάθμης μεταβιβάζεται με πομπό ( που βρίσκεται δίπλα από τον διάυλο) στο όργανο στιγμιαίας παροχής που βρίσκεται στο κέντρο ελέγχου της ΕΕΑΑ και καταγράφεται στο καταγραφικό παροχής. Το όργανο ένδειξης της στιγμιαίας παροχής διαθέτει συνήθως και σύστημα αθροιστικών ενδείξεων για τον υπολογισμό π.χ. της ημερήσιας παροχής.

### Υποδοχή βοθρολυμάτων

Σκοπός.

Σκοπός της υποδοχής βοθρολυμάτων είναι η παραλαβή των βοθρολυμάτων από τα βυτιοφόρα η αποθήκευση τους και η διοχέτευση τους στην ΕΕΑΑ χωρίς να δημιουργούνται επιπτώσεις και διαταραχές στη λειτουργία της ΕΕΑΑ.

Διάταξη υποδοχής βοθρολυμάτων.

Η διάταξη υποδοχής βοθρολυμάτων αποτελείται από τα ακόλουθα μέρη:

- Χώρος εκκένωσης των βοθρολυμάτων. Αυτός πρέπει να είναι κοντά στα έργα προκαταρκτικής επεξεργασίας και να καταλαμβάνει ικανή έκταση ώστε να πραγματοποιούνται με άνεση οι απαραίτητοι ελιγμοί των βυτιοφόρων. Στο χώρο αυτό συνιστάται να υπάρχει και διάταξη έκπλυσης. Ο χώρος αυτός μπορεί να είναι κλειστός και εξοπλισμένος με διάταξη απόσμησης.
- Φρεάτια υποδοχής με διατάξεις στεγανής σύνδεσης (π.χ. ταχυσυνδέσμους) με τις σωλήνες των βυτιοφόρων με τις οποίες εξασφαλίζεται η χωρίς περιβαλλοντικές επιπτώσεις εκκένωση των βυτιοφόρων. Τα φρεάτια υποδοχής είναι εξοπλισμένα με χοντρές εσχάρες με διάκενα 8Α10 cm για τη συγκράτηση των ογκωδών στερεών.
- Δεξαμενή εξισορρόπησης βοθρολυμάτων. Σε αυτή καταλήγουν τα βοθρολύματα από τα φρεάτια υποδοχής. Η δεξαμενή εξισορρόπησης πρέπει να είναι κλειστή ώστε να μην ελκύονται οσμές. Επίσης τα τοιχώματα της πρέπει να έχουν τέτοια διαμόρφωση ώστε να μην επιτρέπεται η απόθεση στερεών σε αυτά και να διευκολύνεται η έκπλυση τους με κατάλληλη διάταξη ακροφυσίων. Η δεξαμενή μπορεί να είναι εξοπλισμένη με σύστημα ανάδευσης (ή και αερισμού) και με ανιχνευτή στάθμης των βοθρολυμάτων. Στη δεξαμενή μπορεί να γίνεται και προσθήκη χημικών για την εξουδετέρωση των βοθρολυμάτων ή για τον περιορισμό των οσμών.
- Αντλίες βοθρολυμάτων για την τροφοδότηση της ΕΕΑΑ με βοθρολύματα από την δεξαμενή εξισορρόπησης σε θέση ανάντη τις βιολογικής επεξεργασίας.

Ιδιαίτερη σημασία κατά την συνεπεξεργασία των βοθρολυμάτων με τα αστικά απόβλητα στην ΕΕΑΑ έχει η ικανότητα της ΕΕΑΑ να επεξεργάζεται βοθρολύματα. Η ικανότητα αυτή μπορεί να προσδιοριστεί με βάση τα χαρακτηριστικά των συγκεκριμένων βοθρολυμάτων. Από εμπειρία έχει διαπιστωθεί ότι μια ΕΕΑΑ μπορεί να δεχθεί βοθρολύματα με μέγιστο συνολικό φορτίο BOD5 ίσο με το 15% του φορτίου σχεδιασμού της. Αυτή η εμπειρική άποψη όμως δεν λαμβάνει υπόψη το φορτίο των SSμ που μπορεί να είναι ιδιαίτερα μεγάλο και να οδηγήσει σε υπερφόρτιση της ΕΕΑΑ όσον αφορά τα SS.

### Βιολογική επεξεργασία.

Η βιολογική επεξεργασία με ενεργό ιλύ περιλαμβάνει

α) Δεξαμενές Αερισμού, όπου οι μικροοργανισμοί καταναλώνουν τις οργανικές ουσίες χρησιμοποιώντας οξυγόνο που προστίθεται στα απόβλητα από ειδικές διατάξεις αερισμού (αεριστήρες ή διαχυτήρες)



β) Δεξαμενές Δευτεροβάθμιας Καθίζησης, όπου οι μικροοργανισμοί καθιζάνουν και απομακρύνονται δευτεροβάθμια (λάσπη). Μέρος της λάσπης αυτής της επανακυκλοφορία λάσπης επιστρέφει στη ΔΑ, ενώ το υπόλοιπο (περίσσεια λάσπης) οδηγείται στη γραμμή επεξεργασίας λάσπης.

Ο σκοπός του συστήματος ενεργού ιλύος είναι η απομάκρυνση των διαλυμένων οργανικών ουσιών των αποβλήτων με βιοχημικές διαδικασίες. Οι κύριες συνιστώσες ενός συστήματος ενεργού ιλύος είναι:  
(α) Βιολογικός αντιδραστήρας (ΒΑ) που είναι κυρίως η δεξαμενή αερισμού (ΒΑ) όπου οι μικροοργανισμοί (μ/ο) που βρίσκονται σε αιώρηση αναπτύσσονται καταναλώνοντας τα συστατικά των αποβλήτων (π.χ. οργανικές ουσίες αμμωνία) και  
(β) Δεξαμενή καθίζησης (ΒΚ) όπου καθιζάνουν και διαχωρίζονται οι μ/ο από τα υγρά απόβλητα.  
Ένα σύστημα ενεργού ιλύος μπορεί να επεκταθεί ώστε να περιλαμβάνει και άλλους βιολογικούς αντιδραστήρες όπως π.χ. ανοξικές δεξαμενές (ΑΟΒ) για απονιτροποίηση με αναερόβιες δεξαμενές (ΑΝΒ) και δεξαμενές επιλογής βακτηριδίων (ΒΕΒ) για τον περιορισμό της ανάπτυξης διάφορων βακτηριδίων.

#### Απολύμανση

Σκοπός της απολύμανσης είναι η καταστροφή των παθογόνων μικροοργανισμών, ώστε να αποφεύγεται η μετάδοση ασθενειών με τα νερά του αποδέκτη, στον οποίο διοχετεύονται τα επεξεργασμένα απόβλητα. Είναι το τελευταίο στάδιο στην επεξεργασία των αποβλήτων και το μοναδικό με αποκλειστικό σκοπό την καταστροφή των παθογόνων, αν και μερική απομάκρυνση ή καταστροφή τους γίνεται στα άλλα στάδια επεξεργασίας. Η απολύμανση είναι απαραίτητη για την εξασφάλιση των μικροβιολογικών απαιτήσεων για την ασφαλή διάθεση των επεξεργασμένων λυμάτων.

Οι εφαρμοζόμενες μέθοδοι απολύμανσης είναι η χλωρίωση με προσθήκη αερίου χλωρίου, υποχλωριώδους νατρίου ή διοξειδίου του χλωρίου, οζόνωση και απολύμανση με χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας. Η περισσότερο διαδεδομένη μέθοδος απολύμανσης είναι η χλωρίωση με υποχλωριώδες νάτριο για ΕΕΛ μικρού και μεσαίου μεγέθους και αέριο χλώριο για ΕΕΛ μεγάλου μεγέθους.

Τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει η απολύμανση με χλωρίωση είναι το μικρό κόστος εγκατάστασης και η απλότητα λειτουργίας (ιδιαίτερα στην περίπτωση του υποχλωριώδους νατρίου), η παρατεταμένη απολυμαντική δράση και οι μειωμένες απαιτήσεις όσον αφορά την ποιότητα των προς απολύμανση λυμάτων (π.χ. συγκέντρωση αιωρούμενων στερεών) σε σχέση με άλλες μεθόδους. Σημειώνεται πάντως η σημαντική αρνητική επίδραση από τη διάθεση των χλωριωμένων αποβλήτων στον υδάτινο αποδέκτη.

Τα κυριότερα τμήματα του Η-Μ εξοπλισμού της χλωρίωσης είναι οι δοσομετρικές αντλίες χλωρίου, οι οποίες ελέγχονται με σύστημα αυτοματισμού, δεχόμενες σήματα από τον μετρητή παροχής και τον μετρητή υπολειμματικού χλωρίου, οι δεξαμενές αποθήκευσης του χλωρίου και οι δεξαμενές ημερήσιας κατανάλωσης. Κοντά στη δεξαμενή χλωρίωσης κατασκευάζεται το κτίριο χλωρίωσης με τον Η-Μ εξοπλισμό.

#### Πάχυνση της λάσπης

Η πάχυνση της λάσπης μπορεί να γίνει με βαρύτητα στις δεξαμενές πάχυνσης ή με διάφορα μηχανικά μέσα, συνήθως με ταινίες βαρύτητας ή με περιστρεφόμενο κάδο.

Οι δεξαμενές πάχυνσης μοιάζουν με τις Δεξ/νες Δευτεροβάθμιας Καθίζησης, αλλά έχουν μεγαλύτερα βάθη και μεγαλύτερες κλίσεις πυθμένα. Η λάσπη εισάγεται στη δεξαμενή και αφού αφεθεί να καθιζάνει και πυκνωθεί συλλέγεται με κατάλληλο μηχανισμό και απομακρύνεται. Ο μηχανισμός συλλογής της λάσπης είναι όμοιος με αυτόν των ΔΔΚ και επιπλέον φέρει κατακόρυφες ράβδους στο ξέστρο, που περιστρεφόμενες με αυτό αναδεύουν ελαφρά τη λάσπη βοηθώντας στην ευκολότερη πύκνωσή της. Τα βασικά μεγέθη σχεδιασμού των δεξαμενών πάχυνσης είναι η φόρτιση στερεών, ΦΣ, και ο υδραυλικός χρόνος παραμονής, Θ.

Ο παχυντής περιστρεφόμενου κάδου αποτελείται από τον κάδο, ο οποίος έχει οπές. Η λάσπη (μετά από την ανάμιξή της με πολυμερές) εισάγεται στον κάδο και το νερό στραγγίζει περνώντας από τις οπές και συλλέγεται στο κάτω μέρος της διάταξης έξω από τον κάδο. Η ταινία βαρύτητας (ΤΒ) είναι μια οριζόντια ταινία με πόρους στην οποία τοποθετείται το μίγμα λάσπης-πολυμερούς και κατανέμεται ομοιόμορφα στην ταινία. Καθώς η ταινία γυρίζει αργά, το νερό του μίγματος λάσπης-πολυμερούς στραγγίζει ανάμεσα στους πόρους της ταινίας και συλλέγεται. Το βασικό μέγεθος σχεδιασμού των ΠΠΚ και ΤΒ είναι η παροχή της εισερχόμενης λάσπης. Για τις ΤΒ χρησιμοποιείται και η φόρτιση στερεών ανά μονάδα πλάτους της ταινίας (kg SS/day m).

#### Αφυδάτωση της λάσπης



Η αφυδάτωση μπορεί να γίνει με φυσική εξάτμιση και αποστράγγιση του νερού της λάσπης σε κλίνες ξήρανσης ή με διάφορα μηχανικά μέσα, όπως συνήθως ταινιοφιλτρώπρες. Οι βασικοί μηχανισμοί της αφυδάτωσης στις κλίνες ξήρανσης είναι η διήθηση του νερού της λάσπης μέσα στις κλίνες και η εξάτμισή του. Τα βασικά πλεονεκτήματα των κλινών ξήρανσης είναι το χαμηλό αρχικό κόστος (όταν υπάρχει διαθέσιμη γη), η απλή λειτουργία, η πολύ μικρή κατανάλωση ενέργειας, ο μη επηρεασμός της λειτουργίας τους από μεταβολές των χαρακτηριστικών της λάσπης, η μη απαίτηση προσθήκης χημικών και η επίτευξη μεγαλύτερων συγκεντρώσεων αφυδατωμένης λάσπης από ότι οι μηχανικές μέθοδοι. Τα βασικά μειονεκτήματα των κλινών ξήρανσης είναι η απαίτηση σχετικά μεγάλων εκτάσεων, η απαίτηση προσωπικού, η πιθανότητα έκλυσης δυσοσμίων, όταν η λάσπη τύχει να μην είναι πλήρως σταθεροποιημένη.

Οι ταινιοφιλτρώπρες αποτελούνται από ιμάντες ανάμεσα από τους οποίους διέρχεται και συμπιέζεται η λάσπη. Ένα μέρος του νερού στην αρχή της διαδικασίας απομακρύνεται με βαρύτητα και το υπόλοιπο με συμπίεση. Τα βασικά πλεονεκτήματα των ταινιοφιλτρώπρες είναι η μικρή κατανάλωση ενέργειας, οι χαμηλοί θόρυβοι και κραδασμοί κατά τη λειτουργία σε σχέση με άλλες μηχανικές μεθόδους, η ευκολία λειτουργίας χωρίς να απαιτείται ειδικευμένο προσωπικό και η συνεχής λειτουργία τους. Στα μειονεκτήματά τους αναφέρονται η εξάρτηση της απόδοσής τους από τα χαρακτηριστικά της λάσπης, η μειωμένη υδραυλική ικανότητα και η σχετικά συχνή αντικατάσταση του διηθητικού μέσου λόγω φθοράς. Το βασικό μέγεθος σχεδιασμού των ΤΦ είναι η παροχή της εισερχόμενης λάσπης και η φόρτιση στερεών ανά μονάδα πλάτους της ταινίας (kg SS/day m).

Λοιπές μονάδες και κτίρια. Στις ΕΕΛ μπορεί να υπάρχουν και άλλες μονάδες και κτίρια, όπως δεξαμενή υποδοχής βοθρολυμάτων, δεξαμενές πρόσθετης βιολογικής επεξεργασίας (αναερόβιες δεξαμενές φωσφόρου, επιλογέας βακτηριδίων), αντλιοστάσια, κτίρια διοίκησης και ισχύος κ.α.

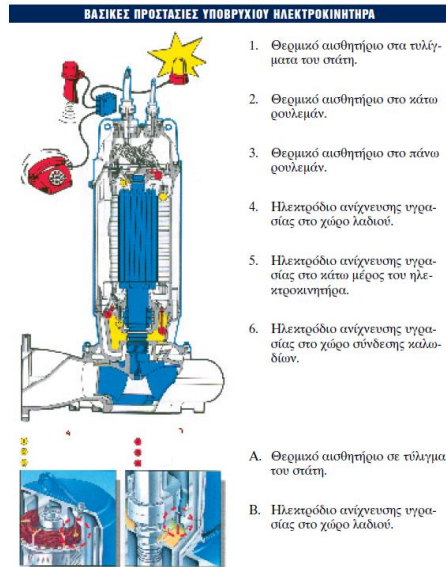
## **ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΑ ΛΥΜΑΤΩΝ**

Τα αστικά λύματα μέσω βαρύτητας συγκεντρώνονται στα «χαμηλότερα» υψομετρικά σημεία της πόλεως (συνήθως κοντά στο ύψος της θάλασσας) και από εκεί με την βοήθεια Αντλιοστασιών λυμάτων διοχετεύονται στον Βιολογικό ΕΕΑΑ. Τα αντλιοστάσια λυμάτων αποτελούνται από:

### **ΑΝΤΛΗΤΙΚΑ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΑ**

Το αντλιοστάσιο περιλαμβάνει αντλητικά συγκροτήματα λυμάτων, που αποτελούνται από αντλία και ηλεκτροκινητήρα απ' ευθείας συζευγμένα στο ίδιο κέλυφος και σε κατακόρυφη διάταξη. Τα χαρακτηριστικά των αντλητικών συγκροτημάτων υπολογίζονται στο επόμενο κεφάλαιο. Η πτερωτή των αντλιών είναι μη φρασσομένου τύπου, με ικανότητα κατατεμαχισμού και επιτρέπει την διέλευση στερεών σωμάτων.

Η λειτουργία των αντλητικών συγκροτημάτων ελέγχεται αυτόματα από τη στάθμη των λυμάτων εντός του αντλιοστασίου με την βοήθεια μετρητή στάθμης με υπερήχους, δηλαδή στάση του αντλητικού συγκροτήματος (κατώτατη στάθμη), εκκίνηση του αντλητικού συγκροτήματος (ανώτατη στάθμη) και σήμανση – συναγερμός (στάθμη συναγερμού) σε περίπτωση που το αντλητικό συγκρότημα απέτυχε να εκκινήσει ή οι εισροές υπερβαίνουν τις αναμενόμενες.

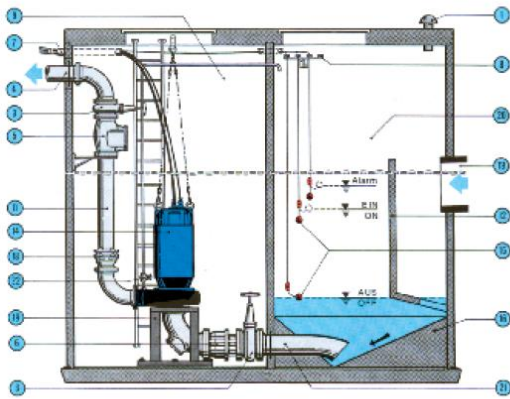


Σχήμα 7-1: Διάταξη Υποβρύχιου αντλητικού συγκροτήματος

## ΣΩΛΗΝΩΣΕΙΣ

Οι σωληνώσεις κατάθλιψης εντός του αντλιοστασίου θα είναι κατασκευασμένες από χαλυβδοσωλήνες χωρίς ραφή. Οι κυρίως καταθλιπτικοί αγωγοί θα είναι κατασκευασμένοι από χαλυβδοσωλήνα χωρίς ραφή. Η διάμετρος αυτών έχει επιλεγεί με ελάχιστη ταχύτητα λυμάτων περίπου 0,85 m/s για να διευκολύνεται η μετακίνηση των στερεών υλικών και να αποφευχθούν εμφράξεις λόγω καθίζησης και με μέγιστη ταχύτητα περίπου 1,5 m/s για να μην παρουσιαστούν μεγάλες απώλειες λόγω τριβών και επικίνδυνο υδραυλικό πλήγμα. Ως ελάχιστη επιτρεπόμενη εσωτερική διάμετρος θεωρείται αυτή των 80mm περίπου για να αποφευχθούν τυχόν εμφράξεις. Η σωλήνωση κατάθλιψης κάθε αντλητικού συγκροτήματος θα περιλαμβάνει μια βαλβίδα αντεπιστροφής τύπου σφαίρας, ένα τεμάχιο εξάρμωσης και μια δικλείδα τύπου σύρτου. Η σωλήνωση αντιπληγματικής προστασίας θα περιλαμβάνει μια βαλβίδα αντεπιστροφής τύπου σφαίρας, ένα τεμάχιο εξάρμωσης και μια δικλείδα τύπου σύρτου. Η σωλήνωση εκκένωσης θα περιλαμβάνει ένα τεμάχιο εξάρμωσης και μια δικλείδα τύπου σύρτου. Όλες οι δικλείδες και βαλβίδες αντεπιστροφής θα είναι χυτοσιδηρές, με φλάντζες συνδέσεως και εν γένει θα είναι κατασκευασμένες σύμφωνα με τις Πρότυπες Προδιαγραφές.

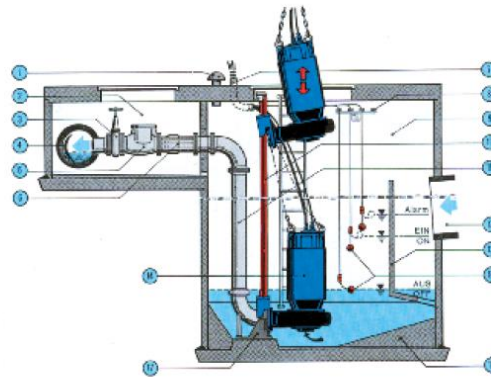
ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗΣ ΕΝ ΞΗΡΩ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ



- |  |   |
|--|---|
| 1. Αερισμός                            | 13. Αγωγός εισόδου                                    |
| 3. Συρταρωτή βάνα                      | 14. Υποβρύχια αντλία λυμάτων                          |
| 4. Αγωγός εξόδου                       | 15. Σύστημα αυτόματου ελέγχου στάθμης                 |
| 5. Βαλβίδα αντεπιστροφής               | 16. Επικλινης διαμόρφωση δαπέδου μετά την εγκατάσταση |
| 6. Ενδιάμεσο τεμάχιο                   | 18. Ευκαμπτος σύνδεσμος                               |
| 7. Προστατευτικός σωλήνας καλωδίων     | 19. Δακτύλιος στήριξης                                |
| 8. Στήριγμα φλωτεροδιακοπών            | 20. Φρεάτιο συλλογής                                  |
| 9. Φρεάτιο                             | 21. Σωλήνας αναρρόφησης                               |
| 11. Καταθλιπτικός αγωγός               | 22. Εξαεριστικά                                       |
| 12. Θάλαμος εισόδου με τοιχίο ανακοπής |   |

(α)

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΥΠΟΒΡΥΧΙΑΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ



- |                                    |   |
|------------------------------------|---|
| 1. Αερισμός                        | 10. Οδηγός σωλήνας                                    |
| 2. Θάλαμος βαλβίδων                | 11. Καταθλιπτικός αγωγός                              |
| 3. Συρταρωτή βάνα                  | 12. Θάλαμος εισόδου με τοιχίο ανακοπής                |
| 4. Αγωγός εξόδου                   | 13. Αγωγός εισόδου                                    |
| 5. Βαλβίδα αντεπιστροφής           | 14. Υποβρύχια αντλία λυμάτων                          |
| 6. Ενδιάμεσο τεμάχιο               | 15. Σύστημα αυτόματου ελέγχου στάθμης                 |
| 7. Προστατευτικός σωλήνας καλωδίων | 16. Επικλινης διαμόρφωση δαπέδου μετά την εγκατάσταση |
| 8. Στήριγμα φλωτεροδιακοπών        | 17. Βάση λυομένου συνδέσμου                           |
| 9. Φρεάτιο                         |   |

(β)

Σχήμα 7-2: Διάταξη εγκατάστασης αντλητικού συγκροτήματος (α) εν ξηρώ (β) Υποβρύχιο

## ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΟ ΖΕΥΓΟΣ, ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ

Το αντλιοστάσιο θα τροφοδοτηθεί από το δίκτυο διανομής χαμηλής τάσης της ΔΕΗ (220/380 V, 50Hz).

Σε περίπτωση διακοπής ή ανωμαλίας της παρεχόμενης τάσης από την ΔΕΗ θα τίθεται αυτόματα σε λειτουργία πετρελαιοκίνητο ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος.

Η τάση θα παρασχεθεί από τη ΔΕΗ μέχρι μιας ορισμένης θέσης. Από την θέση αυτή θα αναπτυχθεί ηλεκτρικό δίκτυο με έναν ηλεκτρικό πίνακα χαμηλής τάσης 220/380 V, 50Hz του ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους και έναν ηλεκτρικό πίνακα διανομής χαμηλής τάσης 220/380 V, 50Hz του αντλιοστασίου.

Ο ηλεκτρικός πίνακας του ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους είναι, μεταλλικός, στεγανός και είναι εφοδιασμένος με τα απαραίτητα ηλεκτρικά εξαρτήματα για την πλήρη λειτουργία αυτού.

Το παροχικό καλώδιο από τη ΔΕΗ θα καταλήγει στον ηλεκτρικό πίνακα του ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους από τον οποίο με ένα καλώδιο θα τροφοδοτείται ο ηλεκτρικός πίνακας του αντλιοστασίου από τη ΔΕΗ ή από το Η/Ζ ανάλογα με την κατάσταση του δικτύου της, με τη βοήθεια αυτόματου μεταγωγικού διακόπτη.

Το ηλεκτρικό δίκτυο θα κατασκευασθεί με καλώδια τύπου ΝΥΥ. Τα καλώδια όταν οδεύουν υπόγεια μέσα στο έδαφος ή μέσα στο δάπεδο του αντλιοστασίου τοποθετούνται μέσα σε σωλήνωση PVC. Όταν οδεύουν ορατά τοποθετούνται, όταν αυτό απαιτείται, μέσα σε χαλυβδοσωλήνα ή γαλβανισμένο σιδηροσωλήνα.

Η γείωση λειτουργίας του ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους πραγματοποιείτε με τρία ηλεκτρόδια σε τριγωνική διάταξη.

## ΔΙΑΤΑΞΗ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ

Μέσα στον ηλεκτρικό πίνακα του αντλιοστασίου προβλέπεται χώρος για να τοποθετηθούν τα εξαρτήματα της διάταξης αυτοματισμού του αντλιοστασίου.

Η διάταξη αυτοματισμού θα παρέχει τη δυνατότητα πλήρους ελέγχου των αντλητικών συγκροτημάτων, ελέγχου και μετρήσεων διαφόρων μεγεθών και θα παρέχει πλήρη εικόνα της κατάστασης λειτουργίας που επικρατεί ανά πάσα στιγμή με κατάλληλη σήμανση και θα προστατεύει την εγκατάσταση από συνθήκες ανώμαλης λειτουργίας.

#### Υδραυλική εγκατάσταση

Η υδραυλική εγκατάσταση είναι ισχυρής και σύγχρονης κατασκευής αποτελούμενη από εξαρτήματα βαρέως τύπου. Τα υδραυλικά εξαρτήματα θα έχουν ανάγλυφα γραμμένα τα τεχνικά τους στοιχεία και θα είναι όλα φλατζωτά για τη σύνδεση μεταξύ τους. Ειδικότερα θα περιλαμβάνει:

Μια δικλείδα τύπου σύρτη (gate valve) DN 80 – 10 atm, ένα τεμάχιο εξάρμωσης DN 80 – 10 atm και μια βαλβίδα αντεπιστροφής τύπου σφαίρας (ball check valve) DN 80 – 10 atm στην σωλήνωση κατάθλιψης κάθε αντλητικού συγκροτήματος.

Μια δικλείδα τύπου σύρτη (gate valve) DN 80 – 10 atm, ένα τεμάχιο εξάρμωσης DN 80 – 10 atm και μια βαλβίδα αντεπιστροφής τύπου σφαίρας (ball check valve) DN 80 – 10 atm στην σωλήνωση αντιπληγματικής προστασίας του αντλιοστασίου.

Μια δικλείδα τύπου σύρτη (gate valve) DN 80 – 10 atm, ένα τεμάχιο εξάρμωσης DN 80 – 10 atm στην σωλήνωση εκκένωσης του αντλιοστασίου.

Το απαιτούμενο μήκος χαλυβδοσωλήνα χωρίς ραφή DN 80 για την κατασκευή των σωληνώσεων κατάθλιψης των αντλητικών συγκροτημάτων και των σωληνώσεων κατάθλιψης του αντλιοστασίου εξωτερικής διαμέτρου 88,9 mm, εσωτερικής διαμέτρου 82,5 mm και πάχους 3,2 mm. Το απαιτούμενο μήκος χαλυβδοσωλήνα χωρίς ραφή DN 80 για την κατασκευή των σωληνώσεων εκκένωσης και αντιπληγματικής προστασίας εξωτερικής διαμέτρου 88,9 mm, εσωτερικής διαμέτρου 82,5 mm και πάχους 3,2 mm.

Στις απαιτούμενες φλάντζες DN 80 για την σύνδεση των ειδικών τεμαχίων, των εξαρτημάτων και των συσκευών.

#### Ηλεκτρολογική εγκατάσταση

##### Δίκτυο παροχής ηλεκτρικών πινάκων

Η ηλεκτροδότηση του αντλιοστασίου θα γίνει από τον πλησιέστερο μετασχηματιστή της ΔΕΗ από το δίκτυο χαμηλής τάσης 220/380 V – 50 Hz. αι τροφοδοτεί

- Κινητήρες
- Φωτισμός
- Ρευματοδότες

Οι συνδέσεις του ηλεκτρικού πίνακα του ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους με τον μετρητή της ΔΕΗ και του ηλεκτρικού πίνακα του ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους με τον ηλεκτρικό πίνακα του αντλιοστασίου γίνονται με καλώδια ΝΥΥ μέσα σε σωλήνωση PVC μέσα σε γαλβανισμένο σιδηροσωλήνα DN 32, ανάλογα με τον τρόπο όδευσης, όπου αυτό απαιτείται.

#### Γειώσεις

Κατασκευάζεται μια γείωση λειτουργίας του ουδετέρου κόμβου του ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους και μια γείωση προστασίας του ηλεκτρικού δικτύου του αντλιοστασίου, σε ανεξάρτητα τρίγωνα γείωσης.

Κάθε τρίγωνο γείωσης θα κατασκευασθεί με τρεις γαλβανισμένες σιδηροσωλήνες διαμέτρου DN 65, μήκους 2,5 m, μπηγμένες στο έδαφος σε τριγωνική ισόπλευρη διάταξη πλευράς τριών μέτρων, συνδεδεμένων μεταξύ τους με γυμνό χάλκινο αγωγό διατομής 25 mm<sup>2</sup>. Η σύνδεση του αγωγού γείωσης και των ηλεκτροδίων θα γίνει μέσω ειδικών χάλκινων κολάρων με γαλβανισμένους κοχλίες σύσφιξης. Τα σημεία σύνδεσης θα είναι τοποθετημένα μέσα σε φρεάτια διαστάσεων 30 x 30 cm για να είναι επισκέψιμα και να επιθεωρούνται.

Το τρίγωνο γείωσης λειτουργίας θα συνδεθεί με τον ηλεκτρικό πίνακα του ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους με γυμνό χάλκινο αγωγό διατομής 25 mm<sup>2</sup>.

Το τρίγωνο γείωσης προστασίας θα συνδεθεί με τον ηλεκτρικό πίνακα του αντλιοστασίου με γυμνό χάλκινο αγωγό διατομής 25 mm<sup>2</sup>.

## **Κεφάλαιο 8 : ΔΙΚΤΥΑ ΟΜΒΡΙΩΝ – ΑΡΔΕΥΣΗΣ**



Το δίκτυο άρδευσης περιλαμβάνει το σύνολο των αγωγών, φρεατίων και δικλείδων εγκαταστάσεων, που οδηγεί το νερό από το κεντρικό αντλιοστάσιο άρδευσης προς τα σημεία κατανάλωσης. Η πίεση στο δίκτυο κρατιέται χαμηλή (κάτω από 10atm) με συνέπεια οικονομικότερους σωλήνες, καθώς και λιγότερες ζημιές στο δίκτυο, διατηρώντας όμως την απαραίτητη πίεση (πάνω απ την ελάχιστη απαιτούμενη) για την αποτελεσματική υδροδότηση των αγροκτημάτων.

Η μελέτη άρδευσης συντάσσεται με το σενάριο συγκεκριμένης παραγωγής σύμφωνα με τις αναγκαίες ποσότητες για την ορθολογική χρήση νερού άρδευσης που υπολογίζει η γεωοικονομική μελέτη με βάση αυτά που καθορίζει η Υ.Α. Φ16/6631/01.06.1989/Φ.Ε.Κ. Β' 428/02.06.1989.

**Στοιχεία (Μελέτης) υπολογισμού δικτύου άρδευσης**

Για τη διαστασιολόγηση των αγωγών των δικτύων άρδευσης, σύμφωνα με την προαναφερθείσα γεωοικονομική μελέτη επιλέγεται το σενάριο της απαίτησης των m<sup>3</sup> ανά στρέμμα αρδευόμενης έκτασης για όλη την αρδευτική περίοδο και για το μήνα Ιούλιο που είναι ο δυσμενέστερος μήνας της αρδευτικής περιόδου για το σχεδιασμό ενός δικτύου άρδευσης.

Επιλέγεται σύστημα άρδευσης με επιφανειακές μεθόδους (εκτοξευτήρες) και σύμφωνα με την παράγραφο 2α του Παραρτήματος III της Υπουργικής Απόφασης λαμβάνονται υπόψη στους υπολογισμούς απώλειες μεταφοράς με κλειστούς αγωγούς 1% έχουμε βαθμό απόδοσης 0,8910. Η επιλεχθείσα περιοχή άρδευσης για το Αγρόκτημα Λεκάνης ανέρχεται σε 500στρέμματα.

Έτσι έχουμε συνολικές απαιτήσεις νερού:

Αρδευόμενη περιοχή Αγροκτήματος Λεκάνης:  $100 \cdot 500 / (31 \cdot 24 \cdot 0.8910) = 75,43 \text{ m}^3/\text{h}$  Θα χρησιμοποιούνται ταυτόχρονα 4 ακροφύσια Φ 16 (πίεση 4.0atm) παροχής 19m<sup>3</sup>/h, δηλ. θα έχουμε:

$4 \cdot 19 = 76 \text{ m}^3/\text{h} \sim 21.11 \text{ l/s} (5.28 \text{ l/sανά ακροφύσιο})$ .

Ο διαθέσιμος χώρος αποθήκευσης βρίσκεται σε υψόμετρο +715.00 μ. με επιφάνεια Οι ελάχιστες διάμετροι των αγωγών που επιλέχθηκαν για το δίκτυο είναι D<sub>εσ.</sub> = 78 χλστ. (DN= 90).

Το δίκτυο άρδευσης θα περιλαμβάνει σωλήνες άρδευσης από πολυαιθυλένιο (PE) 3ης γενιάς διαφόρων διαμέτρων (από DN90 έως DN200). Το συνολικό μήκος των αγωγών για το μελετώμενο δίκτυο ανέρχεται σε 7.540 μέτρα. Το δίκτυο μελετάται για τη μέση ωριαία κατανάλωση του μηνός Ιουλίου

**Μορφή Δικτύου**

Το δίκτυο άρδευσης, που έχει επιλεχθεί, είναι δίκτυο βρόγχων. Το κύριο πλεονέκτημα των δικτύων βρόγχων είναι η δυνατότητα της κυκλοφορίας νερού και προς τις δύο κατευθύνσεις. Με τον τρόπο, αυτό είναι δυνατή η απομόνωση τμήματος του δικτύου με τη χρήση δικλείδων, χωρίς τη διακοπή του νερού στην υπόλοιπη περιοχή. Επίσης, η αμφίδρομη κυκλοφορία μειώνει τον κίνδυνο αποθέσεων στους σωλήνες. Για το αγρόκτημα Λεκάνης προβλέπεται η κατασκευή δικτύου μήκους 7.540 μ. Διαφόρων διαμέτρων (DN90-DN200).

**Αντλιοστάσιο**

Το θέμα εντοπισμού σφαλμάτων ροής στο δίκτυο άρδευσης και της άμεσης επέμβασης για τον περιορισμό τους αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα ζητούμενα της μελέτης αυτής και κατ' επέκταση του συνολικού προς εγκατάσταση συστήματος. Ως τεχνικό αντικείμενο είναι ιδιαίτερα απαιτητικό ιδιαίτερα σε διασπαρμένα δίκτυα όπως το υπό μελέτη δίκτυο άρδευσης. Υπάρχει πληθώρα προσεγγίσεων, με τη βέλτιστη δυνατή να προσδιορίζεται κατά περίπτωση από τα ειδικά χαρακτηριστικά του δικτύου και βάσει τεχνοοικονομικών κριτηρίων.

Βασικά λειτουργικά στοιχεία της διαδικασίας εντοπισμού σφαλμάτων είναι τα προς εγκατάσταση όργανα μέτρησης, ήτοι το ηλεκτρομαγνητικό ροόμετρο, ο διακόπτης ροής και ο μετρητής πίεσης, ο προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής (PLC) και η τηρούμενη βάση δεδομένων στο SCADA.

**Φιλοσοφία εντοπισμού σφαλμάτων**

Προκειμένου να εντοπιστούν διαρροές στο δίκτυο άρδευσης στην περιοχή ελέγχου ενός Τοπικού Σταθμού όταν οι ηλεκτροβάνες είναι κλειστές, ο διακόπτης ροής που θα τοποθετηθεί στον κεντρικό σωλήνα άφιξης (μετά την κεντρική ηλεκτροβάνη όπου αυτή υφίσταται) πρέπει να είναι ρυθμισμένος στη μεγαλύτερή του ευαισθησία.

Έτσι θα είναι δυνατό να εντοπιστούν πολύ μικρές διαρροές που ενδεχομένως να μην ήταν δυνατό να εντοπιστούν και καταγραφούν από το ροόμετρο. Ο διακόπτης ροής θα μπορεί με αυτόν τον τρόπο να ελέγχει τη σωστή λειτουργία όλων των ηλεκτροβανών.

Όταν μία ή περισσότερες ηλεκτροβάνες είναι ανοικτές (σε λειτουργία ποτίσματος) ο διακόπτης ροής θα επιβεβαιώνει μόνο την ύπαρξη ροής νερού, χωρίς να παρέχει πληροφορίες για ενδεχόμενη διαρροή. Αυτή η πληροφορία θα προκύπτει από τις μετρήσεις του ηλεκτρομαγνητικού ροόμετρου σε συνδυασμό με τις μετρήσεις από τον μετρητή πίεσης, όπως θα αναλυθεί στη συνέχεια.



Όπως είναι γνωστό, η παροχή νερού δια μέσω αγωγού σταθερής διατομής εξαρτάται από την πίεση που επικρατεί στον αγωγό. Για το λόγο αυτό και δεδομένου ότι οι πιέσεις στο δίκτυο άρδευσης δεν είναι σταθερές αλλά εξαρτώνται από το διασυνδεδεμένο δίκτυο ύδρευσης, δεν είναι σταθερή και η παροχή νερού στις εκάστοτε καταναλώσεις.

Για τον εντοπισμό σφαλμάτων θα δημιουργηθούν σε κάθε Αντλιοστάσιο κατάλληλα προφίλ κατανάλωσης. Πιο συγκεκριμένα, κατά τη διάρκεια λειτουργίας, θα καταγράφονται μετρήσεις ροής και πίεσης σε κάθε Αντλιοστάσιο για διαφορετικές ώρες μέσα στην ημέρα (πρωί, μεσημέρι, απόγευμα, βράδυ) δημιουργώντας με αυτόν τον τρόπο προφίλ καταναλώσεων για τις συγκεκριμένες θέσεις. Τα προφίλ αυτά των καταναλώσεων θα παραμείνουν αποθηκευμένα στη βάση δεδομένων SCADA. Έτσι, οι χειριστές του συστήματος θα γνωρίζουν τις φυσιολογικές στιγμιαίες και αθροιστικές ροές νερού σε κάθε θέση (τόσο στο σωλήνα άφιξης όσο και στους δευτερεύοντες κλάδους). Κατά τη διάρκεια της άρδευσης, το ροόμετρο θα καταγράφει την παροχή και ο προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής θα τη συγκρίνει με την παροχή που αναμενόταν να υπάρχει στη συγκεκριμένη θέση βάσει των συνθηκών πίεσης που καταγράφει ο μετρητής πίεσης. Έτσι, θα παρέχεται η πληροφορία αν η καταγεγραμμένη παροχή είναι στα φυσιολογικά όρια, πλεονάζουσα ή υπολειπόμενη. Εφόσον η παροχή κυμαίνεται στα φυσιολογικά όρια δεν γίνονται περεταίρω ενέργειες.

Σε περίπτωση καταγραφής πλεονάζουσας παροχής, γεγονός που υποδηλώνει την πιθανή ύπαρξη διαρροής (π.χ. λόγω ενδεχόμενου σπασίματος αγωγού), θα ενεργοποιείται κατάλληλη διαδικασία ακριβέστερου εντοπισμού του σφάλματος. Η διαδικασία αυτή επιτελείται με τη βοήθεια του PLC και την εφαρμογή μιας διαδικασίας διαγνωστικού αυτοελέγχου. Έτσι, αφού δοθεί συναγερμός στο SCADA για πιθανό σπάσιμο αγωγού με αναφορά στην πλεονάζουσα παροχή, το PLC θα αναμένει μικρό χρονικό διάστημα να αναγνωριστεί από τον χειριστή το σφάλμα και να υποδειχθεί η επιθυμητή λειτουργία. Ο χειριστής θα έχει τη δυνατότητα να αγνοήσει το σφάλμα, εφόσον αυτό δεν είναι ικανό κατά την κρίση του να δημιουργήσει πρόβλημα, δίνοντας εντολή να συνεχιστεί το πότισμα. Αν όμως ο χειριστής μετά από το προδιαγεγραμμένο χρονικό διάστημα δεν επέμβει ή επέμβει εντός αυτού του χρόνου κρίνοντας σημαντικό το σφάλμα, τότε θα αρχίζει η λειτουργία αυτοδιάγνωσης από πλευράς PLC. Το PLC θα δίνει διαδοχικά εντολές στις διάφορες ηλεκτροβάνες να κλείνουν και να ανοίγουν, μέχρις ότου εντοπίσει τον κλάδο με την εσφαλμένη ροή. Φυσικά, όπως προαναφέρθηκε, για να καταστεί αυτό δυνατό απαιτείται να υπάρχει αποθηκευμένο στη βάση δεδομένων για κάθε επί μέρους κλάδο κατάλληλο προφίλ καταναλώσεων με ζεύγη τιμών ροής και πίεσης. Όταν εντοπιστεί ο κλάδος με τη διαρροή, το PLC θα δώσει εντολή στη συγκεκριμένη ηλεκτροβάνη να κλείσει, απομονώνοντας ολόκληρο τον κλάδο, αφήνοντας όμως τους υπόλοιπους να λειτουργήσουν κανονικά συνεχίζοντας το πότισμα. Ταυτόχρονα, θα επισημαίνεται στο SCADA το κλείσιμο της εν λόγω ηλεκτροβάνης με την ένδειξη της διαρροής, ώστε τις επόμενες ώρες να επέμβουν οι τεχνικοί και να επιδιορθώσουν τη βλάβη. Μόλις η βλάβη επιδιορθωθεί, θα γίνεται αναγνώριση και άρση του σφάλματος στην αντίστοιχη γραφική εικόνα του SCADA και η ηλεκτροβάνη με ολόκληρο τον κλάδο που ελέγχει θα εντάσσονται κανονικά και πάλι στο δίκτυο άρδευσης.

Στην περίπτωση υπολειπόμενης παροχής θα εφαρμόζεται η ίδια διαδικασία αυτοελέγχου.

Η μαθηματική τοποθέτηση της παραπάνω διαδικασίας

Μαθηματική τοποθέτηση διαδικασίας εντοπισμού σφαλμάτων

Θεωρούμε το σύνολο των ενταγμένων τοπικών σταθμών (ΤΣ), όπου  $I$  ο συνολικός αριθμός των ενταγμένων ΤΣ και  $i$  ο δείκτης ενός συγκεκριμένου ΤΣ. Έστω  $Z_i$  το σύνολο των ζωνών άρδευσης του τοπικού σταθμού  $i$ . Μετά την ολοκλήρωση της εγκατάστασης του συστήματος, το σύστημα εκτελεί σειρά μετρήσεων για κάθε ζώνη άρδευσης κάθε ΤΣ, λαμβάνοντας σημεία της χαρακτηριστικής Πίεσης – Παροχής της μετρούμενης ζώνης. Η επιζητούμενη χαρακτηριστική Πίεσης – Παροχής (P-Q) μπορεί εύκολα να προσεγγισθεί γραμμικά. ( Έχοντας ολοκληρώσει τις μετρήσεις για όλες τις ζώνες, είναι διαθέσιμες οι χαρακτηριστικές P-Q κανονικής λειτουργίας για τον ΤΣ.

Η συνολική παροχή ενός ΤΣ είναι  $Q$ , όπου η παροχή της ζώνης  $z_i$ . Δεδομένου ότι η εγκατάσταση μετρητών σε κάθε ζώνη άρδευσης θα καταστούσε το έργο ιδιαίτερα δαπανηρό, η ανίχνευση του σφάλματος γίνεται ως εξής: Έστω  $Q_i$  δυαδική μεταβλητή κατάστασης που υποδηλώνει αν η ζώνη  $z_i$  αρδεύεται ή όχι. Η τιμή της θα είναι γνωστή στο λογισμικό ελέγχου από την κατάσταση των ηλεκτροβανών. Η φυσιολογική τιμή της συνολικής παροχής του ΤΣ,  $Q$ , μπορεί εύκολα να προκύψει από τις πρωτότερα σχηματισθείσες χαρακτηριστικές ως το άθροισμα  $\sum Q_i$ . Οι τιμές  $Q_i$  προκύπτουν ως οι τεταγμένες των σημείων τομής της κατακόρυφης ευθείας  $x=P_i$  όπου  $P_i$  η μετρούμενη πίεση της παροχής του ΤΣ.

Η μετρούμενη πραγματική παροχή του ΤΣ συγκρίνεται με τη αναμενόμενη βάσει των ιστορικών στοιχείων της Β.Δ. παροχή  $Q$ . Αν δεν εμπίπτει σε ένα προσδιορισμό από το χρήστη εύρος τιμών (βάσει κάποιας ανοχής) τότε ο χρήστης ενημερώνεται για σφάλμα και, μετά από επιβεβαίωσή του, ξεκινά η διαδικασία εντοπισμού του σφάλματος.

## ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

### ΔΙΚΤΥΟ

#### Αντλιοστάσιο

Τα δύο νέα αντλητικά συγκροτήματα θα λειτουργούν εναλλάξ (λειτουργικό–εφεδρικό) προκειμένου να καλύψουν τις ανάγκες άρδευσης. Στην ουσία τα συγκροτήματα θα αποτελούν το ένα εφεδρικό του άλλου. Από την υφιστάμενη λεκάνη αποθήκευσης του νερού θα αντλείται ποσότητα ίση με 76 m<sup>3</sup>/h(21,1lit/sec) σύμφωνα με την υδραυλική μελέτη. Κάθε αντλητικό συγκρότημα θα αποτελείται από φυγοκεντρική αντλία παροχής 76,00m<sup>3</sup>/hσε συνολικό μανομετρικό ύψος 50,00 μ.

Η αναρρόφηση των αντλιών θα είναι αρνητική και θα επιτυγχάνεται με την βύθιση στην υφιστάμενη λεκάνη αποθήκευσης του νερού δύο γαλβανισμένων χαλύβδινων φιλτροσωλήνων με διαμήκη ραφή εσωτερικής διαμέτρου Φ 650 mm και πάχους 6 mm (επιμήκης γεφυρωτή διάτρηση φίλτρων). Ο οικίσκος του αντλιοστασίου θα έχει φορέα από οπλισμένο σκυρόδεμα με στέγη επικεραμωμένη και κουφώματα αλουμινίου.

#### Κατασκευή Δικτύου

##### Σκάμματα Αγωγών

Οι αγωγοί του δικτύου άρδευσης τοποθετούνται σε σκάμμα πλάτους (2x0,25+DN), όπου DNη εξωτερική διάμετρος του αγωγού και εγκιβωτίζονται σε άμμο λατομείου σε ύψος (0,30+DN) από τον πυθμένα σκάμματος του αγωγού. Πάνω από την άμμο λατομείου γίνεται επανεπίγωση με κατάλληλα προϊόντα εκσκαφής μέχρι τη στάθμη της οδού ή του τελικά διαμορφωμένου εδάφους. Το ελάχιστο βάθος τοποθέτησης των αγωγών είναι το–0,80 μ. από το τελικά διαμορφωμένο έδαφος.

##### Φρεάτια Δικτύου

Τα φρεάτια του δικτύου είναι εσωτερικού πλάτους 1,00 μ., μήκους 1,20 μ. και ύψους 1,00μ. Έχουν πάχος τοιχωμάτων 0,20 μ. από οπλισμένο σκυρόδεμαC20/25 και εδράζονται σε σκυρόδεμα εξομάλυνσης κατηγορίαςC12/15 πάχους 0,10 μ. Το στόμιο του λαιμού των φρεατίων είναι διαστάσεων 0,60x0,60, ύψους 0,35 μ. και φέρει χυτοσίδηρο κάλυμμα κλάσης D 400. Η επίσκεψη του φρεατίου γίνεται με αφαιρετή κλίμακα όπου απαιτείται.

##### Δικλείδες Ασφαλείας, Βαλβίδες Εισαγωγής–Εξαγωγής Αέρα, Εκκενωτές,

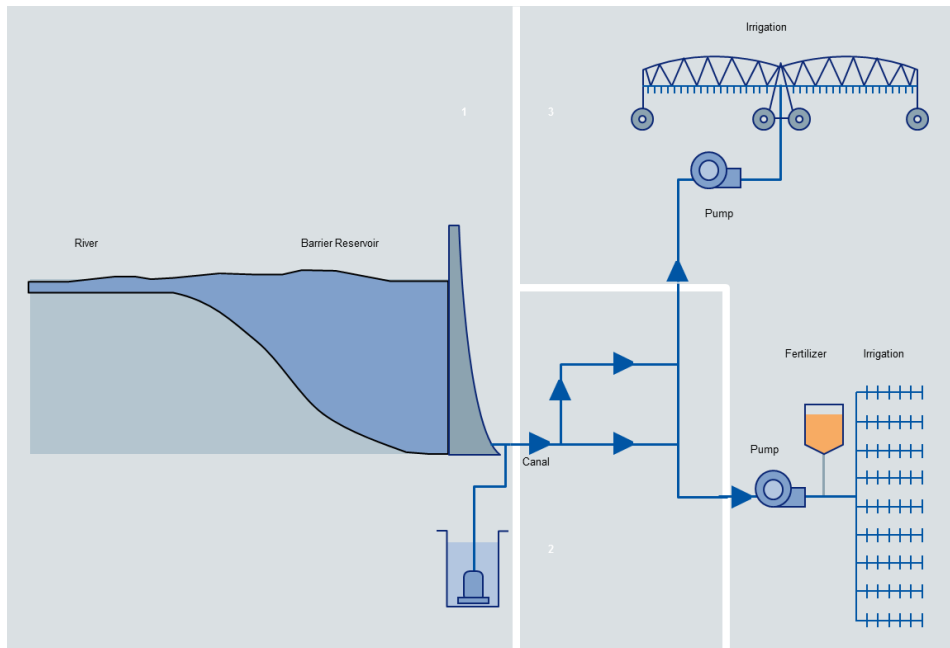
##### Υδροστόμια ποτίσματος

Οι δικλείδες χρησιμεύουν για τον έλεγχο και τη ρύθμιση της ροής του νερού στους αγωγούς. Δικλείδες τοποθετούνται σε κάθε κόμβο, σε όλους τους συμβάλλοντες αγωγούς και δίνουν τη δυνατότητα απομόνωσης, σε περίπτωση βλάβης του κάθε αγωγού. Οι δικλείδες ασφαλείας θα είναι από ελατό χυτοσίδηρο, συρταρωτές με ωτίδες, ονομαστικής πίεσης 10atm.Οι δικλείδες θα είναι κατασκευασμένες σύμφωνα με το πρότυποISO5996-1984 (E) κατηγορία A, με ελαστική έμφραξη.

Οι βαλβίδες εισαγωγής–εξαγωγής αέρα τοποθετούνται στα υψηλότερα σημεία των αγωγών, όπου συγκεντρώνεται αέρας και μπορεί να προκληθεί στένωση της διατομής. Οι βαλβίδες εισαγωγής–εξαγωγής αέρα είναι διπλής ενέργειας παλινδρομικού τύπου, ονομαστικής πίεσης 10,0atm, λειτουργούν αυτόματα και κατασκευάζονται από ελατό χυτοσίδηρο. Συνδέονται με τους αγωγούς με ένα ταυ, μια συστολή και μια δικλείδαD50. Στα χαμηλότερα σημεία του δικτύου τοποθετούνται δικλείδες εκκένωσης για τη δυνατότητα πλήρους εκκένωσης του δικτύου.

Τοποθετούνται σε φρεάτια, από τα οποία το νερό οδηγείται με βαρύτητα σε κατάλληλο αποδέκτη.

Τα υδροστόμια ποτίσματος θα είναι κατασκευασμένα από γαλβανισμένο σιδηροσωλήνα με την προδιαγραφήDIN3222 ή εν θερμό, ST37.2, κατάDIN17100 διαμέτρου 2”, σύμφωνα άλλη ισοδύναμη, με άκρα με σπείρωμα και με κατάλληλη φλάντζα σύνδεσης με το δίκτυο (ΤΑΥ), διαμέτρου 63 χιλιοστών. Κάθε στόμιο ποτίσματος θα περιλαμβάνει τον ως άνω σωλήνα κατάλληλου μήκους (έτσι ώστε να προεξέχει ~ 50 εκ. από το έδαφος), ορειχάλκινη βάνα, συρταρωτή διαμέτρου Φ50 με σπείρωμαNPT/Φ 2”/PN10.



Σχήμα 8-1: Σχηματικό διάγραμμα δικτύου Άρδευσης

**Κεφάλαιο 9 :ΤΕΧΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ**

**ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΙΣΧΥΡΩΝ ΡΕΥΜΑΤΩΝ**

Γενικά

Οι περισσότερες από τις ως άνω εγκαταστάσεις Βιολογικοί, Αφαλατώσεις ακόμα και αντλιοστάσια, τροφοδοτούνται από υποσταθμούς μέσης τάσης (συνήθως 6KV).

Δίκτυα ΜΤ

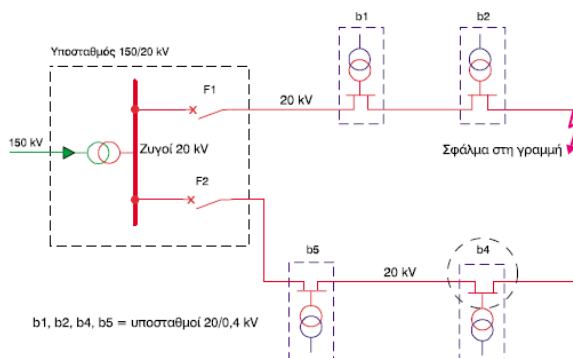
Η τροφοδότηση του καταναλωτή γίνεται κατά κανόνα από το δίκτυο μέσης τάσης (ΜΤ), αν ο καταναλωτής έχει προβλεπόμενη μέγιστη ισχύ μεγαλύτερη από 135 kVA. Ακόμα και σε μικρότερες ισχύς, η σύνδεση με ΜΤ μπορεί να επιβάλλεται από την ΔΕΗ για τεχνικούς λόγους ή να συμφέρει οικονομικά λόγω τιμολογίου. Με τον όρο Μέση Τάση (ΜΤ) εννοούμε τα δίκτυα της ΔΕΗ με ονομαστική (πολική) τάση 6-20 kV Η ΜΤ είναι απαραίτητη για τη μεταφορά μεγάλων ποσοτήτων ηλεκτρικής ισχύος σε αποστάσεις μεγαλύτερες από 1.000 km περίπου. Τα δίκτυα ΜΤ χωρίζονται σε 2 βασικές κατηγορίες

- Ακτινικά δίκτυα
- Βροχοειδή δίκτυα

Ακτινικά δίκτυα

Στα ακτινικά δίκτυα οι γραμμές των 20 kV (συνήθως εναέριες) αναχωρούν από τον κεντρικό υποσταθμό 150/20 kV της ΔΕΗ και απλώνονται σαν της ακτίνες της κύκλου. Κατά μήκος κάθε γραμμής συνδέονται οι καταναλωτές ΜΤ. Κάθε καταναλωτής πρέπει να διαθέτει το δικό του ιδιωτικό Υ/Σ για να μπορέσει να συνδεθεί με ασφάλεια στο δίκτυο της ΜΤ. Βασικό μειονέκτημα των ακτινικών δικτύων είναι ότι σε περίπτωση σφάλματος κατά

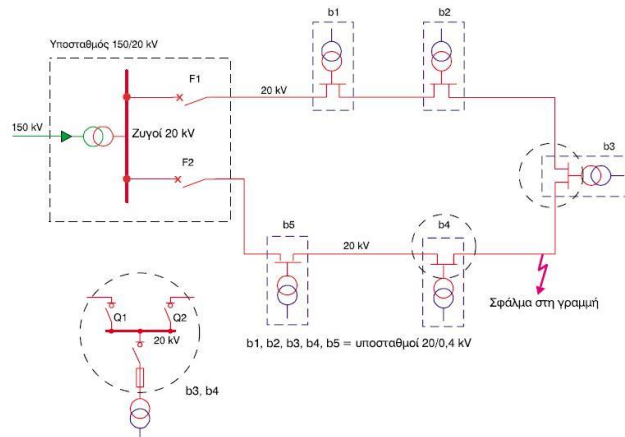
μήκος της γραμμής, ο διακόπτης ισχύος (circuit breaker) F1 που υπάρχει στην αρχή της γραμμής ανοίγει με αποτέλεσμα όλοι οι καταναλωτές κατά μήκος της γραμμής να μείνουν χωρίς τάση.



Σχήμα 9-1: Ακτινικό δίκτυο

Βροχοειδή δίκτυα

Το βασικό μειονέκτημα των ακτινικών δικτύων ξεπερνιέται με τα βροχοειδή. Οι γραμμές των 20 kV (εναέριες ή υπόγεια καλώδια) που αναχωρούν από τον κεντρικό υποσταθμό 150/20 kV της ΔΕΗ, σχηματίζουν ένα κλειστό βρόγχο που ξανακαταλήγει στους ζυγούς 20 kV του υποσταθμού 150/20 kV. Κατά μήκος του βρόγχου συνδέονται οι καταναλωτές b1, b2, b3, ... Ο βρόγχος προστατεύεται στις δύο άκρες του με τους διακόπτες ισχύος F1 και F2. Σε περίπτωση σφάλματος σε κάποιο σημείο του βρόγχου, π.χ. ανάμεσα στους καταναλωτές b2 και b3 τότε λειτουργούν οι προστασίες των διακοπών F1 και F2 και ο βρόγχος μένει χωρίς τάση. Στη συνέχεια αφού εντοπίσουμε το σφάλμα ανοίγουμε τους διακόπτες φορτίου Q1 στο b2 και Q2 στο b3 και απομονώνουμε το τμήμα b2-b3. Στη συνέχεια κλείνουμε τους διακόπτες F1 και F2 και επανέρχεται η τάση στο δίκτυο το οποίο μέχρι την αποκατάσταση της βλάβης λειτουργεί σαν 2 ακτινικά δίκτυα.



Σχήμα 9-2: Βροχοειδές δίκτυο

### Τύποι παροχών μέσης τάσης

Η ΔΕΗ έχει τυποποιήσει 4 τύπους παροχών μέσης τάσης, όπως αναφέρονται παρακάτω :

#### Παροχή A1 και A2

Η παροχή αυτή γίνεται από το εναέριο δίκτυο των 20kV και είναι η απλούστερη σε διάταξη. Τα μέσα που χρησιμοποιεί η ΔΕΗ, δηλαδή ασφαλειοαποζεύκτης, Μ/Σ έντασης και τάσης είναι πάνω σε στύλο, δηλαδή υπαίθρια. Οι μετρητές ενέργειας τοποθετούνται σε ειδικό ερμάριο. Από τον στύλο αναχωρεί καλωδιακή γραμμή προς τον υποσταθμό του καταναλωτή, την οποία κατασκευάζει ο καταναλωτής. Η παροχή A1 ασφαλίζεται με ασφάλειες εκτόνωσης βραδείας τήξης ονομαστικής έντασης έως 30Α. Για ισχύς μεγαλύτερες των 630 kVA χρησιμοποιείται η παροχή A2, η οποία χρησιμοποιεί αντί για ασφαλειοαποζεύκτη, διακόπτη απομόνωσης (Δ/Α).

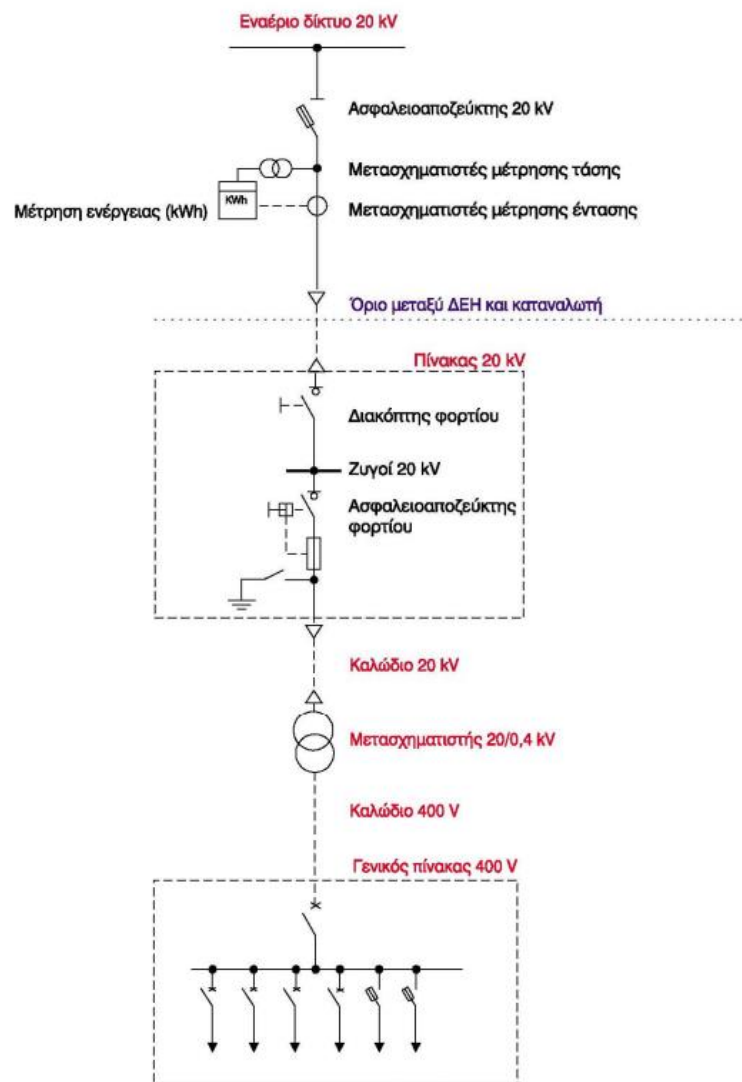
#### Παροχή B1 και B2

Η παροχή αυτή εγκαθίσταται σε καταναλωτές με αυξημένη ζήτηση ισχύος και η εγκατάσταση της ΔΕΗ είναι εσωτερικού τύπου. Ο καταναλωτής είναι υποχρεωμένος να διαθέσει στην ΔΕΗ ένα χώρο διαμορφωμένο σύμφωνα με τις οδηγίες της. Στο χώρο αυτό η ΔΕΗ εγκαθιστά ένα προκατασκευασμένο πίνακα 20 kV που περιλαμβάνει εκτός των διακοπών, τους Μ/Σ μέτρησης και τους μετρητές ενέργειας. Η σύνδεση με το δίκτυο της ΔΕΗ γίνεται κατά κανόνα ακτινικά, αν πρόκειται για εναέριο δίκτυο ή βροχοειδώς, αν πρόκειται για υπόγειο δίκτυο.

### Υποσταθμός καταναλωτή μέσης τάσης

Με τον όρο υποσταθμός καταναλωτή μέσης τάσης ή απλά υποσταθμός εννοούμε το σύνολο του εξοπλισμού που έχει σαν στόχο τον ασφαλή υποβιβασμό της Μέσης τάσης (20 kV) στη Χαμηλή τάση (400 V). Από το παρακάτω διάγραμμα φαίνονται τα βασικά μέρη ενός υποσταθμού (Υ/Σ).





Σχήμα 9-3: Μονογραμμικό διάγραμμα υποσταθμού MT παροχής A1

Διακρίνουμε 2 σύνολα :

- Την εγκατάσταση MT της ΔΕΗ, που μπορεί να είναι είτε υπαίθρια είτε στεγασμένη σε εναέρια δίκτυα, ενώ είναι πάντα στεγασμένη σε υπόγεια δίκτυα. Περιέχει μετασχηματιστές μετρήσεων, μετρητές ισχύος και ενέργειας, καθώς και το μέσο προστασίας της παροχής σε βραχυκυκλώματα, δηλαδή διακόπτες ή ασφάλειες
- Την εγκατάσταση του καταναλωτή, που είναι συνήθως στεγασμένη και περιέχει τα καλώδια, τους ζυγούς MT, τα όργανα και τα μέσα προστασίας, τους μετασχηματιστές ισχύος, τους μετασχηματιστές οργάνων και τους ζυγούς XT με την προστασία τους.

Αναλυτικά η εγκατάσταση του καταναλωτή διακρίνεται στα εξής 3 μέρη :

- Πίνακας 20 kV  
Στον πίνακα 20 kV έρχεται το καλώδιο από το δίκτυο της ΔΕΗ και αναχωρεί το καλώδιο που καταλήγει στον μετασχηματιστή (Μ/Σ). Αν ο Υ/Σ έχει και δεύτερο Μ/Σ τότε για κάθε Μ/Σ υπάρχει ξεχωριστή γραμμή από τον πίνακα
- Μετασχηματιστής 20/0.4 kV  
Ο μετασχηματιστής υποβιβάζει την τάση των 20.000 V στην τάση διανομής των 400 V για τα φορτία του καταναλωτή. Το πρωτεύον τύλιγμα του είναι σε τρίγωνο Δ) και το δευτερεύον σε αστέρα (Υ) με γειωμένο τον ουδέτερο (κόμβο).

- Γενικός Πίνακας 400 V  
Στο γενικό πίνακα 400 V έρχεται το ρεύμα χαμηλής τάσης από τον Μ/Σ με την βοήθεια καλωδίων ή ζυγών αν το ρεύμα είναι πολύ μεγάλο (>2000 A). Στην άφιξη του πίνακα υπάρχει ένας διακόπτης ισχύος με θερμική και μαγνητική προστασία. Οι αναχωρήσεις προστατεύονται με διακόπτες ισχύος ή ασφάλειες και τροφοδοτούν τους πίνακες διανομής 400/230 V που υπάρχουν στην εγκατάσταση του καταναλωτή.

#### Διακόπτες και μέσα ζεύξης - απόζεύξης και προστασίας ΜΤ

##### Αναχώρηση γραμμών ΜΤ

Οι γραμμές διανομής ΜΤ ξεκινούν από το ζυγό των 15 ή 20kV από Μ/Σ ισχύος 25...50 MVA (Σχήμα 2.1). Οι γραμμές διακρίνονται σε εναέριες, υπόγειες (σε συνωστισμένες περιοχές) ή μικτές υπόγειες- αέριες.

Δ0 = προστασία αναχώρησης γραμμής

Δ1 = προστασία διακλάδωσης του καταναλωτή

Δ2 = προστασία εγκατάστασης ΜΤ του καταναλωτή

Δ3 = προστασία εγκατάστασης ΧΤ του καταναλωτή

Σε κάθε αναχώρηση εναέριας ή υπόγειας γραμμής έχουμε συνήθως ένα διακόπτη ισχύος πτωχού ελαίου (Δ0).

Αυτός διεγείρεται από ηλεκτρονόμο (HN)

#### Ο Ηλεκτρονόμος (HN)

Ο ηλεκτρονόμος τροφοδοτείται μέσω ΜΣ μέτρησης έντασης από το δίκτυο, παρακολουθεί το ρεύμα και αν το ρεύμα είναι ανεπίτρεπτα μεγάλο, στέλνει στο διακόπτη ισχύος εντολή να ανοίξει. Οι ηλεκτρονόμοι έχουν στοιχεία που παρακολουθούν τα εξής ρεύματα :

Τα ρεύματα φάσεων σε μονοφασικά, διφασικά και τριφασικά σφάλματα οπότε και λέγονται Η Ν φάσεων και τα ρεύματα γης στα οποία μετρούν το άθροισμα των φασικών ρευμάτων δηλαδή το ρεύμα που διαρρέει τη γείωση του Μ/Σ γι' αυτό και λέγονται ΗΝ γης. Σε σφάλματα φάσεων έχουμε μεγαλύτερα ρεύματα σε σχέση με τα σφάλματα γης (μονοφασικά σφάλματα) γιατί η αντίσταση γείωσης του ουδέτερου του δικτύου των 20kV είναι σχετικά μεγάλη (12 Ω). Για τον λόγο αυτό οι ΗΝ γης είναι ρυθμισμένοι να αντιδρούν σε χαμηλότερα ρεύματα απ' ότι οι ΗΝ φάσεων.

Οι Η/Ν του δικτύου ΜΤ διακρίνονται σε :

- Απλούς ΗΝ υπερεντάσεως που δεν εξαρτώνται από την κατεύθυνση
- Στους ΗΝ υπερεντάσεως που εξαρτώνται από την κατεύθυνση

Οι απλοί ΗΝ χωρίζονται στους :

- Στιγμιαίους ΗΝ υπερεντάσεως στους οποίους μόλις το ρεύμα υπερβεί ένα όριο ανοίγουν ακαριαία,
- Η/Ν υπερεντάσεως χρονικής καθυστέρησης

Οι Η/Ν υπερεντάσεως χρονικής καθυστέρησης με τη σειρά τους διακρίνονται σε:

- Σταθερού χρόνου οι οποίοι ανεξάρτητα του μεγέθους της υπερέντασης λειτουργούν στον ίδιο χρόνο που καθορίζεται από τη ρύθμισή τους.
- Αντιστρόφου χρόνου στους οποίους ο χρόνος λειτουργίας μειώνεται όσο αυξάνει η υπερένταση.

Οι Η/Ν με χαρακτηριστικές αντιστρόφου χρόνου έχουν σκοπό την προστασία από θερμικές καταπονήσεις των στοιχείων του δικτύου ΜΤ. Οι χαρακτηριστικές προσδιορίζουν για κάθε ρεύμα πότε θα ανοίξει ο διακόπτης και ονομάζονται καμπύλες χρονικής καθυστέρησης. Για λόγους συντονισμού των διακοπών, ενδείκνυται οι χρόνοι ανοίγματος του διακόπτη της ΔΕΗ να είναι μεγαλύτεροι σε σχέση με αυτούς των διακοπών των καταναλωτών. Υπάρχει ένα ελάχιστο ρεύμα κάτω από το οποίο δεν δίνει εντολή πτώσης ο Η/Ν. Αυτό το ρεύμα χαρακτηρίζει και τη ρύθμιση. Σύμφωνα με τις υπάρχουσες τυποποιήσεις, ανάλογα με το ρυθμό μείωσης του χρόνου διακρίνονται τρεις τύποι:

- Οι απλώς αντιστρόφου χρόνου
- Οι πολύ αντιστρόφου χρόνου
- Οι εξαιρετικά αντιστρόφου χρόνου

#### Διακλάδωση γραμμών σε καταναλωτή ΜΤ

Στα σημεία τροφοδότησης των καταναλωτών η ΔΕΗ εγκαθιστά, πριν την εγκατάσταση του καταναλωτή, ένα μέσο προστασίας (Δ1) της διακλάδωσης (Σχήμα 2.1). Το μέσο προστασίας είναι ρυθμισμένο ή επιλεγμένο έτσι ώστε σε περίπτωση σφαλμάτων στην εγκατάσταση του καταναλωτή να διακόπτεται η διακλάδωσή του καταναλωτή πριν ανοίξει ο διακόπτης Δ0 στην αναχώρηση της γραμμής ΜΤ. Έτσι δεν ενοχλούνται οι υπόλοιποι καταναλωτές ΜΤ που είναι στην ίδια γραμμή, αν γίνει σφάλμα σε ένα από αυτούς. Το μέσο

προστασίας Δ1 της παροχής που εγκαθιστά η ΔΕΗ προσδιορίζεται από τον τύπο της παροχής και μπορεί να είναι :

- ασφάλειες μέσης τάσης
- διακόπτες ισχύος (circuit-breaker)
- αποζεύκτες (ΑΠ/Ζ)
- διακόπτες φορτίου (Δ/Φ)
- διακόπτες απομόνωσης

#### Ασφάλειες μέσης τάσης

Οι ασφάλειες μέσης τάσης (τηκτά), σε αντίθεση με τις ασφάλειες χαμηλής τάσης, χρησιμοποιούνται μόνο για την προστασία από βραχυκυκλώματα και όχι για την προστασία από υπερφορτίσεις.

Οι ασφάλειες μέσης τάσης είναι κυλινδρικές με σώμα από πορσελάνη ή άλλο μονωτικό υλικό.

Κατασκευάζονται για διάφορες ονομαστικές τάσεις και ονομαστικές εντάσεις. Το μήκος τους είναι ανάλογο της ονομαστικής τους τάσης και η διάμετρος τους ανάλογη της ονομαστικής τους έντασης.

Διακρίνουμε δύο είδη ασφαλειών στη μέση τάση:

- ασφάλειες εκτόνωσης
- ασφάλειες σκόνης (HRC κατά IEC 282-1) υψηλής ικανότητας διακοπής



Εικόνα 9-1: Διάφορες ασφάλειες

Τις ασφάλειες εκτόνωσης τις συναντάμε στα σημεία διακλαδώσεων των εναέριων δικτύων της ΔΕΗ. Αποτελούνται από ένα κοίλο μονωτικό σωλήνα διαμέτρου 2-3 cm και μήκους 30-35 cm, το εσωτερικό του οποίου είναι καλυμμένο με βορικό οξύ. Στο εσωτερικό σωλήνα του υπάρχει ένας αγωγός, τηκτό, τανυσμένος με ελατήριο. Σε περίπτωση υπερέντασης, το τηκτό τήκεται, δημιουργείται τόξο στο εσωτερικό του σωλήνα, το οποίο λιώνει και παράγει υδρατμούς που βοηθούν στη σβέση του τόξου.

Οι ασφάλειες σκόνης έχουν ένα πυρήνα από κεραμικό υλικό, πάνω στο οποίο είναι τυλιγμένο σε μορφή σπείρας το τηκτό. Το τηκτό είναι από κράμα αργύρου για να έχει όσο γίνεται μικρότερη αντίσταση. Ο τυλιγμένος αγωγός βρίσκεται σε σκόνη χαλαζία. Το εξωτερικό περιβλήμα είναι από πορσελάνη.

Όταν το ρεύμα ξεπεράσει μία κρίσιμη τιμή  $I$ , τότε τήκεται ο αγωγός σε ένα ή περισσότερα σημεία, με αποτέλεσμα η ενέργεια που εκλύει το τόξο να απορροφάται από τη χαλαζιακή άμμο που λιώνει και μετατρέπεται σε πορσελάνη. Η αντίσταση που παρεμβάλλεται στο δρόμο του βραχυκυκλώματος είναι τεράστια και το ρεύμα βραχυκυκλώματος περιορίζεται προτού φτάσει στη μέγιστη τιμή του. Αυτό έχει ως κορυφή συνέπεια, πέρα από την διακοπή του σφάλματος, και το σημαντικό περιορισμό της κορυφής του ρεύματος βραχυκυκλώματος, που σε αντίθετη περίπτωση μπορεί να δημιουργήσει δυναμικές και θερμικές καταπονήσεις στον εξοπλισμό του υποσταθμού.

Οι ασφάλειες HRC διαθέτουν και ένα δείκτη λειτουργίας που συγκρατείται με ελατήριο. Όταν η ασφάλεια λειτουργήσει το ελατήριο απελευθερώνεται και ο δείκτης εξέρχεται από το σώμα της ασφάλειας. Η λειτουργία του δείκτη είναι διπλή:

- α. δείχνει ότι η ασφάλεια έχει λειτουργήσει και συνεπώς πρέπει να αντικατασταθεί,
- β. χτυπά με δύναμη την άκρη ενός πλαστικού μοχλού που με τη βοήθεια ενός μηχανισμού δίνει εντολή απόζευξης στο διακόπτη φορτίου.

Για να μπορέσουμε να επιλέξουμε σωστά την ασφάλεια που θα χρησιμοποιήσουμε σε ένα δίκτυο, θα πρέπει να γνωρίζουμε το χρόνο που χρειάζεται η ασφάλεια να διακόψει το σφάλμα. Αυτό είναι ιδιαίτερα κρίσιμο για τις ασφάλειες που συναντάμε στην πλευρά της μέσης τάσης του μετασχηματιστή ισχύος, διότι θα πρέπει να συνεργαστούν με τις ασφάλειες (ή το διακόπτη ισχύος) που υπάρχουν στην πλευρά χαμηλής τάσης

του μετασηματιστή. Οι καμπύλες (που δείχνουν το χρόνο τήξης σε συνάρτηση με το ρεύμα) ονομάζονται χαρακτηριστικές απόξευξης και για κάθε ασφάλεια υπάρχει μια χαρακτηριστική. Σημειώνουμε ότι και οι δύο άξονες, δηλαδή ο χρόνος και το ρεύμα είναι βαθμολογημένοι λογαριθμικά για να περιορισθεί η έκταση του διαγράμματος. Το αριστερό τμήμα κάθε χαρακτηριστικής είναι με διακεκομμένη γραμμή και δείχνει την περιοχή στην οποία πρέπει να αποφεύγεται η λειτουργία της ασφάλειας, γιατί η διακοπή της ασφάλειας δεν είναι εγγυημένη.

Διακόπτες ισχύος (circuit-breaker)

Οι διακόπτες ισχύος (circuit-breaker) ανοίγουν και κλείνουν το κύκλωμα σε οποιοσδήποτε συνθήκες λειτουργίας, δηλ. τόσο σε κανονικές συνθήκες όσο και σε βραχυκύκλωμα. Τα ρεύματα που μπορούν να διακόψουν στο δίκτυο 20 kV είναι πάνω από 7 kA. Η θεωρητική μέγιστη κρουστική τιμή του ρεύματος στα 7 kA είναι 20 kA. Ο διακόπτης ισχύος είναι σε θέση να αντέξει, αμέσως μετά τη σβέση του τόξου, στην επιβαλλόμενη τάση του δικτύου. Οι διακόπτες ισχύος, ανάλογα με το ρευστό που χρησιμοποιείται για τη σβέση του τόξου χωρίζονται στις παρακάτω τρεις κατηγορίες:

- πτωχού ελαίου (oil-minimum)
- εξα-φθοριούχου θείου (SFe)
- κενού (vacuum)

Στις δεκαετίες 1970-1990 κυριάρχησε ο διακόπτης πτωχού ελαίου (ονομάστηκε έτσι σε αντιδιαστολή με τους προηγούμενους διακόπτες ισχύος που χρησιμοποιούσαν πολλαπλάσιες ποσότητες λαδιού). Στην τελευταία δεκαετία αντικαταστάθηκε από το διακόπτη ισχύος με SF6. Το αέριο SF6 είναι ένα αδρανές αέριο με άριστες μονωτικές ιδιότητες που βρίσκεται μέσα στους πόλους του διακόπτη ισχύος.

Οι διακόπτες ισχύος με κενό χρησιμοποιούν σαν μονωτικό το κενό, δηλαδή την έλλειψη οποιουδήποτε αερίου. Δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι το απόλυτο κενό είναι το τέλειο μονωτικό.

Ονομαστική τάση (UN)	Η τάση στην οποία απενεργοποιείται ο διακόπτης	24kV
Ονομαστική ένταση ρεύματος στους 40 °C (IN)	Η ένταση του ρεύματος που επιτρέπεται να διέρχεται συνεχώς από τις επαφές του διακόπτη	630A
Μέγιστη ένταση ζεύξης (IZ)	Η μέγιστη ένταση του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα όταν ο διακόπτης κλείνει σε βραχυκύκλωμα	31,5A
Μέγιστη ένταση απόξευξης (Ik)	Η μέγιστη ένταση του ρεύματος στην οποία διακόπτεται το κύκλωμα με ορισμένο συντελεστή ισχύος	11,5kA/0,7επ.
Ένταση θερμικής αντοχής (Ith )	Η μέγιστη ένταση του ρεύματος που αντέχει ο διακόπτης για 1 sec	10kA
Ισχύς απόξευξης (Sk)	Η φαινόμενη ισχύς που υπολογίζεται από την σχέση $S_k = \sqrt{3} * U_k * I_k$ και πρέπει να είναι τουλάχιστον 250MVA	500MVA

Πίνακας 9-1: Χαρακτηριστικά μεγέθη αυτομάτων διακοπών ισχύος για Υ/Σ ΜΤ 20kV

Αποξεύκτες

Οι αποξεύκτες και γειωτές είναι διακόπτες που ανοίγουν ένα κύκλωμα υπό ελάχιστο φορτίο και με ελάχιστη τάση. Δηλαδή πρέπει να τους χειριζόμαστε χωρίς ρεύμα ή τάση στους πόλους του. Γι' αυτό ονομάζονται και διακόπτες χωρίς φορτίο (off-load switch). Χρησιμοποιούνται για να δημιουργήσουν ορατές διακοπές στα κυκλώματα μέσης τάσης. Έτσι είμαστε σίγουροι ότι το κύκλωμα είναι απομονωμένο και μπορούμε να αρχίσουμε τις εργασίες σε αυτό. Γι' αυτό ονομάζονται και απομονωτές (isolator switch). Επίσης χρησιμοποιούνται για να γειώσουμε ένα κύκλωμα.

Ο αποζεύκτης αποτελείται από:

- δύο μονωτήρες σε κάθε πόλο
- τους ακροδέκτες σύνδεσης στην κορυφή των μονωτήρων
- τις κινητές επαφές που μοιάζουν με μαχαίρια
- το σιδερένιο άξονα που με την περιστροφή του δίνει κίνηση στα μαχαίρια
- ράβδους από μονωτικό υλικό που συνδέουν τον άξονα με τα μαχαίρια

Οι αποζεύκτες πρέπει να αντέχουν:

- σε κλειστή θέση τα ρεύματα σφαλμάτων
- σε ανοικτή θέση τις υπερτάσεις του δικτύου

Οι γειωτές (earthing switch) είναι πρακτικά αποζεύκτες με τη διαφορά ότι η μια τους πλευρά συνδέεται πάντα στη γείωση. Χρησιμοποιούνται:

- για να μηδενίσουν τα ηλεκτρικά φορτία που παραμένουν στα κυκλώματα μέσης τάσης και οφείλονται στους παρασιτικούς πυκνωτές που υπάρχουν κυρίως στα καλώδια,
- για να γειώσουν το τμήμα του δικτύου στο οποίο θα εργαστούμε (συντήρηση ή επιδιόρθωση).

Σήμερα, επειδή η διαφορά τιμής είναι μικρή, χρησιμοποιούμε διακόπτες φορτίου αντί αποζευκτών. Έτσι απλοποιούνται οι χειρισμοί-μανδαλώσεις για την απομόνωση ενός κυκλώματος.

#### Διακόπτες Φορτίου

Διακόπτες φορτίου (load switches) ονομάζονται οι συσκευές που έχουν την ικανότητα να διακόπτουν ή να αποκαθιστούν εντάσεις υπό φυσιολογικές συνθήκες λειτουργίας του κυκλώματος καθώς επίσης και να αποκαθιστούν αλλά όχι να διακόπτουν εντάσεις ρευμάτων βραχυκύκλωσης. Υπάρχουν διακόπτες φορτίου που διαθέτουν ορατό σύστημα επαφών για να ελέγχεται η κατάσταση λειτουργίας τους και άλλοι κλειστού τύπου, στους οποίους όμως πρέπει να προτάσσεται αποζεύκτης προς την πλευρά των μονάδων ηλεκτροπαραγωγής και να φέρουν αλληλομανδάλωση. Κατά την στιγμή της ενεργοποίησης του διακόπτη φορτίου δημιουργείται ηλεκτρικό τόξο μεταξύ των επαφών του. Η σβέση του ηλεκτρικού αυτού τόξου γίνεται μέσα στον ειδικό θάλαμο που δημιουργείται εσωτερικά στο σύστημα μονωτήρων των ακίνητων επαφών του. Ο χειρισμός του διακόπτη φορτίου γίνεται είτε χειροκίνητα με ειδικό σύστημα μοχλού μεγάλου μήκους για τις περιπτώσεις που αυτοί είναι υπαίθριοι και τοποθετούνται σε στύλους είτε με κινητήρα ενσωματωμένο στην διάταξη του. Χαρακτηριστικά του μεγέθι φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα :



Όνομαστική τάση ( $U_N$ )	Η τάση στην οποία απενεργοποιείται ο διακόπτης	24 kV
Όνομαστική ένταση ( $I_N$ )	Η ένταση του ρεύματος που επιτρέπεται να διέρχεται συνεχώς από τις επαφές του διακόπτη	400 A
Ένταση διακοπής ( $I_{NA}$ )	Η ένταση του ρεύματος στην οποία διακόπτεται το κύκλωμα με ορισμένο συντελεστή ισχύος	400A/0.7
Ένταση διακοπής ρευμάτων μαγνήτισης μετασχηματιστών ( $I_m$ )	Η ένταση των ρευμάτων μαγνήτισης των μετασχηματιστών μέτρησης που δεν πρέπει να λάβουν μεγαλύτερη τιμή	40A
Ένταση ρεύματος ζεύξης ( $I_z$ )	Η μέγιστη ένταση του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα αμέσως μετά την ζεύξη του κυκλώματος	32kA
Ένταση διακοπής χωρητικού φορτίου ( $I_C$ )	Η ένταση του ρεύματος που προέρχεται από την άεργη χωρητική συμπεριφορά του κυκλώματος	150A
Ένταση θερμικής αντοχής ( $I_{th}$ )	Η μέγιστη ένταση του ρεύματος που αντέχει ο διακόπτης για 1sec.	12.5kA
Ηλεκτροδυναμική αντοχή ( $I_{dyn}$ )	Η μέγιστη ένταση του ρεύματος που αντέχει δυναμικά ο διακόπτης	32kA

Πίνακας 9-2: Χαρακτηριστικά μεγέθη διακοπών φορτίου για υποσταθμό των 20kV

#### Διακόπτες απομόνωσης ΔΑ ( Sectionalizer)

Οι διακόπτες απομόνωσης λειτουργούν σε σφάλματα που συμβαίνουν σε διακλαδώσεις δικτύων. Διεγείρονται από το ρεύμα βραχυκύκλωσης και από τους κύκλους λειτουργίας του διακόπτη ισχύος στην αναχώρηση της γραμμής. Μετράνε με εσωτερικό μηχανισμό, αμέσως μόλις περάσει από αυτούς το ρεύμα βραχυκυκλώματος, τους κύκλους λειτουργίας. Στον τελευταίο κύκλο ανοίγουν, αφού ανοίξει ο διακόπτης ισχύος. Στην συνέχεια ο διακόπτης ισχύος κλείνει και μένει κλειστός ενώ ο ΔΑ μένει ανοικτός. Σε μερικές περιπτώσεις, σε παροχές ΜΤ, μπορεί ο διακόπτης απομόνωσης να ρυθμιστεί να ανοίγει ήδη από τον πρώτο κύκλο, δηλαδή αμέσως μετά το άνοιγμα του διακόπτη ισχύος στην αναχώρηση της γραμμής, έτσι ώστε να απομονώνεται ο καταναλωτής ενώ ο διακόπτης ισχύος παραμένει κλειστός. Η τροφοδότηση των λοιπών καταναλωτών ΜΤ υφίσταται μόνο τις διακοπές που προέρχονται από τους κύκλους λειτουργίας του διακόπτη ισχύος στην αναχώρηση της γραμμής. Πλεονέκτημα των διακοπών απομόνωσης έναντι των ασφαλειών είναι ότι δεν χρειάζονται αλλαγή και έχουν πλήρη συνεργασία με τον διακόπτη ισχύος στην αναχώρηση. Η επανάζευξη τους γίνεται είτε αυτόματα είτε χειροκίνητα αφού πρώτα βέβαια αποκατασταθεί το σφάλμα από συνεργείο της ΔΕΗ.

#### Σύγκριση των διακοπών μέσης τάσης

Στον παρακάτω πίνακα προσπαθήσαμε να δείξουμε τα κοινά χαρακτηριστικά όλων των διακοπών μέσης τάσης. Στο πίνακα σημειώνεται με x, αν ο διακόπτης έχει την αντίστοιχη ικανότητα. Βλέπουμε ότι την ικανότητα διακοπής του ρεύματος βραχυκυκλώματος την έχει μόνο ο διακόπτης ισχύος, γι' αυτό και είναι το βασικό όργανο διακοπής στα ηλεκτρικά δίκτυα.

	Διακόπτης ισχύος	Διακόπτης φορτίου	Αποζεύκτης φορτίου	Αποζεύκτης
Ικανότητα διακοπής κυκλώματος σε ονομαστικό ρεύμα (In)	x	x	x	
Ικανότητα διακοπής του κυκλώματος σε ρεύμα βραχυκύκλωματος (Ik)	x			
Ικανότητα ζεύξης στο ρεύμα βραχυκύκλωματος <sup>(*)</sup>	x	x	x	x
Ικανότητα ορατής απομόνωσης			x	x
Αντοχή στο ρεύμα βραχυκυκλώματος για t=2s	x	x	x	x

Πίνακας 9-3: Συγκριτικός πίνακας με τα χαρακτηριστικά των διακοπτών

### Επιλεκτική συνεργασία

Μια από τις βασικές απαιτήσεις της προστασίας ενός Μ/Σ είναι η επιλεκτική συνεργασία μεταξύ των ασφαλειών στην πλευρά της μέσης τάσης και του διακόπτη ισχύος ή των ασφαλειών στην πλευρά της χαμηλής τάσης. Οι χαρακτηριστικές ρεύματος-χρόνου των μέσων προστασίας πρέπει να είναι τέτοιες ώστε να εξασφαλίζεται μια επιλεκτική προστασία. Με τον όρο επιλεκτική συνεργασία εννοούμε ότι το όργανο προστασίας που είναι πλησιέστερο στο σφάλμα πρέπει να διακόπτει πρώτο. Για παράδειγμα, αν το σφάλμα ( βραχυκύκλωμα ) γίνει στην πλευρά της χαμηλής τάσης του Μ/Σ πρέπει να ανοίγει μόνο ο διακόπτης ισχύος της χαμηλής τάσης, ενώ οι ασφάλειες της ΜΤ πρέπει να μένουν ανεπηρέαστες. Δηλαδή για να διακόψει ένα μέσο γρηγορότερα από ένα άλλο. εφόσον διαρρέονται από το ίδιο ρεύμα πρέπει ο χρόνος αντίδρασης του πρώτου να είναι μικρότερος από το χρόνο του δεύτερου. Η επιλεκτική προστασία πρέπει να εξασφαλίζεται σε όλη την αλυσίδα των μέσων προστασίας από τη ΧΤ των 400V έως και το διακόπτη αναχώρησης της γραμμής ΜΤ. Η επιλεκτική συνεργασία πρέπει να υπάρχει σε όλα τα σφάλματα δηλαδή τόσο σε σφάλματα γης όσο και φάσεων. Έτσι σε μέσα προστασίας που δεν κάνουν διάκριση μεταξύ σφαλμάτων γης και φάσεων πρέπει τα ρεύματα διέγερσης των μέσων να συνεργάζονται επιλεκτικά με τους Η/Κ γης της ΔΕΗ. Τέτοια μέσα που δεν κάνουν διάκριση φάσεων-γης είναι οι ασφάλειες και οι διακόπτες με πρωτογενή προστασία (αυτοπροστασία).

### Γειώσεις

#### Γενικά, Ορισμοί

Γείωση είναι η σύνδεση ενός σημείου ηλεκτρικού κυκλώματος ή ενός μεταλλικού αντικειμένου με μία εγκατάσταση γείωσης. Εγκατάσταση γείωσης είναι ένα η περισσότερα συνδεδεμένα ηλεκτρόδια γείωσης καρφωμένα ή θαμμένα μέσα στο χώμα σε βάθος τουλάχιστον 0.5 m από την επιφάνεια της γης. Γη είναι η αγώγιμη μάζα του εδάφους, του οποίου το δυναμικό σε οποιοδήποτε σημείο θεωρείται συμβατικά ίσο με το μηδέν.

#### Είδη γειώσεων

Τα τρία είδη γειώσεων που συναντάμε στους υποσταθμούς μέσης τάσης είναι:

#### Α. Γείωση προστασίας

Χωρίζεται σε δύο μέρη:

- Α1. Γείωση προστασίας μέσης τάσης  
Στο σύστημα αυτό συνδέονται όλα τα μεταλλικά μέρη του εξοπλισμού που λειτουργούν με ονομαστική τάση > 1 kV, τα οποία δεν ανήκουν στο ενεργό κύκλωμα αλλά μπορούν να γίνουν ενεργά σε περίπτωση σφάλματος ή ακόμα και τόξου. Τέτοια είναι ο πίνακας μέσης τάσης, το δοχείο του μετασχηματιστή, οι θωρακίσεις των καλωδίων μέσης τάσης κ.ά.

- A2. Γείωση προστασίας χαμηλής τάσης Στο σύστημα αυτό συνδέονται όλα τα μεταλλικά μέρη του εξοπλισμού με ονομαστική τάση < 1 kV, δηλαδή ο πίνακας χαμηλής τάσης, οι θωρακίσεις των καλωδίων χαμηλής τάσης κλπ.

#### B. Γείωση λειτουργίας

Είναι η γείωση ενός σημείου του ενεργού κυκλώματος, π.χ. η γείωση του ουδέτερου κόμβου της χαμηλής τάσης του μετασχηματιστή 20/0.4 kV. Αυτή είναι άμεση, δηλαδή δεν μεσολαβεί κάποια αντίσταση. Η γείωση είναι απαραίτητη για να μην εμφανισθούν επικίνδυνες τάσεις στο δίκτυο χαμηλής τάσης.

#### Γ. Γείωση του συστήματος αντικεραυνικής προστασίας

Στη γείωση αυτή καταλήγουν οι αγωγοί του συστήματος αντικεραυνικής προστασίας για να διοχετεύσουν το ρεύμα των κεραυνών προς τη γη. Τα τρία είδη γειώσεων συνυπάρχουν συνήθως στις εγκαταστάσεις. Μπορεί οι γειωτές που χρησιμοποιούνται να είναι κοινοί (ή κοινά ηλεκτρόδια γείωσης) και για τις τρεις γειώσεις. Προτείνεται να γίνεται κάθε προσπάθεια, οι γειώσεις να απολήξουν στο ίδιο ηλεκτρόδιο ή στην ίδια εγκατάσταση γείωσης.

#### Είδη ηλεκτροδίων γείωσης

Τα ηλεκτρόδια γείωσης (earth electrode) συνήθως είναι:

##### Γειωτής ράβδου

Είναι σωλήνας ονομαστικής διαμέτρου μεγαλύτερης της μίας ίντσα ή μία ράβδος στρογγυλή ή προφίλ από γαλβανισμένο χάλυβα, π.χ. U, L, T ή I-προφίλ. Η ράβδος τοποθετείται κατακόρυφα ή λοξά (π.χ. 20°) ως προς την κατακόρυφο στο έδαφος σε βάθος, π.χ. 2.5 m με σφυρί χεριού, ή με μηχανικό σφυρί. Το κάτω μέρος διαμορφώνεται σαν ακίδα για να οδηγείται καλύτερα στο έδαφος. Η αντίσταση γείωσης είναι περίπου αντιστρόφως ανάλογη του βάθους. Η αντίσταση δεν εξαρτάται σημαντικά από το πάχος ή τη διάμετρο της ράβδου. Εφόσον το επιτρέπει η μηχανική αντοχή, προτείνονται ηλεκτρόδια χαλκού ή επιμολυβδωμένα ηλεκτρόδια, γιατί αντέχουν στη διάβρωση.

##### Γειωτής ταινίας ή συρματόσχοινου

Ταινία ή συρματόσχοινο που τοποθετείται σε χαντάκι βάθους τουλάχιστον 0.5 m. Το βάθος που προτιμάται είναι 0,7-1.0 m, για να υπάρχει υγρό έδαφος. Η ταινία μπορεί να είναι χάλυβας γαλβανισμένος ή επιχαλκωμένος. Χρησιμοποιούνται επίσης χάλκινες ταινίες. Η ταινία μπορεί να τοποθετηθεί ευθύγραμμη ή κυκλικά γύρω από την εγκατάσταση. Η τελευταία γείωση λέγεται γειωτής βρόγχου. Η αντίσταση είναι περίπου αντιστρόφως ανάλογη του μήκους. Για το ίδιο μήκος ταινίας ο ευθύγραμμος γειωτής έχει μικρότερη αντίσταση από τον κυκλικό. Δε συνιστάται συρματόσχοινο αντί ταινίας σαν ηλεκτρόδιο γείωσης, αν και το επιτρέπει το ΕΛΟΤ HD384, γιατί διαβρώνεται εύκολα.

##### Γειωτής πλάκας

Πρόκειται για πλάκα μορφής παραλληλογράμμου, π.χ. 0.5x0.5m, η οποία ενταφιάζεται στο έδαφος με την επιφάνειά της κατακόρυφη. Το πάνω μέρος της βρίσκεται σε βάθος μεγαλύτερο του 1.0 m. Το υλικό κατασκευής μπορεί να είναι γαλβανισμένος χάλυβας με πάχος μεγαλύτερο των 3 mm ή χαλκός ή μόλυβδος με πάχος μεγαλύτερο των 2 mm.

##### Γειωτής ακτινικός

Είναι ταινίες ή ράβδοι που διαμορφώνονται υπό μορφή αστέρα με πολλές ακτίνες. Ο αστέρας βρίσκεται σε οριζόντια θέση, ενταφιασμένος σε βάθος τουλάχιστον 0.5 m. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται είναι όμοια, όπως στον γειωτή ταινίας.

##### Γειωτής πλέγματος

Πλέγμα από ταινίες με τετραγωνικά ανοίγματα πλάτους 3 - 7 m τοποθετείται οριζόντια σε βάθος 0,5 - 1,0 m. Τα ελάχιστα πάχη είναι όπως στους γειωτές ταινίας. Το πλεονέκτημα των γειωτών πλέγματος είναι ότι οι βηματικές τάσεις στο έδαφος, επάνω από το πλέγμα, είναι αμελητέες. Επιτρέπονται, προφανώς, και ανοίγματα μικρότερα από 3 m. Αυτά όμως δεν έχουν μικρότερες βηματικές τάσεις από ότι πλέγματα με ανοίγματα 3 m.

Το δίκτυο ύδρευσης σαν γειωτής Επιτρέπεται κατά το ΕΛΟΤ HD384, χωρίς ιδιαίτερη άδεια, η χρησιμοποίηση μεταλλικών δικτύων ύδρευσης ως γειωτών για εγκαταστάσεις με τάσεις ως προς γη μικρότερες των 250 V, εφ' όσον υπάρχει η συγκατάθεση του Οργανισμού Ύδρευσης. Πάνω από αυτές τις τάσεις χρειάζεται ειδική άδεια από τον Οργανισμό Ύδρευσης.

##### Θεμελιακή γείωση

Η θεμελιακή γείωση είναι ένας γειωτής ταινίας που τοποθετείται στο κάτω μέρος των θεμελίων των κτιρίων, μέσα στο σκυρόδεμα. Η τοποθέτηση γίνεται στη βάση των εξωτερικών τοίχων και είναι ένας κλειστός βρόγχος. Επειδή το έδαφος και το σκυρόδεμα των θεμελίων είναι υγρό όλο το έτος συνήθως, ο θεμελιακός γειωτής έχει

σχετικά χαμηλή αντίσταση γείωσης. Τιμές των  $2 \Omega$  ή μικρότερες δεν είναι σπάνιες. Η θεμελιακή γείωση θεωρείται η καλύτερη γείωση αλλά έχει το μειονέκτημα ότι μπορεί να εφαρμοσθεί μόνο σε νέα κτίρια.

Η αντίσταση γείωσης

Για να καταλάβουμε τη λειτουργία της γείωσης σε μια ηλεκτρική εγκατάσταση, θα πρέπει αρχικά να καταλάβουμε τον τρόπο που λειτουργεί ένα μεταλλικό ηλεκτρόδιο καρφωμένο κάθετα στη γη. Σε βάθος μεγαλύτερο από  $0.5 \text{ m}$  το χώμα παραμένει υγρό όλες τις εποχές του χρόνου και έτσι το ηλεκτρόδιο έρχεται σε καλή επαφή με τη γη. Στο πάνω μέρος του ηλεκτροδίου συνδέουμε με καλώδιο τα μεταλλικά μέρη των ηλεκτρικών συσκευών. Όσο η εγκατάστασή μας λειτουργεί κανονικά, το ηλεκτρόδιο έχει το δυναμικό της γης αλλά και όλα τα αγωγίμα μέρη της εγκατάστασης που είναι συνδεδεμένα σε αυτό έχουν και αυτά το δυναμικό της γης. Το πρόβλημα εμφανίζεται όταν σε περίπτωση σφάλματος κάποιας φάσης με τη γη, στα ηλεκτρόδια εμφανισθεί μια τάση έστω  $U$  ως προς την άπειρη γη. Με τον όρο άπειρη γη θεωρούμε ένα σημείο στην επιφάνεια της γης, θεωρητικά σε άπειρη απόσταση από το γειωτή, στο οποίο έχουμε καρφώσει ένα δεύτερο ηλεκτρόδιο. Πρακτικά η άπειρη απόσταση είναι περίπου  $10$  φορές το μήκος του ηλεκτροδίου, δηλαδή  $2 \cdot 10 = 20 \text{ m}$ . Η τάση  $U$  που εφαρμόσαμε στο ηλεκτρόδιο δημιουργεί γύρω του ένα ηλεκτρικό πεδίο. Το πεδίο αυτό περιγράφεται με τις ισοδυναμικές γραμμές του και τις γραμμές ροής του ρεύματος που ακολουθεί το ρεύμα για να καταλήξει στο σημείο της άπειρης γης. Οι γραμμές ροής είναι κάθετες στις ισοδυναμικές γραμμές. Θα πρέπει να φανταστούμε τις ισοδυναμικές γραμμές και τις γραμμές ροής να διασχίζουν όλο το εσωτερικό της γήινης σφαίρας για να καταλήξουν στο δεύτερο ηλεκτρόδιο που είναι καρφωμένο σε άπειρη (θεωρητικά) απόσταση. Αν διαιρέσουμε την τάση  $U$  με το ρεύμα  $I$  που εισέρχεται στο ηλεκτρόδιο και εξέρχεται στην άπειρη γη διασχίζοντας το εσωτερικό της γήινης σφαίρας, τότε έχουμε βρει την αντίσταση γείωσης  $R$  του ηλεκτροδίου, δηλαδή  $R = U / I$

Η αντίσταση γείωσης του ηλεκτροδίου δίνεται από τον προσεγγιστικό τύπο:  $R_{\text{ev}} = \rho / L$

όπου:

$L_{\text{ev}}$  = το μήκος του ηλεκτροδίου που βρίσκεται κάτω από το  $0.5 \text{ m}$  της επιφάνειας της γης, δηλαδή αν το ηλεκτρόδιο μας έχει καρφωθεί  $2.0 \text{ m}$  μέσα στη Γή το ενεργό μήκος του είναι  $1.5 \text{ m}$ . Όλα τα είδη γειωτών (πλάκας, ταινίας κλπ) πρέπει να τοποθετούνται σε βάθος  $> 0.5 \text{ m}$

$\rho$  = ειδική αντίσταση του εδάφους. Η ειδική αντίσταση εξαρτάται από το είδος του εδάφους. Για ελώδες υγρό έδαφος είναι  $\rho = 30 \Omega \cdot \text{m}$ , ενώ για βραχώδες έδαφος φτάνει  $\rho = 3000 \Omega \cdot \text{m}$

Γείωση στην εγκατάσταση ΜΤ

Στους υποσταθμούς, όπως και στις λοιπές ηλεκτρικές εγκαταστάσεις, είναι απαραίτητη η εφαρμογή γειώσεων, ώστε σημεία που θα μπορούσαν να βρεθούν υπό τάση να μεταβιβάζουν το ρεύμα προς τη γη, προστατεύοντας τα άτομα που εργάζονται στις εγκαταστάσεις ή που βρίσκονται κοντά σε αυτές. Η γείωση στους υποσταθμούς γίνεται για δύο λόγους:

- Προστασία ατόμων από επικίνδυνες τάσεις επαφής και βηματικές τάσης σε βραχυκυκλώματα μεταξύ φάσης και γης στη ΜΤ. Αυτά λέγονται και σφάλματα γης ή υπερπήδησεις ΜΤ όπως π.χ. η υπερπήδηση τόξου μεταξύ φάσης και δοχείου του Μ/Ι ή και άλλων μεταλλικών μερών του Υ/Σ
- Χρειάζεται γείωση λειτουργίας του ουδέτερου του Μ/Σ και γείωση προστασίας στην εγκατάσταση ΧΤ για προστασία ατόμων από επικίνδυνες τάσεις επαφής

Στους καταναλωτές ΜΤ έχουμε συνήθως πέντε κυκλώματα που πρέπει να γειωθούν και είναι:

- Στην είσοδο του υποσταθμού, στον εναέριο στύλο της ΔΕΗ γειώνονται οι απαγωγείς τάσεις
- Στον Μ/Σ και τις κυψέλες ΜΤ γειώνονται τα μεταλλικά μέρη
- Στον Μ/Σ γειώνεται ο ουδέτερος κόμβος
- Ο ουδέτερος αγωγός γειώνεται στον πίνακα των καταναλωτών ΧΤ και προστίθεται και ο αγωγός προστασίας (PE)
- Η γείωση συλλεκτηρίου συστήματος κεραυνών, εγκατάσταση γείωσης συστήματος αλεξικέραυνης προστασίας

Η αποτελεσματικότερη γείωση επιτυγχάνεται με την κατασκευή θεμελιακής γείωσης στο κτίριο του Υ/Σ και όταν αυτό δεν είναι εφικτό τοποθετείται ισοδυναμικό πλέγμα στο δάπεδο του Υ/Σ.

Η γείωση ΜΤ φέρει σημαντικά ρεύματα σε σφάλματα γης. Το μέγιστο ρεύμα που μπορεί να ρέει είναι  $1000 \text{ A}$  και η διάρκεια του εξαρτάται από την ρύθμιση των ΗΝ γης που είναι συνήθως  $80 \text{ A}$ . Τα ρεύματα σε σφάλματα

γης μπορεί να προκαλέσουν σημαντικές βηματικές τάσεις και τάσεις επαφής, για τον λόγο αυτό επιδιώκονται μικρές αντιστάσεις γειώσεις.

Ανάλογα με την τιμή της γείωσης που επιτυγχάνουμε διακρίνουμε δύο περιπτώσεις και σχεδιάζουμε τις γειώσεις MT και XT:

- Συνολική αντίσταση γείωσης μικρότερη του  $1 \Omega$   
Στην περίπτωση αυτή η γείωση των μεταλλικών μερών MT και του ουδέτερου κόμβου του M/Σ στη XT επιτρέπεται και ενδείκνυται να είναι κοινές ανεξάρτητα από την μέθοδο προστασίας σε τάσεις επαφής της εγκατάστασης XT. Όταν ο Y/Σ τροφοδοτείται από υπόγειο δίκτυο το μήκος του οποίου είναι τουλάχιστον 1200 μέτρα, τότε η αντίσταση γείωσης είναι μικρότερη από  $1 \Omega$  και αυτό πρέπει να γνωστοποιείται στον καταναλωτή. Ανεξάρτητα όμως από αυτό απαιτείται η κατασκευή καλής γείωσης του Y/Σ.
- Συνολική αντίσταση γείωσης μεγαλύτερη του  $1 \Omega$   
Στην συγκεκριμένη περίπτωση η γείωση των μεταλλικών μερών της MT του Y/Σ πρέπει να διαχωριστεί από την γείωση του ουδέτερου του M/Σ στη XT, ανεξάρτητα από την μέθοδο προστασίας σε τάσεις επαφής της εγκατάστασης XT. Οι δύο γειωτές MT και XT πρέπει να απέχουν τουλάχιστον 20 μέτρα ώστε να ελαχιστοποιείται η μεταξύ τους αλληλεπίδραση. Η αντίσταση γείωσης των γειωτών MT πρέπει να είναι μικρότερη των  $40 \Omega$  ενώ η αντίσταση γείωσης της XT πρέπει να είναι οπωσδήποτε μικρότερη του  $10 \Omega$  και αν δεν επιτευχθεί αυτό πρέπει να ληφθούν κατάλληλα μέτρα όπως ισοδυναμικό πλέγμα και ισοδυναμικές επιφάνειες.

#### Μέθοδος γείωσης στην εγκατάσταση XT

Στο χώρο της χαμηλής τάσης εφαρμόζεται η μέθοδος της άμεσης γείωσης ή της ουδετέρωσης. Για λόγους μεγαλύτερης ασφάλειας ενδείκνυται η ουδετέρωση ως πιο αποτελεσματική. Ωστόσο πρέπει να σημειωθεί ότι απαγορεύεται η σύγχρονη εφαρμογή και των δύο μεθόδων γείωσης στην ίδια εγκατάσταση XT.

Σε καταναλωτές XT έχουμε δύο κυκλώματα που πρέπει να γειωθούν:

- Στο μετρητή γειώνεται ο ουδέτερος και προστίθεται ο αγωγός προστασίας
- Γειώνεται το σύστημα της αντικεραυνικής προστασίας αν υπάρχει

Αν ο καταναλωτής έχει πολλούς πίνακες XT αρκεί κανείς να γειώσει τον ουδέτερο στον κύριο πίνακα διανομής. Αν όμως ενόσωμε τον ουδέτερο με τον αγωγό γης και σε άλλο πίνακα, τότε χρειάζεται και εκεί ηλεκτρόδιο γείωσης. Συστήματα σύνδεσης των γειώσεων

Ο κώδικας που χρησιμοποιείται για τα συστήματα σύνδεσης των γειώσεων είναι ο ακόλουθος:

Το πρώτο γράμμα αφορά τη σχέση του συστήματος τροφοδότησης με τη γη,

- T= άμεση σύνδεση του ουδέτερου με τη γη,
- I = όλα τα ενεργά μέρη απομονωμένα από τη γη ή ένα σημείο συνδεδεμένο με τη γη μέσω μιας σύνθετης αντίστασης σημαντικής τιμής.

Το δεύτερο γράμμα αφορά τη σχέση των εκτεθειμένων αγωγίμων μερών της εγκατάστασης προς τη γη :

- T= άμεση ηλεκτρική σύνδεση των εκτεθειμένων αγωγίμων μερών με τη γη, ανεξάρτητα από τη γείωση του ουδέτερου του συστήματος τροφοδότησης.
- N= άμεση ηλεκτρική σύνδεση των εκτεθειμένων αγωγίμων μερών με τον ουδέτερο του συστήματος τροφοδότησης.

Τα επόμενα γράμματα (αν υπάρχουν) αφορούν τη σχέση του ουδέτερου και του αγωγού προστασίας.

- S = η προστασία εξασφαλίζεται από ιδιαίτερο αγωγό προστασίας διαφορετικό από τον ουδέτερο.
- C = οι λειτουργίες ουδέτερου και προστασίας συνδυάζονται σε ένα μόνο αγωγό (αγωγό PEN).

Τα συστήματα σύνδεσης γειώσεων που χρησιμοποιούνται όπως, περιγράφονται στο πρότυπο του ΕΛΟΤ HD 384, είναι:

#### Σύστημα σύνδεσης TN

Τα συστήματα τροφοδότησης, στα οποία εφαρμόζεται το σύστημα σύνδεσης των γειώσεων TN, έχουν τον ουδέτερο (, αν δεν υπάρχει ή διαθέσιμος ουδέτερος, ένα άλλο σημείο τους) άμεσα (δηλ. χωρίς ηθελημένη αντίσταση) γειωμένο, ενώ τα εκτεθειμένα αγωγίμα μέρη της εγκατάστασης συνδέονται με τον ουδέτερο (ή με το γειωμένο σημείο) μέσω αγωγών προστασίας. Διακρίνονται τρεις ειδικότερες μορφές συνδεσμολογίας του συστήματος σύνδεσης των γειώσεων TN, ανάλογα με τη σχέση του ουδέτερου και του αγωγού προστασίας, ως εξής:



- Σύστημα TN-S, στο οποίο ο ουδέτερος και ο αγωγός προστασίας είναι χωριστοί σ' ολόκληρο το σύστημα
- Σύστημα TN-C-S, στο οποίο οι λειτουργίες ουδέτερου και αγωγού προστασίας συνδυάζονται σε ένα μόνο αγωγό σε ένα μέρος του συστήματος (Σχήμα 3.2).
- Σύστημα TN-C, στο οποίο οι λειτουργίες ουδέτερου και αγωγού προστασίας συνδυάζονται σε ένα μόνο αγωγό σε ολόκληρο το σύστημα (Σχήμα 3.3).

#### Σύστημα σύνδεσης TT

Τα συστήματα τροφοδότησης, στα οποία εφαρμόζεται το σύστημα σύνδεσης των γειώσεων TT, έχουν τον ουδέτερο (ή, στην περίπτωση που δεν υπάρχει διαθέσιμος ουδέτερος, ένα άλλο σημείο τους) άμεσα συνδεδεμένο προς τη γη, ενώ τα εκτεθειμένα αγωγίμα μέρη της εγκατάστασης συνδέονται με ηλεκτρόδια γείωσης ηλεκτρικά ανεξάρτητα από τη γείωση του συστήματος τροφοδότησης (Σχήμα 3.4).

Στα συστήματα τροφοδότησης, στα οποία εφαρμόζεται το σύστημα σύνδεσης των γειώσεων IT, όλα τα ενεργά μέρη είναι μονωμένα προς τη γη, ή ένα σημείο συνδέεται με τη γη μέσω μιας σύνθετης αντίστασης μεγάλης τιμής, ενώ τα εκτεθειμένα αγωγίμα μέρη της εγκατάστασης είναι γειωμένα. Αν γειώνεται ένα σημείο του συστήματος τροφοδότησης, αυτό μπορεί να είναι είτε ο ουδέτερος, είτε μία φάση, είτε ένας τεχνητός ουδέτερος.

#### Οι αγωγοί

Κατασκευάζονται συνήθως από χαλκό και σπάνια από αλουμίνιο. Γίνεται επίσης χρήση του αλουμινίου σαν αγωγός σε καλώδια διατομών άνω των 35 mm<sup>2</sup> συνήθως. Πλεονεκτήματα του αλουμινίου σε σχέση με το χαλκό είναι η χαμηλή τιμή του καλωδίου και το μικρότερο βάρος. Μειονεκτήματά του αλουμινίου είναι ότι δεν συγκολλάτε με μαλακή κόλληση χαμηλού σημείου τήξης (π.χ. κασσιτεροκόλληση) και ότι διαβρώνεται ευκολότερα λόγω ηλεκτροχημικών αντιδράσεων.

Η μορφή των αγωγών είναι στρογγυλή. Για πολυπολικά καλώδια μεγάλων 2διατομών (>35 mm ) χρησιμοποιούνται και διατομές κυκλικού τομέα (τριγωνικές, χαρακτηρίζονται με S). Όσον αφορά την ευκαμψία, έχουμε αγωγούς οι οποίοι χαρακτηρίζονται ως εξής:

- Μονόκλωνους (U), πολύκλωνους (R)
- Υψηλής ευκαμψίας πολύκλωνους (K), υπερυψηλής ευκαμψίας (F)

Αγωγούς υψηλής και υπερυψηλής ευκαμψίας χρησιμοποιούμε σε καλώδια για συγκολλήσεις, για κινητές συσκευές, γερανούς κ.λπ., εκεί που το καλώδιο υπόκειται σε συνεχείς κάμψεις.

Τα καλώδια που διατίθενται στο εμπόριο κατά κανόνα, προσδιορίζονται από πρότυπα (κανονισμούς), τα οποία προσδιορίζουν όλα τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά τους, τους τρόπους δοκιμής και χρήσης τους όπως:

- Μείγματα ή υλικά που χρησιμοποιούνται σαν κύρια μονωτικά
- Υλικά αγωγών
- Μείγματα ή υλικά που χρησιμοποιούνται στο μανδύα
- Διαστάσεις
- Μηχανικές, θερμικές και ηλεκτρικές ιδιότητες
- Χρώμα, τρόπο συμβολισμού και σήμανσης των καλωδίων (κωδικοί κ.α.)
- Προτεινόμενες χρήσεις και πεδία εφαρμογών
- Φόρτιση ρεύματος
- Δοκιμές

Οι κανονισμοί σύμφωνα με τους οποίους έχει κατασκευαστεί το καλώδιο αναγράφονται στον μανδύα του και εξασφαλίζουν μια ορισμένη ποιότητα.

#### Μόνωση καλωδίων

Το μονωτικό και το πάχος προσδιορίζει την ηλεκτρική αντοχή του καλωδίου σε τάση, αλλά και την επιτρεπόμενη ένταση του ρεύματος φόρτισης του αγωγού. Το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα είναι συνάρτηση της θερμοκρασίας στην οποία αντέχει το μονωτικό. Στην χαμηλή τάση χρησιμοποιείται σχεδόν αποκλειστικά το PVC ως μονωτικό κάτω από κανονικές συνθήκες. Εκτός από την κύρια μόνωση, έχουμε και την εξωτερική μόνωση (ή μανδύα) που γίνεται συνήθως από PVC ή από πολυχλωροπρένιο (νεοπρένιο) ή από πολυαιθυλένιο ή χλωροπρένιο. Στην μέση τάση χρησιμοποιούνται κατά κανόνα καλώδια με μόνωση κυρίως από χημικά δικτυωμένο πολυαιθυλένιο XLPE. Υπάρχουν επίσης καλώδια από αιθυλενιούχο - προπυλαινιούχο ελαστικό EPR που έχουν μεγαλύτερη ελαστικότητα και είναι ανθεκτικότερα στο λάδι ή σε άλλα χημικά από ότι τα XLPE, αλλά είναι πιο ακριβά. Τα πιο πάνω μονωτικά υλικά καλωδίων MT και XT αναμειγνύονται με ουσίες

για να διαμορφωθούν κατάλληλες ιδιότητες όπως ελαστικότητα, χρώμα, αντοχή στη θερμοκρασία, μηχανικές καταπονήσεις κλπ.

Η εγκατάσταση των καλωδίων ή γραμμών γίνεται :

- Πάνω στον τοίχο με σωλήνες
- Πάνω στον τοίχο με στηρίγματα
- Μέσα στο επίχρισμα απευθείας ή σε σωλήνα
- Πάνω στον τοίχο σε σχάρες
- Πάνω στο δάπεδο με κατάλληλη μηχανική προστασία
- Εναέρια, με στήριξη ή όχι σε χαλύβδινο συρματοσχοινο
- Στο έδαφος, σε σωλήνες πλαστικούς ή καλύτερα τσιμεντοσωλήνες
- Στο νερό ελεύθερα, π.χ. σε υποβρύχιες αντλίες

Πρέπει στις περιπτώσεις εγκατάστασης στο έδαφος, στο νερό ή υπαίθρια να βεβαιωθούμε από τις προδιαγραφές του κατασκευαστή ότι το καλώδιο κάνει για αυτή τη δουλειά. Σε περιπτώσεις εγκατάστασης καλωδίων στον ελεύθερο αέρα και έκθεσης στον ήλιο προτιμούνται καλώδια με μανδύα από νεοπρένιο, (πολυχλωροπρένιο) γιατί παρουσιάζουν ευστάθεια στην ηλιακή ακτινοβολία.

Η τοποθέτηση αγωγών σε σωλήνες ορατούς ή χωνευτούς προϋποθέτει μια ελάχιστη διάμετρο σωλήνα. Εάν υπάρχει κίνδυνος να χτυπηθούν τα καλώδια όπως σε εργοστάσια, λεβητοστάσια τότε αυτά μπαίνουν σε χαλυβδοσωλήνες.

Ο ενταφιασμός των καλωδίων μέσα σε σωλήνα παρέχει πρόσθετη μηχανική προστασία καθώς και δυνατότητα να αλλαχθεί το καλώδιο αργότερα αν χρειαστεί αλλιώς πρέπει να υπάρξουν ένα η περισσότερα πρόσθετα καλώδια, έτσι ώστε αν υπάρξει σφάλμα να μην χρειαστεί να σκαφτεί όλη η διαδρομή.

#### Ακροδέκτες καλωδίων

Αφού εγκατασταθεί το καλώδιο εφαρμόζονται οι ακροκεφαλές του και οι ακροδέκτες του. Οι ακροδέκτες συμπιέζονται με ειδικές χειροκίνητες ή υδραυλικές πρέσες ακροδεκτών. Δεν γίνεται συγκόλληση των ακροδεκτών σε καλώδια MT, γιατί υπάρχει κίνδυνος να καταστραφεί η μόνωση. Στην XT μπορεί να γίνει κασσιτεροκόλληση των ακροδεκτών πάνω στους αγωγούς. Στην XT, οι ακροκεφαλές έχουν κυρίως τον σκοπό να μην επιτρέπουν την είσοδο νερού ή υγρασίας στο καλώδιο. Μπορεί σε εσωτερικούς ή στεγασμένους χώρους να μην χρειάζεται προστασία, αν οι χώροι είναι ξηροί. Αλλιώς χρησιμοποιούνται αυτοβουλκανιζόμενες ταινίες ή αυτοσυρρικνούμενοι σωλήνες από PVC. Σε υπαίθριες εγκαταστάσεις έχουν επιβληθεί στην XT ακροκεφαλές από ρητίνες. Στη MT έχουμε ακροκεφαλές που προσδίδουν επαρκή ηλεκτρική αντοχή στην άκρη του καλωδίου και απαγορεύουν την είσοδο της υγρασίας στο καλώδιο. Αποτελούνται από:

- Ελαστικό σιλικόνης για εσωτερικούς κυρίως χώρους
- Πορσελάνη για εξωτερικούς χώρους
- Ρητίνες για εσωτερικούς ή εξωτερικούς χώρους

#### Γείωση καλωδίων

Στα καλώδια MT γειώνεται ο μανδύας κάθε καλωδίου στην αναχώρηση από τη ΔΕΗ. Στην άφιξη, στις κυψέλες MT γειώνεται ο μανδύας στη γείωση της MT, δηλαδή μαζί με τις κυψέλες και το δοχείο του Μ/Σ. Σε εγκαταστάσεις κινητήρων 6 kV το ένα άκρο του καλωδίου γειώνεται στην κυψέλη αναχώρησης του και το άλλο συνδέεται με το κέλυφος του κινητήρα. Τα καλώδια μέσης τάσης χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση του υποσταθμού μας με το εναέριο ή υπόγειο δίκτυο 20 kV της ΔΕΗ. Επίσης τα χρησιμοποιούμε για τη σύνδεση του πίνακα 20 kV με το μετασχηματιστή ισχύος. Τα καλώδια μέσης τάσης που συναντάμε σήμερα έχουν μόνωση από δικτυωμένο πολυαιθυλένιο (XLPE). Παλιότερα η μόνωσή τους ήταν από μάζα χαρτιού εμποτισμένη με μονωτικό λάδι (ίδιο με το λάδι των μετασχηματιστών λαδιού).

Ανάλογα με τον αριθμό των αγωγών φάσεων που έχουν τα καλώδια τα χωρίζουμε σε:

- μονοπολικά (N2XSY) και
- τριπολικά (2XSEYFY)

Η ονομαστική τους τάση είναι  $U/U = 12/20$  kV, δηλαδή λειτουργούν σε φασική τάση 12 kV και πολική τάση 20 kV. Πολλές φορές, για λόγους μεγαλύτερης ασφάλειας, χρησιμοποιούμε στα δίκτυα των 20 kV καλώδια ονομαστικής τάσης 18/30 kV.

Τα καλώδια 12/20 kV δοκιμάζονται στο εργοστάσιο κατασκευής τους (σύμφωνα με το I EC 502) σε τάση 36 kV μεταξύ φάσης και θωράκισης για 4 ώρες. Δηλαδή η τάση δοκιμής είναι 3 φορές μεγαλύτερη από τη φασική

τάση λειτουργίας (12 kV). Οι τυποποιημένες διατομές των καλωδίων είναι 25, 35, 50, 70, 95, 120, 150, 185, 240 και 300 mm<sup>2</sup>. Στα δίκτυα των 20 kV η ελάχιστη διατομή είναι (για λόγους βραχυκυκλώματος) 50 mm<sup>2</sup>. Τα καλώδια μπορούν να εγκατασταθούν σε σχάρες ή να ενταφιαστούν στο χώμα.

#### Είδη καλωδίων μέσης τάσης

Παρακάτω περιγράφονται κάποια από τα κατασκευαστικά στοιχεία των καλωδίων μέσης τάσης.

Οι αγωγοί τους είναι από χαλκό (σπάνια από αλουμίνιο) και περιβάλλονται από μία μαύρη ημιαγώγιμη ταινία που σκοπό έχει την εξομάλυνση του ηλεκτρικού πεδίου που δημιουργείται στο εσωτερικό του καλωδίου, μεταξύ του αγωγού και της θωράκισης. Η μόνωσή τους είναι από δικτυωμένο πολυαιθυλένιο (XLPE), δηλαδή ένα πλαστικό μίγμα που έχει πολύ καλές μονωτικές ιδιότητες για να αντέχει στο ισχυρό ηλεκτρικό πεδίο που υπάρχει στο εσωτερικό του καλωδίου. Η μόνωση αυτή αντέχει για συνεχή λειτουργία σε 90 C και για χρόνο 5 s (δηλαδή σε περίπτωση βραχυκυκλώματος) τους 250 C.

Η θωράκιση είναι απαραίτητη στα καλώδια Μ.Τ. διότι δημιουργεί μαζί με τον αγωγό του καλωδίου, ένα ομοιογενές ηλεκτρικό πεδίο. Αυτή γειώνεται και στις δύο άκρες του καλωδίου στο σύστημα γείωσης μέσης τάσης. Η ύπαρξη των δύο αγωγίων επιφανειών, δηλαδή του αγωγού φάσης και της θωράκισης με το διηλεκτρικό μεταξύ τους δημιουργεί εκ των μονωτικών πραγμάτων ένα παρασιτικό πυκνωτή. Έτσι τα καλώδια μέσης τάσης χαρακτηρίζονται από τη χωρητικότητά τους (C), κάτι που δεν ισχύει στα κοινά καλώδια χαμηλής τάσης. Για καλώδια διατομής 50 mm<sup>2</sup> καλώδια είναι  $C = 0.25 \mu\text{F}/\text{km}$ . Έτσι, όταν διακόπτεται η τάση σε ένα καλώδιο, ο παρασιτικός πυκνωτής παραμένει φορτισμένος για αρκετές ώρες. Γι' αυτό πρέπει να γειώνουμε προσεκτικά τα καλώδια, προτού εργαστούμε στα δίκτυα των 20 kV. Το εξωτερικό τους περίβλημα είναι πάντοτε από κόκκινο PVC για να ξεχωρίζουν από τα καλώδια χαμηλής τάσης  $U/U = 0.6/1$  kV που έχουν πάντα μαύρο μανδύα από PVC.

#### Τερματισμός καλωδίων μέσης τάσης

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στον τερματισμό (termination) των καλωδίων μέσης τάσης.

Ο λόγος είναι ότι στο σημείο που διακόπτεται η θωράκισή του. Το ηλεκτρικό πεδίο γίνεται ανομοιογενές και πολύ ισχυρό. Έτσι με την πρώτη καταπόνηση του καλωδίου (π.χ. υπέρταση), η μόνωσή του καταστρέφεται (τρυπάει) και έχουμε σφάλμα μεταξύ του αγωγού φάσης και της γειωμένης θωράκισης, δηλαδή σφάλμα φάσης-γης. Για να αποφύγουμε τα παραπάνω προβλήματα χρησιμοποιούμε, και στις δύο τις άκρες του καλωδίου, ειδικά σύνολα (κιτ) εξαρτημάτων που ονομάζονται ακροκεφαλές ή ακροκιβώτια. Πρέπει να ακολουθήσουμε προσεκτικά τις οδηγίες που υπάρχουν στο κιτ της ακροκεφαλής.

Σε γενικές γραμμές η σειρά των εργασιών για την εφαρμογή μιας πλαστικής ακροκεφαλής είναι:

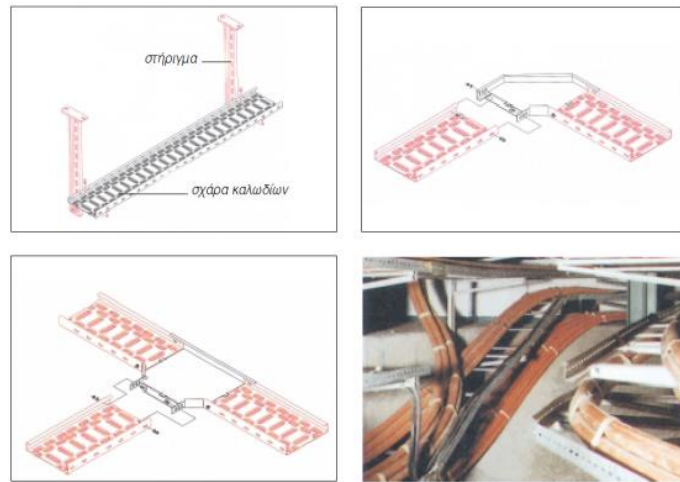
- Αφαιρείται η θωράκιση σε μήκος περίπου 200 mm
- Καθαρίζεται προσεκτικά η μόνωση από την ημιαγωγή στρώση
- Τοποθετείται το ειδικό δακτυλίδι
- Τοποθετείται ο κώνος εξομάλυνσης (stress cone)

Η εγκατάσταση των καλωδίων μέσης τάσης στον αέρα γίνεται πάνω σε προκατασκευασμένες διάτρητες μεταλλικές σχάρες καλωδίων. Οι σχάρες είναι διάτρητες για να μην εμποδίζουν το φυσικό αερισμό (ψύξη) των καλωδίων. Κατασκευάζονται από γαλβανισμένη λαμαρίνα πάχους 0.5 έως 2 mm και σε μήκη από 2 έως 4 m. Οι σχάρες στηρίζονται στον τοίχο ή στην οροφή, ανά 1.5 m περίπου, με ειδικά μεταλλικά στηρίγματα. Οι κατασκευαστές σχαρών καλωδίων, κατασκευάζουν και μια σειρά από εξαρτήματα όπως γωνίες, ταν, σταυρούς κλπ που μας επιτρέπουν να συνδέσουμε τις σχάρες μεταξύ τους και να δημιουργήσουμε το δίκτυο των σχαρών καλωδίων μέσης και χαμηλής τάσης. Πάνω στις σχάρες μέσης τάσης τοποθετούνται μόνο τα καλώδια μέσης τάσης, ενώ στις σχάρες χαμηλής τάσης μόνο τα καλώδια χαμηλής τάσης. Τα καλώδια δένονται με πλαστικά κολάρα πάνω στις σχάρες ανά 20 cm περίπου. Μεταξύ των καλωδίων αφήνουμε απόσταση όση είναι περίπου η διάμετρος τους.

#### Εγκατάσταση καλωδίων μέσης τάσης μέσα στο έδαφος

Η εγκατάσταση των καλωδίων στο έδαφος γίνεται μέσα σε ειδικά χαντάκια που ανοίγονται κατά μήκος των δρόμων. Αν στο χαντάκι οδεύουν και καλώδια χαμηλής τάσης, τότε τα καλώδια μέσης τάσης τοποθετούνται στο κάτω μέρος του χαντακιού και διαχωρίζονται μεταξύ τους και με τα καλώδια χαμηλής τάσης με τσιμεντένιες πλάκες. Τα καλώδια παραδίδονται από το εργοστάσιο κατασκευής τους τυλιγμένα σε ξύλινα στροφεία. Η τοποθέτηση των καλωδίων στο χαντάκι γίνεται με προσεκτικό ξετύλιγμα από το στροφείο και με τη βοήθεια ειδικών κυλίστρων (ράουλα) που επιτρέπουν το τράβηγμα του καλωδίου χωρίς να τραυματίζεται η

μόνωσή τους. Σε όλο το μήκος της διαδρομής τους τα καλώδια τοποθετούνται απευθείας μέσα στο χαντάκι και καλύπτονται με άμμο ή κοσκινισμένο χώμα. Στα σημεία που το χαντάκι διασχίζει κάποιο δρόμο, τοποθετούνται σε πλαστικούς σωλήνες από PVC διαμέτρου  $D > 100 \text{ mm}$ . Έτσι σε περίπτωση ζημιάς και αντικατάστασής τους, δε χρειάζεται να ξανασκεφτεί ο δρόμος.



Εικόνα 9-2: Εγκατάσταση καλωδίων μέσης τάσης σε σχάρες

#### Προστασία των Υ/Σ κατά των υπερτάσεων

Οι εσωτερικές υπερτάσεις λόγω χειρισμών δεν είναι επικίνδυνες γιατί από τις προδιαγραφές τους τα υλικά ΜΤ αντέχουν σε αυτές. Οι εξωτερικές υπερτάσεις λόγω κεραυνών είναι τάξη μεγέθους πολλών εκατοντάδων kV και είναι ιδιαίτερα επικίνδυνες στις υπαίθριες παροχές Α1 και Α2, για αυτό το λόγο πρέπει οπωσδήποτε να προστατεύουμε την εγκατάσταση. Προστασία της εγκατάστασης δεν χρειάζεται αν έχουμε υπόγεια παροχή από υπόγειο δίκτυο, γιατί δεν πέφτουν κεραυνοί στα καλώδια και αν πέσουν στην αναχώρησή τους τότε αποσβένονται αν έχουμε μήκη μεγαλύτερα από 500m. Αν αναμένονται κεραυνικές υπερτάσεις σε παροχές Α1 και Α2 τότε η ΔΕΗ τοποθετεί, συνήθως, στο σημείο παροχέτευσης στον εναέριο στύλο αλεξικέραυνα και τα γειώνει. Αν το καλώδιο του καταναλωτή έχει μήκος μικρότερο των 500m συνίσταται η τοποθέτηση αλεξικέραυνων και στις δύο άκρες του καλωδίου. Τα αλεξικέραυνα συνδέονται μεταξύ φάσης και γείωσης της ΜΤ και εγκαθίστανται κοντά στον Μ/Σ, λιγότερο από 20m, ή μέσα στον οικίσκο του Μ/Σ ή και στις κυψέλες. Βασικό μέγεθος για την σωστή λειτουργία τους είναι η ηλεκτρική αντοχή της εγκατάστασης. Η αντοχή σε κρουστική τάση είναι 125kV για δίκτυα ονομαστικής τάσης 20kV. Οι απαγωγείς τάσεων ή αλεξικέραυνα είναι μη γραμμικές αντιστάσεις που φροντίζουν η τάση να μένει κάτω από μια ορισμένη τάση, την τάση προστασίας. Η τάση προστασίας πρέπει να είναι αρκετά μικρότερη από την ηλεκτρική αντοχή της εγκατάστασης. Οι απαγωγείς τάσεων αποτελούνται από ένα σπινθηριστή, διάκενο αέρα, σε σειρά με μη γραμμικές αντιστάσεις. Αν η τάση υπερβεί μια ορισμένη τιμή, διασπάται ο σπινθηριστής και βραχυκυκλώνεται το δίκτυο μέσω των μη γραμμικών αντιστάσεων. Η τάση δεν αυξάνεται σημαντικά με το ρεύμα, δηλαδή η αντίσταση μειώνεται με το ρεύμα. Έτσι η τάση διατηρείται κάτω από την τάση αντοχής. Η χρονική διάρκεια λειτουργίας του απαγωγέα προσδιορίζεται από την διάρκεια των κεραυνών, συνήθως 50...100μ3. Αφού περάσει η υπέρταση και εφαρμοστεί η τάση του δικτύου, το εναλλασσόμενο ρεύμα του απαγωγέα μειώνεται λόγω της μειωμένης τάσης σε τέτοιο σημείο ώστε το τόξο στον σπινθηριστή να σβήσει στον επόμενο μηδενισμό του ρεύματος. Έτσι ο απαγωγέας γίνεται πλέον μη αγωγίμος. Το ρεύμα του δικτύου των 20kV, που ρέει μέσω των αντιστάσεων του αλεξικέραυνου, είναι μικρό αλλά θα προκαλούσε πολύ υψηλές θερμοκρασίες και κατανάλωση ισχύος στο δίκτυο, για τον λόγο αυτό υπάρχει διάκενο αέρος στον απαγωγέα. Όταν η θερμότητα που εκλύεται στην αντίσταση ενός απαγωγέα από το κρουστικό ρεύμα υπερβεί ένα όριο, τότε οι αντιστάσεις μπορεί να καταστραφούν. Οι απαγωγείς έχουν σύστημα ανακούφισης από την πίεση. Υπάρχει επίσης ορατή ένδειξη όταν λειτουργήσει αυτό το σύστημα ώστε να αντικατασταθεί ο απαγωγέας.

Ονομαστική τάση	20 kV
Μέγιστη διαρκώς επιτρεπόμενη τάση	24 kV
Ενεργός τάση δοκιμής τυλίγματος (1sec)	50 kV
Ενεργός τάση δοκιμής μονωτήρων (1sec)	55 kV



Κρουστική τάση δοκιμής 1,2/50ps	125 kV
Αποκομμένη κρουστική τάση δοκιμής	145 kV
Αποστάσεις μεταξύ μονωτήρων διέλευσης	210 mm
Αποστάσεις μεταξύ φάσεων και γης	215 mm

Πίνακας . Τάσεις δοκιμής ΜΣ

Προστασία ηλεκτρικών εγκαταστάσεων ΧΤ σε υπερτάσεις

Οι κεραυνοί μπορούν να προκαλέσουν υπερτάσεις σε μια εγκατάσταση ΧΤ ως εξής :

- Υπερτάσεις από κατευθείαν πλήξη του δικτύου ΧΤ
- Υπερτάσεις από μαγνητικές ζεύξεις και από το ότι οι φάσεις του δικτύου έχουν γείωση (ουδέτερος Μ/Σ) που είναι διαφορετική από τη γείωση προστασίας του δικτύου. Επειδή η γείωση προστασίας διαρρέεται από το ρεύμα του κεραυνού ο ισοδυναμικός ζυγός μπορεί να βρίσκεται υπό μεγάλη τάση ως προς τα άλλα γειωμένα αντικείμενα και τις φάσεις του δικτύου.
- Υπερτάσεις εξ επαγωγής ή λόγω γειννίαςης.

Η προστασία έναντι υπερτάσεων στη ΧΤ γίνεται :

- Στην είσοδο των κυκλωμάτων εγκαθίστανται απαγωγείς τάσεων
- Στην είσοδο των κυκλωμάτων τοποθετούνται πυκνωτές, αυτεπαγωγές (συνήθως σε ηλεκτρονικά κυκλώματα).

Βασικά χαρακτηριστικά των απαγωγέων ΧΤ είναι:

- Η μέγιστη τάση λειτουργίας, δηλαδή η τάση για την οποία δεν πρέπει να άγουν.
- Η τάση αφής δηλαδή η συνεχής ή εναλλασσόμενη τάση την οποία αποκόπτουν.
- Ο χρόνος αντίδρασης, ο χρόνος που παρέρχεται από την εφαρμογή μιας τάσης έως ότου αρχίσουν να λειτουργούν οι μηχανισμοί αγωγιμότητας.
- Το ρεύμα που μπορεί να περάσει από τον απαγωγέα χωρίς αυτός να καταστραφεί.

Μετασηματιστής ισχύος

Ο μετασηματιστής ισχύος (power transformer) ή απλά μετασηματιστής (Μ/Σ) είναι η βασική συσκευή κάθε υποσταθμού μέσης τάσης, γιατί υποβιβάζει την τάση μεταφοράς 20 kV σε τάση διανομής 400 kV. Οι μετασηματιστές είναι συνήθως ελαιόφυκτοι, εκτός αν έχουμε ειδικές συνθήκες περιβάλλοντος, π.χ. εύφλεκτα υλικά και κίνδυνο πυρκαγιάς. Στις περιπτώσεις αυτές επιλέγονται Μ/Σ ξηρού τύπου με μόνωση από χυτορητίνη. Το μέγεθος των Μ/Σ προσδιορίζεται από την προβλεπόμενη μέγιστη ζήτηση μετά από ένα χρονικό διάστημα, π.χ. μετά από 5 χρόνια. Μπορεί όμως και από οικονομική άποψη να συμφέρει η αγορά ενός μεγαλύτερου Μ/Σ από ότι χρειάζεται, γιατί μεγαλύτερος Μ/Σ σημαίνει και χαμηλότερες απώλειες χαλκού. Η συνδεσμολογία των μετασηματιστών συνιστάται να είναι Dyn 11 ή Dyn 5. Άλλες συνδεσμολογίες μπορεί να γίνουν δεκτές μετά από συνεννόηση με την ΔΕΗ, παρουσιάζουν όμως ιδιαιτερότητες στην προστασία τους. Δεν επιτρέπεται γείωση του Μ/Σ στην πλευρά της ΜΤ. Ο ουδέτερος της ΧΤ όμως γειώνεται στερεά κατά τα γνωστά. Επίσης ο λόγος μετασηματισμού συνιστάται να είναι μεταβλητός, στα όρια +- 2,5 και +- 5%. Ο μεταβλητός λόγος τάσεων επιτυγχάνεται με διακόπτη μεταγωγέα που αλλάζει τον αριθμό των σπειρών στην πλευρά της ΜΤ. Ο διακόπτης είναι στη ΜΤ γιατί εκεί το ρεύμα είναι μικρότερο από ότι στη ΧΤ. Η αλλαγή της τάσης γίνεται αφού διακόψουμε την τάση και γειώσουμε τις φάσεις στην ΜΤ και στη ΧΤ.

Σε υποσταθμούς με ζητούμενη ισχύ > 600 kVA ( η ζητούμενη ισχύ είναι μικρότερη από την εγκατεστημένη που είναι το άθροισμα των ονομαστικών ισχύων όλων των ηλεκτρικών συσκευών ,αφού πρακτικά είναι αδύνατο να δουλεύουν ταυτόχρονα όλες οι ηλεκτρικές συσκευές) έχουμε κατά κανόνα 2 Μ/Σ για λόγους ασφαλείας.





Εικόνα 9-3: Μετασχηματιστής ισχύος

Σε περίπτωση σφάλματος του ενός, αναλαμβάνει ο δεύτερος Μ/Σ να καλύψει το συνολικό φορτίο για όσο χρόνο διαρκέσει η επισκευή του πρώτου. Δύο Μ/Σ συναντάμε και σε υποσταθμούς – ανεξάρτητα από την εγκατεστημένη ισχύ – που τροφοδοτούν κρίσιμα φορτία ,όπως νοσοκομεία, αεροδρόμια κ.ά. Η ονομαστική ισχύς ( $S_n$ ) των Μ/Σ κυμαίνεται από 25 kVA έως 2500 kVA. Λέγοντας ονομαστική ισχύ (Rated power) εννοούμε την ισχύ για την οποία έχει κατασκευαστεί ο Μ/Σ να λειτουργεί συνεχώς, εφόσον ισχύουν μια σειρά από συγκεκριμένες συνθήκες, οι κυριότερες των οποίων είναι :

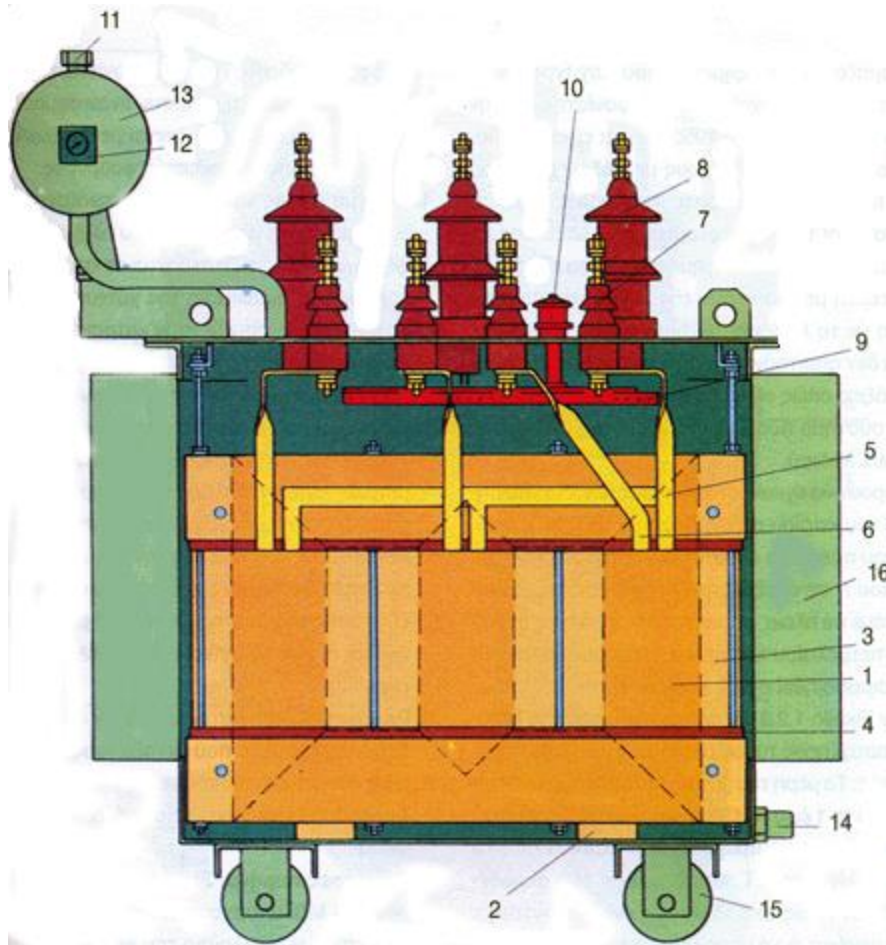
- Θερμοκρασία περιβάλλοντος μικρότερη των 40 C
- Μέση ημερήσια θερμοκρασία μικρότερη των 30 C
- Μέση ετήσια θερμοκρασία μικρότερη των 20 C
- Υψόμετρο της εγκατάστασης μέχρι τα 1000 m από την επιφάνεια της θάλασσας

Αν οι συνθήκες λειτουργίας είναι διαφορετικές τότε χρησιμοποιείται η επιτρεπόμενη φόρτιση  $S$ , η οποία διαφέρει από την ονομαστική  $S_n$ . Η ισχύς  $S$  μικραίνει όταν μεγαλώνει η θερμοκρασία του περιβάλλοντος αυξάνεται. Το ίδιο ισχύει και αντίστροφα, η ισχύς αυξάνει όταν η θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι ο μικρότερη των 40 C. Πρακτικά τον χειμώνα με εξωτερική θερμοκρασία ο στους 20°C ένας Μ/Σ ονομαστικής ισχύος 400 kVA μπορεί να φορτιστεί μέχρι και 20% παραπάνω από την ονομαστική ισχύ στα 480 kVA ,ενώ το καλοκαίρι με εξωτερική θερμοκρασία στους 50°C, η φόρτιση του Μ/Σ δεν επιτρέπεται να φτάσει το 85% της ονομαστικής ισχύος, δλδ τα 340 kVA.

Τάση βραχυκύκλωσης  $k$  ονομάζουμε ( $u$ ) την τάση που πρέπει να εφαρμόσουμε στο πρωτεύον τύλιγμα του Μ/Σ ώστε να έχουμε, με βραχυκυκλωμένο το δευτερεύον, το ονομαστικό ρεύμα στο δευτερεύον τύλιγμα. Η τάση αυτή δίνεται ως ποσοστό επί τις εκατό (%) της ονομαστικής τάσης του πρωτεύοντος, και έτσι έχουμε την ονομαστική τάση βραχυκύκλωσης ( $u_k$ ).

Η τάση βραχυκύκλωσης μας επιτρέπει να προσδιορίσουμε την εσωτερική σύνθετη (ωμική + επαγωγική) αντίσταση του Μ/Σ που είναι απαραίτητη για τον υπολογισμό της στάθμης του ρεύματος βραχυκυκλώματος ( $I_k$ ) στην πλευρά της χαμηλής τάσης του Μ/Σ.

Η γνώση της τιμής του ρεύματος βραχυκυκλώματος στην πλευρά χαμηλής τάσης του Μ/Σ είναι πολύ σημαντική, διότι με βάση την τιμή αυτή πρέπει να επιλέξουμε τον εξοπλισμό χαμηλής τάσης ( διακόπτες ισχύος κλπ ) όσο αφορά την αντοχή σε βραχυκύκλωμα.



Σχήμα 9-4: Τομή ενός τριφασικού Μ/Σ λαδιού

Πως είναι κατασκευασμένος ο Μ/Σ με μόνωση λαδιού  
Ο Μ/Σ με μόνωση λαδιού αποτελείται από τα παρακάτω μέρη :

#### Πυρήνας

Κατασκευάζεται από ειδικά σιδερένια ελάσματα που μεταξύ τους είναι μονωμένα για να ελαττώσουμε. Ο πυρήνας έχει τρία σκέλη, ένα για κάθε φάση  
Στηρίγματα πυρήνα

Μεταξύ του πυθμένα του δοχείου και του πυρήνα μεσολαβεί κάποια απόσταση για να μπορεί να κυκλοφορεί το λάδι

#### Τυλίγματα

Σε κάθε σκέλος του πυρήνα υπάρχουν 2 τυλίγματα (πηνία). Στο εσωτερικό βρίσκεται το τυλίγμα της χαμηλής τάσης (Χ.Τ.) και εξωτερικά το τυλίγμα της μέσης τάσης. Το τυλίγμα Χ.Τ. είναι κατασκευασμένο από χάλκινες ή αλουμιένιες μπάρες, ενώ το τυλίγμα της Μ.Τ. από χάλκινο σύρμα

#### Στηρίγματα Τυλιγμάτων

Η στερέωση των τυλιγμάτων Χ.Τ. και Μ.Τ. τόσο μεταξύ τους όσο και πάνω στον πυρήνα είναι πολύ κρίσιμη και γίνεται με μονωτικά στηρίγματα. Σε περίπτωση βραχυκυκλώματος, αναπτύσσονται στα τυλίγματα μεγάλες δυνάμεις Laplace που μπορούν να καταστρέψουν τον Μ/Σ.

Ακροδέκτης του ουδέτερου (n)

Τα τρία άκρα των τυλιγμάτων χαμηλής τάσης γεφυρώνονται με χάλκινη μπάρα και δημιουργείται ο ουδέτερος κόμβος . Ο ουδέτερος συνδέεται στο κάτω μέρος του μονωτήρα διέλευσης και προκύπτει έτσι ο ακροδέκτης του ουδέτερου (n). Ακροδέκτες 2U , 2V , 2W Τα τρία άλλα άκρα των τυλιγμάτων χαμηλής τάσης συνδέονται στους μονωτήρες διέλευσης και προκύπτουν οι ακροδέκτες 2U , 2V , 2W Μονωτήρες διέλευσης Χ.Τ (LV bushing) Ονομάζονται μονωτήρες διέλευσης διότι από μέσα τους διέρχεται το ρεύμα Χ.Τ. Στον ένα τους ακροδέκτη, που είναι μέσα στο λάδι, συνδέονται οι απολήξεις των τυλιγμάτων Χ.Τ. Στον άλλο τους ακροδέκτη, που είναι στον αέρα, συνδέονται τα καλώδια Χ.Τ. που αναχωρούν από το Μ/Σ

Μονωτήρες διέλευσης Μ.Τ. (MV bushing)

Στον ένα τους ακροδέκτη, που είναι μέσα στο λάδι, συνδέονται οι απολήξεις των τυλιγμάτων Μ.Τ. Στον άλλο τους ακροδέκτη, που είναι στον αέρα, συνδέονται τα καλώδια Μ.Τ. που έρχονται από την κυψέλη προστασίας του Μ/Σ

Ρυθμιστής τάσης (off-circuit tap changer)

Τα τυλίγματα μέσης τάσης έχουν ενδιάμεσα λήψεις που καταλήγουν σε ένα περιστροφικό διακόπτη. Έτσι έχουμε τη δυνατότητα διαφορετικών λήψεων, δηλαδή να χρησιμοποιούμε περισσότερες ή λιγότερες σπείρες στο πρωτεύον. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αλλαγή του λόγου των σειρών του Μ/Σ και , συνεπώς, τη ρύθμιση της τάσης του δευτερεύοντος. Η ρύθμιση αυτή γίνεται όταν ο Μ/Σ είναι εκτός κυκλώματος (off- circuit)

Χειριστήριο ρυθμιστή τάσης

Δοχείο διαστολής (expansion vessel) Η θερμοκρασία του λαδιού σε κανονική λειτουργία του Μ/Σ φτάνει τους 100 C, με αποτέλεσμα τη διαστολή του. Το δοχείο διαστολής συνδέεται με σωλήνα με το δοχείο του Μ/Σ και όσο η θερμοκρασία του λαδιού ανεβαίνει, ανεβαίνει και η στάθμη του λαδιού, διώχνοντας τον αέρα που βρίσκεται στο πάνω μέρος του δοχείου. Το αντίθετο συμβαίνει όταν η θερμοκρασία του λαδιού κατεβαίνει.

Σήμερα κατασκευάζονται στεγανοί Μ/Σ λαδιού, με ειδικά σχεδιασμένα πτερύγια ψύξης που παίρνουν τις διαστολές του λαδιού και, συνεπώς, δεν χρειάζονται δοχείο διαστολής

Δείκτης στάθμης λαδιού (oil –level indicator)

Μας δείχνει την στάθμη του λαδιού στο δοχείο διαστολής

Τάπα αερισμού και πλήρωσης λαδιού (ventilation and filling cap)

Από εδώ εξέρχεται ο αέρας που υπάρχει στο δοχείο διαστολής όταν θερμαίνεται το λάδι του Μ/Σ

Βάνα αποχέτευσης του λαδιού (drain plug)

Από εδώ γίνεται η εκκένωση του λαδιού

Τροχοί κύλισης (roller)

Η μετακίνηση του Μ/Σ μέχρι την τελική του θέση γίνεται με κύλιση στους τέσσερις τροχούς του

Ψυκτήρες (cooling ribs)

Μοιάζουν με τις φέτες των θερμαντικών σωμάτων ακτινοβολίας και χρησιμεύουν για την φυσική ψύξη του λαδιού

Συνδεσμολογία τυλιγμάτων Μ/Σ ισχύος

Όπως γνωρίζουμε από την θεωρία των τριφασικών εναλλασσόμενων ρευμάτων, ένα τριφασικό σύστημα αποτελείται από τρία πηνία που συνδέονται σε τρίγωνο ή αστέρα. Η εναλλασσόμενη τάση κάθε πηνίου παριστάνεται με ένα διάνυσμα, δηλαδή με ένα βέλος. Στη συνδεσμολογία τριγώνου, τα διανύσματα των τριών φάσεων σχηματίζουν ένα ισόπλευρο τρίγωνο ή το κεφαλαίο γράμμα Δ. Στην περίπτωση της συνδεσμολογίας αστέρα, τα διανύσματα των τριών φάσεων σχηματίζουν ένα αστέρα ή το κεφαλαίο γράμμα Υ. Και στις δύο περιπτώσεις η γωνία μεταξύ των διαδοχικών διανυσμάτων είναι 120° ή αλλιώς μπορούμε να πούμε ότι η φασική διαφορά μεταξύ δύο διαδοχικών φάσεων είναι 120 μοίρες.

Στην περίπτωση του Μ/Σ έχουμε δύο τριφασικά συστήματα, ένα στην πλευρά της μέσης τάσης και ένα στην πλευρά της χαμηλής τάσης. Για να μπορέσουμε να χαρακτηρίσουμε τη συνδεσμολογία κάθε πλευράς του Μ/Σ και ταυτόχρονα και τη φασική διαφορά μεταξύ των δύο πλευρών, χρησιμοποιούμε τα γράμματα D και Y σε συνδυασμό με έναν αριθμό από το 1 έως το 12. Η συνδεσμολογία των Μ/Σ συνήθως είναι Dyn5 ή Dyn11.

Το πρώτο κεφαλαίο γράμμα D σημαίνει ότι στην πλευρά των 20 kV τα τρία τυλίγματα είναι συνδεδεμένα σε τρίγωνο Το δεύτερο μικρό γράμμα y σημαίνει ότι στην πλευρά των 400 V τα τρία τυλίγματα είναι συνδεδεμένα σε αστέρα (χρησιμοποιούμε μικρό γράμμα για να γίνεται εύκολα ο διαχωρισμός μέσης και χαμηλής τάσης )

Το τρίτο μικρό γράμμα n σημαίνει ότι στην πλευρά της χαμηλής τάσης υπάρχει ακροδέκτης ουδέτερου.

Ο τέταρτος αριθμός μας δείχνει την φασική διαφορά μεταξύ των διανυσμάτων των τάσεων της ίδιας φάσης στην πλευρά μέσης και της μικρής τάσης αν πολλαπλασιαστεί με το 30 ,δηλαδή στο παράδειγμα μας 5x30=150

Απώλειες χαλκού και σιδήρου

Οι απώλειες στο εσωτερικό του Μ/Σ χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

- Μαγνητικές απώλειες

• Ηλεκτρικές απώλειες

Οι Μαγνητικές απώλειες οφείλονται στη μαγνητική υστέρηση και τα δίνοντάς τους που εμφανίζονται στο σιδερένιο πυρήνα του Μ/Σ. Γι αυτό ονομάζονται και απώλειες σιδήρου ( P ) ή απώλειες κενού, διότι υπάρχουν Fe όσο ο Μ/Σ είναι συνδεδεμένος σε δίκτυο μέσης τάσης, ανεξάρτητα από το φορτίο που υπάρχει στην πλευρά της χαμηλής τάσης. Οι ωμικές αντιστάσεις στα χάλκινα τυλίγματα της μέσης και της χαμηλής τάσης του Μ/Σ δημιουργούν ηλεκτρικές απώλειες που αυξάνονται με το τετράγωνο του ρεύματος ( P = R\* I<sup>2</sup>). Οι απώλειες αυτές ονομάζονται και Cu απώλειες χαλκού και είναι συνάρτηση του φορτίου, δηλαδή όταν ο Μ/Σ λειτουργεί εν κενό είναι μηδενικές ενώ σε πλήρες φορτίο φθάνουν στη μέγιστη τιμή τους. Το σύνολο των απωλειών χαλκού και σιδήρου φθάνει για μικρούς Μ/Σ μέχρι το 5% και για μεγαλύτερους μέχρι και το 2,5% του ονομαστικού φορτίου

Ισχύς ΜΣ S <sub>n</sub> (kVA)	Απώλειες κενού P <sub>Fe</sub> (W)	Απώλειες φορτίου P <sub>Cu</sub> (W)	Ονομαστική τάση βραχυκύκλωσης u <sub>k</sub>
25	115	700	4,0
50	190	1050	4,0
75	260	1420	4,0
100	320	1750	4,0
150	435	2250	4,0
200	550	2850	4,0
250	650	3250	4,0 (6,0)
400	930	4600	4,0 (6,0)
500	1100	5500	4,0 (6,0)
630	1300	6500	4,0 (6,0)
750	1430	7600	6,0
1000	1650	10500	6,0
1250	1900	13500	6,0
1600	2550	18100	6,0

Πίνακας 9-4: Τεχνικά στοιχεία μετασχηματιστών λαδιού ονομαστικής τάσης 20/0,4 kV

Προστασία των μετασχηματιστών

Προστασία Μ/Σ ισχύος από υπερφόρτιση

Οι απώλειες χαλκού και σιδήρου του Μ/Σ μετατρέπονται στο εσωτερικό του σε θερμότητα που έχει ως συνέπεια την αύξηση της θερμοκρασίας του λαδιού ( αν ο Μ/Σ είναι ελαιόψυκτος) ή της χυτορητίνης ( αν ο Μ/Σ είναι ξηρού τύπου) Για Μ/Σ λαδιού χρησιμοποιούνται θερμομέτρα λαδιού που παρακολουθούν τη θερμοκρασία του ανώτερου στρώματος λαδιού, που πρέπει να είναι μικρότερη των 100°C. Το θερμομέτρο είναι εφοδιασμένο με δύο ανοιχτές επαφές. Όταν η βελόνα ξεπεράσει το πρώτο όριο των 90° C τότε κλείνει η πρώτη επαφή και κτυπά ο συναγερμός του υποσταθμού. Σε αυτή την περίπτωση ο συντηρητής θα πρέπει να ελέγξει αν υπάρχει κάποιο πρόβλημα στο σύστημα ψύξης ή να απορρίψει άμεσα κάποια από τα φορτία του Μ/Σ.

Αν η θερμοκρασία του συνεχίζει να ανεβαίνει και ξεπεράσει τους 100°C απόξευξης του διακόπτη ισχύος αυτόματα δίνεται εντολή στην πλευρά χαμηλής τάσης του Μ/Σ. Αντίστοιχα στους Μ/Σ χυτορητίνης υπάρχουν τοποθετημένοι στα τυλίγματα χαμηλής τάσης θερμίστορες (συνήθως δύο σε κάθε φάση) Σε περίπτωση εσωτερικού σφάλματος στο Μ/Σ λαδιού, π.χ. βραχυκύκλωμα μεταξύ των σπειρών στα πηνία χαμηλής ή μέσης τάσης, εξαιτίας αστοχίας στη μόνωση, τοπικά η θερμοκρασία του λαδιού ανεβαίνει απότομα με συνέπεια:

- Την εξάτμιση και τη δημιουργία φυσαλίδων (αερίου) που οδεύουν προς τα πάνω
- Την έντονη ροή του λαδιού

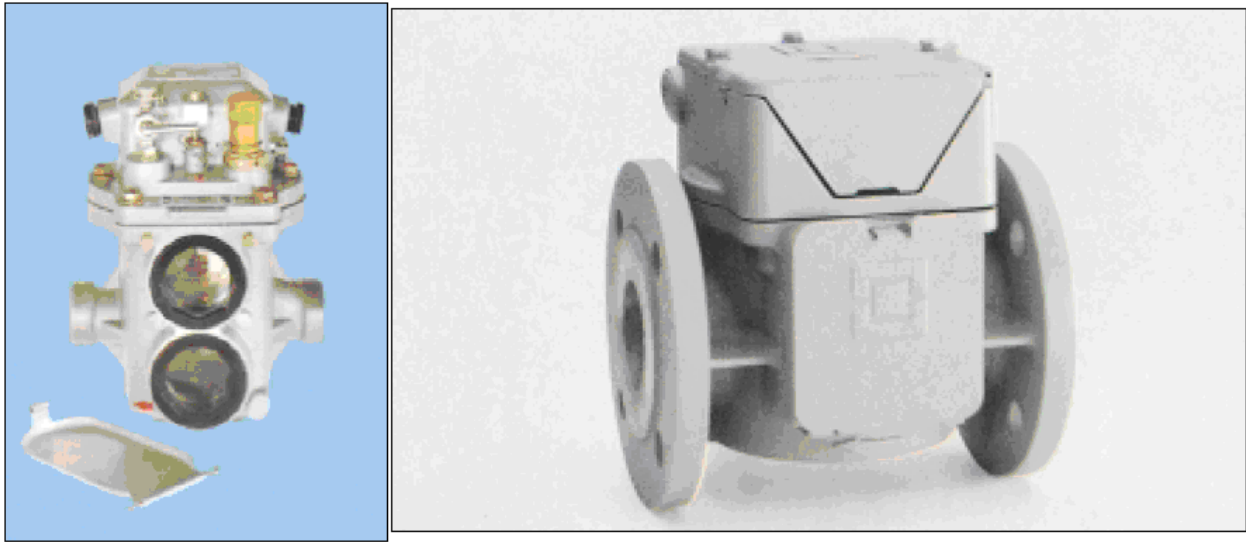
Ο ηλεκτρονόμος (H/N) Buchholz

Τοποθετείται στο σωλήνα που συνδέει το δοχείο του Μ/Σ με το δοχείο διαστολής. Για λόγους οικονομικούς τον συναντάμε συνήθως σε Μ/Σ μεγαλύτερους από 630 kVA. Ο H/N Buchholz περιέχει ξεχωριστές επαφές για σήμανση κινδύνου και απόξευξη. Ο H/N Buchholz δίνει εντολές (κλείνοντας τις αντίστοιχες επαφές ) όταν ανιχνεύσει :

**« ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗΣ ΥΔΑΤΙΝΩΝ ΠΟΡΩΝ ΕΠΑΡΧΙΑΚΗΣ ΠΟΛΕΩΣ »**

- Τη συγκέντρωση φυσαλίδων. Όταν ο όγκος του αερίου ξεπεράσει κάποιο όριο δίνει αρχικά εντολή σήμανσης κινδύνου και, αν ο όγκος εξακολουθεί να αυξάνει, εντολή απόζευξης.
- Την έντονη ροή του λαδιού στο σωλήνα που συνδέει το δοχείο διαστολής με το δοχείο του Μ/Σ. Δίνει αμέσως εντολή απόζευξης
- Την πτώση στάθμης του λαδιού (λόγω διαρροής). Όταν η στάθμη κατέβει κάτω από το επιτρεπτό όριο δίνει αρχικά σήμανση κινδύνου και αν η στάθμη εξακολουθεί να κατεβαίνει και πέσει κάτω από το όριο ασφαλείας τότε δίνει εντολή απόζευξης.

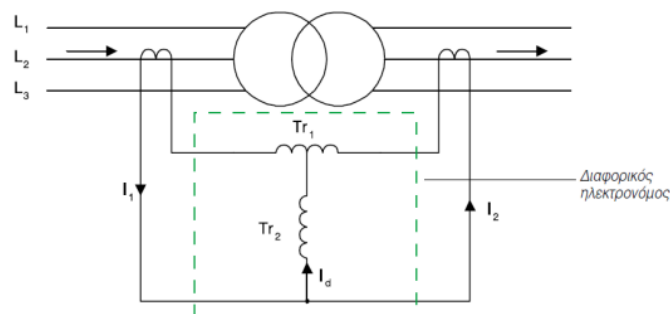
Η ανίχνευση δεν διορθώνει το σφάλμα, αλλά μας προειδοποιεί να σταματήσουμε άμεσα τον Μ/Σ, αλλιώς υπάρχει κίνδυνος μεγαλύτερης ζημιάς. Πρακτικά η απόζευξη με Η/Ν Buchholz σημαίνει ότι ο Μ/Σ πρέπει να σταματήσει την λειτουργία του, να επιθεωρηθεί και ενδεχομένως να επισκευαστεί.



Εικόνα 9-4: Η/Ν Buchholz

**Διαφορική προστασία Μ/Σ ισχύος**

Στη διαφορική προστασία γίνεται σύγκριση των ανηγμένων ρευμάτων, πρωτεύοντος και δευτερεύοντος. Για να γίνει αυτό χρειαζόμαστε από τρεις Μ/Σ έντασης για την μέση και για την χαμηλή τάση αντίστοιχα. Τα δευτερεύοντα των έξι Μ/Σ καταλήγουν στο διαφορικό Η/Ν, που ελέγχει ότι τα ανηγμένα εισερχόμενα ρεύματα είναι ίσα με τα εξερχόμενα ρεύματα. Αν η διαφορά των δύο ρευμάτων ξεπερνά ένα όριο, π.χ. 100mA, τότε ο Η/Ν δίνει εντολή απόζευξης στο διακόπτη ισχύος στην πλευρά μέσης τάσης. Η διαφορική προστασία έχει το πλεονέκτημα ότι περιορίζει τη ζημία στο ελάχιστο, σε σχέση με την προστασία του Η/Ν Buchholz. Επειδή όμως είναι μια σχετικά ακριβή προστασία τη συναντάμε σε πολύ μεγάλους Μ/Σ (πάνω από 1600 kVA)



Σχήμα 9-5: Αρχή λειτουργίας διαφορικής προστασίας Μ/Σ  
(για λόγους απλοποίησης έχουν σχεδιασθεί δύο από τους έξι Μ/Σ έντασης)



Προστασία σε βραχυκύκλωμα

Οι Μ/Σ αντέχουν χωρίς βλάβες ή άλλα μειονεκτήματα σε ρεύματα βραχυκυκλωμάτων για 2-3 δευτερόλεπτα ακόμα και όταν το βραχυκύκλωμα γίνεται στους ακροδέκτες του δευτερεύοντος όπου τα ρεύματα είναι 16-25 φορές μεγαλύτερα του ονομαστικού

Ισχύς	kVA	0-630	630-1250	1250-3150
Τάση βραχυκύκλωσης	%	4	5	6,25
Μέγιστος χρόνος βραχυκύκλωσης	sec	2	3	4
Ρεύμα βραχυκύκλωσης/ονομ. ρεύμα	-	25	20	16

Πίνακας 9-5: Μέγιστα επιτρεπόμενα ρεύματα βραχυκύκλωσης Μ/Σ για διάφορους χρόνους

Η προστασία γίνεται ή με ασφάλειες σκόνης ή με διακόπτες ισχύος στη ΜΤ. Στην περίπτωση παραλληλισμένων Μ/Σ σαν ισχύς λαμβάνεται το άθροισμα των ονομαστικών τους ισχύων. Οι ασφάλειες δεν προστατεύουν όμως το Μ/Σ σε συνεχή υπερφόρτιση γιατί η ελάχιστη ένταση στην οποία λιώνουν είναι 2-3 φορές η ονομαστική τους ένταση. Οι ασφάλειες προτιμώνται έναντι των διακοπών ισχύος, σαν μέσα προστασίας, γιατί περιορίζουν το ρεύμα βραχυκύκλωσης και είναι φθηνότερες. Δεν μπορούν όμως να χρησιμοποιηθούν ασφάλειες για απόζευξη από φορτίο, γι' αυτό πρέπει να συνδυάζονται με διακόπτες φορτίου. Οι ασφάλειες πρέπει να συνεργάζονται με τους ηλεκτρονόμους γης της ΔΕΗ. Για το λόγο αυτό το μέγεθος τους περιορίζεται στα 50-63Α για ισχύ Μ/Σ 630-1250kVA.

Χρησιμοποιούνται επίσης και διακόπτες ισχύος για προστασία. Είναι ακριβότερη λύση, αλλά μπορούν να συνδυαστούν και με άλλα μέσα προστασίας (H/N Buchholz) και μπορούν να συνεργαστούν πιο εύκολα με τους διακόπτες αναχώρησης της γραμμής ΜΤ. Οι ηλεκτρονόμοι σταθερού χρόνου μπορεί να ρυθμιστούν μέχρι το δεκαπλάσιο της ονομαστικής έντασης του Μ/Σ για χρόνους 0,6 sec. Τα στοιχεία στιγμιαίας λειτουργίας πρέπει να διεγείρονται σε εντάσεις μεγαλύτερες του δεκαπλάσιου του ονομαστικού ρεύματος του Μ/Σ. Αν αυτό δεν γίνεται πρέπει να βγουν εκτός τα στιγμιαία στοιχεία.

Οι διακόπτες κλείνουν ή ανοίγουν ένα ή περισσότερα κυκλώματα, αφού τους δοθεί μια εντολή λειτουργίας. Η εντολή αυτή μπορεί να προέρχεται από τον άνθρωπο ή να είναι ένα σήμα, μια τάση από ένα ΗΝ ή από ένα βοηθητικό μέσο ελέγχου. Οι διακόπτες διακρίνονται σε διακόπτες κυκλωμάτων ισχύος, όπως π.χ. οι μικροαυτόματοι και σε διακόπτες βοηθητικών κυκλωμάτων, οι οποίοι λέγονται και διακόπτες ελέγχου ή διακόπτες εντολών και φέρουν συνήθως μικρά ρεύματα τάξης μεγέθους 1-5Α.

Οι διακόπτες κυκλωμάτων ισχύος διακρίνονται, ανάλογα με την ισχύ ή το ρεύμα διακοπής στις εξής κατηγορίες:

- Αποζεύκτες, ανοίγουν και κλείνουν υπό αμελητέα ρεύματα και τάσεις.
- Διακόπτες φορτίου, οι οποίοι συνδέουν και αποσυνδέουν φορτία σε ομαλή λειτουργία, όχι όμως σε βραχυκυκλώματα.

Αυτό γίνεται μηχανικά ή ηλεκτρομαγνητικά με ρελαί

- Διακόπτες ισχύος, οι οποίοι κλείνουν ή ανοίγουν κυκλώματα σε συνθήκες σφαλμάτων, δηλαδή και σε βραχυκυκλώματα. Ονομάζονται και αυτόματοι και χρησιμοποιούνται για προστασία
- Διακόπτες εκκινητές κινητήρων, οι οποίοι είναι μια ειδική κατηγορία διακοπών φορτίου, κατάλληλη για τις βαριές συνθήκες εκκίνησης, σταματήματος και αλλαγής φοράς περιστροφής κινητήρων, όπου τα ρεύματα είναι πολλαπλάσια του κανονικού

Οι διακόπτες διακρίνονται, ανάλογα με τον μηχανισμό που κινεί τις επαφές τους σε μηχανικούς και ηλεκτρομηχανικούς (ρελαί).



Εικόνα 9-5: Πίνακες ΜΤ

### Ζεύξη

Όταν κλείνει ένα κύκλωμα (ζεύξη) τότε το ρεύμα που θα περάσει παροδικά, για χρόνους ms έως μερικά sec, το ρεύμα εκκίνησης ή ζεύξης, μπορεί να είναι πολλαπλάσιο του κανονικού. Τυπικά ρεύματα εκκίνησης είναι:

Φορτίο	Ρεύματα εκκίνησης/ον. ρεύμα
Ωμικό φορτίο	1
Λαμπτήρες πυράκτωσης	2-10
Λαμπτήρες φθορισμού	3-13
Κινητήρες (με αναστροφή)	5-7
ΜΙ	8-20
Πυκνωτές	10-20

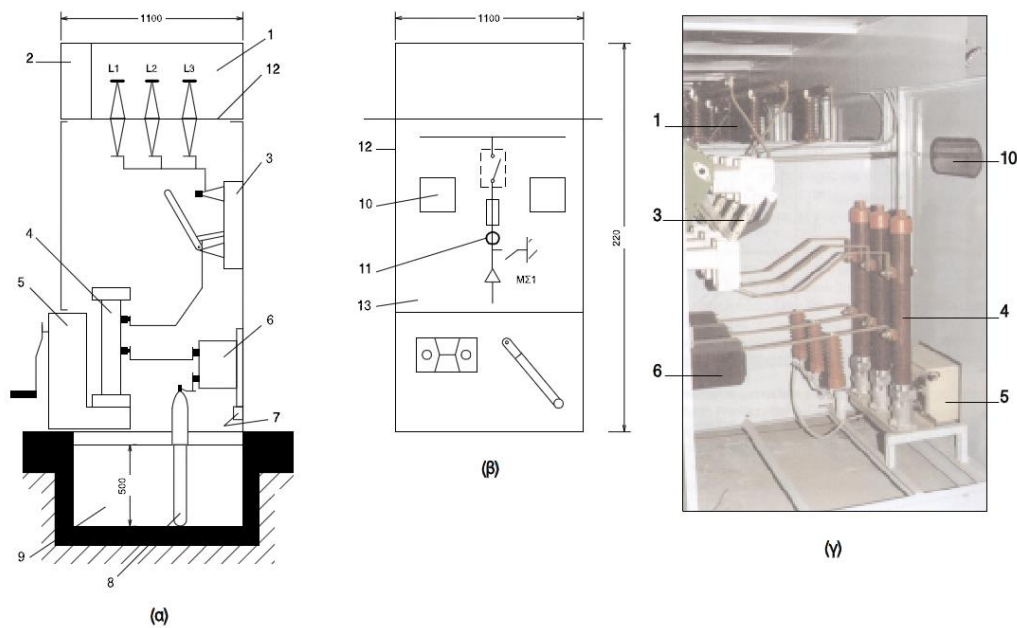
Πίνακας . Τυπικά ρεύματα εκκίνησης

Επιπροσθέτως, επειδή πριν το κλείσιμο των επαφών μηχανικών διακοπών προηγείται διάσπαση του διακένου μεταξύ των επαφών και ηλεκτρικό τόξο, η καταπόνηση και η φθορά των επαφών μπορεί να είναι σημαντική κατά την ζεύξη. Συνεπώς πρέπει να ελεγχθεί αν ο διακόπτης είναι κατάλληλος για τη ζεύξη του συγκεκριμένου φορτίου που έχει να αντιμετωπίσει, να συνδέσει.

### Απόζευξη

Σε ένα κύκλωμα αν ανοίξουμε τις επαφές ενός διακόπτη, το ρεύμα δεν θα μηδενισθεί ακαριαία διότι υπάρχουν, έστω και μικρές αυτεπαγωγές. Σε μια ακαριαία εξαφάνιση του ρεύματος αυτές θα οδηγούσαν σε υψηλή τάση και

διάσπαση του διακένου. Συνεπώς αναγκαία συνθήκη για την απόζευξη είναι η διακοπή του κυκλώματος να γίνεται όταν το ρεύμα μηδενισθεί. Δηλαδή από την στιγμή που αποχωρίζονται οι επαφές μέχρι και τον μηδενισμό του ρεύματος θα ρέει μεταξύ των επαφών το ρεύμα του κυκλώματος διαμέσου του ηλεκτρικού τόξου. Εφόσον μηδενισθεί το ρεύμα και διακοπεί το κύκλωμα, τότε στα άκρα των επαφών του διακόπτη θα εφαρμοσθεί μια τάση που εξαρτάται από το φορτίο (επιστρεφόμενη ή τάση αποκατάστασης). Προφανώς, τόσο η μεγάλη επιστρεφόμενη τάση όσο και η μεγάλη αγωγιμότητα του χώρου μπορούν να οδηγήσουν σε διάσπαση του διακένου μεταξύ των επαφών. Συνεπώς μια δεύτερη αναγκαία συνθήκη για την επιτυχή απόζευξη είναι η επιστρεφόμενη τάση που εφαρμόζεται στα άκρα των επαφών να μην προκαλεί διάσπαση.



Σχήμα 9-6: Διάταξη κυψέλης προστατευμένης με διακόπτη ισχύος  
α) τομή-πλάγια όψη, β) πρόσοψη, γ) φωτογραφία από το εσωτερικό κυψέλης

### Μέσα ζεύξης-απόζευξης ΧΤ

#### Μηχανικοί διακόπτες φορτίου

Οι διακόπτες φορτίου χρησιμοποιούνται για να διακόπτουμε χειροκίνητα την τροφοδοτικές γραμμές των εγκαταστάσεων. Η κατασκευή των διακοπών φορτίου πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο που να αποκλείουν τη δημιουργία βραχυκυκλωμάτων ή ενώσεων με τη γη, λόγω των σπινθήρων που δημιουργούνται κατά τη διακοπή και σε περίπτωση κακού χειρισμού να μην αποτελούν κίνδυνο για τα άτομα. Πρέπει να μπορούν να διακόπτουν ένα κύκλωμα με φορτίο, να διακόπτουν επαρκώς και με ασφάλεια ένα κύκλωμα όταν είναι σε θέση off και να έχουν εμφανή ένδειξη on-off. Ο γενικός ή ο μερικός διακόπτης είναι απαραίτητο να διακόπτει και τον ουδέτερο αγωγό, όταν αυτός δεν χρησιμοποιείται για προστασία.

Οι διακόπτες φορτίου ονομάζονται μονοπολικόι όταν συνδέουν ή αποσυνδέουν ένα αγωγό και πολυπολικόι (διπολικόι, τριπολικόι, τετραπολικόι) όταν συνδέουν ή αποσυνδέουν περισσότερους αγωγούς.

Υπάρχουν στις εξής μορφές:

- Μαχαιρωτοί διακόπτες, κυρίως σαν αποζεύκτες σε πολύ μεγάλες ισχύεις, σε συνδυασμό με ασφάλειες
- Διακόπτες δύο θέσεων με μοχλό, μικροδιακόπτες για ράγες
- Διακόπτες δύο ή περισσότερων θέσεων περιστροφικοί, τύπου PACCO ή εκκεντροφόροι. Οι περιστροφικοί διακόπτες έχουν ένα εκκεντροφόρο άξονα που ωθεί τις επαφές να ανοίξουν ή να κλείσουν. Για να συνδεθεί σωστά ον διακόπτης πρέπει να έχουμε το διάγραμμα των επαφών του ώστε

για κάθε θέση του διακόπτη να βλέπουμε ποιες είναι ανοιχτές και ποιες κλειστές. Χρησιμοποιούνται σαν γενικοί διακόπτες πινάκων, σαν εκκινητές, σαν αντιστροφείς ή και για αλλαγή ταχύτητας σε κινητήρες.

- Διακόπτες τύπου τυμπάνου

Τα χαρακτηριστικά στοιχεία των διακοπών φορτίου είναι:

- Ονομαστική τάση λειτουργίας σε V
- Ονομαστική συχνότητα λειτουργίας σε Hz
- Μέγιστο θερμικό ρεύμα, στο οποίο αντέχουν οι επαφές του διακόπτη, όταν είναι κλειστές
- Μέγιστο ρεύμα λειτουργίας, για ορισμένη διάρκεια ζωής και ορισμένη κατηγορία χρήσης (είδος φορτίου)
- Μηχανική διάρκεια ζωής (αριθμός κύκλων λειτουργίας)
- Ηλεκτρική διάρκεια ζωής (αριθμός κύκλων λειτουργίας)
- Μέγιστο ρεύμα αντοχής σε βραχυκυκλώματα
- Αριθμός πόλων

Ρελέ ισχύος

Τα ρελέ λέγονται και ηλεκτρονόμοι. Είναι διακόπτες που ανοιγοκλείνουν επαφές με τη βοήθεια ενός πηνίου με οπλισμό (ηλεκτρομαγνήτη). Το άνοιγμα και το κλείσιμο του ρελέ μπορεί να γίνει χειροκίνητα (stop-start) ή να γίνει αυτόματα με τη βοήθεια ειδικών εξαρτημάτων και βοηθητικών συσκευών (χρονοδιακόπτες, πρεσοστάτες, θερμοστάτες κλπ). Τα κύρια μέρη ενός ρελέ είναι :

- Το μαγνητικό κύκλωμα από δυναμοελάσματα
- Το πηνίο (EP ή ΣΡ)
- Το μηχανισμό τους
- Τις επαφές ισχύος 3 ή 4 ζεύγων
- Το θάλαμο ζευξης τόξου για ρελέ μεγάλης ισχύος
- Τις βοηθητικές επαφές

Το πηνίο είναι κατά προτίμηση είναι ΣΡ διότι τα πηνία EP κάνουν θόρυβο. Τα ρελέ χρησιμοποιούνται:

- Για έλεγχο μηχανημάτων από απόσταση
- Για προγραμματισμό μηχανημάτων
- Για εκκίνηση και έλεγχο λειτουργίας κινητήρων
- Για έλεγχο λειτουργίας δικτύων διανομής
- Για έλεγχο λειτουργίας αντιστάσεων, πυκνωτών, πηνίων κλπ.

Τα ρελαί ισχύος γενικά χρησιμοποιούνται σαν διακόπτες φορτίου, έτσι ώστε να αντέχουν μηχανικά και ηλεκτρικά σε πολλούς κύκλους λειτουργίας. Συνήθως δεν κατασκευάζονται ρελαί για να διακόπτουν ή να αντέχουν σε βραχυκυκλώματα. Σε αυτές τις περιπτώσεις πρέπει να προστατεύονται σε βραχυκυκλώματα με ασφάλειες ή με διακόπτες ισχύος, αλλιώς λιώνουν ή συγκολλούνται οι επαφές. Τα ρελαί, ανάλογα με το μέγεθος τους, διακρίνονται σε ρελαί ισχύος και σε βοηθητικά ρελαί και ανάλογα με το ρεύμα του κυκλώματος ισχύος διακρίνονται σε ρελαί συνεχούς ή εναλλασσόμενου ρεύματος. Επίσης, ανάλογα με τα φορτία που χρησιμοποιούνται, γίνεται συχνά η διάκριση σε ρελαί κινητήρων, αντιστάσεων, μετασχηματιστών συγκόλλησης, πυκνωτών και γενικά φορτίων. Ανάλογα με την χρήση τους και τις καταπονήσεις που υφίστανται, χωρίζουμε τα ρελαί σε κατηγορίες.

- Τα χαρακτηριστικά των ρελαί είναι τα εξής:
- Ονομαστική ισχύς σε kW
- Ονομαστική τάση λειτουργίας
- Ονομαστικό ρεύμα λειτουργίας για κατηγορία AC-3
- Ονομαστικό ρεύμα λειτουργίας για κατηγορία AC-1
- Ονομαστικό ρεύμα λειτουργίας για κατηγορία AC-4
- Τάση λειτουργίας κυκλώματος ελέγχου (τάση τροφοδοσίας του πηνίου του ρελαί)
- Αριθμός βοηθητικών επαφών (κλειστές-ανοιχτές)
- Διάρκεια ζωής επαφών ρελαί (αριθμός ανοίγματος - κλεισίματος του ρελαί)

Βοηθητικά ρελαί



Εκτός από τα ρελαί ισχύος έχουμε και τα βοηθητικά ρελαί τα οποία κατασκευάζονται συνήθως για ισχύ μικρότερη του 1KW. Στα ρελαί αυτά έχουμε τις επαφές τροφοδοσίας του πηνίου (AC ή DC) με συμβολισμό A1-A2 και τις βοηθητικές επαφές (ανοιχτές ή κλειστές ή επαφές με χρονική καθυστέρηση). Τα βοηθητικά ρελαί χρησιμοποιούνται στα κυκλώματα ελέγχου των εγκαταστάσεων, των συσκευών και των μηχανημάτων. Στην πράξη οι κατασκευαστές δίνουν διάφορες κατηγορίες βοηθητικών ρελαί με βάση την τάση λειτουργίας του πηνίου και την ένταση του ρεύματος που επιτρέπεται να περάσει από τις βοηθητικές επαφές.

- Οι διατάξεις προστασίας έναντι υπερεντάσεων, δηλαδή ρευμάτων υπερφόρτισης και ρευμάτων βραχυκύκλωσης πρέπει:
- Να επιτρέπουν την ροή των παροδικών υπερεντάσεων κατά την κανονική λειτουργία
- Να διακόπτουν την τροφοδότηση πριν η θερμοκρασία του στοιχείου που προστατεύουν υπερβεί την μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή
- Να διακόπτουν στο μικρότερο δυνατό χρόνο τα ρεύματα βραχυκύκλωσης
- Να εξασφαλίζουν την διακοπή μόνο του τμήματος του κυκλώματος στο οποίο παρουσιάζεται η υπερένταση

Υπάρχουν τα εξής μέσα προστασίας:

- Ασφάλειες τήξης
- Αυτόματοι διακόπτες (μικροαυτόματοι γραμμών, αυτόματοι προστασίας συσκευών, διακόπτες ισχύος, αυτόματοι κινητήρων, διακόπτες διαφορικού ρεύματος)

#### Ασφάλειες τήξης

Στις ασφάλειες τήξης η διακοπή ενός κυκλώματος προκαλείται από την τήξη ενός χάλκινου ή αργυρού σύρματος ή ταινίας μέσα σε σκόνη χαλαζία. Σε αντίθεση με τους μηχανικούς διακόπτες οι ασφάλειες εισάγουν μετά την τήξη τους μια μεγάλη ωμική αντίσταση στο κύκλωμα, η οποία προκαλεί μείωση του ρεύματος βραχυκύκλωσης. Για χαμηλά ρεύματα (<20A) μπορεί να χρησιμοποιούνται χάλκινα σύρματα. Για υψηλότερα ρεύματα έχουμε και αγωγού (τηκτά) από άργυρο. Αυτό γίνεται για να μειωθούν οι απώλειες ισχύος στην αντίσταση του τηκτού. Οι ασφάλειες τήξης εκλέγονται σύμφωνα με τα εξής στοιχεία:

- Ονομαστική τάση π.χ. 230/400V
- Ονομαστική ισχύς διακοπής ή ρεύμα διακοπής (αυτό προσδιορίζει κυρίως τον τύπο της ασφάλειας)

Χαρακτηριστικές χρόνου-ρεύματος. Μαζί με την χαρακτηριστική μπορεί να δίνονται και το 'μικρό' και το 'μεγάλο' ρεύμα δοκιμής. Το μικρό ρεύμα δεν λιώνει την ασφάλεια σε ορισμένο χρόνο, που είναι συνήθως μια ώρα και το μεγάλο ρεύμα λιώνει την ασφάλεια μέσα σε ορισμένο χρόνο συνήθως μιας ώρας

Υπάρχουν οι εξής τύποι ασφαλειών:

Ασφάλειες D (οι μεγάλες βιδωτές).

Λέγονται και Diazed-ασφάλειες. Στις ασφάλειες αυτές ο αγωγός προς τήξη είναι σύρμα ή ταινία με σταθερή συνήθως διατομή. Κατασκευάζονται από 2-125A και μπορούν να διακόψουν ρεύματα μέχρι 50A. Οι χαρακτηριστικές ρεύματος-χρόνου διαφέρουν σε κάθε κατασκευαστή, οι οποίες όμως βρίσκονται σε προκαθορισμένες, βάσει κανονισμών, περιοχές. Παλαιότερα υπήρχε η διάκριση σε ασφάλειες βραδείας και ταχείας τήξης, αλλά πλέον οι κανονισμοί επιβάλλουν την τήρηση του μικρού και μεγάλου ρεύματος δοκιμής και ανοχής της χαρακτηριστικής. Ωστόσο για περιπτώσεις όπου επιζητούμε βραδεία τήξη μπορεί κανείς να χρησιμοποιήσει ασφάλειες τύπου aM. Ασφάλειες DO (οι μικρές βιδωτές). Λέγονται και Neozed-ασφάλειες. Τα χαρακτηριστικά αυτών των ασφαλειών δεν διαφέρουν ουσιαστικά από αυτά των ασφαλειών D. Οι διάμετροι, το μήκος και το ρεύμα απόζευξης των DO είναι μικρότερα από αυτά των D. Και εδώ πλέον δεν υπάρχει ο διαχωρισμός σε ασφάλειες βραδείας και ταχείας τήξης.

Ασφάλειες NH ή HRC-Fuses ή HBC-Fuses(είναι οι μαχαιρωτές).

Οι ασφάλειες αυτές χρησιμοποιούνται για μεγάλα ρεύματα βραχυκύκλωσης π.χ. 80kA Τα τηκτά τους είναι ταινίες με στενές περιοχές και μια μαλακή συγκόλληση στο μέσον, τα οποία βρίσκονται σε σκόνη χαλαζία. Μετά την τήξη σε βραχυκύκλωμα σχηματίζονται πολλά τόξα σε σειρά. Σε υπερφορτίσεις με ρεύματα λίγο μεγαλύτερα από το μεγάλο ρεύμα δοκιμής, οι ασφάλειες NH λιώνουν στο μέσον, στη θέση της συγκόλλησης. Η κατασκευή αυτή μειώνει την αντίσταση στην κανονική λειτουργία και αυξάνει την ικανότητα διακοπής ρεύματος. Επίσης οι ασφάλειες NH δημιουργούν μεγάλη αντίσταση στο κύκλωμα μετά την τήξη τους περιορίζοντας έτσι σημαντικά το ρεύμα βραχυκύκλωσης. Όπως και στους προηγούμενους τύπους ασφαλειών,



δεν υπάρχουν ασφάλειες NH βραδείας ή ταχείας τήξης. Οι χαρακτηριστικές ρεύματος χρόνου είναι ενιαίες και δίνονται για τον συνηθισμένο τύπο κατηγορίας gL. Υπάρχουν 7 μεγέθη διαφορετικών διαστάσεων.

Ασφάλειες G (είναι οι μικροασφάλειες σε κυλινδρικό γυάλινο σωλήνα) για συσκευές.

Οι ασφάλειες αυτές είναι κυλινδρικές, διαμέτρου 5mm και μήκους 20 ή 25 ή 30mm. Το τηκτό βρίσκεται μέσα σε γυάλινο κενό σωλήνα με δύο ακροδέκτες. Μπορεί να υπάρχει και σκόνη χαλαζία στο σωλήνα.

Χρησιμοποιούνται για την προστασία συσκευών μικρής ισχύος. Οι χαρακτηριστικές ρεύματος-χρόνου χωρίζονται σε 5 κατηγορίες:

- FF πολύ ταχείας τήξης, σπάνια χρήση
- F ταχείας τήξης
- M μεσαίας τήξης
- T βραδείας τήξης
- TT πολύ βραδείας τήξης, σπάνια χρήση

Η ικανότητα απόξευξης των μικροασφαλειών χωρίζεται σε 5 κατηγορίες. Ο συμβολισμός τους περιέχει την κατηγορία των χαρακτηριστικών ρεύματος-α, το ρεύμα σε A την τάση σε V και την κατηγορία απόξευξης π.χ. χρόνου F0,25/250C = ταχεία τήξη 0,25A, 250 V, κατηγορία C (ρεύμα απόξευξης 80A).

Οι διαφορές στις ασφάλειες παρουσιάζονται κυρίως στο μέγεθός τους και στην ισχύ απόξευξής τους. Οι ασφάλειες D, DO και NH χρησιμοποιούν σκόνη χαλαζία για τη σβέση του τόξου.

Οι ασφάλειες στην προστασία γραμμών πρέπει να προστατεύουν τόσο σε υπερφόρτιση όσο και σε βραχυκυκλώματα. Η προστασία στους κινητήρες πρέπει να λειτουργεί κυρίως σε υψηλά ρεύματα.

Κατασκευάζονται ασφάλειες για διάφορες κατηγορίες χρήσης που χαρακτηρίζονται από δύο γράμματα. Το πρώτο είναι g ή a.

- g: πλήρης προστασία σε όλη την περιοχή των ρευμάτων
- a: μερική προστασία, μόνο των υψηλών ρευμάτων, οι οποίες είναι χρήσιμες σε κινητήρες λόγω των υψηλών ρευμάτων εκκίνησης.

Το δεύτερο γράμμα χαρακτηρίζει το υπό προστασία στοιχείο και μπορεί να είναι ένα από τα εξής γράμματα:

- G : γενική χρήση
- L : γραμμές, καλώδια
- M : θερμικά (π.χ. για κινητήρες)
- R : ημιαγωγοί
- B : εγκαταστάσεις ορυχείων
- Tg : μετασχηματιστές

Ασφαλειοαποξεύκτες

Οι μαχαιρωτές ασφάλειες, τύπου NH, συνδυάζονται σε τριφασικά συστήματα και με μαχαιρωτούς αποξεύκτες, οπότε έχουμε τους λεγόμενους ασφαλειοαποξεύκτες. Έχουν διπλή λειτουργία σε πίνακες διανομής.

Χρησιμοποιούνται σαν ασφάλειες και σαν γενικοί διακόπτες στους πίνακες διανομής, γι' αυτό εφαρμόζονται συχνά σε εγκαταστάσεις ισχύος. Γενικά οι ασφαλειοαποξεύκτες μπορούν να κλείνουν ή να ανοίγουν χειροκίνητα υπό φορτίο. Η κίνηση αυτή πρέπει να γίνεται όσο το δυνατόν πιο γρήγορα για να μην διαρκεί πολύ χρόνο το ηλεκτρικό τόξο και επιβαρύνει τις επαφές. Σε εγκαταστάσεις κίνησης, στις οποίες δεν πρέπει να λείπει μια φάση, χρησιμοποιείται ασφαλειοαποξεύκτης παράλληλα με ένα αυτόματο υπερρεύματος. Όταν καούν μία ή περισσότερες ασφάλειες τότε το ρεύμα περνά από τον αυτόματο που δίνει στην συνέχεια εντολή πτώσης στο ρελαί του κινητήρα και παράλληλα σήμανση.

Αυτόματοι διακόπτες ισχύος

Οι διακόπτες ισχύος που ονομάζονται και αυτόματοι, χρησιμοποιούνται για την προστασία σε υπερρεύματα ή και σαν γενικό μέσο ζεύξης, όχι όμως για ζεύξεις και αποξεύξεις φορτίου. Γι' αυτό κατασκευάζονται για λίγους κύκλους λειτουργίας. Οι διακόπτες ισχύος είναι σε θέση να διακόψουν ή να ζεύξουν ένα κύκλωμα σε συνθήκες ομαλής ή ανώμαλης λειτουργίας, δηλαδή και σε βραχυκυκλώματα. Εκτός των επαφών και του θαλάμου σβέσης μπορούν να φέρουν θερμικό και ηλεκτρομαγνητικό στοιχείο, στοιχείο έλλειψης τάσης, βοηθητικές επαφές σήμανσης και μανδάλωσης, καθώς και στοιχεία καθυστέρησης της πτώσης. Οι διακόπτες ισχύος κατασκευάζονται από 20 A έως 5000A. Οι επαφές ισχύος απομακρύνονται με τη βοήθεια ελατηρίου που πρέπει

να οπλιστεί μετά την πτώση του διακόπτη. Ο οπλισμός γίνεται χειροκίνητα με κουμπί, μοχλό ή με κινητήρα, οπότε ο οπλισμός μπορεί να γίνει από μακρυνά (τηλεχειριζόμενος).

- Τα χαρακτηριστικά των διακοπών ισχύος είναι:
- Η τάση
- Το ονομαστικό συνεχώς επιτρεπόμενο ρεύμα
- Το θερμικό ρεύμα του 1sec, δηλαδή η αντοχή των επαφών για 1 sec
- Το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα απόξευξης, το μέγιστο ρεύμα δηλαδή που μπορεί να αποξεύξει ο διακόπτης ισχύος
- Περιοχή ρύθμισης θερμικού στοιχείου
- Περιοχή ρύθμισης στιγμιαίου (ηλεκτρομαγνητικού ) στοιχείου, αν υπάρχει
- Ρελαί έλλειψης τάσης και ρύθμισής του, αν υπάρχει
- Ρελαί υπέρτασης και ρύθμισής του, αν υπάρχει
- Μηχανισμός οπλισμού με κινητήρα, αν υπάρχει
- Βοηθητικές επαφές για σήμανση, μανδάλωση κλπ

Σύστημα ψύξης επαφών με ανεμιστήρα σε μεγάλους διακόπτες

Διακόπτες μεγάλης ισχύος μπορεί να απαιτούν βοηθητικές τάσεις που πρέπει να προέρχονται από δίκτυο αδιάλειπτης τάσης

Οι διακόπτες ισχύος μπορούν να χρησιμοποιηθούν:

- Σαν διακόπτες ισχύος για προστασία διανομών
- Με σταθερά θερμικά και μαγνητικά στοιχεία
- Με σταθερά θερμικά και ρυθμιζόμενα μαγνητικά στοιχεία
- Με ρυθμιζόμενα θερμικά και μαγνητικά στοιχεία

Σαν διακόπτες ισχύος για προστασία κινητήρων

- Χωρίς ρύθμιση της κατηγορίας απόξευξης, χωρίς ευαισθησία φάσης, με σταθερά μαγνητικά στοιχεία
- Με ρύθμιση της κατηγορίας απόξευξης, με ευαισθησία έλλειψης φάσης, με σταθερά μαγνητικά στοιχεία
- Σαν διακόπτες ισχύος για εκκινητές με ρυθμιζόμενα μαγνητικά στοιχεία, χωρίς θερμικά στοιχεία
- Σαν αποξεύκτες ισχύος, με σταθερά μαγνητικά στοιχεία, χωρίς θερμικά στοιχεία, εφόσον το ρεύμα υπερβεί μια καθορισμένη τιμή. Σκοπό έχουν την προστασία

Οι διακόπτες ισχύος προορίζονται και για προστασία αγωγών, καλωδίων, μπαταριών, κινητήρων καθώς και άλλων τμημάτων μιας εγκατάστασης από υπερφόρτιση και βραχυκύκλωμα. Έτσι είναι κατάλληλοι για χρήση σαν:

- Διακόπτες εισόδου διανομής σε πίνακες
- Γενικοί διακόπτες όταν συνδυαστούν με περιστροφικό χειριστήριο πόρτας
- Διακόπτες προστασίας σε διανομή καταναλωτών
- Διακόπτες ανάγκης όταν ο διακόπτης είναι εφοδιασμένος με πηνίο έλλειψης τάσης και σε συνδυασμό με αντίστοιχο εφεδρικό κύκλωμα

Αν οι αυτόματοι διακόπτες ισχύος για προστασία γραμμών και κινητήρων έχουν την απαιτούμενη, για την θέση την οποία βρίσκονται, ισχύ διακοπής δεν είναι απαραίτητη η τοποθέτηση ασφαλειών τήξης στη γραμμή. Αν όμως το αναμενόμενο ρεύμα βραχυκυκλώματος είναι μεγαλύτερο από το ρεύμα βραχυκύκλωσης που μπορεί να διακόψει το ηλεκτρομαγνητικό στοιχείο του αυτόματου τότε θα πρέπει να τοποθετηθούν πριν από αυτόν ασφάλειες τήξης οι οποίες θα λειτουργούν πριν τον αυτόματο. Διακόπτες ισχύος προτιμώνται των ασφαλειών όταν δεν μπορεί να γίνει επιλεκτική η συνεργασία με τα άλλα μέσα προστασίας. Συνήθως αυτό εμφανίζεται σε ρεύματα άνω των 400 Α.

Αυτόματοι διακόπτες προστασίας έναντι υπερρεύματος

Είναι διακόπτες ισχύος που ανοίγουν αυτόματα σε ένα καθορισμένο χρόνο του εξοπλισμού από υπερβολική θερμοκρασία σε υπερφορτίσεις και από την μηχανική και θερμική καταπόνηση που προκαλούν τα βραχυκύκλωμα. Αποτελούνται κυρίως από δύο ή τρία μέρη:

- Το μέρος του διακόπτη ισχύος, δηλαδή τις επαφές με θάλαμο σβέσης

- Το θερμικό στοιχείο ή τον H/N που δίνει εντολή στον διακόπτη ισχύος να ανοίξει, παρέχοντας προστασία μιας γραμμής ή μιας συσκευής από παρατεταμένη υπερφόρτιση
- Ενδεχομένως το ηλεκτρομαγνητικό στοιχείο που δίνει εντολή στο διακόπτη ισχύος να ανοίξει σχεδόν ακαριαία (10-100ms) όταν το ρεύμα υπερβεί μια τιμή. Αυτό λέγεται και στιγμιαίο στοιχείο.

Συχνά οι αυτόματοι συνοδεύονται και από ρελαί υπότασης ή υπέρτασης που δίνουν εντολή πτώσης αν η τάση πέσει π.χ. στο 90% ή ανέβει στο 110%. Αυτά χρησιμοποιούνται σε αυτόματους προστασίας κινητήρων.

Ανάλογα με το τι προστατεύουν οι αυτόματοι διακρίνονται σε αυτόματους γραμμών, συσκευών, κινητήρων και διακόπτες ισχύος για εγκαταστάσεις διανομής.

**Μικροαυτόματοι διακόπτες προστασίας κινητήρων**

Οι μικροαυτόματοι διακόπτες προστασίας κινητήρων έχουν χειρισμό δύο μπουτόν (stop-start) και μπορούν να έχουν θερμική και μαγνητική προστασία ή μόνο μαγνητική προστασία με περιστροφικό ή ON-OFF

χειριστήριο. Κατασκευάζονται για κινητήρες με ονομαστικό ρεύμα μέχρι 25 Α. Χαρακτηριστικά στοιχεία είναι:

- Η ονομαστική τάση λειτουργίας
- Η ονομαστική ισχύς
- Η κατηγορία λειτουργίας
- Η ρύθμιση θερμικής προστασίας
- Η ρύθμιση μαγνητικής προστασίας.

**Μικροαυτόματοι προστασίας γραμμών**

Οι μικροαυτόματοι χρησιμοποιούνται στην αναχώρηση γραμμών για την προστασία τους αφού προσφέρουν: θερμική προστασία (θερμικό στοιχείο). Σε περίπτωση υπερφόρτισης θερμαίνεται ένα διμεταλλικό στοιχείο, κάμπτεται και διακόπτεται το κύκλωμα Μαγνητική προστασία (μαγνητικό στοιχείο). Σε περίπτωση βραχυκυκλώματος, ο ηλεκτρομαγνήτης προκαλεί την έλξη του οπλισμού και το άνοιγμα των επαφών του αυτόματου Οι μικροαυτόματοι έχουν τυποποιηθεί σύμφωνα με τους κανονισμούς. Τα τυποποιημένα ρεύματα τους είναι 4-63Α κατασκευάζονται σε μονοπολική ή τριφασική μορφή για 230/400V και διακόπτουν τα ίδια ρεύματα για τάσεις 60-10V DC. Ο χειρισμός τους μπορεί να γίνει χειροκίνητα (κλείσιμο-άνοιγμα), το άνοιγμά τους όμως γίνεται και αυτόματα μέσω εντολής από το θερμικό ή το ηλεκτρομαγνητικό τους στοιχείο. Τα βασικά μέρη μιας αυτόματης ασφάλειας είναι:

- Η κινητή επαφή
- Η σταθερή επαφή
- Το ελατήριο
- Το θερμικό στοιχείο
- Το ηλεκτρομαγνητικό στοιχείο
- Ο θάλαμος σβέσης τόξου
- Τα χαρακτηριστικά τους στοιχεία είναι:
- Η τάση
- Το ονομαστικό ρεύμα I N
- Το μικρό και μεγάλο ρεύμα δοκιμής, αυτά αφορούν κυρίως το θερμικό στοιχείο
- Η ικανότητα διακοπής σε σφάλμα. Χωρίζονται σε τρεις ομάδες I,II,III με αντίστοιχες ικανότητες διακοπής 3,6 – 10 A
- Η κλάση περιορισμού ροής του ρεύματος. Οι κλάσεις είναι 1,2, 3
- Οι χαρακτηριστικές ρεύματος-χρόνου

Οι μικροαυτόματοι έχουν περιορισμένη ικανότητα διακοπής ρευμάτων βραχυκύκλωσης. Αν το ρεύμα βραχυκύκλωσης υπερβαίνει την ικανότητα διακοπής του μικροαυτόματου πρέπει να προταχθεί μια ασφάλεια που μπορεί να είναι από 2 - 4 βαθμίδες μεγαλύτερη. Η σχέση ρεύματος πτώσης σκανδαλισμού και χρόνου λέγεται χαρακτηριστική. Οι χαρακτηριστικές ονομάζονται A, B, C, D και διαφέρουν στο ηλεκτρομαγνητικό τους στοιχείο. Ειδικότερα η χαρακτηριστική A έχει προβλεφθεί για γραμμές που τροφοδοτούν ημιαγωγούς όπου το ρεύμα που προκαλεί την πτώση είναι τριπλάσιο. Αντί της A μπορεί να χρησιμοποιηθεί η Z. Η χαρακτηριστική B αφορά κυκλώματα κατοικιών, γραφείων όπου δεν τροφοδοτούνται κινητήρες π.χ. κλιματιστικά. Η C έχει προβλεφθεί για κυκλώματα συσκευών με υψηλά ρεύματα εκκίνησης όπως κινητήρες, φωτιστικά ισχύος. Η D για κυκλώματα συσκευών με πολύ υψηλά κρουστικά ρεύματα όπως Μ/Σ ισχύος, πηνία, πυκνωτές. Αντί της D μπορεί να χρησιμοποιηθεί η K.

### Θερμικά ρελαί προστασίας κινητήρων

Τα θερμικά είναι μηχανισμοί που χρησιμοποιούνται για την προστασία των κινητήρων από υπερφορτίσεις και όχι από βραχυκυκλώματα για τα οποία πρέπει να υπάρχουν ασφάλειες ή αυτόματοι διακόπτες ισχύος. Τα θερμικά συνδέονται με τα ρελαί ισχύος των κινητήρων και ελέγχουν την λειτουργία τους. Ο απλό τύπος θερμικού αποτελείται από τρεις επαφές εισόδου, τρία διμεταλλικά ελάσματα, τρεις επαφές εξόδου και τις επαφές ελέγχου 95-96 κλειστή και 95-98 ανοιχτή ή 95-96 κλειστή και 97-98 ανοιχτή. Στο θερμικό επίσης υπάρχουν ο μηχανισμός για την περιοχή ρύθμισης του θερμικού και τα κουμπιά stop, reset. Χαρακτηριστικά στοιχεία των θερμικών ρελαί είναι η κλάση με βάση το χρόνο διακοπής και η περιοχή ρύθμισης του θερμικού. Η επιλογή γίνεται με βάση:

- Την κλάση προστασίας
- Το χρόνο διακοπής
- Την περιοχή ρύθμισης
- Την τάση του κυκλώματος ελέγχου
- Την τάση του κυκλώματος ισχύος
- Την προστασία του από βραχυκυκλώματα
- Το ρελαί ισχύος με το οποίο μπορεί να συνδεθεί
- Τη θερμοκρασία περιβάλλοντος
- Το θερμικό ρεύμα της κλειστής επαφής του βοηθητικού κυκλώματος (μέγιστο διαρκώς επιτρεπόμενο ρεύμα μέσα από την κλειστή επαφή 95-96)
- Τη δυνατότητα για χειροκίνητο ή αυτόματο reset ή και τα δύο.

### Διακόπτες διαφορικού ρεύματος (ΔΔΡ)

Οι διακόπτες αυτοί χρησιμοποιούνται για την προστασία κατά της ηλεκτροπληξίας ή και κατά της πυρκαγιάς. Κατασκευάζονται για ΔΔΡ χωρίς στοιχείο προστασίας υπερρεύματος και για ΔΔΡ με επιπλέον στοιχείο προστασίας υπερρεύματος. Δηλαδή υπάρχουν ΔΔΡ συνδυασμένοι με μικροαυτόματο διακόπτη ισχύος. Ο ΔΔΡ λειτουργεί ως εξής: Παρακολουθεί το ρεύμα διαρροής ως προς γη και αν αυτό υπερβεί μια τιμή, συνήθως 30mA τότε αποξεύει το κύκλωμα σε όλους τους πόλους (φάσεις και ουδέτερο) σε 0,2 sec περίπου. Ο ΔΔΡ έχει ως βασικό του στοιχείο έναν αθροιστικό Μ/Σ ρεύματος τύπου δακτυλίου. Στο πρωτεύον περνούν τα ρεύματα φάσεων και του ουδετέρου και στο δευτερεύον περνά ένα ρεύμα ανάλογο του αλγεβρικού αθροίσματος των τεσσάρων ρευμάτων, εφόσον έχουμε σύστημα εναλλασσόμενου ρεύματος. Αν δεν υπάρχει διαρροή ρεύματος τότε το άθροισμα των ρευμάτων είναι μηδέν γιατί το ρεύμα των τριών φάσεων επιστρέφει μέσω του ουδετέρου. Το δευτερεύον του Μ/Σ έντασης δεν έχει ρεύμα  $I + I + I - I = 0$ . Αν υπάρχει σφάλμα ως προς γη το άθροισμα των ρευμάτων των φάσεων και του ουδετέρου είναι ίσο με το ρεύμα σφάλματος. Η λειτουργία του ΔΔΡ γίνεται με μόνιμο μαγνήτη. Το ζύγωμα έλκεται και κρατά τις επαφές κλειστές όταν δεν υπάρχει διαφορικό ρεύμα. Για διαφορικό ρεύμα διάφορο του μηδενός δεν υπάρχει μαγνητική ροή μέσα από το μαγνήτη. Με την γήρανση του μαγνήτη το διαφορικό ρεύμα που ακυρώνει την μαγνητική ροή γίνεται μικρότερο του ονομαστικού (30 mA). Δηλαδή με την πάροδο του χρόνου βρισκόμαστε στην πιο ασφαλή πλευρά.

Υπάρχουν περιπτώσεις όπου το διαφορικό ρεύμα έχει ισχυρή DC συνιστώσα ή λόγω ύπαρξης φορτίων με ηλεκτρονικά ισχύος υπάρχουν AC και ωστικά ρεύματα. Τότε ένας συνηθισμένος ΔΔΡ θα ανοίξει αργότερα από τα 30 mA. Στις περιπτώσεις αυτές χρησιμοποιείται ο παντός ρεύματος ΔΔΡ (universal RCD).

Ο ΔΔΡ επιτρέπεται να εφαρμόζεται σε δίκτυο TT (άμεσης γείωσης) σαν κύριο μέσο προστασίας διότι έτσι επιτυγχάνεται η προστασία ακόμα και σε μεγάλες αντιστάσεις γείωσης. Εφαρμόζεται επίσης και στο δίκτυο TN-S (ουδετερογειωμένο δίκτυο) ή στον κεντρικό πίνακα ή και στους επιμέρους πίνακες. Ο ΔΔΡ συνδέεται μετά τον γενικό διακόπτη του κεντρικού πίνακα διανομής προστατεύοντας έτσι όλη την εγκατάσταση. Οι ΔΔΡ με ονομαστικό διαφορικό ρεύμα  $I = 30 \text{ mA}$  προσφέρουν προστασία στην περίπτωση που γίνεται άμεση επαφή ανθρώπου με γυμνό αγωγό, π.χ. χέρι στη φάση και πόδια στην γη. Δεν προσφέρουν όμως πάντα προστασία στην περίπτωση που ο άνθρωπος θα βραχυκυκλώσει με τα χέρια του φάση και ουδέτερο γιατί το κύριο μέρος του ρεύματος σφάλματος περνά από το σώμα και όχι απ τον ΔΔΡ. Σε αντίθεση με άλλα μέσα προστασίας, π.χ. διακόπτες διαφυγής τάσης ΔΔΤ, έχουμε στους ΔΔΡ και προστασία κατά της πυρκαγιάς γιατί περιορίζεται άμεσα το ρεύμα διαρροής προς γη. Έτσι εμποδίζονται ηλεκτρικά τόξα από φάση προς γη που μπορούν να προκαλέσουν πυρκαγιές. Για προστασίας στον κεντρικό πίνακα έναντι πυρκαγιάς ο ΔΔΡ συνδέεται και ρυθμίζεται π.χ. στα  $I = 0,5A$  και χρονική καθυστέρηση πτώσης άνω των 1-5sec. Οι ΔΔΡ με  $I = 30\text{mA}$  συνιστανται πάντα σε καταναλωτές με ΔN ουδετέρωση και ιδιαίτερα εκεί που υπάρχει αυξημένος κίνδυνος



ηλεκτροπληξίας δηλαδή όπως μαγειρεία, εγκαταστάσεις σε κήπους, μπάνια και κτηνοτροφικές εγκαταστάσεις. Μεγάλοι καταναλωτές δεν προστατεύονται μόνο με ένα ΔΔΡ αλλά με πολλούς αφού χωριστούν σε ομάδες των π.χ. 43-60Α. Αυτό διασφαλίζει την ανεξαρτησία των κυκλωμάτων και εξασφαλίζει μικρότερο χωρητικό ρεύμα προς τη γη, που μπορεί να προκαλέσει μια ανεπιθύμητη πτώση του ΔΔΡ. Σε πολλά παράλληλα κυκλώματα με ΔΔΡ, οι ουδέτεροι δεν πρέπει να είναι συνδεδεμένοι μετά τους ΔΔΡ. Μειονέκτημα του ΔΔΡ μπορεί να είναι η περιορισμένη ετοιμότητά του και αυτό επιδεινώνεται όταν δεν συντηρείται. Για τον λόγο αυτό πρέπει να δοκιμάζεται κάθε 6 μήνες. Η δοκιμή του γίνεται με ένα κύκλωμα το οποίο είναι ενσωματωμένο μέσα τους και πατώντας το διακόπτη δοκιμής Ρ το ρεύμα μέσω της αντίστασης προκαλεί την απόζευξη. Αν ο ΔΔΡ πέφτει, δηλαδή δεν μπορεί να κρατηθεί σε κατάσταση εντός, τότε υπάρχει διαρροή ή γεφύρωση του ουδέτερου με τη γη ή με την φάση. Πτώση του ΔΔΡ, επίσης, συμβαίνει αν μετά το ΔΔΡ έχει γειωθεί ο ουδέτερος, κάτι που δεν επιτρέπεται. Η πτώση προκαλείται όταν συνδεθούν φορτία, έτσι μπορεί κανείς να εντοπίσει το σημείο όπου υπάρχει λανθασμένη σύνδεση, ανοιγοκλείνοντας τους διακόπτες των διαφόρων φορτίων. Ορισμένα κυκλώματα, όπως συναγερμοί, καταψύκτες, ψυγεία, κυκλώματα ελέγχου κ.α., δεν πρέπει να προστατεύονται έναντι ηλεκτροπληξίας από ΔΔΡ αλλά από άλλη μέθοδο προστασίας. Τα χαρακτηριστικά των ΔΔΡ είναι:

- Το ονομαστικό διαφορικό ρεύμα  $I_{\Delta N}$ , όπου είναι το ρεύμα στο οποίο  $\Delta N$  αναφέρονται οι χρόνοι απόζευξης. Για  $I = I_{\Delta N}$  ο χρόνος είναι τάξης  $F \Delta N$  μεγέθους 0,1 sec.
- Το ονομαστικό ρεύμα  $I_n$ , που είναι το ρεύμα φάσεων στο οποίο αντέχουν συνεχώς.
- Το διαφορικό ρεύμα στο οποίο αντιδρούν.

Υπάρχουν ΔΔΡ για τριφασικά και μονοφασικά κυκλώματα. Οι ΔΔΡ που προσφέρονται στο εμπόριο είναι ρυθμισμένοι για απόζευξη ρευμάτων σφάλματος:  $I = 10 \dots 100$  mA. Στο εμπόριο υπάρχουν τα εξής μεγέθη :

### Πίνακες ΜΤ

Η εγκατάσταση ΜΤ του καταναλωτή γίνεται σχεδόν κατά αποκλειστικότητα σε κλειστούς χώρους. Πρέπει να λαμβάνεται υπόψη τα εξής.

- Πρέπει να γίνονται χειρισμοί από έξω, χωρίς κίνδυνο της ζωής, και να φαίνονται οι ορατές επαφές των αποζευκτών.
- Πρέπει, σε σφάλματα, το τόξο να περιορίζεται και να μην προκαλεί ζημιές στις γειτονικές συσκευές.
- Πρέπει να υπάρχει δυνατότητα εκτόνωσης των αερίων σε σφάλματα.
- Πρέπει να υπάρχει αρκετός χώρος για την εκτέλεση εργασιών

Έτσι, όλες οι αναχωρήσεις των καλωδίων και τα μέσα ζεύξης και προστασίας ΜΤ εγκαθίστανται σε κυψέλες ΜΤ που λέγονται και πεδία ή πίνακες ΜΤ. Κάθε αναχώρηση απασχολεί μια ιδιαίτερη κλειστή κατασκευή την κυψέλη ή πεδίο ή πίνακα. Οι κυψέλες τοποθετούνται η μια πλάι στην άλλη. Οι κυψέλες έχουν 3 τμήματα:

- Στο πρώτο το κάτω τμήμα έχουμε τα στοιχεία της αναχωρήσεις ή άφιξης, π.χ. καλώδια, ασφάλειες, αποζεύκτες, γειωτές.
- Στο δεύτερο τμήμα της κυψέλης είναι οι ζυγοί. Οι ζυγοί συνδέονται με τις κυψέλες με μονωτήρες διέλευσης που είναι πάνω στην οροφή του δεύτερου τμήματος.
- Το τρίτο τμήμα περιέχει όργανα και ηλεκτρονόμους.

Τα τοιχώματα των κυψελών είναι από λαμαρίνα χαλύβδινη, πάχους 1,5 mm τουλάχιστον. Πολλές κατασκευές γίνονται με 3 mm πάχος. Αυτό για λόγους στιβαρότητας και αντοχής στο ηλεκτρικό τόξο. Ψιλή λαμαρίνα μπορεί να λειώσει αν πέσει πάνω της το ηλεκτρικό τόξο. Επειδή οι κυψέλες είναι χωρισμένες με λαμαρινένιους τοίχους, οι ζημιές από το ηλεκτρικό τόξο περιορίζονται σε εκείνη την κυψέλη που υπάρχει και το σφάλμα.

Οι κυψέλες για 20 kV έχουν συνήθως διαστάσεις:

Πλάτος	: 0,70 έως 1,20 m
Βάθος	: 1,00 έως 1,20 m
Ύψος	: 2,00 έως 2,50 m

Η συναρμολόγηση του πίνακα γίνεται από εμπρός, συνεπώς πρέπει να υπάρχει σε κάθε κυψέλη μια πόρτα. Στην πόρτα υπάρχει σχεδιασμένο το μονογραμμικό διάγραμμα της κυψέλης και επίσης υπάρχει ένα τζάμι, π.χ. 2x30 cm για επιθεώρηση. Στην εμπρόσθια πλευρά του πίνακα βρίσκονται επίσης και οι διακόπτες χειρισμού ή τα όργανα ένδειξης και σήμανσης. Στο κάτω μέρος της κυψέλης εισέρχονται τα καλώδια, συνεπώς πρέπει να έχουμε ένα χαντάκι που να οδεύουν τα καλώδια. Τα καλώδια έχουν μια ελάχιστη ακτίνα κάμψης  $15x(\text{εξωτερική διάμετρο καλωδίου})=400 \dots 600$  mm. Το βάθος του χαντακιού είναι ίσο με την ελάχιστη ακτίνα



κάμψης των καλωδίων. Οι μονωτήρες στήριξης ή διέλευσης των ζυγών που χρησιμοποιούνται είναι από εποξειδική ρητίνη. Οι ζυγοί πρέπει να έχουν τέτοιες διαστάσεις που να αντέχουν στο ρεύμα συνεχούς φορτίου αλλά και σε βραχυκυκλώματα. Οι ελάχιστες αποστάσεις φάσης-φάσης και φάσης-γης καθώς και οι λοιπές τάσεις αντοχής του πίνακα ΜΤ παρατίθενται στον ακόλουθο πίνακα

Ονομαστική τάση	20 kV
Μέγιστη διαρκώς επιτρεπόμενη τάση	24 kV
Αντοχή σε εναλλασσόμενη τάση 1 inin	50 kV
Αντοχή σε κρουστική τάση 1,2/5μS	125 kV
Ελάχιστη απόσταση φάσης -φάσης ή φάσης -γης	>215 mm

Πίνακας 8.1. Τάσεις δοκιμής και ελάχιστες αποστάσεις για εγκαταστάσεις ονομαστικής τάσης 20 kV/24 kV [1]

Μπροστά από τις κυψέλες πρέπει να υπάρχει ένας διάδρομος με ελάχιστο πλάτος 0.7 m

Συντήρηση Υ/Σ

Η συντήρηση του Υ/Σ πρέπει να γίνεται σε τακτά χρονικά διαστήματα και να περιλαμβάνει ολόκληρο τον Υ/Σ.

Είναι απαραίτητο να γίνεται:

- α) Στους πίνακες ΜΤ
  - Πλήρης έλεγχος όλων των εντός του πίνακα στοιχείων ότι λειτουργούν κανονικά
  - Πλήρης καθαρισμός των μονωτήρων, των επαφών και να τοποθετείται λιπαντικό στις επαφές
    - Έλεγχος των αυτόματων διακοπών και λίπανση των μηχανισμών τους
    - Έλεγχος των ρελαί προστασίας με την χρήση των Μ/Σ εντάσεως
    - Έλεγχος των εντολών των δύο πλωτήρων Buchholz
    - Έλεγχος και σύσφιξη όλων των κοχλιών των ζυγών και συσκευών
- β) Πίνακες χειρισμών
  - Έλεγχος της λειτουργίας και όλων των δυνατοτήτων χειρισμών που έχουν
- γ) Πίνακες ΧΤ
  - Έλεγχος και καθαρισμός μονωτήρων όλων των στοιχείων του πίνακα και ότι λειτουργούν κανονικά
  - Έλεγχος όλων των επαφών και επικάλυψή τους με κατάλληλο λιπαντικό
- δ) Μ/Σ
  - Έλεγχος στάθμης ελαίου
  - Έλεγχος και καθαρισμός μονωτήρων και σύσφιξη των ακροδεκτών
  - Δειγματοληψία ελαίου από το κάτω μέρος του Μ/Σ για τη διαπίστωση της διηλεκτρικής αντοχής του λαδιού
- ε) Κύκλωμα γείωσης
  - Να εξετάζεται αν όλες οι συσκευές είναι συνδεδεμένες με την γείωση
  - Έλεγχος της συνολικής γείωσης με γέφυρα μετρήσεως της ωμικής αντιστάσεως και καταγραφή της στο βιβλίο συντηρήσεως του Υ/Σ.

## **ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΧΑΜΗΛΩΝ ΡΕΥΜΑΤΩΝ**

Πίνακες ΧΤ

Οι πίνακες ΧΤ διακρίνονται στις ακόλουθες κατηγορίες:

- Γενικοί πίνακες διανομής
- Πίνακες κίνησης
- Πίνακες φωτισμού

Στο εσωτερικό των πινάκων βρίσκονται τα όργανα προστασίας και ελέγχου των κυκλωμάτων που τροφοδοτούν. Το μέγεθος των πινάκων εξαρτάται από την ισχύ της παροχής και από τον αριθμό των επιμέρους κυκλωμάτων. Το είδος των πινάκων εξαρτάται από τον βαθμό προστασίας (από νερό, σκόνη, υγρασία κ.λπ.) και από το περιβάλλον που θα τοποθετηθεί.

Γενικοί πίνακες διανομής

Ο γενικός πίνακας διανομής μπορεί να περιέχει ένα γενικό Δ/Φ με ασφάλειες ή ένα γενικό αυτόματο Δ/Ι και τροφοδοτεί τους πίνακες φωτισμού και τους πίνακες κίνησης της εγκατάστασης. Οι γενικοί πίνακες διανομής

ΧΤ που χρησιμοποιούνται στα αντλιοστασια, στην βιομηχανία, σε μεγάλες κτιριακές εγκαταστάσεις και σε Υ/Σ διανομής ΧΤ αμέσως μετά τον Μ/Σ λέγονται και πίνακες πεδίου και τυποποιούνται σε δύο κατηγορίες:

Σταθερού τύπου.

Οι πίνακες σταθερού τύπου έχουν τους αυτόματους διακόπτες και τους Δ/Φ σταθερά τοποθετημένους σε φοράς χειριζόμενους απ' έξω. Οι μαχαιρωτοί διακόπτες, οι ασφαλειο-αποζεύκτες και οι μικροαυτόματοι χειρίζονται από μέσα. Όργανα, μπουτόν και ενδεικτικές λυχνίες είναι πάνω στην πόρτα. Η συρμάτωση προτιμάται να γίνεται μέσω κλεμμών και όχι απ' ευθείας.

Συρόμενου τύπου.

Οι πίνακες συρόμενου έχουν κάθε αναχώρηση σαν μια ενιαία μονάδα η οποία είναι πλήρως συνδεδεσμένη και συρματωμένη σε ένα συρτάρι. Το συρτάρι είναι άμεσα εναλλάξιμο με ένα ανταλλακτικό, γεγονός που το καθιστά ιδιαίτερα χρήσιμο. Η είσοδος προς τον διακόπτη και η αναχώρηση προς το φορτίο γίνεται βυσματωτά. Υπάρχουν τέσσερις θέσεις του συρταριού στον πίνακα:

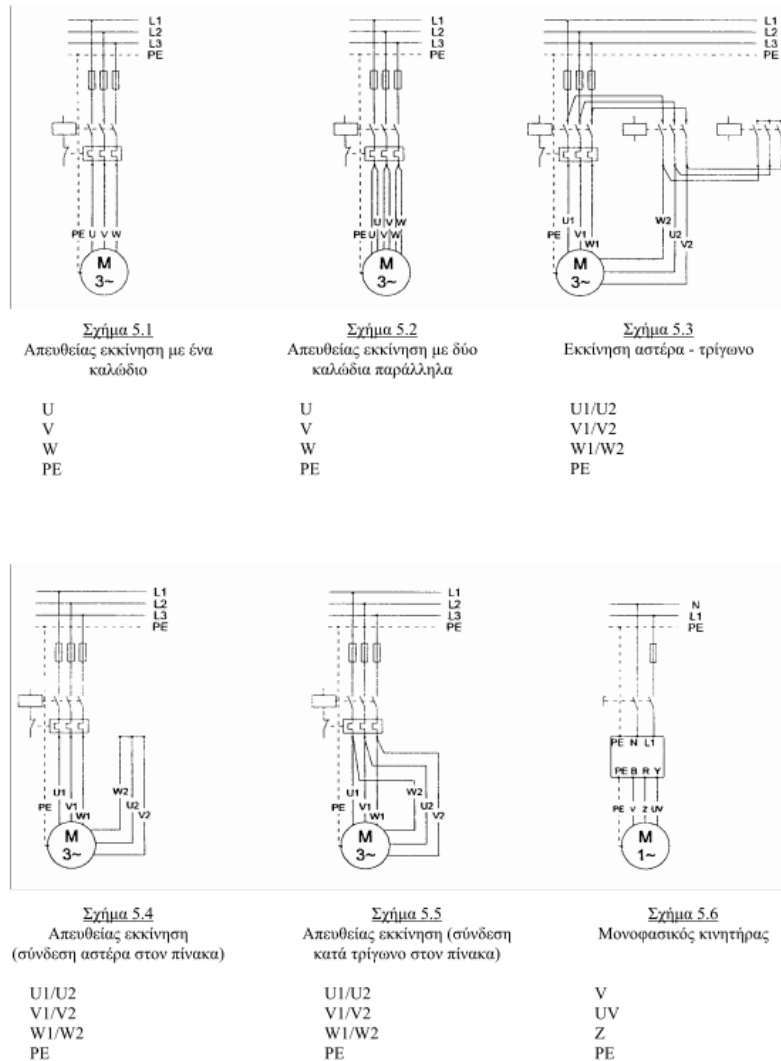
- θέση λειτουργίας
- θέση δοκιμής
- θέση stand by
- θέση εκτός

Η σύνδεση της γραμμής εισόδου γίνεται απ' ευθείας στον διακόπτη μέσω μπαρών από τον Μ/Σ ή μέσω καλωδίου. Η σύνδεση των καλωδίων αναχωρήσεων γίνεται απ' ευθείας επί των συσκευών και μέσω κλεμμών με καλώδια μέχρι 300Α και για πάνω από 300Α με μπάρες κατάλληλης διανομής. Το ύψος των γενικών πινάκων διανομής κυμαίνεται από 2-2,2 m και το πλάτος από 0,5 - 0,8 m. Στηρίζονται πάνω στο έδαφος ή σε ιδιαίτερη βάση.

Πίνακες κίνησης

Τα είδη των πινάκων κίνησης που χρησιμοποιούνται είναι:

- Εξωτερικός πλαστικός πίνακας διαφόρων τύπων προστασίας
- Πίνακες κιβωτίων, ο οποίος αποτελείται από πολλά μικρότερα κιβώτια που συνδέονται μεταξύ τους έτσι ώστε να αποτελούν ένα ενιαίο σύνολο.



Σχήμα 9-7: Συνδεσμολογίες Κινητήρων

### Πίνακες φωτισμού

Φορτία φωτισμού και ρευματοδοτών – Υποπίνακα φωτισμού

Το πεδίο φωτισμού κατά προτίμηση θα αποτελείται από ξεχωριστό επίτοιχο Υποπίνακα, στεγανού τύπου IP44. Εναλλακτικά μπορεί να αποτελεί τμήμα του γενικού πίνακα. Στον οικίσκο του αντλιοστασίου, υπάρχει εσωτερικός και εξωτερικός φωτισμός συνολικής εγκατεστημένης ισχύος περίπου 630 W και απορροφούμενης περίπου 700 W υπό διορθωμένο  $\cos\phi=0,9$  (Τυπικές τιμές).

Συνήθως τοποθετούνται 2 στεγανά φωτιστικά σώματα τύπου σκαφάκι με κάλυμμα και με λαμπτήρες φθορισμού 2X58 W, στον εσωτερικό ξηρό χώρο του ισογείου.

Ο περιμετρικός φωτισμός περιλαμβάνει 4 φωτιστικά σώματα τοποθετημένα στις 4 γωνίες του οικίσκου.

Εκτός των ανωτέρω φωτιστικών θα τοποθετηθούν και φωτιστικά ασφαλείας για την κατάδειξη των οδεύσεων διαφυγής και την δημιουργία μιας ελάχιστης στάθμης φωτισμού ασφαλείας.

Οι αγωγοί των γραμμών φωτισμού θα είναι NYM 3X2,5mm<sup>2</sup> και η γραμμή ασφαλιζεται με μονοπολικό μικροαυτόματο 10A.

Οι αγωγοί της γραμμής φωτισμού εξωτερικών χώρων θα είναι NYY 3X1,5mm<sup>2</sup> και η γραμμή α ασφαλιζεται με μονοπολικό μικροαυτόματο 10A. Η λειτουργία του εξωτερικού φωτισμού θα ελέγχεται από χρονοδιακόπτη και τηλεχειριζόμενο διακόπτη (ρελαί).

Από το πεδίο φωτισμού θα τροφοδοτηθούν 4 ρευματοδότες μονοφασικοί. Οι αγωγοί τροφοδοσίας των μονοφασικών ρευματοδοτών θα είναι NYM, διατομής 3X2,5mm<sup>2</sup> και η γραμμή θα ασφαλιζεται με διπολικό μικροαυτόματο 16A.

Σε περίπτωση που χρησιμοποιείται φορητή αντλία για την αποστράγγιση του θαλάμου άντλησης, ο μονοφασικός ρευματοδότης επαρκεί για να καλύψει το φορτίο της (μέγιστο φορτίο ρευματοδότη 3,5 KW, απορροφούμενη ισχύς αντλίας 1,5 KW).

Για την τροφοδοσία φορητής μπαλαντέζας που θα χρησιμοποιείται για τον φωτισμό του εσωτερικού του θαλάμου άντλησης, θα εγκατασταθεί στον υποπίνακα ή το πεδίο φωτισμού μετασχηματιστής γαλβανικής απομόνωσης 220 V/42 V ισχύος 200 VA, ο οποίος θα τροφοδοτεί με υποβιβασμένη τάση ρευματοδότη 42 V . Η πλευρά τροφοδοσίας του μετασχηματιστή θα ασφαλίζεται με μικροαυτόματο 10A, η πλευρά υποβιβασμένης τάσης με μικροαυτόματο 10A.

#### Γενικός ηλεκτρικός πίνακας

Ο γενικός πίνακας του αντλιοστασίου τροφοδοτεί με ξεχωριστές γραμμές τους ηλεκτροκινητήρες των αντλιών, των αναδευτήρων καθώς και τις γραμμές (ή τον υποπίνακα) φωτισμού και ρευματοδοτών.

Ο πίνακας συνήθως είναι τύπου πεδίων μεταλλικός, από λαμαρίνα DKP πάχους 1,5χλστ. και διαμορφωμένος σε ειδική πρέσα. Θα είναι βαμμένος με ηλεκτροστατική βαφή φούρνου. Ο βαθμός προστασίας θα είναι IP 44 κατά DIN 40050. Θα περιλαμβάνει ξεχωριστά πεδία:

- Εισόδου όπου και το σύστημα μεταγωγής ΔΕΗ – Η/Ζ
- Αυτοματισμών
- Βοηθητικό από το οποίο τροφοδοτούνται οι μικροί κινητήρες και οι καταναλώσεις φωτισμού και ρευματοδοτών ή ο αντίστοιχος υποπίνακας.
- 2 πεδία από τα οποία τροφοδοτείται η κάθε αντλία

#### Αντιστάθμιση

Οι περισσότερες από τις ηλεκτρικές καταναλώσεις σήμερα περιέχουν τουλάχιστον ένα από τα παρακάτω ηλεκτρικά στοιχεία:

- Ηλεκτρικούς κινητήρες
- Μετασχηματιστές
- Πηνία ισχύος

Τα παραπάνω ηλεκτρικά στοιχεία χαρακτηρίζονται επαγωγικά και απαιτούν μαγνητικό πεδίο για να λειτουργήσουν. Το μαγνητικό πεδίο, παρότι δεν παράγει έργο, για τη δημιουργία και διατήρηση του απαιτεί ηλεκτρικό ρεύμα το οποίο πρέπει να παρασχεθεί από την ΔΕΗ. Το ρεύμα αυτό είναι η άεργη συνιστώσα που αθροισόμενη διανυσματικά με την πραγματική συνιστώσα αποτελούν το συνολικό απορροφούμενο ρεύμα μιας εγκατάστασης. Τα ρεύματα αυτά μεταφέρουν την άεργη ισχύ που χρησιμοποιείται στη δημιουργία των πεδίων και την πραγματική ισχύ, που μετατρέπεται σε χρήσιμο έργο, το διανυσματικό άθροισμα των δύο αποτελεί την φαινόμενη ισχύ. Η έννοια της άεργου έχει στην πραγματικότητα να κάνει με ποσά ενέργειας που παλινδρομούν μεταξύ της πηγής (ΔΕΗ) και της ηλεκτρικής εγκατάστασης. Τα μαγνητικά πεδία , επειδή το ρεύμα που τα δημιουργεί είναι εναλλασσόμενο, μεταβάλλονται και εναλλάσσονται συνεχώς, στη φάση της δημιουργίας ή αύξηση της έντασης τους απορροφούν ηλεκτρική ενέργεια από την πηγή (ΔΕΗ), κατά την μείωση της έντασης ή της κατάρρευσης τους επιστρέφουν το ίδιο ποσό ενέργειας πίσω στην πηγή. Αυτό έχει σαν

αποτέλεσμα την επιβάρυνση του λογαριασμού του καταναλωτή, τις επιπλέον απώλειες στα καλώδια τροφοδοσίας του δικτύου, την σημαντική πτώση τάσης στο δευτερεύον του Μ/Σ διανομής και την αύξηση των απωλειών του Μ/Σ. Σκοπός της αντιστάθμισης είναι η μείωση της άεργου ισχύος που απορροφά μια ηλεκτρική εγκατάσταση από τη ΔΕΗ, έτσι ώστε η πραγματική ισχύς να πλησιάζει όσο το δυνατόν την φαινόμενη και άρα ο συντελεστής ισχύος να πλησιάζει τη μονάδα. Η αντιστάθμιση επιτυγχάνεται κυρίως με την χρήση πυκνωτών, που τοποθετούνται παράλληλα με τα επαγωγικά φορτία, έτσι ώστε η ενέργεια που είναι απαραίτητη για την δημιουργία των μαγνητικών τους πεδίων να μην παλινδρομεί μεταξύ ΔΕΗ και εγκατάστασης αλλά μεταξύ των πηνίων και των πυκνωτών της ίδιας της εγκατάστασης. Οι πυκνωτές δηλαδή παρέχουν στα πηνία την ενέργεια που χρειάζονται κατά την φάση της δημιουργίας των μαγνητικών τους πεδίων και αποθηκεύουν την ενέργεια που επιστρέφουν τα πηνία όταν τα πεδία τους καταρρέουν για να τους την δώσουν ξανά στον επόμενο κύκλο δημιουργίας-κατάρρευσης κοκ.

Η βελτίωση του συντελεστή ισχύος, με στόχο την επίτευξη  $\cos\phi > 0,95$ , παρέχει τα παρακάτω πλεονεκτήματα στο δίκτυο μεταφοράς και διανομής:

- Μείωση του ρεύματος που ρέει στους αγωγούς του συστήματος παραγωγής-διανομής της ΔΕΗ (μείωση ζήτησης) με αποτέλεσμα να αυξάνεται η ικανότητα απόκρισης του σε αυξημένα φορτία και τη σημαντική μείωση απωλειών ισχύος στα δίκτυα Μεταφοράς και Διανομής.
- Μείωση της χρεωστικής Μέγιστης Ζήτησης (ΧΜΖ) που εμφανίζεται σε κάποια από τα βιομηχανικά τιμολόγια πελατών ΜΤ της ΔΕΗ, με αποτέλεσμα μικρότερους μηνιαίους λογαριασμούς.
- Μείωση των απωλειών ισχύος στο καλώδιο παροχής (από το μετρητή της ΔΕΗ μιας εγκατάστασης μέχρι την συστοιχία των πυκνωτών) λόγω της μείωσης του απορροφούμενου ρεύματος.

Η διόρθωση του συντελεστή ισχύος συνίσταται να γίνεται για τιμές κάτω των 0,85. Αρκεί όμως ένας ΣΙ 0,9 - 0,95 διότι η περαιτέρω διόρθωση επιβαρύνει υπερβολικά το κόστος σε πυκνωτές. Εκτός αυτού δεν επιτρέπεται η υπεραντιστάθμιση δηλαδή το χωρητικό  $\cos\phi$ . Οι πυκνωτές που απαιτούνται για την αντιστάθμιση έχουν ισχύ  $Q_c = P(\tan\phi_2 - \tan\phi_1)$ ,

όπου  $\phi_2$  =τελική γωνία μετά την αντιστάθμιση,  $\phi_1$  =αρχική γωνία πριν την αντιστάθμιση, P=ενεργός ισχύς του καταναλωτή. Οι πυκνωτές διόρθωσης μπορούν να συνδεθούν κατά αστέρα ή τρίγωνο.

Η διόρθωση του ΣΙ γίνεται:

- Τοπικά, δηλαδή σε κάθε συσκευή, π.χ. κινητήρα, αν η μηχανή λειτουργεί συνεχώς με σταθερό φορτίο.
- Ομαδικά, δηλαδή σε ομάδες συσκευών, αν αυτές έχουν συνεχή σταθερή λειτουργία π.χ. λαμπτήρες.
- Κεντρικά ή γενικά, αν η φόρτιση των διαφόρων συσκευών είναι κυμαινόμενη.

Η κεντρική αντιστάθμιση χρησιμοποιείται σε βιομηχανικές μονάδες. Η τοπική είναι κατάλληλη για επαγωγικούς κινητήρες και Μ/Σ διανομής.

Προστασία πυκνωτών αντιστάθμισης

Η προστασία των πυκνωτών αντιστάθμισης γίνεται με :

- ασφάλεια
- θερμική ασφάλεια
- μηχανική αποσύνδεση
- υλικά για απαγωγή θερμοκρασίας
- συνδυασμό ψηκτρών αποστατών και άφλεκτων μονωτικών υλικών.

Γείωση Υ/Σ και κινητήρων

Κατά την κατασκευή του αντλιοστασίου γίνεται εγκατάσταση θεμελιακής γείωσης. Ως γειωτής θα τοποθετηθεί ταινία χαλύβδινη διαστάσεων 30 mm x 3,5 mm εντός των θεμελίων του κτιρίου. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται χαμηλή αντίσταση γείωσης. Επίσης στον χώρο του Υ/Σ θα τοποθετηθεί σύστημα γειώσεων που αποτελείται από :

- Περιμετρική γείωση χάλκινη 30 mm x 3 mm με αναμονές για την σύνδεση των μεταλλικών μερών της ΜΤ, της ΧΤ και του Μ/Σ. Τοποθετείται εσωτερικά και περιμετρικά του κτίσματος σε ύψος 50 cm, στερεώνεται στο τοίχιο με χάλκινα στηρίγματα
- Δομικό πλέγμα βρόχων με άνοιγμα 6 x 10 cm διαμέτρου 3 mm σε βάθος 5 cm από την επιφάνεια του δαπέδου, το οποίο συνδέεται με την παραπάνω γείωση, σε τέσσερα σημεία σε κάθε χώρο.

Με την περιμετρική ταινία θα συνδέονται, μέσω αγωγού:

- τα μεταλλικά μέρη του Γενικού Πίνακα ΜΤ
- τα μεταλλικά μέρη του Γενικού Πίνακα ΧΤ
- τα μεταλλικά μέρη του Μ/Σ
- οι ράγες του Μ/Σ
- τα σημεία γειώσεως και οι βάσεις στηρίξεως των ακροκιβωτίων
- το ισοδυναμικό πλέγμα των δαπέδων
- κάθε άλλη μεταλλική συσκευή που υπάρχει στο χώρο του Υ/Σ.

Οι αγωγοί γείωσης κάθε χώρου θα συνδέονται με την κεντρική γείωση (θεμελιακή) των μεταλλικών μερών. Στην περίπτωση που η συνολική γείωση είναι κάτω από 1 Ω, στην γείωση αυτή θα συνδεθεί και ο ουδέτερος κόμβος του Μ/Σ. Στην αντίθετη περίπτωση ο ουδέτερος κόμβος θα συνδεθεί σε ανεξάρτητα τρίγωνα γείωσης.



## **ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΙ - ΤΗΛΕΜΕΤΡΙΑ**

### Πίνακας αυτοματισμού

Σε κάθε αντλιοστασίου υπάρχει πίνακας αυτοματισμού, ο οποίος ενσωματώνει κατάλληλο εξοπλισμό για να εκτελεστούν οι απαραίτητες λειτουργίες αυτοματισμού, η διεκπεραίωση των επικοινωνιών και η συγκέντρωση των μετρήσεων από τα εγκατεστημένα όργανα μέτρησης. Ο πίνακας αυτός είναι κατασκευασμένος με τέτοιο τρόπο, ώστε να επιτρέπει την ανακύκλωση του εσωτερικού αέρα για να εξυπηρετούνται οι ανάγκες του ενσωματωμένου ηλεκτρονικού και ηλεκτρικού εξοπλισμού σε ψύξη ή θέρμανση. Για το λόγο αυτό φέρει περσίδες εισόδου/εξόδου του αέρα με προσαρμοσμένα φίλτρα για τη συγκράτηση της σκόνης. Η κυκλοφορία του αέρα προκαλείται από ανεμιστήρα και υπάρχουν θερμοαντιστάσεις, ώστε να διατηρείται το εσωτερικό του ερμάριου σε εύρος θερμοκρασίας ανεκτό για τη σωστή λειτουργία του εξοπλισμού, ενώ αποτρέπεται και η ανάπτυξη οποιασδήποτε μορφής υγρασίας. Η λειτουργία του ανεμιστήρα και των αντιστάσεων θέρμανσης ελέγχεται από κατάλληλους θερμοστάτες, το εύρος των οποίων θα οριστεί έτσι, ώστε να καλύπτει ασφαλώς τη λειτουργία και της πιο ευαίσθητης συσκευής του πίνακα. Το ερμάριο είναι κατάλληλων διαστάσεων επίτοιχο ή επιδαπέδιο (ανάλογα με τον διαθέσιμο χώρο). Οι διαστάσεις του ερμάριου είναι τέτοιες, ώστε μπορεί να ενσωματώσει εύκολα τον απαραίτητο εξοπλισμό και να γίνουν οι εσωτερικές οδεύσεις των καλωδιώσεων άνετα και τακτοποιημένα με τη χρήση ειδικών καναλιών και σημάτων. Οι εσωτερικές καλωδιώσεις χρησιμοποιούν εύκαμπτα καλώδια με ακροδέκτες και σήμανση, ενώ όλοι οι αγωγοί που εισέρχονται στο ερμάριο από τα όργανα του πεδίου, βοηθητικούς πίνακες αντλιών ή βανών και από υπόλοιπο συνδεδεμένο εξοπλισμό καταλήγουν σε κλεμοσειρές ράγας αριθμημένες. Όλα τα ερμάρια έχουν τον αναγκαίο, για να λειτουργήσουν σωστά και να προστατευθούν κατάλληλα, εξοπλισμό ηλεκτρονόμων, ασφαλειών, αυτομάτων, διακοπών, ενδεικτικών λυχνιών και μπουτόν χειρισμού. Ο πίνακας αυτοματισμού ενσωματώνει τον ακόλουθο εξοπλισμό:

### Προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή PLC.

Ο ελεγκτής PLC είναι μια ελεύθερα προγραμματιζόμενη μονάδα αυτοματισμού που είναι επιφορτισμένη με τις εργασίες της συλλογής δεδομένων, της επεξεργασίας αυτών, της εντολοδότησης διασυνδεδεμένων συσκευών και αποστολής πληροφοριών σε ανώτερο σύστημα ελέγχου.

Η μορφή του PLC είναι είτε συμπαγής (compact) επεκτάσιμη με κάρτες είτε εντελώς κλιμακωτή (modular). Οι συσκευές του PLC μπορούν να εγκατασταθούν σε οριζόντια ή κάθετη θέση εξασφαλίζοντάς σου επιπλέον επιλογές εγκατάστασης.

Ο ελεγκτής θα είναι κατασκευασμένος με τρόπο ώστε να μπορεί να επεκτείνεται με πρόσθεση ανεξάρτητων μονάδων εισόδου/εξόδου, που θα επικοινωνούν με τις γειτονικές μονάδες..

Το PLC περιλαμβάνει:

- Την κεντρική μονάδα επεξεργασίας, για την επεξεργασία των δεδομένων και την εκτέλεση του λογισμικού
- Τις κάρτες ψηφιακών εισόδων, για την συλλογή πληροφοριών τύπου on-off από επαφές ελεύθερης τάσης
- Τις κάρτες ψηφιακών εξόδων για την αποστολή εντολών με κατάλληλες επαφές
- Τις κάρτες αναλογικών εισόδων για τη συλλογή μετρήσεων από αισθητήρια όργανα που παρέχουν αναλογικό σήμα
- Τις κάρτες αναλογικών εξόδων για την οδήγηση συσκευών που απαιτούν σήμα τέτοιου είδους
- Την κάρτα αποθήκευσης δεδομένων και διαχείρισης επικοινωνίας του τοπικού σταθμού ελέγχου
- Τις συσκευές για την επικοινωνία του PLC με άλλες συσκευές (υπολογιστής, modem κλπ)
- Τροφοδοτικό για την λειτουργία του συστήματος.

Επιπλέον τα PLC έχουν τις παρακάτω δυνατότητες:

- Σύνδεσης με Η/Υ χωρίς την διακοπή των επικοινωνιών.
- Απομακρυσμένου, διαμέσου του ενσύρματου ή ασύρματου δικτύου, καθώς και τοπικού, μέσω δικτυακής θύρας, προγραμματισμού και διαγνωστικών με την χρήση φορητού ηλεκτρονικού υπολογιστή.
- Επεξεργαστή που να είναι ικανός για πλήρη αυτόματη και αυτόνομη επεξεργασία των πληροφοριών τόσο για τον τοπικό έλεγχο της εγκατάστασης όσο και για την ασύρματη ή ενσύρματη μετάδοση των δεδομένων σε άλλα PLC και Η/Υ της εγκατάστασης.

Η CPU υποστηρίζει ειδικά ενσωματωμένες ρουτίνες που διευκολύνουν τον προγραμματισμό όπως επίσης και event driven interrupt η time driver interrupt. Οι ρουτίνες καλούνται από την CPU αυτόματα με την ύπαρξη του συμβάντος και το περιεχόμενο τους θα πρέπει να καθορίζεται από τον χρήστη. Η CPU έχει την δυνατότητα διατήρησης της μνήμης σε διακοπή τάσης χωρίς την χρήση μπαταρίας. Η CPU διαθέτει ενσωματωμένο ρόλοι πραγματικού χρόνου. Επίσης η CPU έχει τη δυνατότητα ανίχνευσης σφαλμάτων των υπόλοιπων μονάδων του PLC μέσα από το πρόγραμμα εφαρμογής. Τα σφάλματα αυτά μπορεί να ενεργοποιούν τοπικές ενδεικτικές λυχνίες ή/και να αποστέλλονται στο κέντρο ελέγχου. Ενδεικτικά, ανάλογα και με τον τύπο των υπόλοιπων μονάδων του PLC, μπορούν να ανιχνεύονται σφάλματα όπως τα παρακάτω:

- Βλάβη κάρτας
- Εσωτερικό ή εξωτερικό σφάλμα
- Πρόβλημα σε κάποιο κανάλι της κάρτας
- Έλλειψη εξωτερικής τάσης

Ειδικά στις κάρτες αναλογικών εισόδων αν στο στάδιο αρχικής παραμετροποίησης της κάρτας ενεργοποιηθεί ο χρήστης την ανίχνευση κομμένου καλωδίου τότε είτε με τον μηχανισμό ανίχνευσης σφαλμάτων μέσα από το πρόγραμμα εφαρμογής είτε οπτικά σε εξωτερικό LED της κάρτας, ειδοποιείται τοπικά ή απομακρυσμένα ο χρήστης για το κομμένο καλώδιο οποιοδήποτε αναλογικού οργάνου 4..20mA.

Η CPU προγραμματίζεται με τις παρακάτω γλώσσες προγραμματισμού σύμφωνα με το διεθνές Standard IEC 61131-3:

- IL - Instruction List
- FBD - Function Block Diagram
- LD - Ladder Diagram
- ST - Structured Text
- SFC - Sequential Function Chart

Κάρτα ψηφιακών εισόδων

- Τάση εισόδου : Ονομαστική τιμή 24 VDC
- Γαλβανική απομόνωση
- Περιοχή τάσης για το σήμα ‘1’ 15-30VDC
- Περιοχή τάσης για το σήμα ‘0’ -3 - 5V
- Ένδειξη της κατάστασης του σήματος της κάθε ψηφιακής εισόδου με LED.
- Επιπρόσθετη φίσσα καλωδίωσης που μετακινείται απλά και χωρίς κίνδυνο να τοποθετηθεί σε λάθος τύπο κάρτας (περιλαμβάνει Key πολικότητας)
- Μέγιστος χρόνος ανταπόκρισης στην ονομαστική τάση εισόδου :0.1-15 ms
- Ρεύμα εισόδου για σήμα ‘1’ μέγιστο 9 mA
- Δυνατότητα συλλογής ψηφιακής πληροφορίας μέχρι 1000m με μπλενταρισμένο καλώδιο και 600 m χωρίς μπλενταρισμένο καλώδιο.

Κάρτα ψηφιακών εξόδων

- Γαλβανική απομόνωση
- Τάση τροφοδοσίας 24VDC
- Τάση εξόδου για ‘σήμα’1’ 24VDC \*0.8V
- Ρεύμα εξόδου για ‘1’, 0.5A
- Ελάχιστο ρεύμα για ‘1’ 5mA
- Ρεύμα εξόδου για ‘0’, 0.5mA
- Συνολικό ρεύμα εξόδου ( ανά ομάδα εξόδων ) 2A
- Φορτίο Λαμπτήρα 5W
- Συχνότητα ζεύξεων επαφών, ΩΜΙΚΩΝ 100HZ, ΕΠΑΓΩΓΙΚΩΝ, 0.5HZ, Φορτία ενδείξεως 100HZ
- Ένδειξη κατάστασης του σήματος της κάθε ψηφιακής εξόδου με LED
- Επιπρόσθετη φίσσα καλωδίων
- Ηλεκτρονική προστασία από βραχυκύκλωμα
- Δυνατότητα αποστολής εντολής μέχρι 600m χωρίς μπλενταρισμένο καλώδιο και 1000m με μπλενταρισμένο

Κάρτα αναλογικών εισόδων

- Να μπορεί να επεξεργασθεί αισθητήρια με δυνατότητα μετρήσεων βασικών περιοχών τάσης: 1V / 10V / 1..5V / 4...20mA / 0-20mA  
Θερμοστοιχεία N, E, J, K PT100 Standard  
αλλάζοντας τον τύπο της μέτρησης με μηχανικά jumpers η S/W πάνω στην κάρτα και ρυθμίζοντας διάφορα μεγέθη (πχ πάνω -κάτω όριο) από το πακέτο προγραμματισμού.
- Η ανάλυση του A/D μετατροπέα της κάρτας είναι 15 bits
- Ο κύκλος ολοκλήρωσης / μετατροπής για κάθε κανάλι 2.5/6 msec
- Το μήκος καλωδίου μέχρι το αισθητήριο είναι τουλάχιστον 200m με μπλενταρισμένο καλώδιο
- Έχει γαλβανική απομόνωση
- Διαθέτει προστασία έναντι ανάστροφου πολικότητας
- Επιτρεπτή τάση εισόδου για κανάλι τάσης 20V
- Επιτρεπτό ρεύμα εισόδου για κανάλι ρεύματος 40mA
- Αντιστάθμιση Θερμοκρασίας : εσωτερική ή εξωτερικό με μοντούλ αντιστάθμισης.
- Όριο σφάλματος λειτουργίας ( πάνω από την περιοχή θερμοκρασίας που αναφέρεται στην περιοχή εισόδου ) max +-1%
- Όριο Βασικού σφάλματος (όριο σφάλματος λειτουργίας στα 25° που αναφέρεται στην περιοχή εισόδου ) max +- 0.6 %
- Δυνατότητα διάγνωσης μέσω κόκκινου Led για σφάλματα καναλιών
- Φίσσα καλωδίων με στοιχείο κωδικοποίησης. Όταν η φίσσα τοποθετείται για πρώτη φορά στην κάρτα τότε το στοιχείο κωδικοποίησης επιδρά στο να μπορεί να τοποθετηθεί η φίσσα σε κάρτες της ίδιας περιοχής τάσης ή ρεύματος.

#### Κάρτα αναλογικών εξόδων

Μπορεί να επεξεργασθεί σήματα εξόδου με δυνατότητα περιοχών :

- Τάσης :  $\pm 10V / 1 K\Omega$
- Ρεύματος : 4...20mA / 500Ω Αντίσταση εισόδου
- αλλάζοντας τον τύπο της μέτρησης με μηχανικά jumpers πάνω στην κάρτα ή με ανάλογη συρμάτωση και ρυθμίζοντας διάφορα μεγέθη (πχ πάνω -κάτω όριο).
- Η ανάλυση του A/D μετατροπέα της κάρτας είναι τουλάχιστον 12 bits
- Ο κύκλος μετατροπής για κάθε κανάλι είναι 0.8 ms
- Το μήκος καλωδίου μέχρι το αισθητήριο θα είναι τουλάχιστον 200 m με μπλενταρισμένο καλώδιο
- Να έχει γαλβανική απομόνωση από το δίαυλο επικοινωνίας καρτών (bus)
- Να διαθέτει προστασία έναντι ανάστροφου πολικότητας ή βραχυκυκλώματος
- Επιτρεπτή τάση εξόδου για κανάλι ρεύματος 18V
- Επιτρεπτό ρεύμα εξόδου για κανάλι ρεύματος 25 mA
- Όριο βασικού σφάλματος (όριο σφάλματος λειτουργίας στα 25° που αναφέρεται στην περιοχή εισόδου ) max  $\pm 0,6 \%$
- Δυνατότητα διάγνωσης μέσω Led σήμανσης για σφάλματα καναλιών
- Φίσσα καλωδίων με στοιχείο κωδικοποίησης. Όταν η φίσσα τοποθετείται για πρώτη φορά στην κάρτα τότε το στοιχείο κωδικοποίησης επιδρά στο να μπορεί να τοποθετηθεί η φίσσα σε κάρτες της ίδιας περιοχής τάσης ή ρεύματος.

Κάρτα διαχείρισης επικοινωνιών τοπικού σταθμού και data logging

#### DC UPS τύπου ράγας για την αδιάλειπτη τροφοδοσία του εξοπλισμού,

το οποίο τοποθετείται ακριβώς κάτω από το PLC και φέρει δίπλα του τις αναγκαίες συστοιχίες συσσωρευτών. Κάθε πίνακας αυτοματισμού διαθέτει μονάδα αδιάλειπτης παροχής ισχύος, ώστε ο προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής να συνεχίζει να λειτουργεί ακόμη και μετά από βίαιη διακοπή της τροφοδοσίας λόγω χειρισμού ή βλάβης. Η μονάδα αυτή, θα τοποθετείται σε ράγα πλησίον του PLC και θα στηρίζει την συνεχή τάση τροφοδοσίας του PLC στα 24V DC. Για το λόγο αυτό θα είναι συνδεδεμένη στην έξοδο του τροφοδοτικού του PLC. Ειδικότερα, όταν η τάση εισόδου της μονάδας του UPS πέσει κάτω από ένα όριο ασφαλείας, το οποίο θα έχει προεπιλεγεί, τότε μέσω άμεσης ηλεκτρονικής σύνδεσης με τους συσσωρευτές θα παρέχεται στήριξη της τάσης τροφοδοσίας. Σκοπός είναι να ειδοποιήσει το υπερκείμενο σύστημα SCADA για αυτή την δυσλειτουργία

#### Επικοινωνίες σταθμού με το SCADA

Ο πίνακας αυτοματισμού ενσωματώνει διατάξεις επικοινωνίας με το SCADA. τέτοιες διατάξεις είναι:

Ethernet Radio Modem (όπου απαιτείται αυτός ο τύπος) για την υλοποίηση των ραδιοεπικοινωνιών στα 2,4 GHz, η 5,2 GHz για το οποίο θα προβλεφθεί κατάλληλος χώρος εντός του ερμαρίου για να αναρτηθεί με τέτοιο τρόπο, ώστε να είναι ορατές οι ενδείξεις λειτουργίας του και εύκολα ελέγξιμες οι συνδέσεις των καλωδίων του. GPRS Radio Modem (όπου απαιτείται αυτός ο τύπος) για την υλοποίηση των ραδιοεπικοινωνιών τύπου κινητής τηλεφωνίας για το οποίο θα προβλεφθεί κατάλληλος χώρος στη ράγα πλησίον του PLC.

Αντικεραυνικά για την προστασία έναντι υπερτάσεων, όπως ακολούθως:

Τροφοδοσία: πρωτεύουσα προστασία

Γραμμές 4-20 mA: για προστασία των γραμμών δεδομένων

Καλωδίωση bus: όπου υπάρχει δικτύωση με καλώδιο bus

Καλωδίωση Ethernet: για προστασία του εξοπλισμού επικοινωνιών

Σε περίπτωση που κάποιοι μετρητές δεν εγκαθίστανται μέσα στον πίνακα, αλλά έξω από αυτόν, τότε πρέπει να προβλεφθεί προστασία υπερτάσεων τόσο για τη βοηθητική τροφοδοσία όσο και για τις γραμμές μετρήσεων.

Για την αντικεραυνική προστασία των τηλεφωνικών γραμμών και modems και των σημάτων οι συσκευές πρέπει να έχουν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

Να αντέχουν πλήγμα 10KA

Να έχουν ελάχιστη αντίσταση διαπέρασης (through resistance)

Να έχουν insertion loss \* 2db

Να έχουν μικρό risetime (περίπου 100mS)

Για την αντικεραυνική προστασία των πομποδεκτών - radiomodems οι συσκευές πρέπει να έχουν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

Να αντέχουν πλήγμα 10KA

Να έχουν μικρή χωρητικότητα (\*10 pf)

Να έχουν insertion loss \*4db (1GHz)

Να έχουν μικρό risetime

Για την αντικεραυνική προστασία γραμμών τροφοδοσίας 220V οι συσκευές πρέπει να έχουν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

Να αντέχουν πλήγμα 10KA

Να μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σε τριφασικές γραμμές τροφοδοσίας.

Να έχουν μικρό risetime

Για την αντικεραυνική προστασία των γραμμών δεδομένων (αναλογικά όργανα 4-20mA) οι συσκευές πρέπει να έχουν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

Να αντέχουν πλήγμα 10KA

Να έχουν ελάχιστη αντίσταση διαπέρασης (through resistance)

Να έχουν insertion loss το πολύ 3db

Να έχουν μικρό risetime

Να είναι κατάλληλες και για γραμμές δεδομένων RS 232, RS 422, Profibus κτλ.

Επισεις ο πίνακας αυτοματισμού περιλαμβάνει

Επιλογικός διακόπτης R-O-L (remote-off-local) επί της πόρτας του πίνακα.

Φωτιστικό σώμα (φθορισμού) για τη διευκόλυνση εργασιών εντός του πίνακα.

Ρευματοδότης σούκο για τη διευκόλυνση ηλεκτρικών εργασιών μικρής κλίμακας.

Οθονη (pane I) επι της πορτας του πίνακα για να μπορεί ο χειριστής και ο συντηρητής του σταθμού να ρυθμίζουν, να παραμετροποιούν το PLC και για να πληροφορούνται για τους συναγερμούς του συστήματος και της εγκατάστασης

## **KENTPO ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ( SCADA )**

Η περιγραφή στηρίχτηκε στο SCADA WinCC της εταιρίας Siemens

### **SCADA**

Στο πλαίσιο της υλοποίησης του συνολικού συστήματος εγκαθίστανται σύστημα SCADA, το οποίο είναι διασυνδεδεμένο με τα επί μέρους συστήματα αυτοματισμού (PLC). Πιο συγκεκριμένα το σύστημα αυτό θα καλύπτει τις ακόλουθες λειτουργίες:

Κεντρικός έλεγχος των λειτουργικών συστημάτων μέσω της συγκέντρωσης, επεξεργασίας και απεικόνισης όλων των ορισμένων μεταβλητών, όπως των μετρήσιμων τιμών, μηνυμάτων λειτουργίας και μηνυμάτων σφαλμάτων.



Αποθήκευση δεδομένων σε αρχεία μακράς διάρκειας για μελλοντική ανάλυση στη μορφή αναφορών και γραφημάτων. Αναπαραγωγή υπολογισμών μέσω της αριθμητικής ή λογικής σύνδεσης δεδομένων επεξεργασίας. Απεικόνιση του λειτουργικού και διαδικαστικού συστήματος σε δυναμική μορφή μιμικού διαγράμματος με γραφικές απεικονίσεις όλων των απαιτούμενων αναλογικών και ψηφιακών μεγεθών. Απεικόνιση των μετρούμενων μεγεθών στη μορφή γραφημάτων και πινάκων. On line παραμετροποίηση του συστήματος με τη χρήση φιλικών, εύχρηστων διαλογικών μενού οθόνης, συμπεριλαμβανομένων κειμένων βοήθειας. Καταχώρηση όλων των δεδομένων και των status λειτουργίας. Ένα σύστημα SCADA αποτελείται από Εξυπηρετητής (server)

Συστήματα με πολλές θέσεις εργασίας μπορούν να βασίζονται στο μοντέλο client/server. Οι servers χρησιμοποιούν το λογισμικό Windows 7 ή νεώτερο και τους, με προδιαγραφές ασφαλείας, μηχανισμούς του λειτουργικού συστήματος. Οι servers αναλαμβάνουν να διεκπεραιώσουν κεντρικά ζητήματα, όπως ο συντονισμός των επί μέρους διαδικασιών και την αρχειοθέτηση. Οι clients που λειτουργούν κάτω από Windows 7 ή νεώτερο χρησιμοποιούν τις υπηρεσίες του server. Επικοινωνούν με τον server μέσω του δικού τους τερματικού δικτύου, το οποίο τους επιτρέπει και τη σύνδεση με το επίπεδο του γραφείου. Τα τυποποιημένα πρωτόκολλα TCP/IP χρησιμοποιούνται για την επικοινωνία μεταξύ των σταθμών εργασίας, μέσω δικτύου Βιομηχανικού Ethernet ή Profinet. Επειδή οι clients αναζητούν αυτόματα τους servers, οι οποίοι τους έχουν ανατεθεί στη συγκεκριμένη εφαρμογή, μπορούν πολύ εύκολα να ενεργοποιηθούν μεταγενέστερα χωρίς επιπτώσεις. Το λογισμικό Microsoft Windows 7 ή νεώτερο επιλέγεται ως η πλατφόρμα για το σύστημα ελέγχου του server και είναι δυνατή η διασύνδεση μέχρι 32 clients. Όλα τα δεδομένα παραμετροποίησης και επεξεργασίας βρίσκονται κεντρικά σε έναν φάκελο έργου σε δίσκο, συνήθως του server, με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι προσπελάσιμα εύκολα για να γίνουν αλλαγές από οποιοδήποτε άλλο σταθμό (online configuration). Ο client παρ' όλ' αυτά μπορεί να διαθέτει ο ίδιος τοπικά εικονίδια και τοπικές ενέργειες επεξεργασίας, ώστε να μπορεί να επιταχύνει την επιλογή των εικονιδίων και να αποφορτιστεί επιλεκτικά ο server. Αλλαγές στα δεδομένα της εφαρμογής μπορούν να ενεργοποιηθούν κατά τη διάρκεια λειτουργίας χωρίς να διακοπεί η λειτουργία επεξεργασίας.

Σύνδεση μέσω WEB (WEB Navigator)

Το σύστημα ελέγχου θα έχει τη δυνατότητα πρόσβασης μέσω σύνδεσης Internet/Intranet. Αυτό σημαίνει ότι μπορεί ο κάποιος να αναλάβει την εποπτεία και των ελέγχων των εγκαταστάσεων αυτοματισμού μέσω intranet ή internet, χωρίς να χρειάζεται σχεδόν καμία αλλαγή στο configuration. Στην περίπτωση που θα υφίσταται επικοινωνιακή γραμμή υψηλής ταχύτητας θα είναι δυνατή η ανανέωση των πληροφοριών ακριβώς όπως και on site. Κάτι τέτοιο δίνει τη δυνατότητα σε κάποιον να αναλάβει τη διαχείριση μιας εγκατάστασης από οποιοδήποτε σημείο του κόσμου βρίσκεται.

Για την πραγματοποίηση αυτής της δομής είναι απαραίτητη η ύπαρξη ενός Web Navigator Server ο οποίος θα μπορεί να συνδεθεί με ικανό αριθμό clients-θέσεων εργασίας, που ορίζονται ανάλογα με τις ανάγκες των εγκαταστάσεων. Θα υπάρχει η δυνατότητα για ταυτόχρονη σύνδεση 10 (δέκα) τουλάχιστον Web clients με δυνατότητα εξυπηρέτησης (μελλοντική αναβάθμιση) μέχρι 50 Web clients. Τα δικαιώματα πρόσβασης ενός client θα ορίζονται από το σύστημα διαχείρισης χρηστών στο server του συστήματος ελέγχου. Η όλη δομή επικοινωνίας στηρίζεται στο πρωτόκολλο HTTP με ActiveX και θα διαθέτει σύγχρονους μηχανισμούς ασφαλείας. Μια τέτοια δομή είναι η πλέον εύχρηστη και λειτουργική για συστήματα με διανεμημένο έλεγχο και πολλά σημεία επιστάσιας, όπως είναι τα συστήματα διαχείρισης δικτύων ύδρευσης και επεξεργασίας λυμάτων.

Εφεδρεία (redundancy)

Η επιλογή της εφεδρείας επιτρέπει τη λειτουργία δύο συστημάτων υπολογιστών ελέγχου παράλληλα και κρίνεται ως απολύτως απαραίτητη σε ένα σύστημα ελέγχου με συνεχή 24ωρη λειτουργία, όπως αυτό που εξετάζεται. Η ακεραιότητα των δεδομένων πρέπει να διασφαλίζεται με αυτόματη σύγκριση αρχείων. Επίσης, η εφεδρεία είναι αυτή που επιτηρεί και εξασφαλίζει τη λειτουργία των διαδικασιών, αφού οι clients μεταβαίνουν αυτόματα στον ενεργό server όταν ένας server τεθεί εκτός. Με αυτό τον τρόπο όλοι οι clients παραμένουν ενεργοί για επιτήρηση διαδικασιών και έλεγχο, αυξάνοντας τη διαθεσιμότητα του συνολικού συστήματος. Οι δύο server θα πρέπει να εκτελούν την αρχειοθέτηση παράλληλα, ώστε να διασφαλίζεται η ακεραιότητα των δεδομένων. Όταν ο server που είχε το σφάλμα τεθεί ξανά εντός συστήματος, όλες οι τιμές των μεταβλητών και τα μηνύματα από την περίοδο της αδράνειάς του, εναρμονίζονται με αυτά του ενεργού server. Αυτή η ενέργεια τους συγχρονίζει και του κάνει ξανά ισότιμους και διαθέσιμους. Ο εναρμονισμός των αρχείων για την περίοδο του σφάλματος γίνεται στο background χωρίς να επηρεάζεται καθόλου η τρέχουσα εφαρμογή.

Χαρακτηριστικά συστήματος

Το σύστημα ελέγχου πρέπει να διακρίνεται από τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:



- Τυποποιημένο λειτουργικό σύστημα βασισμένο σε υπολογιστή
- Εκτελέσιμο σε όλα τα εμπορικά PC με επεξεργαστή Pentium
- 100% 32 ή 64 bit λογισμικό, αναπτυγμένο για το τυποποιημένο λειτουργικό σύστημα Microsoft Windows.
- Κύριος υπολογιστής (server) Windows 7 ή νεώτερο
- Θέσεις εργασίας (clients) Windows 7 ή νεώτερο
- Μπορούν να χρησιμοποιηθούν απ' ευθείας εξαρτήματα και προγράμματα από τον χώρο της πληροφορικής (π.χ. κάρτες δικτύων)
- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως single-user ή multi-user σύστημα με τη δομή client/server
- Επικοινωνιακές δυνατότητες μέσω Industrial Ethernet, Profinet, Profibus, MPI, Modbus, FDL, DDE, DCOM, OPC

#### Μονάδες HMI

- Γραφικό σύστημα για απεικόνιση και επεξεργασία ορισμένων από τον χρήστη χρησιμοποιώντας αντικείμενα pixel-graphic (Windows, OLE, OCX, ActiveX αντικείμενα), με τη δυνατότητα να γίνονται όλες οι ιδιότητες δυναμικές και με on line configuration. Μία βιβλιοθήκη function block χρησιμεύει ως βοήθημα για τη δημιουργία εικονιδίων.
- Σύστημα σήμανσης για την ανίχνευση και αρχειοθέτηση γεγονότων με δυνατότητες απεικόνισης και ελέγχου. Κατηγορίες μηνυμάτων ελεύθερης επιλογής, απεικόνιση μηνύματος και καταχώρηση, ταξινόμηση ελεύθερης επιλογής όταν είναι κάποιος on line.
- Αρχειοθέτηση process data για ανίχνευση, αρχειοθέτηση και συμπίεση μετρούμενων τιμών, για παράδειγμα για απεικόνιση καμπύλων και πινάκων και άλλες διαδικασίες, κεντρική αποθήκευση δεδομένων σε archive server.
- Σύστημα αναφοράς και καταχώρησης για τα χρονικά ελεγχόμενα ή οδηγούμενα από τα συμβάντα μηνύματα, καταχωρήσεις χειριστών, περιεχόμενα αρχείων και τρέχοντα δεδομένα στη μορφή των αναφορών χρηστών (process data) ή τεκμηρίωση εφαρμογής σε ευέλικτη διάταξη ελεύθερης επιλογής.
- Λειτουργίες διαδικασιών για τη σχηματοποίηση εφαρμογών και τη σύνταξη κειμένων (script) χρησιμοποιώντας Visual Basic Script ή ANSI-C.
- Τυποποιημένα interfaces από το περιβάλλον των Windows 32/64 bit είναι εσωτερικά κομμάτια της τυποποιημένης βάσης δεδομένων του συστήματος ελέγχου Microsoft SQL Server 2000 για την σχηματοποίηση και επεξεργασία δεδομένων με δυνατότητα πρόσβασης μέσω ODBC ή OLE-DB.
- Διασυνδέσεις προγραμματισμού (API) είναι διαθέσιμες για όλες τις μονάδες εφαρμογής του συστήματος ελέγχου και παρέχουν τη δυνατότητα για την προσπέλαση δεδομένων και λειτουργιών. Μία βιβλιοθήκη λειτουργιών επιτρέπει τον προγραμματισμό ανεξάρτητων εφαρμογών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να επεκταθεί η βασική λειτουργικότητα.
- Ανοιχτές συνδέσεις διεπαφής (interfaces)
- Είναι δυνατή η απεικόνιση μέχρι 25 παραθύρων γραφικών ανά image και 80 καμπυλών ανά παράθυρο.
- Μέχρι 50.000 μηνύματα και 10x256 κείμενα μηνυμάτων μπορούν να δημιουργηθούν
- Η πρόσβαση στις λίστες δεδομένων γίνεται μέσω τυποποιημένης διασύνδεσης βάσης δεδομένων (ODBC/SQL), C-API ή OLE-DB.
- Ενσωμάτωση μπλοκ εφαρμογών Windows (ActiveX controls)
- Μεταφορά δεδομένων μέσω άλλων προγραμμάτων Windows μέσω διασύνδεσης OPC.
- Βοηθοί επέκτασης εφαρμογών μέσω βοηθών χρηστών και Visual Basic
- Διασύνδεση προγραμματισμού API με πρόσβαση σε λειτουργίες ελέγχου συστήματος.
- Σύνδεση με κάθε είδους ευρέως διαδεδομένου PLC
- Διαχείριση χρηστών με 999 ομάδες εξουσιοδότησης και 128 ομάδες χρηστών

#### Ενιαίο interface προσαρμοσμένο στα Windows

Με το σύστημα ελέγχου, μπορεί να γίνει διαφανής διαχείριση των συμβάντων και βελτιστοποίηση μέσω ανεξάρτητα παραμετροποιημένων interfaces. Διαθέσιμες λειτουργίες μπορούν να διασφαλίσουν την επαρκή και αξιόπιστη λογική εκτέλεσης των διαδικασιών. Η σχεδίαση του user interface προσφέρει ευέλικτη και κατάλληλη απεικόνιση της διαλογικής λειτουργίας του process. Για καλύτερη εποπτεία η απεικόνιση μπορεί να επιμεριστεί σε τομέα γενικής εποπτείας, τομέα εργασίας και τομέα πλήκτρων. Θα διατίθενται βοηθοί (wizards) για να δημιουργούν αυτόματα έναν εργονομικό επιμερισμό των οθονών προσαρμοσμένο στις διαδικασίες

και να δομούν ιεραρχικά τα process images. Πρότερα σχηματοποιημένα εικονίδια θα μπορούν να μετακινηθούν στο διαθέσιμο χώρο χρησιμοποιώντας το ποντίκι του υπολογιστή.

Όλες οι απεικονίσεις μπορούν να επιλεχθούν απ' ευθείας χρησιμοποιώντας ευρέως εφαρμόσιμους και αποδεκτούς συνδυασμούς πλήκτρων. Υπάρχει επίσης η δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν άλλες εφαρμογές καθορίζοντας αντίστοιχες συνεκτικές περιοχές OLE. Επιπρόσθετα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν αντικείμενα OCX/ActiveX. Με αυτό τον τρόπο είναι δυνατή η ομοιογενής ενσωμάτωση της λειτουργικότητας άλλων προγραμμάτων στο user interface του συστήματος ελέγχου.

Είναι απαραίτητο να μη γίνεται επικάλυψη των οθονών, δηλαδή για παράδειγμα τα εικονίδια εμφανίζονται ή κρύβονται σύμφωνα με το μέγεθός τους ή το επίπεδο της παραμετροποιημένης οθόνης. Αυτό διασφαλίζει ότι ο χειριστής μπορεί άμεσα να αναγνωρίσει και να ανταποκριθεί σε σημαντικά μηνύματα, όπως για παράδειγμα πεδία τιμών ή συναγευμών. Τα process images θα μπορούν να μεγεθυνθούν χρησιμοποιώντας το ποντίκι (zooming), ενώ τομείς της οθόνης θα μπορούν να μετακινηθούν (panning).

Το σύστημα ελέγχου χρησιμοποιεί γενικά για την εισαγωγή στοιχείων τους ακόλουθους πολύ οικείους τρόπους από το περιβάλλον των Windows: πληκτρολόγιο, ποντίκι, οθόνη επαφής ή πληκτρολόγιο οθόνης. Όταν ο κέρσορας τοποθετείται πάνω από ένα ελέγξιμο αντικείμενο, τότε αυτό πρέπει να αλλάζει εμφάνιση.

Το σύστημα ελέγχου μπορεί να καταγράφει την πρόσβαση των χειριστών στις μεταβλητές. Η ημερομηνία, η ώρα, το όνομα του χρήστη, η παλιά τιμή της μεταβλητής και η νέα τιμή καταγράφονται. Με αυτό τον τρόπο μπορούν να ιχνηλατούνται εισαγωγές που κάνουν οι χειριστές ειδικά σε κρίσιμες καταστάσεις διαδικασιών. Έτσι, το σύστημα ελέγχου πρέπει να οδηγεί τον χειριστή να απαλείψει ακριβώς το σφάλμα σε κρίσιμες καταστάσεις, ώστε να προλαμβάνονται χρόνοι σταματήματος μηχανών. Με την προσπέλαση συγκεκριμένου συναγευμού ο χειριστής οδηγείται αυτόματα στην οθόνη που απεικονίζεται το σφάλμα.

Επιλογή online παραμετροποίησης

Ένα απαιτούμενο είναι να υπάρχει σύστημα παραμετροποίησης ενσωματωμένο στο υπόλοιπο σύστημα, το οποίο επιτρέπει στο χειριστή να προσαρμόσει το αντικείμενο των λειτουργιών και τη λειτουργικότητα σε όποιες διαφοροποιημένες ανάγκες, χωρίς να χρειάζονται εξειδικευμένες γνώσεις προγραμματισμού. Το σύστημα πρέπει να προσφέρει την επιλογή να γίνεται αυτή η παραμετροποίηση online. Στην πράξη αυτό σημαίνει ότι ο αντίστοιχος editor να μπορεί να τρέχει σε ένα δεύτερο παράθυρο κατά τη διάρκεια της λειτουργίας και ο μηχανικός να κάνει τις αλλαγές στην εφαρμογή, χωρίς να αποσυνδέεται από τη διαδικασία λειτουργίας και χωρίς να επηρεάζει τις δραστηριότητες που τρέχουν από πίσω. Επιπρόσθετα, θα πρέπει να μπορεί να κάνει αλλαγές διαμόρφωσης στον client.

Το σύστημα είναι βασισμένο σε μοντέλο προσανατολισμένο στο αντικείμενο, που προσφέρει το σαφές πλεονέκτημα της όσο το δυνατό πιο ρεαλιστικής απεικόνισης του πραγματικού κόσμου, δηλαδή των τεχνολογικών διαδικασιών, στον κόσμο της πληροφορικής.

Προστασία έναντι μη εξουσιοδοτημένης παρέμβασης

Είναι δυνατή η προστασία κάθε λειτουργίας και διαδικασίας, των αρχείων και του συστήματος ελέγχου από την μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση. Τέτοια παραδείγματα μπορούν να είναι η αλλαγή των setpoints, η επιλογή οθόνης ή η ανάκληση του λογισμικού διαμόρφωσης από την κατάσταση λειτουργίας. Υπάρχουν διαφορετικά επίπεδα πρόσβασης τα οποία επιτρέπουν τη δημιουργία ενός σχήματος ιεραρχίας στην προστασία πρόσβασης, όπως είναι τα αποκλειστικά δικαιώματα για διαφορετικούς χειριστές. Ο κωδικός και το όνομα χρήσης καθορίζουν τα δικαιώματα πρόσβασης του χειριστή. Αυτά μπορούν, επίσης, να επανακαθοριστούν και όταν το σύστημα βρίσκεται σε κατάσταση λειτουργίας, με τη χρήση κατάλληλου εργαλείου διαχείρισης. Η εγκυρότητα του κωδικού πρόσβασης και του ονόματος χρήστη θα λήγει μετά από την πάροδο χρονικού διαστήματος που δεν προκύπτει δραστηριότητα. Με αυτό τον τρόπο το σύστημα ελέγχου διασφαλίζει ότι μόνο εξουσιοδοτημένοι χειριστές μπορούν να προχωρήσουν σε κρίσιμες επεμβάσεις και ότι η όλη διαδικασία τρέχει αξιόπιστα.

Ανοιχτή αρχιτεκτονική και δυνατότητα ενσωμάτωσης

Είναι δυνατή η ενσωμάτωση standard Windows εφαρμογών, όπως είναι το Ms Excel, Ms Word και Ms Access με χρήση standard μηχανισμών OLE/ActiveX, ODBC/SQL. Κάθε πρόγραμμα χρήσης (για παράδειγμα ανεξάρτητη διαχείριση δεδομένων, ανάλυση, βελτιστοποίηση διαδικασιών) πρέπει να λειτουργεί μαζί με το σύστημα ελέγχου μέσω του ενσωματωμένου interface προγραμματισμού C και μετά να χρησιμοποιεί τα δεδομένα και τις λειτουργίες του συστήματος ελέγχου.

Το σύστημα ελέγχου διαθέτει τη δυνατότητα OPC, προκειμένου να επιτρέπονται οι επικοινωνίες μεταξύ εξοπλισμού διαφορετικών κατασκευαστικών οίκων. Τα τρέχοντα process data πρέπει να είναι διαθέσιμα σε άλλους υπολογιστές και εφαρμογές, ώστε κάθε υπολογιστής που είναι συνδεδεμένος στο δίκτυο να μπορεί να προσπελάσει όλα τα δεδομένα του συστήματος. Η χρήση μιας standard βάσης δεδομένων (Microsoft SQL Server 2000) απαιτείται για την αποθήκευση (με προστασία εγγραφής) όλων των δεδομένων διαμόρφωσης, όπως λίστες μεταβλητών και κείμενα μηνυμάτων, καθώς και τρέχοντα process data όπως μηνύματα, μετρήσιμες

τιμές και δεδομένα χρήστη, ώστε να είναι εφικτή η προσπέλαση της βάσης δεδομένων μέσω interface προγραμματισμού C-API ή OLE-DB. Οι εργασίες ανάπτυξης θα διευκολύνονται από την αυτοματοποίηση των βημάτων εργασίας και την επέκταση του περιβάλλοντος διαμόρφωσης με την χρήση του standard εργαλείου Visual Basic for Applications.

Είναι σημαντικό το σύστημα ελέγχου να μπορεί να προσφέρει τη δυνατότητα ομοιογενούς ενσωμάτωσης άλλων εφαρμογών στο interface του χρήστη για τη λειτουργία των διαδικασιών. Οι εφαρμογές Windows μαζί με OLE Custom Controls (32 bit OCX objects) ή ActiveX Controls μπορούν να ενσωματωθούν στην εφαρμογή του συστήματος ελέγχου σαν να ήταν αντικείμενα του ίδιου του συστήματος. Θα πρέπει να είναι δυνατή η χρήση ANSI-C script γλώσσας και Visual Basic Scripting για την ενεργοποίηση γραφικών αντικειμένων.

Αντίδραση συστήματος σε περιπτώσεις σφαλμάτων

Μετά την απομάκρυνση σφάλματος (π.χ. με επανεκκίνηση PC) η επιστροφή του συστήματος σε λειτουργία πρέπει να γίνεται αυτόματα σε τέτοιο βαθμό, ώστε να μη χρειάζεται η επέμβαση του χειριστή. Σε αυτή τη διάρκεια το process image πρέπει να αναβαθμιστεί, ενώ κενά στη συγκέντρωση δεδομένων πρέπει να επισημαίνονται.

Λογισμικό συστήματος

Βάση δεδομένων

Σαν βάση δεδομένων χρησιμοποιείται η Microsoft SQL Server για τη διαχείριση των αρχείων και των παραμέτρων του συστήματος. Επιπρόσθετα στην απαιτούμενη απόδοση της βάσης δεδομένων πρέπει να υπάρχει η δυνατότητα για μεταβολή ή δημιουργία νέων εφαρμογών. Η επιλεγμένη βάση δεδομένων και των εργαλείων που χρειάζεται ο ανάδοχος στα πλαίσια της ανάπτυξης της εφαρμογής πρέπει να ονομαστούν κατά την προσφορά.

Σύστημα γραφικών (graphics system)

Το σύστημα γραφικών του συστήματος ελέγχου διαχειρίζεται όλα τα εισερχόμενα και εξερχόμενα στοιχεία στην οθόνη κατά τη λειτουργική διαδικασία. Οι οθόνες για τη γραφική απεικόνιση της εγκατάστασης και του ελέγχου θα αποτελούνται από απλά αλλά και πιο σύνθετα γραφικά αντικείμενα. Αυτά βρίσκονται ενσωματωμένα στις οθόνες κατά τη φάση διαμόρφωσης με τη βοήθεια graphic editor που είναι μέρος του συστήματος ελέγχου. Πρέπει να υπάρχει ποικιλία αντικειμένων για τη δημιουργία και λειτουργία μιας ελκυστικής οθόνης διεπαφής.

Η εμφάνιση όλων των γραφικών εξαρτημάτων είναι δυναμικά ελεγχόμενη. Παράμετροι όπως η γεωμετρία, το χρώμα, το σχέδιο κλπ. μπορούν να διαχειριστούν από τιμές μεταβλητών ή από προγράμματα. Αυτό επιτρέπει στο χειριστή να αλλάξει το χρώμα της γραμμής σε κόκκινο, πράσινο ή μπλε, για παράδειγμα, ή να αλλάξει το μέγεθος του κύκλου ή να μετακινήσει μία ομάδα αντικειμένων γύρω στην οθόνη. Οθόνες καταστάσεων μπορούν να ελεγχθούν μέσω εναλλασσόμενης εμφάνισης και απόκρυψης αυτόνομων γραφικών αντικειμένων που υπερτίθενται. Με αυτό τον τρόπο η διαδικασία, η επεξεργασία στο σύστημα ελέγχου, οι ενέργειες και standard εφαρμογές Windows επηρεάζουν ενεργά την οθόνη. Το σύστημα ελέγχου έχει τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσει υπάρχοντα γραφικά και φωτογραφικό υλικό για τη δημιουργία εικονιδίου. Γραφικά αρχεία όπως BMP, WMF, EMF, GIF, JPG ή OLE θα μπορούν να εισαχθούν.

Επεξεργασία δεδομένων

Το σύστημα μηνυμάτων επεξεργάζεται τα αποτελέσματα λειτουργιών που ελέγχουν συγκεκριμένες ενέργειες της διαδικασίας στο επίπεδο του αυτοματισμού και στο γενικότερο σύστημα. Καταδεικνύει συναγερούς που σχετίζονται με συγκεκριμένα γεγονότα τόσο οπτικά όσο και ακουστικά και τα αρχειοθετεί ηλεκτρονικά ή και σε χαρτί. Υπάρχει η δυνατότητα για άμεση προσπέλαση των μηνυμάτων, ταξινόμησή τους και απόκτηση συμπληρωματικών πληροφοριών για κάθε ένα από αυτά, ώστε να διαχειρίζονται γρήγορα. Η δομή των μηνυμάτων θα μπορεί να οριστεί κατ' απαίτηση και να προσαρμοστεί στις ειδικές απαιτήσεις της εγκατάστασης. Ένα μήνυμα φτιάχνεται από ομάδες μηνυμάτων οι οποίες με τη σειρά τους μπορούν να περιέχουν μεταβλητές τιμές. Κάθε μήνυμα του έργου θα μπορεί να αρχειοθετηθεί σε 16 κλάσεις μηνυμάτων για κάθε ένα από τους 16 διαφορετικούς τύπους μηνυμάτων. Θα πρέπει να είναι εφικτό να διαμορφωθούν μέχρι 50.000 διαφορετικά μηνύματα. Το σύστημα ελέγχου θα πρέπει να δημιουργεί μηνύματα από:

- Ψηφιακές μεταβλητές που διαχειρίζονται από τον data manager στη λειτουργία μεταβλητών. Αυτές μπορεί να είναι εξωτερικές ή εσωτερικές μεταβλητές. Έτσι, μπορεί να γίνει η επεξεργασία ελεγχόμενων λειτουργιών και να προκληθούν μηνύματα από το σύστημα ελέγχου.

- Αναλογικές μεταβλητές: Ο χειριστής μπορεί να θέσει κάποια όρια τα οποία όταν παραβιαστούν κατά τη λειτουργία παράγεται μήνυμα.
- Έλεγχος συστήματος
- Ομάδες μηνυμάτων
- Λειτουργίες επεξεργασίας και ελέγχου
- Άφιξη δομών μηνυμάτων από τη διαδικασία, σύστημα αυτοματισμού, ενέργεια.

Το σύστημα μηνυμάτων αποτελείται από βραχυπρόθεσμη αρχειοθέτηση, δηλαδή οι παλιότερες εγγραφές διαγράφονται. Υπάρχει η δυνατότητα να γίνεται επιλογή κάποιων μηνυμάτων τα οποία θα μπορούν να αποθηκεύονται σε μακροπρόθεσμα βάση ημερησίως, εβδομαδιαία ή μηνιαίως. Το μέγεθος των αρχείων περιορίζεται μόνο από τη χωρητικότητα του σκληρού δίσκου. Το σύστημα πρέπει να ενημερώνει αυτόματα το χειριστή όταν μειωθεί κατά πολύ ο ελεύθερος χώρος στον σκληρό δίσκο. Σε συνεχές φόρτο εργασίας πρέπει το σύστημα να μπορεί να επεξεργαστεί μηνύματα με ρυθμό 100 μηνύματα/sec.

Το σύστημα ελέγχου αρχειοθετεί τις μετρήσιμες τιμές από το σύστημα αυτοματισμού. Οι μετρήσιμες τιμές μπορούν να αποκτούνται κυκλικά ή με τρόπο ελεγχόμενο από το γεγονός. Κάτι τέτοιο καθιστά δυνατή την απόκτηση τιμών εσωτερικών μεταβλητών, τιμών από οποιαδήποτε εφαρμογή και χειροκίνητες εισαγωγές. Η επεξεργασία τους μπορεί να δώσει μέσους όρους, αθροίσματα, ελάχιστες και μέγιστες τιμές ή μπορεί να ενταχθεί σε μια ενέργεια. Ο κύκλος καταγραφής μπορεί να οριστεί ελεύθερα. Ο κύκλος αρχειοθέτησης μπορεί να έχει την ίδια τιμή με τον κύκλο καταγραφής ή πολλαπλάσια τιμή. Μέσες τιμές, αθροίσματα, ελάχιστες και μέγιστες τιμές υπολογίζονται από τις τιμές που αποκτήθηκαν μεταξύ δύο κύκλων αποθήκευσης.

Για γρήγορη απόκτηση τιμών, αυτές μπορούν να αποθηκεύονται σε προσωρινό buffer στην κύρια μνήμη. Το σύστημα ελέγχου προσφέρει ποικίλες μεθόδους αρχειοθέτησης. Αρχειοθετεί μετρήσιμες τιμές κυκλικά ή οδηγούμενα από γεγονός, ανεξάρτητα ή σε ομάδες. Διακρίνονται οι εξής τρόποι:

- Συνεχής κυκλική αρχειοθέτηση
- Κυκλική επιλεκτική αρχειοθέτηση
- Μη κυκλική αρχειοθέτηση
- Αρχειοθέτηση μόνο μετά από αλλαγή

είναι δυνατό στους χειριστές του συστήματος να εκτελούν αλλαγές ή να δίνουν εντολές μέσω μιμικού διαγράμματος της εγκατάστασης ή άλλες οθόνες χειρισμού. Η επιτυχής εκτέλεση μιας εντολής επιβεβαιώνεται από το σύστημα μέσω μηνύματος ανάδρασης. Πρέπει να είναι δυνατό να οριστούν τα όρια του συστήματος ως φυσικές τιμές μέσω μιας οθόνης χειρισμού. Μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση περιορίζεται από το σύστημα μέσω προστασίας κωδικού.

#### Έλεγχος και απεικόνιση διαδικασιών

Με τις λειτουργίες αυτές ο χειριστής μπορεί να ελέγξει τη διαδικασία, να επέμβει σε αυτή και να ορίσει και να αλλάξει τις παραμέτρους του συστήματος και της διαδικασίας. Η όλη διαδικασία ελέγχεται και παρακολουθείται χρησιμοποιώντας τα ακόλουθα:

- Process images
- Πληροφορίες διαδικασίας
- Γραφήματα
- Σύστημα αξιολόγησης μηνυμάτων

Για να γίνει πιο εύχρηστο το σύστημα ελέγχου για τους χειριστές, τα process images οργανώνονται σε ιεραρχικές δομές:

- Εποπτεία εγκατάστασης
- Εποπτεία περιοχής
- Διάγραμμα εξαρτήματος εγκατάστασης
- Αναλυτική πληροφορία αντικειμένου

Ο editor γραφικών παρέχει λειτουργίες που συναντώνται σε γραφικά προγράμματα υψηλής απόδοσης. Περιλαμβάνονται, επίσης, λειτουργίες για την ακριβή θέση, ευθυγράμμιση, περιστροφή, δημιουργία ειδώλου και αντιγραφή ιδιοτήτων γραφικού αντικειμένου, για παράδειγμα ομαδοποίηση, δημιουργία ομάδων και εισαγωγή ή ενσωμάτωση εξωτερικά διαμορφωμένων κειμένων και γραφικών (BMP, WMF, EMF, GIF και JPG μορφής ή μέσω OLE). Η δυνατότητα να είναι ανοιχτές διάφορες οθόνες ταυτόχρονα επιτρέπει και τη γρήγορη αντιγραφή μεταξύ των διαφόρων οθονών, μέσω πληκτρολογίου ή drag & drop.

Για ομαδοποιημένα αντικείμενα ο Σχεδιαστής Γραφικών επιτρέπει τη μεταβολή των ιδιοτήτων ανεξάρτητων αντικειμένων άμεσα χωρίς να χρειαστεί να χωριστούν. Επίσης, υπάρχει η δυνατότητα να ρυθμίζεται



ανεξάρτητα το interface χρήστη του Graphic Designer. Το μέγεθος και η θέση των διαφορετικών παλετών χρωμάτων, η εστίαση, η συμμόρφωση λειτουργιών, οι τύποι αντικειμένων και τα στυλ μπορεί να διαφέρουν. Αν χρειάζεται, κάποιες παλέτες που δεν χρησιμοποιούνται να μπορούν απλά να κρυφτούν. Συχνά χρησιμοποιούμενες λειτουργίες απεικονίζονται σαν εικονίδια στη γραμμή εργαλείων.

Για τα περισσότερα από τα αντικείμενα υπάρχουν διάλογοι διαμόρφωσης που επιτρέπουν την παραμετροποίηση των σημαντικών ιδιοτήτων του αντικειμένου μέσα σε ένα κουτί διαλόγου. Το κουτί διαλόγου να εμφανίζεται μόλις το αντίστοιχο αντικείμενο τοποθετηθεί στην εικόνα. Επιπρόσθετα, ο Σχεδιαστής Γραφικών έχει τη δυνατότητα να χειριστεί δυναμικά όλες τις ιδιότητες ενός αντικειμένου. Οι δυναμικές ιδιότητες να είναι μαρκαρισμένες με έντονο χρώμα για να ξεχωρίζουν εύκολα μέσα στο πλαίσιο ιδιοτήτων. Ο Σχεδιαστής γραφικών υποστηρίζει διαμόρφωση σε 32 τουλάχιστον επίπεδα. Για σύνθετες εικόνες με πολλά επικαλυπτόμενα αντικείμενα, τα διαφορετικά επίπεδα να μπορούν να κρυφτούν για να ξεκαθαρίζει η οθόνη. Όταν δημιουργούνται τα αντικείμενα αυτά θα αποθηκεύονται σε βιβλιοθήκη από την οποία θα ανακαλούνται. Το σύστημα ελέγχου αναγνωρίζει μία «παγκόσμια» βιβλιοθήκη και μία βιβλιοθήκη εφαρμογής και μία βιβλιοθήκη λειτουργιών που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη διαμόρφωση ενεργειών.

#### Απεικονίσεις καμπυλών

Αρχειοθετημένες τιμές να μπορούν να απεικονιστούν σε καμπύλες RTT, σε πίνακες και σε αναφορές. Όπως τα παράθυρα μηνυμάτων, έτσι και τα παράθυρα καμπυλών θα διαθέτουν μπάρα εργαλείων για χειρισμούς. Εξουσιοδοτημένοι χειριστές να μπορούν να παραμετροποιούν on line π.χ. να αλλάζουν τα χρώματα των καμπυλών και να ξανά-ομαδοποιούν ομάδες.

#### Καταγραφή/αξιολόγηση/αναγνώριση μηνυμάτων

Η λίστα μηνυμάτων μπορεί να απεικονιστεί σε παράθυρο μηνυμάτων και τα στάτους των μηνυμάτων να διαχωριστούν κάθε στιγμή με χρώμα. Διαφορετικά παράθυρα μηνυμάτων μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μια εφαρμογή στο σύστημα ελέγχου. Θα είναι δυνατοί οι δύο ακόλουθοι τρόποι απεικόνισης σε ένα παράθυρο μηνυμάτων:

- Δυναμικό παράθυρο: Αυτή η όψη περιέχει μηνύματα που μόλις εμφανίστηκαν ή που εκκρεμούν, ενώ μηνύματα που εκλείπουν να μπορούν να σβηστούν αυτόματα από την οθόνη.
- Παράθυρο μηνυμάτων με αρχειοθέτηση: Εδώ θα απεικονίζονται όλα τα μηνύματα που έχουν αρχειοθετηθεί βραχυπρόθεσμα ή μακροπρόθεσμα, συμπεριλαμβανομένων αυτών που έχουν εκλείψει.

Μέσω interface προγραμματισμού τα μηνύματα μπορούν να επιλέγονται και να σημαίνονται ακουστικά σε μια κάρτα ήχου. Ο χειριστής μπορεί να κινείται με scroll ανάμεσα στα μηνύματα γραμμή γραμμή ή ανά σελίδα, προς τα εμπρός ή προς τα πίσω. Τα ορατά στην οθόνη μηνύματα να μπορούν να αναγνωριστούν ξεχωριστά ή συνολικά, ενώ το σύστημα μηνυμάτων θα μπορεί να προωθήσει τις αναγνωρίσεις στο σύστημα αυτοματισμού, ώστε το τελευταίο να αντιδράσει.

Διαφορετικά μηνύματα, κλάσεις μηνυμάτων και τύποι μηνυμάτων μπορούν να απενεργοποιηθούν και να ενεργοποιηθούν. Για παράδειγμα, αν ένα πρόβλημα του συστήματος προκαλεί τη μόνιμη παρουσία μηνύματος, ο χειριστής θα μπορεί να απενεργοποιήσει το μήνυμα ώστε να μην φαίνεται και να το ενεργοποιήσει ξανά όταν θα έχει αρθεί το σφάλμα.

Για κάθε μήνυμα και για κάθε εμφάνιση μηνύματος ο χειριστής μπορεί να εισάγει το δικό του κείμενο, το οποίο θα σώζεται με το μήνυμα και αργότερα θα καλείται ξανά. Το άτομο της επόμενης βάρδιας θα μπορεί να ενημερωθεί για τα γεγονότα της προηγούμενης βάρδιας ηλεκτρονικά.

Υπάρχει, επίσης, η δυνατότητα να μπορούν να σωθούν πληροφορίες στη διαμόρφωση του μηνύματος. Αυτές οι πληροφορίες θα υποστηρίζουν το χειριστή κατά την εμφάνιση του μηνύματος, ώστε να παρέχουν περισσότερες λεπτομέρειες για το συμβάν ή τον τρόπο άρσης του σφάλματος.

#### Σύστημα αναφοράς

Το σύστημα ελέγχου μπορεί να παρέχει ένα ολοκληρωμένο σύστημα αναφοράς Reports, το οποίο θα επιτρέπει την εκτύπωση των δεδομένων. Επιλέγοντας ελεύθερα τη διάταξη θα είναι δυνατή η εκτύπωση (κατά τη λειτουργία) για:

- Αναφορές συχνότητας μηνυμάτων
- Αναφορές αρχειοθέτησης μηνυμάτων
- Αρχεία αναφορών
- Αναφορές ενεργειών χειριστών
- Καταγραφές μηνυμάτων συστήματος



- Αναφορές χρήστη

Πριν αποσταλούν για εκτύπωση οι αναφορές μπορούν να διασώζονται σε αρχεία και να απεικονίζονται στην οθόνη. Κατά τη διαμόρφωση μπορεί να επιλεγθεί ποια αναφορά θα εκτυπωθεί και να οριστεί ωριαία, ημερήσια ή μηνιαία βάση. Η έκδοση της αναφοράς να μπορεί να οδηγηθεί από γεγονός, να συνδεθεί με συγκεκριμένη ώρα ή με συγκεκριμένη εισαγωγή από τον χειριστή.

Μπορεί να γίνεται δυναμική ρύθμιση των αναφορών. Επίσης, μπορούν να ενσωματωθούν σε μια αναφορά πίνακες, εικονίδια και γραφήματα, ενώ επιπρόσθετα των process data να ενσωματώνονται και εξωτερικά δεδομένα π.χ. μέσω ODBC αντικειμένων ή csv μορφής.

Το SCADA εγκαθίσταται σε H/Y Εξυπηρετητές (servers) βιομηχανικού τύπου

Προκειμένου να διασφαλιστεί η λειτουργικότητα του συνολικού συστήματος ακόμα και σε δύσκολες συνθήκες, κρίνεται απαραίτητη η χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών για τους servers, οι οποίοι θα έχουν κατάλληλες βιομηχανικές προδιαγραφές. Οι υπολογιστές αυτοί θα φέρουν την κατάλληλη σήμανση CE για χρήση σε χώρο γραφείου (EN 61000-6-3:2007) και βιομηχανικού περιβάλλοντος (EN 61000-6-1:2007, EN 61000-6-2:2005, EN 61000-6-4:2007, EN 61000-3-2:2006, EN 61000-3-2 A1:2009, EN 61000-3-2 A2:2009), ενώ συχνά απαιτείται και πιστοποίηση σύμφωνα με το πρότυπο ποιότητας ISO 9001.

Είναι κατάλληλοι για τοποθέτηση σε rack 19", ενώ μπορούν να εγκατασταθούν οριζόντια ή και κατακόρυφα. Οι υπολογιστές θα προσφέρουν προστασία έναντι της σκόνης με κατάλληλα φίλτρα και θα μπορούν να λειτουργούν συνεχώς 24 ώρες σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος μεταξύ 5 και +40 oC και σχετική υγρασία 5...80% στους 25oC. Τραντάγματα μέχρι 4 g και δονήσεις μέχρι 0,4 g κατά τη λειτουργία του υπολογιστή θα μπορούν να γίνουν ανεκτά, χωρίς να δημιουργήσουν πρόβλημα.

Ακόμη, πληρούν τα ακόλουθα τεχνικά χαρακτηριστικά:

Βαθμός προστασίας IP30 στο μπροστινό μέρος και IP20 στο οπίσθιο μέρος

Κύρια μνήμη DDR3-SDRAM, 2x16GB

Σκληρός δίσκος, 2x500 GB HDD SATA-RAID1(mirror) hot swap removable, DVD+/-RW

Ο υπολογιστής διαθέτει λειτουργίες εποπτείας και διάγνωσης για την εκτέλεση του προγράμματος, τη θερμοκρασία λειτουργίας και την ταχύτητα των ανεμιστήρων, ενώ LED στην εμπρόσθια όψη του θα δείχνουν την κατάσταση λειτουργίας, όσον αφορά την τροφοδοσία του μηχανήματος, την πρόσβαση στο σκληρό δίσκο, τη λειτουργία των ανεμιστήρων και τη θερμοκρασία. Επίσης πρέπει να πληροί την οδηγία ασφαλείας EN 60950-1:2006. Αυτοί οι Servers εγκαθίστανται σε:

Ικρίωμα εξυπηρετητών (rack) 19"

Περιγραφή / Προδιαγραφές Γενικά / Τεχνικά Χαρακτηριστικά

Ύψους 38 RU

CE MARK Τυποποίηση

Επιτρέπει την παθητική ψύξη των συστημάτων

KVM και κονσόλα 1U 17" για την διαχείριση των συστημάτων

Τροφοδοτικό αδιάλειπτης λειτουργίας (UPS) του ΚΣΕ

Τα προσφερόμενα UPS θα υποστηρίζουν τα PLC, τους servers και τις θέσεις εργασίας στο κέντρο έλεγχου

Η ΙΣΧΥΣ πρέπει να είναι τουλάχιστον 3KVA (Ενδεικτικά)

ΤΕΧΝΙΚΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

ΙΣΧΥΣ  $\geq$  3KVA

Τάση εισόδου 220V+15%-20%

Τάση εξόδου 220V+/- 3% (+μέγιστη,-ελάχιστη)

Κυματομορφή εξόδου Ημιτονική

Μέγιστη παραμόρφωση (THD) 5%

Μέγιστη υπερφόρτωση 125% με ΔΕΗ παρών και 110% σε λειτουργία με μπαταρίες για 10 λεπτά

Χρόνος αυτονομίας σε πλήρες φορτίο τουλάχιστον 20 λεπτά

Χρόνος μεταγωγής < 2msec

Απόρριψη θορύβου τουλάχιστο 120db

Φίλτρο εισόδου - εξόδου ΝΑΙ

Αντικεραυνική προστασία ΝΑΙ

Θερμοκρασία λειτουργίας 0-40°C

Υγρασία Τουλάχιστο 90%(non condensing)

Τύπος συσσωρευτών και σύστημα φόρτισης

Κλειστού τύπου μολύβδου, χωρίς συντήρηση, φορτιζόμενοι από φορτιστή ελεγχόμενο από μικροεπεξεργαστή  
Γαλβανική απομόνωση του φορτίου από τη ΔΕΗ

**ΑΣΦΑΛΙΣΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ**

Ενδεικτικές λυχνίες παρουσίας τάσεως ΔΕΗ

Ενδεικτικές λυχνίες τροφοδοσίας UPS από τους συσσωρευτές

Ενδεικτικές λυχνίες ετοιμότητας λειτουργίας UPS

Ενδεικτικές λυχνίες/ηχητικά σήματα για κατάσταση Alarm

Ενδείξεις: Ακουστικές - οπτικές ενδείξεις και ηλεκτρικές επαφές για σύνδεση στο PLC: υπερφόρτωση, battery low, λειτουργία UPS.

**ΑΥΤΟΕΛΕΓΧΟΣ**

Δυνατότητα συνεχούς αυτοελέγχου και αυτόματης ειδοποίησης με Alarm για τις πιο κάτω περιπτώσεις:

- Χαμηλής/υψηλής τάσης συσσωρευτές
- Ο χρόνος αυτονομίας πλησιάζει στο τέλος
- Τάση εισόδου-εξόδου του UPS χαμηλή, κατάσταση υπερφόρτωσης.
- Οι μπαταρίες θέλουν αντικατάσταση
- Εξάντληση χρόνου αυτονομίας

Υψηλή θερμοκρασία περιβάλλοντος / μετασχηματιστή

Υψηλή θερμοκρασία κυκλωμάτων UPS

Κάλυψη των προδιαγραφών αμφοτέρων των κατηγοριών A και B, ANSI/IEEE C 62.41 και 45.

Switching hubs και Δίκτυο ΚΣΕ

Δομές δικτύων-Γενικές αρχές

Για την εγκατάσταση ενός δικτύου LAN χρησιμοποιούνται διακλαδωτές (switches) και δρομολογητές (routers).

Οι δικτυακές λειτουργίες των Windows χρησιμοποιούνται όσο το δυνατό περισσότερο. Το τοπικό δίκτυο στα κέντρα ελέγχου σχεδιάζεται ως δίκτυο Ethernet σε συμφωνία με το πρότυπο IEEE 802.3/802.3u με 10/100 Base-T. Οι ανεξάρτητοι κόμβοι συνδέονται στο LAN μέσω switches.

Η διαδικασία διακλάδωσης επιτρέπει άμεση παράλληλη επικοινωνία σε διαφορετικούς κλάδους. Αυτό σημαίνει ότι το δίκτυο είναι διαιρεμένο σε διάφορους κλάδους με διαφορετικό φορτίο. Για το λόγο αυτό πρέπει να είναι εφικτή η τοπική επικοινωνία σε κάθε κλάδο ανεξάρτητα από τους υπόλοιπους κλάδους. Έτσι, στο συνολικό δίκτυο υπάρχει η δυνατότητα για δρομολόγηση διάφορων μηνυμάτων ταυτόχρονα. Τα switches διαθέτουν τη λειτουργία autosensing για να εξυπηρετήσουν περιπτώσεις διασύνδεσης συσκευών με διαφορετικούς ρυθμούς μετάδοσης (10Mbit/s ή 100Mbit/s).

Η κεντρική διαχείριση δικτύων είναι εφικτή με χρήση του SNMP (simple network management protocol).

Εξοπλισμός δικτύου όπως gateways, file servers και bridges ελέγχονται και διαχειρίζονται από κατάλληλο πρόγραμμα διαχείρισης δικτύων, το οποίο εξυπηρετεί εργασίες επέμβασης και συντήρησης σε εκτεταμένα δίκτυα.

Σε ένα τοπικό δίκτυο Ethernet μπορούν να συνδεθούν περισσότεροι από 1000 κόμβοι. Η φυσική διασύνδεση εξυπηρετείται από ηλεκτρικά καλώδια δικτύων ή εναλλακτικά από οπτικές ίνες. Πιθανές τοπολογίες δικτύων είναι αυτή του βρόγχου, της ευθείας, η δενδροειδής ή του αστέρα, ενώ προτιμάται η χρήση η τοπολογία των βρόγχων σε εφεδρεία.

Η συμβατική μετάδοση δεδομένων γίνεται είτε ηλεκτρικά μέσω καλωδίων συνεστραμμένων ζευγών και θυρών RJ 45 (τουλάχιστον κατηγορίας CAT 5-ISO/IEC11801) ή μέσω καλωδίων πολύτροπων οπτικών ινών (62.5/125μm).

Με τη χρήση εξοπλισμού WLAN η διαμόρφωση γίνεται με βάση το πρότυπο 802.11 b/g/a. Ο ρυθμός μετάδοσης μπορεί να μειώνεται σε προκαθορισμένα βήματα, ώστε να διατηρήσει την ασύρματη σύνδεση για μεγάλες αποστάσεις. Αυτό εντάσσεται στο πρότυπο IEEE 802.11 με ρυθμούς μετάδοσης ως 54 Mbit/s στα 2,4 GHz και 5 GHz.

Επιπρόσθετα, μπορεί το πρότυπο αυτό να επεκταθεί ώστε να περιλαμβάνει βιομηχανικό WLAN.

Προκαθορισμένοι ρυθμοί μετάδοσης χρησιμοποιούνται σε επιλεγμένους σταθμούς, για παράδειγμα το IWLAN επιτρέπει ντετερμινιστικό ρυθμό μετάδοσης βασισμένο στο μέσο μετάδοσης WLAN. Το IWLAN υποστηρίζει τον έλεγχο της σύνδεσης ενός σταθμού στο Σημείο Πρόσβασης (Access Point), ώστε να εφαρμοστούν άμεσα μέτρα στην περίπτωση διακοπής της σύνδεσης.

Οι δύσκολες συνθήκες εγκατάστασης και λειτουργίας του εξοπλισμού προϋποθέτουν τη χρήση στιβαρών συσκευών βιομηχανικών προδιαγραφών. Τα εξαρτήματα IWLAN πρέπει να έχουν βαθμό προστασίας IP65, να αντέχουν σε θερμοκρασίες λειτουργίας -200C ως +600C με υγρασία και να ικανοποιούν τις προδιαγραφές δόνησης και βίαιου τραντάγματος.

### Εξοπλισμός Δικτύων

Το σύνολο του εξοπλισμού θα τοποθετηθεί εντός του RACK 19”

Λογισμικό δικτύου Windows 7 (TCP/IP) ή ανώτερο

Δομημένη καλωδίωση τύπου CAT 6 και Patch Panels τερματισμού τύπου UTP RJ- 45.

### Μεταγωγείς (Switches)

ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ για Μεταγωγείς (Switches)

Switch rackmountable (σε ικρίωμα 19”), 1U.

Ταχύτητα μεταγωγής (forwarding rate)  $\geq 30$  Mpps.

Να διαθέτει  $\geq 24$  θύρες (ports) 10/100/1000 και  $\geq 2$  slots τα οποία να δέχονται θύρες 1000 Base-SX, 1000 Base-LX.

Τα απαιτούμενα 2 slots πρέπει να προσφέρονται επιπλέον των 24 θυρών και όχι μέσω της διπλής λειτουργίας κάποιων από τις 24 θύρες.

Να παραδοθεί με μία θύρα 1000 Base-SX.

Να παραδοθεί με καλώδιο οπτικής ίνας (optical patch-cord) που να επιτρέπει τη διασύνδεσή του με δεύτερο switch του ίδιου τύπου.

Autosensing, Autonegotiation.

Υποστήριξη IP Routing (Layer 3 Switching). Υποστήριξη Routing Information Protocol (RIP).

Υποστήριξη VLANs.

Υποστήριξη DHCP client, DHCP Server, DHCP Relay.

Να υποστηρίζει τα πρωτόκολλα Spanning Tree Protocol (802.1w), Link Aggregation Control Protocol (802.3ad).

Να υποστηρίζει Quality Of Service (τουλάχιστον βάσει του 802.1p Class of Service πρωτοκόλλου).

Να υποστηρίζει πιστοποίηση χρηστών βάσει του πρωτοκόλλου IEEE 802.1x, SSH/SSL κρυπτογραφημένη πρόσβαση και Access Control Lists (ACLs). Να υποστηρίζει port-based ACLs.

Να υποστηρίζει port security (έλεγχος πρόσβασης σε μία θύρα Ethernet βάσει της διεύθυνσης MAC της συνδεδεμένης συσκευής)

Manageable (υποστήριξη SNMP, Telnet, Web Interface). Να διαθέτει θύρα διαχείρισης (console port).

Router

## ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΑ ΖΕΥΓΟΙ

Υπάρχουν εφαρμογές στην πράξη, στις οποίες δεν επιτρέπετε η παραμικρή διακοπή στην παροχή ηλεκτρικής ενέργειας, όπως είναι για παράδειγμα:

ευαίσθητες βιομηχανικές και στρατιωτικές εγκαταστάσεις στους υπολογιστές κρατήσεως θέσεων μιας αεροπορικής εταιρίας στο σύστημα On-line μιας τράπεζας, στα χειρουργεία ενός νοσοκομείου στα τηλεφωνικά/τηλεπικοινωνιακά κέντρα για τη διασφάλιση του αδιάλειπτου της επικοινωνίας

Επίσης υπάρχουν περιπτώσεις που το δίκτυο παροχής ηλεκτρικής ενέργειας (π.χ. της Δ.Ε.Η.) για πολλούς και διάφορους λόγους δεν μπορεί να μας εξυπηρετήσει, όπως συμβαίνει για παράδειγμα:

- σε μικρές (ορεινές ή νησιώτικες κυρίως) και απομονωμένες περιοχές
- στις υπαίθριες συναυλίες και εκδηλώσεις
- σε απομονωμένα σπίτια
- σε κατασκηνώσεις



### Σχήμα– Ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος του 1880

Για όλους τους παραπάνω λόγους και περιπτώσεις κατασκευάζονται και χρησιμοποιούνται ειδικά ζεύγη μηχανών - μιας κινητήριας μηχανής και μιας ηλεκτρογεννήτριας – και τοποθετούνται οπουδήποτε τα έχουμε ανάγκη.

Το κύριο πλεονέκτημά τους είναι ότι μετακινούνται εύκολα , παράγουν ηλεκτρική ενέργεια, τα οποία λέγονται Ηλεκτροπαραγωγά Ζεύγη (Η/Ζ)

Το πρώτο ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος δημιουργήθηκε στα τέλη της δεκαετίας του 1880.

Μεταφερόταν με άλογα στον τόπο φωτισμού και χρησιμοποιούσε μια ατμομηχανή για την κίνηση της ηλεκτρικής γεννήτριας. Η παρεχόμενη στη λάμπα ήταν ισχύς 4KW. Τα ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη αυτά, παράδειγμα οποίου μπορούμε να δούμε στο επόμενο σχήμα, λειτουργούσαν μέχρι και την δεύτερη δεκαετία του 20ού αιώνα.

Σήμερα κατασκευάζονται Η/Ζ σε διάφορα μεγέθη και τύπους, ανάλογα με το σκοπό και την ισχύ τους, το είδος του ρεύματος που παράγουν κ.α. Άλλο Η/Ζ θα χρησιμοποιηθεί για παράδειγμα για την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας σε περίπτωση ανάγκης σε ένα νοσοκομείο και άλλο για ένα απομονωμένο σπίτι. Η ισχύς τους ξεκινά από 2kVA και μπορεί να φτάσει ως και τα 2.5 MVA.

Στα Η/Ζ μεγάλης ισχύος χρησιμοποιείται πετρελαιοκινητήρας με καύσιμο πετρέλαιο Diesel (ντιζελοκινητήρας), σχεδόν σαν αυτόν των πετρελαιοκίνητων αυτοκινήτων, αλλά με μεγαλύτερη ιπποδύναμη, ενώ στα Η/Ζ μικρής ισχύος ένας μικρός βενζινοκινητήρας. Αυτό έχει άμεση σχέση βέβαια και με το κόστος λειτουργίας των Η/Ζ, τα οποία για μεγάλες ισχύεις διαθέτουν μια τριφασική σύγχρονη γεννήτρια (εναλλακτήρα), ενώ για μικρότερες ισχύεις μια μονοφασική γεννήτρια (φορητή ηλεκτρογεννήτρια).

Στην παρούσα εργασία μας ενδιαφέρουν τα Η/Ζ μεγάλης ισχύος, τα οποία, είτε μόνα τους (1.3.a) είτε δύο ή περισσότερα μαζί (1.3.b), αποτελούν ουσιαστικά ένα μικρό θερμικό σταθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Τα ΗΖ χρησιμοποιούνται σε κάθε αντλιοστάσιο λυμάτων και σε εγκατάσταση Βιολογικών, Αφαλάτωσης και διυλιστηρίων

Για την συγκρότηση Η/Ζ μια τυπική διάταξη Η/Ζ αποτελείται από τα κάτωθι:

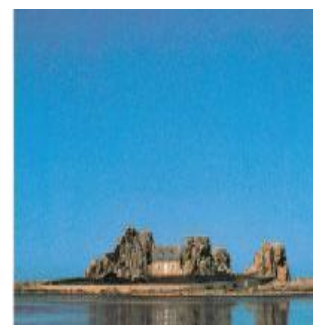
- Τον πετρελαιοκινητήρα.
- Τον εναλλακτήρα.
- Την ισχυρή κοινή βάση στήριξης.
- Τα αντικραδασμικά ελάσματα.
- Τον πίνακα λειτουργίας και ελέγχου.
- Την ημερήσια δεξαμενή καυσίμου.
- Έναν τριπολικό ασφαλειοδιακόπτη ισχύος, τοποθετημένο εντός ειδικού μεταλλικού καλύμματος, το οποίο διαθέτει εσοχές για την υποδοχή των καλωδίων καθώς και αντικραδασμικά στην βάση στήριξής του.
- Ένα εργοστασιακό ανορθωτικό σύστημα φορτίσεως συσσωρευτών (φορτιστής – συντηρητής) τροφοδοτούμενο από την ΔΕΗ (όταν αδρανεί το Η/Ζ).



(a)



(b)



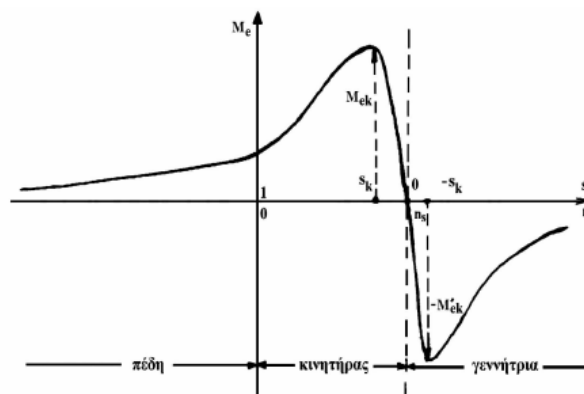


Σχήμα – Η/Ζ μεγάλης (α) και μικρότερης (β) ισχύος

Κινητήρας Diesel (Τυπικές τιμές)

Ο πετρελαιοκινητήρας είναι τετράχρονος, υδρόψυκτος, 3κύλινδρος με διάταξη κυλίνδρων εν σειρά και λειτουργεί στα 50Hz - 1500 rpm. Ο συνολικός κυβισμός του θα ανέρχεται στα 3,3 λίτρα, η αναπνοή του θα είναι NA (naturally aspirated), και θα φέρει τον παρακάτω εξοπλισμό:

- Πλήρες σύστημα κλειστής κυκλοφορίας νερού που θα περιλαμβάνει:
  - Κυψελωτό ψυγείο ενισχυμένου τύπου με προστασίες, κατάλληλο για κλίματα με θερμοκρασίες περιβάλλοντος έως και 50°C.
  - Ανεμιστήρα για την ψύξη του ανωτέρω ψυγείου με προστατευτικά πλέγματα.
  - Φυγοκεντρική αντλία κυκλοφορίας νερού.
  - Θερμοστατική βαλβίδα ή θερμόμετρο για το σύστημα προστασίας σε περίπτωση υπερθερμάνσεως του νερού ψύξεως με αυτόματη διακοπή της λειτουργίας του πετρελαιοκινητήρα σε περίπτωση κινδύνου.
  - Θερμοστάτης σταθεροποίησης θερμοκρασίας νερού κινητήρα εν ώρα λειτουργίας.
- Πλήρες σύστημα λιπάνσεως που περιλαμβάνει:
  - Γραναζωτή αντλία.
  - Ψυγείο λαδιού λιπάνσεως για την ψύξη του λαδιού με την βοήθεια του κυκλοφορούντος νερού ψύξεως.
  - Φίλτρο λαδιού, εύκολα ελεγχόμενο - με στοιχείο που θα μπορεί να αντικατασταθεί.
  - Σύστημα προστασίας μέσω πρεσοστατικής βαλβίδας σε περίπτωση χαμηλής πίεσης λαδιού με αυτόματη διακοπή της λειτουργίας του πετρελαιοκινητήρα σε περίπτωση κινδύνου.
- Πλήρες σύστημα τροφοδοτήσεως καυσίμου που περιλαμβάνει:
  - Βοηθητική αντλία προσαγωγής καυσίμου.
  - Κύρια αντλία καταθλίψεως καυσίμου.
  - Κύριο φίλτρο.
- Η ρύθμιση των στροφών επιτυγχάνεται με τον μηχανικό ρυθμιστή στροφών.
- Πλήρες ηλεκτρικό σύστημα εκκινήσεως που θα περιλαμβάνει:
  - Εναλλακτήρα ενισχυμένου τύπου (AC).
  - Σύστημα ενισχυμένου εκκινήτηρα (μίζας) τάσεως 12V.
  - Συστοιχία συσσωρευτών κλειστού τύπου, ικανής χωρητικότητας, με δυνατότητα επτά (7) αλληλάλληλων εκκινήσεων του πετρελαιοκινητήρα μετά από διακοπή μερικών δευτερολέπτων.
  - Εργοστασιακό ανορθωτικό σύστημα αυτόματης λειτουργίας για την φόρτιση - συντήρηση των συσσωρευτών το οποίο θα τροφοδοτείται από την φάση της ΔΕΗ όταν αδρανεί το Η/Ζ.
- Σύστημα εισαγωγής αέρα που θα περιλαμβάνει:
  - Φίλτρο αέρα, μονού στοιχείου, κλειστού τύπου.
  - Δείκτη συντήρησης του φίλτρου.

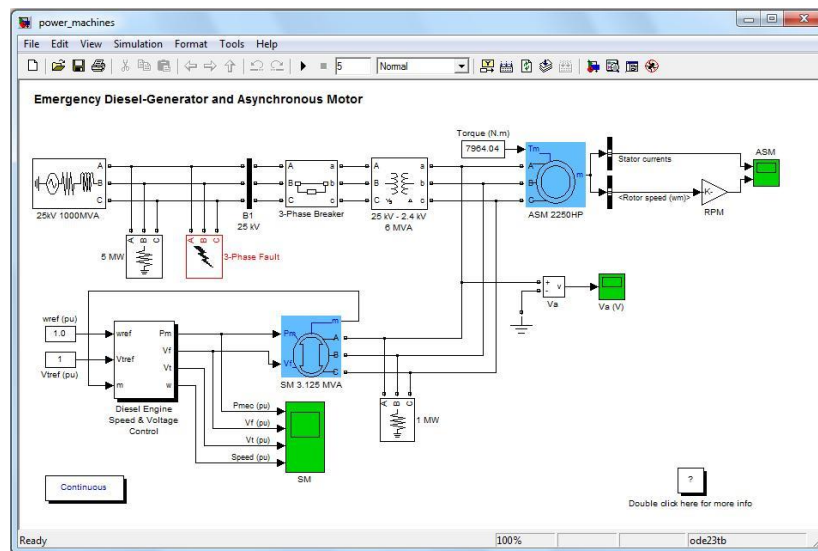




Σχήμα 2.3 – Χαρακτηριστική ροπής-ταχύτητας Α.Μ (ασύγχρονης μηχανής)

### Εναλλακτήρας

- Ο εναλλακτήρας είναι τριφασικός, 12 αγωγών, με αύξηση θερμοκρασίας εφεδρικής λειτουργίας στους 130°C (Class F), με αυτοδιέγερση της περιέλιξης (Self - Excited), με αυτορρύθμιση ηλεκτρονική, τύπου BRUSHLESS χωρίς ψήκτρες, συλλέκτες ή δακτυλίους.
- Θα είναι εφοδιασμένος με αυτόματο ρυθμιστή και σταθεροποιητή τάσης (AVR) που θα διατηρεί την τάση σταθερή εντός περιοχής  $\pm 0,5\%$  της ονομαστικής τιμής των 400V σε οποιαδήποτε μεταβολή



φορτίου με σύγχρονη μεταβολή της συχνότητας κατά  $\pm 0,25\%$  και το συντελεστή ισχύος από 0,8 έως 1. Ο χρόνος αποκατάστασης της τάσης δεν θα πρέπει να ξεπερνά τα δύο (2) sec.

- Η τάση στα άκρα του εναλλακτήρα θα είναι 230/400V, με δυνατότητα προ-ρύθμισης στις τιμές 231/400V συχνότητας 50Hz στις 1500RPM και συνδεσμολογία “αστέρα” με ξεχωριστή μπάρα ουδετέρου.
- Ο τύπος μόνωσης (insulation) απαράκλητα θα πρέπει να είναι Class H.
- Η γενική δομή του εναλλακτήρα θα είναι απλή και σύμφωνα με τους Αγγλικούς κανονισμούς BSS, τους Γερμανικούς VDE κ.α
- Η προστασία θα είναι IP23 δηλαδή κλειστού τύπου, προστατευμένος σε περίπτωση σταγόνων νερού έως 60°C κατακόρυφα, με προφυλαγμένα ανοίγματα στα άκρα του για τον αυτό-αερισμό του και κιβώτιο ακροδεκτών τελείως κλειστό IP33.
- Ικανότητα ανάληψης άνω του 80% του φορτίου σε ένα (1) βήμα απαράκλητα.

### Ζεύξη – Αντικραδασμική βάση

Ο πετρελαιοκινητήρας και ο εναλλακτήρας συνδέονται μεταξύ τους σταθερά με την μεσολάβηση ισχυρού σύνδεσμο θαλάμου ο οποίος θα στερεωθεί με κατάλληλες βίδες και περικόχλια ώστε να σταθεροποιεί τον

εναλλακτήρα στον πετρελαιοκινητήρα απολύτως ομοαξονικά με συνέπεια ο άξονας του εναλλακτήρα να αποτελεί νοητή επέκταση του στροφαλοφόρου άξονα του πετρελαιοκινητήρα.

Το ζεύγος πετρελαιοκινητήρας-εναλλακτήρας είναι τοποθετημένο μέσω αντι-κραδασμικών, σταθερά πάνω σε ενισχυμένο πλαίσιο (βαρέως τύπου μεταλλική βάση) με κατάλληλα σημεία ανύψωσης .

#### Δεξαμενή καυσίμου

Το HZ συνοδεύεται από ενσωματωμένη ορθογώνια ημερήσια δεξαμενή καυσίμου κατάλληλης χωρητικότητας για 8ωρη συνεχή λειτουργία τουλάχιστον, υπό πλήρες φορτίο. Η δεξαμενή είναι εφοδιασμένη με ενδεικτικό όργανο στάθμης καυσίμου, στόμιο πληρώσεως λήψης πετρελαίου, αερισμού και εκκενώσεως.

#### Πίνακας ελέγχου και λειτουργίας

Ο πίνακας ελέγχου και λειτουργίας πρέπει να παρέχει ταυτόχρονο έλεγχο και απεικόνιση τόσο της λειτουργίας του κινητήρα όσο και της γεννήτριας. Η απεικόνιση επιτυγχάνεται μέσω οθόνης LCD, με ψηφιακές ενδείξεις, και διαθέτει ρυθμιζόμενη αντίθεση (contrast) για ευκολία στην χρήση.

Αποτελείται επίσης από:

- Δύο λυχνίες ενδεικτικής κατάστασης
- Τρία μπουτόν ελέγχου λειτουργίας (RUN/AUTO/STOP) με ενδεικτική λυχνία για το καθένα
- Ένα μπουτόν δοκιμής (TEST) για τις λυχνίες του πίνακα
- Ένα μπουτόν ‘αναγνώρισης’ πιθανόν σφαλμάτων
- Μπουτόν περιήγησης του μενού
- Ένα μπουτόν συντόμευσης για την απεικόνιση των παραμέτρων του κινητήρα
- Ένα μπουτόν συντόμευσης για την απεικόνιση των παραμέτρων της γεννήτριας

Η πρόσοψή του είναι κατασκευασμένη για προστασία βαθμού IP 56 και είναι ανθεκτικός μεταξύ άλλων σε χημικά, πετρέλαιο, έλαιο μηχανής κοκ. Είναι εύκολα επισκέψιμος για τον χρήστη και πληροί όλα τα διεθνή στάνταρ για την προστασία αυτού.

Οι κατ’ ελάχιστο ενδείξεις του θα είναι:

- Ενδείξεις τάσεως - τριφασική (L-L & L-N)
- Ενδείξεις καταναλώσεων (ανά φάση & μέσο όρο)
- Ένδειξη συχνότητας
- Ένδειξη τάσεως συσσωρευτών
- Ένδειξη ωρών λειτουργίας (ωρομετρητής)
- Ένδειξη θερμοκρασίας νερού
- Ένδειξη πίεσης λαδιού
- Ένδειξη στροφών κινητήρα
- Ιστορικό 20 καταγραφών - προειδοποιήσεων

Γενικές προστασίες με απλή προειδοποίηση ή κράτημα (shutdown) του H/Z όπως :

- Αποτυχία εκκίνησης
- Χαμηλή πίεση λαδιού
- Υψηλή θερμοκρασία κινητήρα
- Χαμηλή τάση μπαταρίας
- Υψηλή τάση μπαταρίας
- Αποτυχία λειτουργίας φορτιστή (εάν υπάρχει)
- Υπερτάχυνση
- Υποτάχυνση
- Αποτυχία επιθυμητής ταχύτητας κινητήρα (στροφές)
- Δυνατότητα απομακρυσμένης εκκίνησης
- Επιπλέον ψηφιακές επαφές εισόδου για προγραμματισμό και εμφάνιση επιπρόσθετων
- ασφαλιστικών

#### Ηχομονωτικό Κουβούκλιο

Το HZ είναι εξοπλισμένο με εργοστασιακό κουβούκλιο τύπου SAE (Sound Attenuated Enclosure) για προστασία από τα καιρικά φαινόμενα και μείωση της στάθμης θορύβου υπερκαλύπτοντας τις προδιαγραφές της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Ο σιγαστήρας εξάτμισης είναι τύπου Residential, για κατοικημένες περιοχές, με

δυνατότητα μείωσης θορύβου κατά 25dBA. Είναι τοποθετημένος εντός του ηχομονωτικού κουβουκλίου, σε ξεχωριστό διαμέρισμα λόγω των υψηλών θερμοκρασιών που αναπτύσσονται, μπροστά από το ψυγείο του Η/Ζ.

#### Εγκατάσταση

Η εγκατάσταση των γεννητριών περιλαμβάνει:

- Βάση από οπλισμένο σκυρόδεμα 2,5 m X 1,20 m X 0,20 m
- Πίνακα αυτομάτου μεταγωγής 3 X 45A με CE κατασκευής και συναρμολόγησης Πίνακα και Υλικών
- Ηλεκτρική σύνδεση γεννήτριας με πίνακα μεταγωγής και πίνακα τροφοδοσίας των ανλιών για τα κυκλώματα των ισχυρών ρευμάτων και των κυκλωμάτων αυτοματισμού.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το νερό τα πιο παλιά χρόνια ήταν γνωστό ως ελεύθερο αγαθό, αφού υπήρχε στη φύση αρκετό νερό για την κάλυψη όλων των τότε ανθρωπίνων αναγκών, οι οποίες ήταν μικρές. Σήμερα όμως, με την τρομακτική αύξηση του πληθυσμού, την ανάπτυξη της γεωργίας με την ευρεία έννοια και των λοιπών οικονομικών δραστηριοτήτων που αποβλέπουν στην ικανοποίηση των αναγκών του σύγχρονου ανθρώπου, το νερό έχει καταστεί ένα από τα σπουδαιότερα οικονομικά αγαθά. Μάλιστα σε πολλά μέρη του κόσμου έφθασε στο σημείο, η τιμή του ως οικονομικού αγαθού να μην καθορίζεται πλέον αποκλειστικά από το κόστος του αλλά από τη σπανιότητά του. Αυτή η εξέλιξη είναι ιδιαίτερα σημαντική και επικίνδυνη, αφού η τιμή των σπάνιων αγαθών καθορίζεται αυθαίρετα από εκείνους που ελέγχουν την προσφορά του.

Σήμερα το νερό θα πρέπει να το χειριζόμαστε όχι μόνο ως οικονομικό αγαθό, αλλά και ως κοινωνικό αγαθό που βρίσκεται σε ανεπάρκεια. Για το λόγο αυτό θα πρέπει να υπάρξει αυξημένη κρατική παρέμβαση. Το νερό όπως άλλωστε και όλους τους φυσικούς πόρους θα πρέπει να τους χρησιμοποιούμε ορθολογικά, γιατί η εξάντλησή τους ή η μόλυνσή τους είναι δυνατόν να τους στερήσει από τις μελλοντικές γενιές.

Το πρόβλημα της ανεπάρκειας των υδάτινων πόρων αποκτά ιδιαίτερη βαρύτητα στην περιοχή της Ελλάδας λόγω των κλιματικών συνθηκών, της ταχύτατης ανάπτυξης που βασίζεται στην υπερεκμετάλλευση των φυσικών πόρων περιλαμβανομένων και των υδάτων, στον τουρισμό και στην υπεράντληση των υδάτων για τη γεωργία. Η αντιμετώπιση της ανεπάρκειας των υδάτινων πόρων οδηγεί στην ανάγκη υιοθέτησης μιας πολιτικής ολοκληρωμένης διαχείρισης τους σε άμεση διασύνδεση με την

αναπτυξιακή διαδικασία. Η προσέγγιση αυτή διέπεται από τις αρχές της αειφόρου ανάπτυξης. Μόνο με αυτή την προσέγγιση μπορεί να υπάρξει μακροπρόθεσμη προοπτική για τη διαθεσιμότητα των υδάτων σε έναν τόπο.

Εκτιμάται, ότι εάν οι παρούσες τάσεις σε περιοχές της Ελλάδας εξακολουθούν να μένουν εκτός ελέγχου, και δε βελτιωθεί ο τρόπος διαχείρισης, η κατάσταση των υδατικών πόρων θα απειληθεί σοβαρά στις αμέσως επόμενες δεκαετίες ως αποτέλεσμα ενός διπλασιασμού των σημερινών δημογραφικών και οικονομικών μεγεθών. Προτεραιότητα, λοιπόν, έχει η συστηματική αντιμετώπιση των προβλημάτων διαχείρισης υδάτων με προγράμματα για κάθε χρονικό ορίζοντα. Τελικό ζητούμενο είναι η συγκρότηση των κατάλληλων μηχανισμών που με πολιτική βούληση, οικονομική υποστήριξη και κοινωνική συναίνεση να αντιμετωπίζουν αποτελεσματικά τις συνεχώς αυξανόμενες επιπτώσεις της ανάπτυξης στο περιβάλλον.

Παρά τις προσπάθειες που έχουν καταβληθεί και τα σημαντικά βήματα προόδου που έχουν πραγματοποιηθεί στο θέμα της προστασίας των υδατινών πόρων, της Ελλάδας, σχετικά με την αντιμετώπιση της ρύπανσης και τη βελτίωση της κατάστασης τους, η περιβαλλοντική ποιότητα των υδατικών πόρων παραμένει σε καλή κατάσταση. Οι δε απειλές κατά του υδατικού περιβάλλοντος εξακολουθούν να υφίστανται, και μάλιστα να είναι ιδιαίτερα σοβαρές: πτώχευση και υποβάθμιση της βιοποικιλότητας, εξαφάνιση ενδαιτημάτων, απώλεια οικοτόπων, ρύπανση από επικίνδυνες ουσίες και θρεπτικά στοιχεία, πιθανές μελλοντικές επιπτώσεις της αλλαγής του κλίματος, κ.ά..

Είναι αλήθεια ότι η Ε.Ε. δραστηριοποιείται, δυναμικά, στο χώρο της προστασίας των υδατικών πόρων, τόσο σε τοπικό επίπεδο, όσο και σε παγκόσμιο. Επιπλέον, στο πλαίσιο των τομεακών πολιτικών της, προωθεί φιλόδοξους και απαιτητικούς στόχους για τα ύδατα, όπως: αναστροφή της συρρίκνωσης της βιοποικιλότητας και εξάλειψη των προβλημάτων ευτροφισμού, εξάλειψη του φαινομένου των απορριμμάτων στις θάλασσες, μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της ναυτιλίας, επίτευξη αποτελεσματικότερης συνεργασίας μεταξύ των θεσμικών οργάνων και των περιφερειακών και παγκόσμιων συμβάσεων που χειρίζονται το υδατικό περιβάλλον, κ.ά.

Επιπλέον, η Οδηγία Πλαίσιο για τα νερά 2000/60 αποτελεί μοναδική ευκαιρία για την εξασφάλιση αειφόρου διαχείρισης των υδάτων και των οικοσυστημάτων στην επικράτεια της Ευρώπης. Ο βασικός στόχος της Οδηγίας είναι η καλύτερη κατάσταση από πλευράς ποιότητας και ποσότητας των υδατικών πόρων. Αποτελεί μια στροφή από τις παραδοσιακές στρατηγικές ενίσχυσης της προσφοράς σε στρατηγικές διαχείρισης της ζήτησης, δίνοντας προτεραιότητα στην εξοικονόμηση, τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας, καθώς και στις στρατηγικές προστασίας των υπόγειων υδάτων μέσω αειφόρων προσεγγίσεων.

Η ανάγκη για την ορθολογική διαχείριση του νερού είναι μέσα στο γενικότερο σχεδιασμό για την προστασία του περιβάλλοντος και την προώθηση της αειφόρου ανάπτυξης. Όπου η διαχείριση του νερού δεν ήταν αειφόρος, αυτό υποβαθμίστηκε. Πολιτισμοί παρήκμασαν και περιοχές ερήμωσαν. Τα πολλαπλά προβλήματα που παρουσιάστηκαν από την ανορθόδοξη διαχείριση καλείται σήμερα να επιλύσει ο σχεδιασμός διαχείρισης υδατικών πόρων με την εισαγωγή της αρχής της αειφορίας. Μόνο έτσι θα τεθούν οι πραγματικές βάσεις για ικανοποιητική διαχείριση του υδατικού δυναμικού της Ελλάδας, θα την προστατέψουν από τις ήδη ορατές απειλές που συνοδεύουν τη στενότητά του και θα εγγυηθούν την μακροπρόθεσμη ευημερία των χωρών που περικλείει.

Τα τελευταία χρόνια ενώ διατέθηκαν τεράστια κονδύλια για την διαχείριση των υδατινών πόρων στην πατρίδα μας, δομικές αδυναμίες που οφείλονται

- Στις πολιτικές παρεμβάσεις (κατανομή των κονδυλίων με γνώμονα όχι την αναγκαιότητα και την αειφορία και την χρησιμότητα των έργων)
- Ελλιπή και καθυστερημένη ενημέρωση (υφιστάμενη νοοτροπία και στον κοινωνικό πληθυσμό και στους φορείς διαχείρισης)
- Αδυναμία των διαχειριστικών φορέων (στελέχωση με το κατάλληλο τεχνικό δυναμικό)
- Νομικό πλαίσιο διαχείρισης αντιστοιχών έργων
- Συνολικό σχεδιασμό της αντιμετώπισης κατά περιοχή

Είχαν σαν αποτέλεσμα την απαξία παρά πολλών έργων.

Με δεδομένη την χρηματοδότηση από την Ευρωπαϊκή ένωση τουλάχιστον μέχρι το 2020 αντίστοιχων έργων

Πρέπει να βιαστούμε να τροποποιήσουμε τις αδυναμίες μας για να καταστούν τα έργα αυτά λειτουργικά και αποδοτικά.

Από τεχνικής πλευράς η συνεχής βελτίωση σε νέες τεχνολογίες οι οποίες συνίστανται στην

- Δημιουργία έργων με μείωση του κόστους παραγωγής και διαχείρισης
  - Χρησιμοποίηση τεχνολογιών energy efficient για την παραγωγή και διακίνηση των υδάτινων πόρων,
  - Εγκατάσταση συστημάτων αυτοματισμού για την συνεχή παρακολούθηση της ποιότητας με μειωμένο κόστος διαχείρισης,
  -
- Συστηματική παρακολούθηση της ποιότητας και των εγκαταστάσεων μέσω αντίστοιχων εργαλείων που παρουσιάστηκαν στην παρούσα διπλωματική
- Συνεχή καταγραφή δεδομένων από εργαλεία και αποθήκευση τους σε βάσεις δεδομένων για περαιτέρω επεξεργασία από τους αντίστοιχους επιστήμονες των εμπλεκόμενων κλάδων στην διαχείριση των υδάτινων πόρων

Δίνει στην επίτιμη μας και στην τεχνολογία κεντρικό ρόλο στην διαχείριση των υδάτινων πόρων.

## **ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ**

### **Χαρτογράφηση Δικτύου**

Η χαρτογράφηση ενός συστήματος διανομής νερού αποτελεί ένα σημαντικό μέρος του ενεργητικού, της μοντελοποίησης και της προσομοίωσης του συστήματος.

Τα δεδομένα για τα δίκτυα συλλέγονταν και αποθηκεύονταν σε έντυπη μορφή. Αυτό, όχι μόνο απαιτεί πολύ χρόνο και κόπο και αυξάνει την πιθανότητα σφαλμάτων, αλλά είναι και λιγότερο αποτελεσματικό. Ακόμα και το δίκτυο διανομής νερού μιας μεσαίου μεγέθους πόλεως αποτελείται από δεκάδες σελίδες με χάρτες. Επιπλέον, τα λεπτομερή σχέδια για τις διασταυρώσεις αυξάναν ακόμα περισσότερο αυτό τον αριθμό. Η διαχείριση ενός δικτύου διανομής νερού με τη χρήση συμβατικών χαρτών είναι μια πάρα πολύ δύσκολη υπόθεση.

GIS, CAD και άλλες τεχνολογίες

Εξαιτίας της χωρικής έκτασης των συστημάτων παροχής νερού, η διαχείριση των Γεωχωρικών δεδομένων είναι ένα πολύ σημαντικό έργο. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω μιας σειράς συστημάτων που βρίσκονται κάτω από τη γενική ομπρέλα των Συστημάτων Διαχείρισης Χωρικών Δεδομένων(SDMS), τα οποία χρησιμοποιούνται για τη συλλογή, διαχείριση και χρήση αυτών των χωρικών δεδομένων. Σε μερικές περιπτώσεις, τα διάφορα αυτά συστήματα είναι ολοκληρωμένα, σε άλλες περιπτώσεις, αποτελούν ανεξάρτητα συστήματα (EPA 2005).



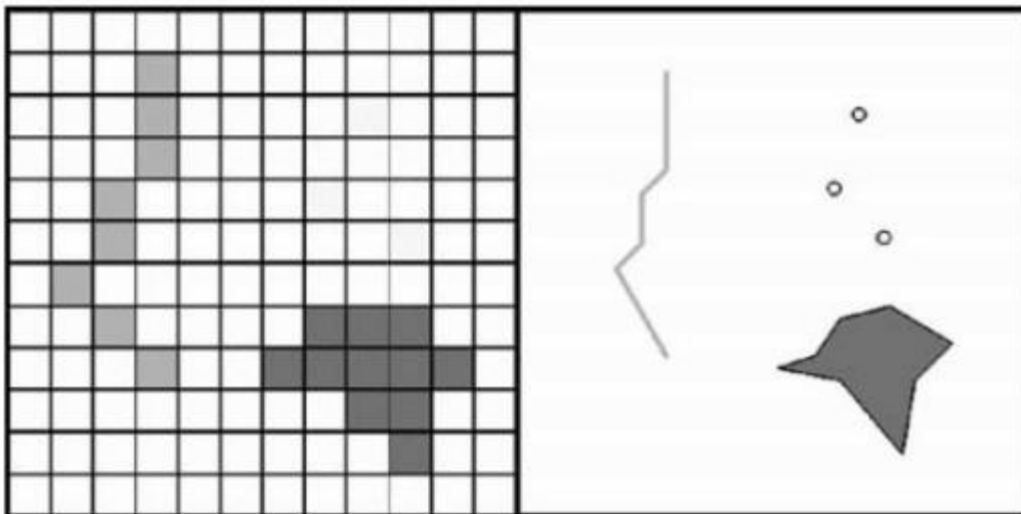
Σχεδίαση με τη Χρήση Ηλεκτρονικού Υπολογιστή (CAD)

Τα συστήματα CAD χρησιμοποιούνται εδώ και πολύ καιρό σαν η βάση για το σχεδιασμό συστημάτων διανομής νερού και εγκαταστάσεων και για τη διαχείριση των χαρτών των συστημάτων διανομής. Οι περισσότερες εταιρίες και σύμβουλοι μηχανικοί χρησιμοποιούν εμπορικά πακέτα όπως AutoCAD , Intergraph ή MicroStation . Πολλές εταιρίες υδάτων χρησιμοποιούν μοντέλα συστημάτων διανομής νερού, τα οποία είναι ενσωματωμένα στα πακέτα ( EPA , 2005).

Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (GIS)

Ένα σύστημα GIS είναι ένα, βασισμένο σε ηλεκτρονικό υπολογιστή, σύστημα πληροφοριών, το οποίο είναι σχεδιασμένο για να εργάζεται με δεδομένα που αναφέρονται σε χωρικές ή γεωγραφικές συντεταγμένες ( Star and Estes , 1990). Σε αντίθεση με τους επίπεδους έντυπους χάρτες, όπου βλέπουμε μόνο τις πληροφορίες που υπάρχουν πάνω στο χάρτη, ένα σύστημα GIS μπορεί να παρουσιάσει πολλά στρώματα διαφορετικών πληροφοριών ( ESRI , 2002). Επιπλέον, η παροχή μηχανισμού για χειρισμό, ανάλυση και παρουσίαση των γεωγραφικών πληροφοριών, κάνουν τα συστήματα GIS να διαφέρουν από τα άλλα συστήματα πληροφοριών. Ένα επιτυχημένο σύστημα GIS είναι η αρμονική σύνθεση μηχανημάτων, λογισμικού, δεδομένων, ανθρώπων και μεθόδου. Επιπλέον, είναι σημαντικό να αναλογιστούμε τη διεπιστημονική φύση της εξέλιξης και των εφαρμογών των συστημάτων GIS .

Τα συστήματα GIS άρχισαν να αναπτύσσονται στα τέλη της δεκαετίας του 1950, αλλά το πρώτο λογισμικό GIS δημιουργήθηκε στα τέλη της δεκαετίας του 1970 από το Ινστιτούτο Ερευνών Περιβαλλοντικών Συστημάτων ( ESRI ). Το 1985 τίθεται σε λειτουργία το Παγκόσμιο Σύστημα Εντοπισμού Θέσης ( GPS ). Παρόλο που υπήρχαν προβλήματα σχετικά με την ευαισθησία, αυτό το σύστημα διευκόλυνε την εισαγωγή δεδομένων και έγινε ένα από τα κύρια συμπληρωματικά συστήματα των συστημάτων GIS .

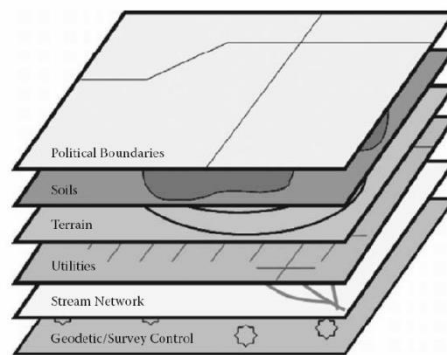


Σχήμα . Τύπος GIS δεδομένων ράστερ (αριστερά) και διανυσματικών (δεξιά) (Johnson , 2009)

Η φύση της παρουσίασης των δεδομένων έχει σημαντική επίδραση στην ανάλυση, η οποία μπορεί να εφαρμοστεί. Τα χωρικά δεδομένα στα συστήματα GIS οργανώνονται συνήθως σε διανυσματικές δομές ή δομές ράστερ (λεπτό πλέγμα). Στη διανυσματική δομή, τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά των αντικειμένων παρουσιάζονται με σημεία, γραμμές και πολύγωνα, τα οποία τοποθετούνται με ακρίβεια σε ένα συνεχή χώρο στο χάρτη, με τον ίδιο τρόπο που παρουσιάζονται στους παραδοσιακούς χάρτες ορόσημα, κτίρια, δρόμοι, ρυάκια, μάζες νερού και άλλα στοιχεία με σημεία, γραμμές και σκιασμένες περιοχές. Επιπλέον, στη διανυσματική δομή, κάθε αντικείμενο περιλαμβάνει τοπολογικές πληροφορίες, οι οποίες περιγράφουν τη χωρική του σχέση με γειτονικά αντικείμενα και κυρίως, τη συνδεσιμότητα και τη γειτνίασή του. Αυτός ο ρητός και ξεκάθαρος καθορισμός των αντικειμένων και των συνδέσεων μεταξύ τους, καθιστούν τη διανυσματική δομή μια ελκυστική επιλογή και επιτρέπουν την αυτόματη ανάλυση και διερμηνεία των χωρικών δεδομένων σε περιβάλλοντα GIS (Johnson, 2009). Οι επιφανειακές ή ράστερ δομές, από την άλλη πλευρά, διαιρούν το χώρο σε ένα δισδιάστατο (2-D)

πλέγμα κυψελίδων, όπου κάθε κυψελίδα περιέχει μια τιμή, η οποία αντιπροσωπεύει το χαρακτηριστικό που χαρτογραφείται. Ένα ράστερ είναι μια x, y μήτρα, η οποία περιέχει χωρικά ταξινομημένους αριθμούς. Κάθε κυψελίδα καθορίζεται από ένα αριθμό γραμμής και ένα αριθμό στήλης, με το όριο του πλέγματος να καθορίζεται στο χώρο σε γνωστές συντεταγμένες. Οι δομές ράστερ δημιουργούνται από πηγές απεικόνισης, όπως οι δορυφόροι και υποθέτουν ότι ο γεωγραφικός χώρος μπορεί να θεωρηθεί σαν μια επίπεδη Καρτεσιανή επιφάνεια. Ένα σημείο παρουσιάζεται σαν μια κυψελίδα, μια γραμμή από σειρά γειτονικών κυψελίδων και μια περιοχή από ομάδα γειτονικών κυψελίδων. Οι διανυσματικές δομές και οι δομές ράστερ, αποτελούν και οι δύο έγκυρες παρουσιάσεις των χωρικών δεδομένων. Τα συμπληρωματικά χαρακτηριστικά των δύο δομών έχουν αναγνωριστεί εδώ και πολύ καιρό και τα μοντέρνα συστήματα GIS μπορούν να επεξεργαστούν και τις δύο δομές, συμπεριλαμβανομένων μετατροπών μεταξύ των δομών και επικαλύψεις και των δύο δομών (Johnson, 2009).

Τα συστήματα GIS είναι ένα εργαλείο, το οποίο μετατρέπεται με γοργούς ρυθμούς σε ένα πολύτιμο στοιχείο διαχείρισης για πολλές εταιρίες υδάτων. Τα συστήματα GIS έχουν κάνει σημαντικά βήματα προς τη συμπλήρωση ή αντικατάσταση των πακέτων CAD. Αν χρησιμοποιηθεί απλά σαν βάση χωρικών δεδομένων, ένα σύστημα GIS μπορεί να βοηθήσει σε μεγάλο βαθμό διάφορες εφαρμογές μοντελοποίησης, μέσω της ανάπτυξης αυτοματοποιημένων εργαλείων για την κατασκευή και διατήρηση αξιόπιστων μοντέλων υδραυλικών δικτύων των συστημάτων διανομής νερού (Ennis et al., 2001).



Σχήμα 2. Τα επίπεδα του χάρτη παρουσιάζουν διάφορα θέματα ( Johnson , 2009)

Τα συστήματα GIS χρησιμοποιούνται συνήθως για τη χαρτογράφηση, ανάλυση, οπτικοποίηση, μοντελοποίηση και σχεδίαση των συστημάτων διανομής νερού. Οι ικανότητες των συστημάτων GIS για αποθήκευση, πρόσβαση και χαρτογράφηση δεδομένων, οδηγούν στην αυξημένη χρήση των συστημάτων GIS σε πεδία όπως ο σχεδιασμός, η διαχείριση εγκαταστάσεων και η διαχείριση δεδομένων όσον αφορά συνδρομητές και ποιότητα νερού. Μερικές εταιρίες υδάτων μοιράζονται μια βάση δεδομένων GIS με τις κυβερνήσεις των πόλεων ή των επαρχιών και με άλλες υπηρεσίες κοινής ωφέλειας, όπως οι εταιρίες υγραερίου, ηλεκτρισμού και τηλεφώνου. Σε πολλές υπηρεσίες κοινής ωφέλειας, η τεχνολογία GIS έχει αναλάβει τις αρμοδιότητες των συστημάτων, τα οποία ήταν γνωστά σαν συστήματα Διαχείρισης Ενεργητικού/Διαχείρισης Εγκαταστάσεων (AM/FM systems). Παρομοίως, τα συστήματα GIS μπορεί να περιλαμβάνουν ένα Σύστημα Πληροφοριών Γης (LIS), σαν μέσο αποθήκευσης πληροφοριών ιδιοκτησίας γης, τεμαχίων και ιδιοκτησίας και γεωγραφικών πληροφοριών. Τα Ηλεκτρονικά Μοντέλα Υψομέτρου (DEMs) αποτελούν, επίσης, ένα συνηθισμένο χαρακτηριστικό των πακέτων GIS. Προσφέρουν ένα μηχανισμό για αποθήκευση τοπογραφικών πληροφοριών. Τα τελευταία χρόνια, η ολοκλήρωση των συστημάτων GIS με μοντέλα συστημάτων διανομής νερού, αποτελεί ένα σημαντικό πεδίο έρευνας και ανάπτυξης στη βιομηχανία ύδατος (EPA, 2005).

#### Συστήματα Πληροφοριών Πελατών (CIS)

Το σύστημα CIS προσφέρει ένα μηχανισμό για αποθήκευση και χρήση πληροφοριών για την κατανάλωση νερού από τους συνδρομητές. Το γεωγραφικό στοιχείο σε ένα σύστημα CIS είναι μια διεύθυνση και/ή γεωγραφικές συντεταγμένες. Τα συστήματα Αυτόματης Ανάγνωσης Μετρητή ( AMR ) διευκολύνουν τη συλλογή δεδομένων κατανάλωσης, τα οποία μπορούν να αποθηκευτούν σε βάσεις δεδομένων. Η δυνατότητα

των συστημάτων GIS για «αντιστοίχιση διεύθυνσης» διευκολύνουν τη μετατροπή των διευθύνσεων σε γεωγραφικές συντεταγμένες. Ένα γεωγραφικά ενεργοποιημένο σύστημα CIS προσφέρει έναν άριστο μηχανισμό καταγραφής δεδομένων τρέχουσας κατανάλωσης, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μοντέλα συστημάτων διανομής νερού.

#### Σύστημα Διαχείρισης Εργαστηριακών Πληροφοριών (LIMS)

Τα συστήματα LIMS είναι μηχανογραφικά συστήματα για τη διαχείριση δειγμάτων σε ένα εργαστήριο. Τέτοια συστήματα περιλαμβάνουν μηχανισμό για αποθήκευση, διαχείριση, παρουσίαση και ανίχνευση δειγμάτων. Καθώς η προέλευση ενός δείγματος πρέπει να αναγνωριστεί τόσο χωρικά, όσο και χρονικά, αυτή πληροφορία προσφέρει ένα μέσο σύνδεσης των δεδομένων των συστημάτων LIMS με άλλα συστήματα διαχείρισης βάσεων χωρικών δεδομένων ( EPA , 2005).

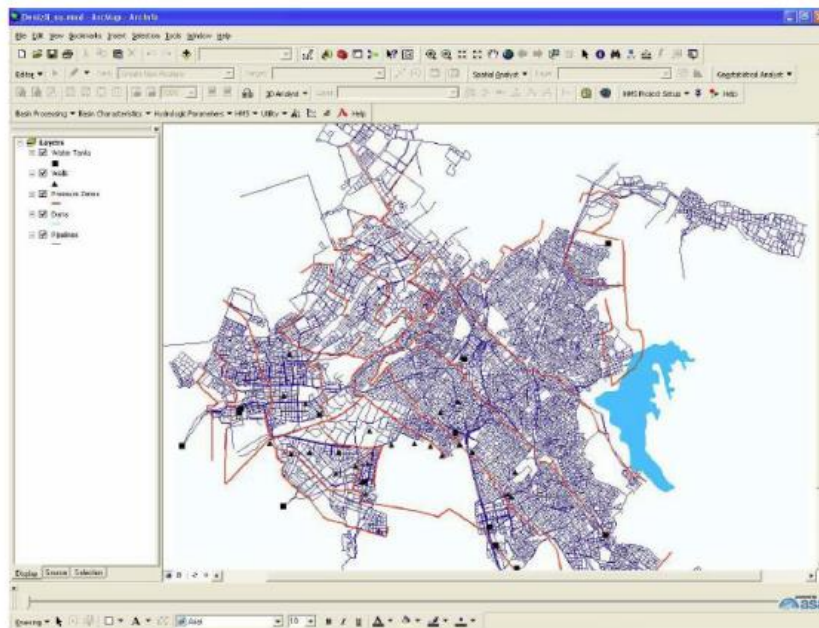
#### Τεχνολογική Υποστήριξη

Άλλες τεχνολογικές εξελίξεις που σχετίζονται με τη διαχείριση βάσεων χωρικών δεδομένων και οι οποίες χρησιμοποιούνται από τις εταιρίες υδάτων, περιλαμβάνουν το Σύστημα Παγκόσμιας Θέσης ( GPS ) και Συστήματα Διαχείρισης Συγκριτικών Βάσεων Δεδομένων ( RDBMS ). Η τεχνολογία GPS χρησιμοποιείται ευρέως στη χωρομέτρηση και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για σύνδεση των δεδομένων πεδίου με γεωγραφικές συντεταγμένες. Τα συστήματα RDBMS είναι μια γενική μεθοδολογία για αποτελεσματική αποθήκευση πληροφοριών σαν μια σειρά συνδεδεμένων δισδιάστατων πινάκων. Τα περισσότερα μοντέρνα συστήματα διαχείρισης βάσεων δεδομένων, τα οποία σχετίζονται με GIS , LIMS και άλλα συστήματα, χρησιμοποιούν τη δομή RDBMS ( EPA , 2005).

Τα πιο κοινά λογισμικά τα οποία βασίζονται σε GIS και CAD και χρησιμοποιούνται στη μοντελοποίηση συστημάτων διανομής νερού αναφέρονται πιο κάτω:

#### ArcGIS:

Το Πρότυπο Διόρθωσης Δικτύων Εταιριών Υδάτων είναι μια, συγκεκριμένη για τη βιομηχανία, σύνθεση του ArcGIS Desktop που χρησιμοποιείται για την ενημέρωση της διανομής νερού, του συστήματος υπονόμων και των βάσεων γεωδοδομένων για τη συλλογή καταιγίδων. Προσφέρει σχετικούς χάρτες βάσης, ένα ενημερωμένο μοντέλο δεδομένων.



Σχήμα Σύστημα διανομής νερού της πόλης Ντενιζλί στην Τουρκία σε ArcGIS ( Toprak et al ., 2009)

**WaterMAP:**

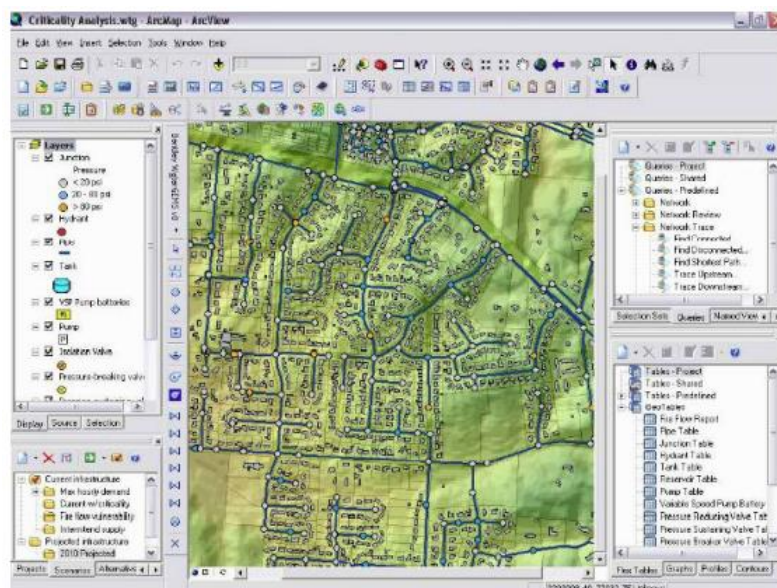
Το WaterMAP είναι μια εφαρμογή διαχείρισης δικτύων νερού για τις εταιρίες υδάτων, βασισμένη στο AutoCAD και είναι σχεδιασμένο για να βοηθήσει στη διαχείριση της χαρτογράφησης και της ανάλυσης ενός δικτύου διανομής νερού. Το WaterMAP προσφέρει εργαλεία για ακριβή μοντελοποίηση, στο γεωγραφικό χώρο, της υποδομής μιας εταιρίας υδάτων (Smartmap, 2010).



Σχήμα . Στιγμιότυπο οθόνης από το πρόγραμμα WaterMap

**Water GEMS:**

Το WaterGEMS είναι μια εφαρμογή μοντελοποίησης της διανομής νερού. Το WaterGEMS μπορεί να λειτουργήσει σε ArcGIS, AutoCAD και MicroStation ή σαν αυτόνομη εφαρμογή από τις προσομοιώσεις ροής πυρκαγιάς και ποιότητας νερού, μέχρι την ανάλυση κρισιμότητας και ενεργειακών κοστών και βελτιστοποίηση ανώτερων γενετικών αλγορίθμων, το WaterGEMS έρχεται εξοπλισμένο με οτιδήποτε χρειάζεστε από ένα ευέλικτο πολυπλατφορμικό περιβάλλον (Bentley, 2010).



Σχήμα . Στιγμιότυπο οθόνης από το πρόγραμμα WaterGEMS

**H2OMAP:**



Το Η2ΟΜΑΡείναι ένα σύστημα υποστήριξης λήψης αποφάσεων που χρησιμοποιείται για την αποτελεσματική διαχείριση των συστημάτων διανομής νερού. Το σύστημα λογισμικού συνδέει ένα ανεπτυγμένο προσομοιωτή υδραυλικών δικτύων με τεχνολογία GIS, για διαχείριση βάσεων χωρικών δεδομένων και για γραφική παρουσίαση και ανάλυση των αποτελεσμάτων. Η διεπαφή χρηστών δημιουργήθηκε με τη χρήση τεχνολογίας MapObjects και προσφέρει ένα πληροφοριακά δομημένο πλαίσιο για κατασκευή μοντέλων δικτύων, ανάλυση και παρουσίαση αποτελεσμάτων (Ennis et al., 2001).

#### Γενική περιγραφή

Τα δεδομένα για τα στοιχεία του δικτύου μπορούν να αποθηκευτούν σε συστήματα GIS ή CAD για χωρική επερώτηση. Τα κύρια δεδομένα που θα αποθηκευτούν θα είναι η τοποθεσία και τα χαρακτηριστικά των σωλήνων και των κόμβων, λεπτομέρειες για τους ταμιευτήρες, λεπτομέρειες για τις βαλβίδες και ανάλογα με το επίπεδο πολυπλοκότητας, μπορούν ακόμα και να περιλαμβάνουν τον τύπο και λεπτομέρειες της θέσης των καταναλωτών.

Οι πληροφορίες για τους σωλήνες αποθηκεύονται στο σύστημα σε μορφή κόμβων και τύπου σωλήνωσης. Αυτό ταιριάζει ιδανικά στον τύπο συστημάτων σωληνώσεων με κόμβους και συνδέσεις σωλήνων. Τα δεδομένα μπορούν να εισαχθούν με διάφορους τρόπους, είτε κατευθείαν στην οθόνη, από έναν ψηφιοποιητή, είτε από δεδομένα που συλλέχθηκαν προηγουμένως, τα οποία μπορούν να εισαχθούν στη βάση δεδομένων, φτάνει να υπάρχει σε αυτή αρχείο με τις συντεταγμένες του πλέγματος και τη συνδεσιμότητα του. Το σύστημα GIS περιλαμβάνει μια εφαρμογή εισαγωγής για τα τυπικά συστήματα GIS, η οποία επιτρέπει τη διαλειτουργικότητα. (Anand and Vairavamoorthy, 2002).

Κάθε στοιχείο στο πίνακα γνωρισμάτων πρέπει να έχει έναν αριθμό ταυτότητας (ID number). Το λογισμικό GIS μπορεί να δώσει αυτόματα ταυτότητα σε κάθε στοιχείο, αλλά ο χρήστης μπορεί να αλλάξει τον αριθμό ταυτότητας, για παράδειγμα, ανάλογα με το υπάρχον project. Ανάλογα με το στόχο της ανάλυσης, οι πληροφορίες για ένα στοιχείο στον πίνακα γνωρισμάτων, μπορούν να αλλάξουν.

Τυπικές πληροφορίες για τα γνωρίσματα των διάφορων στοιχείων των συστημάτων διανομής νερού, αναφέρονται πιο κάτω.

#### **Εισαγωγή στην διαχείριση έργων**

Η ιστορική εξέλιξη του πολιτισμού και της ανθρώπινης κοινωνίας είναι συνυφασμένη με την υλοποίηση έργων, δηλαδή εγχειρημάτων κατά τα οποία άνθρωποι και οικονομική πόροι οργανώνονται ώστε να παραχθεί συγκεκριμένο μετρήσιμο επωφελές αποτέλεσμα, τέτοιο ώστε η κατάσταση (της κοινωνικής πραγματικότητας) μετά το πέρας του έργου να έχει σαφή διαφορά από την κατάσταση κατά την έναρξη του έργου. Ανεξάρτητα από το είδος του έργου (έργο υποδομής, ερευνητικό έργο, στρατιωτική επιχείρηση, τραπεζικές διαδικασίες ή οτιδήποτε άλλη επιχειρηματική δραστηριότητα), η μεθοδική οργάνωση της υλοποίησής του, ο συντονισμός της διαχείρισης του έργου, είναι αναγκαία προϋπόθεση για την επιτυχία του εγχειρήματος.

Αν και δεν διαθέτουμε επαρκή ιστορική τεκμηρίωση, είναι βέβαιο ότι τα μεγάλα επιτεύγματα του παρελθόντος προϋπόθεταν υψηλό, για την εποχή τους, επίπεδο διαχείρισης. Είναι ολοφάνερο ότι οι ογκώδεις και πολύπλοκες κατασκευές, όπως το Σινικό τείχος, η Ακρόπολη ή οι πυραμίδες της Αιγύπτου, είναι χτισμένες σύμφωνα με υψηλές προδιαγραφές. Τόσο για την υλοποίηση των παραπάνω κατασκευών όσο και για την υλοποίηση άλλων επιτευγμάτων, όπως οι στρατιωτικές εκστρατείες του Μεγάλου Αλεξάνδρου, απαιτήθηκε τεράστιο ανθρώπινο δυναμικό για να ολοκληρωθούν. Γνωρίζουμε, όμως, σχετικά λίγα για τις διοικητικές τεχνικές που χρησιμοποιήθηκαν κατά την πραγματοποίησή τους.

Παράλληλα, η ιστορία βρίθει από «αποτυχημένα» εγχειρήματα, όπως η κατασκευή της διώρυγας σύνδεσης του Νείλου με την ερυθρά θάλασσα, που άρχισε από τον Φαραώ Σέτι Α΄ και δεν ολοκληρώθηκε ούτε επί του διαδόχου του Νεχώ, αλλά πολύ αργότερα από του κατακτητές Πέρσες, επί Δαρείου. Δεν γνωρίζουμε πόσοι υπεύθυνοι του έργου έχασαν το κεφάλι τους τότε, αλλά σήμερα η κατάσταση δεν είναι πολύ ευκολότερη για τους ομολόγους τους.

Στην σημερινή εποχή πατέρας του γνωστικού πεδίου της διαχείρισης έργων θεωρείται ο Χένρι Γκαντ, Αμερικανός μηχανικός και κοινωνικός επιστήμονας, ο οποίος εισήγαγε τις αρχές του προγραμματισμού και ελέγχου στη διαχείριση έργων. Το γνωστό διάγραμμα Γκαντ, ένα ραβδόγραμμα που παρουσιάζει τις



δραστηριότητες του έργου, ονομάστηκε έτσι από αυτόν. Ο Γκάντ μαζί με τον Φρέντερικ Τέιλορ έθεσαν τις θεμέλιες αρχές της διαχείρισης έργων. Ο Τέιλορ έθεσε τις αρχές της επιστημονικής διαχείρισης (scientific management). Οι σύγχρονες αρχές της διαχείρισης έργων οι οποίες έκαναν τη διαχείριση έργων ένα διακριτό γνωστικό αντικείμενο αλλά και ένα επάγγελμα αναπτύχθηκαν την δεκαετία του 1950. Την δεκαετία αυτή αναπτύχθηκαν δύο βασικά μαθηματικά μοντέλα χρονοπρογραμματισμού δραστηριοτήτων, οι μέθοδοι PERT και CPM οι οποίες αποτέλεσαν σταθμό στη διαχείριση έργων. Η μέθοδος PERT (Program Evaluation and Review Technique) αναπτύχθηκε από το Ναυτικό των Ηνωμένων Πολιτειών για το έργο για της ανάπτυξης των πυραυλικών συστημάτων Polaris. Αντίστοιχα η μέθοδος CPM (Critical Path Method) γνωστή στα ελληνικά και ως μέθοδος κρίσιμου διαδρομής αναπτύχθηκε από τις εταιρείες DuPont Corporation και Remington Rand Corporation με σκοπό την διαχείριση έργων συντήρησης. Η διάδοση και αποδοχή των μεθόδων αυτών έγινε με ταχύτατο τρόπο έτσι ώστε σήμερα αποτελούν βασικές μεθόδους για τη διαχείριση έργων. Σήμερα ο χώρος της διαχείρισης έργων θεωρείται ιδιαίτερα αναπτυγμένος και προσελκύει ιδιαίτερο ενδιαφέρον τόσο στον ιδιωτικό, δημόσιο τομέα όσο και στην ακαδημαϊκή κοινότητα. Απόδειξη του γεγονότος αυτού αποτελεί η ύπαρξη πολλών και ιδιαίτερα δραστήριων διεθνών οργανισμών που έχουν ως στόχο την ανάπτυξη του γνωστικού πεδίου της διαχείρισης έργων. Μεταξύ αυτών ξεχωρίζουν οι International Project Management Association (IPMA) και το Project Management Institute (PMI).

Το Project Management Institute (PMI) ιδρύθηκε ως εταιρεία από πέντε εθελοντές το 1969. Η έδρα του είναι η Newtown Square, έξω από την Φιλαδέλφεια στην Πενσυλβάνια των ΗΠΑ. Έχει δημοσιεύσει πρότυπα σχετικά με τη διαχείριση έργων, και διαχειρίζεται αρκετά επίπεδα της πιστοποίησης διαχείρισης έργων. Όταν ξεκίνησε η προσπάθεια ενεργοποίησης του [PMI-GREECE] PMI Athens, Greece Chapter το 2004, μια μικρή ομάδα ανθρώπων πίστεψε ότι η δημιουργία επιστημονικού σωματείου στην Ελλάδα ήταν εφικτή και ενδεδειγμένη. Έτσι, στην προσπάθεια για την διάδοση των αρχών του Project Management στην Ελλάδα ώστε τα έργα να παραδίδονται on-time, on-budget και on-specs, ιδρύθηκε στις 8/6/2006 το PMI Athens, Greece Chapter ως Ελληνικό Παράρτημα του Project Management Institute (PMI) μετά από συλλογικές προσπάθειες 3 ετών. Το PMI-GREECE είναι μη κυβερνητικό, μη κερδοσκοπικό, επιστημονικό σωματείο και λειτουργεί από το 2004 ως το [Ελληνικό Παράρτημα του Project Management Institute - PMI®]

Σήμερα το PMI-GREECE διαθέτει 360 μέλη που αντιπροσωπεύουν 230 εταιρείες από όλους σχεδόν τους τομείς της οικονομικής δραστηριότητας στην Ελλάδα (πληροφορική, telecommunications, κατασκευές, τράπεζες, δημόσιο, τοπική αυτοδιοίκηση, κλπ.). Αξίζει να τονισθεί ότι το 2004 το PMI διέθετε μόνο 30μ έλη από την Ελλάδα ενώ από το έτος 2000 έχουν διατελέσει ως μέλη του PMI περίπου 800 επαγγελματίες της διαχείρισης έργων από την Ελλάδα.

**Βασικές Έννοιες διοίκησης – διαχείρισης Έργου.**

Η εργασία (work), η οποία παράγεται από έναν οικονομικό οργανισμό (organization) είναι αποτέλεσμα λειτουργιών (operations) και έργων (projects).

Έργο είναι μια χρονικά περιορισμένη προσπάθεια για τη δημιουργία ενός μοναδικού προϊόντος ή μιας μοναδικής υπηρεσίας, ενώ, λειτουργία είναι μια χρονικά συνεχής και επαναλαμβανόμενη προσπάθεια . Για παράδειγμα ένας κατασκευαστικός οργανισμός έχει ως αντικείμενο την ανέγερση κτιρίων. Η ανέγερση κτιρίων αποτελεί λειτουργία (χρονικά συνεχής και επαναλαμβανόμενη). Η ανέγερση ενός συγκεκριμένου κτιρίου αποτελεί έργο (ορισμένη χρονική διάρκεια , μοναδικό προϊόν). Το έργο επομένως αποτελεί μέρος της λειτουργίας.

Ένα έργο απαιτεί σχεδιασμό, έλεγχο, διαχείριση προσωπικού κτλ.. που αποτελούν λειτουργίες. δηλαδή το έργο διαθέτει τις δικές του λειτουργίες. Οι επαναλαμβανόμενες προσπάθειες οι οποίες αποτελούν έργα, είτε ένα σύνολο έργων που σχετίζονται άμεσα μεταξύ τους, αποτελούν τα συστατικά της έννοιας του προγράμματος (program). Για παράδειγμα το πρόγραμμα Απόλλων της NASA, που αποτελείται από πολλά έργα τα οποία όλα αποσκοπούσαν στο πώς ο άνθρωπος θα πατούσε στη Σελήνη.

Στη σημερινή εποχή, στους οργανισμούς, αναπτύσσεται όλο και περισσότερο η εργοκεντρική αντίληψη διοίκησης, δηλαδή 'Η διοίκηση θέσω έργων (Management by project)', που βασίζεται στην υποκατάσταση λειτουργιών από έργα.. Για παράδειγμα, η μηνιαία έκδοση ενός περιοδικού αποτελεί και έργο και επομένως η συνεχής εκδοτική λειτουργία μπορεί να υποκατασταθεί από διοίκηση

Η βασική διαφορά ανάμεσα στη διαχείριση έργου και το γενικό μάνατζμεντ σχετίζεται με τον ορισμό του έργου και στα τελικά παραδοτέα. Οι δύο πλησιέστερη ορισμοί είναι οι εξής:

- Το εγχειρίδιο που εξέδωσε το Project Management Institute (PMI), ορίζει ως έργο το ...προσωρινό εγχείρημα που στοχεύει στη δημιουργία ενός μοναδικού προϊόντος ή υπηρεσίας. Προσωρινό σημαίνει ότι κάθε έργο έχει καθορισμένο τέλος. Μοναδικό σημαίνει ότι το προϊόν ή η υπηρεσία διαφέρει κατά διακριτό τρόπο από όλα τα υπόλοιπα παρόμοια προϊόντα ή υπηρεσίες.
- Ο Turner ορίζει ως έργο το ...εγχείρημα κατά το οποίο άνθρωποι πόροι, μηχανές, οικονομική πόροι και πρώτες ύλες οργανώνονται κατά καινοφανή τρόπο, με στόχο την ανάληψη συγκεκριμένου αντικειμένου εργασιών που έχουν συγκεκριμένες προδιαγραφές και υπόκεινται σε δεδομένους κοστολογικούς και χρονικούς περιορισμούς, ώστε να παραχθεί μία επωφελής μεταβολή, η οποία ορίζεται μέσω ποσοτικών και ποιοτικών στόχων.

Στους παραπάνω ορισμούς πρέπει να προσθέσουμε τις υποδομές (χώροι, εγκαταστάσεις).

Εκ παραδόσεως, οι εργασίες που εκτελούνται, κυρίως, στον κατασκευαστικό κλάδο και οι αμυντικές προμήθειες θεωρούνται έργα. Πρόσφατα όμως, ολοένα και περισσότερες εταιρείες προνοούν οργανώνοντας τις εργασίες τους ως έργα (εργοκεντρική διοίκηση) και χρησιμοποιούν τεχνικές διαχείρισης έργου για να εξασφαλίσουν την επιτυχή ολοκλήρωση αυτών των εργασιών.

Τα έργα ποικίλουν ως προς το μέγεθος, το αντικείμενο εργασιών, το κόστος και τον απαιτούμενο χρόνο για την περάτωσή τους. Όλα τα έργα όμως, κατασκευαστικά ή όχι, μικρά ή μεγάλα, παρουσιάζουν κοινά γενικά χαρακτηριστικά. Οι διαφορές τους μπορεί να είναι ποσοτικές ή να ανάγονται στην έμφαση που δίνεται σε κάθε συντελεστή τους. Έτσι, για παράδειγμα, σε ένα έργο πληροφορικής δίνεται περισσότερο σημασία στις μελέτες και την ανθρώπινη εργασία, ενώ σε ένα κατασκευαστικό έργο θα πρέπει να εξεταστεί επιπρόσθετα το θέμα του εξοπλισμού και των υλικών. Σε ένα μικρό έργο η διοίκηση μπορεί να αρκείται από ένα μόνο άτομο, ενώ σε ένα μεγάλο έργο θα χρειαστούν επιτροπές και επιτελεία στο πλευρό του υπεύθυνου του έργου. Παραδείγματος χάριν, τα παρακάτω μπορούν να θεωρηθούν έργα:

- Η μελέτη και η κατασκευή κτιρίου, σπιτιού, κ.λπ.
- Ο σχεδιασμός και ο έλεγχος κάποιο νέου μοντέλου αυτοκινήτου ή ηλεκτρικής συσκευής.
- Η εισαγωγή νέων προϊόντων στην αγορά (διαφήμιση, μάρκετινγκ).
- Η υλοποίηση συστημάτων πληροφορικής (έργα πληροφορικής).
- Ο σχεδιασμός και η υλοποίηση νέων οργανωτικών δομών (έργα ανθρωπίνων πόρων).
- Ο σχεδιασμός και η άσκηση επιθεωρήσεων (έργα διαχείρισης ποιότητας).
- Η βελτίωση της παραγωγικότητας εντός καθορισμένης χρονικής περιόδου.
- Η ανάκτηση από καταστροφή (περιορισμός των ζημιών που έχουν προκληθεί από φωτιά, πλημμύρα, ατύχημα).
- Οι Ολυμπιακοί Αγώνες (αθλητικά γεγονότα)
- Μεταφορές και διακίνηση προϊόντων
- Μετακομίσεις ή διακοπές (έργα οικιακής κλίμακας).

Το πιο χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί στη βιομηχανία η μέθοδος παραγωγής που ονομάζεται just in time - JIT (στο χρόνο που πρέπει). Έστω ότι μια βιομηχανία παράγει κάποιο προϊόν. Με την κλασική μέθοδο η παραγωγή του προϊόντος είναι συνεχής και επαναλαμβανόμενη (λειτουργία). Ο διαχωρισμός των προϊόντων σε παρτίδες που στέλνονται σε κάθε πελάτη γίνεται εκ των υστέρων. Σύμφωνα με την μέθοδο JIT, οργανώνεται και παράγεται κάθε φορά ακριβώς μια συγκεκριμένη παρτίδα (φουρνιά) προϊόντων, που απευθύνεται σε συγκεκριμένους πελάτες. Άρα η παραγωγική διαδικασία γίνεται τώρα κατά έργο, δηλαδή τη συγκεκριμένη παρτίδα (φουρνιά).

Σύμφωνα με μελέτη της διεθνούς λογιστικής εταιρίας Arthur Andersen and Co, η εφαρμογή της Just in time σε αριθμό επιχειρήσεων είχε ως όφελος τη μείωση:

- Αποθεμάτων ημι-κατεργασμένων προϊόντων κατά 90%
- Χρόνου παραγωγής ενός προϊόντος κατά 90%
- Ακατάλληλων και ανακατασκευασμένων προϊόντων κατά 80%
- Χρόνου προετοιμασίας των μηχανών κατά 75%
- Χώρου εγκαταστάσεων και αποθηκών κατά 50%
- Άμεσης και έμμεσης εργασίας κατά 20%

### **Εμπλεκόμενοι στο Έργο**

Το έργο αποτελεί προϊόν της ανάγκης. Προορισμός του είναι η βελτίωση μιας υπάρχουσας κατάστασης, η οποία δεν κρίνεται ικανοποιητική ή να δημιουργήσει μια ολοκληρωτικά νέα κατάσταση με νέες ευκαιρίες. Σ' αυτήν την προσπάθεια εμπλέκονται διαφορετικοί άνθρωποι και κοινωνικές ομάδες, με συχνά διαφορετικές

βλέψεις σε σχέση με το έργο, οι οποίοι όμως αποτελούν την προϋπόθεση για να υπάρξει το έργο. Καλούνται οι 'εμπλεκόμενοι στο έργο' ή 'τα ενδιαφερόμενα μέρη' και οι σπουδαιότεροι αυτών είναι:

- Ο κύριος του έργου (Project Owner), δηλαδή ο οργανισμός για τον οποίο γίνεται το έργο, για τον οποίο καταρτίζεται η σύμβαση και ο οποίος θέτει τους όρους εκτέλεσης του έργου.
- Ο οργανισμός υλοποίησης ή φορέας υλοποίησης του έργου (Implementing Organization), ο οποίος αναλαμβάνει την υλοποίηση του έργου, στον οποίο ανήκουν οι Εργολήπτες ή Ανάδοχοι του έργου (Contractors)
- Η αναθέτουσα αρχή (Contracting Authority), η οποία αναθέτει το έργο με κάποια διαδικασία (άμεση ανάθεση, διαγωνισμός κτλ.) στο Φορέα υλοποίησης, εφόσον φυσικά πρόκειται για δημόσιο έργο.
- Οι χρηματοδότες του έργου (Financiers, Sponsors), οι οποίοι πληρώνουν τις δαπάνες του έργου.
- Οι ωφελούμενοι ή χρήστες ή πελάτες του έργου (Project users and customers), οι οποίοι είτε είναι αποδέκτες του προϊόντος του έργου είτε χρησιμοποιούν το προϊόν του έργου. Το πόσο καλά το προϊόν του έργου καλύπτει τις απαιτήσεις των χρηστών του, εκφράζεται από την Ικανοποίηση των Χρηστών (User Satisfaction), που αποτελεί και δείκτη ποιότητας του προϊόντος του έργου.

Ένα έργο μπορεί να εκτελείται με τα ίδια μέσα του κυρίου του έργου ή να χρησιμοποιεί ανάδοχο. Στην περίπτωση ενός δημόσιου έργου κύριος, αλλά και αναθέτουσα αρχή είναι η πολιτεία με τα αντίστοιχα όργανά της και ωφελούμενοι ή χρήστες του έργου θα πρέπει να είναι το κοινωνικό σύνολο. Χρηματοδότης μπορεί να είναι το δημόσιο, αλλά μπορεί να είναι και ιδιώτες (Συγχρηματοδοτούμενο έργο-Co financed Project), ή αποκλειστικά ιδιώτες με αντάλλαγμα την αποκλειστική εκμετάλλευση του προϊόντος του έργου για κάποια χρόνια (πχ αεροδρόμιο Ελ.Βενιζέλος). Ανάδοχοι του έργου μπορεί να είναι, είτε αποκλειστικά δημόσιοι φορείς είτε αποκλειστικά ιδιωτικοί φορείς, είτε συνεργασία μεταξύ τους. Ανάδοχος μπορεί να είναι ένας ή περισσότεροι (κοινοπραξία).

#### Πόροι Έργου

Η διεξαγωγή ενός έργου συνδέεται άμεσα με την έννοια των Πόρων (Resources). Σε κάθε έργο εμπλέκονται περισσότερο ή λιγότερο ανάλογα με το αντικείμενο του έργου:

- Ανθρώπινοι πόροι (Human resources)
- Εξοπλισμός (Equipment), δηλαδή οι μηχανές και τα εργαλεία.
- Αναλώσιμοι πόροι (Consumable Resources), δηλαδή κάθε τι που καταναλώνεται στο έργο και που χρεώνεται άμεσα στο έργο. (πρώτες ύλες, τροφή, ένδυση εργαζομένων κτλ). Ιδιαίτερο ρόλο και σημασία παίζουν τα υλικά, η αλλιώς υλικοί πόροι (materials).

#### Υπηρεσίες Έργου

Υπηρεσίες (Services), καλύπτουν στο έργο ανάγκες, που δεν καλύπτουν οι πόροι του (ΟΤΕ,ΔΕΗ εξωτερικά συνεργεία καθαριότητας κτλ). Το κόστος από την χρήση των πόρων και των υπηρεσιών του έργου αποτελούν το κόστος του έργου (Project cost) και τα απαιτούμενα κεφάλαια για την ικανοποίηση του κόστους του έργου αποτελούν τους οικονομικούς πόρους (financial resources) του έργου. Η εκ των προτέρων προσεγγιστική εκτίμηση του κόστους του έργου και η λογιστική του ανάλυση δημιουργεί τον Προϋπολογισμό (Budget) του έργου.

#### Παράγοντες που Επιδρούν στο Έργο

Ένα από τα συνηθέστερα προβλήματα των έργων είναι οι έντονες αντιπαραθέσεις που δημιουργούνται, είτε το έργο είναι μικρό, ιδιωτικό, είτε μεγάλο. Αυτό θεωρείται απόλυτα φυσικό, δεδομένου ότι με το έργο και το παραγόμενο προϊόν του, δημιουργούνται νέες καταστάσεις με πολυσύνθετες συχνά συνέπειες. Οι βασικότεροι παράγοντες που, σηματοδοτούν το έργο, τόσο ως προσπάθεια, όσο και ως παραγόμενο προϊόν, είναι οι εξής:

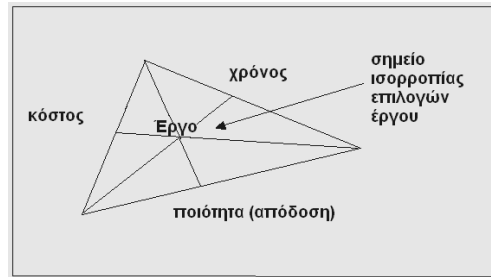
- Οικονομικός παράγων, που αφορά το ύψος του κόστους του έργου. Ποιός θα πληρώσει το έργο, ποιός θα εισπράξει την ωφέλεια του, πως κοστολογήθηκε το έργο κτλ..
- Χρονικός παράγων, που αφορά την χρονική διάρκεια του έργου. Χρόνος και κόστος είναι 2 παράγοντες στενά συνδεδεμένοι. Ο χρόνος είναι συνάρτηση του κόστους και το κόστος συνάρτηση της ποιότητας. Χρόνος – κόστος – ποιότητα , αποτελούν ένα από τα μεγαλύτερα αγκάθια του έργου.
- Ποιοτικός παράγων, που χαρακτηρίζει την ποιότητα του έργου.

- Εργασιακός παράγων, που αποτελεί την ραχοκοκαλιά του έργου.
- Κοινωνικός παράγων, που επηρεάζεται από τους εκάστοτε νόμους, κανόνες, αντιλήψεις, γεωφυσικές συνθήκες κτλ. του εκάστοτε μέρους που λαμβάνει χώρα το έργο.
- Θεσμικός και νομικός παράγων, που εκφράζεται από τους κανονισμούς και νόμους του κράτους και έχουν στενή επαφή με τα πρότυπα του έργου.

Τρία βασικά χαρακτηριστικά που αποτελούν δείκτη για το αν το έργο είχε θετικό ή αρνητικό αποτέλεσμα είναι τα εξής:

Χρόνος (time). Η τήρηση των χρονικών δεσμεύσεων.

- Κόστος (cost). Η τήρηση του προϋπολογισμού του έργου.
- Ποιότητα (quality). Η τήρηση των ποιοτικών προδιαγραφών του έργου.



Σχήμα :Σχηματική αναπαράσταση της σχέσης «Κόστος-Χρόνο –Ποιότητα»

Αυτοί οι 3 δείκτες είναι συχνά ανταγωνιστικοί διότι η απαρέγκλιτη τήρηση των χρονοδιαγραμμάτων μπορεί να οδηγήσει σε κοστολογική υπέρβαση ή σε εκπτώσεις στην απόδοση, ενώ η απαρέγκλιτη τήρηση του προϋπολογισμού μπορεί να οδηγήσει σε εκπτώσεις της απόδοσης και σε χρονικές υπερβάσεις παράλληλα και η απαρέγκλιτη τήρηση των ποιοτικών προδιαγραφών μπορεί να οδηγήσει σε κοστολογική ή και χρονική υπέρβαση. Σύμφωνα με ορισμένους Project Managers σ' αυτά τα 3 χαρακτηριστικά θα πρέπει να προστεθεί κι άλλο ένα τέταρτο χαρακτηριστικό, το αντικείμενο (scope) δηλαδή του έργου.

#### Διαχείριση έργου

Το εγχειρίδιο για τη διαχείριση έργου (Project Management Body Of Knowledge, PMBOK) ορίζει ως διαχείριση έργου τη διαδικασία κατά την οποία: ...εφαρμόζουμε γνώσεις, δεξιότητες, εργαλεία και τεχνικές κατά την εκτέλεση των δραστηριοτήτων του έργου, με στόχο να ικανοποιήσουμε τις απαιτήσεις και τις προσδοκίες των συμμετόχων.

Η διαχείριση έργου (Project Management, PM) μπορεί, επίσης, να οριστεί ως ένας τρόπος δόμησης πολύπλοκων εγχειρημάτων που χαρακτηρίζονται από πολλαπλές ανεξάρτητες μεταβλητές που αναφέρονται στο χρόνο, το κόστος, τους πόρους και την ανθρώπινη συμπεριφορά. Ο αποτελεσματικός σχεδιασμός και έλεγχος του έργου απαιτεί σφαιρική θεώρηση, λογική σκέψη, σημασία στη λεπτομέρεια, ικανότητες επικοινωνίας και δέσμευση χρόνου, οικονομικών πόρων, υποδομών και ανθρώπινου δυναμικού για την ολοκλήρωση του έργου. Η διαχείριση έργου καλείται να συνδυάσει με τον καλύτερο δυνατό τρόπο τα παραπάνω έτσι ώστε η υλοποίηση του έργου να πραγματοποιηθεί σύμφωνα με τις συμφωνηθέντες προδιαγραφές. Χρονικές και κοστολογικές υπερβάσεις μειώνουν το κέρδος, δυσφημούν τον διευθυντή του έργου και την εργολήπτρια εταιρεία ή υπονομεύουν την ολοκλήρωση του έργου.

Στις μέρες μας, η φύση των επιχειρήσεων αλλάζει, καθώς ολοένα και περισσότερες επιχειρήσεις οργανώνουν τις επιχειρηματικές τους δραστηριότητες ως έργα. Η εργοκεντρική διοίκηση αξιοποιήθηκε τα τελευταία είκοσι χρόνια στο σχεδιασμό τεχνολογικών εφαρμογών, τις κατασκευές κτιρίων, την αεροδιαστημική και την άμυνα. Σήμερα τη συναντάμε και σε άλλου τύπου οργανώσεις: φαρμακοβιομηχανίες, οργανισμούς του κλάδου υγείας, εταιρείες που δραστηριοποιούνται στο χώρο των τηλεπικοινωνιών, της ανάπτυξης λογισμικού και της ανάπτυξης συστημάτων, οργανισμούς παραγωγής ενέργειας, εκπαιδευτικούς οργανισμούς, βιομηχανικές εταιρείες και εταιρείες παροχής υπηρεσιών.

Οι τεχνικές δεξιότητες<sup>7</sup> που χρησιμοποιούνται βασίζονται σε 9 γνωστικές περιοχές του Project Management Body of Knowledge (PMBOK®) που εκδίδεται από το Project Management Institute® (PMI):



Αυτές οι εννιά (9) γνωστικές περιοχές του PMBOK® είναι οι κάτωθι:

- Διοίκηση Ολοκλήρωσης του project (Project Integration Management)
- Διοίκηση Φυσικού Αντικειμένου του project (Project Scope Management)
- Διοίκηση Χρονοδιαγράμματος Project (Project Time Management)
- Διοίκηση Κόστους του project (Project Cost Management)
- Διοίκηση Ποιότητας του project (Project Quality Management)
- Διοίκηση Ανθρώπινων Πόρων του project (Project Human Resource Management)
- Διοίκηση Επικοινωνιών του project (Project Communications Management)
- Διοίκηση Κινδύνων του project (Project Risk Management)
- Διοίκηση Προμηθειών του project (Project Procurement Management)

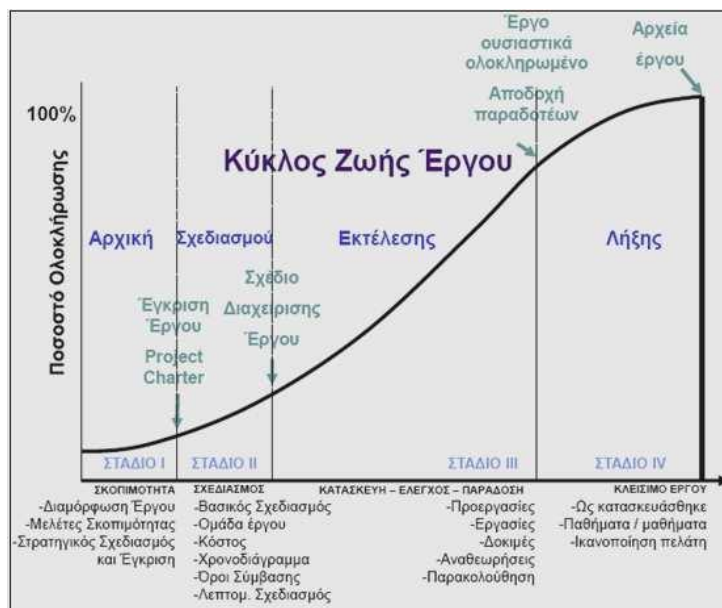
Επιπλέον υπάρχουν 4 γνωστικές περιοχές που εστιάζουν μόνο στα κατασκευαστικά έργα:

- Διοίκηση Ασφάλειας του project (Project Safety Management)
- Διοίκηση Περιβαλλοντολογικών Επιπτώσεων του project (Project Environmental Management)
- Οικονομική διοίκηση του project (Project Financial Management)
- Διοίκηση Απαιτήσεων του project (Project Claim Management)

Αυτές οι 9 γνωστικές περιοχές του PMBOK® αποτελούνται από 42 συνολικά Processes (διεργασίες) που ανήκουν σε 5 κατηγορίες διεργασιών (Process Groups).

- Initiating (Εναρξη)
- Planning (προγραμματισμός)
- Executing (εκτέλεση)
- Controlling (έλεγχος) και
- Closing (κλείσιμο)

Ανάλυση του Έργου σε Φάσεις



Σχήμα Αναπαράσταση Κύκλου Ζωής Έργου [Κ. Κιρυτόπουλος 2008]

Ανάλυση Έργου

Όπως προαναφέρθηκε, το κάθε έργο χωρίζεται σε φάσεις και διεργασίες. Μπορεί εύκολα να θεωρηθεί και ως σύστημα. δέχεται είσοδο, έχει εσωτερικές διεργασίες και παράγει έξοδο, που είναι το προϊόν του έργου.

Επομένως έχουμε:

- Διεργασίες Εισόδου, όπου εκεί έχουμε το σύνολο των πληροφοριών στις οποίες θα στηριχθούν οι αποφάσεις και οι ενέργειες, που αφορούν το έργο,
- Εσωτερικές διεργασίες, οι οποίες αποτελούν τον μηχανισμό μετατροπής της εισόδου σε έξοδο,
- Διεργασίες Ολοκλήρωσης ή Κλεισίματος, οι οποίες σηματοδοτούν την λήξη του έργου και



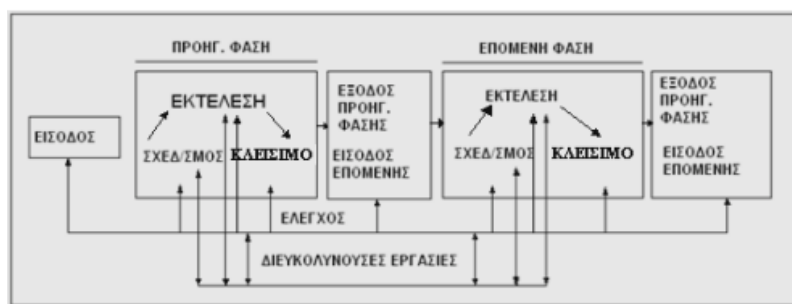
- Διεργασίες Ελέγχου οι οποίες διενεργούν καθ' όλη τη διάρκεια του έργου.

Μια ομάδα εξωτερικών διεργασιών που παρέχουν υποστήριξη σε όλες τις εσωτερικές διεργασίες, είναι οι διευκολύνουσες διεργασίες. Αυτές θεωρούνται εξωτερικές διότι δεν σχετίζονται άμεσα με ένα συγκεκριμένο έργο αλλά αποτελούν πρότυπα γενικευμένης πείρας από την εκτέλεση αλληλάλληλων έργων και είναι τυποποιημένες διεργασίες. Για παράδειγμα η εκτίμηση κόστους ενός έργου αποτελεί διεργασία σχεδιασμού του έργου, όμως η διεργασία εκτίμησης αυτού του κόστους (βήμα προς βήμα δηλαδή), αποτελεί διευκολύνουσα διεργασία, η οποία ακολουθείται σε όλα τα παρόμοια έργα.

**Διεργασίες διαχείρισης Φάσεων**

Η εφαρμογή των προαναφερθέντων σε επίπεδο φάσης γίνεται με τον απλούστατο εξής τρόπο:

Η κάθε φάση του έργου αποτελείται από τις παραπάνω διεργασίες, δηλαδή εισόδου, εσωτερικές, διευκολύνουσες κτλ, και μόνο όταν ολοκληρωθεί η κάθε φάση (η έξοδος της κάθε φάσης χρησιμεύει ως είσοδος στην επόμενη και αποτελείται από ενδιάμεσα προϊόντα του έργου), γίνεται είσοδος στην επόμενη.



Διάγραμμα : Συστημική Αλληλεπίδραση διεργασιών και Φάσεων

Έτσι επιτρέπεται στον Project Manager

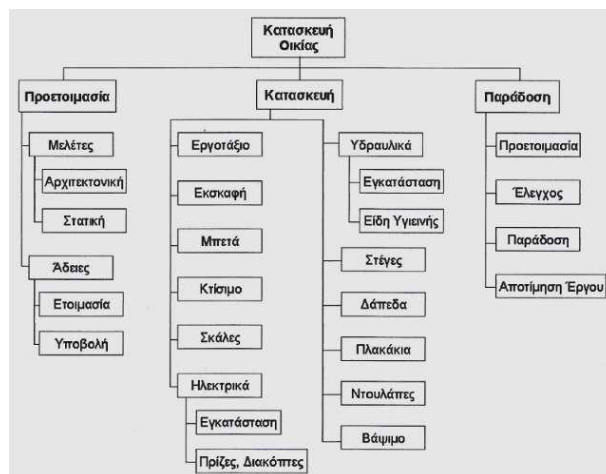
Να χειρίζεται ευκολότερα το έργο.

- Την ευκολότερη κοστολόγηση του έργου
- Την εκτίμηση της χρονικής διάρκειάς τους
- Την εκτίμηση των απαιτούμενων πόρων. Τον πλήρη καθορισμό των αρμοδιοτήτων των εργαζο ένων

**Μερική Ανάλυση του Έργου WBS3**

Ο κατακερματισμός της απαιτούμενης εργασίας σε μικρότερα τμήματα, όπως προαναφέρθηκε ονομάζεται μερική ανάλυση εργασίας (Work Breakdown Structure) και αποτυπώνεται με 2 συνηθέστερους τρόπους.

1.Με δενδρική δομή



Διάγραμμα : WBS έργο Κατασκευής Οικίας, δενδρικής δομής

2. Με ιεραρχημένο πίνακα

Επίπεδο 1	Επίπεδο 2	Επίπεδο 3	Επίπεδο 4	Επίπεδο5
<b>Project A</b>	Deliverable A.1	Component A.1.1	WP A.1.1.1	
			WP A.1.1.2	
		WP A.1.2		
	Deliverable A.2	Component A.2.1	WP A.1.3	
			WP A.2.1	
			WP A.2.2	
			WP A.2.3	
	Deliverable A.3	Component A.3.1	WP A.2.4	
			WP A.3.1.1	
		Component A.3.2	WP A.3.1.2	
	WP A.3.2.1			
	Deliverable A.4	Component A.3.2	Component A.3.2.2	WP A.3.2.2.1
				WP A.3.2.2.2
		Component A.4.1	WP A.4.1.1	
WP A.4.1.2				
WP A.4.2				
		WP A.4.3		

Διάγραμμα WBS σε μορφή ιεραρχημένου πίνακα

Οι δραστηριότητες του έργου εντάσσονται μέσα σε κάποιο WP (Work Package), αλλά δεν απεικονίζονται στο σχεδιάγραμμα του WBS. Για τη λεπτομερή περιγραφή του WBS χρησιμοποιείται ένα ξεχωριστό έγγραφο το οποίο ονομάζεται Λεξικό WBS (WBS Dictionary). Το λεξικό WBS θα περιγράψει όλα τα Components και Work Packages, περιέχοντας για καθένα από αυτά:

Κωδικό
Όνομα
Υπεύθυνο
Περιγραφή
Εκτίμηση Απαιτούμενης Εργασίας
Εκτίμηση Απαιτούμενου Κόστους

Παραδοτέα
Ορόσημα
Απαιτούμενους Πόρους
Προθεσμίες
Περιορισμούς
Προϋποθέσεις κ.α.

Η πλέον συνηθισμένη μορφή του WBS είναι η δενδρική , αλλά πολύ εύχρηστη είναι και η μορφή ενός ιεραρχικού πίνακα. Με τη μορφή αυτή μπορούμε να απεικονίσουμε όση πληροφορία ανά πακέτο εργασίας θέλουμε (χρησιμοποιώντας περισσότερες στήλες) χωρίς να χρειαστούμε ξεχωριστό έγγραφο όπως το λεξικό WBS.

**Οργανωτική Προσέγγιση του Έργου**

Η ανάληψη ενός έργου θέτει σε κίνηση έναν αριθμό ατόμων, τα οποία θα πρέπει να ενεργούν συντονισμένα στη βάση ενός συγκεκριμένου σχεδίου. Κάθε άτομο οφείλει να γνωρίζει εκ των προτέρων πώς και πότε πρέπει να ενεργήσει, ποιόν ελέγχει και από ποιόν ελέγχεται, ποια είναι τα πλαίσια των αρμοδιοτήτων του, ποιοι είναι οι υφιστάμενοί του κτλ..

Τα οργανωτικά σχήματα, που χρησιμοποιούν οι διάφοροι οργανισμοί είναι πολλά. Όμως θα πορούσε κάποιος να τα κατατάξει όλα αυτά σε κάποιες βασικές κατηγορίες, με κριτήριο το πώς αντιμετωπίζουν οργανωτικά κάθε έργο. Φυσικά κάθε μια από αυτές τις κατηγορίες περιλαμβάνει διάφορες 'ποικιλίες', οι οποίες αποτελούν παραλλαγές της, ανάλογα με τον τομέα δραστηριότητας κάθε οργανισμού (π.χ. βιομηχανία – γραμμές παραγωγής).

#### Οργάνωση κατά Λειτουργία

Στην Οργάνωση κατά Λειτουργία (Functional Organization), η οργανωτική δομή του οργανισμού προσανατολίζεται στη εξυπηρέτηση των κλασικών λειτουργιών του (προσωπικό, οικονομικά, παραγωγή, προμήθειες, πωλήσεις κτλ..) και ο οργανισμός διαρθρώνεται οργανωτικά κατά τμήματα αντίστοιχα των λειτουργιών του, όπως φαίνεται στο σχήμα.



Σχήμα Οργάνωση κατά λειτουργία

#### Πλεονεκτήματα Οργάνωσης κατά Λειτουργία

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα αυτής της μορφής οργάνωσης είναι:

Παρουσιάζει μεγάλη ευλυγισία στην αξιοποίηση του προσωπικού, καθώς αυτό μπορεί να απασχολείται από έργο σε έργο ανάλογα ε τις ανάγκες του οργανισμού.

- Η εμπειρία που συσσωρεύεται από την υλοποίηση διαφόρων έργων, διαχέεται σ' ολόκληρο τον οργανισμό.
- Σε περίπτωση ύπαρξης προβλημάτων κινητοποιείται ευκολότερα ολόκληρος ο οργανισμός.
- Οι περισσότεροι υπάλληλοι προτιμούν αυτόν τον τυποποιημένο τρόπο εργασίας, ο οποίος τους προσφέρει και σταθερότητα θέσης και εναλλαγή εντυπώσεων.

#### Μειονεκτήματα Οργάνωσης κατά Λειτουργία

Τα κυριότερα μειονέκτημα αυτής της μορφής οργάνωσης είναι:

- Οι εμπλεκόμενοι στο έργο αισθάνονται ότι, δεν γνωρίζουν σε ποιόν ν' απευθυνθούν για το έργο, δεδομένου ότι το έργο παρουσιάζεται σ' αυτούς απρόσωπο.
- Δεν εντοπίζεται εύκολα ο υπεύθυνος για κάθε προκύπτον πρόβλημα.
- Κάθε τμήμα ασχολείται με κάθε έργο κατά προτεραιότητα, με αποτέλεσμα την απώλεια χρόνου, διοίκηση Έργου
- Τα προβλήματα αντιμετωπίζονται σύμφωνα με την τυποποιημένη διαδικασία, που επιβάλλει η ιεραρχία του οργανισμού με αποτέλεσμα την αύξηση της γραφειοκρατίας και τη δυσκινησία στη λήψη αποφάσεων, που συχνά είναι επείγουσες. Η έλλειψη πραγματικού Project Manager συσσωρεύει τις ευθύνες κάθε έργου στην ηγεσία του οργανισμού.

#### Οργάνωση κατά Έργο

Η Οργάνωση κατά Έργο (Organization by Project) βρίσκεται στο εκ διαμέτρου αντίθετο σημείο της οργάνωσης κατά λειτουργία. Το μεγαλύτερο μέρος του προσωπικού κατανέμεται σε ομάδες, καθεμία από αυτές υπηρετεί ένα έργο, ένα πρόγραμμα ή μια κατηγορία ομοειδών έργων. Κάθε ομάδα μοιάζει με μικρογραφία του οργανισμού, αφού συγκεντρώνει όλο το απαιτούμενο προσωπικό για την πλήρη διεξαγωγή του έργου. Κάθε ομάδα έχει την ευθύνη για την υλοποίηση ενός έργου και όταν το παραδίδει αναλαμβάνει ένα άλλο. Επικεφαλής κάθε ομάδας είναι ένας Project Manager ή ένας Program Manager με ισχυρή εξουσία ο οποίος λειτουργεί στο έργο όπως ο γενικός διευθυντής στον οργανισμό.



Σχήμα Οργάνωση κατά Έργο

#### Πλεονεκτήματα Οργάνωσης κατά Έργο

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα αυτής της μορφής οργάνωσης είναι:

- Όλα τα μέλη της ομάδας, αλλά και οι εμπλεκόμενοι στο έργο, αναφέρονται απευθείας στον Project Manager, με συνέπεια την συντόμηση των καναλιών επικοινωνίας, τον περιορισμό των απωλειών χρόνου για την λήψη αποφάσεων (γραφειοκρατία), τον εντοπισμό του υπεύθυνου για κάθε εμφανιζόμενο πρόβλημα.
- Επειδή η ομάδα έχει τα δικά της ταυτότητα, τα μέλη της κατακτούν ψηλό επίπεδο επικοινωνίας και ειδίκευσης και συνεπώς είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικά.
- Στην περίπτωση εμφάνισης πολλών παρομοίων έργων ταυτόχρονα, η ομάδα μπορεί να τα αντιμετωπίσει παράλληλα δεδομένης της συσσωρευμένης εμπειρίας και εξειδίκευσής της.

#### Μειονεκτήματα Οργάνωσης κατά Έργο

Τα κυριότερα μειονεκτήματα αυτής της μορφής οργάνωσης είναι:

Στην προσπάθεια εξασφάλισης αυτάρκειας των τμημάτων σε ανθρώπους και εξοπλισμό, συχνά συσσωρεύονται μεγάλες ποσότητες πόρων, που συχνά υποαπασχολούνται.

- Η εμπειρία και η τεχνογνωσία, που συσσωρεύεται από τα έργα δεν διαχέονται στον οργανισμό, αλλά παραμένουν εγκλωβισμένες στα πλαίσια της ομάδας.
- Δεν παρέχει συνεχή απασχόληση στο προσωπικό με αποτέλεσμα είτε αυτό να υποαπασχολείται, είτε να μην επαρκεί, είτε να απαιτούνται υπεργολάβοι.

#### Οργάνωση Τύπου Πίνακα

Η Οργάνωση Τύπου Πίνακα (Matrix Organization), αποτελεί συνδυασμό των δύο προηγούμενων τύπων οργάνωσης. Ο οργανισμός είναι μεν οργανωμένος κατά λειτουργία, αλλά κατά την έναρξη ενός έργου δημιουργείται ομάδα με τη δομή οργάνωσης κατά έργου, με την απόσπαση των εργαζομένων από τα τμήματα στα οποία ανήκουν, η οποία ομάδα διαλύεται στο τέλος του έργου με την επιστροφή των εργαζομένων στα λειτουργικά τους τμήματα. Τα άτομα της ομάδας βρίσκονται κάτω από πολλαπλή διοικητική ευθύνη, δηλαδή του Project Manager του έργου, αλλά και των Functional Managers από τα τμήματα τα οποία προέρχονται τα μέλη της ομάδας.

Υπάρχουν τρεις συνηθισμένες ποικιλίες αυτής της οργάνωσης ανάλογα με την αποκλειστικότητα εργασίας του προσωπικού και το βαθμό εξουσίας του Project Manager σε σχέση με τους Functional Managers:

- Η οργάνωση ασθενούς Πίνακα (Weak matrix or Coordination Matrix Organization).
- Η οργάνωση Ισορροπημένου Πίνακα (Balanced or OverlayMatrix Organization).
- Η οργάνωση ισχυρού Πίνακα (Strong Matrix Organization)

#### Πλεονεκτήματα Οργάνωσης Τύπου Πίνακα

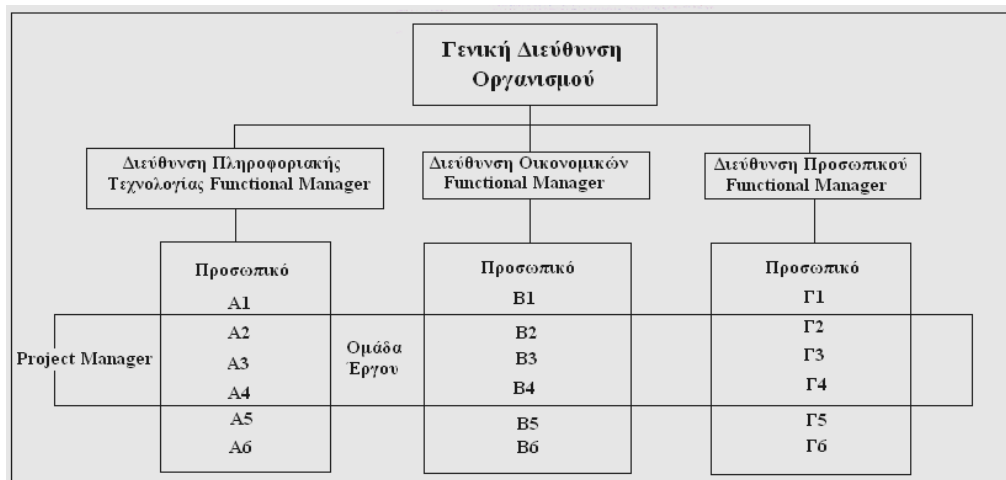
Τα κυριότερα πλεονεκτήματα αυτής της μορφής οργάνωσης είναι:

Το έργο έχει ως σημείο αναφοράς τον Project Manager.

- Ταχεία αντίδραση στις απαιτήσεις των εμπλεκόμενων στο έργο.
- Αποδοτικότερη απασχόληση ατόμων.
- Αυξομείωση του αριθμού των ατόμων ανάλογα με τις ανάγκες.
- Αντιμετωπίζονται καλύτερα πολλά έργα ταυτόχρονα με την μετακίνηση του προσωπικού από έργο σε έργο.

#### Μειονεκτήματα Οργάνωσης Τύπου Μήτρας

- Η συγκρότηση της ομάδας του έργου εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την διαθεσιμότητα των απαιτούμενων ατόμων τη συγκεκριμένη στιγμή, η οποία δεν είναι πάντα δεδομένη.
- Μετά από πολύμηνη απασχόληση σε ομάδα έργου ένας εργαζόμενος επιστρέφοντας στο τμήμα του μπορεί να βρει την θέση του κατειλημμένη.
- Συχνά απαιτούνται διπλές αναφορές ενημέρωσης με αποτέλεσμα την αύξηση της γραφειοκρατίας, αλλά και των συγχύσεων.



- Τα τμήματα αποφεύγουν να δίνουν στις ομάδες έργων το καλύτερο προσωπικό τους.

Σχήμα Οργάνωση Τύπου Πίνακα



Τύπος Οργ/σης Χαρ/κά Έργου	Κατά Λειτουργία	Πίνακας			Κατά Έργο
		Ασθενής	Ισορροπημένος	Ισχυρός	
Εξουσία Project Manager	Καμία - Ελάχιστη	Περιορισμένη	Μικρή - Μεσαία	Μεσαία - Υψηλή	Υψηλή - Απόλυτη
% εταιριών με πλήρη απασχόληση προσωπικού στο έργο	Ανύπαρκτη	0 – 25%	15 – 60%	50 – 95%	85 – 100%
Ρόλος Project Manager	Μερική απασχόληση	Μερική απασχόληση	Αποκλειστική απασχόληση	Αποκλειστική απασχόληση	Αποκλειστική απασχόληση
Τίτλος Project Manager	Project Coordinator ή Project Leader	Project Coordinator ή Project Leader	Project Manager ή Project Officer	Project Manager ή Program Manager	Project Manager ή Program Manager
Διοικητική Υποστήριξη	Μερική απασχόληση	Μερική απασχόληση	Μερική απασχόληση	Αποκλειστική απασχόληση	Αποκλειστική απασχόληση

Κάθε έργο αποτελεί ένα οικονομικό μηχανισμό, ο οποίος αναλώνει, αλλά και παράγει χρήμα. Οι εμπλεκόμενοι στο έργο προσφέρουν κεφάλαια, εργασία, υλικά, γνώσεις και δεξιότητες με βασικότερο στόχο να κερδίσουν χρήματα! Συνεπώς η ανάληψη έργου, μικρό ή μεγάλο, κρύβει μέσα της μια βασική επιδίωξη: «Πώς να δαπανηθούν λιγότερα χρήματα και να αποκτηθούν περισσότερα». Λανθασμένες εκτιμήσεις μπορεί να οδηγήσουν τους εμπλεκόμενους στο έργο, είτε σε οικονομική ζημιά είτε και σε οικονομική καταστροφή. Φυσικά, όποιος πιστεύει ότι μπορεί εκ των προτέρων να εξασφαλίσει απόλυτα την επιτυχή έκβαση του έργου γελιέται οικτρά, καθώς ο χαοτικός συνδυασμός των απρόβλεπτων τεχνικών, νομικών, περιβαλλοντικών, πολιτικών κτλ συγκυριών μπορεί να φέρουν τα πάνω κάτω, έξω από κάθε εκτίμηση και πρόβλεψη.

Μια αξιολόγηση και έπειτα επιλογή ενός έργου προς υλοποίηση παρουσιάζει δύο οπτικές γωνίες:

- Αν αξίζει τον κόπο να αναλάβει (ή να προσπαθήσει να αναλάβει) ο εργολήπτης την υλοποίηση ενός προτεινόμενου έργου.
- Ποιο ανάμεσα από διάφορα προτεινόμενα έργα, συμφέρει να αναλάβει για υλοποίηση ο εργολήπτης.
- Ανάλογες βέβαια οπτικές γωνίες παρουσιάζονται και για τον κύριο του έργου, σε σχέση με την επιλογή του αναδόχου.

### Κοστος Νερού

Γενική θεώρηση χρηματοοικονομικού κόστους νερού

Γενικές αρχές κοστολόγησης του νερού

Η κοστολόγηση του νερού αποτελεί ένα οικονομικό εργαλείο για την αποτελεσματική χρήση του. Αυτό επιτυγχάνεται με τη διαχείριση της ζήτησης μέσω παροχής κινήτρων, τη διασφάλιση της απόσβεσης των επενδύσεων, αλλά και την επισήμανση στους καταναλωτές των επιπτώσεων από την ανάγκη επιπλέον επενδύσεων (GWP, 2000).

Σύμφωνα με τη GWP (2000): «η μεταχείριση του νερού ως οικονομικό αγαθό μπορεί να βοηθήσει να ισορροπήσει η προσφορά και η ζήτηση του νερού [...]. Όταν το νερό λιγοστεύει όλο και περισσότερο, [...] υπάρχει μια σαφής ανάγκη για λειτουργικές οικονομικές έννοιες και όργανα που μπορούν να συμβάλουν στη διαχείριση με τον περιορισμό της ζήτησης του νερού». Στις περισσότερες περιπτώσεις, όμως, οι μηχανισμοί της

αγοράς δεν λειτουργούν, καθώς οι πάγιες επενδύσεις που απαιτούνται για τη χρήση των υδατικών πόρων για ύδρευση δημιουργούν συνθήκες μονοπωλίου, με αποτέλεσμα να μην επιτρέπεται ο ανταγωνισμός. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι τιμές χρέωσης του νερού να καθορίζονται διοικητικά από τις αντίστοιχες ρυθμιστικές αρχές. Οι ρυθμιστικές αρχές δηλαδή, βασισμένες στο ίδιο πλαίσιο, θα πρέπει να επιδιώκουν ώστε οι καθοριζόμενες τιμές να αντικατοπτρίζουν τις τιμές που θα καθόριζε η λειτουργία της ανταγωνιστικής αγοράς και θα οδηγούσε στην αποδοτική χρήση του νερού. Η επίτευξη του στόχου αυτού απαιτεί την ύπαρξη ενός αξιόπιστου συστήματος κοστολόγησης και τον καθορισμό της τιμής στο καθαρά οριακό κόστος της παρεχόμενης ποσότητας νερού (Μπίθας, 2006).

Η Οδηγία 2000/60 της ΕΕ διαχωρίζει τις υπηρεσίες από τις χρήσεις νερού προσδιορίζοντας τις υπηρεσίες νερού ως το σύνολο των διεργασιών που παρεμβάλλονται μεταξύ των φυσικών υδατικών πόρων και των χρήσεων. Με βάση τον ορισμό αυτό, υπηρεσίες νερού αποτελούν οποιοσδήποτε ενέργειες που μεταβάλλουν τα βασικά χαρακτηριστικά του φυσικά διαθέσιμου νερού αλλά και του νερού που απορρίπτεται μετά από κάθε χρήση. Συνεπώς, οι χρήσεις νερού περιλαμβάνουν το σύνολο των υπηρεσιών νερού καθώς και οποιοσδήποτε δραστηριότητες που έχουν σημαντική επίπτωση στην κατάσταση του. Το συνολικό κόστος του νερού, όπως αυτό ορίζεται από το άρθρο 9.1 της Οδηγίας, περιλαμβάνει τις ακόλουθες συνιστώσες (Καρπούζος κ.ά., 2005):

Περιβαλλοντικές εξωτερικότητες (environmental externalities) ή περιβαλλοντικό κόστος

Το περιβαλλοντικό κόστος αντιπροσωπεύει το κόστος των φθορών που δημιουργούν οι διάφορες χρήσεις του νερού στο περιβάλλον και στα οικοσυστήματα, καθώς και σε αυτούς που χρησιμοποιούν το περιβάλλον (π.χ. υποβάθμιση οικολογικής ποιότητας υδατικών οικοσυστημάτων, υφαλμύριση υπόγειων υδροφορέων και υποβάθμιση των παραγωγικών εδαφών).

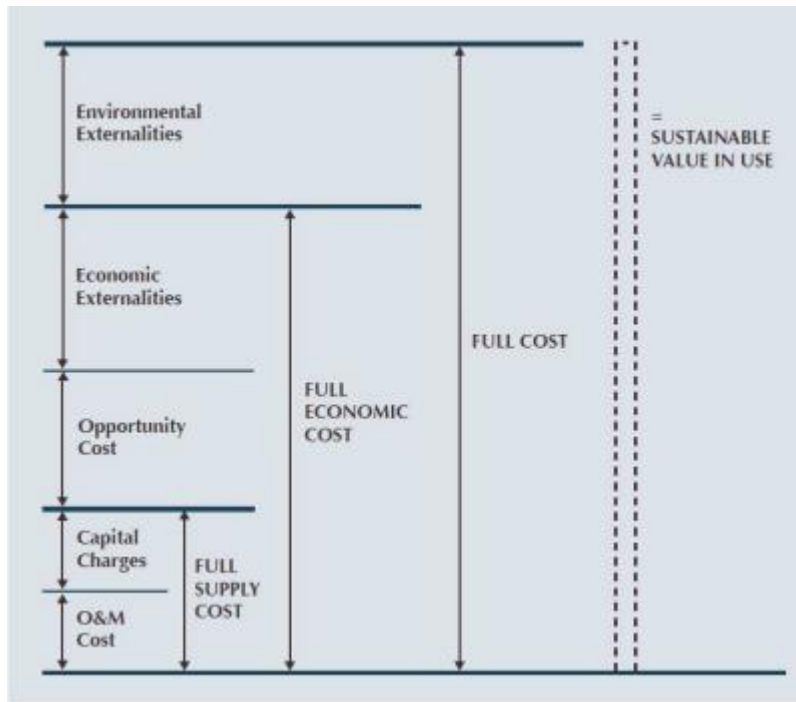
Πλήρες χρηματοοικονομικό κόστος

Το πλήρες χρηματοοικονομικό κόστος (full economic cost) αναλύεται σε τρεις συνιστώσες:

- Οικονομικές εξωτερικότητες (economic externalities)
- Κόστος ευκαιρίας (opportunity cost) ή κόστος πόρου
- Πλήρες κόστος προσφοράς νερού (full supply cost)

Ειδικότερα, το κόστος πόρου αντιπροσωπεύει το κόστος των απωλεσθεισών ευκαιριών (ωφελειών), για άλλες χρήσεις οι οποίες πιθανώς να υφίστανται, λόγω της μείωσης των υδάτινων πόρων πέραν των φυσικών ρυθμών ανανέωσης ή ανάκτησης. Οι χρήστες αυτοί μπορεί να είναι οι σημερινοί ή οι μελλοντικοί οι οποίοι επίσης θα υποστούν τα κόστη των απωλεσθεισών ευκαιριών εάν ο υδατικός πόρος εξαντληθεί εις το μέλλον.

Τέλος, το πλήρες κόστος προσφοράς νερού περιλαμβάνεται το κόστος της παροχής και διαχείρισης των σχετικών υπηρεσιών. Εδώ εντάσσονται το κόστος κεφαλαίου (απόσβεση επενδύσεων, κτλ.) καθώς και το κόστος λειτουργίας και συντήρησης των υποδομών.



Σχήμα :Συνιστώσες κοστολόγησης του νερού (Πηγή: GWP, 1998).

Η παρούσα εστιάζει στο χρηματοοικονομικό κόστος το οποίο θα ταυτίζουμε από εδώ και πέρα με το πλήρες κόστος προσφοράς νερού (full supply cost). Οι συνιστώσες του χρηματοοικονομικού κόστους αναλύονται στη συνέχεια.

Η έννοια του χρηματοοικονομικού κόστους νερού

Η χρήση μιας μεθοδολογίας οικονομικής αποτίμησης απαιτεί τον προσδιορισμό των παραγόντων που εισέρχονται στο κόστος της επένδυσης που αναλύεται. Ο υπολογισμός του οικονομικού κόστους προϋποθέτει σειρά παραδοχών κατά το χρόνο ζωής των επενδύσεων σχετικά με την επιλογή του επιτοκίου προεξόφλησης, τη μέθοδο αποσβέσεων, τη μέθοδο κοστολόγησης, κλπ. Επιπλέον χρειάζεται παραδοχές για την προσαρμογή των οικονομικών στοιχείων του κόστους, ως προς τους φόρους, τις επιδοτήσεις και τη χρήση των πόρων, «ώστε να εξασφαλίζεται η βιώσιμη χρήση του νερού» (WFD, 2003). Η ανάλυση του κόστους πρέπει να είναι κατανοητή και συγκρίσιμη. Συνεπώς, όλες οι παραδοχές και οι μέθοδοι κοστολόγησης πρέπει να είναι σαφείς και να περιγράφεται ξεκάθαρα ο τρόπος υπολογισμού των αποτελεσμάτων.

**« ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗΣ ΥΔΑΤΙΝΩΝ ΠΟΡΩΝ ΕΠΑΡΧΙΑΚΗΣ ΠΟΛΕΩΣ »**

Συνιστώσα	Ορισμός	Παρατηρήσεις
A. Λειτουργικά κόστη	Αφορούν στη λειτουργία μιας εγκατάστασης (π.χ. υλικά, ενέργεια και κόστος προσωπικού)	Απαιτείται υπολογισμός των επιπλέον δαπανών που συνδέονται με νέες επενδύσεις κεφαλαίου.
B. Κόστη συντήρησης	Κόστη διατήρησης παλαιού και νέου ενεργητικού σε καλή λειτουργία μέχρι το τέλος της οικονομικής ζωής τους.	Είναι δύσκολη η εκτίμηση του κατάλληλου επιπέδου συντήρησης, ώστε να μην υποβαθμίζεται η λειτουργία του ενεργητικού που έχει μεγάλο χρόνο ζωής και βρίσκεται υπόγεια.
<b>Γ. Κεφαλαιουχικά κόστη</b>		
Γ1. Νέες επενδύσεις	Έξοδα για νέες επενδύσεις και σχετικά κόστη (π.χ. προετοιμασία πεδίου, κόστη εκκίνησης, νομικά έξοδα)	I) Είναι πολύ σημαντικά στον προσδιορισμό του συνολικού κόστους. Αν δεν υπάρχουν δεδομένα, είναι προτιμότερο να γίνει προσπάθεια για την εκτίμησή τους, παρά να αγνοηθούν. II) Για τις προβλέψεις, τα νέα κεφαλαιουχικά κόστη θα πρέπει να εκτείνονται σε κάποια χρόνια. Για αυτό το σκοπό προτείνεται η Μέθοδος του Ετήσιου Ισοδύναμου Κόστους.
Γ2. Αποσβέσεις	Αναπαριστούν ένα ετήσιο κόστος για την αντικατάσταση του υπάρχοντος ενεργητικού στο μέλλον. Η εκτίμηση των αποσβέσεων απαιτεί τον καθορισμό της αξίας του υπάρχοντος ενεργητικού και μία μέθοδο απόσβεσης.	I) Για τον προσδιορισμό της αξίας του υπάρχοντος ενεργητικού υπάρχουν πολλές μέθοδοι (ιστορικής τιμής, τρέχουσας τιμής, αξίας αντικατάστασης). II) Εφαρμόζοντας υπάρχοντες κανόνες για τον υπολογισμό των αποσβέσεων, υπάρχει το ενδεχόμενο να μην προκύψει η «οικονομική» απόσβεση (μπορεί να χρειαστούν αναπροσαρμογή για να αναπαριστούν την οικονομική πραγματικότητα), δηλαδή το γεγονός ότι η αξία του ενεργητικού αποκλίνει γρηγορότερα καθώς πλησιάζει προς το τέλος της ζωής του.
Γ3. Κόστος κεφαλαίου	Αποτελεί το κόστος ευκαιρίας του κεφαλαίου, δηλαδή ένας υπολογισμός του ρυθμού απόδοσης από εναλλακτικές επενδύσεις. Το κόστος κεφαλαίου εφαρμοζόμενο στο βασικό ενεργητικό (νέου και υπάρχοντος) μας δίνει την αναμενόμενη απόδοση από τους επενδυτές.	I) Ο αναμενόμενος ρυθμός απόδοσης ενδέχεται να είναι διαφορετικός για δημόσιους και ιδιωτικούς επενδυτές, όμως το κεφάλαιο δεν είναι ποτέ «ελεύθερο», καθώς πάντα υπάρχουν εναλλακτικές επενδύσεις. II) Ο υπολογισμός συχνά είναι δύσκολος και αμφιλεγόμενος, καθώς βασίζεται στην απόδοση των εναλλακτικών επενδύσεων. III) Οι παρεχόμενες επιδοτήσεις κεφαλαίου σε ιδιωτικούς επενδυτές θα πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά τον υπολογισμό του ποσού των αποδόσεων που έχουν τη δυνατότητα να κερδίσουν.
Δ. Διοικητικά κόστη	Σχετίζονται με τη διαχείριση των υδατικών πόρων	π.χ. κόστη διαχείρισης συστήματος χρέωσης ή ελέγχου κόστους.
Ε. Λοιπά άμεσα κόστη	Περιλαμβάνουν, κυρίως, τα κόστη από την απώλεια παραγωγικότητας εξαιτίας περιοριστικών μέτρων.	π.χ. απώλεια αγροτικής παραγωγής οφειλόμενη από τη δημιουργία μίας ζώνης διατήρησης.

Πίνακας : Οικονομικά κόστη για την παροχή και διαχείριση των υπηρεσιών υδάτων Πηγή: (Χαλκιάς, 2010 και WFD-CIS, 2003, μετά από προσαρμογή)

Η τυπική μέθοδος χρηματοοικονομικής ανάλυσης βασίζεται στον υπολογισμό των ταμειακών ροών, οι οποίες ορίζονται από τη διαφορά των ταμειακών εισροών και των ταμειακών εκροών των εταιρειών υποδομών Κυριαζοπούλου, 2006). Στην περίπτωση που τα κόστη ρυθμίζονται λαμβάνοντας υπόψη τον πληθωρισμό ή

αλλαγές στις τιμές κατά τη διάρκεια του χρόνου επένδυσης, θα πρέπει να καταγράφονται και να αναφέρονται τα διάφορα υπομνήματα (WFD, 2003). Ωστόσο, στην πράξη η ένταξη του πληθωρισμού στην ανάλυση δυσχεραίνει τους υπολογισμούς, βοηθά στη «νόθευση» των αποτελεσμάτων με την εφαρμογή διαφορετικών δεικτών ανά κατηγορία εσόδων και εξόδων, ενώ δε βελτιώνει σημαντικά την ακρίβεια δεδομένου των αβεβαιοτήτων. Για αυτό το λόγο, στην πράξη εφαρμόζεται η μέθοδος των σταθερών τιμών, δηλαδή αγνοείται πλήρως ο πληθωρισμός στην ανάλυση με την παραδοχή πως δεν επηρεάζει αισθητά τις αξίες των χρηματοροών, ή πώς επηρεάζει στον ίδιο βαθμό όλες τις χρηματοροές (Καλιαμπάκος και Δαμίγος, 2008). Η προσαρμογή των τιμολογίων στην αγορά ωστόσο, θα πραγματοποιείται ετήσια αντίστοιχα με τον πληθωρισμό.

Στην περίπτωση των ΔΕΥΑ, η αναπροσαρμογή των τιμολογίων πρέπει να εφαρμόζεται ώστε να καλύπτονται οι ονομαστικές αυξήσεις των λειτουργικών και επενδυτικών δαπανών της. Αντίστοιχα, παρόμοιες αναπροσαρμογές εφαρμόζονται και στις επιχειρήσεις της ΔΕΗ και του ΟΤΕ, αλλά και άλλων επιχειρήσεων ύδρευσης διεθνώς, όπως του Ηνωμένου Βασιλείου (ΕΥΔΑΠ, 1996, σ. 41).

Γενικά, τα χρηματοοικονομικά κόστη των επενδύσεων παροχής και διαχείρισης των υπηρεσιών υδάτων διαχωρίζονται στα αρχικά κόστη κεφαλαίου και στα κόστη για την ανανέωση και συντήρηση των εγκαταστάσεων. Ακόμη, στον υπολογισμό του κόστους υπολογίζονται και τα ετήσια τρέχοντα έξοδα για τη σωστή λειτουργία των υποδομών. Στον Πίνακα 4.1 παρουσιάζεται, αναλυτικά, κάθε κατηγορία κόστους.

Ανάλυση συνιστωσών χρηματοοικονομικού κόστους

Κόστη λειτουργίας (operating and maintenance costs O&M)

Στα κόστη λειτουργίας περιλαμβάνονται το κόστος από τις αμοιβές του προσωπικού, τη συντήρηση των υποδομών, την ενοικίαση υπηρεσιών και διάφορων άλλων εξόδων, όπως επίσης και το ενεργειακό κόστος (Tang et al., 2007).

Σε πρόσφατη ανάλυση των χρηματοοικονομικών παραγόντων του OFWAT (2008), τα λειτουργικά έξοδα αναλύονται σε: κόστη εργασίας, ενεργειακό κόστος, κόστη από μισθώματα ή συμβάσεις υπηρεσιών, κόστη υλικών και αναλώσιμων, δαπάνες παροχής υπηρεσιών και λοιπά άμεσα κόστη.

Ενεργειακό κόστος

Το ενεργειακό κόστος αποτελείται από την κατανάλωση ενέργειας από τις εγκαταστάσεις διοίκησης, επεξεργασίας και τα αντλιοστάσια (Tang et al., 2007).

Μισθώσεις και ενοίκια

Αποτελούνται από τις δαπάνες για την ενοικίαση κτιρίων και αυτοκινήτων.

Κόστος συντήρησης

Το κόστος συντήρησης αποτελείται από τα έξοδα που απαιτούνται για τη συντήρηση των κτιρίων, ταμειυτήρων, υδραγωγείων, δικτύου ύδρευσης, ώστε να βρίσκονται πάνω από μία ορισμένη ποιοτική κατάσταση. Ακόμη, περιλαμβάνονται οι έκτακτες επισκευές, καθώς και η προμήθεια των υλικών και του εξοπλισμού (Tang et al., 2007). Αναλυτικότερα, διαχωρίζεται στα έξοδα για τη διατήρηση των υποδομών σε καλή λειτουργική κατάσταση και στα έξοδα για την αντικατάσταση τμημάτων των υποδομών. Το κόστος αντικατάστασης θα πρέπει να διατηρείται σε γενικές γραμμές σταθερό, για μεσοπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες αναλύσεις υπό την προϋπόθεση πως δεν εντάσσονται νέες υποδομές στο δίκτυο (OFWAT 2008). Η αντικατάσταση των περιουσιακών στοιχείων των υποδομών πρέπει να βασίζεται σε ένα οργανωμένο πρόγραμμα προληπτικών έργων και όχι σε μεγάλες δαπάνες μετά το πέρας της διάρκειας ζωής αυτών.

Κόστος εργασιών

Περιλαμβάνει το σύνολο των αμοιβών του μόνιμου διοικητικού και εργατικού προσωπικού, τις αμοιβές για έκτακτες εργασίες συντήρησης και επισκευής, επιδόματα και άλλες παροχές.

Κόστος ασφάλισης

Το κόστος ασφάλισης περιλαμβάνει το κόστος για την ασφάλιση των εργαζομένων της εταιρείας, αλλά και πιθανές συνδρομές για την επέκταση των εγγυήσεων λειτουργίας εγκαταστάσεων και εξοπλισμού.



#### Κόστος χρήσης δικτύων κοινής ωφέλειας

Περιλαμβάνει το κόστος από την κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση, ψύξη ή φωτισμό, όπως επίσης και το κόστος της κατανάλωσης νερού.

#### Κόστος τηλεπικοινωνιών

Αναφέρεται στο σύνολο του κόστους από την παροχή και τη χρήση τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών, κυρίως στον διοικητικό τομέα της εταιρείας.

#### Κόστος κατανάλωσης καυσίμων

Αφορά το σύνολο του κόστους από την κατανάλωση καυσίμων των υπηρεσιακών οχημάτων και μηχανημάτων.

#### Κόστος αναλωσίμων και αδειών χρήσεων λογισμικού

Περιλαμβάνει το κόστος από την προμήθεια αναλωσίμων και το κόστος για την προμήθεια ή ανανέωση των αδειών χρήσεων λογισμικού Η/Υ ή αυτοματισμού.

#### Κόστος φορολογίας

Το κόστος φορολογίας αποτελείται από το ποσό που καλείται να καταβάλει η εταιρεία στο κράτος, βάσει του φορολογητέου εισοδήματος, που υπολογίζεται από τα ακαθάριστα κέρδη αφαιρώντας τις αποσβέσεις, πολλαπλασιαζόμενου με τον κατάλληλο φορολογικό συντελεστή.

#### Περίοδος προγραμματισμού

Ο υπολογισμός του κόστους πρέπει να περιλαμβάνει το σύνολο των ανωτέρων συνιστωσών, με τον συνυπολογισμό των νέων επενδύσεων ενός μακροπρόθεσμου προγραμματισμού. Ενδεικτική περίοδος προγραμματισμού αποτελεί αυτή των δέκα ετών, που αναφέρεται και στα διαχειριστικά σχέδια των ΔΕΥΑ Η περίοδος για τον υπολογισμό του κόστους μπορεί να είναι και αυτή της πενταετίας (εξαρτάτε από τον σχεδιασμό της εκάστης ΔΕΥΑ), η οποία και πραγματοποιείται και διεθνώς (π.χ. Μεγάλη Βρετανία).

#### Στοιχεία αβεβαιότητας στον υπολογισμό του κόστους

Η βιομηχανία νερού θεωρείται πως αποτελεί ιδιαίτερα σταθερό τομέα για την οικονομία. Το γεγονός αυτό παρέχει στους επενδυτές ιδιαίτερη σιγουριά για τις επενδύσεις τους. Ωστόσο, τόσο σε επίπεδο στρατηγικού προγραμματισμού όσο και στη επιχειρησιακή διαχείριση των υδρευτικών συστημάτων, εισέρχονται πολλαπλοί παράγοντες αβεβαιότητας, οι οποίοι πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά τη λήψη ορθολογικών αποφάσεων, ώστε να εξασφαλίζεται η βιωσιμότητα των υδατικών πόρων. Μια τέτοια βιώσιμη πολιτική περιλαμβάνει τη λογική χρήση των υδατικών πόρων, έτσι ώστε να αποφεύγονται οι μη αναστρέψιμες επιπτώσεις στα ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά των υδατικών οικοσυστημάτων (Lim et al., 2010). Για αυτό το λόγο, οι εταιρείες νερού οφείλουν να λαμβάνουν έγκαιρα μέτρα και να καταρτίζουν σχέδια διαχείρισης για εύλογο χρονικό ορίζοντα (5 ως 10 έτη), ώστε να διατηρούν αποδεκτό επίπεδο αξιοπιστίας στην παροχή υδρευτικού νερού, όχι μόνο στο άμεσο μέλλον αλλά και μακροπρόθεσμα.

#### Προσφορά νερού

Από την πληθώρα των πηγών αβεβαιότητας που διέπει την λειτουργία ενός υδροδοτικού συστήματος, σημαντικότερη ασφαλώς είναι η υδρολογική. Αυτή οφείλεται στην αδυναμία πρόβλεψης της εξέλιξης των υδρομετεωρολογικών διεργασιών, η χαοτική συμπεριφορά των οποίων καθιστά ανέφικτη την πραγματοποίηση ασφαλών προγνώσεων για χρονικό ορίζοντα πέρα των λίγων ημερών. Ωστόσο, η χρονική αυτή κλίμακα είναι απολύτως ανεπαρκής, δεδομένου ότι η ανάγκη υπερετήσιας ρύθμισης ενός υδροσυστήματος προϋποθέτει την προσομοίωση της λειτουργίας του για χρονικό ορίζοντα πολλών ετών.

Η αδυναμία πρόγνωσης των διεργασιών με χρήση προσδιοριστικών υδρομετεωρολογικών και υδρολογικών μοντέλων οδήγησε στην εναλλακτική θεώρησή τους ως τυχαίων μεταβλητών και την αντιμετώπισή τους με τη θεωρία των στοχαστικών ανελίξεων. Στις αρχές της εν λόγω θεωρίας βασίζονται τα λεγόμενα στοχαστικά υδρολογικά μοντέλα, που περιγράφουν στατιστικά τις χρονικές και χωρικές συσχετίσεις των υδρολογικών διεργασιών, ποσοτικοποιώντας την αβεβαιότητα γύρω από την εξέλιξή τους. Τα μοντέλα αυτά εφαρμόζονται για την γέννηση συνθετικών χρονοσειρών, οι οποίες αναπαράγουν τη στατιστική εξάρτηση και τα στατιστικά χαρακτηριστικά των υδρολογικών διεργασιών. Το σημαντικότερο πλεονέκτημα των συνθετικών δειγμάτων είναι η απουσία περιορισμού ως προς το μήκος τους, που καθιστά δυνατή την χρήση τους για την εκτίμηση οσοδήποτε μεγάλων επιπέδων αξιοπιστίας (Ευστρατιάδης κ.ά., 2004).

### Τεχνικά έργα

Η προσφερόμενη ποσότητα επηρεάζεται από τη φυσική διαθεσιμότητα των υδατικών πόρων, σε συνδυασμό με τους περιορισμούς των τεχνικών έργων αποθήκευσης και μεταφοράς τους στα σημεία ζήτησης. Αν και πολλά από τα τεχνικά χαρακτηριστικά των έργων (κατασκευαστικά μεγέθη) είναι γνωστά, υπάρχει ένας σημαντικός αριθμός μεγεθών, η ακριβής εκτίμηση των οποίων είναι δύσκολη ή ακόμα και αδύνατη. Σε αυτά περιλαμβάνονται οι υπόγειες διαφυγές των ταμιευτήρων, οι απώλειες των υδραγωγείων, οι παροχτετευτικότητες των έργων άντλησης (π.χ. βαθμός απόδοσης) και μεταφοράς (π.χ. συντελεστές τραχύτητας), κλπ. Ακόμη, έργα που δεν συντηρούνται επαρκώς ή είναι ευάλωτα σε βλάβες, ενδέχεται να αποδίδουν πολύ λιγότερο σε σχέση με την αντίστοιχη τιμή σχεδιασμού τους ή ακόμα και να τίθενται εκτός λειτουργίας για άγνωστο χρονικό διάστημα.

### Ζήτηση νερού

Η ζήτηση νερού επηρεάζεται από την εξέλιξη του υδρευόμενου πληθυσμού, τις χρήσεις που εξυπηρετούνται υδρευτική, αρδευτική, βιομηχανική), την αύξηση του βιοτικού επιπέδου, τις (τρέχουσες μετεωρολογικές συνθήκες, την τιμολογιακή πολιτική και την κατάσταση του δικτύου (π.χ. απώλειες λόγω διαρροών). Κάθε σενάριο ζήτησης περιγράφει πιθανές μελλοντικές χρήσεις νερού (Makropoulos et al., 2008).

Η σωστή πρόβλεψη των σεναρίων ζήτησης είναι πολύ σημαντική, λόγω του ότι επηρεάζει άμεσα τον καθορισμό των διαχειριστικών πολιτικών λειτουργίας του υδροσυστήματος που εξασφαλίζει τη βιώσιμη χρήση του νερού. Η επίτευξη αυτού του στόχου απαιτεί την ύπαρξη ιστορικών δεδομένων ζήτησης. Χρησιμοποιώντας αυτά σαν αρχικά δεδομένα και λαμβάνοντας υπόψη τις παραπάνω παραμέτρους (αύξηση πληθυσμού, βιομηχανικής και αρδευτικής ανάπτυξης, βιοτικού επιπέδου, τιμολογιακή πολιτική) μπορούν να προκύψουν εκτιμήσεις για τις μελλοντικές ανάγκες νερού (Karavokiros et al., 2002; ).

Οι πραγματικές εξελίξεις της προσφοράς και ζήτησης νερού είναι συχνά εξαρτημένες μεταξύ τους. Ωστόσο, η παραδοσιακή προσέγγιση που πραγματοποιείται για τον καθορισμό των σεναρίων τους είναι να μελετώνται χωριστά. Έτσι, με τη χρήση αυτής της μεθόδου είναι πιθανό να χάνονται οι δυναμικές αλληλοσυσχετίσεις που πιθανόν υπάρχουν μεταξύ τους. Οι Walton et al. (2009) πρότειναν τη Δυναμική Μέθοδο Μοντελοποίησης (System Dynamics Modeling), ώστε να λαμβάνονται υπόψη όλες οι αλληλεξαρτήσεις, και να προκύπτουν ακριβέστερες προβλέψεις.

Η λειψυδρία που παρατηρείται ως αποτέλεσμα των αυξημένων υδατικών αναγκών συνδυαζόμενη με τη μη ορθολογική χρήση των διαθέσιμων ποσοτήτων του πόρου, καθιστά επιτακτική τη βελτίωση της ακρίβειας των προβλέψεων, ώστε να εντοπίζονται οι αντίκτυποι των μακροπρόθεσμων σεναρίων που μπορεί να προκύψουν μελλοντικά. Για παράδειγμα, η αστικοποίηση μίας περιοχής εντός μιας λεκάνης απορροής αλλάζει τη διαίτα της επιφανειακής απορροής (προσφορά) αλλά και τις απαιτούμενες ποσότητες (ζήτηση). Συνεπώς, πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή ώστε σε περίπτωση που πραγματοποιούνται αλλαγές στο σύστημα, να επαναπροσδιορίζονται οι διάφοροι παράμετροι και να διατηρείται η φυσική σημασία του μοντέλου (Walton et al., 2009).

Δεδομένου, λοιπόν, των συνθηκών έλλειψης νερού που παρατηρούνται σε πολλές χώρες, και μελετώντας τις παρούσες και μελλοντικές διαθέσιμες ποσότητες εκμετάλλευσης και ανάγκες σε νερό, είναι σημαντικό να εξετάζεται αν υπάρχει ανάγκη για την ανάπτυξη των υποδομών ή για την κατάστροψη νέων πολιτικών διαχείρισης, ώστε να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα. Για αυτό το σκοπό, εξετάζονται διάφορα ρεαλιστικά, από οικονομική και κοινωνική σκοπιά, σενάρια μεταβολής της ζήτησης (Seckler et al., 1998; Makropoulos and Butler, 2004).

Ένα βασικό σενάριο που πάντα εξετάζεται αφορά στις τρέχουσες συνθήκες κατανάλωσης και πολιτικές (business as usual). Άλλα σενάρια που εξετάζονται αφορούν στον περιορισμό της ζήτησης. Στο πλαίσιο αυτό, μπορούν να μελετηθούν σενάρια μείωσης της οικιακής κατανάλωσης, λόγω της χρήσης νέων τεχνολογιών ή μέσω κατάλληλης τιμολογιακής πολιτικής (Makropoulos et al., 2008).

Η πολιτική της μείωσης της ζήτησης έρχεται να αντικαταστήσει αυτές των παλαιότερων χρόνων, οπότε η αύξηση της ζήτησης οδηγούσε στην εκμετάλλευση νέων υδατικών πόρων, και να συνεισφέρει στην εξασφάλιση της ύπαρξης ποσοτήτων νερού για μελλοντική ανάπτυξη (Tollow, 1995).

Εκτός από τα σενάρια που έχουν να κάνουν με τη μεταβολή της ζήτησης, είναι συνετό να εξεταστεί και η περίπτωση βλάβης ή καταστροφής ενός έργου ή τμήματος του δικτύου παροχής νερού, με επακόλουθο τη μείωση της δυνατής προσφερόμενης ποσότητας νερού (Tollow, 2004).

### Οικονομικές αβεβαιότητες

Όσον αφορά τα οικονομικά δεδομένα, υπάρχει ο ενδοιασμός για τη δυνατότητα ανταπόκρισης, τόσο των καταναλωτών σε πιθανή αύξηση των λογαριασμών νερού, όσο και των εταιρειών νερού για τη χρηματοδότηση των απαιτούμενων επενδύσεων. Στην Αγγλία, ο OFWAT επιδιώκει την ισοστάθμιση ζήτησης με την βιώσιμη παροχή νερού προς τις εταιρείες ύδρευσης, με ταυτόχρονα προσιτές τιμές προς τους καταναλωτές, με δεδομένη την οικονομική ύφεση και το σύνολο των προηγούμενων αβεβαιοτήτων (EFRACOM, 2009, σσ. 7, 8, 17).

Η αβεβαιότητα μπορεί να εκφραστεί ακόμη, με τους παράγοντες εκείνους που έχουν τη δυνατότητα να επηρεάσουν αρνητικά το κόστος του κύκλου ζωής της διαχείρισης, λειτουργίας και συντήρησης των υποδομών (Hastak and Baim, 2001). Στην πρόβλεψη των μελλοντικών συνθηκών η αβεβαιότητα στα οικονομικά μεγέθη αφορά κυρίως (Καλιαμπάκος και Δαμίγος, 2008):

- την είσπραξη οφειλών από τρίτους, σε σχέση με τις αντίστοιχες διασφαλίσεις•
- την αγορά των συντελεστών παραγωγής από πλευράς διαθεσιμότητας, τιμών, κλπ. •
- την αγορά του παραγόμενου προϊόντος, από την πλευρά της ζήτησης και του ανταγωνισμού, που μπορεί να επηρεάσει τις τιμές•
- το ευρύτερο οικονομικό περιβάλλον (πχ. πληθωρισμός, θεσμικό πλαίσιο, πολιτική σταθερότητα).

Επιπλέον, στο πλαίσιο της οικονομικής βιωσιμότητας από τη χρήση του νερού στις πόλεις, πρέπει να επιδιώκεται η μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας για τη μεταφορά του νερού (Lim et al., 2010).

Στα οικονομικά, η παράμετρος της αβεβαιότητας μπορεί να εκφραστεί με το επιτόκιο αναγωγής, το οποίο χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της μελλοντικής αξίας ενός σημερινού ποσού, ή της παρούσας αξίας ενός μελλοντικού ποσού. Στην πρώτη περίπτωση καλείται και επιτόκιο ανατοκισμού, ενώ στη δεύτερη επιτόκιο προεξόφλησης (Καλιαμπάκος και Δαμίγος, 2008).

Αρχικά, στις αναλύσεις κόστους-οφέλους η αντιμετώπιση της αβεβαιότητας πραγματοποιούνταν με την διόγκωση του επιτοκίου προεξόφλησης. Ωστόσο, η πρακτική αυτή της προσθήκης προσαύξησης δεν συνιστάται (Pearce et al., 1990).

Από την άλλη πλευρά, οι περισσότεροι ειδικοί πιστεύουν πως η αβεβαιότητα εξυπηρετείται καλύτερα «μέσω προσαρμογών των κατανομών κόστους και οφέλους, αφήνοντας το υποκείμενο προεξοφλητικό επιτόκιο χωρίς προσαρμογή για διακινδύνευση».

Στην περίπτωση των υποδομών, η διαχείρισή τους μπορεί να επηρεάσει άμεσα τους παράγοντες της αβεβαιότητας. Για παράδειγμα, η κακή διαχείριση χρημάτων μπορεί να οδηγήσει στη μείωση των κονδυλίων προς συντήρηση των υποδομών, με αποτέλεσμα να υπάρχουν σημαντικές επιπτώσεις για την περαιτέρω διαχείριση, λειτουργία και το κόστος συντήρησης των εγκαταστάσεων υποδομής. Επίσης, ο κακός σχεδιασμός και η εσφαλμένη εκτίμηση των προβλημάτων που μπορεί να προκύψουν στις υποδομές, μπορεί να οδηγήσουν σε αύξηση του κόστους συντήρησης και αποκατάστασης των αστοχιών (Hastak and Baim, 2001). Παράλληλα, παράγοντες που επηρεάζουν άμεσα το κόστος είναι οι μη μετρήσιμες ποσότητες νερού, λόγω βλαβών στους μετρητές, ή λόγω παράνομων απολήψεων. Το γεγονός αυτό φανερώνει τη σημασία που έχει η ύπαρξη ακριβούς συστήματος μέτρησης, ώστε να κοστολογείται το σύνολο του εκμεταλλευόμενου όγκου νερού. Με αυτόν τον τρόπο είναι δυνατός ο εντοπισμός των τμημάτων που παρουσιάζουν πρόβλημα και η ποσοτικοποίηση των εσόδων που χάνονται (Tollow, 1995). Πέραν αυτών, επιπλέον παράγοντες αβεβαιότητας αποτελούν η εκτίμηση των αναμενόμενων εσόδων και η διακύμανση του προβλεπόμενου κόστους λειτουργίας, οι οποίες επιδρούν στη βιωσιμότητα της επιχείρησης, καθώς μεγάλες αποκλίσεις μπορούν να οδηγήσουν μέχρι και σε χρεοκοπία (World Bank Institute, 2000).

Η διαχείριση της διακινδύνευσης πραγματοποιείται με μία πιο πρακτική προσέγγιση, μέσω ανάλυσης ευαισθησίας των αποτελεσμάτων, μεταβάλλοντας δηλαδή τις τιμές των βασικών παραμέτρων (Brent, 1990). Επιδιώκοντας μεγαλύτερη ακρίβεια είναι θεμιτό οι χρησιμοποιούμενες τιμές να είναι τόσο αισιόδοξες όσο και απαισιόδοξες, αποκλίνοντας από τις αναμενόμενες τιμές, ανάλογα με το βαθμό αβεβαιότητας (Kula και Πρωτοπαπός, 2005, σ. 223).

### Προτεινόμενο μεθοδολογικό πλαίσιο

#### Τοποθέτηση του προβλήματος

Σε αντίθεση με τα περισσότερα οικονομικά αγαθά, η διαδικασία παραγωγής των οποίων είναι μονοσήμαντη, το αδιύλιστο νερό μιας πόλεως μπορεί να ληφθεί από διαφορετικές πηγές (πολλαπλούς ταμιευτήρες αλλά και

γεωτρήσεις) και να μεταφερθεί στις μονάδες επεξεργασίας από εναλλακτικές διαδρομές. Συνεπώς, το ανά μονάδα κόστος παραγωγής του αδιύλιστου νερού δεν είναι σταθερό αλλά εξαρτάται από την εκάστοτε πολιτική διαχείρισης του υδροδοτικού συστήματος. Η πολιτική αυτή διαμορφώνεται με βάση την προβλεπόμενη διαθεσιμότητα των επιφανειακών και υπόγειων υδατικών πόρων, σε συνδυασμό με το κόστος χρήσης των διαφόρων πηγών και διαδρομών, και με τρόπο ώστε να εξασφαλίζεται ένα υψηλό επίπεδο αξιοπιστίας του συστήματος. Στη συνέχεια εξηγούνται οι εναλλακτικές πολιτικές διαχείρισης του υδροδοτικού συστήματος και τα σχετικά κόστη, και εξηγείται η έννοια του ρίσκου στη λήψη των αποφάσεων, το οποίο σχετίζεται με διάφορες συνιστώσες αβεβαιότητας.

#### Εναλλακτικές πολιτικές διαχείρισης του υδροσυστήματος

Για την ύδρευση μιας πολέως διατίθεται ένα εκτεταμένο σύστημα υδατικών πόρων και αγωγών μεταφοράς, το οποίο χαρακτηρίζεται από τη δυνατότητα πολλαπλών εναλλακτικών λύσεων, τόσο ως προς τους υδατικούς πόρους (τέσσερις ταμειυτήρες και γεωτρήσεις, κύριοι, βοηθητικοί και εφεδρικοί υδατικοί πόροι) όσο και ως προς τις διαδρομές μεταφοράς (δύο κύριες διαδρομές με δυνατότητα αλληλοσυνδέσεων). Οι εναλλακτικές λύσεις συμβάλλουν θετικά στην ασφάλεια του συστήματος, τόσο στις συνήθεις συνθήκες αλλά και για την κάλυψη περιπτώσεων έκτακτων αναγκών, είτε αυτές οφείλονται στην υδρολογική δίαιτα (ξηρασία) είτε σε άλλους λόγους (περιστατικά βλαβών). Είναι προφανές ότι η δυνατότητα εναλλακτικών λύσεων εγείρει την ανάγκη ορθής επιλογής της καλύτερης κάθε φορά λύσης λαμβάνοντας υπ όψιν ποιοτικούς και οικονομικούς παράγοντες.

#### Παράγοντες αβεβαιότητας στη λήψη των αποφάσεων

Όπως εξηγήθηκε παραπάνω, στη λήψη των αποφάσεων που αφορούν στη λειτουργία του υδροδοτικού συστήματος, είναι αναγκαίο να λαμβάνεται υπόψη η πιθανότητα αστοχίας του συστήματος, ήτοι η πιθανότητα εξάντλησης των υδατικών πόρων, με αποτέλεσμα την αδυναμία εξυπηρέτησης της ζήτησης, για ορισμένο χρονικό διάστημα. Είναι προφανές ότι η εν λόγω πιθανότητα θα πρέπει να διατηρείται σε πολύ χαμηλά επίπεδα (π.χ. 1%), ώστε να περιορίζεται στο ελάχιστο ο κίνδυνος λειψυδρίας στην ευρύτερες περιοχές, κάτι που θα είχε κοινωνικές και οικονομικές συνέπειες. Η αποτίμηση της πιθανότητας αστοχίας (ή, ισοδύναμα, της αξιοπιστίας) είναι ένα εξαιρετικά σύνθετο πρόβλημα, δεδομένου ότι η λειτουργία του υδροσυστήματος διέπεται από πληθώρα αβεβαιοτήτων, με κυριότερη την υδρολογική, που καθιστά αδύνατη την πρόβλεψη των εισροών με τη χρήση προσδιοριστικών εργαλείων. Αυτό έρχεται σε πλήρη αντίθεση με την απαίτηση εξασφάλισης πολύ υψηλής αξιοπιστίας για μεγάλο χρονικό ορίζοντα, της τάξης των πέντε ως δέκα ετών. Η απαίτηση αυτή προκύπτει από το γεγονός ότι η υφιστάμενη πολιτική λειτουργίας του συστήματος έχει μακροχρόνιες επιπτώσεις, όπως έχει φανεί σε διάφορες περιπτώσεις στο παρελθόν. Επιπλέον παράγοντα αβεβαιότητας αποτελεί η εξέλιξη της ζήτησης για τις διάφορες χρήσεις νερού. Κατά περιόδους, η αύξηση της υδρευτικής κατανάλωσης υπήρξε ραγδαία. Για παράδειγμα, μετά την παρέλευση της περιόδου λειψυδρίας και μέχρι τις αρχές της τρέχουσας δεκαετίας, ο ετήσιος ρυθμός μεταβολής της τελευταίας κυμαινόταν στα επίπεδα του 6%. Επιπλέον, τα τελευταία χρόνια έχουν ενταχθεί στο σύστημα νέες χρήσεις νερού, όπως η άρδευση κ.λ.π.

#### Περιορισμοί στη διαχείριση του συστήματος

Η αβεβαιότητα στη διαχείριση του συστήματος, τόσο σε βραχυπρόθεσμο όσο και σε μεσοπρόθεσμο χρονικό ορίζοντα, εντείνεται περαιτέρω εξαιτίας μιας πληθώρας περιορισμών, που σχετίζονται με τη δομή του συστήματος και τα χαρακτηριστικά των τεχνικών έργων.

Οι κυριότεροι περιορισμοί του συστήματος είναι οι εξής:

- Οι κύριοι υδατικοί πόροι συνήθως βρίσκονται σε μεγάλη απόσταση, το οποίο καθιστά ιδιαίτερα πολύπλοκη την επιχειρησιακή λειτουργία του συστήματος.
- Από τις γεωτρήσεις, οι μόνες ικανής παροχαρακτηριστικότητας είναι συγκεκριμένες και λίγες
- Ορισμένες γεωτρήσεις μπορούν να προσφέρουν αρκετά μεγάλες ποσότητες στο σύστημα, αλλά με εξαιρετικά υψηλό ενεργειακό κόστος και εξεζητημένης ποιότητας (π.χ. στον Πόρο οι μόνες γεωτρήσεις που μπορούν να καλύψουν την ζήτηση το νερό τους είναι πλούσιο σε νιτρικά και απαιτούνται συστήματα απονιτροποίησης) η υδρευτική λειτουργία τους έχει ανασταλεί, προς όφελος της διάθεσης αρδευτικού νερού.
- Σημαντικά τμήματα των υδραγωγείων έχουν μειωμένη παροχαρακτηριστικότητας σε σχέση με την επιθυμητή, με συνέπεια το σύστημα κατά τους θερινούς μήνες να λειτουργεί πλέον στα όριά τους. Ακόμη,



παρατηρούνται σημαντικές απώλειες νερού κατά μήκος ορισμένων υδραγωγείων (χωρίς να μπορούν να προσδιοριστούν χωρικά), που συνολικά ανέρχονται στο 10-15% των απολήψεων.

Οι περιορισμοί αυτοί πρέπει να ληφθούν υπόψη στο χειρισμό του διαχειριστικού προβλήματος και, συνακόλουθα, στις εκτιμήσεις του κόστους.

#### Διαχωρισμός συνιστωσών κόστους

Από τα παραπάνω καθίσταται σαφές ότι το κόστος παραγωγής του αδιύλιστου νερού (κόστος απολήψεων από τους υδατικούς πόρους και μεταφοράς τους στα υδραγωγεία) δεν είναι σταθερό, αλλά μεταβάλλεται ανάλογα με την εφαρμοζόμενη διαχειριστική πολιτική, συναρτήσει της ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας στα αντλιοστάσια και τις γεωτρήσεις. Γενικά, σε περιόδους υψηλών αποθεμάτων η κατανάλωση ενέργειας είναι μικρή, ενώ αυξάνεται ραγδαία σε περιόδους χαμηλών αποθεμάτων.

Η ιδιαιτερότητα αυτή καθιστά αναγκαίο το διαχωρισμό των επιμέρους συνιστωσών κόστους σε σταθερά και μεταβλητά. Τα σταθερά κόστη παραγωγής περιλαμβάνουν τα κεφαλαιουχικά κόστη, όπως αποσβέσεις παγίων, επενδύσεις, κτλ. Τα μεταβλητά κόστη είναι αυτά που σχετίζονται με τη λειτουργία και συντήρηση του συστήματος, ήτοι τα κόστη του μόνιμου προσωπικού, τα έξοδα συντήρησης και οι δαπάνες για την κατανάλωση ενέργειας. Επισημαίνεται ότι στα μεταβλητά κόστη περιλαμβάνονται και αυτά που προκύπτουν εξαιτίας της κινητοποίησης έκτακτου προσωπικού για τη λειτουργία και συντήρηση των αντλιοστασίων. Η προτεινόμενη μεθοδολογία εκτίμησης των επιμέρους κατηγοριών κόστους αναλύεται παρακάτω.

#### Κεφαλαιουχικά κόστη (capital costs)

Το κόστος επενδύσεων περιλαμβάνει το απαιτούμενο κόστος για την αγορά, ή τη χρηματοδοτική μίσθωση γης, εγκαταστάσεων, εξοπλισμού, μηχανημάτων, οχημάτων και υλικών, ή του κόστους κατασκευής κτιρίων, εγκαταστάσεων, δρόμων, γεφυρών και υποδομών γενικότερα. Ακόμη, περιλαμβάνει το κόστος πρόσληψης εξωτερικού συμβούλου ή εταιρείας συμβούλων, ή το κόστος ανακαίνισης ή έκτακτης συντήρησης ενός περιουσιακού στοιχείου (Γ.Λ.Δ., 2008).

Οι εγκαταστάσεις μπορούν να περιλαμβάνουν τους ταμιευτήρες, τα υδραγωγεία, τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας νερού, τους αντλητικούς σταθμούς, τον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό και το δίκτυο ύδρευσης (Tang et al., 2007), ανάλογα με τα καθορισμένα όρια του συστήματος.

Ακόμη μία παράμετρος του κεφαλαιουχικού κόστους αποτελεί η βελτίωση των υποδομών και η επίτευξη ισορροπίας στο ισοζύγιο προσφοράς και ζήτησης. Τέλος, η βελτίωση της παροχής των υπηρεσιών αποτελεί μία ακόμη παράμετρο, η οποία ωστόσο δεν είναι τόσο σημαντική στην εκτίμηση του κόστους, αλλά δεν θα πρέπει και να παραλείπεται εφόσον προβλέπεται (OFWAT, 2008).

Ωστόσο, τόσο το υψηλό κόστος για τις υποδομές, αλλά και κοινωνικά ζητήματα λόγω της μεγάλης σημασίας της παροχής του νερού, οδηγούν πολλές φορές στην επιδότηση των οργανισμών-εταιρειών υποδομών. Αυτές οι επιδοτήσεις προκαλούν μεν στρεβλώσεις γενικά στις αγορές και πρέπει να αποθαρρύνονται, στην περίπτωση της αγοράς του νερού όμως, ίσως είναι ουσιώδης (GWP, 2000).

Στην περίπτωση των ΔΕΥΑ, οι υποδομές της παραχωρήθηκαν από το κράτος άνευ ανταλλάγματος. Στην πραγματικότητα λοιπόν, η ΔΕΥΑ δεν πραγματοποίησε τις δαπάνες για την κατασκευή τους. Παρόλα αυτά, θα πρέπει εξασφαλίζεται η απόδοση στα κεφάλαια αυτά, την οποία θα μπορεί να χρησιμοποιεί η ΔΕΥΑ για νέες επενδύσεις που ίσως απαιτηθούν στο μέλλον.

Τα κόστη απόσβεσης συνδέονται με τη μείωση της αξίας ενός παγίου με την αύξηση της ηλικίας του, λόγω φυσικής φθοράς ή απαξίωσης. Η απόσβεση αποτελεί ένα λογιστικό εργαλείο για την κατανομή της δαπάνης ενός κεφαλαιουχικού παγίου σε ολόκληρη τη διάρκεια της ζωής του (Γ.Λ.Δ., 2008).

Το ποσοστό της απόσβεσης κάθε εγκατάστασης εξαρτάται από το χρόνο ζωής της και την αντικατάσταση αυτής. Σύμφωνα με τους Tang et al. (2007) τα ετήσια ποσοστά απόσβεσης υπολογίζονται συνήθως σε 1% για σήραγγες και φράγματα, σε 2% για υδραγωγεία, σε 4% για τον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό και σε 10-20% για οχήματα.



Το κόστος απόσβεσης υπολογίζεται ξεχωριστά τόσο για τις υπάρχουσες υποδομές, όσο και για τις προβλεπόμενες νέες (OFWAT, 2008).

Ωστόσο, το αναπόσβεστο τμήμα της επένδυσης (στο τέλος της ζωής της) δεν θα πρέπει να περιληφθεί στην ανάλυση, λόγω του ότι δεν προβλέπεται ρευστοποίηση στο τέλος της περιόδου ανάλυσης (συνεπώς ούτε πραγματική εισροή χρημάτων) (Γ.Λ.Δ., 2008).

#### Αποσβέσεις παγίων

Οι αποσβέσεις των παγίων θα υπολογιστούν με τις τιμές του Πίνακα

Κατηγορία	Ποσοστό απόσβεσης
Φράγματα	1.0%
Κτήρια (γενικά)	5.0%
Κτήρια (H/M)	10.0%
Υδραγωγεία	3.0%
H/M εξοπλισμός	15.0%
Σποραδικά έργα	2.5%
Αντλιοστάσια και γεωτρήσεις	10.0%

#### Επενδύσεις

Θα υπολογιστεί κόστος για μελλοντικές επενδύσεις σύμφωνα με το επιχειρηματικό πλάνο της ΔΕΥΑ ανοιγμένο στην απόσβεση.

#### Κόστη λειτουργίας και συντήρησης

Θα εξεταστούν πραγματικά δεδομένα κόστους που συλλέγονται από την ΔΕΥΑ και αφορούν στα έτη 2001-2009. Τα κόστη αυτά αφορούν στη λειτουργία και συντήρηση των εγκαταστάσεων και χωρίζονται σε κόστη παραγωγικών δραστηριοτήτων και κόστη κατανομής από τη Διεύθυνση Υδροληψίας και Μεταφοράς Νερού

Τα κόστη λειτουργίας και συντήρησης επιμερίζονται σε τέσσερις κατηγορίες: κόστη συλλογής νερού σε ταμιευτήρες•

- κόστη υδροληψίας μέσω γεωτρήσεων•
- κόστη μεταφοράς νερού μέσω υδραγωγείων•
- κόστη άντλησης νερού κατά μήκος υδραγωγείων.

Στα κόστη λειτουργίας, σημαντική συνιστώσα αποτελεί το ενεργειακό κόστος, το οποίο εξαρτάται από την πολιτική χρήσης των αντλιοστασίων και γεωτρήσεων. Συνεπώς, η εκτίμησή του προϋποθέτει προσομοίωση της λειτουργίας του υδροσυστήματος, σύμφωνα με τη μεθοδολογία που περιγράφεται στο υποκεφάλαιο 5.4.

Κόστος παραγωγικών	Περιγραφή δραστηριοτήτων (€)
Συλλογή νερού σε ταμιευτήρες	xxx,xx €
Υδροληψία μέσω γεωτρήσεων	xxx,xx €
Μεταφορά νερού μέσω υδραγωγείων	xxx,xx €
Άντληση κατά μήκος υδραγωγείων	xxx,xx €
Κόστος κατανομής διεύθυνσης υδροληψίας	xxx,xx €

## ΑΝΑΦΟΡΕΣ-ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

### ΙΣΤΟΡΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ ΣΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΥΔΑΤΙΝΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΕΡΓΑ

Το νερό είναι ένα από τα κυρίαρχα στοιχεία της φύσης, της δημιουργίας και της ζωής. Ανέκαθεν υπήρξε το επίκεντρο της επιστήμης, της φιλοσοφίας, της μυθολογίας και της θρησκείας, καθώς και βασικό υλικό στη διαμόρφωση των λαϊκών παραδόσεων. Όλοι οι λαοί της γης λάτρεψαν το νερό ως θεότητα και η θρησκεία το υιοθετεί ως μέσο εξαγνισμού. Οι αρχαίοι έλληνες φιλόσοφοι, Αριστοτέλης και Εμπεδοκλής, πίστευαν ότι το σύμπαν αποτελείται από "ύδωρ-πυρ-γη-αήρ", συστατικά από τα οποία προήλθε ο κόσμος. Το νερό μάλιστα το χαρακτήριζαν ως "αίμα" της γήινης ζωής και το θεωρούσαν μαζί με το φως, βασικά ενεργειακά συστατικά ολόκληρης της ζωής. Την πρωταρχική όμως σημασία του νερού την περιγράφει ο Πίνδαρος ως "Αριστον μεν Ύδωρ". Τον 6ο αιώνα π.χ. στην Ιωνία της Μ. Ασίας, ο Θαλής ο Μιλήσιος και οι συνεργάτες του κάνουν υπέρβαση της μυθολογίας προς μία φιλοσοφική εξήγηση της προέλευσης του κόσμου και θεωρούν το νερό ως αρχή των όντων. Πολύ αργότερα ο Newton το 17ο αιώνα, αναγνωρίζει και αυτός ότι το νερό είναι η πρωταρχική ουσία από την οποία προέρχονται όλα τα υλικά αγαθά του ανθρώπου.

Η λέξη νερό εμφανίζεται στα Βυζαντινά χρόνια, όταν το φρέσκο νερό λεγόταν "νεαρόν ύδωρ" απ' όπου το "νεαρόν" με παραφθορά κατέληξε σε "νερό". Σήμερα η λέξη "ύδωρ" αναφέρεται στην καθαρώς χημική ένωση δύο ατόμων υδρογόνου με ένα άτομο οξυγόνου. Το φυσικό νερό σε αντιδιαστολή με το χημικώς καθαρό νερό, μπορεί να περιέχει σε διάλυση διάφορες ουσίες και μικροοργανισμούς. Εξάλλου, το νερό όχι μόνο δεν είναι απλό, αλλά ως προς τη φυσική και χημική του συμπεριφορά είναι ασυνήθιστο, η κατασκευή του πολύπλοκη, ενώ πολλά από τα χαρακτηριστικά του παραμένουν ακόμα θέματα μελέτης.

Το νερό ως τροφή και ως πρώτη ύλη είναι στενά συνδεδεμένο με τη ζωή και περιγράφει την ανθρώπινη πολιτιστική εξέλιξη μέσα στους αιώνες. Ο άνθρωπος απαιτεί γλυκό νερό για να επιβιώσει, γι' αυτό και σε όλη την περίοδο της εξέλιξης του ζούσε κοντά σε ποταμούς και λίμνες. Οι αρχαιότεροι πολιτισμοί δημιουργήθηκαν στις πεδινές περιοχές της Β. Αφρικής και νοτιοδυτικής Ασίας, στις οποίες το νερό είναι πολύτιμο. Στις περιοχές αυτές, οι άνθρωποι αναγνωρίζοντας τη σημασία του νερού, αξιοποίησαν μεθοδολογικά τις χρήσιμες ιδιότητες του και εφάρμοσαν τη γνώση και την τεχνολογία της εποχής εκείνης στο περιβάλλον της περιοχής τους και ειδικότερα στις πρακτικές άρδευσης και αποστράγγισης των καλλιεργειών τους.

Από πολύ παλιά ο άνθρωπος χρησιμοποιούσε το νερό για ζωτικές, ως προς την επιβίωση του, παραδοσιακές χρήσεις, όπως είναι η πόση, η παρασκευή φαγητών και το πότισμα των χωραφιών. Εξάλλου, χρησιμοποιούσε το νερό για την κάλυψη των πολιτιστικών και αναπτυξιακών του αναγκών, δηλαδή την καθαριότητα, τη βιοτεχνική-βιομηχανική-εμπορική-μεταφορική και άλλες παραγωγικές δραστηριότητες μέχρι και την πυρόσβεση. Όταν ο άνθρωπος ζούσε από το κυνήγι, κατοικούσε σε περιοχές κοντά στο νερό, στις οποίες πήγαιναν τα θηράματα του για να ξεδιψάσουν. Αργότερα με την καλλιέργεια του εδάφους, συνειδητοποίησε ότι το νερό είναι απόλυτα αναγκαίο για τις σοδειές του, γεγονός που μαρτυρείται από τα ερείπια παλαιών αρδευτικών δικτύων, που αξιοποιούσαν με κάθε δυνατό μέσο τη μέγιστη δυνατή χρήση του διαθέσιμου νερού. Με τη συγκρότηση των κοινωνικών ομάδων και την εγκαθίδρυση των μόνιμων οικισμών, δημιουργήθηκε ανταγωνισμός για την κατοχή του επιθυμητού ζωτικού χώρου που χαρακτηριζόταν από την αφθονία του γλυκού νερού και επομένως από την επάρκεια της τροφής. Εξάλλου, το νερό ως μέσο μεταφοράς, καλύπτοντας την ανάγκη της ανταλλαγής των προϊόντων και του εμπορίου, μετέτρεψε την ανθρώπινη αυτή δραστηριότητα σε συντελεστή οικονομικής και πολιτιστικής προόδου. Όπως γνωρίζουμε, στην κοιλάδα του Νείλου, βάρκες και σχεδίες συνέδεαν τους ανθρώπινους καταυλισμούς για πολλούς αιώνες, ενώ η σημασία του νερού για τις μεταφορές φαίνεται και από τα αφιερώματα που βρίσκονται στους βασιλικούς τάφους της αρχαίας Αιγύπτου. Προϋπόθεση αλλά και αποτέλεσμα της εμφάνισης μεγάλων πολιτισμών στην Αίγυπτο, στη Μεσοποταμία και στην Κίνα ήταν η ύπαρξη του νερού. Οι πρώτες ανθρώπινες κοινωνίες, από την 4η χιλιετία, δημιούργησαν σημαντικά τεχνικά έργα για τη χρήση και την αξιοποίηση του νερού. Επίσης, έργα ύδρευσης αναφέρονται στη δεύτερη χιλιετία στην Αίγυπτο, στην Κίνα, στην Περσία, στην Κρήτη, κ.α. Γνωστά από τη μυθολογία είναι τα αρδευτικά έργα στην περιοχή της Κωπαΐδας, στον Αχελώο και στον Αλφειό, κατά την προϊστορική περίοδο στην Ελλάδα. Από το 1250 μέχρι το 800 π.Χ., ακολούθησε μια αβέβαιη περίοδος κατά την οποία εμφανίζονται τα πρώτα συστηματικά έργα αξιοποίησης των υδατικών πόρων στην Αθήνα την περίοδο του Πεισίστρατου. Από το Σόλωνα το νομοθέτη συντάσσονται σχετικοί Νόμοι για τη διαχείριση των νερών όπου μεταξύ άλλων απαγορευόταν η διάνοιξη πηγαδιού στην ίδια περιοχή όταν σε ορισμένη απόσταση προϋπήρχε άλλο πηγάδι.

Οι Ρωμαίοι, ως άριστοι μηχανικοί κατασκεύασαν σε ολόκληρη την αυτοκρατορία τους έργα μεγάλης κλίμακας και έτσι εξασφάλισαν υποδειγματικές για την εποχή τους συνθήκες υγιεινής και καθαριότητας. Αργότερα, ο Μεσαίωνας χαρακτηρίζεται από μεγάλη οπισθοδρόμηση με συνέπεια τις μεγάλες επιδημίες και την κατάρρευση του αναπτυξιακού και πολιτιστικού επιπέδου της εποχής. Τότε, χρησιμοποιούνταν τα ρυάκια στις πόλεις ως αγωγοί για τα λύματα. Συνήθιζαν να ρίχνουν στο δρόμο τα σκουπίδια και τα ακάθαρτα νερά και να περιμένουν τις βροχές για να τα παρασύρουν μακρύτερα. Χολέρα, δυσεντερία και τύφος υπήρξαν οι συνέπειες, ενώ μόλις στα μέσα του προηγούμενου αιώνα άρχισαν να κατασκευάζονται αποχετευτικοί αγωγοί.

Με το πέρασμα πολλών αιώνων και φτάνοντας στη βιομηχανική επανάσταση, διαφοροποιούνται οι χρήσεις του γλυκού νερού, εντατικοποιούνται οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες που σχετίζονται με αυτό και αρχίζουν να εμφανίζονται κίνδυνοι που απειλούν και την ποιότητα και την επάρκεια του. Σ' αυτό συνέβαλε σημαντικά και η αυξημένη χρήση των επιφανειακών νερών, ιδιαίτερα των λιμνών και ποταμών, για ύδρευση, άρδευση, ενέργεια, υδατοκαλλιέργεια, αναψυχή, τουρισμό και για περιβαλλοντική χρήση. Το νερό, είναι πολύτιμο συστατικό, εξαιρετικά πρωταρχικό και βασικό στη διατήρηση της ισορροπίας της φύσης, γιατί επηρεάζει και κατευθύνει με την ποιότητα και την ποσότητα του το γενικό οικολογικό σύστημα του αέρα και του εδάφους, τη βιόσφαιρα μας. Έτσι, οι φυσικές και χημικές ιδιότητες του νερού στηρίζουν τους βιολογικούς κύκλους και οι θερμικές του ιδιότητες κατά κανόνα ελέγχουν τις κλιματικές και γεωλογικές συνθήκες κάθε περιοχής. Όμως, η ποιότητα του νερού και τα εκμεταλλεύσιμα αποθέματα του, εξαρτώνται από τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες, τα φυσικά αίτια, αλλά και από τις τεχνολογικές επιτεύξεις

#### ΟΜΑΔΟΠΟΙΗΣΗ ΕΡΓΩΝ

Τα αρχαία υδραυλικά έργα με τα οποία θα ασχοληθούμε στην παρούσα εργασία έχουν ομαδοποιηθεί σε συγκεκριμένες κατηγορίες. Η κατηγοριοποίηση αυτή βοηθάει καταρχήν να βρίσκει ο κάθε ενδιαφερόμενος εύκολα, τα στοιχεία που περιέχονται στην βάση δεδομένων, αλλά και να υπάρχει η δυνατότητα εμπλουτισμού της βάσης δεδομένων στο μέλλον.

#### ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΕΡΓΟΥ

Οι αρχαίοι λαοί και ιδιαίτερα οι Αρχαίοι Έλληνες έχουν να επιδείξουν μία ευρεία γκάμα υδραυλικών έργων. Από τα πιο απλά, όπως για παράδειγμα οι κρήνες μέχρι πιο σύνθετα όπως υδραγωγεία, εγκαταστάσεις υγιεινής και αποχέτευσης.

Τα έργα με τα οποία θα ασχοληθούμε στην παρούσα φάση κατηγοριοποιούνται ως εξής:

- Αποστραγγιστικά Έργα
- Αποχετευτικά Συστήματα
- Άρδευτικά Έργα
- Δεξαμενές
- Διευθετήσεις κοίτης
- Διώρυγες
- Εγκαταστάσεις Υγιεινής
- Θέρμες
- Κρήνες
- Λουτρά
- Νυμφαία
- Ομβροδέκτες
- Τουαλέτες
- Υδραγωγεία
- Φράγματα

#### ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΕΡΓΟΥ

Ένα ακόμη κριτήριο για την επιλογή των κατηγοριών αποτέλεσε η χρησιμότητα του έργου, δηλαδή σε τι αποσκοπούσε το καθένα από αυτά. Οι αρχαίοι Έλληνες ήταν αρκετά εξοικειωμένοι με την υδραυλική τεχνολογία, γεγονός που αποδεικνύεται από το ότι μερικά έργα είχαν πολλαπλή σκοπιμότητα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το αποστραγγιστικό σύστημα της Κωπαΐδας, όπου εκτός από την αποστράγγιση, την αποφυγή των πλημμυρών και τη δημιουργία καλλιεργήσιμων εκτάσεων στην περιοχή, το νερό που διοχετευόταν στα κανάλια χρησίμευε και για άρδευση.

Τα έργα είχαν ως σκοπό:

- Την άρδευση
- Την ύδρευση
- Τη συγκράτηση φερτών
- Την αντιπλημμυρική προστασία
- Την χρήση θερμών λουτρών

- Την υγιεινή σώματος
- Τη ναυσιπλοΐα
- Την αποξήρανση περιοχών
- Την υγιεινή (αποχέτευση)

#### ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Τρίτο και τελευταίο κριτήριο κατηγοριοποίησης των έργων είναι η εποχή κατασκευής και λειτουργίας τους. Οι περίοδοι - εποχές είναι οι παρακάτω:

ΠΕΡΙΟΔΟΣ – ΕΠΟΧΗ	ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΑ
Μινωική και Κυκλαδική	3500-1200 π.Χ.
Μυκηναϊκή	1600-1100 π.Χ.
Αρχαϊκή	800-500 π.Χ.
Κλασσική	500-336 π.Χ.
Ελληνιστική	323 -146 π.Χ.
Ρωμαϊκή	146π.Χ - 323 μ.Χ.

#### ΑΡΧΑΙΑ ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΕΡΓΑ ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΡΓΩΝ

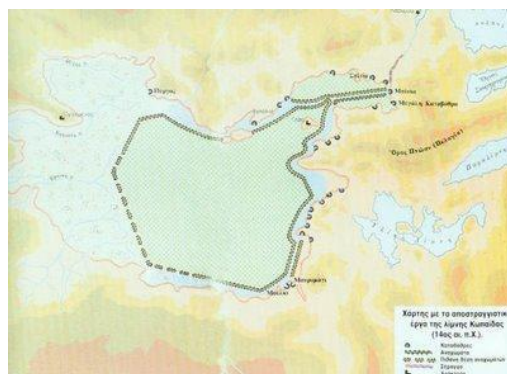
Σε αυτό το κεφάλαιο ακολουθεί αναφορά σε κάθε αρχαίο υδραυλικό έργο, όπου αναφέρονται ιστορικά και τεχνικά στοιχεία, πλαισιωμένα από φωτογραφίες ή/και σκαριφήματα (όπου υπάρχουν) και την αναφορά στον εκάστοτε συγγραφέα ή ερευνητή, του οποίου η μελέτη έπαιξε πρωταρχικό ρόλο στην ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας.

Η παρουσίαση γίνεται κατηγοριοποιώντας τα έργα με βάση το είδος τους, δίνοντας έτσι μεγαλύτερη έμφαση στο τεχνικό κομμάτι.

#### ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΤΙΚΑ ΕΡΓΑ

##### Αποξήρανση Δύστου

Η αποξήρανση της λίμνης των Πτυχών (Δύστου) στην Νότια Εύβοια, έξω απ' την Ερέτρια, έγινε το 330π.Χ. αρκετά αργότερα απ' την αποξήρανση της λίμνης Κωπαΐδας. Στην περίπτωση αυτή δεν είναι τόσο εντυπωσιακό το μέγεθος όσο η τεχνική σύμβαση ανάληψης του έργου που διασώθηκε. Το έργο ανατέθηκε από τον δήμο Ερετριαίων στον μηχανικό Χαιρεφάνη. Αρχικά περιγράφεται λεπτομερώς το έργο με τις προσεκτικά διατυπωμένες τεχνικές του ιδιαιτερότητες, (κατασκευή αποχετευτικών αγωγών, υδροφρακτών, δεξαμενής κ.λ.π.) δίνεται ο χρόνος παράδοσης μετά από τετραετία, κανονίζεται φορολογική ατέλεια στην εισαγωγή υλικών για το έργο, και προβλέπονται και σαφέστατες ποινικές ρήτρες τόσο υλικής όσο και ηθικής φύσεως.



Εικόνα : Αποστραγγιστικό σύστημα Κωπαΐδας

##### Εικόνα 1: Αποστραγγιστικό σύστημα Κωπαΐδας

Κολοσσιαία, από την άποψη της έκτασης όσο και της τεχνολογίας που χρησιμοποιήθηκε, ήταν τα ευρείας κλίμακας αρδευτικά και αποξηραντικά έργα που εκτέλεσαν οι Μινύες του Ορχομενού στην κοιλάδα της Κωπαΐδας. Ήταν τόσο σημαντικά τα έργα αυτά ώστε οι Γερμανοί ερευνητές που τα μελετούν από το 1980 τα χαρακτήρισαν σαν τα «μεγαλύτερα αρδευτικά έργα της αρχαίας Ευρώπης».

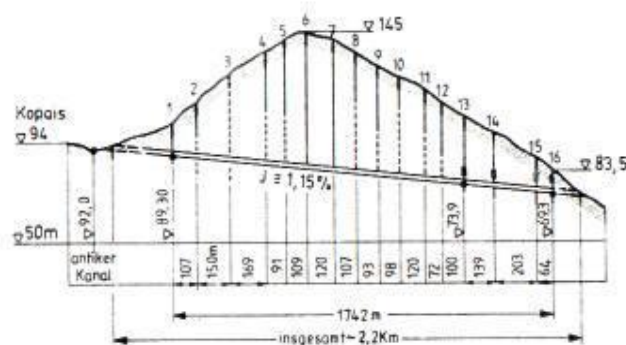


Εικόνα : Τα υδραυλικά έργα των Μινύων

Οι Μινύες, ένα μυστηριώδες ελληνικό φύλο με καταγωγή την αρχαία Κολχίδα, που διέθεταν αυξημένες γνώσεις μηχανικής και τεχνολογίας, επιχείρησαν να αποξηράνουν την πεδιάδα της Κωπαΐδας, η οποία πλημμύριζε από τα νερά των παρακείμενων ποταμών Μέλανα και Κηφισού. Για τον σκοπό αυτό κατασκεύασαν ένα τεράστιο αρδευτικό κανάλι, πλάτους 40 μ. και βάθους έως και 5 μ., που χρησίμευε και ως πλωτός ποταμός, την περίφημη «Διώρυγα των Μινύων». Στην διώρυγα αυτή συγκεντρώνονταν όλα τα ύδατα, τα οποία μέσω αυτής, κατευθύνονταν προς διάφορες φυσικές καταβόθρες, απ' όπου κατέληγαν στον σημερινό κόλπο της Λάρυμνας (Ευβοϊκός Κόλπος). Ο ενδιαμέσος αποξηραμένος χώρος πλαισιώθηκε από οικισμούς και το οχυρό του Γλα, που έλεγχε την περιοχή, ενώ στο μεγαλύτερο μέρος του καλλιεργούνταν. Η διώρυγα των Μινύων είχε μήκος περίπου 43 χιλιόμετρα και ήταν συνδεδεμένη μαζί με μία άλλη περιφερειακή καθώς και διάφορες εγκάρσιες μικρότερης κατασκευής. Συμπληρωματικό έργο μεγάλης αξίας ήταν η τεχνητή καταβόθρα που έσκαψαν οι Μινύες για να ενισχύσουν την απορρόφηση των υδάτων, επειδή οι φυσικές καταβόθρες δεν επαρκούσαν.

Η τεχνητή καταβόθρα, μία υπόγεια επικλινής σήραγγα, σκαμμένη στο βράχο, είχε μήκος 2230 μ. ύψος 1,80 μ. και πλάτος 1,50 μ. Διέθετε 16 κάθετα ανοίγματα (φρεάτια), που ανοίχτηκαν πρώτα και μέσω των οποίων σκάφτηκε η σήραγγα μέσα στον βράχο και στην συνέχεια μέσω αυτών συντηρείτο.

Σχήμα 1: Τεχνητή καταβόθρα



Εικόνα :

Πρόκειται για ένα αξιόλογο τεχνητό έργο που δεν έχει εξερευνηθεί ούτε έχει μελετηθεί σε βάθος. Τα έργα αυτά οι Μινύες τα συντηρούσαν για εκατοντάδες χρόνια έως ότου καταστράφηκαν από σεισμούς στα 1100 π.Χ. Τα έργα της Κωπαΐδας καταστράφηκαν σχεδόν συγχρόνως με την καταστροφή των μυκηναϊκών ακροπόλεων γύρω στο 1200 π.Χ., όταν η κεντρική εξουσία δεν ήταν πια σε θέση να συντηρήσει τα έργα, και η Κωπαΐδα μετατράπηκε πάλι σε λίμνη σκεπάζοντας έναν αριθμό παράλιων οικισμών. Είναι αξιοσημείωτο ότι μετά το εγχείρημα αυτό των Μυκηναίων καμία άλλη



μεταγενέστερη προσπάθεια μετατροπής της λίμνης Κωπαΐδας σε πεδιάδα δεν πέτυχε παρά μόνο εκείνη στα τέλη του περασμένου αιώνα και η οποία έδωσε στην περιοχή τη σημερινή της μορφή.



Εικόνα : Κατάβαση σ' ένα από τα πηγάδια καθαρισμού

Μερικά κανάλια παρέμειναν σε λειτουργία μέχρι αρκετά αργότερα αλλά η έλλειψη συντήρησης τα έκανε σιγά-σιγά άχρηστα. Η προοδευτική καταστροφή τους σύντομα οδήγησε σε επανασχηματισμό της λίμνης που αποξηράνθηκε ξανά τον 20ό πια αιώνα.

### **Αποξήρανση λίμνης Φενεού**

Ο Φενεός είναι πανάρχαιη Αρκαδική πόλη και ο Όμηρος την αναφέρει στον πόλεμο της Τροίας. Σύμφωνα με τον Πανσανία, στην κοιλάδα του Φενεού υπήρχε μια λίμνη με έκταση περίπου 32 χλμ<sup>2</sup>. και βάθος 40 - 50 μ. Ο Ηρακλής έσκαψε ένα βράθρο και άλλαξε την κοίτη του Όλβιου ποταμού (Αροάνιος), καταφέροντας με τον τρόπο αυτό να αποστραγγίζει την κοιλάδα και τα νερά να καταλήγουν στα ποταμό Λάδωνα.

### **Ηρακλής: «Η πάλη με τον Αχελώο»**

Γνωστή είναι και η πάλη του Ηρακλή με τον Αχελώο για την κατάκτηση της Δηϊάνειρας, κόρης του Οινέα, (την οποία είχε ζητήσει σε γάμο ο ποταμός, ενώ ο αδερφός της ο Μελέαγρος είχε δώσει εντολή στον Ηρακλή να την παντρευτεί αυτός). Ο Αχελώος είχε τρεις μορφές: ταύρος, φίδι ή άνθρωπος με κεφάλι ταύρου. Στη μάχη είχε τη μορφή ταύρου και ο Ηρακλής κατάφερε να του σπάσει το ένα κέρατο και να τον νικήσει. Ο Ηρακλής επέστρεψε στον ηττημένο Αχελώο το σπασμένο κέρατο και σε αντάλλαγμα έλαβε το Κέρας της αίγας Αμάλθειας, που είναι το σύμβολο της Αφθονίας. Σύμφωνα με την ερμηνεία του μύθου, η νίκη του Ηρακλή συνδέεται με την κατασκευή αντιπλημμυρικών και αποστραγγιστικών έργων στην Παραχελωίτιδα περιοχή και το κέρας της Αμάλθειας συμβολίζει τη γόνιμη γη που προήλθε από την κατασκευή των έργων αυτών.



Εικόνα : Η πάλη με τον Αχελώο

### **Ηρακλής: «Η Λερναία Ύδρα»**

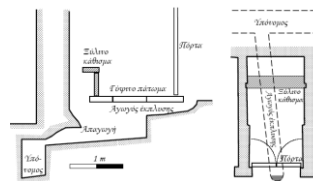
- Χρήστος Λάζος, Οι άθλοι του Ηρακλή και υδραυλικά έργα στην αρχαιότητα, 1988

Ο δεύτερος άθλος του Ηρακλή, η Λερναία Ύδρα, θα πρέπει να σχετιζόταν με τις προσπάθειες των ανθρώπων της εποχής εκείνης να αποστραγγίσουν το έλος. Η λίμνη της Λέρνης βρισκόταν στους σημερινούς Μύλους, που βρίσκονται ανάμεσα στο Ναύπλιο και το Άργος. Η λεκάνη της Λέρνης λόγω των άφθονων νερών που έφταναν σε αυτήν είχε δημιουργήσει ένα έλος με στάσιμα νερά. Ο Ηρακλής χτίζοντας μια-μια τις πηγές, τα νερά των οποίων κατέληγαν στο έλος, κατεύθυνε τα νερά σε κάποιον αποχετευτικό αγωγό, που τα έστελνε όλα συγκεντρωμένα πλέον στη θάλασσα. Έτσι, το αθάνατο κεφάλι της Ύδρας θάφτηκε κάτω από τη γη.

## ΑΠΟΧΕΤΕΥΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

### Αποχέτευση Μινωικού Πολιτισμού

Αρχαιολογικές και άλλες μαρτυρίες υποδεικνύουν ότι στην Κρήτη, κατά τη διάρκεια της μεσο-μινωικής περιόδου, εφαρμόστηκαν προωθημένες υδραυλικές και υγειονομικές τεχνικές στη διαχείριση του νερού των μινωικών οικισμών. Αυτές συμπεριλαμβάνουν την κατασκευή και χρήση λουτρών και άλλων εγκαταστάσεων υγιεινής, καθώς και συστημάτων αποχέτευσης και διάθεσης των υγρών αποβλήτων και των νερών της βροχής. Η υδραυλική και αρχιτεκτονική λειτουργία των συστημάτων αποχέτευσης στα ανάκτορα και τους οικισμούς θεωρούνται ως ένα από τα πιο αξιόλογα χαρακτηριστικά του μινωικού πολιτισμού. Τα συστήματα αυτά ήταν τόσο προηγμένα ώστε να μπορούν να συγκριθούν με τα αντίστοιχα σύγχρονα συστήματα, που καθιερώθηκαν μόλις στο δεύτερο μισό του 19ου αιώνα στις ευρωπαϊκές και αμερικανικές πόλεις.



Σχήμα 2: Τομή και κάτοψη της τουαλέτας στο ισόγειο του ανακτόρου της Κνωσού (προσαρμογή από τον Graham, 1987)

Από τα πλέον αξιοθαύμαστα ευρήματα στα ανάκτορα της Κνωσού και άλλων μινωικών θέσεων είναι οι τουαλέτες που μοιάζουν με τις σύγχρονες, αφού διέθεταν σύστημα έκπλυσης κάτω από το κάθισμα. Το σύστημα αποχέτευσης ομβρίων και ακαθάρτων στο ανάκτορο της Κνωσού είναι αρκετά εκτεταμένο και περιλαμβάνει κεραμικούς και λιθόκτιστους αγωγούς, ενώ η υδραυλική του λειτουργία εντυπωσιάζει για τον έξυπνο τρόπο ελέγχου της ταχύτητας και της καθίζησης των φερτών. Το πιο προηγμένο μινωικό αποχετευτικό σύστημα φαίνεται να είναι αυτό στην έπαυλη της Αγίας Τριάδας, το οποίο προκάλεσε το θαυμασμό πολλών σύγχρονων περιηγητών και μελετητών για το γεγονός ότι εξακολουθεί, μετά από 4000 χρόνια, να βρίσκεται



σε λειτουργική κατάσταση αποχτεύοντας όμβρια.

Εικόνα 5: Τμήματα του συστήματος αποχέτευσης στο ανάκτορο της Κνωσού, εντός του ανακτόρου (αριστερά) και στην έξοδο του κεντρικού αποχετευτικού αγωγού (δεξιά)

Η διάθεση των αποβλήτων στα μινωικά ανάκτορα γινόταν σε χείμαρρους ή στηθάλασσα. Σε διάφορες μινωικές θέσεις, όπως στο ανάκτορο της Φαιστού, αναφέρονται οι πρώτες δεξαμενές συλλογής, αποθήκευσης και επαναχρησιμοποίησης ομβρίων, ενώ υπάρχουν ενδείξεις ότι σε ορισμένες περιπτώσεις, εκτός από τη χρήση ομβρίων, γινόταν διάθεση εκροών αστικών υγρών αποβλήτων σε γεωργικές εκτάσεις. Οι ενδείξεις αυτές ενισχύονται από το γεγονός ότι το υδατικό δυναμικό της Κρήτης είναι φτωχό, ενώ αρκετές περιόδους του μινωικού πολιτισμού πρέπει να ήταν χαρακτηριζόνταν από σοβαρή λειψυδρία.

## ΑΡΔΕΥΤΙΚΑ ΕΡΓΑ

### Αρδευτικό σύστημα στην Περαχώρα

Το περίπλοκο υδραυλικό σύστημα παροχής νερού σε αγροικία, σαν και αυτό που χτίστηκε το 300 π.Χ. στην Περαχώρα της Κορίνθου, ίσως από το Δημήτριο τον Πολιορκητή είναι ένα έργο ιδιωτικής κατασκευής που παρόμοιο του δεν υπήρχε. Τα ευρήματα που αποκαλύφθηκαν κατά καιρούς τόσο στην Περαχώρα όσο και λίγο πιο κάτω, στο Ηραίον, δίνουν την εντύπωση μιας τεράστιας κατασκευής, που δυστυχώς δεν έχει μελετηθεί διεξοδικά παρά το γεγονός ότι είναι ένα φαινόμενο μοναδικό για την Ελλάδα.

Το όλο σύστημα αποτελείται από τεράστιους υπόγειους αγωγούς όπου συγκεντρώνονταν τα ύδατα και οι οποίοι συνδέονταν με μια κεντρική σήραγγα. Η τελευταία ενωνόταν με την επιφάνεια του εδάφους με μια εντυπωσιακή κλίμακα μήκους 58 μ. που αποτελούνταν από 160 σκαλιά με κλίση 27 μοιρών. Από τη σήραγγα το νερό μεταφερόταν στο επίπεδο του εδάφους με έναν τεράστιο τροχό που διέθετε ένα σύστημα από δοχεία ή κουβάδες, μηχανισμός που ονομάστηκε «αλυσιδωτή αντλία με κουβάδες».

Οι τροχοί είχαν διάμετρο τόσο μεγάλη, περίπου 5 μ., ώστε μπορούσαν να περιστραφούν μόνο από ζώα. Μια τριπλή δεξαμενή, σε απόσταση 215 μ. και 3,50 μ. υψηλότερα από την επιφάνεια του εδάφους, δεχόταν το νερό από την κύρια πηγή. Το νερό «ανέβαινε» τα 3,50 μ. με μικρότερους τροχούς. Δεν έχει διαπιστωθεί ακόμη αν η τεράστια και εντυπωσιακή δεξαμενή στο Ηραίον τροφοδοτούνταν από το ίδιο υδραυλικό σύστημα της Περαχώρας.

## ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ

### Δεξαμενή (συλλεκτήρια) Κασσοτίδας

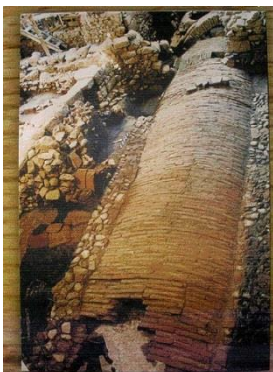
Προφητικό νερό (της Κασσοτίδας κατά τον Πausανία) ανάβλυζε μέσα στο άδυτο. Ένα πολύπλοκο υδραυλικό δίκτυο διέσχισε την υποθεμελίωση του ναού. Δεν υπήρχε κίνδυνος διάβρωσης και η περίπτωση της υπερχειλίσης είχε αντιμετωπιστεί. Το πλεόνασμα του νερού διοχετεύονταν στην συλλεκτήρια) δεξαμενή Κασσοτίδα, η (οποία σήμερα είναι βυθισμένη στο άνδρηρο του ναού νότια του αδύτου. Η δεξαμενή ήταν προσβάσιμη με σκαλοπάτια και απέρρευε σε κρουνό στο μεγάλο πολυγωνικό αναλημματικό τοίχο. Κάποια στιγμή οι αγωγοί που διέσχισαν την θεμελίωση του ναού φράχθηκαν με συνέπεια να διακοπεί η επικοινωνία με τη δεξαμενή της Κασσοτίδας. Αυτό συνέβη μάλλον το 373 π.Χ., όταν ενισχύθηκε και η ΝΔ γωνία του ναού. Τότε ίσως διακόπηκε ή υπέστη σοβαρές ζημιές το υδρευτικό δίκτυο. Θεωρούμε, όμως πιθανότερο ότι η φραγή αποφασίστηκε και εκτελέστηκε κατά την ανοικοδόμηση του ναού. Η όλη υποδομή του δαπέδου και κυρίως το άδυτο (σε γαιώδες περιβάλλον) κινδύνευε να αποσθραφωθεί από την υποκείμενη διέλευση του νερού και να υποκύψει.

Γι' αυτό η Κασσοτίδα μάλλον σκοπίμως αποκόπηκε από την θεμελίωση του ναού τον 4ο αι. π.Χ.

## ΔΙΕΥΘΕΤΗΣΕΙΣ ΚΟΙΤΗΣ

### Ηριδανός

Η εγκιβωτισμένη από τον 2 αιώνα μ.Χ. κοίτη του Ηριδανού, από την εποχή, δηλαδή, του Ηρώδη Αττικού, αποκαλύφθηκε το 1992 κατά τις σωστικές ανασκαφές για την κατασκευή του μετρό στα νοτιοανατολικά της πλατείας Μοναστηρακίου, σε βάθος 5,72 ως 6,44 μ, μήκος 12,94 μ και πλάτος 2,80 μ. Η πλινθόκτιστη θολωτή κατασκευή μάλιστα, η οποία σκεπάζει την κοίτη, εμφανίζει τρεις κατασκευαστικές φάσεις, δύο της Ρωμαϊκής εποχής και μια της παλαιοχριστιανικής.



Μαζί της ήλθαν στο φως και πλήθος άλλα στοιχεία για την τοπογραφία της αρχαίας Αθήνας, αποδεικνύοντας τη διαρκή κατοίκηση της περιοχής από την αρχαιότητα. Συγκεκριμένα ένας αρχαίος δρόμος διερχόταν ακριβώς επάνω από την εγκιβωτισμένη κοίτη του ποταμού ενώ εκατέρωθεν αυτού αναπτύσσονταν οικίες, εργαστήρια και αποθηκευτικοί χώροι.

Εικόνα: Η εγκιβωτισμένη από την αρχαιότητα κοίτη του Ηριδανού στο Μοναστηράκι

Ηρακλής: «Διευθέτηση Στρυμόνα»

Ο Ηρακλής πέρασε και από το Νομό Σερρών. Λέγεται ότι οι κάτοικοι τότε παραπονέθηκαν στον ήρωα για τις μεγάλες ζημιές που τους προκαλούσε ο ποταμός Στρυμόνας με τις συχνές πλημμύρες του. Ο Ηρακλής τότε διευθέτησε την κοίτη και απάλλαξε τους κατοίκους από τις φοβερές καταστροφές.

Ηρακλής: «Το λιοντάρι της Νεμέας»



Εικόνα 7: Το λιοντάρι της Νεμέας, στάμνος 490 π.Χ.

Οι περισσότεροι Έλληνες αν όχι όλοι- γνωρίζουν τους άθλους του Ηρακλή. Δύσκολα όμως θα πήγαινε το μυαλό τους ότι πίσω από τους άθλους αυτούς κρύβονται πληροφορίες για την κατασκευή υδραυλικών έργων στην προϊστορική Ελλάδα. Πρέπει να σημειωθεί ότι όσα αναφερθούν παρακάτω δεν είναι απόλυτα εξακριβωμένα. Δεχόμενοι, όμως, το γεγονός ότι ο Ηρακλής ήταν ένα πρόσωπο καθαρά μυθικό, πίσω από μερικούς άθλους του μπορούμε να διακρίνουμε στοιχεία οικονομικής ευχέρειας και τεχνογνωσίας των αρχαίων Ελλήνων.

Ο πρώτος άθλος του Ηρακλή, είναι το λιοντάρι της Νεμέας. Κατά τον Ησίοδο (Θεογονία, 327-332), το λιοντάρι της Νεμέας ήταν ένα θηρίο που ταιλαιπωρούσε όλη την περιοχή και ζούσε σε μια αμφίστομη σπηλιά. Δεν μπορούσε να το βλάψει ούτε ο σίδηρος, ούτε ο χαλκός ούτε και η πέτρα και διέφευγε από δύο οδούς. Λογικά αυτό το «κακοποιό στοιχείο» ήταν το νερό. Και πράγματι εκείνη την εποχή τα νερά «εγκλωβίζονταν και έβλαπταν τη γεωργία της περιοχής. Υπάρχει λοιπόν η υπόθεση ότι έγιναν αποξηραντικά και υδραυλικά έργα: Σε πρώτη φάση ο Ηρακλής έφραξε τη μια διέξοδο του νερού και στη συνέχεια έκλεισε το “θηρίο” στο σπήλαιο, δηλαδή έγιναν έργα με τα οποία διευθετήθηκε η κοίτη του ποταμού.

Ηρακλής: «Οι στάβλοι του Αυγεία»



Εικόνα 8: Ο καθαρισμός των στάβλων του Αυγεία (από ανάγλυφο, Ρώμη)

Ο πέμπτος άθλος του Ηρακλή, οι στάβλοι του Αυγεία. Ο Ευρυσθέας ανέθεσε στον Ηρακλή να καθαρίσει τους στάβλους του Αυγεία, βασιλιά της Ήλιδας, των οποίων η φοβερή δυσσομία ήταν ικανή να προκαλέσει αποπνιγμό στον καθένα. Πίσω από τους στάβλους αυτούς, οι οποίοι σταδιακά δημιουργούσαν ανεκμετάλλευτα τμήματα γης, μπορούμε να διακρίνουμε άλλες αιτίες, όπως για παράδειγμα την κάλυψη της καλλιεργήσιμης γης από ύδατα των ποταμών που δημιουργούσαν έλη. Ο μύθος αναφέρει ότι ο Ηρακλής εξέτρεψε το ρεύμα του ποταμού Πηνειού ή και του Αλφειού, καθάρισε τις περιοχές από την κοπριά και απέδωσε πίσω τη γη στους γεωργούς.

## ΔΙΩΡΥΓΕΣ

Διώρυγα Κορίνθου - Δίορκος



Εικόνα : Η Δίορκος της Κορίνθου

Η ιδέα και οι προσπάθειες για την διάνοιξη διώρυγας στον ισθμό της Κορίνθου που θα επέτρεπε την αποφυγή του επικίνδυνου περίπλου της Πελοποννήσου και την συντόμηση της διαδρομής, ξεκίνησαν από αρκετά παλιά. Ο τύραννος της Κορίνθου Περίανδρος τον 6ο π.Χ. αιώνα είχε μελετήσει την πιθανότητα ένωσης του Σαρωνικού και του Κορινθιακού κόλπου, αλλά οι τεχνικοί της εποχής τον απέτρεψαν γιατί παρατήρησαν διαφορά στάθμης στις δύο πλευρές που θα προκαλούσε ροή του

Κορινθιακού μέσα στον Σαρωνικό με άγνωστες συνέπειες και ίσως πλημμύρες παραλίων της Αττικής. Μετά από αυτό ο Περίανδρος προσπάθησε να δώσει λύση στο πρόβλημα κατασκευάζοντας τον Δίορκο που ήταν ειδικός δρόμος στρωμένος με πλάκες πωρόλιθου από το λιμάνι Λέχαιον στον Σαρωνικό, μέχρι το λιμάνι Κεγγρεές στον Κορινθιακό. Τα πλοία φορτωνόταν σε ειδικά οχήματα και σερνόταν δια μέσω ξηράς από τον 5 μέτρων πλάτους δίορκο μέχρι τον απέναντι κόλπο. Φυσικά το κόστος για κάτι τέτοιο ήταν αρκετά υψηλό και κυρίως εξυπηρετούνταν πολεμικά πλοία. Η δίορκος λειτουργούσε μέχρι τον πρώτο αιώνα μ.Χ. που ο Νέρωνας αποφάσισε το 67 μ.Χ. να ανοίξει αυτός την διώρυγα χρησιμοποιώντας 6.000 δούλους απ' την Ιουδαία, αλλά δεν πρόλαβε λόγω προβλημάτων στην Ρώμη, που οδήγησαν στην δολοφονία του. Αργότερα η Ηρώδης ο Αττικός δοκίμασε κι αυτός να συνεχίσει την διάνοιξη, αλλά χωρίς καλύτερο αποτέλεσμα. Το 1881 Ούγγρος επιχειρηματίας Istvan Turr προσπάθησε να ανοίξει την διώρυγα αλλά το έργο σταμάτησε λόγω χρεοκοπίας του. Η προσπάθεια συνεχίστηκε αργότερα από ελληνική εταιρεία και συμμετοχή του Ανδρέα Συγγρού.



Εικόνα : Η Διώρυγα Κορίνθου

(αεροφωτογραφία από την πλευρά του Σαρωνικού)

Το μήκος της είναι 5.890 μ., το πλάτος του πυθμένα 25 μ., το μεγαλύτερο ύψος φτάνει στα 79 μ., ενώ το βάθος του νερού στα 8 μ. Μαζί με τους προλιμένες της Ισθμίας και της Ποσειδωνίας το συνολικό μήκος φτάνει τα 6.343 μ. Τελικά η διώρυγα ανοίχθηκε το 1893 μετά από εργασίες 11 ετών. Το 1944 την ξανάκλεισαν



(πεισματικά αλλά ευτυχώς μάλλον πρόχειρα) οι Γερμανοί οπισθοχωρώντας και μετά το 1948 ξανά-ανοίχθηκε και δόθηκε σε χρήση. Σήμερα εξυπηρετεί περίπου 3.000 αυτοκίνητα ημερησίως και 9.000 πλοία ετησίως.

#### Διώρυγα Λευκάδας

Η απόσταση της Λευκάδας από την Στερεά Ελλάδα είναι σχεδόν 25 μέτρα. Οι πρώτοι κάτοικοι του νησιού οι Λέλεγες, λέγεται ότι άνοιξαν εκεί διώρυγα για ευκολότερη ναυσιπλοΐα. Σήμερα μια γέφυρα επιτρέπει την εξίσου εύκολη διέλευση τόσο οχημάτων όσο και πλοίων απ' το σημείο αυτό.

Ενδιαφέρουσες είναι και κάποιες μελέτες που υποστηρίζουν ότι η σημερινή Λευκάδα είναι η Ιθάκη της αρχαιότητας, βασιζόμενες στις περιγραφές σημείων του νησιού από την Οδύσσεια.

#### Διώρυγα Χαλκιδικής

Ο Ξέρξης το 481 π.Χ. προσπαθώντας να αποφύγει τις καταστροφικές για τον στόλο του τρικυμίες στην ταραγμένη θάλασσα της Χαλκιδικής προσπάθησε να ανοίξει διώρυγα. Ένωσε την "Ακανθο" με το ανώτατο σημείο του Σιγγιτικού κόλπου (τέμνοντας την χερσόνησο που σήμερα είναι γνωστή απ' το 'Άγιο Όρος) για να αποφύγει τις φουρτούνες του Ακρόθωου, ακρωτηρίου του 'Αθωνα. Συνάντησε όμως σθεναρή αντίσταση από τα λιοντάρια της περιοχής που του έφαγαν πάρα πολλές απ' τις καμήλες του.

### **ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΥΓΙΕΙΝΗΣ**

#### Εγκατάσταση Υγιεινής στην Θήρα

Στο Ακρωτήρι της Θήρας ανασκάπτεται μια εντυπωσιακά διατηρημένη πόλη της εποχής του Χαλκού (~1500 π.Χ.). Χάρη στις στάχτες του ηφαιστείου που κάλυψαν τα ερείπια του οικισμού, σώθηκαν σχεδόν ανέπαφα τα διώροφα και τριώροφα κτήρια της πλούσιας αυτής πόλης, οι κάτοικοι της οποίας απολάμβαναν πολλές από τις ανέσεις της σημερινής εποχής. Ανάμεσα σ' αυτές και οι εγκαταστάσεις υγιεινής. Στο παρακάτω ομοίωμα απεικονίζεται σε κλίμακα 1:4 η νοτιοδυτική γωνία της λεγόμενης 'Δυτικής Οικίας', ενός μάλλον τυπικού σπιτιού του κέντρου της πόλης. Στον άνω όροφο, όπου βρίσκονται οι χώροι κατοικίας, υπάρχει εγκατάσταση υγιεινής απομονωμένη από το υπόλοιπο σπίτι με πλινθότοιχο. Σε εσοχή του εξωτερικού τοίχου έχουν κτιστεί δύο πεζούλια, ύψους 0,43 μ., ανάμεσα στα οποία υπάρχει κενό πλάτους 8-10 εκ. Το κενό αντιστοιχεί σε οπή στο πάτωμα, η οποία αποτελεί το στόμιο αγωγού. Ο αγωγός, που απαρτίζεται από κατακόρυφους πήλινους σωλήνες εντοιχισμένους στη λιθοδομή του ισογείου, καταλήγει σ' ένα άνοιγμα του τοίχου προς την εξωτερική πλευρά του κτηρίου. Από το άνοιγμα αυτό, τα απόβλητα χύνονταν σε φρεάτιο το οποίο συνδέεται με το κεντρικό δίκτυο του οικισμού. Το "φρεάτιο επισκέψεως" για τον καθαρισμό και την συντήρηση των εγκαταστάσεων, λειτουργεί επίσης ως σημείο αλλαγής στάθμης και κατεύθυνσης του κεντρικού δικτύου.

Μέσα στο φρεάτιο βρέθηκαν πλάκες τοποθετημένες έτσι ώστε η ροή των αποβλήτων να επιταχύνεται, διατηρώντας το δίκτυο καθαρό. Επιπλέον, οι πλάκες αυτές απομονώνουν σε μεγάλο βαθμό το φρεάτιο από το σπίτι - σχηματίζουν δηλαδή ένα είδος "οσμοπαγίδας". Στο ομοίωμα διακρίνονται επίσης πολλές από τις οικοδομικές λεπτομέρειες της εποχής εκείνης: ο τρόπος κατασκευής του πατώματος ( -κλαδιά-πλάκες-χώμα), οι περίτεχνες δοκοίξυλοκατασκευές των παραθύρων που λειτουργούσαν ως φέροντα στοιχεία του κτηρίου, οι λαξευτοί γωνιόλιθοι και τα λαξευτά πλαίσια των παραθύρων με τα έντονα χρώματα των ηφαιστειακών πετρωμάτων, κ.ά. Τέλος, όπως όλα τα σπίτια του οικισμού, έτσι και η Δυτική Οικία κοσμείται με εκπληκτικές τοιχογραφίες.



Εικόνα : Δυτική Οικία: η εγκατάσταση υγιεινής του άνω ορόφου. Ανάμεσα στα δύο κτιστά πεζούλια υπάρχει οπή στο δάπεδο η οποία αντιστοιχεί σε εντοιχισμένη πήλινο αγωγό

Εγκατάσταση Υγιεινής στην Κνωσό

Κάτω από το ανάκτορο της Κνωσού, σε έκταση 25 στρεμμάτων περίπου, υπάρχει ένας άλλος «λαβύρινθος», από αγωγούς ύψους περί το 1 μ., κτισμένους με μεγάλες λαξευτές πέτρες που φτάνουν το 1,70 μ. σε μήκος. Στο δίκτυο αυτό καταλήγουν κατακόρυφοι κτιστοί συλλέκτες που συγκεντρώνουν τα νερά των άνω ορόφων, των δωματίων και της μεγάλης Κεντρικής Αυλής. Στην ανατολική πτέρυγα του ανακτόρου, εκεί όπου βρίσκονται τα λεγόμενα Διαμερίσματα Κατοικίας», «αποκαλύφθηκε εγκατάσταση υγιεινής, γνωστή ως «η τουαλέτα της βασιλίσσης». Βρίσκεται σε αρκετά απομονωμένη και διακριτική θέση, δίπλα σε φωταγωγό, και πρόκειται για μικρό χώρο που απομονώνεται από το υπόλοιπο δωμάτιο με όρθιες γυψόπλακες. Έχει διαστάσεις 1,10 μ. x 2,20 μ. -όσο ακριβώς ορίζουν και οι σημερινές προδιαγραφές για αντίστοιχους χώρους- και έκλεινε με δίφυλλη πόρτα. Ένα ξύλινο κάθισμα, με κατάλληλη οπή κάλυπτε στενό άνοιγμα του δαπέδου το οποίο οδηγεί σε κτιστό φρεάτιο και από εκεί στο κεντρικό δίκτυο. Οι κατασκευαστικές λεπτομέρειες και οι περίτεχνες διατομές των σημείων σύνδεσης αγωγού και φρεατίου δείχνουν μεγάλη γνώση των υδραυλικών θεμάτων.

Θέρμες Λεωνιδαίου

Εικόνα 14: Θέρμες Λεωνιδαίου

Το μικρό λουτρό, που κτίστηκε έξω από το νοτιοδυτικό άκρο της Άλτεως, είναι γνωστό σήμερα ως "θήρμες Λεωνιδαίου", επειδή βρίσκεται δίπλα στον ομώνυμο ξενώνα, χωρίς όμως να σχετίζεται με αυτόν. Διατηρείται σε εξαιρετικά καλή κατάσταση και είναι ένα από τα λίγα κτίσματα του ιερού της Ολυμπίας που διατηρεί το αρχικό του ύψος και την οροφή του. Η ανέγερσή του τοποθετείται στον 3ο αι. μ.Χ., αλλά εξακολούθησε να χρησιμοποιείται με μετατροπές και αργότερα, έως τον 6ο αι. μ.Χ. Αποτελούσε τμήμα εκτεταμένου και κατεστραμμένου σήμερα κτηριακού συγκροτήματος, το οποίο λειτουργούσε ως ξενώνας και επεκτεινόταν βόρεια του λουτρού και δυτικά του Λεωνιδαίου. Το συγκρότημα περιλάμβανε μία κεντρική αυλή, γύρω από την οποία αναπτύσσονταν δωμάτια, αποθηκευτικοί και βοηθητικοί χώροι. Το μικρό λουτρό βρισκόταν στο νότιο τμήμα του και περιλάμβανε τέσσερις μικρές αίθουσες, που στεγάζονταν με καμαροειδείς οροφές. Εντυπωσιακά ψηφιδωτά, τα οποία διασώζονται μέχρι σήμερα, διακοσμούσαν τα δάπεδά τους. Το λουτρό διέθετε εξαιρετικό σύστημα ύδρευσης, ενώ στο εσωτερικό του υπήρχε τελειοποιημένο σύστημα θέρμανσης των τοίχων, όπου ο θερμός αέρας διοχετευόταν με σύστημα σωληνώσεων στο εσωτερικό των τοίχων. Τον 5ο αι. μ.Χ. το κτήριο λειτούργησε ως χώρος παρασκευής οίνου. Την ίδια περίπου περίοδο η μία από τις αίθουσες χρησιμοποιήθηκε και ως χώρος επεξεργασίας γυαλιού, όπως υποδεικνύει ένας κλίβανος που βρέθηκε στη νοτιοδυτική γωνία του κτηρίου. Στο μνημείο έχουν πραγματοποιηθεί εργασίες συντήρησης των ψηφιδωτών δαπέδων και για λόγους προστασίας τοποθετήθηκε στέγαστρο στη νότια πλευρά του, στο σημείο που είχε υποχωρήσει η οροφή.

Θέρμες Λιμανιού Εφέσου

Το Γυμνάσιο και τα Λουτρά του Λιμανιού της Εφέσου ονομάστηκαν έτσι λόγω της γειννιάσής τους με το λιμάνι της πόλης. Πρόκειται για ένα τριμερές συγκρότημα, που αποτελείται από τις Αίθουσες του Βερουλάνου, την παλαίστρα και τους χώρους των λουτρών. Χρονολογείται την εποχή του Δομιτιανού (81-96), αλλά

έχει και μεταγενέστερες οικοδομικές φάσεις. Το συγκρότημα ανασκάφηκε στα τέλη του 19ου και στις αρχές του 20ού αιώνα από το Αυστριακό Αρχαιολογικό Ινστιτούτο.

#### Θέρμες Κλαδέου

Ένα από τα λουτρικά συγκροτήματα που υπήρχαν στο ιερό της Ολυμπίας, είναι αυτό που βρίσκεται στο δυτικό άκρο του, κοντά στην κοίτη του Κλαδέου ποταμού, στο χώρο όπου υπήρχε η πισίνα των ελληνικών λουτρών του 5ου αι. π.Χ. Χρονολογείται στα ρωμαϊκά χρόνια, γύρω στο 100 μ.Χ., και η κατασκευή του συνδέεται με τους ρωμαϊκούς ξενώνες που βρίσκονται σε μικρή απόσταση προς τα νότια.

Οι λουτρικές εγκαταστάσεις γνωστές ως "Θέρμες του Κλαδέου" καταλαμβάνουν επιφάνεια περίπου 400 τ.μ. και αποτελούνται από πολλά δωμάτια, που είχαν καμαροειδείς οροφές από πηλό. Οι οροφές των δωματίων δεν διατηρήθηκαν και η δυτική πλευρά του συγκροτήματος έχει παρασυρθεί από τον ποταμό Κλαδέο. Τα δάπεδα των αιθουσών κοσμούσαν εξαιρετικά ψηφιδωτά, πολλά από τα οποία έχουν διατηρηθεί μέχρι σήμερα. Οι θέρμες του Κλαδέου, με τα χρωματιστά μάρμαρα στους τοίχους, τα ψηφιδωτά δάπεδα και τους πολλούς χώρους, ανταποκρίνονται στο πνεύμα της εποχής τους, όταν πλέον τα λουτρά δεν ήταν μόνο λειτουργικά, όπως συνέβαινε στην κλασική ή στην ελληνιστική εποχή, αλλά ήταν περισσότερο χώρος ανάπαυσης και πολυτέλειας. Διέθεταν αίθουσες θερμού και ψυχρού λουτρού, εφιδρωτήριο, αποδυτήριο, μικρό ιδιωτικό λουτρό στο βόρειο τμήμα τους, αίθριο, μπανιέρες και τουαλέτες. Στα ψηφιδωτά δάπεδα των λουτρών πραγματοποιήθηκαν εργασίες συντήρησης το 2003 και τα λουτρά έγιναν επισκέψιμα.

#### Θέρμες Κρονίου

Στην περιοχή βόρεια του Πρυτανείου, στις παρυφές του ιερού της Ολυμπίας, βρίσκεται μεγάλο κτήριο γνωστό ως "Θέρμες Κρονίου" ή "Βόρειες θέρμες". Το με συγκρότημα οικοδομήθηκε κατά την αυτοκρατορική εποχή επάνω σε κτήριο και λουτρά ελληνιστικών χρόνων. Παρέμεινε σε χρήση μέχρι τον 5ο -6ο αι. μ.Χ. και σε όλο αυτό το διάστημα δέχθηκε διάφορες επισκευές και προσθήκες, όπως αυτή ενός μικρού συγκροτήματος θερμών στη βορειοανατολική πλευρά του.

Το συγκρότημα περιλάμβανε πολλά δωμάτια και αίθουσες με πολλαπλές λειτουργίες, που αναπτύσσονταν γύρω από ένα κεντρικό περιστύλιο. Το δάπεδο του περιστυλίου διακοσμούσαν εντυπωσιακότατα ψηφιδωτά με εικόνες από θαλάσσιες παραστάσεις. Στη νότια πλευρά η κεντρική παράσταση απεικονίζει την Νηρηίδα πάνω σε θαλάσσιο ταύρο και στη βόρεια δελφίνια. Στη δυτική πλευρά, από όπου ήταν και η κεντρική είσοδος, υπάρχει μεγάλη παράσταση τον Τρίωνα ανάμεσα σε θαλάσσιους ίππους. Τον 3ο αι. μ.Χ. το κτήριο καταστράφηκε από σεισμό. Λίγο αργότερα, κατά τον 5ο και 6ο αι. μ.Χ. χρησιμοποιήθηκε για την επεξεργασία γεωργικών αγαθών. Στο ανατολικό τμήμα του ρωμαϊκού περιστυλίου εγκαταστάθηκε ληνός για την παρασκευή οίνου, ενώ στις αίθουσες στα βόρεια και ανατολικά του περιστυλίου βρέθηκαν εγκαταστάσεις κεραμικού εργαστηρίου. Επίσης, σε μία αψιδωτή αίθουσα, που αρχικά λειτουργούσε ως χώρος θερμού λουτρού (terpidarium), κατασκευάστηκε αργότερα ένας κεραμικός κλίβανος. Οι τρεις δεξαμενές, που εντοπίστηκαν στη βόρεια πλευρά του συγκροτήματος, προφανώς είχαν σχέση με το κεραμικό εργαστήριο που λειτουργούσε εδώ και πιθανώς προορίζονταν για τον καθαρισμό και την παρασκευή πηλού. Από το χώρο του κεραμικού εργαστηρίου προέρχονται πολλά αγγεία και όστρακα, που χρονολογούνται στον 5ο και 6ο αι. μ.Χ. Το κτήριο αποκαλύφθηκε στο τέλος της πρώτης γερμανικής ανασκαφής το 1880. Η έρευνα στο χώρο ολοκληρώθηκε τα έτη 1987-1991, οπότε και ήρθε στο φως το κτηριακό συγκρότημα σχεδόν στο σύνολό του. Μικρή συμπληρωματική έρευνα στις πρωιμότερες φάσεις του μνημείου έγινε το 2003, οπότε έγιναν και εργασίες συντήρησης όλων των ψηφιδωτών, τα οποία επανατοποθετήθηκαν στην αρχική τους θέση, στο δάπεδο του περιστυλίου.

## ΚΡΗΝΕΣ

#### Κρήνη Γλαύκης

Νοτιοδυτικά της Βόρειας αγοράς στην Αρχαία Κόρινθο (Κλασική περίοδος) συναντάμε την Κρήνη της Γλαύκης. Σήμερα φαίνεται ένα κομμάτι βράχου που εξέχει απομονωμένο και το οποίο δεν ανταποκρίνεται στην αρχική της μορφή. Στην πρόσοψή της η Κρήνη είχε μαρμάρινες κολώνες και κεφαλές λιονταριού από τις οποίες έτρεχαν τα νερά. Το νερό της Κρήνης αυτής, η οποία είχε λαξευτεί μέσα στο βράχο, πήγαινε από τους πρόποδες του Ακροκορίνθου, του βραχώδους όγκου που δεσπόζει στην περιοχή. Η κρήνη Γλαύκη είχε το όνομα της κόρης του βασιλιά Κρέοντα, η οποία είχε παντρευτεί το μυθικό ήρωα Ιάσονα. Σύμφωνα με την παράδοση, η πρώτη γυναίκα του Ιάσονα, Μήδεια από ζήλεια έστειλε στη Γλαύκη ως γαμήλιο δώρο ένα χιτώνα

ποτισμένο με δηλητήριο. Όταν το φόρεσε η Γλαύκη, άρχισε να καίγεται και έπεσε στα νερά της Κρήνης για να σωθεί. Εκεί άφησε την τελευταία της πνοή. Έτσι η κρήνη πήρε το όνομά της. Ένα λίθινο ορθογώνιο που διακρίνεται κοντά στο μουσείο είναι ότι απομένει από τον βράχο που στεγάζει την Κρήνη της άτυχης πριγκίπισσας Γλαύκης ή Κρέουσας.

#### Κρήνη Δομιτιανού

Η κρήνη του Δομιτιανού και το νυμφαίο του Πολλίωνος (31 π.Χ.-14 μ.Χ., 93 μ.Χ.) βρίσκονται στη δυτική πλευρά της δημόσιας αγοράς της Εφέσου. Ανήκουν στο ίδιο συγκρότημα κρηναίων κατασκευών που οικοδομήθηκαν επάνω στο μνημείο του C. Sextilius Pollio. Τα κτήρια αυτά εντάσσονται στο λεγόμενο οικοδομικό τετράγωνο του Δομιτιανού.

#### Κρήνη Θεογενούς

Το μοναδικό κτίσμα της αρχαίας πόλης που σώζεται σε πολύ καλή κατάσταση είναι η κρήνη που η παράδοση αναφέρει πως κτίστηκε από τον τύραννο Θεαγένη. Αυτό μαθαίνουμε από τον Πausανία, ωστόσο η χρονολόγησή της είναι νεώτερη του Θεαγένη, όπως προκύπτει από την τοιχοδομία. Ήταν από τα πιο επιβλητικά αρχιτεκτονικά δημιουργήματα, χτισμένη σε θέση προσιτή για τους κατοίκους και των δύο λόφων, αλλά και της ευρύτερης περιοχής.

Βρισκόταν ανάμεσα στους δύο λόφους, κοντά στην αρχαία αγορά. Τροφοδοτούσε την πόλη με νερό από τον 5ο αιώνα π.Χ. έως τον 5ο αιώνα μ.Χ. Ήταν αξιοθαύμαστη για το μέγεθος, τον διάκοσμο και το πλήθος των κίωνων της.

#### Κρήνη Κασταλία

Η Κασταλία φέρεται, ως ποτάμια Νύμφη στην Ελληνική Μυθολογία, κόρη του Αχελώου ή, κατά παραδόσεις των κατοίκων της Φωκικής Λιλαίας, του Κηφισού. Άλλη παράδοση την αναφέρει ως Νύμφη του Παρνασσού, η οποία για να αποφύγει τη καταδίωξη του Απόλλωνα κρύφτηκε στην κόγχη της ομώνυμης πηγής. Το μαντείο των Δελφών αποτελούσε όχι μόνο θρησκευτικό κέντρο, αλλά και πολιτικό. Στο μαντείο μπορούσε ν' απευθυνθεί κάποιος πολίτης, ή και μια πόλη με αντιπροσώπους. Για να δοθεί χρησμός έπρεπε αυτοί που ζητούσαν, να πλυθούν και να καθαριστούν στην Κασταλία πηγή, να πληρώσουν κάτι σαν φόρο και να θυσιάσουν ένα κατσίκι. Η Πυθία ήταν η ιέρεια του μαντείου, που έδινε τους χρησμούς, αφού πλενόταν με το νερό της Κασταλίας, έπινε από την πηγή και μασούσε φύλλα δάφνης. Έπειτα πέφτοντας σε έκσταση, χρησιμοδοτούσε βγάζοντας άναρθρες κραυγές που οι σοφοί ιερείς της εποχής τις μετέτρεπαν έμμετρα σε χρησμούς, σχεδόν πάντα διφορούμενους. Η έκσταση της Πυθίας οφειλόταν στο ότι η ιέρεια εκείνη ήταν καθισμένη σε τρίποδα πάνω σε ένα άνοιγμα του εδάφους που έβγαζε αναθυμιάσεις. Η Κασταλία πηγή βρισκόταν σε απόσταση 750 μ. από το ιερό κάτω από το φαράγγι που χωρίζει τις Φαιδριάδες (Υάμπεια και Ναυπλία). Το νερό της ήταν πολύ εύγευστο και χρησιμοποιούνταν εκτός από την ίδια την Πυθία και για ράντισμα του ναού του Απόλλωνα καθώς και για τον καθαρισμό των προσκυνητών. Ήταν λαμπρά διακοσμημένη με κρουνοί και κόγχες όπου τοποθετούσαν αγάλματα και το νερό ανάβλυζε από χάλκινες λεοντοκεφαλές. Σήμερα σώζονται οι δύο μνημειακές κρήνες όπου έφθανε το νερό της πηγής: η αρχαϊκή και η λαξευμένη στο βράχο ρωμαϊκή κρήνη με τις κόγχες για τα αναθήματα στη νύμφη Κασταλία.

## ΛΟΥΤΡΑ

### Λουτρά Αλεξάνδρειας Τρωάς, Γυμνάσιο

Το συγκρότημα των λουτρών στην Αλεξάνδρεια Τρωάδος κατατάσσεται στην κατηγορία των λουτρών-γυμνασίων των ανατολικών επαρχιών της Ρωμαϊκής Αυτοκρατορίας. Ιδρύεται στο α' μισό του 2ου αι. μ.Χ.

### Λουτρά III 2 Β, Ανεμούριου

Οι θέρμες III 2 Β ακολουθούν τα γενικά χαρακτηριστικά των λουτρών της Κιλικίας και της ανατολικής Παμφυλίας. Ανήκουν στον τύπο λουτρών σε «Σχήμα δαχτυλιδιού». Αποτελούνται από τρεις θερμές αίθουσες κατά σειρά, ενώ στην ανατολική πλευρά τους περιλαμβάνουν και παλαιίστρα. Χρονολογούνται στα μέσα του 3ου αι. μ.Χ.

### Λουτρά Ασπένδου

Το συγκρότημα των Μεγάλων Λουτρών της Ασπένδου βρίσκεται εκτός των τειχών της ακρόπολης, είναι σχετικά μικρού μεγέθους και δε διαθέτει παλαίστρα. Αποτελείται από πέντε αίθουσες παράλληλες ή κάθετες μεταξύ τους. Ο επισκέπτης διατρέχει τους χώρους ακολουθώντας συνεχόμενη κυκλική πορεία μέσα στο κτήριο.

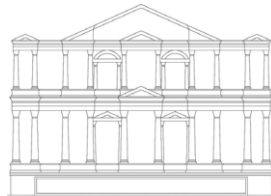
Η ιδιαιτερότητά τους έγκειται στην εμφάνιση βασιλικής, αίθουσας κοινωνικού χαρακτήρα. Τα λουτρά δεν έχουν ανασκαφεί.



Εικόνα: Το δάπεδο των λουτρών της Σαλαμίνας

### **ΝΥΜΦΑΙΑ**

Το Νυμφαίο ή Υδρεκδοχείο (Κρήνη) του Γάιου Λεκάκιου Βάσσου (C. Laecanius Bassus) χτίστηκε από τον ομώνυμο ανθύπατο, το 80/82 μ.Χ. Βρισκόταν στη νοτιοδυτική γωνία της Δημόσιας Αγοράς της Εφέσου, επί της Οδού του Δομιτιανού. Επρόκειτο για μνημειώδη κρηναία κατασκευή σε Σχήμα Π, που ακολουθεί τον τύπο των νυμφαίων με θεατρική πρόσοψη.



Σχήμα : Σχεδιαστική αποκατάσταση της δυτικής πλευράς του νυμφαίου του Λεκάκιου

### **Νυμφαίο Πολλίωνος**

Το νυμφαίο του Πολλίωνος (31 π.Χ.-14 μ.Χ., 93 μ.Χ.) και η κρήνη του Δομιτιανού βρίσκονται στη δυτική πλευρά της δημόσιας αγοράς της Εφέσου. Ανήκουν στο ίδιο συγκρότημα κρηναίων κατασκευών που οικοδομήθηκαν επάνω στο μνημείο του C. Sextilius Pollio. Τα κτήρια αυτά εντάσσονται στο λεγόμενο οικοδομικό τετράγωνο του Δομιτιανού.

### **Νυμφαίο Σεπτίμιου Σεβήρου**

Το νυμφαίο του Σεπτίμιου Σεβήρου στην Πέργη βρίσκεται ανάμεσα στην ελληνιστική πύλη και την πύλη της Ύστερης Αρχαιότητας. Επρόκειτο για μια μνημειώδη διώροφη κρηναία κατασκευή, που χρονολογείται στα τέλη του 2ου ή στις αρχές του 3ου αιώνα μ.Χ.

### **ΟΜΒΡΟΔΕΚΤΕΣ**

Αγωγοί ομβρίων υδάτων στην Αλάσσα



Κατά την πρώτη και μέση εποχή του Χαλκού (2500-1600 π.Χ.) οι αρχαίοι συνοικισμοί ήταν χτισμένοι σε ψηλές οχυρωμένες τοποθεσίες πιθανόν από το φόβο επιδρομών. Στους συνοικισμούς αυτούς υπήρχαν ειδικές κατασκευές και εγκαταστάσεις κυρίως πήλινοι και πέτρινοι αγωγοί, για το μάζεμα και την αποθήκευση του νερού της βροχής.



Εικόνα : Αγωγοί συλλογής όμβριων υδάτων στην Αλάσσα

Εκτός από την οχυρωμένη θέση σχεδόν όλοι αυτοί οι συνοικισμοί είχαν κοντά τους πηγές ή ποταμούς είτε πηγάδια από όπου μετέφεραν το νερό. Όταν αργότερα, εξέλιπε ο κίνδυνος των επιδρομών, οι πόλεις κτίζονταν στα πεδινά όπου υπήρχε νερό ή σε τοποθεσίες που θα μπορούσε να βρεθεί υπόγειο νερό. Στις πόλεις εκείνες που αντιμετώπιζαν έλλειψη νερού αναπτύχθηκε πολύ το σύστημα της συλλογής και αποθήκευσης του νερού της βροχής, πάνω σε οργανωμένη βάση.

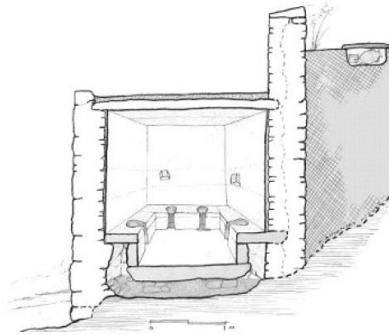
Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα της Έγκωμης κοντά στην Σαλαμίνα. Η Έγκωμη φαίνεται να ήταν μεγάλη και πυκνοκατοικημένη πόλη. Επίσης, ήταν και καλό λιμάνι, γιατί κοντά της βρίσκονταν οι εκβολές του ποταμού Πεδιαίου, ο οποίος φαίνεται να ήταν πλωτός. Οι υδρευτικές και οι αρδευτικές ανάγκες της Έγκωμης ήταν πολύ μεγάλες. Το υπόγειο νερό που αντλείτο από τα πηγάδια που διάνοιγαν οι κάτοικοι στη γύρω περιοχή, κάλυπτε μόνο ένα μέρος των αναγκών αυτών. Το σοβαρό πρόβλημα της έλλειψης του νερού αντιμετωπιζόταν με τον εξής τρόπο: Σε ολόκληρη την πόλη υπήρχε οργανωμένο δίκτυο συλλογής νερού της βροχής από κάθε σπίτι. Το νερό μαζεύονταν σε πήλινους αγωγούς και φυλάγονταν σε στέρνες στην αυλή κάθε σπιτιού.

## **ΤΟΥΑΛΕΤΕΣ**

Δημόσιες τουαλέτες στο γυμνάσιο του Μίνωα στην Αμοργό - Γ. Αντωνίου

Οι δημόσιες τουαλέτες στο γυμνάσιο του Μίνωα στην Αμοργό χρονολογούνται στο μέσο του 4ου π.Χ αιώνα. Χτίζονται προσωρινά στην νοτιοδυτική γωνία του γυμνασίου. Οι τουαλέτες μπορεί να είναι μικρές στο μέγεθος, αλλά είναι από τις πρώτες καλά διαμορφωμένες τουαλέτες. Το μήκος ποικίλλει ανάλογα με το μέγεθος της τουαλέτας και τον αριθμό των ανοιγμάτων για απόδευση σε κάθε πλάκα και την απόσταση μεταξύ τους. Στις τουαλέτες του Μίνωα είναι 1,2 μ. Κάτω από τα καθίσματα κάθε τουαλέτας, ακόμη και στα πιο απλά, υπάρχει μια κάθετη πλάκα που καλύπτει το κενό μεταξύ του πατώματος και του καθίσματος. Το ύψος της χαρακτηριστικής καρέκλας είναι 45 εκατ. Η πλάκα της πέτρας που προεξέχει από τον τοίχο καταλαμβάνει τα 2/3 πλευρών της τουαλέτας του γυμνασίου στην Αμοργό. Το άλλο 1/3 υποστηρίζεται από ένα υποστήριγμα πετρών. Στις μικρές τουαλέτες συνηθίζεται αυτή η εφαρμογή. Τα ανοίγματα των αποδεύσεων είναι στο κάθισμα και η απόσταση μεταξύ τους είναι 85 εκατ. Η μορφή του ανοίγματος είναι τραχιά και ελλειπτική αλλά εργονομική. Επίσης, κατασκευάστηκαν και άλλα συμπληρωματικά έργα με την ολοκλήρωση της κατασκευής της τουαλέτας. Αξιοπρόσεκτες είναι οι μικρές τρύπες για την αποξήρανση των ούρων στο πάτωμα στο γυμνάσιο του Μίνωα στην Αμοργό.

Η στέγη και οι πάγκοι σε τρεις πλευρές διατηρούνται μέχρι σήμερα. Επίσης, ένας μεγάλος αγωγός παρείχε το νερό με φυσική ροή. Η αποχέτευση χρησιμοποίησε τον καλά διαμορφωμένο αγωγό, ο οποίος ήταν παράλληλος στο νότιο τοίχο του γυμνασίου και συντηρείται αρκετά καλά μέχρι σήμερα, αλλά υπάρχει μόνο το μισό του πατώματος. Τέλος, η πόρτα παρέμεινε σχεδόν άθικτη και μόνο δύο κομμάτια έχουν πέσει.



Σχήμα : Αναστηλωμένη άποψη της τουαλέτας στην Αμοργό

## ΥΔΡΑΓΩΓΕΙΑ

Αδριάνειο Υδραγωγείο



Εικόνα: Ερείπια του υδραγωγείου του Αδριανού στη Νέα Ιωνία

Αποτελεί το πρώτο μεγάλο υδροδοτικό έργο στην ιστορία της πόλης των Αθηνών. Η κατασκευή του άρχισε το 134 μ.Χ. και ολοκληρώθηκε το 140 μ.Χ. Ο κύριος σκοπός του Υδραγωγείου ήταν πρωτίστως η υδροδότηση της ρωμαϊκής συνοικίας της Αθήνας που ονομαζόταν "Πόλη του Αδριανού" και κάλυπτε όλο το σημερινό πάρκο του Ζαπτείου, από το Καλλιμάρμαρο μέχρι τη Βουλή.

Το Υδραγωγείο ήταν μια υπόγεια σήραγγα με συνολικό μήκος περίπου 25 χλμ., η οποία σκάφτηκε όλη με τα χέρια, πιθανώς σκλάβων, που χρησιμοποιούσαν απλά εργαλεία λάξευσης της πέτρας, όπως σφυρί και καλέμι. Το Αδριάνειο ήταν σχεδιασμένο για να μαζεύει νερό κατά μήκος όλης της χάραξης με πολλά υδρομαστευτικά έργα, όπως πηγάδια, συνδεδεμένα με το Αδριάνειο με υπόγειες σήραγγες ή μικρά υδραγωγεία που μετέφεραν νερό από άλλες πηγές. Βοηθητικά υδραγωγεία ήταν τα υδραγωγεία του Χαλανδρίου, του Κοκκιναρά, της Κιθάρας, του Μονοματίου. Το Αδριάνειο Υδραγωγείο ξεκινούσε από την περιοχή του Τατοΐου και μετέφερε νερό με βαρύτητα σε λιθόκτιστη δεξαμενή που κατασκευάστηκε στους πρόποδες του λόφου του Λυκαβηττού, την Αδριάνειο Δεξαμενή, χωρητικότητας 500 μ3. Το Υδραγωγείο και η Δεξαμενή λειτούργησαν χωρίς αλλαγές υδροδοτώντας την περιοχή της Αθήνας μέχρι την εποχή της Τουρκοκρατίας. Τότε πια το Υδραγωγείο εγκαταλείφτηκε, με αποτέλεσμα να πέσουν τα σαθρά τοιχώματά του και να φραχθεί από χώματα. Έτσι περιήλθε τελικά σε αχρηστία, όπως και η Δεξαμενή.

Υδραγωγείο αρχαίας Αμφίπολης

Στο Παγγαίο όρος εντοπίστηκαν δύο υδραγωγεία, κατασκευές του 4ου αι. π.Χ. Το νότιο υδραγωγείο με σωλήνες μήκους 20 χλμ, ξεκινούσε από το κεφαλόβρυσο Μάννα, κοντά στο εγκαταλελειμμένο οικισμό Πλατανόπουλου σε υψόμετρο περίπου 500 μ. Το βόρειο υδραγωγείο, με συνολικό μήκος σωλήνων 14 χλμ, βρίσκεται 5 χλμ βορειοανατολικά των Λακκοβικίων, στη θέση Γούρνες στο δυτικό Παγγαίο και σε υψόμετρο 770 μ. Αξίζει να σημειωθεί ότι ορισμένα τμήματά του κυρίως στο μέσον της διαδρομής του σώζονται σε άριστη κατάσταση. Είναι ένα πολύ αξιόλογο εύρημα που ανακαλύφθηκε στην περιοχή της Αμφίπολης.

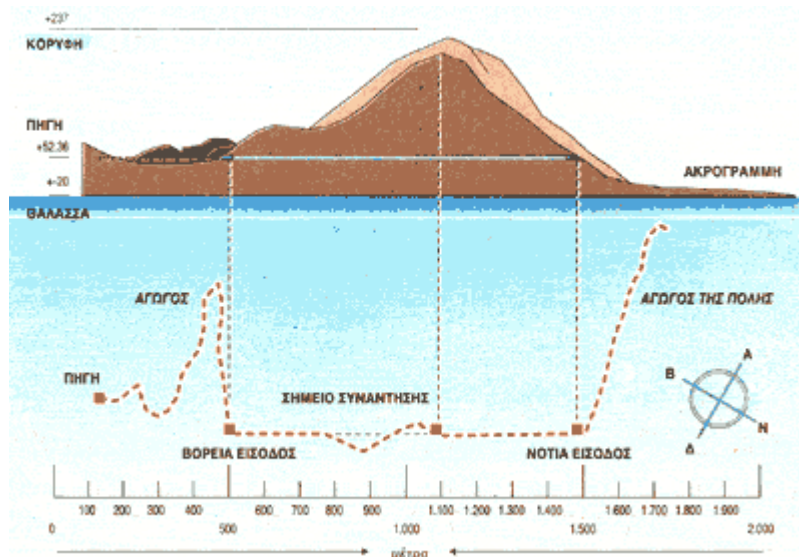
Πρόκειται για έναν υδαταγωγό, το μήκος του οποίου ανερχόταν σε κάτι περισσότερο από 20 χλμ. με κατεύθυνση από ανατολικά προς δυτικά. Διασχίζει τις βόρειες παρυφές της Πιερίας κοιλάδας και κατευθύνεται προς το Στρυμόνα. Είχε υψόμετρο εκκινήσεως τα 455 μ., από το κεφαλόβρυσο Μάνα και στα ενδιάμεσα σωζόμενα μέρη του αντίστοιχα τα 300, 280, 265, 250, 230 και 225 μ.

Ο μόνος οικισμός του Παγγαίου που μπορεί να υιοθετήσει το συγκεκριμένο υδραγωγείο, είναι αυτός της Αμφίπολης, λίγα χιλιόμετρα από τα ανατολικά τείχη της οποίας χάνουμε τα ίχνη του υδαταγωγού. Το υψόμετρο της Αμφίπολης, από τα 20 μ. ως το μέγιστο των 155 μ., εξασφάλιζε την απρόσκοπτη υδατοπαροχή, ενώ το μεγάλο μήκος του αγωγού εξομάλωνε την υψομετρική διαφορά/κλίση. Η δημιουργία ενός τέτοιας κλίμακας έργου ήταν αναγκαία για την Αμφίπολη, εφόσον τα διάφορα φρέατα, οι μικροπηγές και ο Στρυμόνας δεν μπορούσαν να καλύψουν τις ανάγκες της πόλης για σταθερή και αέναη παροχή ύδατος σε χώρους όπως το Γυμνάσιο, η Παλαίστρα ή τα λουτρά, οι κρήνες και τα υπόλοιπα δημόσια και ιδιωτικά κτήρια. Το συγκεκριμένο υδραγωγείο μπορεί να θεωρηθεί, λόγω κλίμακας, ως το κύριο έργο υδροδότησης της αρχαίας Αμφίπολης, παράλληλα με άλλα μικρότερα.

Υδραγωγείο αρχαίου Γυθείου

Ήταν σημαντικό οικοδόμημα και βρισκόταν πάνω από το θέατρο. Εκεί έφθανε το νερό από απόσταση 16 χλμ. από τη Στροτζά με αύλακα, που διέσχισε και σήραγγα μήκους 30 μέτρων. Από το υδραγωγείο ξεκινούσαν σωλήνες για όλα τα σημεία της πόλης. Τα σπίτια που δεν είχαν νερό υδρεύονταν από δημόσιες κρήνες.

Ευπαλίνειο όρυγμα



Σχήμα : Το Ευπαλίνειο όρυγμα στην Σάμο (Hermann Kienast)

Η Σάμος, πατρίδα του Πυθαγόρα, γνώρισε στην αρχαιότητα μεγάλη ακμή. Σημαντικότερο τεχνολογικό επίτευγμα της περιόδου του 520 π.Χ. ήταν η σήραγγα που σκάφηκε στην Σάμο με ταυτόχρονη διάνοιξη και από τα δύο άκρα, «αμφίστομη» όπως την αποκαλεί ο Ηρόδοτος. Έγινε με εντολή του τυράννου της Σάμου Πολυκράτη. Η σήραγγα χρησιμοποιείται για την μεταφορά πόσιμου νερού από την πλούσια πηγή των Αγιάδων, η οποία διαπερνά το βουνό της Στυλιανής, στην πρωτεύουσα του νησιού. Το νερό περνούσε μέσα από πήλινες σωλήνες σχηματισμένες στο κάτω μέρος της σήραγγας μέσα σε ειδικά σκαμμένο όρυγμα. Το υλικό των σωλήνων λέγεται ότι είχε την ιδιότητα να κατακρατεί τα άλατα του νερού. Το όρυγμα βρίσκεται 55 μέτρα πάνω απ' το επίπεδο της θάλασσας και 180 μέτρα κάτω απ' την κορυφή του βουνού. Σχεδιάστηκε από τον γιο του Ναυστρώφου Ευπαλίνο από τα Μέγαρα, κορυφαίο υδραυλικό μηχανικό της εποχής του. Ο Μεγαρέυς Μηχανικός Ευπαλίνος κατόρθωσε να διανοίξει έναν αγωγό ύδρευσης διαμέσου του όρους Άμπελος (σημ. Κάστρο), για την υδροδότηση της πρωτεύουσας της Σάμου (σημερινό Πυθαγόρειο). Το μήκος της σήραγγας είναι 1036 μέτρα και η μέση διάμετρός της 2.5 μέτρα. Η υψομετρική διαφορά της αρχής από το τέλος του ορύγματος είναι μόλις 4 εκατοστά. Το πιο εντυπωσιακό όμως είναι η ταυτόχρονη διάνοιξη και από τα δύο άκρα. Κάτι τέτοιο θεωρείται αρκετά δύσκολο να επιτευχθεί ακόμα και από τους σημερινούς τεχνικούς με τα

## « ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗΣ ΥΔΑΤΙΝΩΝ ΠΟΡΩΝ ΕΠΑΡΧΙΑΚΗΣ ΠΟΛΕΩΣ »

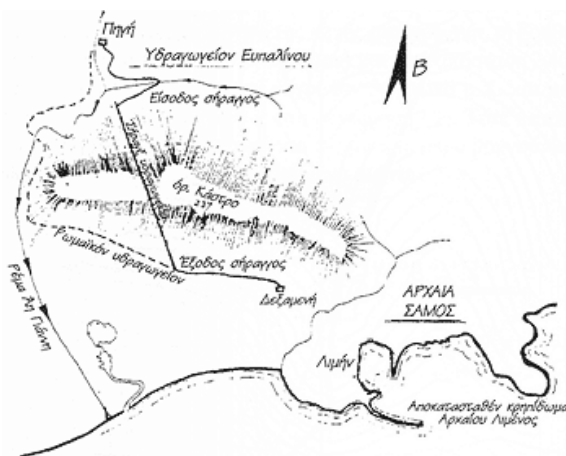
τόσο εξελιγμένα τεχνικά μέσα . Για την ολοκλήρωση της διάνοιξης της σήραγγας χρειάστηκαν 8 χρόνια. Η απόκλιση στο σημείο που συναντήθηκαν οι δύο ομάδες εργασίας ήταν εντυπωσιακά μικρή (40 εκατοστά κατά ύψος και 70 κατά πλάτος) και μάλιστα με ευθύγραμμα τμήματα επί της αυτής ευθείας και όχι υπό γωνία που η συνάντηση θα ήταν εξασφαλισμένη εφ' όσον απλά θα διατηρούσε το οριζόντιο επίπεδο. Στο σημείο ένωσης στην μέση του τούνελ υπάρχει σιφόνι 30 εκατ. διαμέτρου εντελώς λείο, η μέθοδος λείανσης παραμένει ανεξακρίβωτη. Η κλίση σε όλη την διαδρομή της σωλήνωσης παραμένει σταθερή σχεδόν 0.5% ενώ η βατή από ανθρώπους (για καθαρισμό και συντήρηση) σήραγγα παραμένει εντελώς οριζόντια. Υπήρχαν και αρκετά πηγάδια (περίπου 30) από τα οποία ήταν δυνατή η πρόσβαση στο όρυγμα. Ιδιαίτερο εντυπωσιακό παραμένει το γεγονός ότι κατά την διάνοιξη ένας σεισμός μετέβαλε την στάθμη της πηγής τροφοδοσίας με νερό αλλά παρ' όλα αυτά επέλεξαν την εκβάθυνση του ορύγματος σχεδόν 4 μέτρα για να εξασφαλίσουν την ροή του νερού.



Εικόνα : Μέσα στο Ευπαλίνειο όρυγμα, διακρίνεται στο πλάι το αυλάκι για το νερό

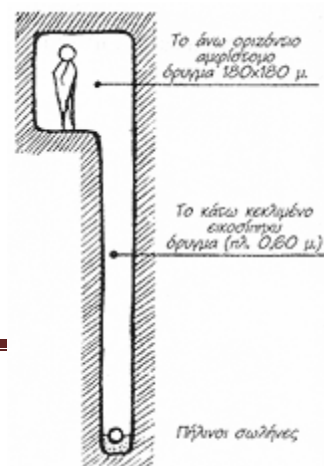
Το Γερμανικό αρχαιολογικό ινστιτούτο με καθηγητή τον Hermann Kienast μελέτησε το Ευπαλίνειο όρυγμα και βρήκε αρκετά εντυπωσιακά στοιχεία άγνωστα μέχρι σήμερα. Οι εργάτες έσκαβαν εκατέρωθεν του βουνού αλλά όχι σε ευθεία γραμμή. Η σήραγγα ακολουθεί τεθλασμένη πορεία και για να αποφύγει εύθραυστο πέτρωμα αποκλίνει 200 μέτρα απ' την ευθεία. Παρ' όλα αυτά ξαναβρίσκει την πορεία της και ενώνεται με το υπόλοιπο τμήμα. Το όλο σύστημα συμπληρωνόταν από δεξαμενές και άλλα αρδευτικά έργα (μετά το τέλος της σήραγγας, προς την πλευρά της πόλης) που ήταν υπέργεια. Το Ευπαλίνειο όρυγμα τροφοδότησε με πόσιμο νερό την πόλη

της Σάμου για χρονικό διάστημα μεγαλύτερο των 1000 χρόνων. Αξίζει να σημειωθεί ότι ο αγωγός ήταν σε λειτουργία μέχρι την εποχή της Τουρκοκρατίας όπου, λόγω του τερματισμού της συντήρησής του, σταδιακά αχρηστεύθηκε και έπαψε να τροφοδοτεί με νερό την πρωτεύουσα της Σάμου.



Κάστρο και τα δύο υδραγωγεία της, το Ευπαλίνειο και το μεταγενέστερο Ρωμαϊκό

Σχήμα Η αρχαία Σάμος με το όρος





### Σχήμα : Τομή του ορύγματος

#### Ρωμαϊκό Υδραγωγείο «Καμάρα»

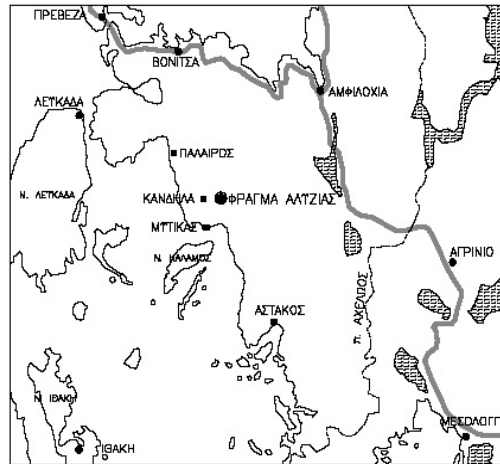
Ο Χορτιάτης από τα ρωμαϊκά ακόμα χρόνια τροφοδοτούσε με νερό την πόλη της Θεσσαλονίκης. Από μαρτυρίες και πηγές που έχουν σωθεί, γνωρίζουμε ότι ο Μουράτ ο Β΄ φρόντισε, αμέσως μετά την κατάκτηση της Θεσσαλονίκης, να επισκευάσει το υδραγωγείο του Χορτιάτη το οποίο πρέπει να είχε υποστεί μεγάλες φθορές κατά τα προηγούμενα χρόνια, αφού ούτε οι Βυζαντινοί ούτε οι Βενετσιάνοι είχαν τη δυνατότητα να το επισκευάσουν. Με τη συντήρηση τόσο του υδραγωγείου όσο και του αγωγού ύδρευσης, η πόλη της Θεσσαλονίκης θα αποκτούσε και πάλι την αφθονία του νερού του Χορτιάτη. Το υδραγωγείο πρέπει να κατασκευάστηκε κατά τους ρωμαϊκούς χρόνους. Στο συμπέρασμα αυτό καταλήγουν οι έρευνες κυρίως από τον τρόπο κατασκευής του -τοξοειδής κατασκευή- από μερικά μόνο πλινθόκτιστα σημεία του σωζόμενου μέρους του, καθώς και από έναν ημιτελή βωμό Ρωμαϊκής εποχής. Το κεντρικό, όμως, τόξο του τμήματος που στηρίζεται σε μεγάλες πέτρες, είναι πολύ μεταγενέστερο προέρχεται ίσως από τα χρόνια της τουρκοκρατίας, και αντικατέστησε το πλινθόκτιστο Βυζαντινό. Η παρατήρηση αυτή σε συνδυασμό με την ιστορική μαρτυρία που παραθέσαμε πιο πάνω μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η συντήρηση του αγωγού από το Μουράτ το Β΄ υπήρξε πραγματικό γεγονός. Άλλωστε ο Χορτιάτης τροφοδοτούσε με νερό τη Θεσσαλονίκη καθ' όλη τη διάρκεια της τουρκοκρατίας. Και βέβαια σημαντικό μέρος της Άνω Πόλης μέχρι πριν λίγα χρόνια. Πάντα από τις ίδιες πηγές και μέσω του ίδιου Ρωμαϊκού αγωγού.

#### **ΦΡΑΓΜΑΤΑ**

##### Αρχαίο Φράγμα Αλυζίας

Στη θέση "Γλώσσες" του Δήμου Αλυζίας Αιτωλοακαρνανίας, βρίσκεται το λιθόδετο φράγμα Αλυζίας, το οποίο είναι ένα σπάνιο δείγμα υδραυλικού έργου της αρχαιότητας. Η κατασκευή του η οποία, πραγματοποιήθηκε σε περισσότερες από μία φάσεις, πρέπει να συνδέεται με την περίοδο ακμής και ευμάρειας της αρχαίας πόλης της Αλυζίας, δηλαδή την περίοδο μεταξύ 450 και 30 π.Χ. Υπάρχουν πολλές καταγραφές από Έλληνες και ξένους αρχαιολόγους και έχει διερευνηθεί σε βάθος από τους W.M. Murray το 1981 και J. Κηαous το 1995, οι οποίοι διατύπωσαν απόψεις ως προς τη σκοπιμότητα κατασκευής του και τη λειτουργικότητά του. Ο χώρος ανάντη του φράγματος έχει πληρωθεί με φερτά του ποταμού και δεν είναι ορατή η ανάντη παρεία του φράγματος. Οι συγκεκριμένοι ερευνητές υποστηρίζουν ότι το φράγμα δεν κατασκευάστηκε για εκταμίευση νερού ή για αντιπλημμυρική προστασία, όπως υποστηρίζεται στις μέχρι σήμερα έρευνες και εργασίες, αλλά κυρίως για τη συγκράτηση των αδρομερών φερτών υλών του ποταμοχειμάρρου, που αποτιθέμενα στον κατάντη κάμπο του Μύτικα δημιουργούσαν σοβαρά προβλήματα στην καλλιέργεια του.





Εικόνα : Τοποθεσία του αρχαίου φράγματος της Αλυσίας

Το φράγμα έχει ύψος 11 μ., μήκος 25 μ. και η κατάντη παρειά του έχει σχηματιστεί με λίθους και ογκολίθους, τοποθετημένους σε 15 οριζόντιες σειρές, κλιμακωτά διατεταγμένες.

Η κλίση του κατάντη (ορατού) πρανούς δεν είναι σταθερή καθ' ύψος, αλλά μειώνεται κατά ζώνες από τον πόδα προς τη στέψη του φράγματος. Ο τρόπος διάταξης και συναρμολόγησης των λίθων διαφοροποιείται καθ' ύψος, ενδεικτικό της κατασκευής-ανύψωσης του φράγματος σε τρεις τουλάχιστον φάσεις.



Εικόνα : Κατάντη παρειά του φράγματος (08/2004)



Εικόνα : Φυσικός υπερχειλιστής στο αριστερό αντέρεισμα (08/2004)

Μέσω αυχένα σε βραχώδη ασβεστολιθικό σχηματισμό, στο αριστερό αντέρεισμα του φράγματος πραγματοποιείται η υπερχειλίση των νερών του ποταμοχειμάρρου. Η ροή του νερού διέβρωσε το πέτρωμα και δημιούργησε βαθιά εγκοπή μέσω της οποίας γινόταν η ροή του νερού. Ο φυσικός αυτός υπερχειλιστής λειτούργησε για περισσότερο από 2000 χρόνια αποτελεσματικά, αφού απέτρεψε όλο αυτό το διάστημα την υπερπήδηση του φράγματος, που θα ήταν καταστροφική για ένα τέτοιο έργο.

Το μνημείο βρίσκεται σε πολύ καλή κατάσταση, αν και σχετικά πρόσφατες παρεμβάσεις από τοπικούς φορείς και υπηρεσίες έχουν επιφέρει σημαντικές αλλοιώσεις, φθορές και τοπικά ανεπανόρθωτες ζημιές, από άγνοια, αβλεψία και αδιαφορία. Το μνημείο αποτελεί ένα μοναδικό δείγμα υδραυλικής τεχνολογίας στον Ελληνικό χώρο και χρειάζεται άμεσα συντήρηση και προστασία με περιορισμένης έκτασης έργα.

Αρχαίο Φράγμα Τυρίνθας

Κατά τη διάρκεια μιας πλημμύρας (περίπου 1250-1200 π.Χ.), ένα ρεύμα νότια της Τίρυνθας εγκατέλειψε την κοίτη του και κινήθηκε βόρεια της Τίρυνθας. Για να προστατεύσουν τη χαμηλότερη πόλη από τις μελλοντικές πλημμύρες οι κάτοικοι της Τίρυνθας εγκατέστησαν μια τεχνητή εκτροπή ποταμού που υποστηριζόταν από φράγμα 10 μ. ύψους, 300 μ. μήκους και 1,5 χλμ. μακρύ κανάλι. Το φράγμα είναι ένα τεράστιο χωμάτινο ανάχωμα που ευθυγραμμίζεται με την κυκλώπεια τεκτονική εγκάρσια της προηγούμενης δυτικής κοίτης του χειμάρρου.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- COST action 620 (2004). Vulnerability and risk mapping for the protection of the carbonate (karst) aquifers, Final Report, EUR 20912
- COST action 621 (2004). Groundwater management of coastal karstic aquifers, Final Report EUR 20911
- ΕΔΕΥΑ (2007). “Υλικό Οικονομικής Επιτροπής”. Διαθέσιμο (1/2011) στο:  
<http://www.edeya.gr/material.php>
- Erhard-Cassegrain A., Margat J. L’ eau, matière première. Resources, Utilisations, Besoins et Demandes, Coût et Prix, Prelevements et Consommations, Aide-Memoire Terminologique, B.R.G.M. 78 SGN 674 HYD, Orléans
- European Commission, Environment, Technical Report 2007/001
- European Environment Agency (2009): “Water resources across Europe – confronting water scarcity and drought”. EEA Report. Διαθέσιμο (1/2011): [http://www.eea.europa.eu/publications/water-resources-across-europe/at\\_download/file](http://www.eea.europa.eu/publications/water-resources-across-europe/at_download/file)
- IPCC (2007). Report on Global Climatic Changes
- Marinos P., Stournaras G., Karotsieris Z. (1990). Ensembles karstiques et dispersion des écoulements souterrains en Grèce du NW. Le cas des bassins de rivières Louros et Arakthos. Intern. Conf. Ground Water in Mountainous Regions, I.A.H., I.A.H.S., Symp. 5-8 Mémoires V. XXII Part 2, pp. 872-882, Lausanne
- Mariotti A., Zeng N., Yoon J. H., Artale V., Navarra A., Alpert P., Laurent Z X Li (2008). Mediterranean water cycle changes: transition to drier 21st century conditions in observations
- Stournaras G. (2008). Hydrogeology and vulnerability of limited extension fissured rocks islands, *Ecohydrology & Hydrobiology*, Vol. 8, N0 2-4, p. 391-399
- Stournaras G. (2010). The water in Mediterranean, in “Losing Paradise”: The Water Crisis in the Mediterranean, Ashgate Publishing Ltd, UK
- Stournaras G., Leonidopoulou D., Yoxas G. (2007). Geoenvironmental approach of Tinos Wetlands (Aegean Sea, Hellas), 35th International Congress of IAH, Groundwater and Ecosystems, Lisbon, Portugal
- Stournaras G., Migiros G., Stamatis G., Evelpidou N., Botsialas C., Antoniou V., Vasilakis E. (2007). The fractured rocks in Hellas, *Groundwater Hydrology, Special Volume*
- Στουρνάρας Γ. (2007). Νερό. Περιβαλλοντική Διάσταση και Διαδρομή, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη
- ΥΠΙΑΝ (2003). Σχέδιο Προγράμματος Διαχείρισης Των Υδατικών Πόρων Της Χώρας, Αθήνα
- ΥΠΕΧΩΔΕ (2008). “Εφαρμογή των οικονομικών πτυχών του άρθρου 5 της Κοινοτικής Οδηγίας περί Υδάτων 2000/60/ΕΚ στην Ελλάδα”. Αθήνα
- Θ. Γαλλιανός, 2000. «Έλεγχος διαρροών στα δίκτυα ύδρευσης», Τεχνική Επιθεώρηση,σελ. 22-24.
- «MicroCorr6. Εντοπιστής αφανών διαρροών. Εγχειρίδιο οδηγιών και λειτουργίας»,SigmaHellas Ltd, 2000.
- «Μόνιμο σύστημα ανίχνευσης διαρροών Permalog», SigmaHellas Ltd, 2000.
- .Platt A.G. and Summers N.R., 2000. “A step change in leak detection – permanent monitoring of the distribution network”, Severn Trent Water, U.K.
- CODE OF PRACTICE - Wastewater treatment Manuals, Treatment Systems for Single Houses (p.e. ≤ 10), U.S. Environmental Protection Agency (EPA), 2009.
- WASTEWATER TREATMENT MANUALS, Treatment Systems for Small Communities, Business, Leisure, Centers and Hotels, U.S. Environmental Protection Agency (EPA), 1999.
- MANUAL Wastewater Treatment/Disposal for Small Communities, U.S. Environmental Protection Agency (EPA), 1992.
- Onsite Wastewater Treatment Systems Manual, U.S. Environmental Protection Agency (EPA), 2002.
- Οδηγός Εκτακτικών Διαδικασιών Καθαρισμού Ακαθάρτων Υδάτων προσαρμοσμένων στις μικρές και μεσαίου μεγέθους κοινότητες (500-5.000 ισοδυνάμων κατοίκων), Λουξεμβούργο Υπηρεσία Επίσημων Εκδόσεων της Ευρωπαϊκής Κοινότητας, 2001.
- Small and Decentralized Wastewater Management Systems, McGraw-Hill, Crites-Tcobanoglous, 1998.
- Υγρά απόβλητα, Φυσικά Συστήματα Επεξεργασίας και ανάκτηση, επαναχρησιμοποίηση και Διάθεση Εκροών, Πανεπιστημιακές εκδόσεις Κρήτης, Α.Ν. ΑΓΓΕΛΑΚΗΣ – G. TCHOBANOGLIOUS, 1995.

Wastewater Engineering, Treatment Disposal Reuse, Third Edition, Metcalf & Eddy. 9. Terms and Definitions of the Urban Waste Water Treatment Directive 91/271/EEC, Compiled FINAL Version, Brussels 16 January 2007.

Bouwer, H. (1991). "Role of Groundwater Recharge in Treatment and Storage of Wastewater for Reuse." *Wat Sci Technol* 24(9).

USEPA Wastewater (1999) Technology Fact Sheet, Sequencing Batch Reactor, EPA 832-F-99-073.

A. Ανδρεαδάκης (2009), *Συστήματα επεξεργασίας και διάθεσης λυμάτων από μικρούς οικισμούς*-ΕΜΠ.

Birol, E., K. Karousakis and P. Koundouri, 2006a. "Using economic methods and tools to inform water management policies: A survey and critical appraisal of available methods and an application". *Science of the Total Environment*, 365(1-3): 105-122.

Birol E., K. Karousakis, P. Koundouri, 2006b. Using a choice experiment to account for preference heterogeneity in wetland attributes: The case of Cheimaditida wetland in Greece. *Ecological Economics*, 60(1), pp 145-156.

Common Implementation Strategy Working Group 2 (WATECO) (2002). EU Guidance Document: Economics and the Environment. The Implementation Challenge of the Water Framework Directive. August 2002, available at <http://forum.europa.eu.int/Public/irc/env/wfd/library>.

European Commission, 2000, Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23rd October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy, Official Journal 22 December 2000 L 327/1, Brussels: European Commission.

Koundouri, P. 'Implementing EU Water Policy under AquaStress: Economic, Engineering and Participatory Tools' Routledge (forthcoming, Spring 2009)

Koundouri, P., 2007. "Coping with Water Deficiency: From Research to Policy Making". Springer, Environment and Policy Series. Vol. 48, 2008, ISBN 978-1-4020-6614-6.

Koundouri, P., 2004. Current Issues in the Economics of Groundwater Resource Management. *Journal of Economic Surveys*, 18(5): 703-740.

Rogers, Bhatia and Huber (1997), 'Water as Social and economic good: How to put the principle into practice?', Readings of WRM Course, World Bank VROM, Netherlands Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment (1994), 'Method for Environmental Costing – Backgrounddocument', Report No. 1994/1, Environmental Management Publications Series