



**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΣΕΡΡΩΝ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ**

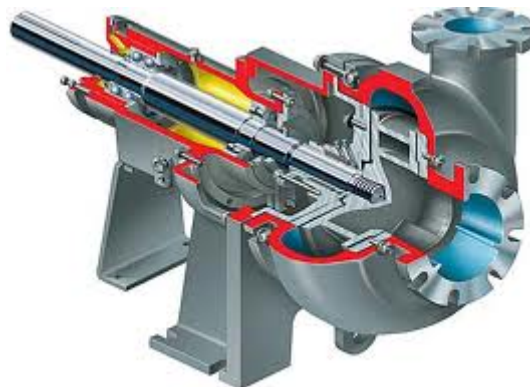
---

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

---

**ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ: ΘΕΩΡΙΑ ΚΑΙ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ  
ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗΣ-ΠΡΟΛΗΠΤΙΚΗΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ-ΕΠΙΣΚΕΥΗΣ**

---



Εισηγητής: Μοσχίδης Νικόλαος

Καρβουνιάρης Χρήστος, Χαϊκάλης Νικόλαος

**2011**

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Οι αντλίες χρησιμοποιούνται για την διακίνηση υγρών. Λόγω των διαφορετικών απαιτήσεων κάθε εφαρμογής και των διαφόρων υγρών που χρησιμοποιούνται, προκύπτουν διάφορα είδη και μεγέθη αντλιών. Σαν γενικό ορισμό θα μπορούσαμε να πούμε ότι, αντλία ονομάζεται το μηχάνημα το οποίο αναρροφά υγρό από έναν χώρο (αναρρόφησης) και το μεταφέρει με πίεση σε άλλον (κατάθλιψη). Οι αντλίες σήμερα βρίσκουν εφαρμογή σε πολλούς τομείς. Οι κυριότερες εφαρμογές τους είναι στην βιομηχανία, τη ναυτιλία, την ύδρευση και την πυρόσβεση.

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία γίνεται καταγραφή του ελέγχου μιας πολυβάθμιας φυγοκεντρικής αντλίας. Η εργασία χωρίζεται σε τρία μέρη. Στο πρώτο μέρος γίνεται ιστορική αναδρομή στην εξέλιξη των αντλιών και στην συνέχεια, παρουσιάζονται τύποι και εφαρμογές των σύγχρονων αντλιών. Στο δεύτερο μέρος γίνεται ανάλυση της αρχής λειτουργίας, των φυγοκεντρικών αντλιών και επιδεικνύονται τύποι και εφαρμογές τους. Στο τρίτο και τελευταίο μέρος παρουσιάζεται η διαδικασία ελέγχου καλής λειτουργίας μιας φυγοκεντρικής αντλίας σε βιομηχανική χρήση στην εταιρεία ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΑ.

## ΚΕΦ. 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1 ΓΕΝΙΚΑ

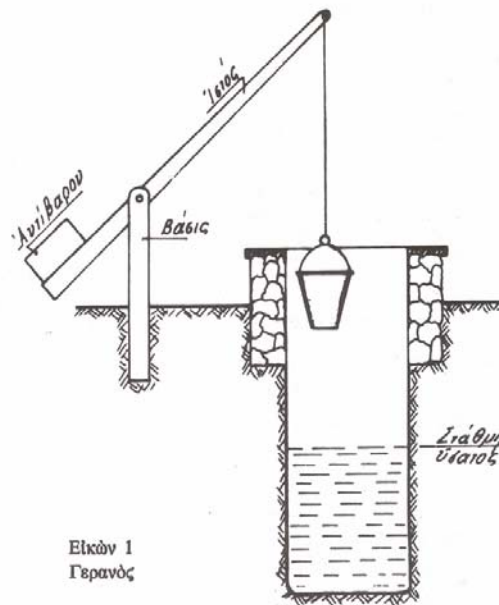
Αντλίες ονομάζονται μηχανήματα τα οποία αναρροφούν υγρό από ένα χώρο και το καταθλίζουν με πίεση σε άλλον.

Οι αντλίες για να πραγματοποιήσουν τον σκοπό τους καταναλίσκουν μηχανικό έργο και δημιουργούν εξ αυτού δυναμική ή κινητική ενέργεια στο υγρό. Γι αυτό τον λόγο χαρακτηρίζονται εργομηχανές.

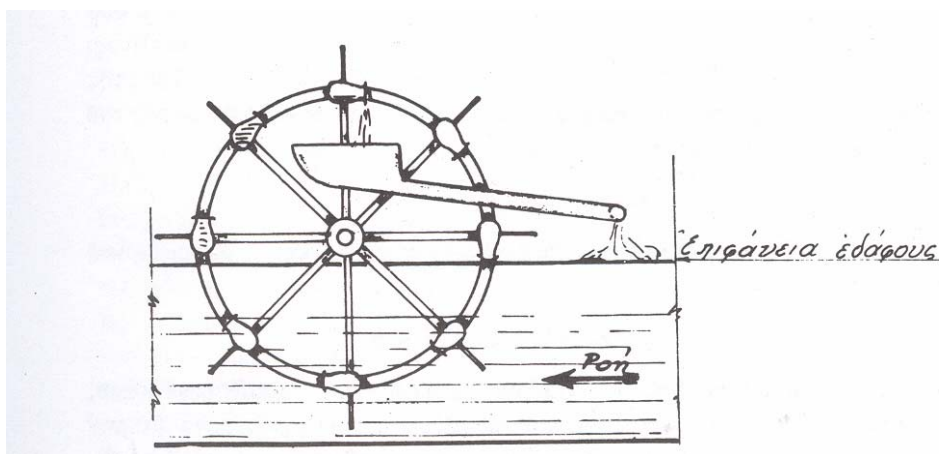
Για την λειτουργία μιας αντλίας χρησιμοποιείται ένα κινητήριο μηχανήμα, το οποίο την κινεί. Τα κινητήρια μηχανήματα των αντλιών μπορεί να είναι ατμομηχανές, ατμοστρόβιλοι, μηχανές diesel, βενζινομηχανές και σε μεγαλύτερη κλίμακα από τα προηγούμενα, ηλεκτροκινητήρες.

### 1.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

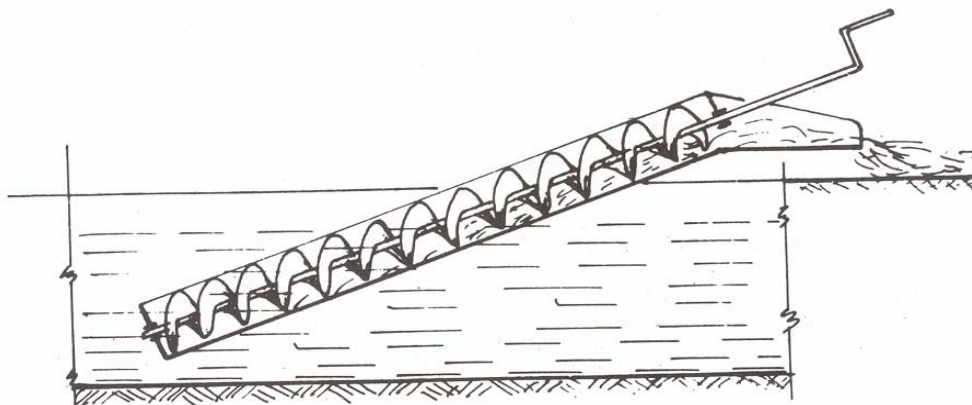
Η αρχή άντλησεων ανάγεται στην εποχή κατά την οποία ο άνθρωπος αναζήτησε για τις ανάγκες του νερό από γεωτρήσεις. Η πρώτη πράξη άντλησης ήταν η βύθιση κενών δοχείων εντός φρέατος και η ανέλκυση τους. Επειδή η διαδικασία ανέλκυσης ήταν επίπονη, ο άνθρωπος σκέφτηκε την χρήση γερανού(εικόνα 1).



Άλλη μηχανή άντλησης, πιθανότατα η δεύτερη που χρησιμοποιήθηκε, αποτελείται από έναν τροχό μεγάλης διαμέτρου στην περιφέρεια του οποίου είναι τοποθετημένη μια σειρά δοχείων. Ο τροχός τοποθετείται με τέτοιο τρόπο ώστε το κάτω μέρος του να εισέρχεται εντός του νερού. Τα δοχεία εισερχόμενα εντός του νερού πληρούνται και ανέρχονται δια της περιστροφής του τροχού μέχρι το υψηλότερο σημείο του όπου αναστρέφονται και εκκενώνονται μέσα σε χοάνη η οποία διοχετεύει το νερό εκεί που θέλουμε. Ο τροχός κινούνταν με μυϊκή δύναμη του ανθρώπου είτε των ζώων. Αυτά τα συστήματα δεν υπάρχουν πια. (εικόνα 2)



Ένας άλλος μηχανισμός που χρησιμοποιήθηκε για την ανύψωση του νερού ήταν η έλιξ. Μια έλιξ ήταν τοποθετημένη εντός ημικυλινδρικού αγωγού, ξύλινου συνήθως, η οποία μπορούσε να περιστραφεί γύρω από τον άξονά της. Το ένα άκρο της έλικας με τον ημικυλινδρικό αγωγό τοποθετείται εντός του νερού με κλίση. Με την περιστροφή της έλικας δημιουργείται ώθηση στο νερό και από το κατώτερο σημείο ανέρχεται στο ανώτερο και χύνεται εκτός του αγωγού. Αυτό το σύστημα εφαρμόζεται μόνο για πολύ μικρές ανυψώσεις και για μεγάλες σχετικά παροχές. Σήμερα δεν χρησιμοποιείται στη μορφή που περιγράψαμε προηγουμένως. (εικόνα 3)



εικόνα 3 Ο περίφημος "αρχιμήδειος έλιξ" .

Εφευρέτης της φυγοκέντρου αντλίας θεωρείται ο Γάλλος Denis Papin, που το 1687 περιέγραψε ένα τύπο αντλίας, της οποίας η αρχή λειτουργίας ήταν η ίδια με τις σημερινές φυγόκεντρους αντλίες. Στο πειραματικό μοντέλο αυτό η πτερωτή είχε δύο πλήρως ακτινικά πτερύγια. Το 1705 κατασκεύασε ο ίδιος το μοντέλο της πρώτη φυγοκέντρου αντλίας για άντληση νερού. Στο μοντέλο αυτό η πτερωτή είχε περισσότερα πτερύγια και κέλυφος. Το βασικό πρόβλημα εκείνης της εποχής ήταν η αποφυγή εισχώρησης αέρα στο εσωτερικό της αντλίας που διέκοπτε τη λειτουργία της. Ένα άλλο σημαντικό τεχνολογικό πρόβλημα ήταν το γεγονός ότι οι φυγοκεντρικές αντλίες απαιτούσαν σχετικά μεγάλες ταχύτητες περιστροφής στη άτρακτο που ήταν δύσκολο να επιτευχθεί την εποχή εκείνη μια και η ανάπτυξη αξιόπιστων ιμάντων και εδράνων έγινε αργότερα. Πάντως οι ανάγκες της εποχής καλύπτονταν με τις εμβολοφόρες αντλίες. Το επόμενο βήμα στην εξέλιξη των φυγοκεντρικών αντλιών σημειώνεται στο 1839 στις Η.Π.Α. οπότε ο W. D. Andrews πρόσθεσε σπειροειδές κέλυφος γύρω από την φυγοκεντρική πτερωτή. Η αντλία αξονικής ροής με πτερωτή τύπου έλικας παρουσιάστηκε από τον J. Skeys το 1875. Αργότερα κατασκευάστηκαν και άλλες φυγόκεντροι αντλίες με μικρές βελτιώσεις, αλλά ο βαθμός αποδόσεώς τους ήταν πολύ μικρός.

Το 1875 ο Osborne Reynolds κατασκεύασε την πρώτη στροβιλοαντλία (turbine pump), που είχε σημαντικά αυξημένη απόδοση. Ο ίδιος τότε παρουσίασε και τον διαχύτη με πτερύγια. Από το 1840 άρχισαν να χρησιμοποιούνται οι ατμομηχανές για την κίνηση των αντλιών όταν ο H. Worthington κατασκεύασε μία παλινδρομική αντλία, της οποίας το έμβολο ήταν συνδεδεμένο απευθείας με το έμβολο της ατμομηχανής. Νέα ώθηση στην εξέλιξη των αντλιών και την επιινόηση νέων τύπων έδωσε η εμφάνιση των κινητήρων εσωτερικής καύσεως. Επίσης οι αεροστρόβιλοι (steam turbines) και οι ηλεκτροκινητήρες, που δίνουν μεγάλο αριθμό στροφών και σταθερή ροπή, συντέλεσαν στην ταχεία εξέλιξη των φυγοκεντρικών αντλιών και την εκτόπιση των παλινδρομικών, εκτός από τις περιπτώσεις όπου επιζητείται υψηλή πίεση και μικρή παροχή. Παράλληλα αναπτύχθηκαν οι περιστροφικές αντλίες για μικρές παροχές με μέση πίεση ιδίως για υγρά με μεγάλο ιξώδες.

Γενικά η χρήση των αντλιών είναι ευρύτατη: Στα εργοστάσια είναι συνήθως εγκαταστημένες πολλές αντλίες για διάφορες χρήσεις (άντληση νερού από φρέατα, κυκλοφορία νερού ψύξεως, τροφοδότηση καυστήρων πετρελαίου, τροφοδότηση ατμολεβητών κ.α. Στα αυτοκίνητα οι αντλίες χρησιμοποιούνται για την τροφοδοσία του κινητήρα με καύσιμο, καθώς και για την κυκλοφορία του νερού ψύξεως και του λαδιού λίπανσης. Στα πλοία χρησιμοποιούνται για την τροφοδοσία των ατμολεβητών με νερό ή των πετρελαιομηχανών με καύσιμο. Οι φυγοκεντρικές αντλίες έχουν βρει εφαρμογή και στον τομέα της ιατρικής όπου αντλίες πολύ μικρού μεγέθους χρησιμοποιούνται ακόμη και για την ανακυκλοφορία του αίματος.

### 1.3 ΒΑΣΙΚΟΙ ΤΥΠΟΙ, ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΑΝΤΛΙΩΝ

#### ΓΕΝΙΚΑ

Οι βασικοί τύποι των αντλιών είναι τρεις. Οι φυγοκεντρικές αντλίες, οι περιστροφικές και οι παλινδρομικές αντλίες. Οι δύο τελευταίοι τύποι αντλιών συνιστούν μια ευρύτερη κατηγορία, τις αντλίες θετικής εκτοπίσεως. Η ενεργοποίηση των παραπάνω τριών τύπων αντλιών γίνεται κατά κύριο λόγο με τη βοήθεια ενός κινητήρα, που στις περισσότερες περιπτώσεις είναι ηλεκτροκινητήρας και σε κάποιες σπανιότερες εφαρμογές είναι νηζελοκινητήρας.

Το πλήθος των τύπων των αντλιών που υπάρχουν σήμερα προέκυψε από την ανάγκη για την ικανοποίηση διαφορετικών εφαρμογών και την ανάγκη των κατασκευαστών να διαφοροποιηθούν μεταξύ τους ώστε να είναι ανταγωνιστικοί.

Η αντλίες όσον αφορά την αρχή λειτουργίας τους κατατάσσονται σε δύο κύριες κατηγορίες. Α. Τις **δυναμικές αντλίες**. Β. Τις **αντλίες θετικής μετατόπισης**.

Οι δυναμικές αντλίες με την βοήθεια πτερυγίων αποδίδουν κινητική ενέργεια στο ρευστό το οποίο εξέρχεται από την αντλία έχοντας αύξηση την στατική του πίεση.

Ο κυριότερος τύπος δυναμικών αντλιών είναι οι φυγοκεντρικές αντλίες οι οποίες έχοντας γενικά καλή απόδοση, μεγάλο εύρος παροχών και μανομετρικού και χαμηλό κόστος κτήσης και λειτουργίας είναι και ο πιο διαδεδομένος τύπος αντλιών.

Οι αντλίες θετικής μετατόπισης εγκλωβίζουν το ρευστό που παραλαμβάνουν από την αναρρόφηση της αντλίας μέσα σε ένα θάλαμο που δημιουργείται από τα κινούμενα μέρη της αντλίας και το κέλυφος της και το μετατοπίζουν στην κατάθλιψη της. Χωρίζονται σε δύο κύριες κατηγορίες. Α. Τις **παλινδρομικές**. Β. Τις **περιστροφικές**.

Οι κυριότεροι τύποι περιστροφικών αντλιών είναι οι γρاناζωτές με εξωτερικά ή εσωτερικά γρανάζια, οι λοβωτές, οι αντλίες με περιφερειακά έμβολα που είναι παρόμοιες με τις λοβωτές, οι κοχλιωτές, οι προοδευτικής κοιλότητας ή έκκεντρου ελικοειδούς ρότορα ή πιο γνωστά μοπο, οι εύκαμπτου πτερυγίου, οι περισταλτικές και οι αντλίες με σύρτες.

Κάθε αντλία χαρακτηρίζεται από ορισμένα βασικά στοιχεία τα οποία προσδιορίζουν τις ικανότητες αυτής. Τα στοιχεία αυτά είναι:

- Τα διάφορα ύψη της αντλίας
- Η παροχή της
- Οι διάφοροι βαθμοί αποδόσεως και το έργο αυτής και
- Η ισχύς ή υποδύναμη που απαιτείται για την κίνηση της.

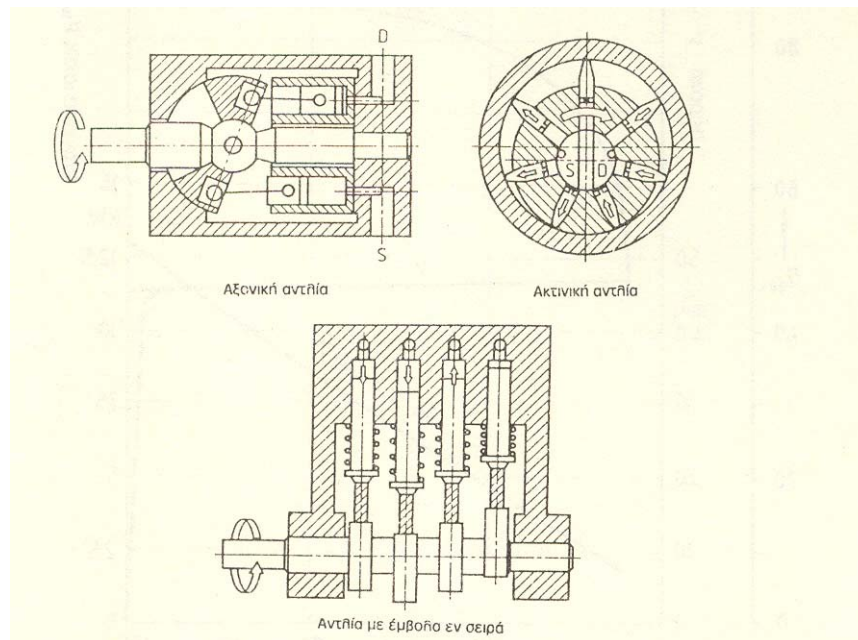
#### 1.3.1. ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΙΚΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ

Δύο είδη παλινδρομικών αντλιών υπάρχουν. Οι εμβολοφόρες και οι διαφραγματικές. Η λειτουργία τους στηρίζεται στην παλινδρόμηση του εμβόλου ή του διαφράγματος μέσα στον θάλαμο άντλησης και με δύο βαλβίδες, μία εισαγωγής και μια εξαγωγής να ελέγχουν την αναρρόφηση και την κατάθλιψη του ρευστού. Οι διαφραγματικές αντλίες ανάλογα με το μέσο που ενεργοποιεί το διάφραγμα κατατάσσονται σε μηχανικές, αεροκίνητες και υδραυλικές.

##### 1.3.1.1. ΕΜΒΟΛΟΦΟΡΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ

Για πολύ μεγάλες πιέσεις λειτουργίας χρησιμοποιούνται έμβολα με κυκλική διατομή, για να είναι εφικτές και οι αναγκαίες μικρές ανοχές στην κατασκευή τους. Έτσι, μπορούν να επιτευχθούν σε πιέσεις μεγαλύτερες των 350 bar, ογκομετρικοί βαθμοί αποδόσεως  $N_v$  από 95% έως 98%. Ανάλογα με την θέση των εμβόλων προς τον κινητήριο άξονα διακρίνονται (σχήμα 1.1):

- **Αξονικές αντλίες** - Ο άξονας του εμβόλου είναι παράλληλος προς τον κεντρικό άξονα.
- **Ακτινικές αντλίες** - Το έμβολο ευρίσκεται κατά την διεύθυνση της ακτίνας του κεντρικού άξονα.
- **Αντλίες εν σειρά** - Τα έμβολα είναι σε σειρά. κάθετα προς τον κεντρικό άξονα



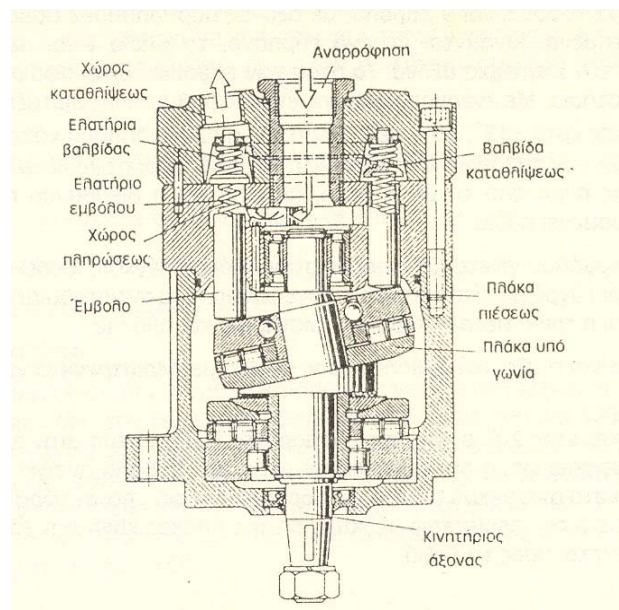
Σχήμα 1.1 Εμβολοφόρες αντλίες

#### A) Αξονικές εμβολοφόρες αντλίες

Οι αξονικές εμβολοφόρες αντλίες χρησιμοποιούνται σε εγκαταστάσεις, οι οποίες κινούνται υδραυλικά ή σε υδραυλικά συστήματα ελέγχου. Έχουν έναν αριθμό εμβόλων μικρής διαμέτρου, τα οποία είναι τοποθετημένα παράλληλα ή λοξά προς τον άξονα κίνησης. Με τη χρήση περισσότερων εμβόλων επιτυγχάνεται μια περίπου ομαλή ροή του υγρού. Ανάλογα με τον τρόπο δημιουργίας της κίνησης του εμβόλου, οι αντλίες διακρίνονται σε: Πλάκα και άξονας υπό γωνία, πλάκα υπό γωνία, άξονας υπό γωνία.

##### A-1) Αντλία με πλάκα και άξονα υπό γωνία

Τα έμβολα εδράζονται στο σταθερό κέλυφος της αντλίας και με την υπό γωνία πλάκα παίρνουν την κίνηση καταθλίψεως, ενώ η κίνηση αναρρόφησης γίνεται με ελατήρια, τα οποία επαναφέρουν το έμβολο. Κατά την κίνηση καταθλίψεως το έμβολο με την άνω ακμή του, κλείνει τον κύλινδρο και πιέζει το υγρό, το οποίο μέσω της βαλβίδας καταθλίψεως οδηγείται σε κοινό χώρο και από εκεί στο σωλήνα πίεσης (σχ. 1.2). Οι αντλίες αυτού του είδους έχουν καλό βαθμό αποδόσεως και οι πιέσεις φθάνουν τα 300 bar. Η αδράνεια των μαζών των βαλβίδων δεν επιτρέπει μεγάλες



Σχήμα 1.2 Αξονική εμβολοφόρος αντλία με πλάκα κ άξονα υπό γωνία

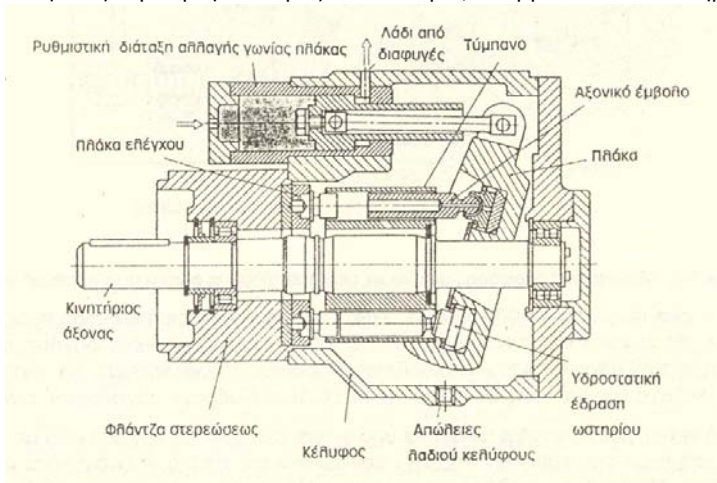


στροφές. Το πλεονέκτημα των αντλιών αυτών είναι η ανεπηρέαστη λειτουργία τους. Η αντλία μπορεί να στραφεί προς κάθε διεύθυνση χωρίς να αλλάζει η διεύθυνση παροχής. Η παροχή δεν μπορεί να μεταβληθεί. Λόγω της παρουσίας των βαλβίδων καταθλίψεως, δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί η αντλία ως υδραυλικός κινητήρας. Αυτό το μειονέκτημα εξαλείφεται στις αντλίες του ίδιου τύπου χωρίς βαλβίδες.

### A-2) Αντλία με πλάκα υπό γωνία

Στο σχήμα 1.3 φαίνεται μια αντλία με πλάκα υπό γωνία. Αυτό το είδος αντλίας έχει μεταβλητή παροχή ανάλογα με τη γωνία θέσεως της πλάκας, ενώ ο αριθμός στροφών είναι σταθερός. Όπως και στον προηγούμενο τύπο, τα έμβολα είναι τοποθετημένα παράλληλα προς τον κεντρικό άξονα, εδώ όμως, περιστρέφεται το τύμπανο (φορέας) των εμβόλων και η πλάκα παραμένει σταθερή.

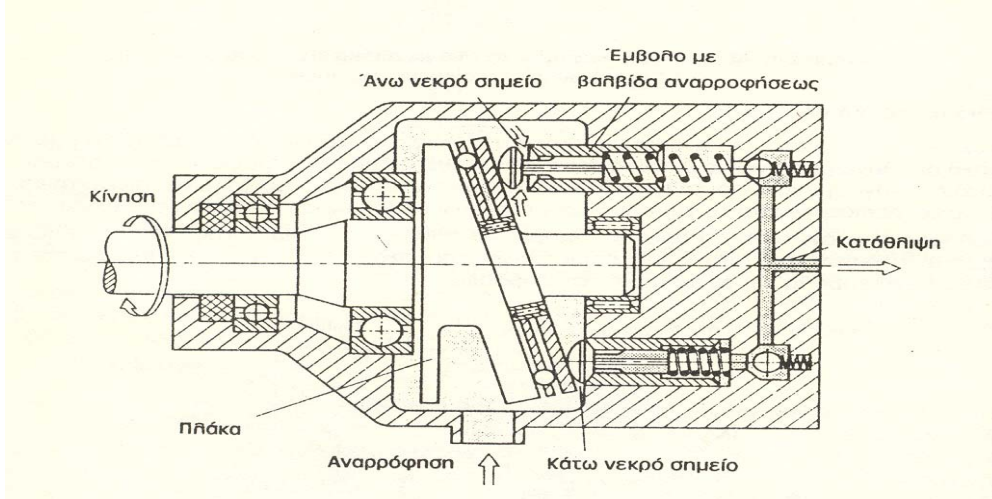
Για αλλαγή του όγκου της παροχής, μπορεί να αλλάξει η γωνία  $\gamma$  της πλάκας μέσω ειδικής ρυθμιστικής διατάξεως. Κατά την περιστροφή του άξονα κινήσεως περιστρέφονται μαζί οι κύλινδροι, τα έμβολα και τα ωστήρια των εμβόλων.



Σχήμα 1.3 Αξονική εμβολοφόρος αντλία με σταθερή πλάκα υπό γωνία

Σε ένα σταθερό κέλυφος είναι 9 έμβολα, με άξονες παράλληλους προς τον κινητήριο άξονα, κυκλικά τοποθετημένα. Κινούνται σε ένα τύμπανο, το οποίο είναι με μια σφήνα σταθερά συνδεδεμένο με τον κινητήριο άξονα. Τα άκρα των εμβόλων είναι σφαιρικά διαμορφωμένα και εδράζονται σε ωστήρια. Με ενεργοποίηση της ειδικής ρυθμιστικής διατάξεως μπορεί να αλλάξει η γωνία της πλάκας κατά  $\pm 15^\circ$ . Στην μέση θέση της πλάκας, δηλαδή κάθετα προς τον κινητήριο άξονα, η διαδρομή των εμβόλων και συνεπώς η παροχή, θεωρητικά είναι μηδέν. Αλλάζοντας τη γωνία της πλάκας πέρα από τη μέση θέση, αλλάζει και η διεύθυνση παροχής, ενώ η φορά περιστροφής παραμένει η ίδια. Ο έλεγχος κάθε εμβόλου γίνεται με σχισμές στην πλάκα ελέγχου. Μέσω μιας οπής στο έμβολο φθάνει στα ωστήρια υγρό με πίεση και δημιουργείται εκεί ένα αντισταθμιστικό πεδίο υδροστατικά. Έτσι, ελαττώνεται η τριβή μεταξύ εμβόλου, ωστηρίου και πλάκας.

Ένα άλλο είδος είναι η αξονική εμβολοφόρος αντλία με περιστρεφόμενη πλάκα υπό σταθερή γωνία. Στη μορφή του σχήματος 1.4, ο έλεγχος της παροχής γίνεται μέσα στην αντλία μέσω βαλβίδων. Η βαλβίδα αναρρόφησης, η οποία



Σχήμα 1.4: Αξονική εμβολοφόρος αντλία με περιστρεφόμενη πλάκα υπό σταθερή γωνία

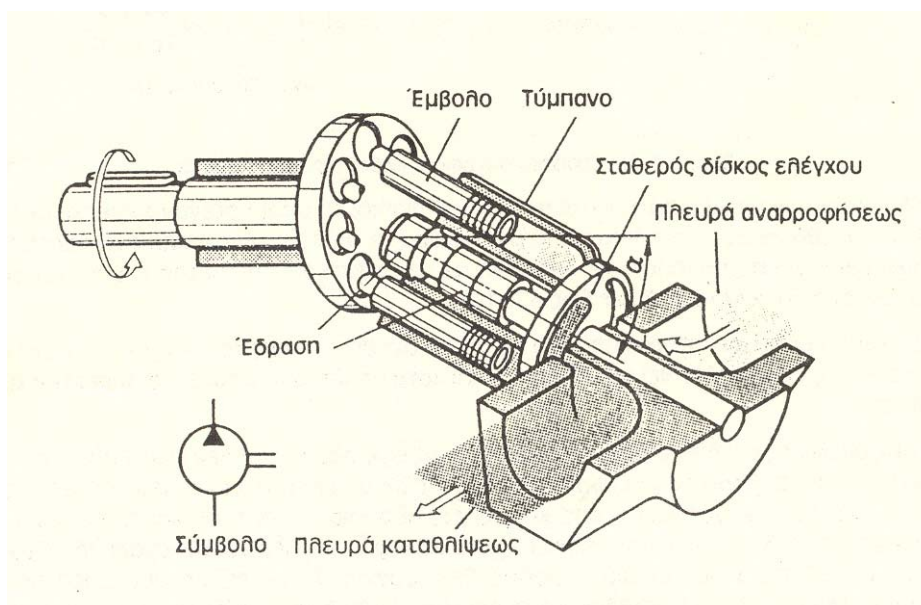
βρίσκεται μέσα στο έμβολο ανοίγει με ελατήριο, όταν το έμβολο βρίσκεται στο άνω νεκρό σημείο. Το υδραυλικό υγρό μπορεί τώρα να περάσει στον χώρο του κυλίνδρου. Κατά την περαιτέρω περιστροφή της πλάκας κλείνει η βαλβίδα αναρροφήσεως και το έμβολο πιέζεται προς τα δεξιά.

Έτσι, αυξάνεται η πίεση στον κύλινδρο και τελικά ανοίγει η σφαιρική βαλβίδα προς τον αγωγό καταθλίψεως, όπου και οδηγείται το υγρό. Εξ' αιτίας των φυγοκεντρικών δυνάμεων, οι οποίες αναπτύσσονται στην πλάγια πλάκα, περιορίζεται ο αριθμός στροφών αυτής της αντλίας. Αλλαγή της παροχής δεν είναι δυνατή διότι η διαδρομή εμβολισμού είναι σταθερή.

### A-3) Αντλία με άξονα υπό γωνία

Στην αξονική εμβολοφόρο αντλία με άξονα υπό γωνία (σχ.1.5), τα έμβολα μαζί με το τύμπανο και τα σφαιρικά άκρα των εμβόλων περιστρέφονται από την πλάκα, η οποία είναι κάθετη στον κινητήριο άξονα. Με αυτόν τον τρόπο προκαλείται η παλινδρομική κίνηση των εμβόλων. Η παροχή εξαρτάται από το μέγεθος του εμβολισμού και συνεπώς από την γωνία  $\alpha$  την οποία σχηματίζει ο άξονας του τυμπάνου με τον κινητήριο άξονα. Το έμβολο μπορεί να λάβει την γωνία  $\pm 25^\circ$  ως προς τη μέση θέση. Συνεπώς μπορεί να αντιστραφεί η φορά παροχής. Με την αντλία αυτή μπορούμε να πάρουμε πιέσεις έως 350 bar. Οι αντλίες που έχουν σταθερό περίβλημα τυμπάνου έχουν σταθερή παροχή.

Σε ένα σταθερό περίβλημα έχει τοποθετηθεί ως πλήρης μονάδα, εναλλάξιμη, το κινητήριο τμήμα. Αυτό αποτελείται βασικά από τον κινητήριο άξονα με τα έδρανά του και κάθετα σ' αυτόν την πλάκα, η οποία χρησιμεύει για την έδραση των σφαιρικών άκρων των εμβόλων και του κεντρικού στροφείου. Τα έμβολα και το κεντρικό στροφείο είναι τοποθετημένα σε ένα τύμπανο - φορέα. ο οποίος μπορεί να έχει ως προς την πλάκα σταθερή ή μεταβλητή γωνία (μεγ.  $25^\circ$ ). Ο έλεγχος της πλευράς αναρροφήσεως και καταθλίψεως γίνεται αναγκαστικά με μια σφαιρικά διαμορφωμένη πλάκα μέσω δύο σχισμών της (σχ. 1.5).



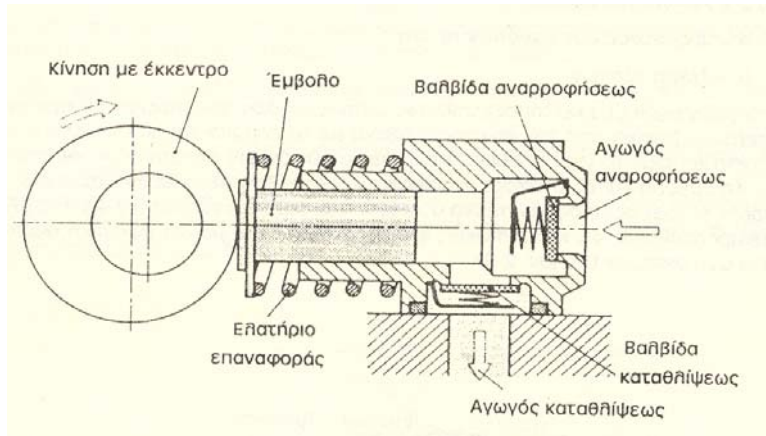
Σχήμα 1.5: Αξονική εμβολοφόρος αντλία με άξονα υπό γωνία

Ο κινητήριος άξονας, ο οποίος εδράζεται σε δύο στιβαρά έδρανα, και κινείται από έναν ηλεκτροκινητήρα, περιστρέφει την πλάκα και, μέσω αυτής, τα σφαιρικά άκρα των εμβόλων και συνεπώς και το τύμπανο που έχει μια κλίση ως προς τον άξονα. Τα σφαιρικά άκρα λιπαίνονται υδροστατικά. Αυτός ο τρόπος κατασκευής έχει το πλεονέκτημα, ότι η ροπή δημιουργείται κατ' ευθείαν στον κινητήριο άξονα (του οποίου η έδραση επιτρέπει ακτινικές φορτίσεις λόγω οδοντωτών τροχών ή τραπεζοειδών ιμάντων) και ότι τα έμβολα φορτίζονται με μικρές διατμητικές δυνάμεις. Η συμπεριφορά της αντλίας στην φθορά είναι πολύ καλή καθώς και ο Ολικός βαθμός αποδόσεως.

### B) Ακτινική εμβολοφόρα αντλία

Ο τύπος αυτός είναι εν γένει μια σταθερή αντλία. Το όνομα της οφείλεται στην ακτινική διάταξη των εμβόλων, τα οποία "δείχνουν" προς το κέντρο του περιβλήματος. Τα στοιχεία της αντλίας με τα έμβολα και τις βαλβίδες αναρροφήσεως και καταθλίψεως είναι βιδωμένα στο περίβλημα και σχηματίζουν μια λειτουργική εμβολοφόρο αντλία (σχ. 1.6). Τα έμβολα βρίσκονται στα στοιχεία της αντλίας και πιέζονται με ελατήρια στα έκκεντρα του άξονα.

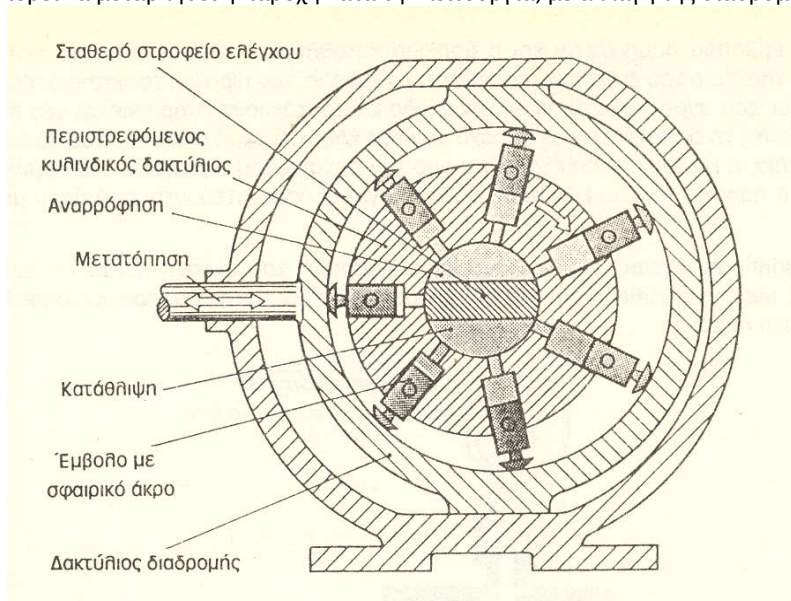




Σχήμα 1.6: Στοιχείο ακτινικής εμβολοφόρου αντλίας

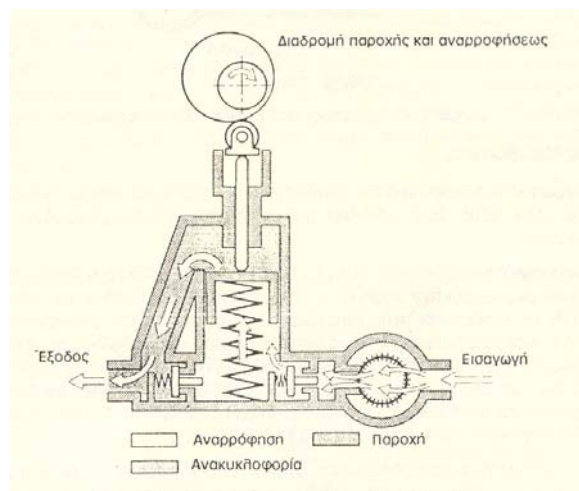
Η βαλβίδα αναρρόφησης αποτελείται από ένα πλακίδιο, το οποίο στεγανοποιείται με τις ακμές. Η βαλβίδα καταθλίψεως αποτελείται από μια σφαίρα, η οποία πιέζεται από ένα ελατήριο σε μια αντίστοιχη ακμή για στεγανοποίηση. Ανάλογα με την εσωτερική διάμετρο του κυλίνδρου πραγματοποιούνται πιέσεις από 250 bar έως 630 bar. Το μήκος εμβολισμού αντιστοιχεί προς το διπλάσιο της εκκεντρότητας. Αν μπορεί να μεταβληθεί η εκκεντρότητα, θα μεταβληθεί και η παροχή και κατά περίπτωση μπορεί να πάρει την τιμή 0 έως μια μέγιστη.

Επειδή στις ακτινικές αντλίες ο βαθμός εκμεταλλεύσεως του χώρου δεν είναι καλός, σε νεότερες κατασκευές, κάθε έμβολο σε μια περιστροφή του άξονα πραγματοποιεί περισσότερους εμβολισμούς. Το έμβολο ενεργοποιείται από καμπύλες, οι οποίες είναι έτσι διαμορφωμένες, ώστε η ταχύτητα του εμβόλου κατά την διάρκεια μιας στροφής να παραμένει σταθερή. Έτσι παίρνει κανείς το μεγαλύτερο βαθμό μιας ομαλής λειτουργίας. Σ' αυτές τις συσκευές πολλαπλού εμβολισμού, δεν μπορεί να μεταβληθεί η παροχή κατά την λειτουργία, με αλλαγή της διαδρομής του εμβόλου.



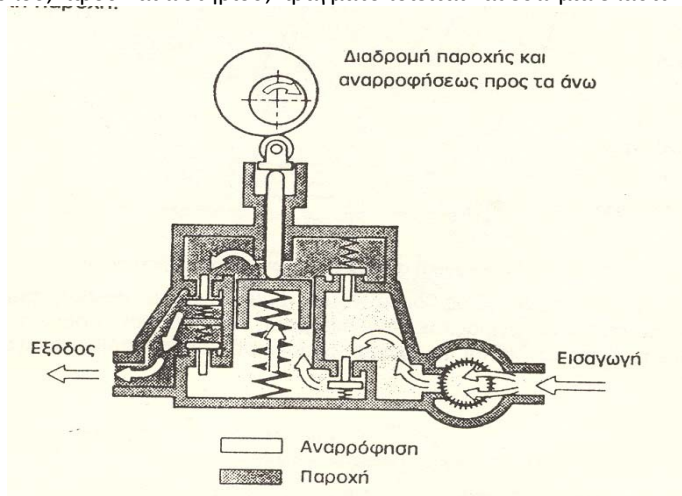
Σχήμα 1.7: Αξονική αντλία με εσωτερική αναρρόφηση

Ανάλογα με τον τρόπο επενέργειας, διακρίνουμε εμβολοφόρες αντλίες **απλής** και **διπλής** ενέργειας. Η αντλία απλής ενεργείας, σε κάθε διαδρομή του εμβόλου, μπορεί να κάνει αναρρόφηση ή κατάθλιψη. Η αντλία διπλής ενεργείας αναρροφά και καταθλίβει ταυτόχρονα σε κάθε διαδρομή.



Σχήμα 1.8: Εμβολοφόρος αντλία απλής ενέργειας

Το σχήμα μιας εμβολοφόρου αντλίας απλής ενεργείας, σαν και αυτές που χρησιμοποιούνται για την παροχή βενζίνης στα αυτοκίνητα, φαίνεται στο σχήμα 1.8. Το έκκεντρο ωθεί το έμβολο προς τα εμπρός μέσω ωστηρίου και πύρου. Το καύσιμο, με κλειστή την βαλβίδα αναρρόφησης, ωθείται προς τον χώρο καταθλίψεως μέσω της βαλβίδας καταθλίψεως (ενδιάμεσος εμβολισμός). Το ελατήριο του εμβόλου συμπιέζεται και η βαλβίδα καταθλίψεως κλείνει πάλι στο τέλος της διαδρομής. Το ελατήριο του εμβόλου επαναφέρει το έμβολο, τον πύρο και το ωστήριο. Στη φάση αυτή, ένα μέρος του υγρού ωθείται προς την έξοδο και ταυτόχρονα αναρροφάτε νέο από την εισαγωγή. Με αυτή τη διάταξη έχουμε παροχή μόνο σε κάθε δεύτερη διαδρομή του εμβόλου. Σ' αυτήν την αντλία, η μέγιστη πίεση εξαρτάται από την δύναμη του ελατηρίου του εμβόλου. Γι' αυτό το λόγο η παροχή λέγεται ελαστική, όπου οι αγωγοί προστατεύονται από πολύ μεγάλες πιέσεις. Στην αντλία διπλής ενέργειας (σχ. 1.9), σε κάθε διαδρομή, ταυτόχρονα γίνεται αναρρόφηση και κατάθλιψη. Με την ελεύθερη σύνδεση εμβόλου, πύρου και ωστηρίου, πραγματοποιείται και εδώ μια ελαστική παροχή.



Σχήμα 1.9: Εμβολοφόρος αντλία διπλής παροχής

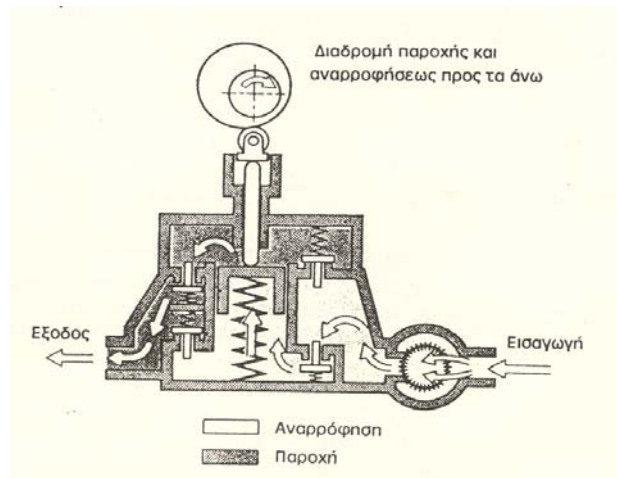
### 1.3.1.2 ΑΝΤΛΙΕΣ ΜΕΜΒΡΑΝΗΣ

Οι αντλίες μεμβράνης ή διαφράγματος εργάζονται με παρόμοιο τρόπο, όπως και οι αντλίες με έμβολο. Έχουν στην θέση του εμβόλου μια εύκαμπτη πλάκα (μεμβράνη, διάφραγμα) από ελαστικό ή πλαστικό.

Στην αντλία αναρρόφησης (σχ.1.10), κάμπτεται η μεμβράνη από το έμβολο, μεγαλώνει ο χώρος κάτω από αυτό και δημιουργείται υποπίεση. Έτσι, αναρροφά η αντλία. Το υγρό ανασηκώνει την σφαιρική βαλβίδα και εισέρχεται στον κάτω χώρο της αντλίας. Στην επαναφορά της μεμβράνης κλείνει η βαλβίδα αναρρόφησης. Το υγρό εισέρχεται από μια βαλβίδα της μεμβράνης στον άνω χώρο της αντλίας και εξέρχεται στην επόμενη διαδρομή από το άνοιγμα εκροής. Έτσι, η αντλία εργάζεται κατά τον ίδιο τρόπο όπως και η αντλία με έμβολο. Οι αντλίες μεμβράνης κατασκευάζονται και ως αντλίες αναρρόφησης και ως αντλίες καταθλίψεως. Το ύψος καταθλίψεως όμως, περιορίζεται από την ποιότητα και την αντοχή της μεμβράνης.

Όμως, μπορούν να πραγματοποιηθούν ύψη αναρρόφησης έως 7 m, διότι η μεμβράνη στεγανοποιεί πλήρως και δεν ελαττώνεται το φαινόμενο της αναρρόφησης, όπως στις εμβολοφόρες αντλίες λόγω ατελειών στην στεγανότητα μεταξύ

εμβόλου και κυλίνδρου. Η αντλία μεμβράνης είναι κατάλληλη για λασπώδη υγρά (π.Χ. άντληση από φρεάτια οικοδομών, τα οποία στις εμβολοφόρες αντλίες θα μπορούσαν να καλύψουν τις επιφάνειες κυλίνδρου και εμβόλου ή να τις φθείρουν σε σύντομο χρόνο.



Σχήμα 1.10 Αντλία μεμβράνης

### 1.3.2. ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ

#### 1.3.2.1 ΓΕΝΙΚΑ

Οι περιστροφικές αντλίες εκτοπίσεως ονομάζονται και αντλίες ογκομετρικού τύπου ή και ογκομετρικές αντλίες, εκτοπίζουν το υγρό και το αναγκάζουν να ρέει υπό πίεση. Η λειτουργία τους είναι ίδια με των εμβολοφόρων αντλιών με τη διαφορά ότι στις εμβολοφόρους το κινητό μέρος εκτελεί παλινδρομική κίνηση, ενώ στις περιστροφικές περιστροφική.

Αποτελούνται κατά κανόνα από ένα κέλυφος, εντός του οποίου περιστρέφονται τα κινητά μέρη της αντλίας με πολύ μικρά διάκενα μεταξύ αυτών και του περιβλήματος. Έτσι το υγρό παγιδεύεται εντός μικρών περιστρεφόμενων ή περιφερόμενων χώρων, που σχηματίζονται μεταξύ κελύφους και στροφείου, και συμπιεζόμενο οδηγείται υπό πίεση στην κατάθλιψη.

Το στροφείο μπορεί να αποτελείται από ζεύγος οδοντωτών, κοχλιών, πτερυγίων, λοβών, κλπ όπως θα δούμε παρακάτω.

Τα γενικά χαρακτηριστικά τους είναι :

Α) **Το εκτόπισμα της αντλίας.** Είναι ο όγκος του υγρού το οποίο εκτοπίζουν τα στρεφόμενα μέρη της αντλίας μετά από κάθε στροφή του άξονα. Ο όγκος αυτός αποτελεί τρόπον τινά τη θεωρητική παροχή της αντλίας, υπό την προϋπόθεση ότι όλοι οι χώροι της αντλίας έχουν πληρωθεί τελείως και δεν υπάρχουν απώλειες.

Β) **Η ολίσθηση.** Αυτή αντιπροσωπεύει την ποσότητα του υγρού, η οποία βραχυκυκλώνεται ή αλλιώς επιστρέφει από την κατάθλιψη στην αναρρόφηση μέσω των διακένων της αντλίας. Αυξάνεται με την πίεση κατάθλιψης και μειώνεται με το ιξώδες του υγρού.

Γ) **Η παροχή.** Αυτή είναι ίση με τη διαφορά των δύο προηγούμενων και από αυτή υπολογίζεται ο καλούμενος *ογκομετρικός βαθμός απόδοσης* ως πηλίκο της πραγματικής δια τη θεωρητική παροχή. Οι συνθήκες υπό τις οποίες πραγματοποιείται η αναρρόφηση και η κατάθλιψη επιδρούν απολύτως επί της παροχής της αντλίας. Το ιξώδες του υγρού, η τάση των δημιουργούμενων ατμών στην αναρρόφηση, η ποσότητα του αέρα, το υπερβολικό ολικό ύψος, είναι παράγοντες που προκαλούν την μείωση της παροχής.

### 1.3.2.2 ΤΥΠΟΙ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ – ΧΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Αναλόγως του τύπου του στροφείου τους οι περιστροφικές αντλίες διακρίνονται ως εξής :

- Οδοντωτοί τροχοί με παράλληλους ή ελικοειδείς οδόντες
- Κοχλιοειδείς
- Περιστρεφόμενων εμβόλων ή λοβών
- Πτερυγιόφοροι
- Με υγρά έμβολα
- Με έμβολα μεταβλητής διαδρομής αξονικώς ή ακτινικώς κινούμενα.

Οι χρήσεις των περιστροφικών αντλιών είναι πολλές. Χρησιμοποιούνται ως αντλίες πετρελαίου λεβήτων, μετάγγισης πετρελαίου, αποστραγγίσεως δεξαμενών, μετάγγισης βενζίνης και πολλές άλλες χρήσεις. Είναι κατά κανόνα ηλεκτροκίνητες, αλλά μπορεί να είναι πετρελαιοκίνητες ή ατμοστροβιλοκίνητες. Εξοπλίζονται συνήθως με *ρυθμιστή σταθερού αριθμού στροφών και ρυθμιστή υπερτάχυνσης ή ορίου ταχύτητας*.

Τα υλικά από τα οποία κατασκευάζονται οι περιστροφικές αντλίες είναι κατά το πλείστον και αναλόγως του προορισμού της αντλίας τα εξής:

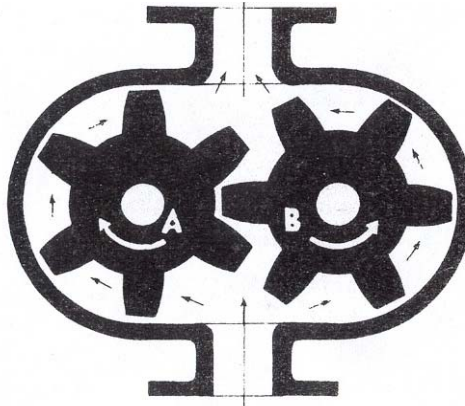
- Το **κέλυφος** από χυτοσίδηρο, χυτοχάλυβα ή ορείχαλκο
- Το **στροφείο** από χυτοχάλυβα, σφυρήλατο χάλυβα, ορείχαλκο και σε ειδικές περιπτώσεις από συνθετικό ελαστικό

- Οι βαλβίδες από χυτοχάλυβα, φωσφορούχο ορείχαλκο και ανοξείδωτο χάλυβα.

Όλες οι αντλίες που περιγράφονται παρακάτω συναντώνται ευρύτατα, ενώ υπάρχουν και άλλοι τύποι οι οποίοι δεν διαφέρουν ουσιαδώς από τους περιγραφόμενους ως προς τις αρχές κατασκευής και λειτουργίας.

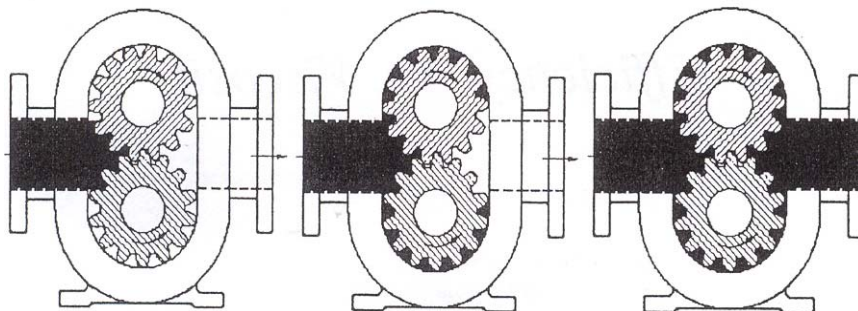
### 1.3.2.3 ΑΝΤΛΙΑ ΜΕ ΟΔΟΝΤΩΤΟΥΣ ΤΡΟΧΟΥΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΟΔΟΝΤΩΣΗΣ

Αυτή ονομάζεται και **γρاناζωτή αντλία**. Αποτελείται από δυο οδοντωτούς τροχούς Α και Β αντιθέτως περιστρεφόμενους(σχ. 1.11).



Σχ. 1.11 Γρاناζωτή αντλία

Οι δυο άξονες των τροχών φέρουν στα άκρα τους οδοντωτούς τροχούς. Εξ αυτών ο ένας κινείται από τον άξονα του κινητήριου μηχανήματος της αντλίας ή από έναν άξονα της μηχανής, από την οποία κινείται η αντλία. Ο οδοντωτός αυτός



Σχ. 1.12 Οι οδοντωτοί τροχοί του στροφείου μπορεί να είναι **ευθείς**, **ελικοειδής** ή σχήματος **ψαροκόκαλου**.

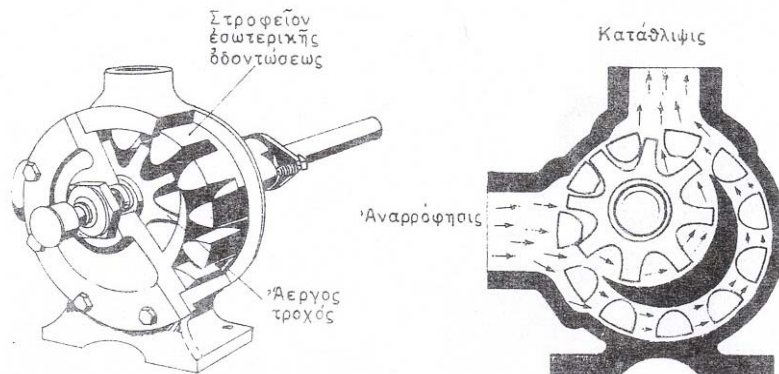


τροχός προκαλεί τη κίνηση και του άλλου τροχού κατά τρόπο, ώστε οι δυο τροχοί A και B του στροφείου να περιστρέφονται χωρίς να εφάπτονται μεταξύ τους. Με την περιστροφή των δυο τροχών του στροφείου δημιουργείται κενό εντός του κελύφους, λόγω του οποίου το υγρό εισέρχεται στην αντλία και μετακινείται περιμετρικώς προς την κατάθλιψη κατά την έννοια των βελών του σχήματος.

Μεγάλη σημασία για την καλή λειτουργία αυτών των αντλιών έχουν το διάκενο μεταξύ των τροχών του στροφείου και το διάκενο μεταξύ των τροχών μετάδοσης της κίνησης. Για ικανοποιητική κατάθλιψη και απόδοση της αντλίας πάντως πρέπει αυτά τα δυο διάκενα να είναι όσο το δυνατόν μικρότερα.

#### 1.3.2.4 ΑΝΤΛΙΑ ΟΔΟΝΤΩΤΗ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΟΔΟΝΤΩΣΗΣ

Σε αυτή η κίνηση μεταδίδεται στο εσωτερικής οδόντωσης στροφείο και εξ αυτού μεταφέρεται στον άεργο τροχό, με τον οποίο εμπλέκεται. Καθώς οι οδόντες κατά την περιστροφή αποχωρίζονται στο αριστερό άκρο του ημισεληνοειδούς διαφράγματος, δημιουργείται κενό και αναρρόφηση.

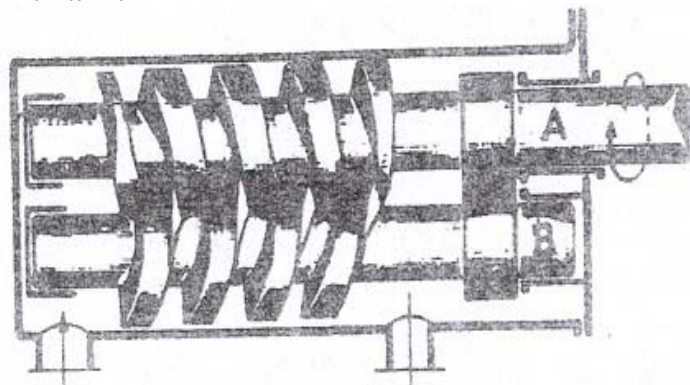


Σχ. 1.13 Αντλία οδοντωτή εσωτερικής οδόντωσης

Το υγρό εισέρχεται και παραμένει μεταξύ των οδόντων του στροφείου και του άεργου τροχού εκατέρωθεν του διαφράγματος. Ακολούθως μετατοπίζεται υπό των οδόντων και εξωθείται έτσι προς την κατάθλιψη, όταν οι οδόντες εμπλακούν εκ νέου μετά το δεξιό άκρο του διαφράγματος.

#### 1.3.2.5 ΚΟΧΛΙΟΕΙΔΕΙΣ ΑΝΤΛΙΕΣ

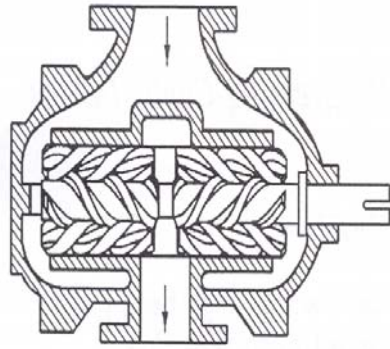
Οι κοχλιοειδείς αντλίες μοιάζουν με τις γριναζωτές με την διαφορά ότι αντί οδοντωτών τροχών του στροφείου χρησιμοποιείται ατέρμονος κοχλίας.



Σχ.1.12 Κοχλιοειδής αντλία

Ο άξονας Α είναι ο κινητήριος άξονας, ο οποίος με τη βοήθεια δυο οδοντωτών τροχών κινεί τον άξονα Β. Και οι δυο άξονες μαζί κινούν τους ατέρμονες κοχλίες με αποτέλεσμα την αναρρόφηση του υγρού δια του σωλήνα α και την κατάθλιψη στο σωλήνα β(σχ. 1.12).

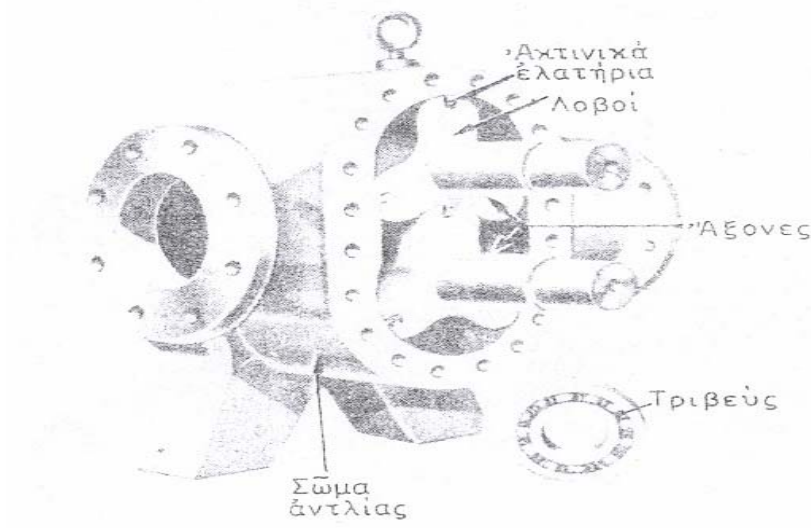




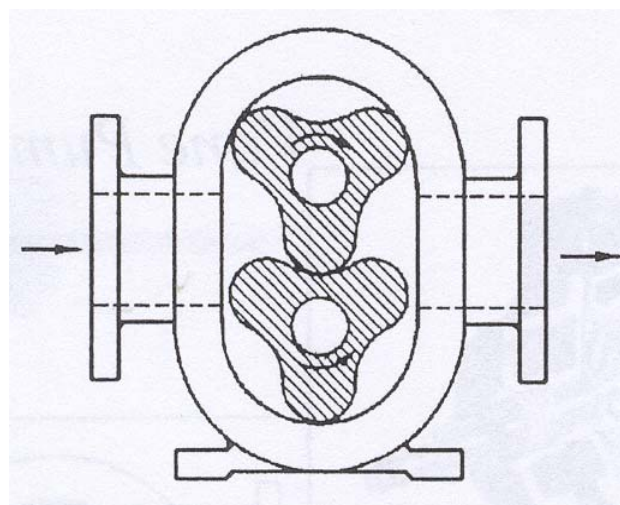
Σχ. 1.13 Κοχλιοειδής αντλία

### 1.3.2.6 ΑΝΤΛΙΑ ΜΕ ΠΕΡΙΣΤΡΕΦΟΜΕΝΑ ΕΜΒΟΛΑ Ή ΛΟΒΟΥΣ

Αυτή, καλούμενη και λοβοειδής αντλία, έχει ως στροφείο δυο λοβούς ή περιστρεφόμενα έμβολα, κάθε ένα από τα οποία είναι κατασκευασμένο εν είδη οδοντωτού τροχού με δυο, τρεις η τέσσερις οδόντες(σχ. 1.13)



Σχ. 1.14 Αντλία με λοβούς τριών οδόντων

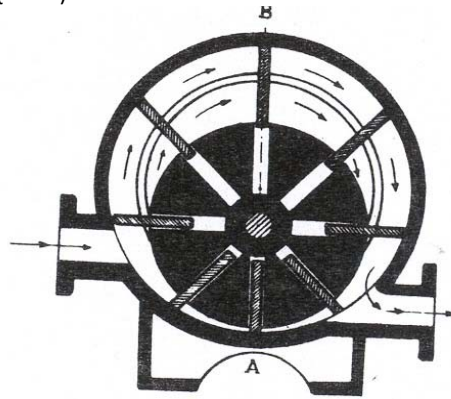


Σχ. 1.15 Σχέδιο αντλίας σε τομή

Στο σχήμα διακρίνουμε αντλία τριών οδόντων. Παρατηρούμε ότι στο άκρο κάθε λοβού υπάρχουν αυτόματες μεταλλικές ακτίνες οι οποίες ωθούνται από εσωτερικά εντακτικά ελατήρια προς το εσωτερικό τοίχωμα του κελύφους. Κατ' αυτόν τον τρόπο ενεργούν ως ελατήρια στεγανότητας κατά την περιστροφή των λοβών.

### 1.3.2.7 ΑΝΤΛΙΑ ΠΤΕΡΥΓΙΟΦΟΡΟΣ

Η πτερυγιοφόρος αντλία αποτελείται από ένα κέλυφος κυλινδρικό και ένα στροφέιο στρεφόμενο περί κέντρου που δεν συμπίπτει με το κέντρο του κελύφους (σχ. 1.14).



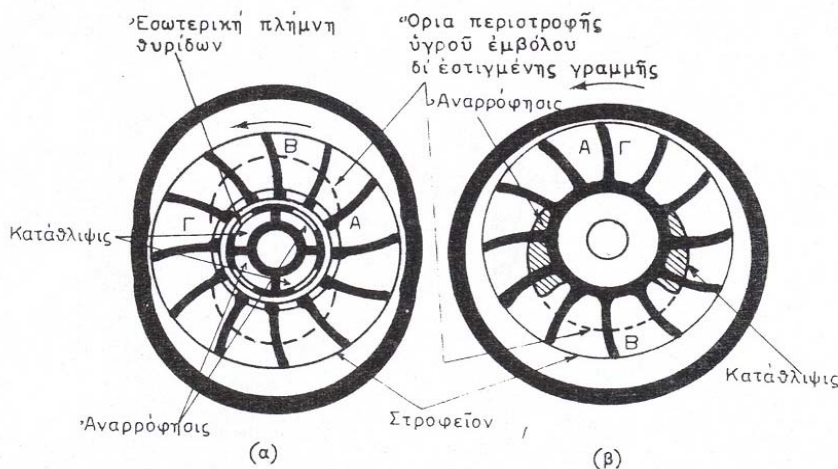
Σχ.1.16 Πτερυγιοφόρος αντλία

Το στροφέιο έχει ακτινικούς αύλακες, σε κάθε έναν από τους οποίους βρίσκεται ένα μεταλλικό έλασμα (λάμα) ή πτερύγιο. Καθώς το στροφέιο περιστρέφεται, τα μεταλλικά ελάσματα προς την περιφέρεια λόγω φυγόκεντρης δύναμης. Έτσι με το στροφέιο στρεφόμενο κατά τη φορά του βέλους, από το σημείο Α μέχρι το Β, τα πτερύγια απομακρύνονται από το κέντρο. Ο χώρος μεταξύ στροφείου και κελύφους γίνεται κατά αυτόν τον τρόπο προοδευτικά μεγαλύτερος και δημιουργείται κενό, από το οποίο δημιουργείται η αναρρόφηση. Από το Β προς το Α συμβαίνουν τα αντίθετα, με αποτέλεσμα το υγρό να εκτοπίζεται προς την κατάθλιψη. Ενίοτε σε κάθε αύλακα εσωτερικώς τοποθετείται ελατήριο, το οποίο ωθεί το έλασμα προς την περιφέρεια, όταν κινείται από το Α προς το Β. Κατά την διαδρομή από το Β προς το Α το ελατήριο συσπειρώνεται. Η συνηθέστερη χρήση των αντλιών αυτών είναι για τη μετάγχιση πετρελαίου από μια δεξαμενή σε άλλη.

### 1.3.2.8 ΑΝΤΛΙΕΣ ΜΕ ΥΓΡΟ ΕΜΒΟΛΟ

Οι αντλίες αυτές, γνωστές και ως **αντλίες κενού**, κατασκευάζονται σε δυο τύπους ως εξής:

- **Με ελλειπτικό κέλυφος.** Ο τύπος αυτός έχει τις θυρίδες αναρρόφησης και καταθλίψεως στην εσωτερική πλήμνη και ονομάζεται αντλία τύπου ακροφυσίου.
- **Με εκκεντρικό κυκλικό κέλυφος.** Έχει τις αναρρόφησης και καταθλίψεως επί επιπέδου πλευρικής εγκάρσιας πλάκας και ονομάζεται αντλία τύπου πλάκας.



Σχ.1.17 Αντλίες κενού (α) ελλειπτικού και (β) εκκεντρικού κελύφους

Στο σχήμα 1.17 φαίνονται και οι δύο τύποι διαγραμματικώς. Η αρχή λειτουργίας, όμοια και των δυο, είναι η εξής:

Το κυκλικό πτερυγωτό στροφέιο της αντλίας περιστρέφεται εντός του (α)ελλειπτικού ή (β)εκκεντρικού κελύφους της.

Το κέλυφος πληρούται εν μέρει με νερό ή άλλο υγρό, το οποίο περιστρέφεται μαζί με το στροφέιο και λόγω της φυγόκεντρης δύναμης απωθείται προς τη περίμετρο του στροφέιου και σχηματίζει έτσι ένα υγρό δακτύλιο ή ένα υγρό έμβολο(γι' αυτό και η αντλία ονομάζεται υγρών εμβόλων).

Δυο φορές στην αντλία (α) και μια στη (β) του σχήματος, το υγρό του κελύφους απομακρύνεται από το στροφέιο ή εισχωρεί εντός αυτού εναλλάξ. Επενεργεί έτσι ως έμβολο και συμπιέζει τον αέρα, όταν εισέρχεται εντός του στροφέιου. Στα σημεία Α οι χώροι μεταξύ των πτερυγίων είναι πλήρεις υγρού. Καθώς περιστρέφεται το στροφέιο κατά την έννοια του βέλους, το υγρό απωθείται προς το κέλυφος και προκαλεί την είσοδο του αέρα από τις θυρίδες της αναρρόφησης, που σημειώνονται στο σχήμα και δημιουργεί έτσι ανάλογο κενό. Καθώς προχωρούν, τα πτερύγια του στροφέιου αντιπαρέρχονται τη θυρίδα αναρρόφησης και ο αέρας, οποίος είναι έτσι παγιδευμένος μεταξύ των πτερυγίων και της επιφάνειας του υγρού, δημιουργεί μια διαχωριστική ζώνη πέριξ της περιφέρειας του στροφέιου.

Στα σημεία Β η λειτουργία αναστρέφεται και το ύδωρ αρχίζει να εισέρχεται εκ νέου και ωθεί τον αέρα εκτός, από τη θυρίδα κατάθλιψης. Στα σημεία Γ όλος ο αέρας έχει εξέλθει δια της θυρίδας κατάθλιψης εκτοπισμένος από το νερό, το οποίο είναι εκ νέου έτοιμο να επαναλάβει εξ αρχής την περιγραφείσα λειτουργία.

Η αντλία αυτή χρειάζεται μια σταθερή ποσότητα εργαζόμενου μέσου(νερό, ή άλλο υγρό). Το οποίο παρέχεται σε αυτήν από το δίκτυο ή άλλη πηγή μέσω διακόπτη. Επί της αντλίας υπάρχει ρυθμιστική βαλβίδα ρυθμισμένη στην ακριβώς απαιτούμενη ποσότητα του εργαζόμενου υγρού, ώστε η αντλία να μπορεί να τεθεί σε κίνηση αμέσως μετά το άνοιγμα του διακόπτη παροχής του υγρού, χωρίς υφίσταται ανάγκη ρύθμισης της ρυθμιστικής βαλβίδας.

Η αντλία υγρών εμβόλων χρησιμοποιείται για την αφαίρεση όλου του ατμοσφαιρικού αέρα και τη δημιουργία κενού στο σωλήνα αναρρόφησης των αντλιών, όταν αυτές έχουν μεγάλο ύψος αναρρόφησης και παρουσιάζουν σχετική δυσχέρεια κατά την αναρρόφηση. Η λειτουργία της διαρκεί μέχρι να αφαιρεθεί όλος ο αέρας από το σωλήνα και να αρχίσει η κύρια αντλία να καταθλίβει, πράγμα που εξακριβώνεται από την ένδειξη του θλιβόμετρου της κατάθλιψης.

### 1.3.3 ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ

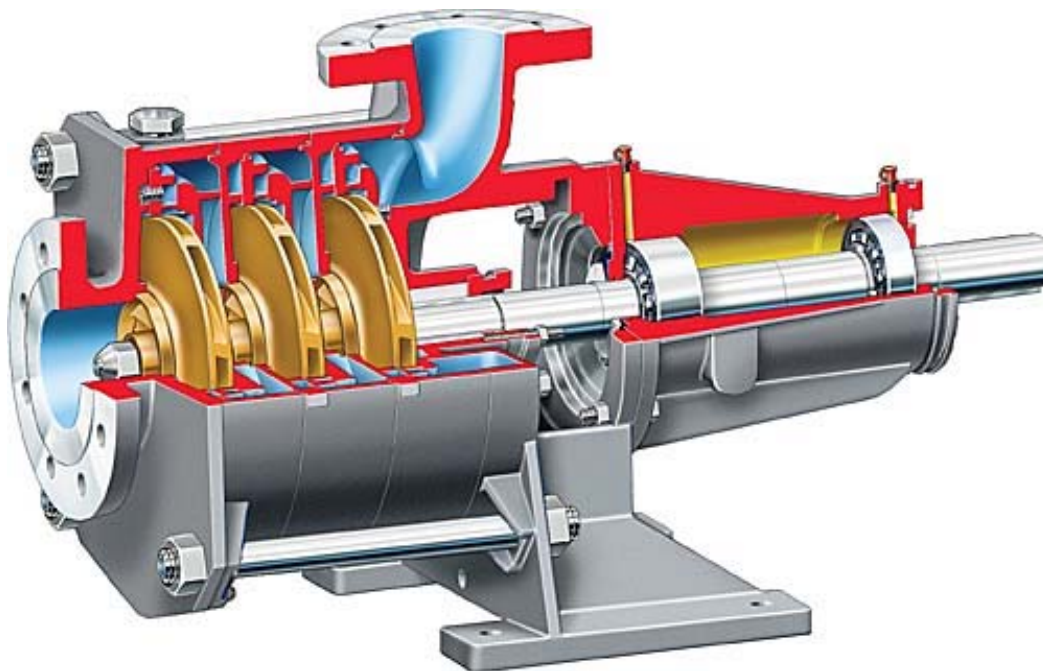
Οι φυγόκεντρικές αντλίες χρησιμοποιούν τη φυγόκεντρο δύναμη που δημιουργείται από έναν περιστρεφόμενο δίσκο πάνω στον οποίο υπάρχουν πτερύγια ειδικής μορφής. Οι φυγόκεντρικές αντλίες χρησιμοποιούνται συνήθως σε διυλιστήρια και πετροχημικά εργοστάσια. Αποτελούνται από περιστρεφόμενες μονάδες υψηλής ταχύτητας και μεγάλης δυναμικότητας κινούμενες από μηχανές εσωτερικής καύσης, ηλεκτρικά μοτέρ ή ατμοστρόβιλους.

Η κανονική ροή του υγρού από μια φυγόκεντρική αντλία είναι σχετικά στρωτή και ομαλή. Πολύ σπάνια συναντώνται οι παλμοί, που εμφανίζονται κατά τη χρήση των παλινδρομικών αντλιών. Όταν εγκατασταθούν και λειτουργήσουν σωστά οι φυγόκεντρικές αντλίες δεν δημιουργούν δονήσεις. Μπορούμε να τις τοποθετήσουμε σε μικρά κτήρια με πολύ ελαφρές θεμελιώσεις. Διατηρούνται εύκολα καθαρές. Άλλα προσόντα των φυγόκεντρικών αντλιών είναι η απλή κατασκευή τους, το σχετικά μικρό κόστος τους, η ευκαμψία λειτουργίας και ο σχετικά μικρός χώρος που απαιτούν. Αναλυτικότερα οι φυγόκεντρικές αντλίες παρουσιάζονται στο επόμενο κεφάλαιο(κεφάλαιο 2)

## ΚΕΦ. 2 ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ

### 2.1 ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Οι φυγοκεντρικές αντλίες χρησιμοποιούν τη **φυγόκεντρο** δύναμη που δημιουργείται από έναν περιστρεφόμενο δίσκο πάνω στον οποίο υπάρχουν πτερύγια ειδικής μορφής και ο οποίος είναι γνωστός ως στροφέιον 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 ατμοστρόβιλους. Η ροή του υγρού στις φυγοκεντρικές αντλίες δημιουργείται από τη φυγόκεντρη κινητική ενέργεια που δημιουργεί η περιστροφική κίνηση του στροφέιου. Το αναρροφούμενο υγρό φτάνει στο άνοιγμα αναρρόφησης και παρασύρεται στην περιστροφική κίνηση από τα πτερύγια. Η περιστροφική κίνηση της πτερωτής προσδίδει περιστροφή στη μάζα του υγρού η οποία οδηγείται από τα πτερύγια μεταδίδοντας φυγόκεντρη δύναμη στο υγρό. Το υγρό υποχρεώνεται να διατρέχει κατά μήκος των πτερυγίων 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.



Σχ.2.1 Χαρακτηριστική ημιτομή φυγοκεντρικής αντλίας όπου φαίνονται τα εξαρτήματά της

### 2.2 ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

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

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

#### 2.2.1 ΤΟ ΣΩΜΑ ΤΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ

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 λαίμοι 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, 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**.

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 πτερωτής. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται όλα τα πτερύγια της πτερωτής να λειτουργούν ομοιόμορφα. Ευκολότερος είναι ο σωστός σχεδιασμός του τμήματος εισόδου σε ορισμένους τύπους αντλιών, όπως στις μονοβάθμιες αντλίες με την πτερωτή 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 πτερωτής, 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 πτερωτής. 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 διανομής εισόδου επιτυγχάνουμε την επιθυμητή επιταχυνόμενη ροή στο τμήμα εισόδου. Στις αντλίες που έχουν πτερωτή διπλής αναρρόφησης το τμήμα εισόδου είναι συμμετρικό και διαμοιράζει τη ροή σε δύο ίσα μέρη με συνέπεια η τροφοδοσία κάθε μιας εισόδου της πτερωτής να γίνεται από ένα ημισπειροειδές κέλυφος όπως και στις πολυβάθμιες αντλίες.

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 πτερωτής (που εντάσσεται στο τμήμα εισόδου) το ρευστό έχει μια αρκετά μεγάλη ταχύτητα που είναι συνάρτηση μιας σειράς παραμέτρων (τύπος πτερωτής, 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).

Το 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 αξονοισομετρικό χώρο που αποτελεί νοητή προέκταση των αξονοισομετρικών επιφανειών των δίσκων της πτερωτής - είναι σπειροειδής καμπύλη. Αν οι προεκτάσεις των αξονοισομετρικών 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.

Το τμήμα εξόδου, όμως, μπορεί εναλλακτικά 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 πτερωτή. Τα πτερύγια της στεφάνης επιτυγχάνουν σε μικρή σχετικά



ακτινική απόσταση την επιθυμητή επιβράδυνση της ταχύτητας που έχει το ρευστό στην έξοδο της πτερωτής. 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 πτερωτής 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.

### 2.2.2 Η ΠΤΕΡΩΤΗ

Για το σχεδιασμό της πτερωτής **δύο** είναι τα καθοριστικά σημεία. Το πρώτο είναι ο υπολογισμός της **γωνίας κλίσης των πτερυγίων** στη διατομή εξόδου της πτερωτής και το δεύτερο είναι ο **καθορισμός του αριθμού των πτερυγίων** της πτερωτής. 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 πτερωτής αλλά και της αντλίας συνολικά. Το πλήθος των πτερυγίων της πτερωτής με βάση τη θεωρία των φυγοκεντρικών αντλιών συνδέεται άμεσα με το βαθμό απόδοσης της πτερωτής και κατ' επέκταση και της αντλίας καθώς όσο περισσότερα είναι τα πτερύγια τόσο μεγαλύτερος είναι ο βαθμός απόδοσης. Ωστόσο ο ιδεατός βαθμός απόδοσης της πτερωτής 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 πτερυγίων 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 πτερυγίων να υπολογίζεται ένας βέλτιστος αριθμός πτερυγίων, ώστε να βελτιστοποιείται το γινόμενο  $\eta_1 \cdot \eta_2$ , όπου  $\eta_1$  είναι ο ιδεατός βαθμός απόδοσης της πτερωτής και  $\eta_2$  ο υδραυλικός βαθμός απόδοσης της αντλίας.

### 2.2.3 ΔΑΚΤΥΛΙΟΙ ΦΘΟΡΑΣ (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 πτερωτής. 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 πτερωτής.

### 2.2.4 ΑΤΡΑΚΤΟΣ

Η άτρακτος μεταφέρει τη ροπή στρέψης από τον κινητήρα προς την πτερωτή ή τις πτερωτές. 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 πτερωτή παραλαμβάνει επίσης εκτός από τη μηχανική ροπή αντίστασης και αντιστάσεις «υδραυλικής προέλευσης» που προέρχονται από τις αξονικές και ακτινικές δυνάμεις που αναπτύσσονται στην/στις πτερωτές 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 άτρακτου πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και η ελαστικότητά της. Στόχος μας είναι να έχουμε κατά τη λειτουργία μικρή κλίση και βέλος κάμψης της άτρακτου για να μην επηρεάζεται η λειτουργία του πλήθους των συνδεδεμένων με αυτήν εξαρτημάτων. Παράλληλα πρέπει να μελετηθεί η ιδιοσυχνότητα του μηχανικού υποσυστήματος άτρακτος-πτερωτή ώστε να μην συμπίσει με την ιδιοσυχνότητα του συνολικού στρεφόμενου συστήματος και προκληθούν έτσι αυξημένες καταπονήσεις και συνεπώς ανεπιθύμητα μεγάλες παραμορφώσεις στην άτρακτο κατά τη λειτουργία.

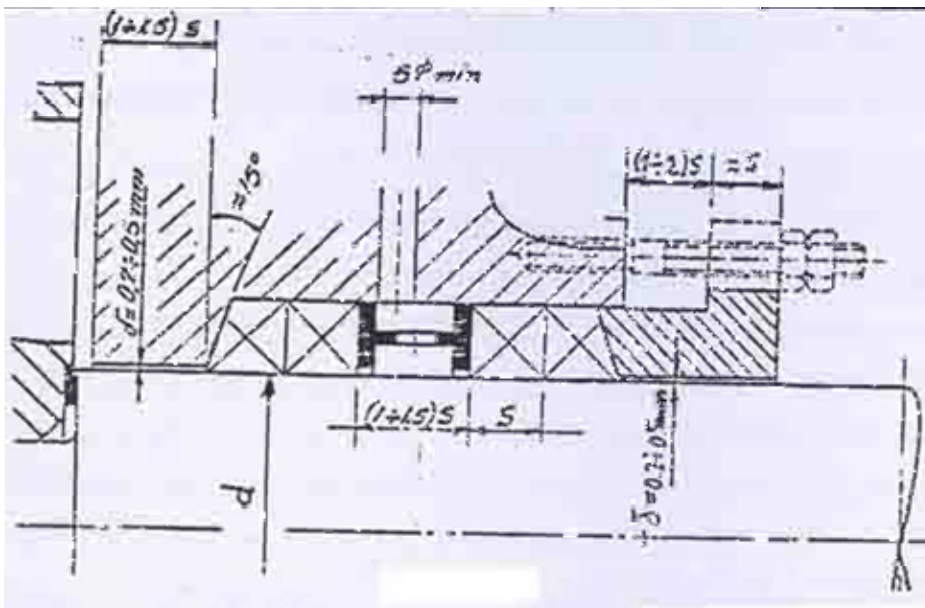
### 2.2.5 ΣΤΥΠΙΟΘΛΙΠΤΕΣ

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 (στυπιοθλίπτες) και τα έδρανα στήριξης. Σκοπός των στυπιοθλιπτών 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 αναρρόφησης της αντλίας είναι σημαντικό οπότε κατά την εκκίνηση της , η στατική πίεση στο σημείο εξόδου της ατράκτου πέσει κάτω από την ατμοσφαιρική , σκοπός του στυπιοθλίπτη είναι να εμποδίσει την είσοδο αέρα από το περιβάλλον , αλλιώς η εκκίνηση της αντλίας γίνεται προβληματική.

Διακρίνουμε δυο είδη στυπιοθλιπτών:

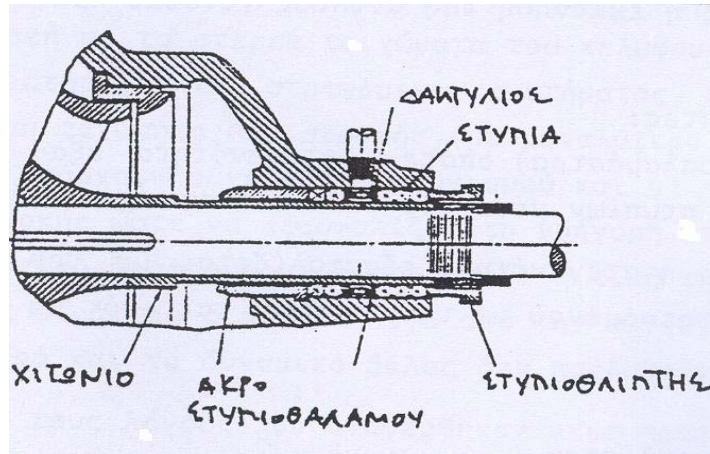
- Τους συμβατικούς με στυπία (σαλαμάστρες) οπότε η στεγανότητα εξασφαλίζεται από τη συμπίεση των στυπιών μέσω του στυπιοθλίπτη,
- Τους μηχανικούς στους οποίους η στεγανότητα εξασφαλίζεται με την επαφή δυο λείων δίσκων, ενός στρεφόμενου με την άτρακτο και ενός μη στρεφόμενου.

Με τον όρο **συμβατικοί στυπιοθλίπτες** εννοείται το σύστημα που αποτελείται από τα εξής συνεργαζόμενα εξαρτήματα και το οποίο φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



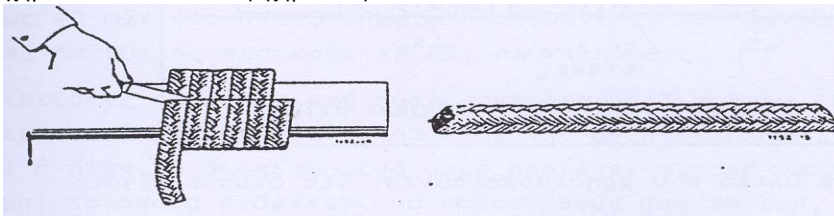
Σχ2.2 Λεπτομέρεια συμβατικού στυπιοθλίπτη

Στο σταθερό κέλυφος της αντλίας και συγκεκριμένα στο πίσω κάλυμμα διαμορφώνεται κυλινδρικός θάλαμος, ο στυπιοθλίπτης, ομοαξονικός με την άτρακτο της περρωτής. Στον κυλινδρικό χώρο μεταξύ ατράκτου και στυπιοθαλάμου τοποθετείται ένας ορισμένος αριθμός δακτυλίων στυπιών (σαλαμάστρα) τα οποία συμπιέζονται από το στυπιοθλίπτη , εξάρτημα μορφής εμβόλου. Η συμπίεση και κατά τον άξονα συγκράτηση του στυπιοθλίπτη επιτυγχάνεται από δυο συνήθως αντιδιαμετρικά περικόχλια που βιδώνονται σε κοχλίες φυτευτούς στο ακίνητο σώμα της αντλίας. Με τη συμπίεση των στυπιών αυτά εκτονώνονται, πληρούν το χώρο του στυπιοθαλάμου και εξασφαλίζουν τη στεγανότητα. Το άκρο του στυπιοθαλάμου διαμορφώνεται συνήθως στο σταθερό σώμα της αντλίας ή σχηματίζεται από ανεξάρτητο (σχήμα 2.3) που στερεώνεται στο σώμα της αντλίας.



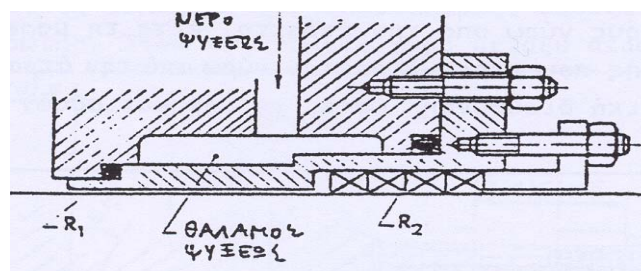
Σχ.2.3 Στυπιοθλίπτης

Τα στυπία έχουν είτε τη μορφή δακτυλίων με εγκοπή (για να είναι δυνατή η τοποθέτησή τους γύρω από την άτρακτο) είτε τη μορφή πλεξίδας τετραγωνικής διατομής που περιτυλίσσεται γύρω από την άτρακτο και κόβεται κατά την αξονική διεύθυνση ώστε να σχηματιστούν δακτύλιοι (σχήμα 2.4).



Σχ.2.4 Στυπία (σαλαμάστρα)

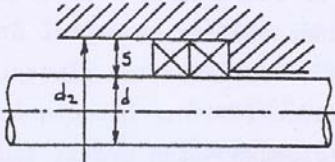
Η τελευταία αυτή μορφή είναι και η συνηθέστερη. Το υλικό των στυπιών δηλαδή οι ίνες της πλεξίδας πρέπει να έχει ελαστικότητα ώστε με τη συμπίεση να πληροί το χώρο του στυπιοθαλάμου, χαμηλό συντελεστή τριβής και δυνατότητα απορρόφησης της ενέργειας που δημιουργείται από την τριβή τους με τη στρεφόμενη άτρακτο. Με σκοπό την απαγωγή της ενέργειας που δημιουργείται ο στυπιοθλίπτης συμπιέζει στυπία τόσο ώστε κατά τη λειτουργία της αντλίας να διέρχονται με σταθερό ρυθμό μερικές σταγόνες υγρού. Στην περίπτωση που το διακινούμενο υγρό έχει ήδη πολύ υψηλή θερμοκρασία, γύρω από το στυπιοθάλαμο και στο σώμα της αντλίας διαμορφώνεται χιτώνιο ψύξης μέσω του οποίου διακινείται κρύο νερό (σχήμα 2.5)



Σχ.2.5 Λεπτομέρεια στυπιοθλίπτη όπου διαφαίνεται ο θάλαμος ψύξης

Τα συνηθέστερα υλικά που χρησιμοποιούνται για στυπία είναι :

- **Αμίαντος** : διατίθενται με τη μορφή πλεκτού κορδονιού από ίνες αμιάντου. Είναι κατάλληλο για μεγάλη περιοχή θερμοκρασιών και για τη συνήθη περιοχή πιέσεων. Για τη μείωση του συντελεστή τριβής με τη στρεφόμενη άτρακτο, το υλικό έχει λιπανθεί με αδρανές λάδι λίπανσης ή γραφίτη.
- **Μέταλλο** : διατίθεται με τη μορφή σπείρας και αποτελείται από λεπτά ελάσματα επιγραφωμένα ή λιπαινόμενα με αδρανές λάδι. Ο πυρήνας της τετραγωνικής διατομής είναι από αμίαντο ή πλαστικό. Το υλικό των ελασμάτων είναι συνήθως αλουμίνιο, χαλκός ή αντιτριβικό μέταλλο. Χρησιμοποιούνται για μέσες και υψηλές πιέσεις και υψηλές θερμοκρασίες.

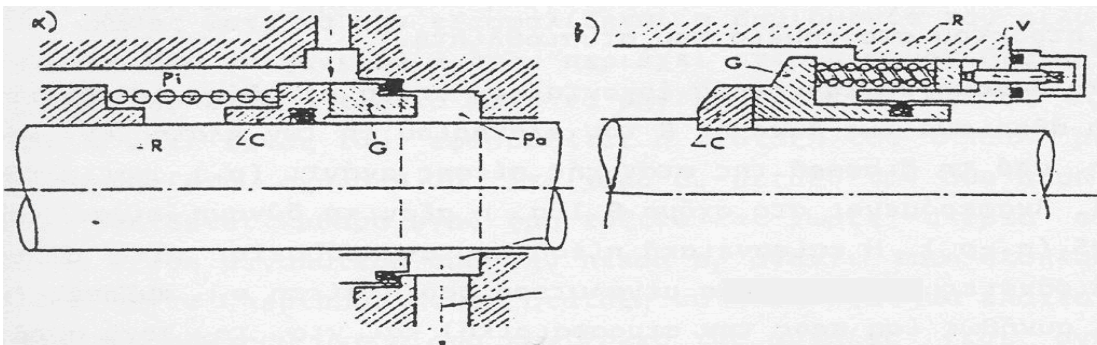


$i$ (mm)	$d_2$ (mm)	$s$ (mm)	$d$ (mm)	$d_2$ (mm)	$s$ (mm)
18	34	8	38	58	10
20	36	8	40	60	10
22	38	8	45	65	10
25	41	8	50	70	10
28	44	8	55	75	10
30	46	8	60	85	12.5
32	48	8	65	90	12.5
35	51	8			

Σχ.2.6 ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΩΝ ΤΙΜΩΝ ΣΤΥΠΙΩΝ

Η διάσταση  $s$  στυπίων επιλέγεται συναρτήσει της διαμέτρου  $d$  της ατράκτου στο σημείο αυτό. Ο αριθμός των δακτυλίων των στυπίων είναι 4-5 για ολικό ύψος της αντλίας ως 40 μέτρα και συνήθως προστίθεται ένας δακτύλιος για κάθε 15 μέτρα.

Οι **μηχανικοί στυπιοθλίπτες** αναπτύχθηκαν αρχικά για να καλύψουν ειδικές εφαρμογές όπου λόγω των συνθηκών λειτουργίας (θερμοκρασία, πίεση, περιφερειακή ταχύτητα, υγρό διαλυτικό) οι συμβατικοί στυπιοθλίπτες δεν αποτελούσαν αξιόπιστη λύση. Αν και έχουν αναπτυχθεί διάφοροι τύποι μηχανικών στυπιοθλιπτών, η αρχή λειτουργίας τους είναι ίδια : οι επιφάνειες μεταξύ των οποίων επιτυγχάνεται η στεγανότητα είναι ακτινικές, κάθετες προς τον άξονα περιστροφής (σε αντίθεση με τους συμβατικούς που είναι αξονικές, κυλινδρικές επιφάνειες). Συνήθως πρόκειται για δυο δακτυλιοειδείς επιφάνειες, με πολύ υψηλό βαθμό λείανσης οι οποίες έρχονται σε επαφή ενώ μεταξύ τους παρεμβάλλεται πολύ λεπτό φιλμ του αντλούμενου υγρού. Από τις δυο σε επαφή επιφάνειες η μια είναι προσαρμοσμένη στην άτρακτο και περιστρέφεται μαζί της ενώ η άλλη είναι μη περιστρεφόμενη. Οι δυο επιφάνειες έρχονται σε συνεχή επαφή μέσω αξονικού ελατηρίου που επενεργεί σε μια από τις δυο επιφάνειες και η οποία έχει δυνατότητα αξονικής μετατόπισης. Στο σχήμα δίνονται δυο τυπικές διατάξεις μηχανικών στυπιοθλιπτών.



Σχ.2.6 Τυπικές διατάξεις μηχανικών στυπιοθλιπτών με:  
α) αγωγό ψύξης για το στυπιοθλίπτη και β) Χωρίς αγωγό ψύξης.

Βασικό στοιχείο για την ομαλή λειτουργία του μηχανικού στυπιοθλίπτη είναι ο σχηματισμός του λεπτού φιλμ υγρού μεταξύ των επιφανειών. Παρά την υψηλή λείανση των επιφανειών αναπτύσσεται θερμότητα λόγω τριβής την οποία παραλαμβάνει το υγρό που ευρίσκεται μεταξύ των επιφανειών και το οποίο ατμοποιείται μερικώς. Το εξατμιζόμενο υγρό αποτελεί τις απώλειες του μηχανικού στυπιοθλίπτη και οι οποίες αντιστοιχούν σε απώλεια παροχής 1000 τουλάχιστον φορές μικρότερη από την αντίστοιχη του συμβατικού στυπιοθλίπτη. Στην περίπτωση που μεταξύ των επιφανειών δεν σχηματιστεί φιλμ υγρού που εξασφαλίζει τη λίπανση και την ψύξη, η φθορά των δυο επιφανειών είναι ραγδαία και για το λόγο αυτό οι μηχανικοί στυπιοθλίπτες δεν λειτουργούν (ικανοποιητικά) στην περίπτωση αέρα ή υδρατμού. Αν η θερμοκρασία του αντλούμενου υγρού είναι υψηλή (πάνω από 170 °C) οι δυο επιφάνειες ψύχονται με την προσαγωγή ψυχρού υγρού μέσω ανεξάρτητου αγωγού (σχήμα α προηγούμενης εικόνας). Όταν η περιφερειακή ταχύτητα στη θέση του ελατηρίου είναι ψηλή και με το σκεπτικό να μην υπόκειται το αξονικό ελατήριο σε φυγόκεντρες δυνάμεις, προτιμάται η διάταξη α του προηγούμενου σχήματος όπου υπάρχουν περισσότερα ελατήρια διατεταγμένα κατά την περιφέρεια και τα οποία επενεργούν στη μη στρεφόμενη επιφάνεια.

Από την περιγραφή της αρχής λειτουργίας του μηχανικού στυπιοθλίπτη που προηγήθηκε είναι φανερό ότι η ικανοποιητική λειτουργία του προϋποθέτει την πολύ καλή κατασκευή, κατεργασία και λειτουργία του στρεφόμενου τμήματος της αντλίας και ιδιαίτερα μηδενική κλίση της ελαστικής γραμμής της ατράκτου στο σημείο του στυπιοθλίπτη.

Οι δακτύλιοι μεταξύ των οποίων εξασφαλίζεται η στεγανότητα , στις επιφάνειες που έρχονται σε επαφή , υπόκεινται σε επιφανειακή καταρραγία για αυξημένη σκληρότητα και λείανση. Το υλικό των επιφανειών αυτών επιλέγεται ανάλογα με τις συνθήκες λειτουργίας και το διακινούμενο υγρό. Πρόκειται συνήθως για χρώμιο-νικελιούχο χάλυβα στην περίπτωση ουδέτερων υγρών , για νικελιούχο χάλυβα στην περίπτωση παραγωγών πετρελαίου ή για κεραμικά υλικά.

Οι μηχανικοί στυπιοθλίπτες κατασκευάζονται σε τυποποιημένα μεγέθη και τύπους από ειδικευμένες εταιρίες, οπότε για τη μελέτη και κατασκευή μιας αντλίας για συγκεκριμένη χρήση πρέπει ο μελετητής να συμβουλευτεί τους κατασκευαστές των μηχανικών στυπιοθλιπτών.

Η εγκατάσταση μηχανικού στυπιοθλίπτη αυξάνει το κόστος και τις κατασκευαστικές απαιτήσεις της αντλίας, γι αυτό χρησιμοποιούνται συνήθως μόνο όταν οι συμβατικοί στυπιοθλίπτες δεν μπορούν να αποτελέσουν αξιόπιστη λύση για μια συγκεκριμένη εφαρμογή. Ένα άλλο πλεονέκτημα που είναι υπέρ των συμβατικών στυπιοθλιπτών είναι η ευκολία αντικατάστασης των στυπίων σε περίπτωση φθοράς και η οποία φθορά γίνεται σταδιακά και όχι εντελώς ξαφνικά όπως συμβαίνει στην περίπτωση των μηχανικών στυπιοθλιπτών.

### 2.2.6 ΕΔΡΑΝΑ

Σκοπός των εδράνων είναι η στήριξη της ατράκτου τόσο κατά την αξονική όσο και κατά την ακτινική διεύθυνση ώστε να εξασφαλίζεται η λειτουργία της πτερωτής. Για να επιτευχθεί αυτό θα πρέπει τα έδρανα να είναι ικανά να παραλάβουν και να μεταφέρουν στο στερεό σώμα της αντλίας τις ακτινικές και αξονικές δυνάμεις που αναπτύσσονται στην πτερωτή, στο σημείο μετάδοσης της κίνησης και το ίδιο βάρος της ατράκτου. Στη γενική περίπτωση η άτρακτος των αντλιών έχει δυο έδρανα οπότε οι δυνάμεις που αναπτύσσονται σ αυτά προκύπτουν από την ισορροπία των εξωτερικών δυνάμεων , σύμφωνα με τη μηχανική του στερεού σώματος. Εξαιρέση στο γενικό κανόνα αποτελεί η άτρακτος των κατακόρυφων αντλιών βαθέων φρεάτων , στα οποία η άτρακτος, λόγω του μήκους της , εδράζεται σε περισσότερες από δυο τριβείς , οπότε η ανάλυση των δυνάμεων είναι υπερστατική.

Τα έδρανα των ατράκτων των αντλιών μπορεί να είναι τύπου ολίσθησης ή κύλισης (ρουλεμάν). Στις τυποποιημένες αντλίες ή αντλίες γενικής χρήσης τα έδρανα είναι τύπου κύλισης δεδομένου ότι υπάρχουν στο εμπόριο τυποποιημένα έδρανα κύλισης όλων των τύπων και μεγεθών. Σε σύγκριση με τα έδρανα ολίσθησης , τα ρουλεμάν έχουν 25-50% μικρότερες απώλειες , απαιτούν μικρότερες διαστάσεις και εξασφαλίζουν λειτουργία με μικρότερες ανοχές. Χάρη στα πλεονεκτήματα αυτά και πάρα το ότι το κόστος τους είναι μεγαλύτερο από τα αντίστοιχα έδρανα ολίσθησης , στις τυποποιημένες αντλίες χρησιμοποιούνται σχεδόν αποκλειστικά έδρανα κύλισης(ρουλεμάν).

Τα έδρανα τοποθετούνται σε κατάλληλα διαμορφωμένες υποδοχές στο ακίνητο σώμα της αντλίας οι οποίες έχουν συγχρόνως το ρόλο του δοχείου(ελαιολεκάνης) που περιέχει το λιπαντικό το απαραίτητο για τη λειτουργία και ψύξη του εδράνου. Στις αντλίες όπου η άτρακτος στηρίζεται σε πρόβολο, η ελαιολεκάνη είναι κοινή και για τα δυο έδρανα.

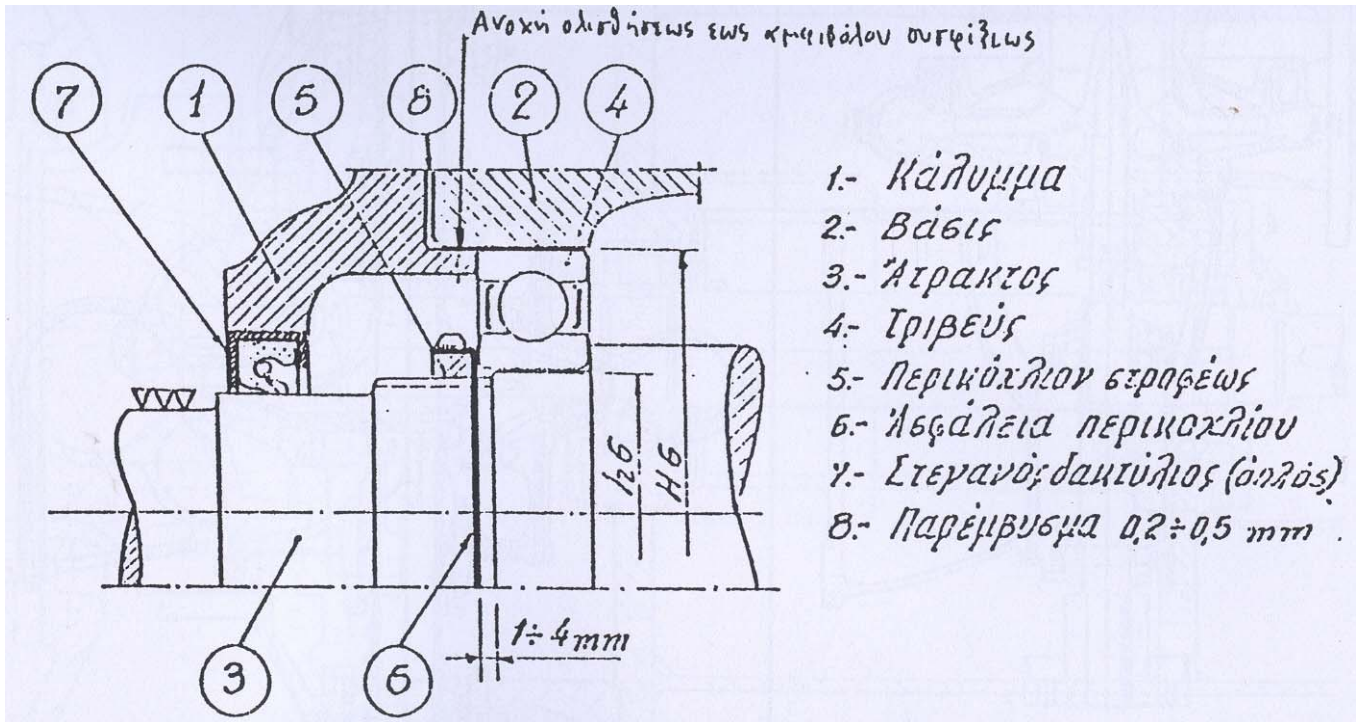
Η θερμότητα που παράγεται κατά τη λειτουργία του εδράνου απάγεται συνήθως στο περιβάλλον με μορφή ακτινοβολίας. Σε περιπτώσεις ιδιαίτερα δύσκολες όπου η φόρτιση του εδράνου είναι σημαντική προβλέπεται ιδιαίτερο σύστημα ψύξης του είτε με τη συνεχή κυκλοφορία και ψύξη ελαίου λίπανσης είτε με τη διαμόρφωση χιτωνίου ή σερπαντίνας ψύξης μέσα από τα οποία κυκλοφορεί το υγρό ψύξης.

Ένα από τα έδρανα της ατράκτου (στις ατράκτους που είναι σε πρόβολο αυτό που βρίσκεται προς το μέρος της πτερωτής ) πρέπει να παραλαμβάνει την αξονική δύναμη που αναπτύσσεται στην πτερωτή , σε όλες τις συνθήκες λειτουργίας της. Ακόμα και στις αντλίες διπλής αναρρόφησης ή σε άλλες διατάξεις όπου θεωρητικά η αξονική δύναμη είναι μηδενική, ένα από τα έδρανα προβλέπεται να μπορεί να παραλάβει αξονικά φορτία και προς τις δυο κατευθύνσεις. Τα φορτία αυτά είναι δυνατόν να αναπτυχθούν λόγω μη απόλυτης συμμετρίας στη λειτουργία της πτερωτής διπλής αναρρόφησης ως αποτέλεσμα κατασκευαστικών ασυμμετριών.

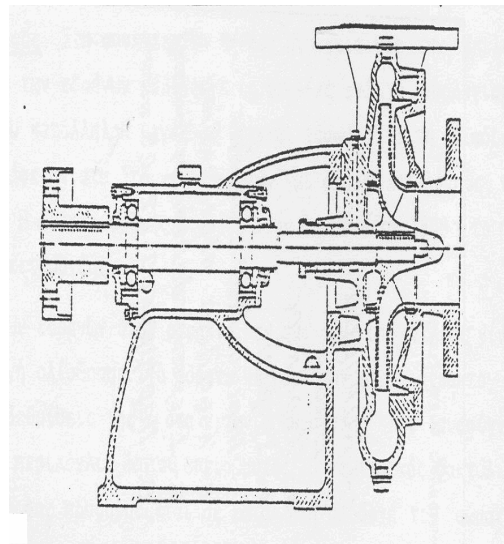
#### 2.2.6.1 ΕΔΡΑΝΑ ΚΥΛΙΣΗΣ

Στη συνέχεια θα δοθούν στοιχεία για την επιλογή και τοποθέτηση των εδράνων κύλισης στις αντλίες ενώ ο υπολογισμός και επιλογή του κατάλληλου μεγέθους γίνεται σύμφωνα με τη διαδικασία που στα στοιχεία μηχανών και στους καταλόγους των κατασκευαστών. Η διάρκεια ζωής του ρουλεμάν λαμβάνεται 1500 ή το πολύ 3000 ώρες λειτουργίας. Η τοποθέτηση των εδράνων στην άτρακτο και στο σώμα της αντλίας γίνεται με συναρμογή ολίσθησης. Τα έδρανα τερματίζουν στην άτρακτο σε κατάλληλες διαβαθμίσεις της ή στα χιτώνια απόστασης και συσφίγγονται με ειδικά περικόχλια λεπτού σπειρώματος. Ο εξωτερικός δακτύλιος των εδράνων κύλισης προσαρμόζεται σε κατάλληλη υποδοχή του σώματος της αντλίας και στην εξωτερική πλευρά τοποθετείται κάλυμμα που στερεώνεται με κοχλίες , σκοπός του οποίου είναι η εμπόδιση της αξονικής μετακίνησης του εδράνου και της ατράκτου, αφού ληφθεί πρόβλεψη για αξονική ελευθερία της τάξης των 0,15-0,30 mm και για τις θερμικές διαστολές της ατράκτου. Η στεγανότητα της ελαιολεκάνης κατά το ακτινικό διάκενο μεταξύ ατράκτου και καλύμματος εξασφαλίζεται με δακτύλιο στεγανότητας σκοπός του οποίου είναι να αποκλείει τη διαφυγή ελαίου από την ελαιολεκάνη προς τον εξωτερικό χώρο. Συνήθως η απομονωτική ικανότητα των δακτυλίων δεν είναι αμφίδρομη οπότε δεν εξασφαλίζεται η εισχώρηση άλλου υγρού στο εσωτερικό της ελαιολεκάνης, πχ από την πλευρά του στυπιοθλίπτη. Για να αποφευχθεί η δυνατότητα αυτή τοποθετείται πολλές φορές στην άτρακτο μεταξύ του στυπιοθλίπτη και του πρώτου εδράνου , μικρός δίσκος από πλαστικό υλικό ή τοποθετούνται διπλοί στεγανοί δακτύλιοι που να εξασφαλίζουν τη στεγανότητα και προς τις δυο διευθύνσεις.

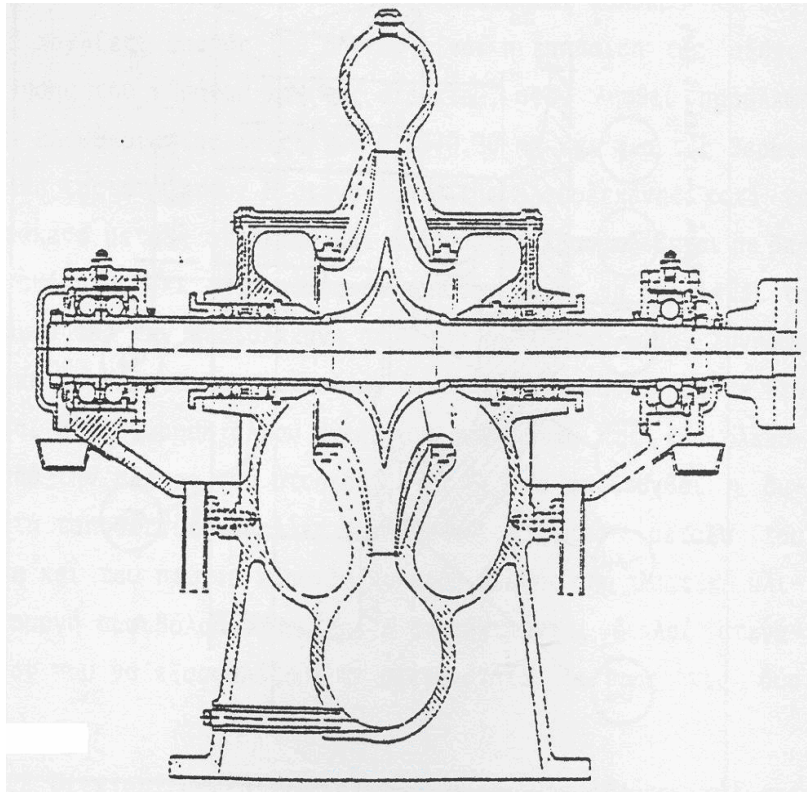




Σχ.2.7 Τυπική λεπτομέρεια συναρμογής εδράνου κύλισης



Σχ.2.8 Παράδειγμα έδρασης ατράκτου αντλίας με έδρανα κύλισης σε μικρή αντλία με πτερωτή και πρόβολό

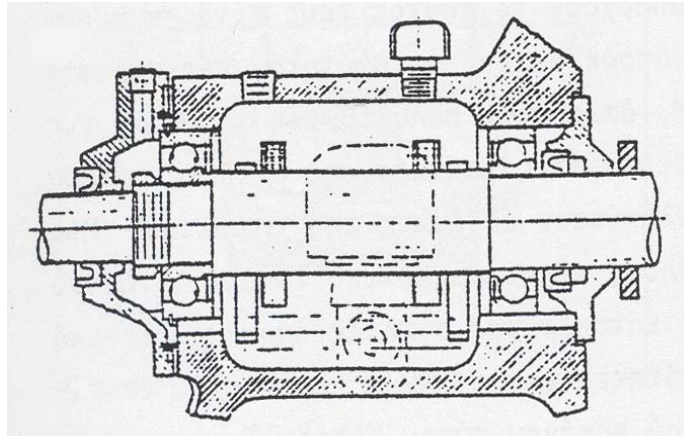


Σχ.2.9 Παράδειγμα έδρασης ατράκτου αντλίας με έδρανα κύλισης σε αντλία διπλής αναρρόφησης

Στις μικρού μεγέθους αντλίες όπου οι αναπτυσσόμενες δυνάμεις δεν είναι μεγάλες, χρησιμοποιούνται δακτυλιοειδή έδρανα αυλακών, συνήθως τα ίδια και για τις δυο εδράσεις της ατράκτου (για λόγους ευκολίας στην κατασκευή και συντήρηση), δεδομένου ότι τα έδρανα αυτά μπορούν και παραλαμβάνουν σημαντική αξονική δύναμη και προς τις δυο διευθύνσεις.

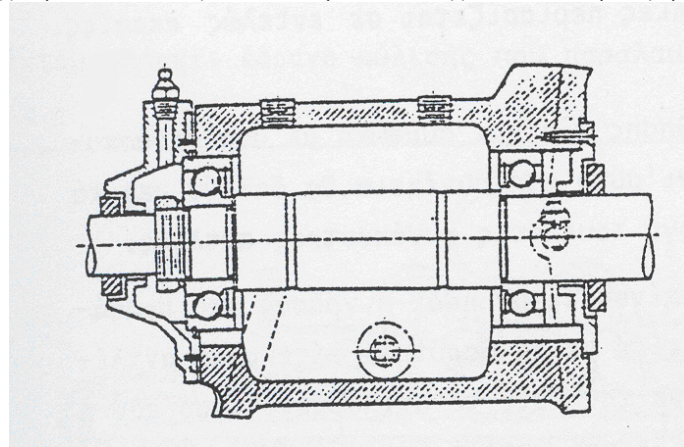
Στις αντλίες μεγάλου μεγέθους και στις κατακόρυφες αντλίες, όπου η αξονική δύναμη είναι σημαντική, τα δυο έδρανα κύλισης της ατράκτου είναι διαφορετικά. Αυτό που παραλαμβάνει την αξονική δύναμη είναι συνήθως διπλό δακτυλιοειδές ένσφαιρο αυλακών ή διπλό δακτυλιοειδές ένσφαιρο λοξό. Το δεύτερο έδρανο παραλαμβάνει μόνο ακτινικά φορτία και είναι συνήθως δακτυλιοειδές, ένσφαιρο ή κυλινδρικό, ταλαντευόμενο ώστε να παρακολουθεί την κλίση ή τις ταλαντώσεις της ατράκτου. Στο παρακάτω σχήμα δίνεται η τομή αντλίας διπλής αναρρόφησης στην οποία τα ακτινικά φορτία παραλαμβάνονται από δυο ταυτόσημα διπλά ένσφαιρα ταλαντευόμενα έδρανα κύλισης ενώ η αξονική δύναμη που πιθανόν να αναπτυχθεί παραλαμβάνεται από ένα ένσφαιρο δακτυλιοειδές έδρανο αυλακών.

Η λίπανση των εδράνων κύλισης γίνεται, είτε με λάδι είτε με γράσο, ανάλογα με τις συνθήκες λειτουργίας και την εφαρμογή. Στις υψηλές ταχύτητες περιστροφής, πάνω από 3600 RPM, καταλληλότερο λιπαντικό είναι το λάδι. Η στάθμη του λαδιού πρέπει να διατηρείται στο κέντρο περίπου της χαμηλότερα ευρισκόμενης σφαίρας ή κυλίνδρου του εδράνου, ενώ συχνά η ανακυκλοφορία του διευκολύνεται από δακτύλιο. Στα σχήματα 2.10 και 2.11 που ακολουθούν δίνεται τομή έδρασης ατράκτου αντλίας όπου τα έδρανα κύλισης λιπαίνονται με λάδι (σχήμα 2.10) ή με γράσο (σχήμα 2.11). Στο πρώτο διακρίνονται οι δακτύλιοι ανακυκλοφορίας του λαδιού και με διακεκομμένη ο μηχανισμός που διατηρεί σταθερή τη στάθμη του στο ελαιοδοχείο, ενώ στο δεύτερο (σχήμα 2.11) τους γρασαδόρους από όπου προστίθεται το γράσο.



Σχ.2.10

Τομή έδρασης ατράκτου αντλίας όπου τα έδρανα κύλισης λιπαίνονται με την βοήθεια λαδιού



Σχ.2.11

Τομή έδρασης ατράκτου αντλίας όπου τα έδρανα κύλισης λιπαίνονται με την βοήθεια γράσσου.

Στην περίπτωση λίπανσης με γράσο, η ποσότητα του γράσσου που τοποθετείται πρέπει να αντιστοιχεί στο 1/3 περίπου του κενού διατιθέμενου χώρου ώστε να εξασφαλίζεται η κυκλοφορία του. Τα τελευταία χρόνια και στις τυποποιημένες αντλίες χρησιμοποιούνται στεγανά έδρανα κύλισης στα οποία έχει τοποθετηθεί κατά την κατασκευή τους η κατάλληλη ποσότητα λιπαντικού η οποία έχει προβλεφθεί για τη διάρκεια ζωής του εδράνου. Στις αντλίες κατακόρυφου άξονα είναι προτιμητέα η χρησιμοποίηση εδράνων κύλισης λιπανόμενων με γράσο δεδομένου ότι είναι τότε ευκολότερη η εξασφάλιση των διαρροών του λιπαντικού λαμβάνοντας υπόψη το μεγαλύτερο ιξώδες του γράσσου έναντι του λαδιού.

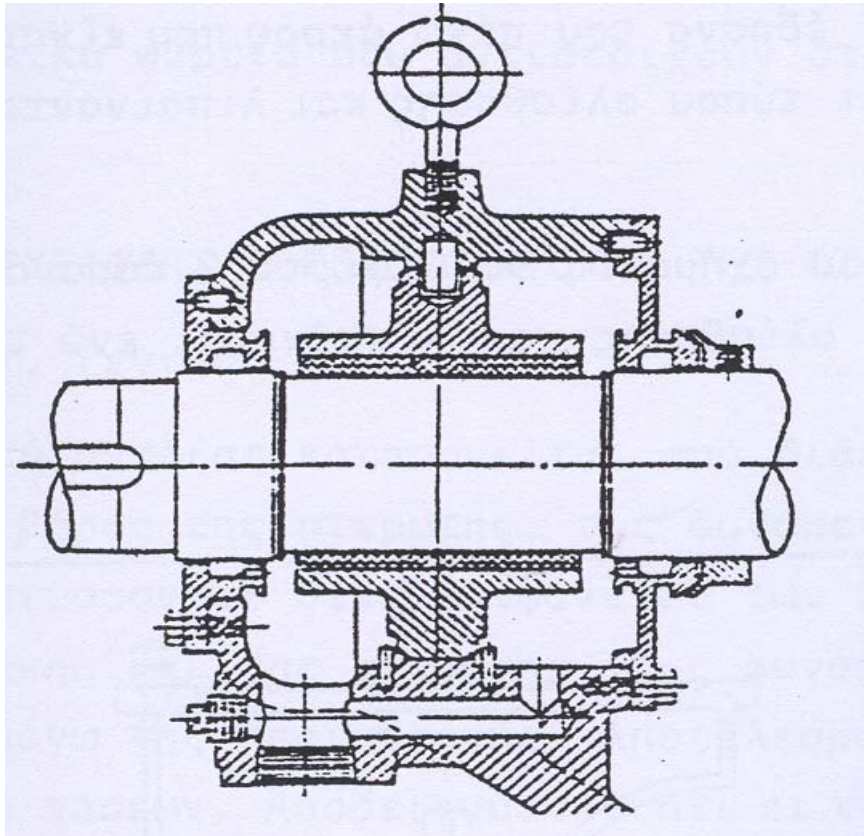
#### 2.2.6.2 ΕΔΡΑΝΑ ΟΛΙΣΘΗΣΗΣ

Αν και στις αντλίες κατά μεγάλο ποσοστό χρησιμοποιούνται έδρανα κύλισης, σε ειδικές περιπτώσεις τα έδρανα ολίσθησης είναι προτιμητέα. Τέτοιες περιπτώσεις είναι οι αντλίες ιδιαίτερα μεγάλου μεγέθους όπου δεν υπάρχουν τυποποιημένα ή διαθέσιμα στο εμπόριο έδρανα κύλισης (ή όταν υπάρχουν το κόστος τους είναι πάρα πολύ υψηλό), όταν η διάμετρος της ατράκτου και η ταχύτητα περιστροφής της είναι υψηλή ( $n=3600-9000$  RPM, όπως στις πολυβάθμιες αντλίες τις τροφοδοτικές ατμολεβήτων) και τέλος στις κατακόρυφες αντλίες βαθέων φρεάτων, για τις ενδιάμεσες τουλάχιστον εδράσεις της ατράκτου. Μία άλλη εφαρμογή των εδράνων ολίσθησης είναι Το ωστικό έδρανο (έδρανο Mitchell) στις μεγάλου μεγέθους κατακόρυφες αντλίες όπου η αξονική δύναμη και οι περιφερειακές ταχύτητες είναι υψηλές, θα πρέπει να σημειωθεί ότι το κόστος του ωστικού εδράνου τύπου Mitchell είναι πολύ υψηλό και η εφαρμογή του σε αντλίες περιορίζεται σε εντελώς ακραίες περιπτώσεις.

Ο υπολογισμός των εδράνων ολίσθησης γίνεται σύμφωνα με όσα διδάσκονται στα Στοιχεία Μηχανών και γι' αυτό στη συνέχεια θα δοθούν μερικά στοιχεία που αφορούν την εφαρμογή τους στις φυγοκεντρικές αντλίες.

Συνήθως τα έδρανα ολίσθησης λιπαίνονται με λάδι ή γράσο που προσάγεται μέσω ειδικών σωληνώσεων, είτε με τη βαρύτητα είτε μέσω αντλίας θετικής μετατόπισης ή τέλος με τον ίδιο το αντλούμενο υγρό εάν η θερμοκρασία του είναι χαμηλή και είναι απαλλαγμένο αιωρούμενων στερεών. Το υλικό των εδράνων είναι συνήθως αντιτριβικό μέταλλο, διαμορφώνεται σε χιτώνιο που εδράζεται σε βάση, συνήθως από χυτοσίδηρο. Τα έδρανα ατράκτων μεγάλης διαμέτρου είναι ταλαντευόμενου τύπου ώστε να μπορούν να επιτρέπουν μικρές κλίσεις της ατράκτου (παρακάτω σχήμα).





ΣΧ.2.12 Έδραση ατράκτου με ταλαντευόμενα έδρανα

Πολύ σπάνια χρησιμοποιούνται έδρανα ολίσθησης σε φυγόκεντρες αντλίες με την πτερωτή σε πρόβολο. Αντίθετα συναντώνται συχνά περιπτώσεις συνεργασίας εδράνων κύλισης με έδρανα ολίσθησης στην ίδια άτρακτο.

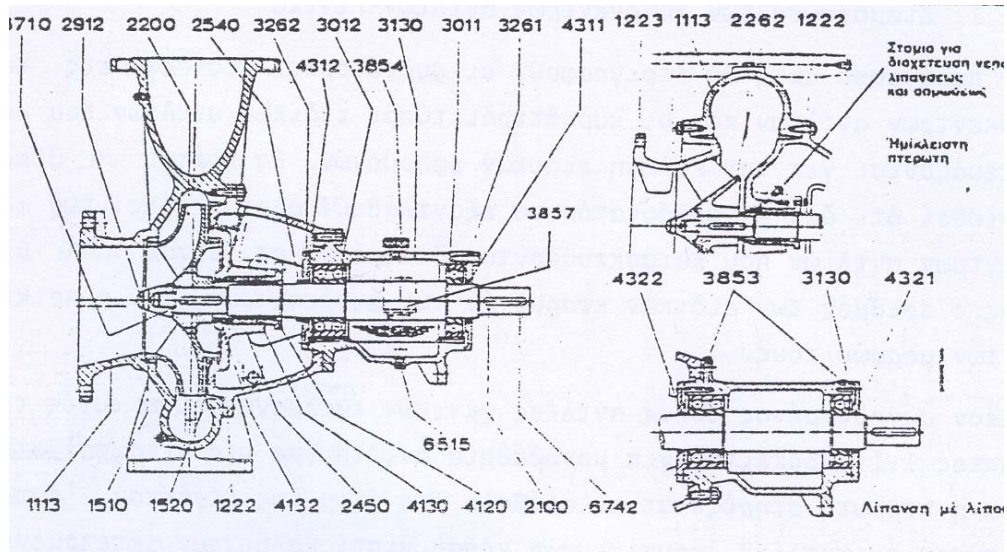
Στις περιπτώσεις αυτές τα έδρανα κύλισης χρησιμοποιούνται για να παραλαμβάνουν τις αξονικές δυνάμεις ενώ τα έδρανα ολίσθησης μόνο τις ακτινικές.

## 2.3 ΤΥΠΟΙ ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ

### 2.3.1. ΜΟΝΟΒΑΘΜΙΕΣ ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ

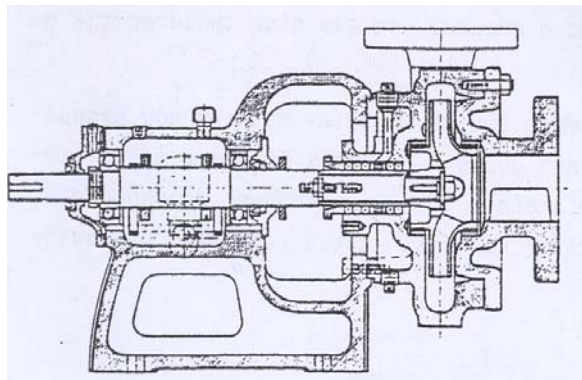
Ο πλέον συνηθισμένος τύπος αντλίας γενικών εφαρμογών είναι αυτός του σχήματος 2.13. Πρόκειται για μονοβάθμια αντλία (με μια πτερωτή) στην οποία η πτερωτή στηρίζεται σε πρόβολο στο άκρο της ατράκτου. Αυτού του τύπου οι αντλίες έχουν μεγάλη χρήση γιατί καλύπτουν εκτεταμένες τεχνικές εφαρμογές (ύδρευση, άρδευση, κυκλοφορία υγρών σε βιομηχανίες κλπ.). Όλοι σχεδόν οι κατασκευαστές αντλιών κατασκευάζουν πλήρεις σειρές τυποποιημένων αντλιών αυτού του τύπου για ταχύτητα περιστροφής  $n=1450$  ως  $n=2900$  RPM που καλύπτουν την περιοχή παροχών από 6 ως 500 κυβικά μέτρα ανά ώρα και ολικών υψών από 15 ως 80 μέτρα. Σύμφωνα με τη διαμόρφωση που έχει επικρατήσει, οι μονοβάθμιες αντλίες με την πτερωτή σε πρόβολο κατασκευάζονται έτσι ώστε το τμήμα εισόδου και εξόδου της αντλίας (σπειροειδές κέλυφος) να αποτελούν ένα σώμα το οποίο φέρει και τις εδράσεις της αντλίας, η οποία εγκαθίσταται με τον άξονα οριζόντιο. Η διάταξη αυτή, σε αντίθεση με αυτή του σχήματος 2.14, παρουσιάζει το πλεονέκτημα ότι για την επιθεώρηση ή την αντικατάστασή της πτερωτής της αντλίας, δεν απαιτείται η αφαίρεση τμήματος της σωλήνωσης αναρρόφησης αλλά απλώς η απομάκρυνση του πίσω τμήματος της αντλίας που φέρει τα έδρανα.

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 στο σώμα της αντλίας και έχει κοινή άτρακτο με αυτήν (σχήμα 2.15). Ονομάζονται αντλίες monoblock και κατασκευάζονται τυποποιημένες για παροχές 10-80 κυβικά μέτρα και ύψη 8-50 μέτρα.



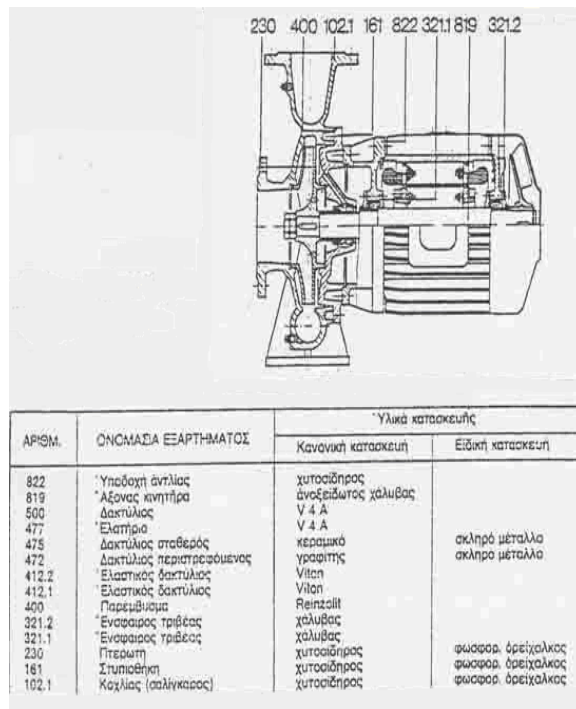
Αρίθμηση	Ονομασία Εξαρτήματος	Αρίθμηση	Ονομασία Εξαρτήματος
1223	Στόμιο αναρρόφησης	2450	Χιτώνιο άξονα
1113	Σώμα	2912	Περικόχλιο πτερωτές
1510	Δακτύλιος στεγανότητας πλευράς αναρρόφησης	6710	Σφήνα πτερωτής
1520	Δακτύλιος στεγανότητας πλευράς κινήσεως	6742	Σφήνα συνδέσμου
1222	Ενδιάμεσο τεμάχιο	4312	Δακτύλιος στεγανότητας πλευράς αντλίας
3130	Φωλεά εδράνου	4311	Δακτύλιος στεγανότητας πλευράς κινήσεως
3262	Πώμα εδράνου πλευράς αντλίας	4322	Δακτύλιος στεγανότητας πλευράς αντλίας
3261	Πώμα εδράνου πλευράς κινήσεως	4321	Δακτύλιος στεγανότητας πλευράς κινήσεως
4132	Δακτύλιος στυπιοθήκης	2540	Δακτύλιος V
4120	Στυπιοθλίπτης	6515	Πώμα εκκενώσεως
2200	Πτερωτή κλειστή	3854	Πώμα πληρώσεως λαδιού
2262	Πτερωτή ημικλειστη	3857	Λιπαντήρας λαδιού
2100	Άξονας	3853	Λιπαντήρας λίτους
3012	Τριβεύς πλευράς αντλίας	4130	Παρέμβυσμα στυπιοθλίπτη
3011	Τριβεύς πλευράς κινήσεως		

ΣΧΗΜΑ 2.13 Μονοβάθμια φυγόκεντρη αντλία με πίνακα εξαρτημάτων



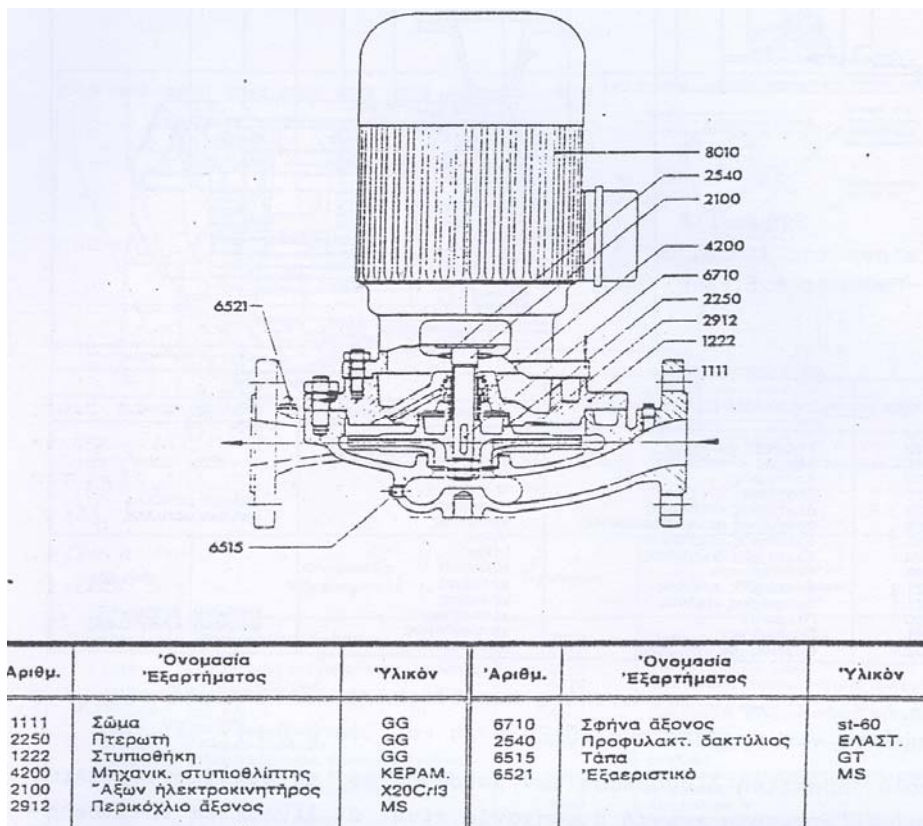
ΣΧΗΜΑ 2.14 Άλλη περίπτωση μονοβάθμιας αντλίας





ΣΧΗΜΑ2.15 Μονοβάθμια αντλία με πίνακα εξαρτημάτων με τον ηλεκτροκινητήρα να προσαρμόζεται στην ίδια άτρακτο.

Μια πολύ πρακτική διαμόρφωση των μονοβάθμιων φυγοκεντρικών αντλιών που συνηθίζεται στη χημική βιομηχανία είναι οι λεγόμενες **in-line αντλίες**, οι οποίες τοποθετούνται συνήθως με κατακόρυφο άξονα. Σε αυτές η διατομή εισόδου βρίσκεται στην ίδια ευθεία με τη διατομή εξόδου (σχήμα 2.16) με αποτέλεσμα η αντλία να παρεμβάλλεται στη



ΣΧΗΜΑ 2.16 Αντλία τύπου monoblock.

σωληνογραμμή χωρίς την παρέμβαση καμπύλων. Όπως φαίνεται στο σχήμα 2.16 για να επιτευχθεί αυτό, το τμήμα εισόδου της αντλίας δεν είναι πλέον ένα εξάρτημα κωνικής μορφής και έχει τη μορφή σπειροειδούς κελύφους. Οι αντλίες in-line για μικρότερα μεγέθη (παροχή 2-300 m<sup>3</sup>/h) είναι συνήθως τύπου monoblock (σχήμα 2.16) ενώ για μεγαλύτερα μεγέθη ο ηλεκτροκινητήρας προσαρμόζεται μέσω ελαστικού συνδέσμου.

Για μεγάλες παροχές και σχετικά μικρό ύψος κατασκευάζονται οι αντλίες διπλής αναρρόφησης, στις οποίες η πτερωτή είναι διπλή, συμμετρική ως προς επίπεδο κάθετο προς τον άξονα της πτερωτής ως προς το οποίο ολόκληρη σχεδόν η αντλία παρουσιάζει συμμετρία. Πρόκειται ουσιαστικά για δύο πτερωτές που λειτουργούν παράλληλα, επομένως από κάθε μια διακινείται το μισό της παροχής της αντλίας  $V^1=V/2$ , οπότε ο ειδικός αριθμός στροφών της πτερωτής χαρακτηρίζεται από την παροχή  $V^1$ . Οι αντλίες διπλής αναρρόφησης κατασκευάζονται με σκοπό τη μείωση του ειδικού αριθμού στροφών ώστε αυτός να έχει τιμές μεταξύ 2000 και 4000 οπότε η πτερωτή έχει έξοδο ακτινικής ροής και ο βαθμός απόδοσης είναι υψηλός. Λόγω της ιδιομορφίας όλων των τμημάτων της αντλίας διπλής αναρρόφησης, οι αντλίες διπλής αναρρόφησης κατασκευάζονται μόνο για μεγάλα μεγέθη και συγκεκριμένα για παροχές από 500 ως 8000 m<sup>3</sup>/h και ολικά ύψη 42 ως 128 μέτρα περίπου. Οι αντλίες διπλής αναρρόφησης είναι συνήθως οριζοντίου άξονα.

### 2.3.2 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ, ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΜΟΝΟΒΑΘΜΙΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ

#### A) ΑΝΤΛΙΕΣ LDP



ΕΙΚ.2.17

#### Εφαρμογές

- Καθαρά ή ελαφρώς ακάθαρτα υγρά δίχως ογκώδη στερεά.
- Άντληση νερού, πετρελαίου, βενζίνης, λαδιού, άλμης, αλκαλικών και ελαφρών οξέων. Κυκλοφορία, άρδευση και αποχέτευση. Υδροδότηση και σταθμό προώθησης.
- Βιομηχανική και αγροτική χρήση και για οικισμούς.

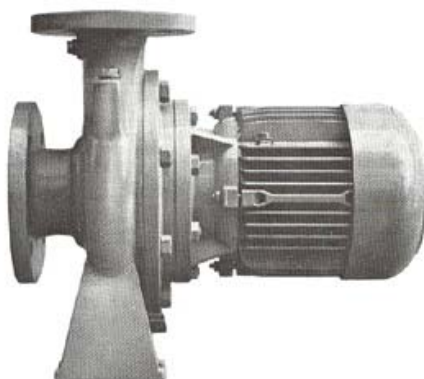
#### Υδραυλικά Χαρακτηριστικά

- Παροχή μέχρι 450m<sup>3</sup>/h.
- Ολικό ύψος μέχρι 100 m.
- Θερμοκρασία μέχρι 105 °C για διάταξη 0 και 140°C για διάταξη 1&2.
- Πίεση λειτουργίας ως 16 bar.

#### Κατασκευαστικά Στοιχεία

- Ο κοχλίας είναι ενιαίος με το στόμιο αναρρόφησης και φέρει τα πέλματα για την έδραση ολόκληρης της αντλίας.
- Στόμιο αναρρόφησης οριζόντια κατά τον άξονα.
- Στόμιο κατάθλιψης κατακόρυφα.
- Είναι δυνατή η αποσυναρμολόγηση του στρεφόμενου μέρους της αντλίας προς το μέρος του ηλεκτροκινητήρα, χωρίς αποσύνδεση και μετατόπιση των σωληνώσεων αναρρόφησης και κατάθλιψης.
- Όταν, μάλιστα, χρησιμοποιείται ειδικός σύνδεσμος με ενδιάμεσο τμήμα που αφαιρείται, η αποσυναρμολόγηση είναι δυνατή χωρίς τη μετατόπιση και του ηλεκτροκινητήρα.
- Πτερωτή κλειστή.
- Τριβείς κύλισης για την έδραση του άξονα με λίπανση διαρκείας.
- Οι αντλίες LDP κατασκευάζονται με τυποποιημένα στοιχεία, που χρησιμοποιούνται σε πολλά μεγέθη αντλιών. Έτσι, περιορίζεται σημαντικά η έκταση της αποθήκης ετοιμών εξαρτημάτων.

## B) Αντλία monoblock



ΕΙΚ.2.18

### Εφαρμογές της αντλίας monobloc

- Καθαρά ή ελαφρώς ακάθαρτα υγρά δίχως ογκώδη στερεά.
- Άντληση νερού, πετρελαίου, βενζίνης, λαδιού, άλμης, αλκαλικών και ελαφρών οξέων. Κυκλοφορία, άρδευση και αποχέτευση.
- Υδροδότηση και σταθμοί προώθησης.
- Βιομηχανική και αγροτική χρήση και για οικισμούς.

### Υδραυλικά Χαρακτηριστικά

- Παροχή μέχρι 300 m<sup>3</sup>/h
- Ολικό ύψος μέχρι 90 m
- Θερμοκρασία μέχρι 140°C
- Πίεση μέχρι 10 bar

### Κατασκευαστικά Στοιχεία

- Εξοικονόμηση ανταλλακτικών. Η αντλία NORMABLOC έχει τα ίδια εξαρτήματα του υδραυλικού μέρους (σώμα, πτερωτή, στυπιοθλίπτη κλπ.) με την αντίστοιχη αντλία NORMA.
- Έτσι περιορίζεται ο αριθμός των ανταλλακτικών εκεί όπου χρησιμοποιούνται και οι δύο τύποι.
- Εύκολη εγκατάσταση. Ασφαλής λειτουργία.
- Η σύνδεση αντλίας και κινητήρα, γίνεται δια μέσου γουβωτού άκρου άξονος.
- Δεν χρειάζεται ευθυγράμμιση του συγκροτήματος.
- Διάταξη εγκατάστασης: Η αντλία NORMABLOC μπορεί να εγκατασταθεί σε οριζόντια ή κατακόρυφο διάταξη.
- Λειτουργία δίχως επίβλεψη και δίχως διαρροές.
- Μηχανικός στυπιοθλίπτης υψηλής ποιότητας εξασφαλίζει αυτόματα τη λειτουργία της αντλίας δίχως επίβλεψη και δίχως διαρροές.
- Ηλεκτροκινητήρας κανονικός με φλάντζα μορφής A κατά DIN 42948.
- Φορά περιστροφής:
- Σύμφωνα με την περιστροφή των δεικτών του ρολογιού όταν βλέπουμε την αντλία από τον ηλεκτροκινητήρα.

### Γ) Αντλία in-line



ΕΙΚ.2.19

#### Εφαρμογές αντλίας in-line

- Για κυκλοφορία ψυχρού και θερμού νερού σε κλιματιστικές εγκαταστάσεις μεγάλων κοινόχρηστων χώρων: Σχολεία, Νοσοκομεία, Εμπορικά Καταστήματα.
- Για κυκλοφορία καθαρών υγρών σε βιομηχανίες.

#### Υδραυλικά χαρακτηριστικά

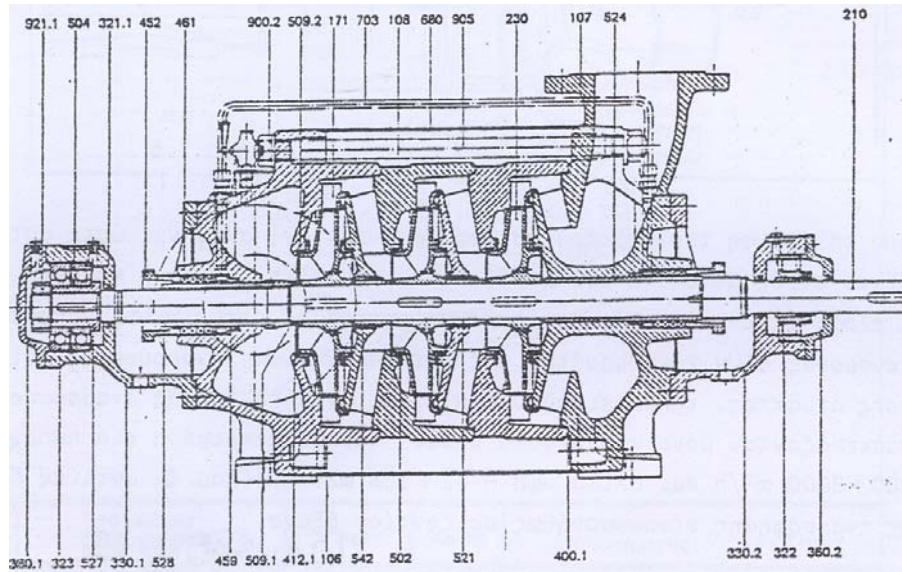
- Παροχή μέχρι 300 m<sup>3</sup>/h
- Ολικό ύψος μέχρι 90 m
- Θερμοκρασία μέχρι 140°C
- Πίεση μέχρι 10 bar

#### Κατασκευαστικά χαρακτηριστικά

- Μονοβάθμια φυγοκεντρική αντλία μορφής IN LINE.
- Αντλία και ηλεκτροκινητήρας μονομπλόκ.
- Τύπος IL, κινητήρας με ειδικό άκρο άξονα και φλάντζα για την υποδοχή της αντλίας, έδραση V1.
- Τύπος IL-N, κινητήρας κανονικός με έδραση V1.
- Στόμια αναρρόφησης και κατάθλιψης ίδιου μεγέθους και ομοαξονικά.
- Φλάντζες σύμφωνα με DIN 2532.
- Αποσυναρμολόγηση του περιστρεφόμενου μέρους της αντλίας προς το μέρος του ηλεκτροκινητήρα δίχως αποσύνδεση και μετατόπιση των σωληνώσεων αναρρόφησης και κατάθλιψης.
- Απ' ευθείας στερέωση στην σωλήνωση δίχως ιδιαίτερη βάση.
- Πρόβλεψη ειδικού πέλματος στις περιπτώσεις που δεν είναι επιθυμητή η στερέωση στις σωληνώσεις.
- Διάταξη οριζόντια ή κατακόρυφη με εξαίρεση την τοποθέτηση του ηλεκτροκινητήρα προς τα κάτω.
- Λειτουργία δίχως επίβλεψη χάρις στην χρησιμοποίηση μηχανικού στυπιοθλίπτη υψηλής ποιότητας.

### 2.3.2. ΠΟΛΥΒΑΘΜΙΕΣ ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ

Για την κάλυψη όπου **απαιτείται μεγάλο ολικό ύψος** και σχετικά **μικρές παροχές** κατασκευάζονται οι πολυβάθμιες αντλίες. Πρόκειται ουσιαστικά για περισσότερες αντλίες, όσες είναι ο αριθμός των πτερωτών, δηλαδή των βαθμίδων, εν σειρά και οι οποίες είναι τοποθετημένες στο ίδιο σώμα. Επομένως αν  $H$  είναι το ολικό ύψος της αντλίας και  $z$  ο αριθμός των βαθμίδων, κάθε μια προσδίδει στο ρευστό ύψος  $H_1=H/z$  ενώ η παροχή από κάθε βαθμίδα είναι αυτή η ίδια παροχή της αντλίας. Ο αριθμός  $z$  των βαθμίδων για δεδομένα  $H$  και  $V$  υπολογίζεται έτσι ώστε ο ειδικός αριθμός κάθε πτερωτής (οι πτερωτές όλων των βαθμίδων είναι ταυτόσημες για λόγους ομοιομορφίας, εναλλαξιμότητας, και μείωσης των ανταλλακτικών) να είναι της τάξης του 2500 ( $V$  σε  $m^3/h$ ) ώστε να επιτυγχάνεται υψηλός ολικός βαθμός απόδοσης. Ένα άλλο πλεονέκτημα με τη χρησιμοποίηση πολυβάθμιων αντλιών είναι η μείωση του κρίσιμου ύψους ανύψωσης  $H$ . Στο σχήμα 2.17 δίνεται τομή πολυβάθμιας αντλίας με τρεις βαθμίδες ενώ στο σχήμα 2.18 δίνεται τομή πενταβάθμιας αντλίας κατακόρυφου άξονα. Μεταξύ των βαθμίδων υπάρχει στεφάνη οδηγητικών πτερυγίων (τμήμα καθοδήγησης της ροής) σκοπός της οποίας είναι η αφαίρεση της συστροφής την οποία έχει η ροή κατά την έξοδο από την προηγούμενη πτερωτή.



**Πίνακας εξαρτημάτων**

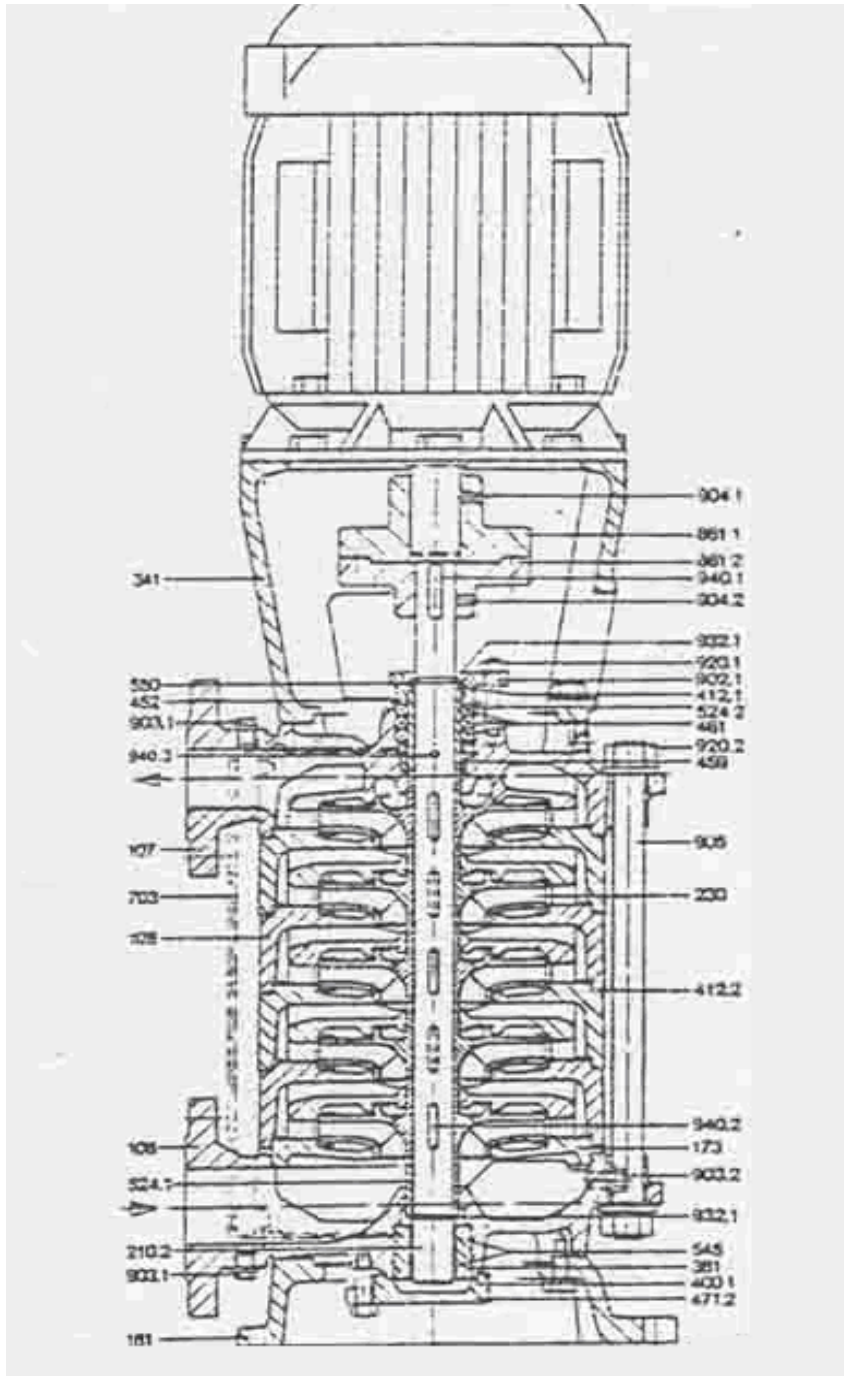
106	Σώμα άναρροφήσκως	380.1	Πώμα άκρικής φωλεάς	521	Ένδιάμεσα χιτώνια
107	Σώμα καταθλίψκως	380.2	Πώμα (πλευράς κινήσκως)	524	Προστατευτικά χιτώνιο
108	Ένδιάμεσα βαθμίδες	400.1	Παρεμβύσμα βαθμίδων	527	Δακτυλίδι ένοφ. τριθέσκως
171	Όδηγά πτερύγια καταθλίψκως	412.1	Έλαστικός δακτυλιος στεγαν. Ο	528	Χιτώνιο συσφιέσκως
210	Άξονας	452	Στυποθλίπτης	542	Δακτυλίδι βαθμίδων
230	Πτερωτή	459	Δακτυλίδι στυποθήκης	680	Μανδύας
321.1	Ένοσφαιρος τριθέσκως	461	Παρεμβύσματα (σαλαμίστρα)	703	Σωλην ύδατ. σφραγίσεσκως
322	Κυλινδρικός τριθέσκως (πλήρης)	502	Δακτυλίδι στεγανότητος	900.2	Άσφαλιστικός κοχλίας
323	Ένοσφαιρος τριθέσκως γων. έπαφής	504	Παρεμβύσμα ένοφ. τριθέσκως	905	Ένδέτες
330.1	Άκρική φωλεά	509.1	Παράκυκλος εξωτερικός	921.1	Περιοχλίον άξονα
330.2	Φωλεά (πλευράς κινήσκως)	509.2	Παράκυκλος έσωτερικός		

Τό 509.2 είναι γιά τά μεγέθη 4604-4610

Τό 521 είναι γιά τά μεγέθη 4612-4625

ΣΧΗΜΑ 2.17 Τομή πολυβάθμιας αντλίας με πίνακα εξαρτημάτων.





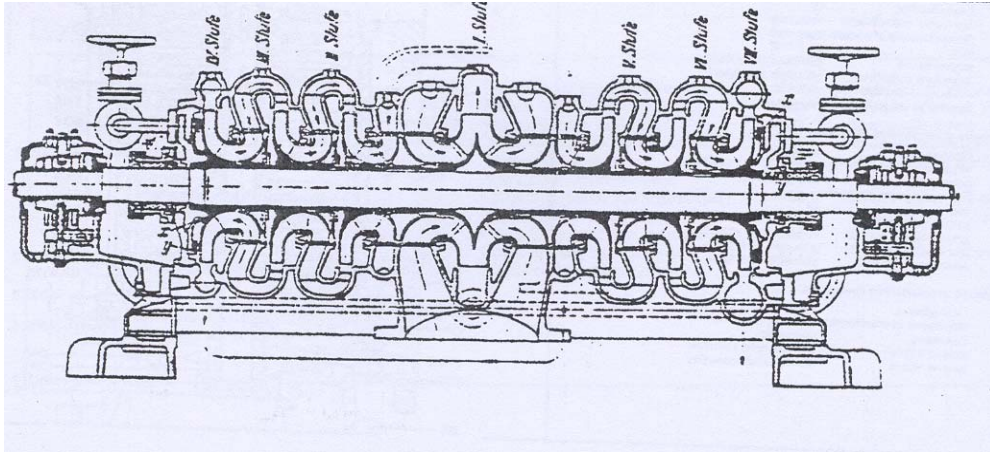
ΣΧΗΜΑ 2.18 Τομή πολυβάθμιας αντλίας 5 βαθμίδων με πίνακα εξαρτημάτων.

Πίνακας εξαρτημάτων

Κωδικός αρ.	Ονομασία	Κωδικός αρ.	Ονομασία
106	Σώμα αναρροφήσεως	<b>Μόνο για στυπιοθλίπτη με παρεμβύσματα</b>	
107	Σώμα καταθλίψεως	400.2	Παρέμβυσμα
108	Ενδιάμεσες βαθμίδες	433.1	Μηχανικός στυπιοθλίπτης αζύγι- στος
173	Πώμα βαθμίδων	471	Πώμα μηχανικού στυπιοθλίπτη
174,1	Οδηγά πτερύγια	524.2	Χιτώνιο άξονα
174,2	Οδηγά πτερύγια σώματος καταθλίψεως	524.3	Χιτώνιο άξονα
181	Βάση αντλίας	550	Δακτύλιος στηρίξεως
210,2	Άξονας	932	Δακτύλιος SEEGER
230	Πτερωτή	<b>Μόνο για μηχανικό στυπιοθλίπτη αζύγιστο</b>	
341	Υποδοχή κινητήρος	400	Παρέμβυσμα
381	Δακτύλιος τριβέα	433	Μηχανικός στυπιοθλίπτης αζύγι- στος
400	Παρέμβυσμα	524.4	Χιτώνιο άξονα
412.1	Δακτύλιος	524.5	Χιτώνιο άξονα
412.2	Παρέμβυσμα	<b>Μόνο για μηχανικό στυπιοθλίπτη ζυγισμένο</b>	
471.2	Πώμα κάτω εδράνου	400	Παρέμβυσμα
524.1	Χιτώνια άξονα	433	Μηχανικός στυπιοθλίπτης ζυγι- σμένος
545	Τριβείς κάτω εδράνου	524	Χιτώνιο άξονα
700	Σωλήνωση εξισορροπίσεως πίεσε	524	Χιτώνιο άξονα
561.1	Σύνδεσμος άνω μερους		
561.1	Σύνδεσμος κάτω μερους		
903.1	Πώμα (μανομέτρου, εξαερισμού, πληρώσεως)		
903.2	Πώμα εκκενώσεως		
904.1	Ασφάλεια άνω συνδέσμου		
904.2	Ασφάλεια κάτω συνδέσμου		
905	Ενδέτες		
920.2	Περικόχλιο ενδετών		
932.1	Δακτύλιος SEEGER		
940.1	Σφήνα άκρου άξονα		
940.2	Σφήνα πτερωτών		
940.3	Πείρος		
452	Στυπιοθλίπτης		
459	Δακτύλιος στυπιοθλίπτη		
461	Παρεμβύσματα στυπιοθλίπτη		
524.2	Χιτώνια άξονα		
550	Δακτύλιος στηρίξεως		
902.1	Κοχλίας στυπιοθλίπτη		
920.1	Κοχλίας στυπιοθλίπτη		

Από κατασκευαστικής πλευράς η περισσότερη συνηθισμένη μορφή πολυβάθμιων αντλιών είναι αυτή των σχημάτων 2.17 και 2.18 όπου όλες οι βαθμίδες έχουν την ίδια φορά και το σώμα της αντλίας αποτελείται από ομοιόμορφα τμήματα τα οποία προσαρμόζονται μεταξύ τους και συσφίγγονται με εξωτερικές ντίζες. Με τον τρόπο αυτό για την κατασκευή πολυβάθμιας με περισσότερες ή λιγότερες βαθμίδες, το μόνο εξάρτημα που μεταβάλλεται είναι η άτρακτος.

Με σκοπό την εξισορρόπηση της αξονικής δύναμης που αναπτύσσεται στις πτερωτές οι βαθμίδες σε δυο ομάδες με διαφορετικό προσανατολισμό (σχήμα 2.19) οπότε η οδήγηση της ροής από τη μια ομάδα πτερωτών στην άλλη γίνεται είτε με εσωτερικές είτε με εξωτερικές διακλαδώσεις.

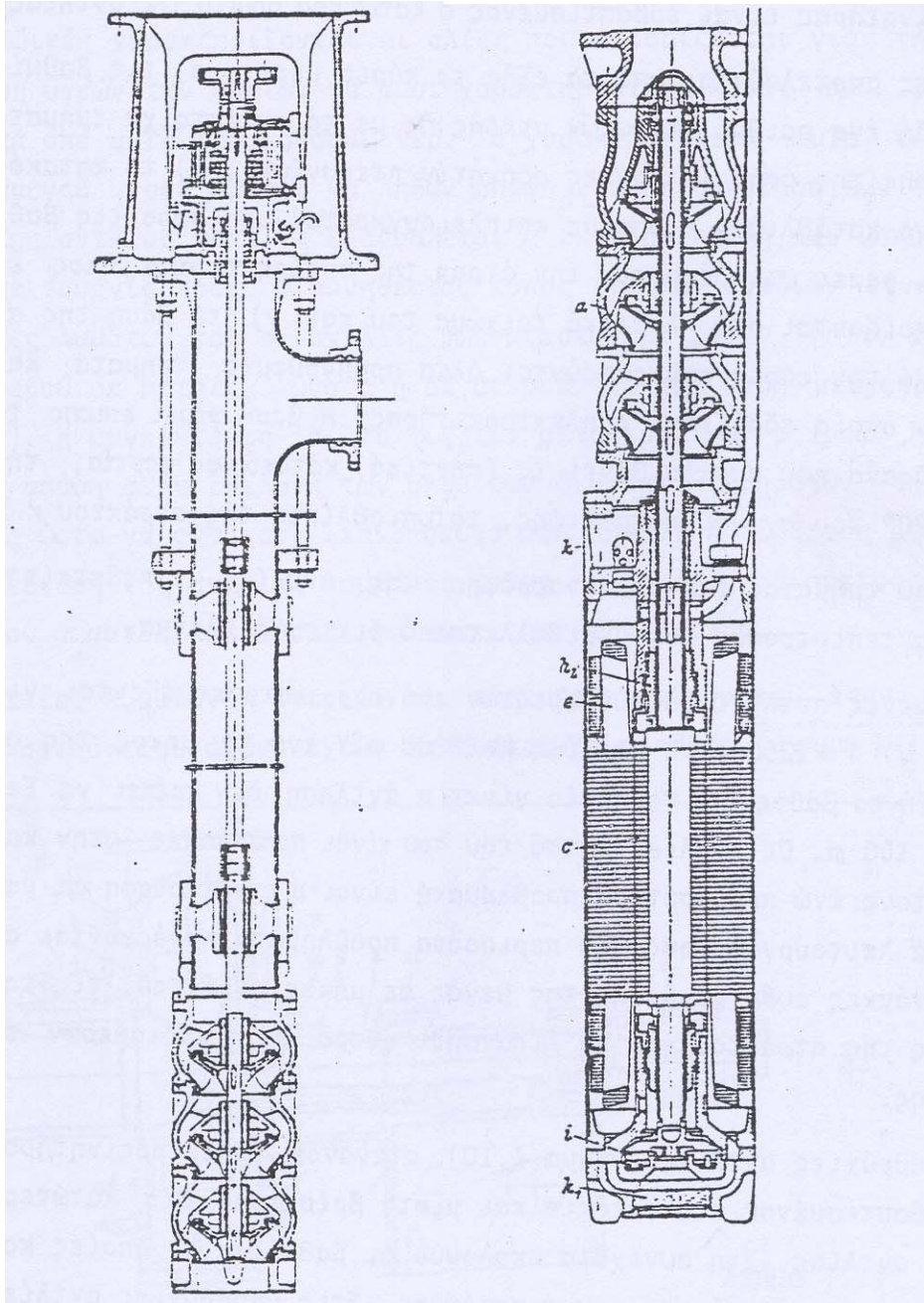


ΣΧΗΜΑ 2.19 Πολυβάθμια αντλία οριζόντιας διάταξης.

Πολυβάθμιες αντλίες οριζόντιου άξονα κατασκευάζονται για παροχές  $V=16-450 \text{ m}^3/\text{h}$  και ολικό ύψος  $H=55-2000$  μέτρα.

### 2.3.3. ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ

Μια παραλλαγή των πολυβάθμιων (σπανιότερα των μονοβάθμιων) αντλιών είναι οι **κατακόρυφες εμβαπτιζόμενες αντλίες** ή αντλίες βαθέων φρεάτων που χρησιμοποιούνται συνήθως για την άντληση νερού από γεωτρήσεις με σκοπό την άρδευση ή την αποστράγγιση. Οι κατακόρυφες εμβαπτιζόμενες αντλίες **διακρίνονται σε δυο βασικούς τύπους** : τις ονομαζόμενες **πομόνες** (2.20) στις οποίες ο ηλεκτροκινητήρας βρίσκεται στο έδαφος και η ροπή μεταφέρεται στις πτερωτές μέσω επιμήκους ατράκτου και τις ονομαζόμενες **υποβρύχιες** (2.21) στις οποίες ο στεγανός ηλεκτροκινητήρας είναι εμβαπτισμένος στο κατώτερο σημείο της αντλίας.



ΣΧΗΜΑ 2.20

Κατακόρυφη αντλία εμβαπτιζόμενη (πομόνα)

ΣΧΗΜΑ 2.21

Υποβρύχια αντλία

Οι πομόνες αποτελούνται από τα εξής **τρία μέρη** : α) τις **βαθμίδες** δηλαδή ένα αριθμό πτερωτών μικτής ροής με τα αντίστοιχα τμήματα διαμόρφωσης της ροής (στεφάνες οδηγητικών πτερυγίων), β) **το κατακόρυφο αγωγό κατάθλιψης** ο οποίος επιπλέον συγκρατεί στο άκρο τις βαθμίδες και φέρει στο μέσο του την άτρακτο της οποίας τα κατά μήκος έδρανα στηρίζονται στα πλευρικά τοιχώματά του, γ) **τη βάση της αντλίας** από την οποία συγκρατούνται όλα τα υπόλοιπα τμήματα και πάνω στην οποία εδράζεται ο ηλεκτροκινητήρας.

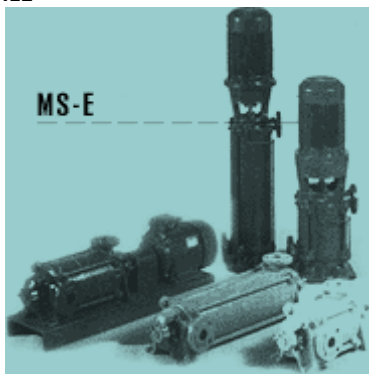
Η βάση φέρει επίσης το ωστικό έδρανο που παραλαμβάνει τα κατακόρυφα φορτία, την καμπύλη 90° του αγωγού κατάθλιψης, το στυπιοθλίπτη της ατράκτου κ.α.

Έναντι του τμήματος αναρρόφησης τοποθετείται βαλβίδα αντεπιστροφής που περιβάλλεται από δικτυωτό πλέγμα.

Τυποποιημένες αντλίες βαθέων φρεάτων(πομόνες) κατασκευάζονται για παροχές από 4 ως 1250 m<sup>3</sup>/h και ύψη H=25 ως 200 μέτρα ενώ το μήκος της ατράκτου δεν πρέπει να ξεπερνά τα 100 μέτρα. Οι αντλίες αυτού του τύπου είναι πολύπλοκες στην κατασκευή τους ενώ περισσότερο προβληματική είναι η εγκατάσταση και μακροχρόνια λειτουργία τους. Τα περισσότερα προβλήματα προέρχονται από τις ανάγκες ευθυγράμμισης της μεγάλης σε μήκος ατράκτου, τις ταλαντώσεις της ατράκτου και τη λίπανση των ενδιάμεσων εδράνων της. Στις υποβρύχιες αντλίες ο στεγανός ηλεκτροκινητήρας είναι εμβαπτισμένος στο φρεάτιο και μάλιστα βρίσκεται στο κατώτερο άκρο της αντλίας. Στη συνέχεια ακολουθούν οι βαθμίδες οι οποίες καταθλίβουν στον κατακόρυφο αγωγό κατάθλιψης. Στις υποβρύχιες αντλίες δεν υπάρχουν τα προβλήματα που προκαλεί η επιμήκης άτρακτος στις εμβαπτιζόμενες, απαιτούν όμως πλήρως στεγανό ηλεκτρολογικό μέρος. Κατασκευάζονται τυποποιημένες για παροχές από 4 ως 1000 m<sup>3</sup>/h και ύψη H=28 ως 400 μέτρα ενώ η διάμετρος της γεώτρησης να κυμαίνεται από 100mm ως 400mm για τις μεγαλύτερες παροχές.

### 2.3.4 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ, ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΠΟΛΥΒΑΘΜΙΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ

#### Α) ΠΟΛΥΒΑΘΜΙΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ MS-E ΟΡΙΖΟΝΤΙΕΣ



ΕΙΚ.2.22

#### Εφαρμογές

- Υδραυλικά έργα και εγκαταστάσεις ύδρευσης και καταιονισμού.
- Κυκλοφορία ψυχρού και θερμού νερού.
- Αντλίες πυροσβεστικές, τροφοδοσίας λεβήτων, ανύψωσης νερού.
- Χρησιμοποιούνται για καθαρά ή για ελαφρώς ακάθαρτα υγρά,
- για έλαια μέχρι 150 mm<sup>2</sup>/sec (cst) και για μη διαβρωτικά υγρά.

#### Υδραυλικά Χαρακτηριστικά

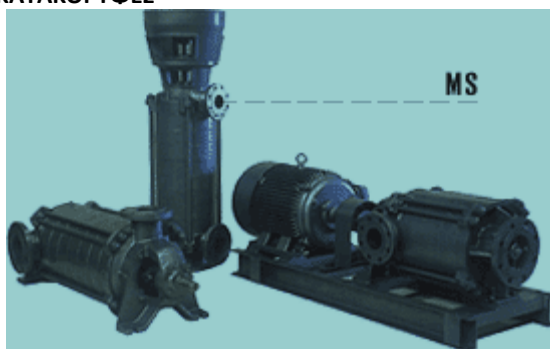
- Παροχή μέχρι 100 m<sup>3</sup>/h
- Συνολικό Μανομετρικό μέχρι 350m
- Θερμοκρασία λειτουργίας από -20°C ως 140°C
- Μέγιστη Πίεση σώματος 40 bar
- (Πίεση αναρρόφησης + Ολικό ύψος με κλειστή βάνα)

#### Κατασκευαστικά Χαρακτηριστικά

- Το σώμα της αντλίας αποτελείται από βαθμίδες που συσφίγγονται μεταξύ τους με ισχυρούς ενδέτες. Οι πτερωτές είναι ζυγοσταθμισμένες και φέρουν κατάλληλες οπές για την εξουδετέρωση των αξονικών δυνάμεων.
- Ο άξονας φέρει προοδευτικά χιτώνια στη θέση των στυπιοθλιπτών και εδράζεται πάνω σε τριβείς κύλισης βαρέου τύπου.
- Η αντικατάσταση όλων των φθειρόμενων μερών όπως είναι η φτερωτή, τα προστατευτικά χιτώνια κλπ είναι εύκολη, όπως επίσης και η ρύθμιση και αντικατάσταση των παρεμβυσμάτων του στυπιοθλίπτη.
- Η σύνδεση του χώρου του στυπιοθλίπτη κατάθλιψης και αναρρόφησης επιτρέπει τη μείωση των πιέσεων στον πρώτο και την αποτελεσματική ψύξη και σφράγιση στο δεύτερο, ακόμη και σε περιπτώσεις μεγάλου ύψους αναρρόφησης.
- Στεγανοποίηση με παρεμβύσματα ή μηχανικό στυπιοθλίπτη.



## Β) ΠΟΛΥΒΑΘΜΙΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ > MS ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΕΣ



ΕΙΚ.2.23

### Εφαρμογές

- Υδραυλικά έργα και εγκαταστάσεις ύδρευσης και καταιονισμού.
- Κυκλοφορία ψυχρού και θερμού νερού.
- Αντλίες πυροσβεστικές, τροφοδοσίας λεβήτων, ανύψωσης νερού.
- Χρησιμοποιούνται για καθαρά ή για ελαφρώς ακάθαρτα υγρά, για έλαια μέχρι  $150 \text{ mm}^2/\text{sec}$  (cst) και για μη διαβρωτικά υγρά.

### Υδραυλικά χαρακτηριστικά

- Παροχή μέχρι  $550 \text{ m}^3/\text{h}$
- Συνολικό Μανομετρικό μέχρι 300m
- Θερμοκρασία λειτουργίας από  $-20^\circ\text{C}$  ως  $140^\circ\text{C}$
- Μέγιστη Πίεση σώματος 30 bar
- (Πίεση αναρρόφησης + Ολικό ύψος με κλειστή βάνα)

### Κατασκευαστικά στοιχεία

- Το σώμα της αντλίας αποτελείται από βαθμίδες που συσφίγγονται μεταξύ τους με ισχυρούς ενδέτες. Οι πτερωτές είναι ζυγοσταθμισμένες και φέρουν κατάλληλες οπές για την εξουδετέρωση των αξονικών δυνάμεων.
- Ο άξονας φέρει προστατευτικά χιτώνια στη θέση των στυπιοθλιπτών.
- Επίσης φέρει ορειχάλκινα δαχτυλίδια στεγανότητας και από τις δύο πλευρές των πτερωτών.
- Η αντικατάσταση όλων των φθιρόμενων μερών όπως είναι η φτερωτή, τα προστατευτικά χιτώνια κλπ είναι εύκολη, όπως επίσης και η ρύθμιση και αντικατάσταση των παρεμβυσμάτων του στυπιοθλίπτη.
- Η σύνδεση του χώρου του στυπιοθλίπτη καταθλίψεως και αναρρόφησης επιτρέπει τη μείωση των πιέσεων στον πρώτο και την αποτελεσματική ψύξη και σφράγιση στο δεύτερο ακόμα και σε περιπτώσεις μεγάλου ύψους αναρρόφησης.
- Στεγανοποίηση με παρεμβύσματα ή μηχανικό στυπιοθλίπτη.

### Γ) ΠΟΛΥΒΑΘΜΙΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ, ΟΡΙΖΟΝΤΙΕΣ ΑΝΟΞΕΙΔΩΤΕΣ



ΕΙΚ.2.24

#### Εφαρμογές

- Πιεστικά συγκροτήματα, συστήματα κλιματισμού.
- Συστήματα πυρόσβεσης, εφαρμογές στην ναυτιλία.
- Άρδευση, ανακυκλοφορία νερού ψύξης
- Επεξεργασία νερού, πλυντήρια αυτοκινήτων.

#### Κατασκευαστικά στοιχεία

- Κάθετη ανοξείδωτη πολυβάθμια φυγοκεντρική αντλία "in line" κατάλληλη για καθαρά υγρά
- Υψηλή απόδοση, μεγάλη διάρκεια ζωής χωρίς ιδιαίτερη συντήρηση.
- Ειδικά κατασκευασμένοι τριφασικοί κινητήρες, 2850 rpm, 50 Hz, IP 55 σύμφωνα με το πρότυπο IEC, κλάση μονώσεως F.
- Εξοπλισμένη με κεραμικά αντιτριβικά έδρανα λιπαινόμενα με το διακινούμενο υγρό.
- Στεγανοποίηση άξονα με μηχανικό στυπιοθλίπτη κατά DIN 24960, κελύφους με O-rings.
- Διάταξη στομίων με δύο παραλλαγές: οβάλ (DPV) και με φλάντζες κατά DIN (DPVF).
- Χαμηλό επίπεδο θορύβου και μικρές απαιτήσεις χώρου εγκατάστασης.

#### Υδραυλικά χαρακτηριστικά

- Παροχή: έως 80 m<sup>3</sup>/h
- Μανομετρικό ύψος: έως 250 m
- Θερμοκρασίες : λειτουργίας από -15° C έως 120° C, περιβάλλοντος έως 50° C
- Πίεση λειτουργίας: έως 30 bar

#### Δ) ΥΠΟΒΡΥΧΙΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ - ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ



ΕΙΚ.2.25

##### Εφαρμογές

- Άρδευση, γεωργικές εφαρμογές
- Πιεστικά συστήματα σε βιομηχανικά και αστικά δίκτυα
- Οικιακές χρήσεις
- Πλήρωση δοχείων, πισινών

##### Κατασκευαστικά στοιχεία

- Κάθετη ανοξείδωτη πολυβάθμια φυγοκεντρική αντλία γεωτρήσεων κατάλληλη για καθαρά υγρά
- Υψηλή απόδοση, μεγάλη διάρκεια ζωής χωρίς ιδιαίτερη συντήρηση.
- Ειδικά κατασκευασμένοι τριφασικοί κινητήρες, 2850 rpm, 50 Hz, IP 68 σύμφωνα με το πρότυπο IEC, κλάση μονώσεως F, έδραση κατά NEMA
- Απλή κατασκευή με μικρό βάρος, ενσωματωμένη βαλβίδα αντεπιστροφής στο άνω μέρος της αντλίας
- Εξ' ολοκλήρου από ανοξείδωτο χάλυβα AISI 304
- Διάταξη στομίων με δύο παραλλαγές: οβάλ (DPV) και με φλάντζες κατά DIN (DPVF).

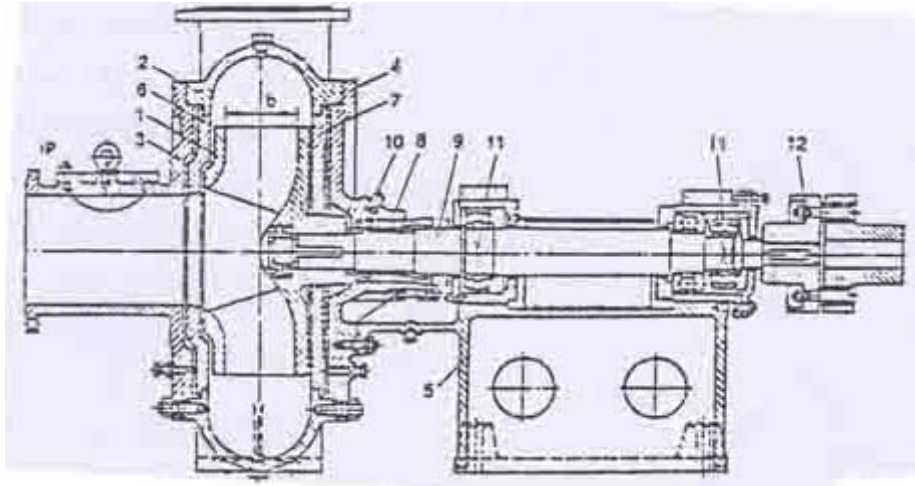
##### Υδραυλικά χαρακτηριστικά

- Παροχή: έως 80 m<sup>3</sup>/h
- Μανομετρικό ύψος: έως 250 m
- Πίεση λειτουργίας: έως 30 bar

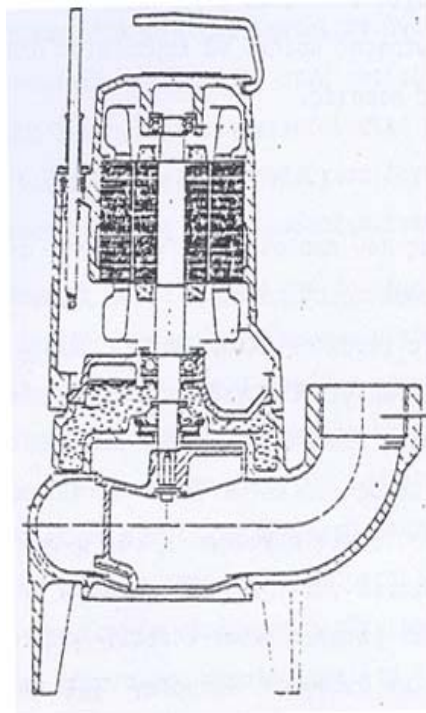
#### 2.3.5 ΕΙΔΙΚΕΣ ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ

Ως ειδικές χαρακτηρίζονται οι αντλίες που προορίζονται για την άντληση υγρών των οποίων τα φυσικά χαρακτηριστικά είναι πολύ διαφορετικά από αυτά του καθαρού νερού. Τα χαρακτηριστικά αυτά του αντλούμενου υγρού πρέπει να ληφθούν υπόψη για τη σχεδίαση των τμημάτων της αντλίας ώστε να εξασφαλίζεται η ικανοποιητική και μακροχρόνια λειτουργία τους. Ο συνηθέστερος τύπος ειδικών αντλιών είναι οι αντλίες λυμάτων και οι αντλίες υγρών στερεών μιγμάτων. Η συγκέντρωση και το είδος των μεταφερομένων στερεών λαμβάνεται υπόψη στην επιλογή των υλικών των διαφόρων τμημάτων της αντλίας ώστε να αντέχουν ικανοποιητικά στη μηχανική διάβρωση ενώ για τη σχεδίαση της αντλίας λαμβάνεται υπόψη η μέγιστη διάμετρος του στερεού σώματος που μπορεί να περάσει από την αντλία.

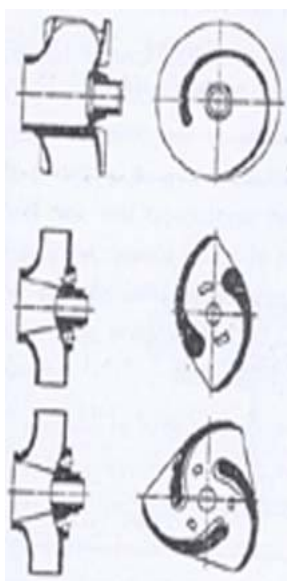
Οι αντλίες λυμάτων ή στερεών είναι πάντοτε **μονοβάθμιες**. Στην περίπτωση οριζόντιου άξονα έχουν την πτερωτή σε πρόβολο (σχήμα 2.22) ενώ στην περίπτωση κατακόρυφου άξονα είναι τύπου monoblock με κινητήρα στεγανό υποβρύχιο όπως στο σχήμα 2.23.



Σχήμα 2.26 ΜΟΝΟΒΑΘΜΙΑ ΑΝΤΛΙΑ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΥ ΑΞΟΝΑ



Σχήμα 2.27 ΜΟΝΟΒΑΘΜΙΑ ΑΝΤΛΙΑ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΑΞΟΝΑ



Σχήμα 2.28:ΔΙΑΦΟΡΟΙ ΤΥΠΟΙ ΠΤΕΡΩΤΩΝ ΕΙΔΙΚΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ

## 2.4 ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ

### 2.4.1 ΓΕΝΙΚΑ

Τα βασικά στοιχεία για την επιτυχή λειτουργία αντλητικής εγκατάστασης είναι η απόδοση (σημείο λειτουργίας, βαθμός απόδοσης) και η διάρκεια ζωής της. Ως διάρκεια ζωής ορίζεται ο συνολικός αριθμός ωρών λειτουργίας της αντλίας χωρίς να χρειασθεί η αντικατάσταση ενός ή περισσότερων στοιχείων της για να διατηρείται η ικανοποιητική λειτουργία της. Ενώ η απόδοση μιας καινούργιας αντλίας είναι το αποτέλεσμα της σχεδίασης και της κατασκευής της, η διάρκεια ζωής της εξαρτάται κυρίως από τα υλικά κατασκευής των διαφόρων τμημάτων της αντλίας και ιδιαίτερα από την ανθεκτικότητά τους στη χημική και μηχανική διάβρωση στις συγκεκριμένες συνθήκες λειτουργίας της αντλίας. Η επιλογή των οικονομικότερων υλικών για μία συγκεκριμένη εφαρμογή της αντλίας εξαρτάται όχι μόνο από τη μέθοδο κατασκευής της αντλίας αλλά και από την αντοχή των υλικών στη χημική και μηχανική διάβρωση στις δυναμικές συνθήκες (πεδίο ταχυτήτων και πιέσεων) που συμβαίνουν κατά τη λειτουργία της αντλίας. Η δυσκολία της επιλογής των υλικών έγκειται στο ότι πολύ λίγα στοιχεία υπάρχουν για την αντοχή στη διάβρωση των υλικών σε συνδυασμό με την επίδραση της ταχύτητας του ρευστού στις διαρρέομενες επιφάνειες. Για Το λόγο αυτό η επιλογή των υλικών βασίζεται κύρια στην εμπειρία των κατασκευαστών των αντλιών οι μεγαλύτεροι από τους οποίους έχουν αναπτύξει δικά τους τμήματα μεταλλουργίας.

Οι παράγοντες που ευνοούν τη μεγάλη διάρκεια ζωής των αντλιών είναι οι ακόλουθοι:

- υγρά, χημικά αδρανή, σε χαμηλή θερμοκρασία,
- απουσία μηχανικά διαβρωτικών σωματιδίων στο αντλούμενο υγρό,
- συνεχής λειτουργία της αντλίας σε σημεία λειτουργίας κοντά στο κανονικό,
- λειτουργία της αντλίας με σημαντικό περιθώριο ασφάλειας ως προς τις συνθήκες εμφάνισης σπληαίωσης.

Στην περίπτωση όπου οι δύο πρώτοι παράγοντες πληρούνται, ο σημαντικότερος παράγοντας που μειώνει τη διάρκεια ζωής μιας αντλίας είναι το σημείο λειτουργίας της: για λειτουργία εκτός της περιοχής από(0,50+1,25) της κανονικής παροχής, η αποκόλληση της ροής στη γειτονία της ακμής πρόσπτωσης των πτερυγίων της πτερωτής προκαλεί σημαντική φθορά στην πτερωτή μειώνοντας σημαντικά τη διάρκεια ζωής της σε σύγκριση με την ίδια αντλία και υγρό, εάν αυτή λειτουργούσε στο κανονικό σημείο λειτουργίας της. Έχει αποδειχθεί ότι ο ρυθμός διάβρωσης επιταχύνεται σημαντικά όσο αυξάνεται η γωνία πρόσπτωσης του ρευστού ως προς τη στερεή επιφάνεια και για το λόγο αυτό η μεγαλύτερη φθορά παρατηρείται στην πτερωτή και από το σπειροειδές κέλυφος μόνο στην περιοχή της γλωττίδας. Ακόμη ιδιαίτερη φροντίδα



στην επιλογή του υλικού πρέπει να δοθεί για τους δακτυλίους φθοράς των λαβυρίνθων λόγω των ύψων ταχυτήτων του ρευστού στο δακτυλοειδές διάκενο.

Η αντοχή σε μηχανική διάβρωση ενός κράματος εξαρτάται από τη σκληρότητα του η οποία όμως δεν συσχετίζεται με την αντοχή του σε χημική διάβρωση. Για λόγους τεχνικοοικονομικούς, τα διάφορα τμήματα μιας αντλίας κατασκευάζονται από κράματα των οποίων η σκληρότητα δεν ξεπερνά Τα 350 Brinell (πάνω από τη σκληρότητα αυτή οι διάφορες κατεργασίες στις εργαλειομηχανές γίνονται οικονομικά ασύμφορες).

Στην περίπτωση όπου το ρευστό δεν περιέχει διαβρωτικά (σκληρά) στερεά σωματίδια, η επιλογή των υλικών γίνεται λαμβάνοντας υπόψη την ανθεκτικότητα τους στη χημική διάβρωση σε συνδυασμό με τις τιμές των ταχυτήτων που λαμβάνουν χώρα. Στην περίπτωση που επιπλέον το ρευστό περιέχει διαβρωτικά στερεά σωματίδια η επιλογή γίνεται λαμβάνοντας κύρια υπόψη την αντοχή των υλικών στη μηχανική διάβρωση.

Όταν ένα εξάρτημα υπόκειται σε κυκλικά εναλλασσόμενη φόρτιση (π.χ. η άτρακτος) τότε η επιτρεπόμενη τάση λαμβάνεται κατά 50% περίπου μικρότερη από την αντίστοιχη για στατική φόρτιση έτσι ώστε να ληφθεί υπόψη η κόπωση του υλικού σε άπειρο σχεδόν αριθμό κυκλικών εναλλαγών κατά τη λειτουργία. Στην περίπτωση όπου το υγρό περιέχει στερεά σωματίδια τότε αυτά καταπονούν την επιφάνεια του εξαρτήματος σε μία μορφή κυκλικής φόρτισης οπότε θα πρέπει να μειωθεί ακόμη περισσότερο η επιτρεπόμενη τάση. Η επιφανειακή αυτή κόπωση την οποία εξασκούν τα στερεά σωματίδια καταστρέφει τη δομή του κράματος προκαλώντας θραύση των πλέον εύθραυστων κόκκων, γεγονός που επιταχύνει τη διαδικασία της φθοράς. Το κατά πόσο πρέπει να μειωθεί η επιτρεπόμενη τάση του υλικού δεν είναι εύκολο να εκτιμηθεί δεδομένου ότι η αντοχή του υλικού σε μηχανική διάβρωση δεν σχετίζεται άμεσα με τη στατική αντοχή του. Τα εξαρτήματα της αντλίας που ήδη υπόκεινται σε κυκλική φόρτιση, όπως η άτρακτος, καλό είναι να μην υφίστανται επιπλέον επιφανειακή κόπωση από τα στερεά σωματίδια του υγρού. Στην περίπτωση της ατράκτου αυτό μπορεί να γίνει με τη χρησιμοποίηση χιτωνίων. Η προστασία της πτερωτής από έντονα διαβρωτικά σωματίδια του υγρού, π.χ. ιπτάμενη τέφρα, επιτυγχάνεται σε ορισμένες περιπτώσεις με την επικάλυψη των διαρρεομένων επιφανειών (πτερωτή, τμήματα εισόδου και εξόδου) με μαλακή ελαστική επικάλυψη από ειδικό καουτσούκ. Η λύση αυτή εφαρμόζεται και στην περίπτωση των αντλιών που διακινούν μίγμα υγρών-στερεών για τη μεταφορά υλικών.

Η φθορά που προκαλείται από τη μηχανική διάβρωση λόγω των στερεών σωματιδίων που περιέχονται στο αντλούμενο υγρό εξαρτάται από τα ακόλουθα χαρακτηριστικά των αιωρούμενων σωματιδίων:

- περιεκτικότητα των στερεών (μετράται επί % κατ'όγκο)
- μέγεθος και βάρος των σωματιδίων
- σχήμα των σωματιδίων (σφαιρικά ή με μυτερές ακανόνιστες ακμές)
- σκληρότητα των σωματιδίων
- σχετική ταχύτητα μεταξύ των αιωρούμενων σωματιδίων και των στερεών επιφανειών (ο ρυθμός της φθοράς μεταβάλλεται με την 6η δύναμη της σχετικής ταχύτητας).

Το βασικότερο κριτήριο που χαρακτηρίζει την αντοχή ενός υλικού στη μηχανική διάβρωση από αιωρούμενα σωματίδια είναι η σκληρότητα του υλικού χωρίς όμως να αποτελεί και το μοναδικό κριτήριο, π.χ. ένα εύθραυστο υλικό όπως ο χυτοσίδηρος είναι πολύ λιγότερο ανθεκτικό από ένα ελατό της ίδιας σκληρότητας. Αν και είναι δύσκολο να καθορισθεί μία κατάταξη υλικών ως προς την ανθεκτικότητα τους στη μηχανική διάβρωση, η ακόλουθη κατάταξη, κατά αύξουσα ανθεκτικότητα, μπορεί να ληφθεί ως οδηγός:

1. Χυτοσίδηρος
2. Ορείχαλκος κασιτέρου
3. Ορείχαλκος νικελίου-αλουμινίου
4. Χυτοχάλυβας
5. Ανοξείδωτοι χάλυβες (χρωμιούχοι και χρωμιονικελιούχοι).

Η σπηλαιώση επίσης είναι υπεύθυνη σημαντικής φθοράς εξαρτημάτων της αντλίας και ιδιαίτερα της πτερωτής. Αν και η εγκατάσταση μιας αντλίας πρέπει να εξασφαλίζει πάντοτε τη λειτουργία της απαλλαγμένης σπηλαιώσης, στην περίπτωση λειτουργίας της σε παροχές πολύ μικρότερες της κανονικής είναι σχεδόν αδύνατο να μην εμφανίζεται κάποια μορφή σπηλαιώσης. Στις πτερωτές ανοικτού τύπου, χωρίς δηλαδή δίσκο στεφάνης, σπηλαιώση παρατηρείται στα άκρα των περυγίων προς την πλευρά της στεφάνης και η οποία καταπονεί τόσο το κέλυφος όσο και τα πτερύγια. Η αντοχή των διάφορων υλικών ως προς τη σπηλαιώση μετράται εργαστηριακά σε ειδικές συσκευές στις οποίες προσομοιάζονται κατά κάποιο τρόπο οι δυναμικές συνθήκες που λαμβάνουν χώρα μέσα στην αντλία. Από τα αποτελέσματα των πειραμάτων αυτών και τη συσσωρευμένη εμπειρία, τα διάφορα συνήθη κράματα κατατάσσονται ως εξής κατά αύξουσα ανθεκτικότητα ως προς τη σπηλαιώση:

1. Χυτοσίδηρος
2. Ορείχαλκος κασιτέρου
3. Χυτοχάλυβας
4. Ορείχαλκος μαγνησίου
5. Μονέλ
6. Ανοξείδωτος χρωμιούχος χάλυβας

7. Ανοξειδωτος χρωμιονικελιούχος χάλυβας
8. Ορείχαλκος νικελίου-αλουμινίου.

Μία άλλη αιτία πιθανής φθοράς τμημάτων μιας αντλίας αποτελεί η ηλεκτρολυτική δράση του υγρού που διακινείται. Ας εξετασθεί για παράδειγμα η περίπτωση του φαιού περλιτικού χυτοσιδήρου ο οποίος, λόγω των πολύ καλών μηχανικών και μηχανουργικών ιδιοτήτων του, αποτελεί το συνηθέστερο υλικό των περισσότερων (αν όχι όλων) τμημάτων φυγόκεντρων αντλιών γενικής χρήσης. Όπως είναι γνωστό ο ιστός του χυτοσιδήρου αποτελείται από κόκκους γραφίτη που βρίσκονται στους κόκκους περλίτη και τους κόκκους φερρίτη, οι οποίοι αποτελούνται από σίδηρο κατά μεγάλο ποσοστό. Παρουσία ενός ηλεκτρολυτικού υγρού αποκαθίσταται ένα γαλβανικό ζεύγος μεταξύ των κόκκων του άνθρακα(γραφίτης) και των κόκκων σιδήρου (φερρίτης, περλίτης), όπου ο σίδηρος γίνεται η άνοδος και ο γραφίτης η κάθοδος. Αποκαθίσταται λοιπόν ένα γαλβανικό ρεύμα από το σίδηρο προς το γραφίτη με αποτέλεσμα τη σταδιακή φθορά των κόκκων του σιδήρου που "διαλύονται" σταδιακά στο ηλεκτρολυτικό διάλυμα. Όσο αφαιρούνται οι κόκκοι του σιδήρου, οι κόκκοι του γραφίτη παρασύρονται από τη ροή, η επιφάνεια του εξαρτήματος γίνεται πορώδης, αυξάνεται ο αριθμός των κόκκων που έρχονται σε επαφή με το ηλεκτρολυτικό υγρό και η διαδικασία αυτή επιταχύνεται. Δεδομένου ότι απομακρύνονται οι κόκκοι του σιδήρου από τη δομή του υλικού και παραμένουν οι κόκκοι του γραφίτη που δεν έχουν καμία μηχανική αντοχή είναι δυνατόν να επέλθει θραύση του εξαρτήματος κατά τη λειτουργία της αντλίας.

Ένα σύνθητες ηλεκτρολυτικό υγρό είναι το θαλασσινό ή υφάλμυρο νερό. Ενώ λοιπόν μία πτερωτή από χυτοσίδηρο δεν παρουσιάζει καμία φθορά όταν αντλεί καθαρό νερό, στην περίπτωση θαλασσινού νερού η φθορά της είναι πολύ γρήγορη και αναπόφευκτη. Από την εμπειρία αποδεικνύεται ότι στην περίπτωση άντλησης ηλεκτρολυτικού υγρού και για ολικό ύψος της αντλίας μέχρι 33 mΣΥ περίπου, το περίβλημα (σώμα) της αντλίας μπορεί να κατασκευασθεί από φαιό χυτοσίδηρο, δεδομένου ότι η ταχύτητα της ροής δεν είναι αρκετή ώστε να αφαιρεί συνεχώς τους κόκκους του γραφίτη και να συνεχίζεται η διαδικασία φθοράς του υλικού. Κατάλληλο υλικό για την κατασκευή πτερωτής για θαλασσινό ή υφάλμυρο νερό θεωρείται ο ορείχαλκος κασιτέρου.

#### 2.4.2 ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

α) **Πτερωτή.** Για την επιλογή του κατάλληλου υλικού για την πτερωτή φυγόκεντρης αντλίας λαμβάνονται υπόψη Τα ακόλουθα κριτήρια κατά σειρά σημασίας:

- αντοχή στη χημική διάβρωση
- αντοχή στη μηχανική διάβρωση και φθορά
- αντοχή στη σπηλαιώση
- μηχανουργικές ιδιότητες και ιδιότητες χύτευσης - κόστος.

Στις περισσότερες περιπτώσεις για άντληση νερού ή άλλων μη χημικά διαβρωτικών υγρών, ο ορείχαλκος θεωρείται ως το καταλληλότερο υλικό και για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται περισσότερο στις πτερωτές μεγάλου μεγέθους. Η χρήση του ορείχαλκου πρέπει να αποφεύγεται για θερμοκρασίες υψηλότερες των 120°C κυρίως λόγω της σημαντικής διαφοράς στους συντελεστές διαστολής του ορείχαλκου και του χάλυβα από τον οποίο κατασκευάζεται η άτρακτος. Οι χυτοσιδηρές πτερωτές χρησιμοποιούνται ευρύτατα στην περίπτωση τυποποιημένων αντλιών μικρού μεγέθους και κόστους. Αν και η ανθεκτικότητα του χυτοσιδήρου στη χημική και μηχανική διάβρωση καθώς και στη σπηλαιώση είναι μικρότερη από αυτή του ορείχαλκου, η χρήση του δικαιολογείται από το σημαντικά χαμηλότερο κόστος σε συνδυασμό με τις καλές μηχανουργικές ιδιότητες του χυτοσιδήρου. Ανοξειδωτοι χάλυβες χρησιμοποιούνται όταν ορείχαλκος δεν αποτελεί ικανοποιητική λύση όσον αφορά τις απαιτήσεις ως προς τη χημική μηχανική διάβρωση ή τη σπηλαιώση. Δεν αποτελούν επιτυχημένη επιλογή στην περίπτωση άντλησης θαλασσινού ή άλλου ηλεκτρολυτικού υγρού.

β) **Κέλυφος, σώμα της αντλίας.** Για την επιλογή του κατάλληλου υλικού για το κέλυφος και το σώμα της αντλίας λαμβάνονται υπόψη τα ακόλουθα κατά σειρά κριτήρια:

- μηχανική αντοχή
- ανθεκτικότητα στη χημική διάβρωση
- ανθεκτικότητα στη μηχανική διάβρωση
- μηχανουργικές ιδιότητες και ιδιότητες χύτευσης - κόστος.

Για τις περισσότερες εφαρμογές ως καταλληλότερο υλικό θεωρείται ο χυτοσίδηρος, λαμβάνοντας υπόψη τις καλές του ιδιότητες (μηχανουργικές και χύτευσης) και το χαμηλό κόστος του. Για την περίπτωση μονοβάθμιων αντλιών η μηχανική αντοχή του χυτοσιδήρου είναι συνήθως επαρκής για τις πιέσεις και τις δυνάμεις που αναπτύσσονται. Στην περίπτωση όπου η ανθεκτικότητα του χυτοσιδήρου στη χημική διάβρωση δεν είναι ικανοποιητική (π.χ. πτητικά προϊόντα πετρελαίου) χρησιμοποιείται χυτοχάλυβας ή ανοξειδωτος χάλυβας. Για τις περιπτώσεις αυτές κατασκευάζονται οι αντλίες στις οποίες το κέλυφος (τμήμα εισόδου και εξόδου της αντλίας) το οποίο έρχεται σε επαφή με το υγρό γίνεται από πρεσσαριστό

ανοξειδωτο χρωμιονικελιούχο χάλυβα. Το υπόλοιπο σώμα της αντλίας που φέρει τα έδρανα της ατράκτου κατασκευάζεται από χυτοσίδηρο.

Η χρησιμοποίηση χυτοσιδήρου για πολυβάθμιες αντλίες περιορίζεται για πιέσεις μέχρι 70  $kp/cm^2$  περίπου και θερμοκρασίες μέχρι 180°C. Για θερμοκρασίες πάνω από 180°C και πίεση στην κατάθλιψη μέχρι 140  $kp/cm^2$  περίπου χρησιμοποιείται χυτοχάλυβας. Στην περίπτωση υψηλών πιέσεων και θερμοκρασιών το κέλυφος και το σώμα της αντλίας κατασκευάζονται από συγκολλητό χαλυβοέλασμα που έχει το πλεονέκτημα, σε σχέση με το χυτοχάλυβα, να μπορεί να επισκευάζεται εύκολα σε περίπτωση φθοράς από μηχανική διάβρωση

Το κόστος του κελύφους και του σώματος από χαλυβοέλασμα είναι μεγαλύτερο από αυτό του χυτοχάλυβα ο οποίος όμως έχει τη μισή περίπου επιτρεπόμενη τάση από αυτή του ελατού χάλυβα (χαλυβοέλασμα).

**γ) Άτρακτος.** Για την επιλογή του υλικού της ατράκτου λαμβάνονται υπόψη τα ακόλουθα κατά σειρά κριτήρια:

- αντοχή σε κόπωση
- ανθεκτικότητα στη χημική διάβρωση
- ευαισθησία στις ρωγμές.

Η άτρακτος κατασκευάζεται από κοινό χάλυβα κατασκευών St 60 και σε περιπτώσεις μεγαλύτερων απαιτήσεων αντοχής χρησιμοποιείται ανοξειδωτος χρωμιούχος και χρωμιονικελιούχος (18% Cr, 8% Ni) χάλυβος.

**δ) Δακτύλιοι φθοράς.** Οι δακτύλιοι φθοράς σχηματίζουν, στις αντλίες μεγάλου μεγέθους συνήθως, το μικρό ακτινικό διάκενο που σκοπό έχει τη διατήρηση των ογκομετρικών απωλειών στην επιθυμητή τιμή. Φθορά των δακτυλίων λόγω χημικής ή μηχανικής διάβρωσης έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση των ογκομετρικών απωλειών, γεγονός που θα απαιτήσει την αντικατάστασή τους ώστε η αντλία να αποκτήσει πάλι Τα αρχικά λειτουργικά χαρακτηριστικά της. Για το λόγο αυτό για την επιλογή του υλικού των δακτυλίων λαμβάνονται υπόψη Τα ακόλουθα κατά σειρά κριτήρια:

- ανθεκτικότητα στη χημική διάβρωση,
- ανθεκτικότητα στη μηχανική διάβρωση,
- χαρακτηριστικά "αρπάγματος",
- μηχανουργικές ιδιότητες και ιδιότητες χύτευσης.

Ο ορείχαλκος ψευδαργύρου είναι το υλικό που χρησιμοποιείται συχνότερα σε όλες σχεδόν τις περιπτώσεις άντλησης νερού λόγω των χαρακτηριστικών του έναντι της μηχανικής διάβρωσης και των πολύ καλών μηχανουργικών ιδιοτήτων του.

Σε εφαρμογές όπου η χρήση του ορείχαλκου δεν κρίνεται επιτυχής (π.χ. έντονες συνθήκες μηχανικής διάβρωσης) ή όταν η θερμοκρασία υπερβαίνει τους 120°C χρησιμοποιείται ανοξειδωτος χάλυβας για τους δακτυλίους φθοράς. Δεδομένου ότι ο ανοξειδωτος χάλυβας είναι ένα υλικό που "αρπάζει" όταν έρθει σε επαφή με τον αντίστοιχο δακτύλιο από το ίδιο υλικό, ο κίνδυνος ελαττώνεται δεχόμενοι μεγαλύτερες τιμές ακτινικού διακένου στους λαβυρίθους (με αντίστοιχη επιμήκυνσή τους) και φροντίζοντας να υπάρχει μία διαφορά σκληρότητας μεταξύ των δύο δακτυλίων της τάξης των 125...150 Brinell.

## 2.5 ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

### 2.5.1 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΑΝΤΛΙΑΣ.

Σε αυτή την παράγραφο παρουσιάζονται τα κύρια μεγέθη που σχετίζονται με την λειτουργία μιας φυγοκεντρικής αντλίας.

#### 2.5.1-α Παροχή $\dot{V}$

Είναι ο όγκος του υγρού που κινεί η αντλία στην μονάδα χρόνου. Συμβολίζεται με το γράμμα  $\dot{V}$  και οι μονάδες μέτρησής της στο μετρικό σύστημα είναι κυβικά μέτρα ανά δευτερόλεπτο ( $m^3/s$ ). Στην πράξη όμως χρησιμοποιούνται και κυβικά μέτρα ανά ώρα ( $m^3/h$ ), και λίτρα ανά λεπτό ( $l/min$ ). Καθώς όλα τα υγρά είναι ουσιαστικά ασυμπίεστα, η παροχή έχει σταθερή τιμή σε όλα τα σημεία της εγκατάστασης και συνδέεται άμεσα με την ταχύτητα ροής:  $\dot{V} = A u$ , όπου A είναι το εμβαδόν διατομής του αγωγού σε κάποιο σημείο της εγκατάστασης και u είναι η αντίστοιχη ταχύτητα ροής.

#### 2.5.1-β Μανομετρικό ύψος αντλίας, Ηαντλ

Δηλώνει την ολική ενέργεια που προσδίδει η αντλία στο διακινούμενο υγρό. Ουσιαστικά είναι η ενέργεια που παράγει η αντλία ανά μονάδα βάρους του υγρού. Χρησιμοποιώντας φυσικούς όρους, το μανομετρικό ύψος μιας αντλίας είναι το μέγιστο ύψος ενός κατακόρυφου πίδακα υγρού που μπορεί να δημιουργήσει η αντλία. Κατά συνέπεια, έχει μονάδες

μήκους και στο μετρικό σύστημα εκφράζεται σε μέτρα (m).

Η επιλογή του μανομετρικού ύψους για τον προσδιορισμό της ενέργειας που παράγει μια αντλία βασίζεται στο γεγονός ότι αυτό δεν επηρεάζεται από το χρησιμοποιούμενο υγρό και συγκεκριμένα, από την πυκνότητά του. Έτσι, η ενεργειακή συμπεριφορά της αντλίας εκφρασμένης ως μεταβολή του μανομετρικού ύψους, θα είναι ίδια για κάθε διακινούμενο υγρό. Αυτό φαίνεται και στην ακόλουθη διαδικασία διατύπωσης μιας έκφρασης για το μανομετρικό ύψος της αντλίας:

Η ολική ενέργεια μιας στοιχειώδους ποσότητας υγρού με μάζα  $m$  είναι:

$$\text{ολική ενέργεια} = pV + \frac{1}{2}m U^2 + m g z$$

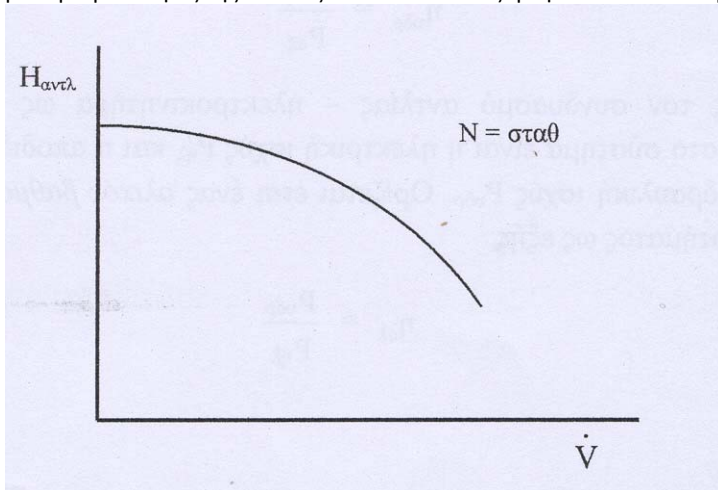
όπου  $p$  είναι η τοπική στατική πίεση,  $V$  είναι ο όγκος της στοιχειώδους ποσότητας,  $u$  η ταχύτητά της,  $g$  η επιτάχυνση της βαρύτητας και  $z$  η κατακόρυφη απόστασή της από ένα επίπεδο αναφοράς. Υπενθυμίζεται ότι ο πρώτος όρος δεξιά της ισότητας δηλώνει την ενέργεια πίεσης που διαθέτει αυτή η στοιχειώδης ποσότητα υγρού, ο δεύτερος όρος την κινητική ενέργειά της και ο τρίτος, την δυναμική ενέργειά της. Διαιρώντας όλους τους όρους της Σχέσης με το βάρος  $mg$  της στοιχειώδους ποσότητας:

$$\text{ολική ενέργεια ανά μονάδα βάρους} = p/\rho g + U^2/2g + z$$

όπου  $\rho$  είναι η πυκνότητα του υγρού ( $\rho = m/V$ ). Το μανομετρικό ύψος της αντλίας (δηλαδή, όπως προαναφέρθηκε, η ενέργεια ανά μονάδα βάρους που προσέδωσε η αντλία στο υγρό) μπορεί να προσδιοριστεί αφαιρώντας από την ολική ενέργεια ανά μονάδα βάρους του υγρού στην έξοδο της αντλίας, την ολική ενέργεια ανά μονάδα βάρους στην είσοδο. Εφαρμόζοντας την προηγούμενη στα δύο αυτά σημεία χρησιμοποιώντας αντίστοιχους δείκτες, προκύπτει:

$$H_{\text{αντ}} = (p_{\text{εξ}} - p_{\text{εισ}})/\rho g + (U_{\text{εξ}}^2 - U_{\text{εισ}}^2)/2g + (Z_{\text{εξ}} - Z_{\text{εισ}})$$

Χρησιμοποιώντας υγρά με διαφορετική πυκνότητα, οι πιέσεις εξόδου και εισόδου της αντλίας μεταβάλλονται έτσι ώστε οι λόγοι  $p_{\text{εξ}}$  και  $p_{\text{εισ}}$  παραμένουν σταθεροί. Κατά συνέπεια, το μανομετρικό ύψος της αντλίας  $H_{\text{αντ}}$  είναι ανεξάρτητο του διακινούμενου υγρού.



Σχήμα 2.29 Μεταβολή του μανομετρικού ύψους αντλίας με την ογκομετρική παροχή.

Αν η αντλία λειτουργεί σε σταθερές στροφές, το μανομετρικό ύψος ελαττώνεται συνεχώς καθώς αυξάνεται η παροχή. Η μέγιστη τιμή μανομετρικού ύψους εμφανίζεται σε μηδενική παροχή και κατά συνέπεια, ονομάζεται *ύψος μηδενικής παροχής*. Αύξηση του αριθμού στροφών της αντλίας προκαλεί μετακίνηση της καμπύλης προς μεγαλύτερες τιμές μανομετρικού ύψους και παροχής, ενώ μείωση του αριθμού στροφών, προκαλεί μετακίνηση της καμπύλης προς



χαμηλότερες τιμές.

### 2.5.1-γ Ισχύς και βαθμός απόδοσης.

Όπως προαναφέρθηκε, η φυγοκεντρική αντλία είναι μια διάταξη η οποία παραλαμβάνει μηχανική ισχύ μέσω του άξονά της (Ραξ) και την αποδίδει στο υγρό που διακινεί. Η ισχύς που προσλαμβάνει το υγρό ονομάζεται *υδραυλική ισχύς*,  $P_{υδρ}$  και είναι ανάλογη του μανομετρικού ύψους της αντλίας Ηαντλ και της ογκομετρικής παροχής  $\dot{V}$  :

$$P_{υδρ} = P g \text{ Ηαντλ } \dot{V}$$

Η μηχανική ισχύς είναι ίση με το γινόμενο της ροπής στρέψης  $M$  του άξονα επί την γωνιακή ταχύτητά του  $\omega$ .

$$P_{αξ} = M\omega$$

Η μηχανική αυτή ισχύς προέρχεται από τον ηλεκτροκινητήρα ο οποίος καταναλώνει ηλεκτρική ισχύ  $P_{ηλ}$ :

$$P_{ηλ} = V I$$

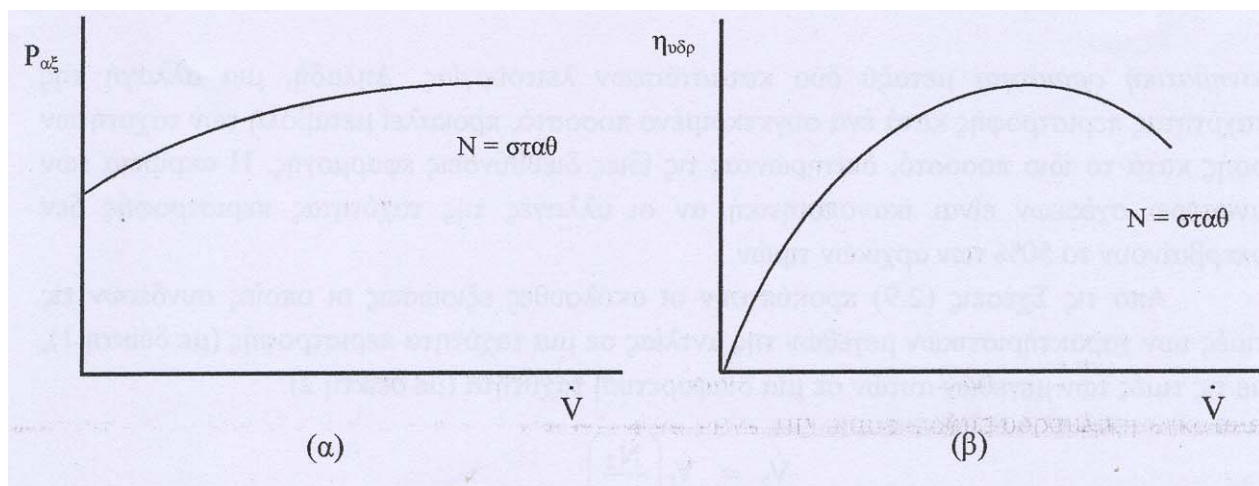
όπου  $V$  είναι η τάση (σε volts) και  $I$  είναι η ένταση (σε amperes) του παρεχόμενου ηλεκτρικού ρεύματος.

Η υδραυλική ισχύς είναι πάντοτε μικρότερη της μηχανικής ισχύος λόγω των απωλειών ενέργειας στην αντλία που προέρχονται από τριβές στον άξονα και από τριβές και στροβιλισμούς του υγρού στο στροφέιο και τον σπειροειδή θάλαμο. Κατά συνέπεια, ορίζεται ένας *υδραυλικός βαθμός απόδοσης*  $\eta_{υδρ}$  της αντλίας, ως εξής:

$$\eta_{υδρ} = P_{υδρ} / P_{αξ}$$

Θεωρώντας τον συνδυασμό αντλίας - ηλεκτροκινητήρα ως ενιαίο σύστημα, η παρεχόμενη ισχύς στο σύστημα είναι η ηλεκτρική ισχύς  $P_{ηλ}$  και η αποδιδόμενη ισχύς από το σύστημα είναι η υδραυλική ισχύς  $P_{υδρ}$ . Ορίζεται έτσι ένας *ολικός βαθμός απόδοσης*  $\eta_{ολ}$  του αντλητικού συγκροτήματος ως εξής

$$\eta_{ολ} = P_{υδρ} / P_{ηλ}$$



Σχήμα 2.30 Μεταβολή της μηχανικής ισχύος και του υδραυλικού βαθμού απόδοσης αντλίας με την ογκομετρική παροχή.

Στο Σχήμα 2.26 (α) παρουσιάζεται μια αντιπροσωπευτική μορφή της καμπύλης μεταβολής της απαιτούμενης μηχανικής ισχύος για την λειτουργία της αντλίας. Συνήθως, αν η αντλία λειτουργεί σε σταθερές στροφές, αύξηση της ογκομετρικής παροχής προκαλεί αύξηση της απαιτούμενης μηχανικής ισχύος. Ένα σημαντικό στοιχείο του ανωτέρω διαγράμματος είναι το γεγονός ότι και όταν η αντλία λειτουργεί με μηδενική παροχή (και κατά συνέπεια, αποδίδοντας το μανομετρικό ύψος μηδενικής παροχής), ακόμη απαιτείται δαπάνη ενέργειας, δηλαδή παροχή μηχανικής ισχύος στον άξονά της.

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.26 (β), ο βαθμός απόδοσης μιας αντλίας αυξάνεται σταθερά με την παροχή ως μια μέγιστη

τιμή. Αν η παροχή αυξηθεί ακόμη περισσότερο, ο βαθμός απόδοσης αρχίζει να μειώνεται, καθώς οι απώλειες λόγω μηχανικών και υδραυλικών τριβών αποκτούν συνεχώς μεγαλύτερη σημασία. Η μέγιστη τιμή του βαθμού απόδοσης αντλιών μεγάλων διαστάσεων είναι συνήθως αρκετά υψηλός (της τάξεως του 90%). Αντίθετα σε μικρές αντλίες, συνήθως δεν υπερβαίνει το 60%.

### **2.5.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΝΤΛΙΑΣ.**

Σε αυτή την παράγραφο παρουσιάζονται τα κύρια μεγέθη που σχετίζονται με την λειτουργία και τις επιδόσεις μιας φυγοκεντρικής αντλίας που είναι συνδεδεμένη σε μια υδραυλική εγκατάσταση.

#### **2.5.2-α Μανομετρικό ύψος εγκατάστασης, *He<sub>γκ</sub>*.**

Κατά τρόπο ανάλογο με το μανομετρικό ύψος αντλίας, το μανομετρικό ύψος εγκατάστασης δηλώνει την ενέργεια ανά μονάδα βάρους υγρού που απαιτείται για την διακίνηση του υγρού μέσω μιας υδραυλικής εγκατάστασης. Η τιμή του *He<sub>γκ</sub>* εξαρτάται αποκλειστικά από την μορφή και την σύνθεση της εγκατάστασης και προκύπτει από το άθροισμα των διαφόρων ειδών ενέργειας που απαιτούνται για την κίνηση του υγρού.

Τα είδη της απαιτούμενης ενέργειας είναι: (α) δυναμική ενέργεια, αν το υγρό κινείται προς υψηλότερα σημεία, (β) κινητική ενέργεια, αν το υγρό κινείται σε επιμήκεις σωληνώσεις όπου υφίσταται σημαντικές απώλειες κινητικής ενέργειας λόγω τριβών, (γ) ενέργεια πίεσης, αν υπάρχουν εξαρτήματα στην υδραυλική εγκατάσταση που προκαλούν σημαντική πτώση πίεσης (π.χ. βαλβίδες, σωληνώσεις με πολλές γωνίες και διακλαδώσεις, κλπ). Το σύνολο αυτής της απαιτούμενης ενέργειας θα πρέπει να το αποδώσει η αντλία. Κατά συνέπεια σε μια υδραυλική εγκατάσταση όπου μεταφέρεται υγρό με σταθερές συνθήκες, ισχύει:

$$\text{Hαντλ} = \text{He}_{γκ}$$

#### **2.5.2-β Καθαρό Θετικό Ύψος Αναρρόφησης, *NPSH (Net Positive Suction Head)***

Αυτός ο όρος δηλώνει την διαφορά μεταξύ της απόλυτης πίεσης του υγρού στην εισαγωγή μιας αντλίας και της πίεσης ατμοποίησης του υγρού στην θερμοκρασία που έχει.

Στην περίπτωση που η πίεση στην εισαγωγή της αντλίας είναι αρκετά χαμηλή, είναι πιθανό το διακινούμενο υγρό να ατμοποιηθεί και να σχηματιστούν φυσαλίδες οι οποίες μεταφέρονται μέσα στην αντλία. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται σπηλαιώση. Πρώτη επίπτωση αυτού του φαινομένου είναι η σημαντική μείωση της παροχής. Επίσης, όταν οι φυσαλίδες φθάσουν σε περιοχές της αντλίας με υψηλότερη πίεση διασπώνται βίαια, γεγονός που προκαλεί έντονους κραδασμούς που μπορούν να βλάψουν την αντλία, καθώς και τις σωληνώσεις που συνδέονται με αυτήν. Για την αποφυγή σπηλαιώσης θα πρέπει η πίεση στην εισαγωγή της αντλίας να είναι πάντα μεγαλύτερη της πίεσης ατμοποίησης του υγρού.

Στην συνήθη περίπτωση που μια αντλία αναρροφά υγρό από δεξαμενή, η πίεση στην εισαγωγή της αντλίας  $P_{εισ}$  καθορίζεται από την πίεση στην επιφάνεια του υγρού  $P_{επιφ}$  (ατμοσφαιρική, αν πρόκειται για ανοικτή δεξαμενή), την υψομετρική διαφορά  $H_{εισ}$  μεταξύ επιφανείας του υγρού και της εισαγωγής της αντλίας και τις απώλειες στον αγωγό αναρρόφησης  $H_{απωλ}$ .

Σε κανονικές συνθήκες λειτουργίας της αντλίας (χωρίς σπηλαιώση), το Καθαρό Θετικό Ύψος Αναρρόφησης παίρνει τον χαρακτηρισμό *διαθέσιμο* ( $NPSH_a$ , a: available) και υπολογίζεται από την σχέση:

$$NPSH_a = \text{πίεση στην εισαγωγή της αντλίας } P_{εισ} - \text{πίεση ατμοποίησης υγρού } P_{ατμοπ}$$

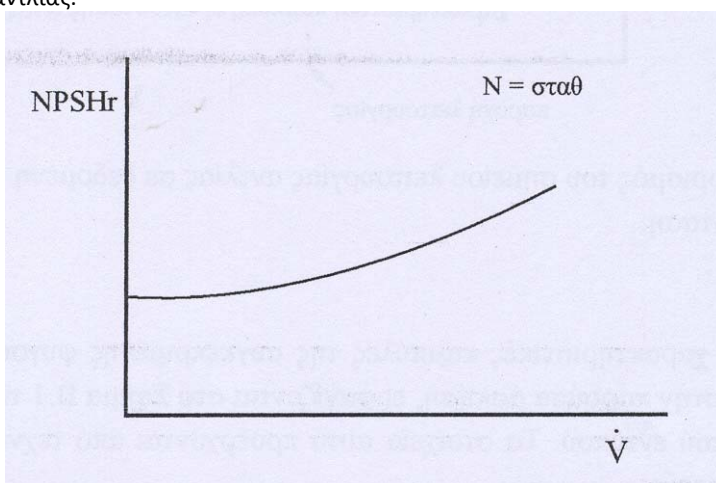
$$= R_{\text{επιφ}}/\rho g \pm H_{\text{εισ}} - H_{\text{απ}} - R_{\text{ατμοπ}}/\rho g$$

Όλοι οι όροι της ανωτέρω σχέσης είναι σε μέτρα στήλης υγρού. Η υψομετρική διαφορά  $H_{\text{εισ}}$  είναι θετική αν η αντλία βρίσκεται πιο χαμηλά από την επιφάνεια του υγρού και αρνητική, αν βρίσκεται πιο ψηλά.

Αν η πίεση στην εισαγωγή της αντλίας μειωθεί τόσο ώστε να εμφανιστεί σπηλαιώση, το Καθαρό Θετικό Ύψος Αναρρόφησης παίρνει τον χαρακτηρισμό *απαιτούμενο* (NPSHr, r: required). Αυτή η συγκεκριμένη τιμή αποτελεί το κριτήριο εμφάνισης σπηλαιώσης. Δηλαδή, η απαραίτητη συνθήκη για την αποφυγή σπηλαιώσης είναι:

$$NPSH_a > NPSH_r$$

Λόγω της μεγάλης σημασίας αυτού του φαινομένου, η τιμή του NPSHr προσδιορίζεται από τον κατασκευαστή και συνοδεύει κάθε μοντέλο αντλίας.



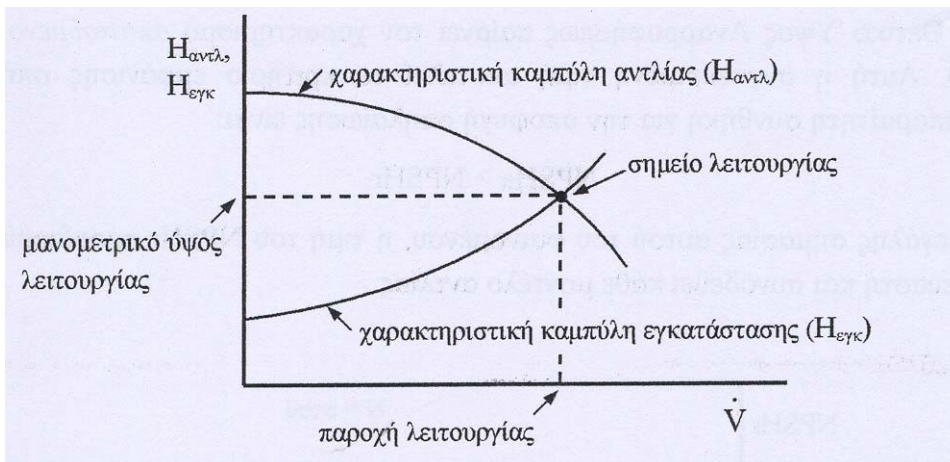
Σχήμα 2.31: Μεταβολή του Απαιτούμενου Καθαρού Θετικού Ύψους Αναρρόφησης με την ογκομετρική παροχή.

Κύριο χαρακτηριστικό του διαγράμματος του Σχήματος είναι η σταδιακή αύξηση της τιμής του NPSHr με την ογκομετρική παροχή.

### 2.5.2-γ Διάγραμμα Λειτουργίας Αντλίας σε Υδραυλική Εγκατάσταση - Σημείο Λειτουργίας

Μια αντλία μπορεί να λειτουργεί σε διάφορους συνδυασμούς τιμών μανομετρικού ύψους και ογκομετρικής παροχής, όπως καθορίζεται από την σχετική χαρακτηριστική καμπύλη. Το συγκεκριμένο σημείο της καμπύλης αυτής που προσδιορίζει τις τιμές μανομετρικού ύψους και παροχής της αντλίας σε μια δεδομένη εφαρμογή, είναι το *σημείο λειτουργίας* της αντλίας. Αν το σημείο αυτό είναι γνωστό, τότε και η απαιτούμενη μηχανική ισχύς  $P_{\text{αξ}}$ , ο βαθμός απόδοσης ηυδρ και το απαιτούμενο Καθαρό Θετικό Ύψος Αναρρόφησης NPSHr μπορούν να προσδιοριστούν από τα αντίστοιχα διαγράμματα.

Το σημείο λειτουργίας μπορεί να προσδιοριστεί μετά από διερεύνηση των ενεργειακών απαιτήσεων της υδραυλικής εγκατάστασης, δηλαδή την δημιουργία μιας καμπύλης μεταβολής του μανομετρικού ύψους εγκατάστασης  $H_{\text{εγκ}}$  με την ογκομετρική παροχή (παράγραφος 2.2.2-α). Το σημείο λειτουργίας της αντλίας είναι το σημείο τομής αυτής της καμπύλης με την καμπύλη Ηαντλ -  $\dot{V}$ . Στο επόμενο Σχήμα (2.28) παρουσιάζεται ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα της ανωτέρω διαδικασίας.



Σχήμα 2.32: Προσδιορισμός του σημείου λειτουργίας αντλίας σε δεδομένη υδραυλική εγκατάσταση .

### ΚΕΦ. 3 ΜΕΛΕΤΗ ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ WORTHINGTON 2WWFB-811

#### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

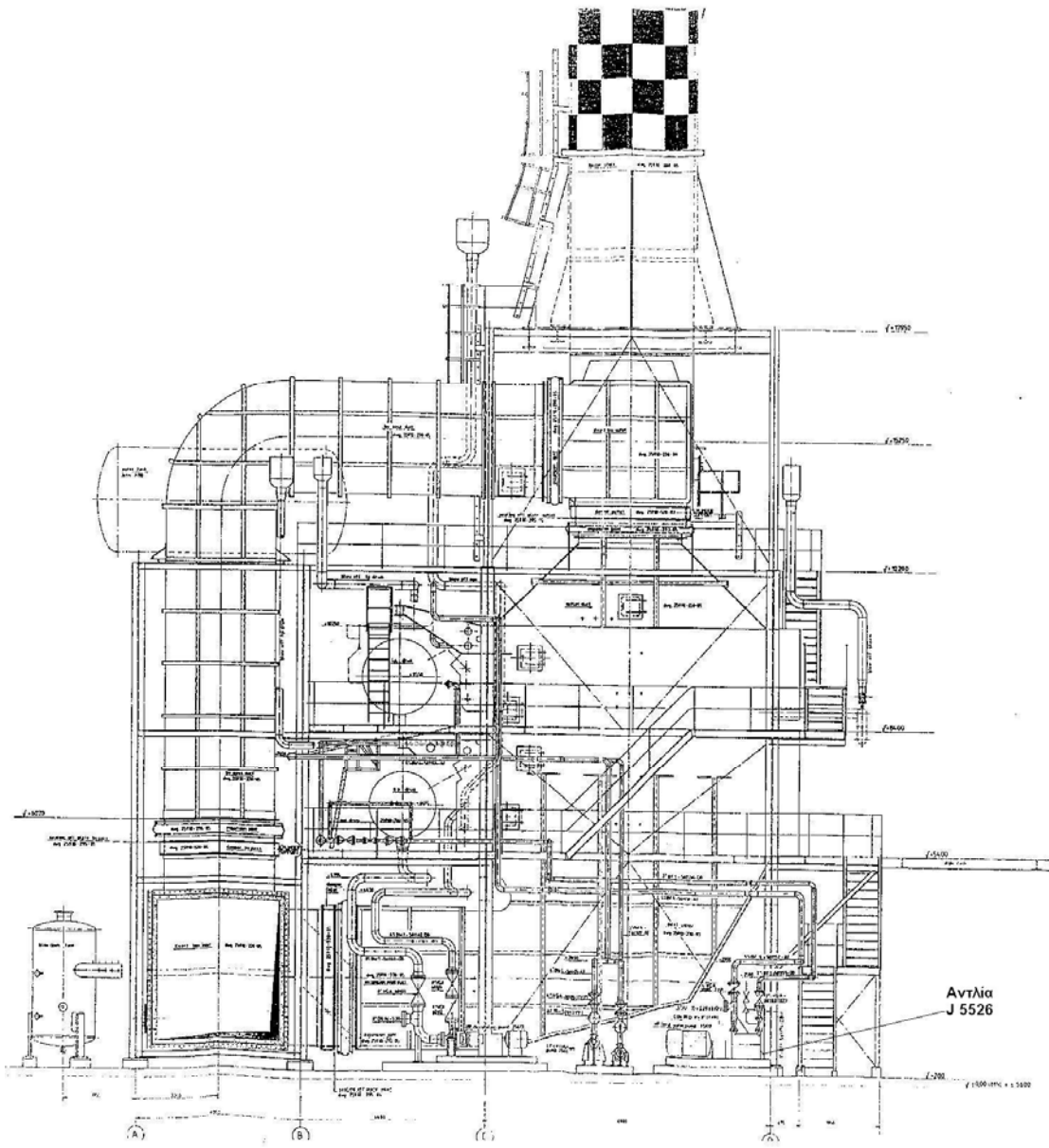
Σε αυτό το τελευταίο κεφάλαιο γίνεται η μελέτη της αντλίας, παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά της, η χρήση της καθώς και η περιγραφή της επισκευής της.

#### 3.1 ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ

Η αντλία WORTHINGTON 2WWFB-811 χρησιμοποιείται από την εταιρία ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΑ σε μια από τις μονάδες του διυλιστηρίου της στον Ασπρόπυργο και συγκεκριμένα στην μονάδα με τον κωδικό αριθμό 5600. Η μονάδα 5600 είναι μια γκαζοτουρμπίνα. Όλα τα μηχανήματα και τα εξαρτήματα της μονάδας φέρουν κωδικό αριθμό σχετικό με τον αριθμό της μονάδας (5600). Υπάρχουν 4 ίδια μοντέλα της αντλίας WORTHINGTON 2WWFB-811 στην μονάδα και αναφέρονται με τους κωδικούς αριθμούς J5612, J5612-S, J5622, J5622-S. Οι αντλίες που χρησιμοποιεί βασικά η μονάδα είναι η J5612 και η J5622, οι άλλες δυο αντλίες με την κατάληξη S είναι οι spare αντλίες, δηλαδή αναπληρωματικές που μπαίνουν σε λειτουργία σε περίπτωση βλάβης των βασικών.

Η αντλία που μελετάμε είναι η **J5622**. Η αντλία χρησιμοποιείται για την τροφοδοσία ενός λέβητα με νερό. Η αντλία παραλαμβάνει **νερό** από έναν προθερμαντήρα, σε μια θερμοκρασία, το οποίο στέλνει στον λέβητα για **ατμοποίηση**. Η ατμοποίηση γίνεται μέσα στο λέβητα όπου αναμιγνύονται τα καυσαέρια της γκαζοτουρμπίνας και το νερό που στέλνει η αντλία μέσω δικτύου σωληνώσεων. Ο ατμός που παράγεται διοχετεύεται μέσω δικτύου σωληνώσεων στις μονάδες του διυλιστηρίου που είναι απαραίτητος για την λειτουργία τους.

Στο σχέδιο της επόμενης σελίδας φαίνεται μια γενική εικόνα ολόκληρης της μονάδας όπου φαίνεται και η αντλία J5622.





### 3.2 J5622 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΝΤΛΙΑΣ

Η συγκεκριμένη αντλία, όπως όλες οι αντλίες, συνοδεύεται από ένα εγχειρίδιο(manual) από τον κατασκευαστή το οποίο περιέχει όλα τα στοιχεία της αντλίας, τον τρόπο εγκατάστασης της, χαρακτηριστικά λειτουργίας της, τα μέρη από τα οποία αποτελείται, τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά αυτών και πολλά άλλα στοιχεία.

Η αντλία J5622 είναι μια πολυβάθμια, συγκεκριμένα εντεκαβάθμια αντλία, τα **εξής χαρακτηριστικά:**

**ΤΥΠΟΣ ΑΝΤΛΙΑΣ : 2WWFB-811**

**SERIAL No (αριθμός) : W313427/28/29/30**

**ΑΝΤΛΟΥΜΕΝΟ ΥΓΡΟ : ΠΡΟΘΕΡΜΑΣΜΕΝΟ ΝΕΡΟ**

**ΜΕΓΙΣΤΗ ΠΑΡΟΧΗ : 37 m<sup>3</sup>/h**

**ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΠΑΡΟΧΗ : 11,25 m<sup>3</sup>/h**

**ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗΣ : 2950 rpm**

**ΑΡΙΘΜΟΣ ΒΑΘΜΙΔΩΝ : 11**

**ΜΕΓΙΣΤΟ ΜΑΝΟΜΕΤΡΙΚΟ ΥΨΟΣ : 555m**

Την περιστροφική κίνηση την δίνει στην αντλία ένας ηλεκτροκινητήρας.

CLIENT: <b>H.A.R.</b>	SITE: <b>ASPROPYRGOS</b>	CONTRACT: <b>SC407/AF-14-0000</b>	REQUISITION NO.	DATE
MATERIAL: <b>CENTRIFUGAL PUMP</b>			<b>0006-1382/B</b>	<b>21-2-86</b>
SERVICE: <b>HP BOILER FEED WATER PUMP</b>			SUPERSEDED BY CHANGE NO	
ITEM: <b>J-5612/S</b>	NO. REQ: <b>TWO EACH</b>	UNIT: <b>GTS 5610/5620</b>	1   30.4.88   3	5
VENDOR: <b>J-5622/S</b>	P.O. No.		2	4   6
PUMP MFR: <b>WORTHINGTON</b> SIZE & MODEL: <b>2WWB-F811</b>			STAGES: <b>11</b> SERIAL NO.	
OPERATING CONDITIONS, EACH PUMP:			PERFORMANCE	
LIQUID: <b>water</b>	m <sup>3</sup> /h at P.T. MIN	NORM <b>33.8</b> RTD <b>37</b>	PROPOSAL CURVE NO.	
PT. C: <b>14.8</b> MAX <b>152</b>	DISCH. PRESS. kg/cm <sup>2</sup>	RTD <b>58÷63</b>	RPM <b>7950</b> NPSHR (WATER) m <b>2.6</b>	
SP GR at P.T. <b>919</b> kg/m <sup>3</sup>	SUCT. PRESS. kg/cm <sup>2</sup> (MAX)	RTD <b>7÷12</b>	MIN. CONT. FLOW m <sup>3</sup> /h <b>7</b> at P	
VAP. PRESS. at P.T. kg/cm <sup>2</sup> abs	DIFF. PRESS. kg/cm <sup>2</sup>	<b>51</b>	ROTATION, VIEWING FROM COUPLING <input checked="" type="checkbox"/> CW = CC	
VIS at P.T.	TOTAL DIFF. HEAD. m	<b>555</b>	EFFICIENCY AT RATED POINT WITH VISCOSITY C	
CORR./EROS. caused by	NPSH AVAIL. m	<b>10</b>	ACTUAL LIQUID <b>62</b> % WATER <b>62</b>	
LOCATION <input type="checkbox"/> INDOOR <input checked="" type="checkbox"/> OUTDOOR <input type="checkbox"/> UNDER ROOF	HYD. KW	<b>51.4</b>	ABS. KW. RATED <b>83</b> NORM <b>83</b> MAX	
CONSTRUCTION			MAX. TOTAL HEAD. m <b>117</b> %	
NOZZLES	SIZE	ANSI RATING	FACING	LOCATION
SUCTION	<b>3"</b>	<b>600#</b>	<b>RF</b>	<b>TOP</b>
DISCHARGE	<b>2"</b>	<b>600#</b>	<b>RF</b>	<b>TOP</b>
CASE-MOUNT <input checked="" type="checkbox"/> CENTERLINE <input type="checkbox"/> FOOT <input type="checkbox"/> BRACKET <input type="checkbox"/> IN-LINE <input type="checkbox"/> VERTICAL	WITH RATED SUCT. PRESS. kg/cm			
SPLIT: <input type="checkbox"/> AXIAL <input checked="" type="checkbox"/> RADIAL	<b>2</b> WITH MAX. SUCT. PRESS. <b>77</b> kg/cm			
-VOLUTE: <input type="checkbox"/> SINGLE <input type="checkbox"/> DOUBLE <input checked="" type="checkbox"/> DIFFUSER	VERTICAL PUMPS			
AUX. CONNECTS: <input type="checkbox"/> VENTS <input checked="" type="checkbox"/> DRAINS <input checked="" type="checkbox"/> GAGES <input checked="" type="checkbox"/> VALVED / plugged	DYNAMIC HEAD			
IMPELLER: DIA. RATED <b>195</b> MAX <b>204</b> MIN <b>180</b> SUCT. SPEC. SPEED <b>7470</b>	MIN. SUBM. REQ'D			
TYPE <input type="checkbox"/> CLOSED <input type="checkbox"/> OPEN <input checked="" type="checkbox"/> SINGLE SUCTION <input type="checkbox"/> DOUBLE SUCTION	SHAFT BEARING LUBRICATION WITH:			
MOUNTING <input checked="" type="checkbox"/> BETWEEN BEARINGS <input type="checkbox"/> OVERHUNG	<input type="checkbox"/> OIL <input type="checkbox"/> WATER <input type="checkbox"/> GREASE			
WEAR RINGS <input checked="" type="checkbox"/> INLET <input type="checkbox"/> BACK <input type="checkbox"/> BOTH SIDE <input type="checkbox"/> CASE ONLY <input checked="" type="checkbox"/> CASE & IMPELL.	PUMP THRUST UP <input type="checkbox"/> DOWN <input type="checkbox"/>			
BEARINGS: TYPE <b>RADIAL ball</b> THRUST <b>ball</b>	THRUST BEARING <input type="checkbox"/> IN PUMP <input type="checkbox"/> IN MOTOR			
LUBE <input type="checkbox"/> RING <input checked="" type="checkbox"/> FLOOD <input type="checkbox"/> FLINGER <input type="checkbox"/> MIST <input type="checkbox"/> PRESSURE <input type="checkbox"/> GREASE	MATERIALS: <input type="checkbox"/> API CLASS <input checked="" type="checkbox"/> Option B			
COUPLING: MFR: <b>Mekastream</b> MODEL: <b>TSKS</b> GUARD TYPE: <b>non-sparking</b>	CORROSION ALLOWANCE			
DRIVER 1/2 MTD BY _____ MACHINED BY _____	<input checked="" type="checkbox"/> CASE, BARREL <b>CS</b>			
<input type="checkbox"/> PACKING: MFR & TYPE _____ SIZE _____ NO. RINGS _____	<input checked="" type="checkbox"/> IMPELLER <b>16÷18 Cr. 1÷2 Ni</b>			
<input checked="" type="checkbox"/> MECH. SEAL: MFR & MODEL <b>Flexibox</b> API CODE <b>BSTGM</b>	<input checked="" type="checkbox"/> INNER CASE PARTS <b>CS</b>			
MFR CODE _____ SEALING PRESSURE _____ kg/cm <sup>2</sup>	<input checked="" type="checkbox"/> SLEEVE <b>12 Cr</b>			
AUXILIARY PIPING:	<input checked="" type="checkbox"/> SHAFT <b>12 Cr</b>			
C.W. PIPE PLAN <input checked="" type="checkbox"/> CS <input type="checkbox"/> S.S. <input type="checkbox"/> COPPER <input type="checkbox"/> TUBING <input checked="" type="checkbox"/> PIPE	<input checked="" type="checkbox"/> WEAR RING IMP/CASING <b>12÷14 Cr</b>			
INCLUDING: <input checked="" type="checkbox"/> FLOW INDICATIONS <input checked="" type="checkbox"/> INLET VALVE <input checked="" type="checkbox"/> DISCH. VALVE <input checked="" type="checkbox"/> COOLER	<input type="checkbox"/> COLUMN/HEAD			
PIPE & FITTING SIZE <b>1/2"</b> TOTAL C.W. REQ'D _____ m <sup>3</sup> /h	<input checked="" type="checkbox"/> BASEPLATE <b>steel</b>			
TYPE _____ DES. TEMP _____ °C DES. PRESS. <b>8</b> kg/cm <sup>2</sup>	DESIGN DATA			
IN _____ kg/cm <sup>2</sup> OUT _____ kg/cm <sup>2</sup> IN _____ °C OUT _____ °C (MAX)	MAWT. <b>200</b> °C MAWP <b>73</b> kg/cm <sup>2</sup>			
PACKING INJECTION: FLUID _____ °C REQ'D _____ m <sup>3</sup> /h _____ kg/cm <sup>2</sup>	PLANT DESIGN TEMPERATURE <b>152</b>			
SEAL FLUSHING PLAN <b>23</b> <input checked="" type="checkbox"/> CS <input type="checkbox"/> S.S. <input type="checkbox"/> TUBING <input checked="" type="checkbox"/> PIPE	MAWP at PLANT DES. TEMP <b>73</b> kg/cm <sup>2</sup>			
EXT. FLUSHING FLUID _____ °C REQ'D _____ m <sup>3</sup> /h _____ kg/cm <sup>2</sup>	WEAR RINGS CLEARANCES <b>API 610</b>			
AUX. SEAL PLAN <b>61</b> <input checked="" type="checkbox"/> CS <input type="checkbox"/> S.S. <input type="checkbox"/> TUBING <input checked="" type="checkbox"/> PIPE	FINAL DATA			
QUENCH FLUID _____	ACTUAL IMPELLER DIAM _____			
STEAM JACKETS <input type="checkbox"/> SUCTION <input type="checkbox"/> STUFFING BOX <input type="checkbox"/> COMPLETE PUMP	OUTLINE DWG. NO _____			
STEAM CONDITIONS: °C _____ kg/cm <sup>2</sup>	PUMP SECT. DWG. NO _____			
MOTOR DRIVERS BY: <b>VENDOR</b>	AUX. PIPING DWG. NO _____			
ITEM NO: <b>J-5612/S</b> MTD. BY <b>11</b>	MECH. SEAL DWG. NO _____			
KW _____ RPM _____ SHAPE _____	WEIGHTS (kg NET EACH)			
MFR _____ TYPE _____ ENCL _____	PUMP ONLY <b>430</b> MOTOR <b>735</b>			
VOLT/PHASES/Hz _____	BASE <b>200</b> TURBINE _____			
BEARINGS: <b>BALL</b> LUBE: <b>GREASE</b>	SHOP TESTS:			
VERT. UNITS: <input type="checkbox"/> VSB <input type="checkbox"/> VHS	PERFORMANCE AT FULL RPM <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>			
THRUST kg _____ UP _____ DOWN _____	NPSHR AT FULL RPM <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>			
TURBINE DRIVERS BY: _____	DISMANTLE & REASSEMBLY <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>			
ITEM NO: <b>J-5612/S</b> MTD. BY _____	HYDROTEST (AT <b>1.5</b> kg/cm <sup>2</sup> ) <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>			
KW _____ RPM _____ MAT'L _____	<b>M A W P</b> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>			
MFR and TYPE _____	APPLICABLE DOCUMENTS: API STD 610 LATEST EDITION. GENERAL NOTES REQ'D: <b>AFSPECS 1311/1 REV1, 1830/1 REV2, 1960/1 REV0, 1922 REV1</b>			
INLET STEAM kg/cm <sup>2</sup> _____ TEMP °C _____	<b>SAME MFR DATA ARE VALID AS FOR J-5611</b>			
EXHAUST kg/cm <sup>2</sup> _____	Automatic recirculation valves Yarway to be supplied by pump vendor			
STEAM RATE _____ kg/kW hr _____	ISSUED BY: <b>FOROPOULOS</b>			
BEARINGS _____				
LUBE _____ CW REQ'D _____ m <sup>3</sup> /h _____				

Στο παραπάνω πίνακα από το εγχειρίδιο της αντλίας φαίνονται συνοπτικά όλα τα στοιχεία της. Αναφέρεται ο κατασκευαστής, το μοντέλο της αντλίας και όλα τα στοιχεία της, από την αντλητική της ικανότητα, τα υλικά κατασκευής, τα γεωμετρικά στοιχεία της, τις σωληνώσεις μέχρι και τον τύπο ρουλεμάν που φέρει η αντλία.



### 3.3 ΜΕΡΗ ΤΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ J5622

Επειδή στην εργασία αυτή είναι δύσκολο να αναφερθούμε αναλυτικά σε όλα όσα αναφέρει το εγχειρίδιο θα αναλύσουμε τα βασικά μέρη της αντλίας με τη βοήθεια του.

#### 3.3.1 ΚΕΛΥΦΟΣ (ΣΩΜΑ ΤΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ)

Το σώμα της αντλίας είναι κυλινδρικό. Στην παρακάτω φωτογραφία διακρίνεται το σώμα της αντλίας.



Εικόνα 3.1.

Αριστερά, όπως φαίνεται στη φωτογραφία, πάνω στο σώμα της αντλίας είναι ο αγωγός αναρρόφησης και δεξιά ο αγωγός της κατάθλιψης. Επίσης διακρίνονται και οι δύο από τις τέσσερις βάσεις της αντλίας.

#### 3.3.2 ΑΞΟΝΑΣ (SHAFT)

Ο άξονας της αντλίας είναι ένα από τα βασικότερα μέρη της. Πάνω στο άξονα τοποθετούνται τα πτερύγια (impellers), οι διαχύτες (diffusers), τα δακτυλίδια (ο - rings) και άλλα εξαρτήματα της αντλίας. Με την περιστροφή του άξονα αρχίζει και η λειτουργία της αντλίας. Στην επόμενη φωτογραφία φαίνεται ο άξονας της J5622, ο οποίος φέρει πάνω του τα πτερύγια.



Εικόνα 3.2.

### 3.3.3 ΠΤΕΡΥΓΙΑ (IMPELLERS)



Εικόνα 3.3.

Η αντλία φέρει 11 πτερύγια. Στη παραπάνω φωτογραφία είναι το δέκατο, όπως έχει αριθμηθεί, πτερύγιο της αντλίας. Και τα έντεκα πτερύγια είναι **ίδια** αλλά συνηθίζεται μετά την επισκευή να τοποθετούνται ξανά στην ίδια βαθμίδα που ήταν για λόγους καλής λειτουργίας. Το πτερύγιο τοποθετείται στον άξονα και για την σταθεροποίησή του χρησιμοποιούνται **σφήνες**, οι οποίες προσαρμόζονται σε αύλακα του άξονα και στην εγκοπή του πτερύγιου που φαίνεται στην φωτογραφία.

### 3.3.4 ΔΑΚΤΥΛΙΟΙ (O RINGS)

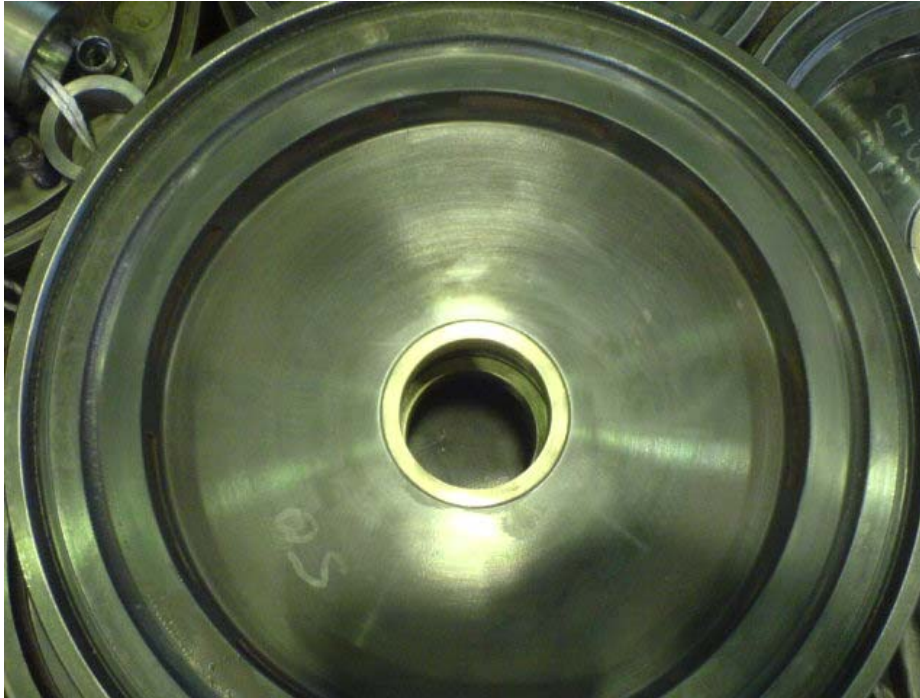


Εικόνα 3.4.

Οι δακτύλιοι χρησιμοποιούνται μεταξύ των πτερυγίων και των διαχυτών. Και αυτοί τοποθετούνται πάνω στον άξονα της αντλίας και σταθεροποιούνται με σφήνες.



### 3.3.5 ΔΙΑΧΥΤΕΣ (DIFFUSERS)



Εικόνα 3.5.

Οι διαχύτες τοποθετούνται στον άξονα της αντλίας και μέσα σε αυτούς τοποθετούνται τα πτερύγια και τα δακτυλίδια.

### 3.5 ΕΔΡΑΝΑ ΑΝΤΛΙΑΣ

Η αντλία χρησιμοποιεί έδρανα κύλισης. Τοποθετούνται δυο έδρανα στην πλευρά της κατάθλιψης και ένα έδρανο στην πλευρά της αναρρόφησης. Στην εικόνα 21 βλέπουμε το ρουλεμάν που είναι τοποθετημένο στην πλευρά της αναρρόφησης. Στην πλευρά της κατάθλιψης χρησιμοποιούνται δυο γωνιακής επαφής σφαιρικά ρουλεμάν.

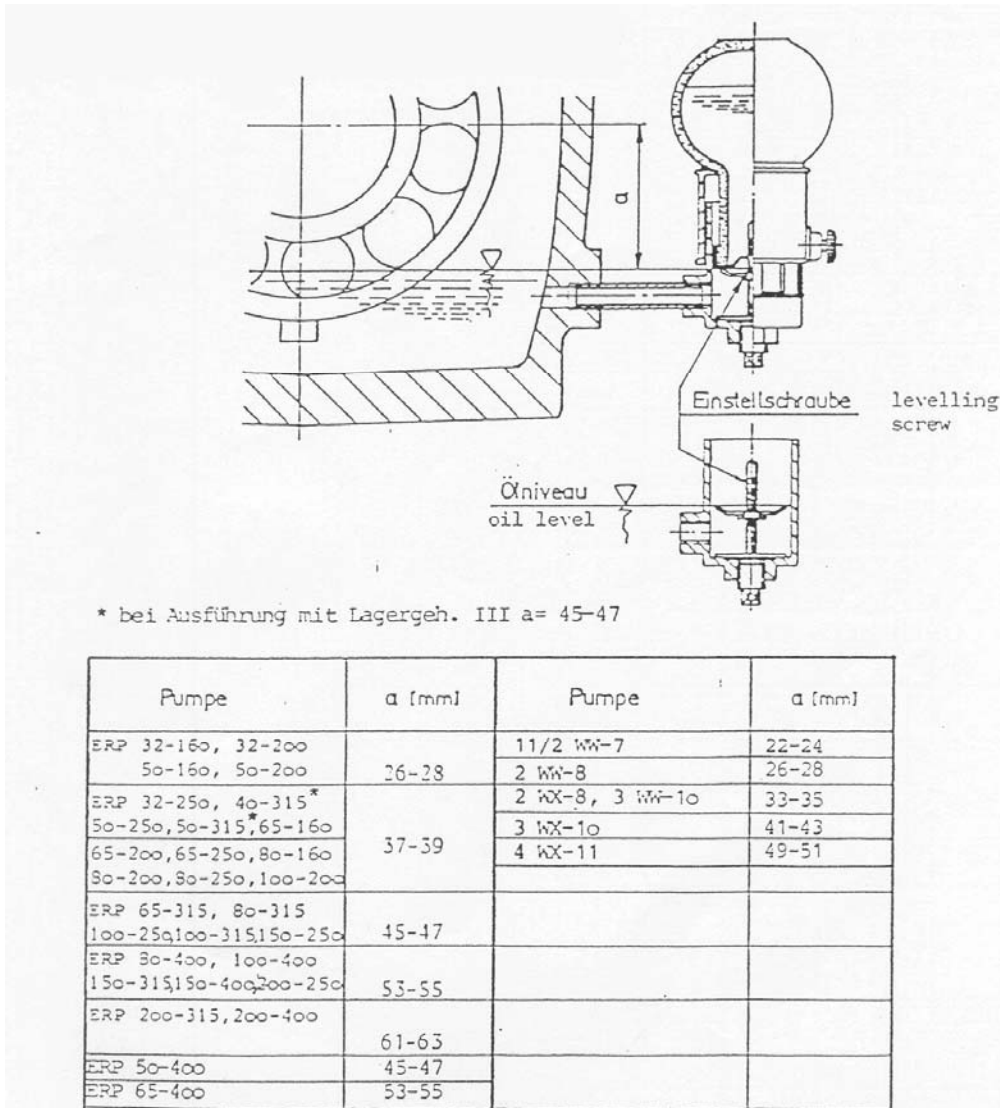


Εικόνα 3.6.

Τα έδρανα όπως προαναφέραμε τοποθετούνται πάνω στο άξονα και πάνω τους εφαρμόζεται η ελαιολεκάνη η αλλιώς «φωλιά των ρουλεμάν». Τα ρουλεμάν λιπαίνονται με συγκεκριμένο, ανάλογο με τον τύπο τους λάδι.

Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται το φύλλο από το εγχειρίδιο της αντλίας που αναφέρεται στην λίπανση, τον τύπο λαδιού και την ενδεικνυόμενη στάθμη του λαδιού. Στο σχήμα φαίνεται το εξωτερικό δοχείο λαδιού που βιδώνεται πάνω στην ελαιολεκάνη.





Σχ 3.1 Δεδομένα της λίπανσης στα έδρανα της αντλίας

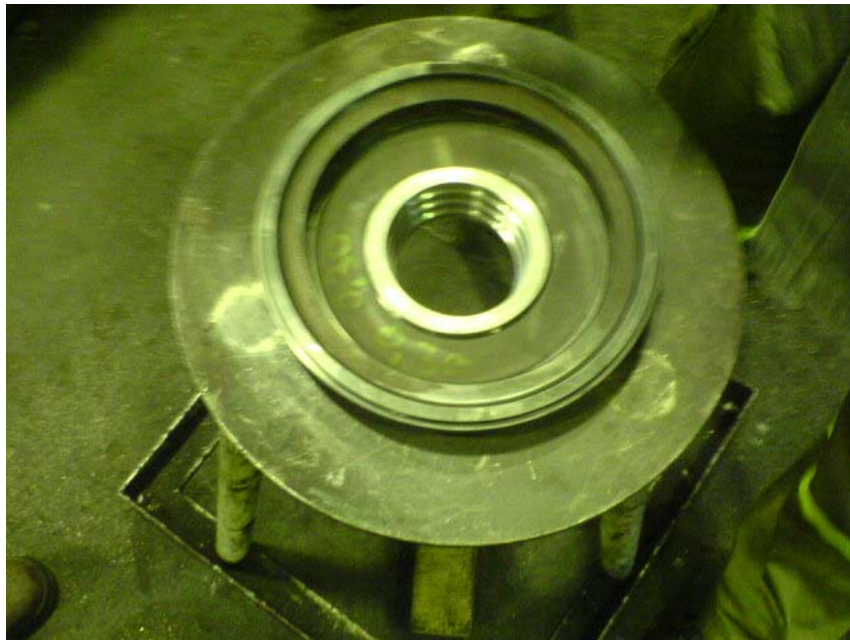
### 3.4 ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ

Τα προηγούμενα εξαρτήματα ουσιαστικά μεταφέρουν το νερό από την αναρρόφηση στην κατάθλιψη. Θα παρουσιάσουμε στην συνέχεια κάποιες εικόνες που δείχνουν ακριβώς τον τρόπο συνεργασίας τους και θα δείξουμε πως μεταφέρεται το νερό από την αναρρόφηση στην κατάθλιψη.



Εικόνα 3.7.

Στη προηγούμενη φωτογραφία φαίνεται το περίβλημα της αναρρόφησης. Αυτό τοποθετείται πρώτο κατά την συναρμολόγηση του άξονα. Στις παρακάτω φωτογραφίες φαίνεται με βήμα βήμα η θέση και η τοποθέτηση των εξαρτημάτων.



ΕΙΚΟΝΑ 3.8.

Στην εικόνα 3.8 τοποθετούμε το περίβλημα της αναρρόφησης σε ειδική βάση.



ΕΙΚΟΝΑ 3.9.

Στη συνέχεια εφαρμόζουμε τον άξονα της αντλίας (εικόνα 3.9).



ΕΙΚΟΝΑ 3.10.

Στην εικόνα 3.10 έχει τοποθετηθεί το πρώτο πτερύγιο, το δακτυλίδι και η σφήνα.



ΕΙΚΟΝΑ 3.11.

Στην εικόνα 3.11, έχει τοποθετηθεί ο πρώτος διαχύτης και μέσα του εφαρμόζεται το επόμενο πτερύγιο.





ΕΙΚΟΝΑ 3.12.

Στην εικόνα 3.12 η διαδικασία συνεχίζεται κατά τον ίδιο τρόπο.



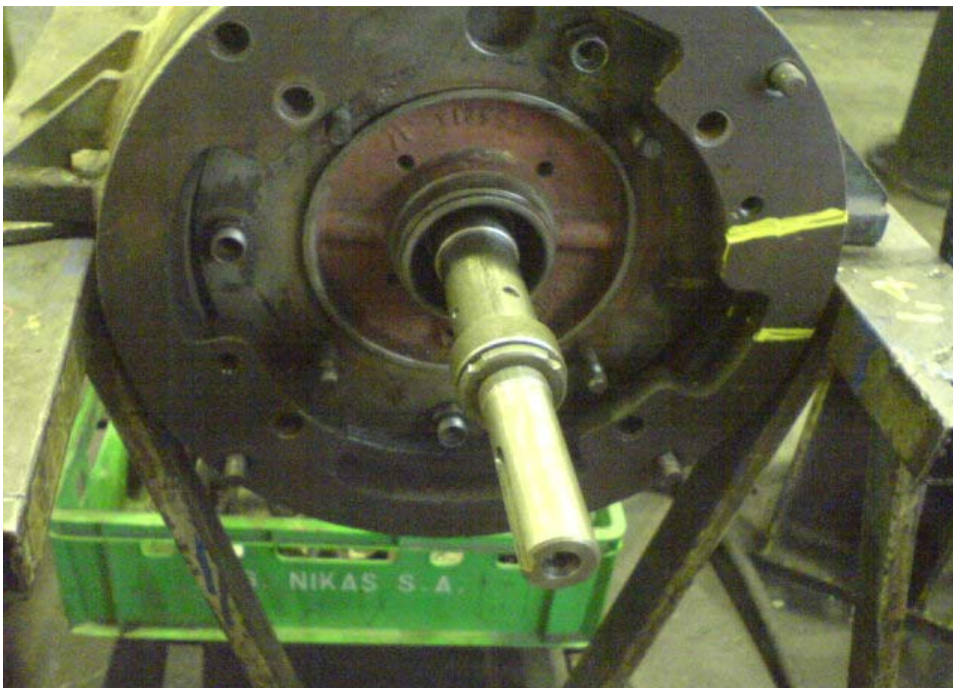
ΕΙΚΟΝΑ 3.13.

Στην εικόνα 13 φαίνεται ολοκληρωμένο το εσωτερικό της αντλίας. Ο άξονας που φέρει τα πτερύγια, τους διαχύτες και τις σφηνές.



ΕΙΚΟΝΑ 3.14.

Στην εικόνα 3.14 ο άξονας φαίνεται τοποθετημένος στο σώμα της αντλίας (κέλυφος)



ΕΙΚΟΝΑ 3.15.

Στην εικόνα 3.15 βλέπουμε την εφαρμογή το άξονα στην πλευρά της κατάθλιψης και το περίβλημα της κατάθλιψης.





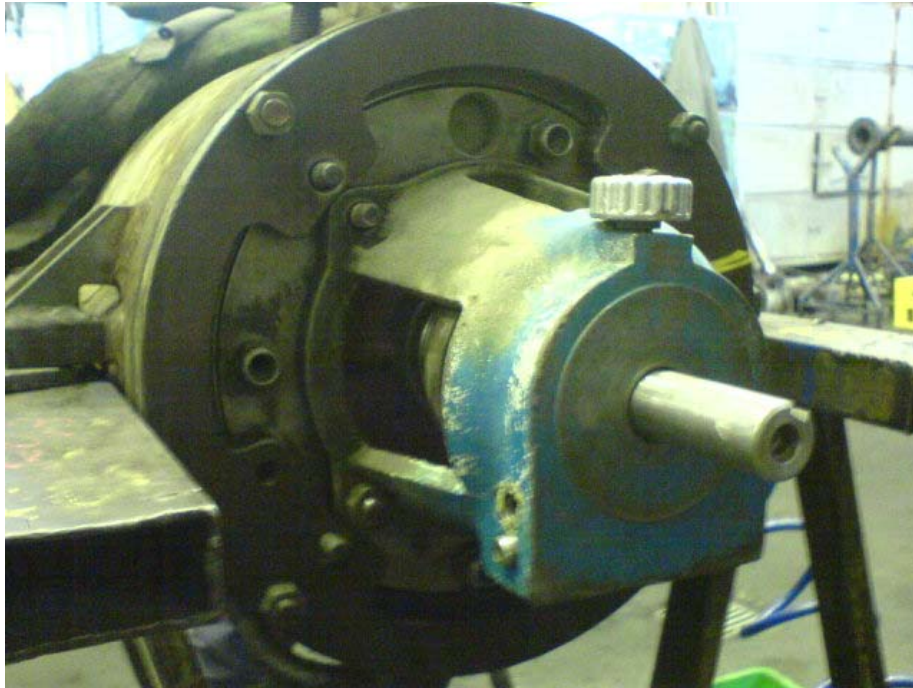
ΕΙΚΟΝΑ 3.16.

Στην εικόνα 3.16 βλέπουμε το καπάκι της κατάθλιψης.



ΕΙΚΟΝΑ 3.17.

Στην εικόνα 3.17 βλέπουμε το καπάκι της κατάθλιψης, τον ελεύθερο χώρο μεταξύ του άξονα και καπακιού όπου θα τοποθετηθεί η μηχανική σαλαμάστρα και το τμήμα του άξονα που τοποθετούνται τα ρουλεμάν.



ΕΙΚΟΝΑ 3.18.

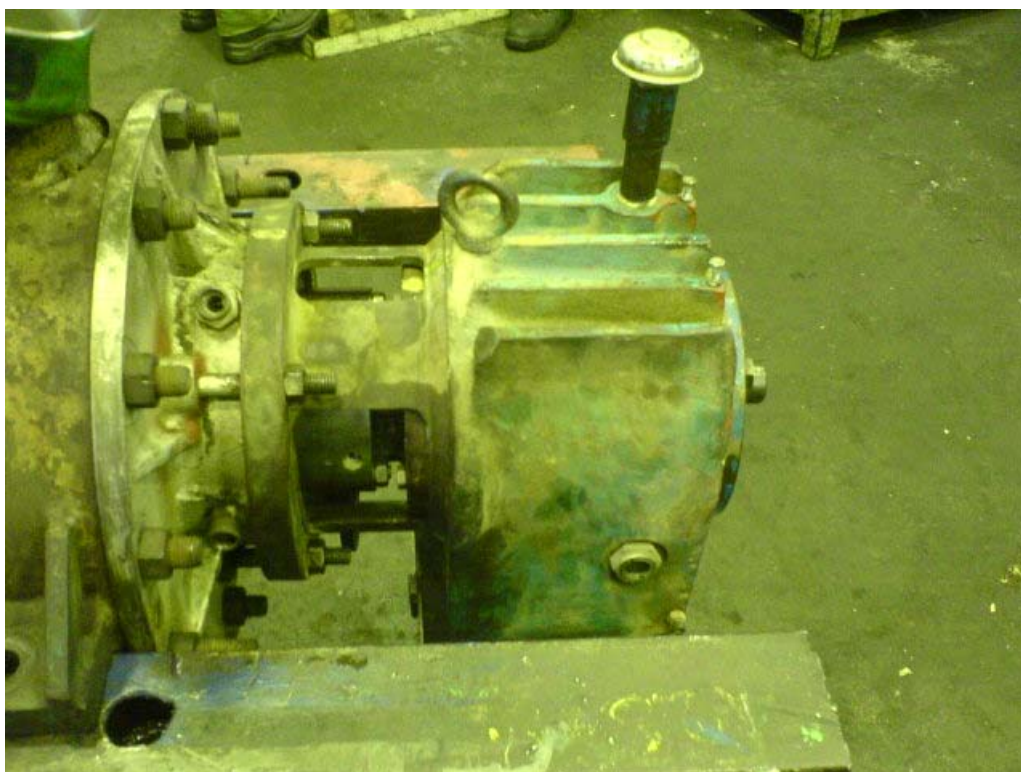
Στην εικόνα 3.18 η ελαιολεκάνη έχει τοποθετηθεί στην πλευρά της αναρρόφησης. Εντός της ελαιολεκάνης βρίσκονται τα ρουλεμάν όπου εδράζεται ο άξονας, κομμάτι του οποίου προεξέχει για τοποθετηθεί ο σύνδεσμος που θα συνδέει την αντλία με τον ηλεκτροκινητήρα.



ΕΙΚΟΝΑ 3.19.

Στην εικόνα 3.19 φαίνονται τα δυο ρουλεμάν τοποθετημένα και το περικόχλιο που βιδώνει πάνω στον άξονα και κρατεί σταθερά τα ρουλεμάν.





ΕΙΚΟΝΑ 3.20.

Στην εικόνα 3.20 φαίνεται η ελαιολεκάνη η οποία βρίσκεται στην μεριά της κατάθλιψης.

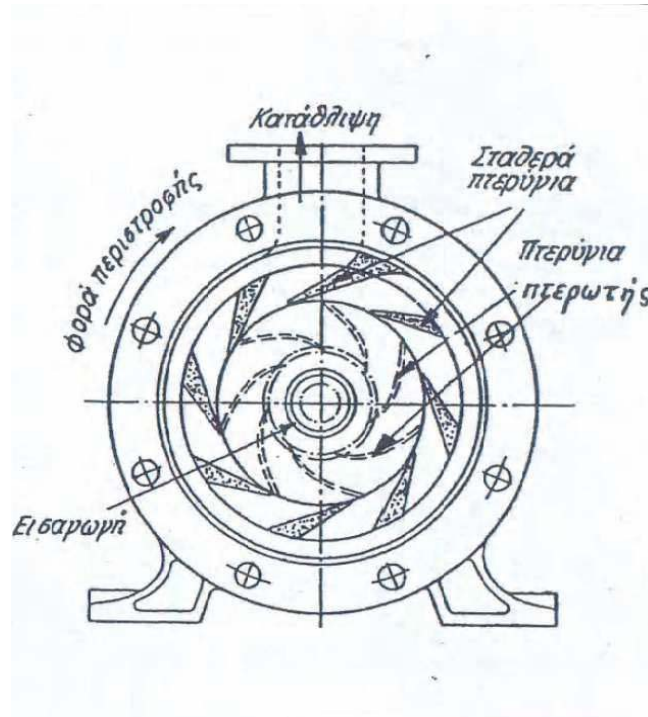


ΕΙΚΟΝΑ 3.21.

Στην εικόνα 3.21 βλέπουμε την ελαιολεκάνη στην μεριά της αναρρόφησης και αριστερά τον σύνδεσμο(κόμπλερ) μέσω του οποίου ο άξονας της αντλίας συνδέεται με τον άξονα του ηλεκτροκινητήρα, μέσω του οποίου κινείται περιστροφικά η αντλία.

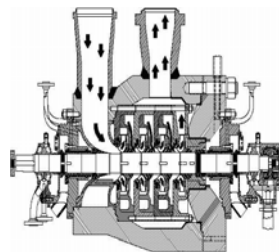
### 3.5 ΤΡΟΠΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ J5622

Η αντλία j5622 όπως έχουμε αναφέρει είναι μια φυγοκεντρική πολυβάθμια αντλία. Το νερό που εισέρχεται από την αναρρόφηση, αναρροφάται από το πτερύγιο της πρώτης βαθμίδας. Στο πτερύγιο το οποίο περιστρέφεται, λόγω της φυγόκεντρου δύναμης το νερό που αναρροφά το ωθεί προς την περιμέτρώ του, η οποία είναι ανοικτή και έτσι το νερό βγαίνει εκτός του πτερυγίου.



Σχήμα 3.2

Τα πτερύγια τοποθετούνται μέσα στους διαχύτες. Οι διαχύτες ουσιαστικά χρησιμοποιούνται ως περίβλημα των πτερυγίων. Το νερό που καταθλίβει το πτερύγιο εγκλωβίζεται μέσα στον διαχύτη και οδηγείται στην αναρρόφηση του επόμενου πτερυγίου (σχήμα 3.3)



Σχήμα 3.3 Αντλία όπου φαίνονται τα πτερύγια προσαρμοσμένα στους διαχύτες καθώς και η διαδρομή του υλικού από τα πτερύγια στους διαχύτες και αντίστροφα (απεικόνιση διαδρομής με βέλη)

Κατά την περιστροφή του άξονα το νερό κινείται από κάθε στάδιο στο επόμενο με τον τρόπο που αναφέρουμε παραπάνω. Έτσι το νερό οδηγείται σταδιακά από την αναρρόφηση στην κατάθλιψη. **Στο τελευταίο στάδιο**, ο τελευταίος διαχύτης, έχει ένα άνοιγμα το οποίο εφαρμόζεται στον αγωγό της κατάθλιψης (φαίνεται στην εικόνα 6). Για λεπτομερέστατη απεικόνιση παραθέτουμε το σχέδιο Γ της αντλίας σε τομή από το εγχειρίδιο της.





### 3.6.3 ΟΡΓΑΝΟ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

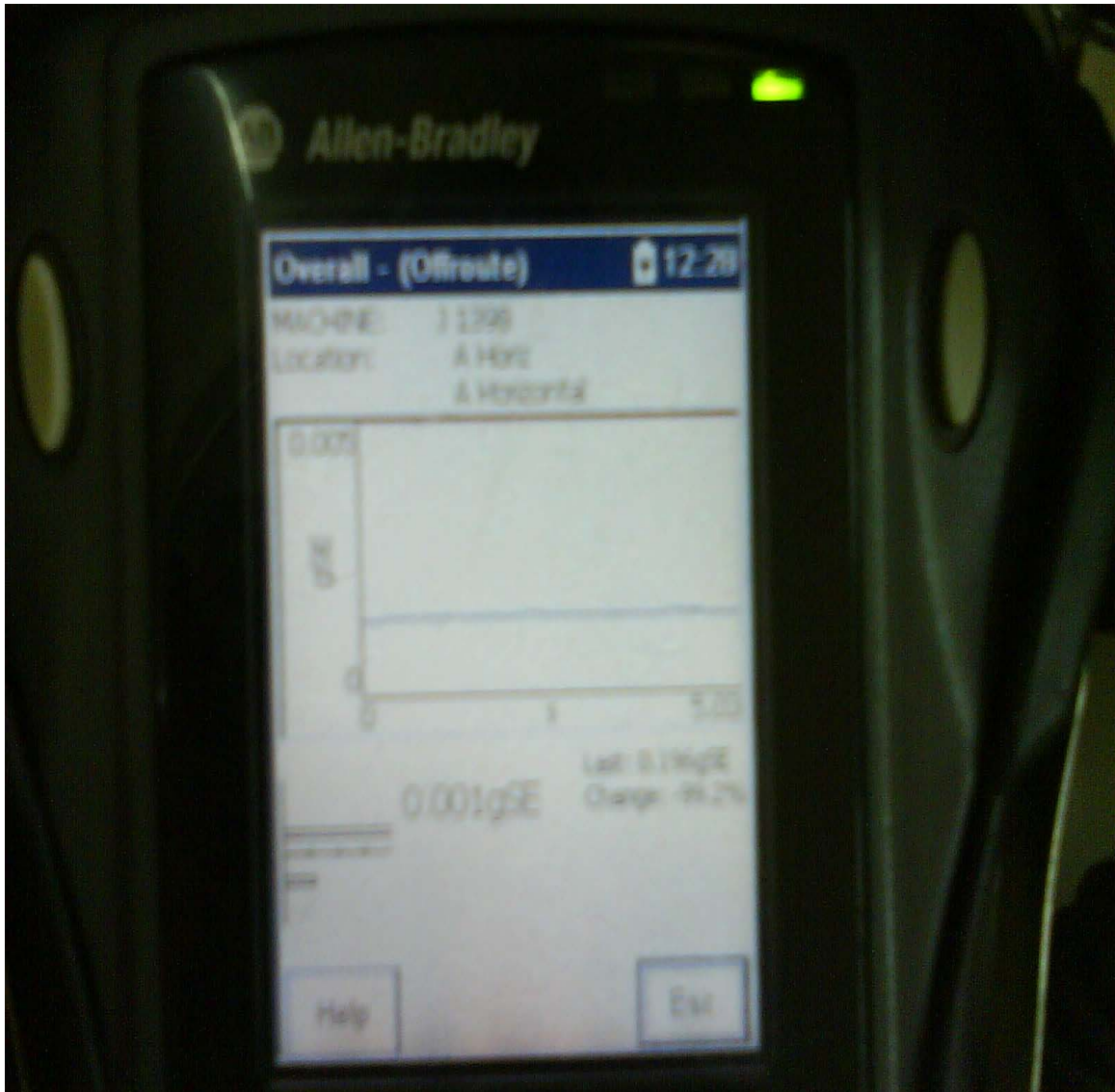


Εικόνα 3.22. Για την μέτρηση των κραδασμών της αντλίας χρησιμοποιούμε τον φορητό μετρητή ENPAC 2500 της εταιρίας ALLEN-BRADLEY

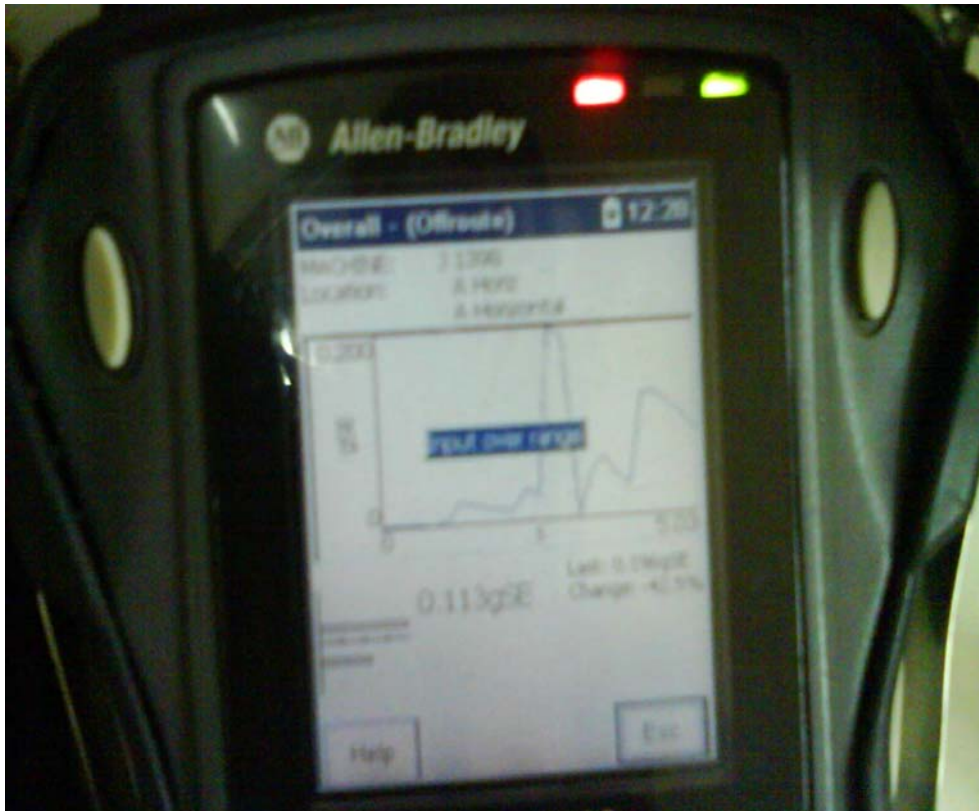
Ο μετρητής που χρησιμοποιούμε είναι ένας φορητός συλλέκτης στοιχείων, για τη συλλογή και ανάλυση δεδομένων, για τον έλεγχο των κραδασμών σε περιστρεφόμενες μηχανές. Ο φορητός συλλέκτης στοιχείων ENPAC 2500 έχει τα εξής χαρακτηριστικά :

- A) υψηλή ακρίβεια μετρήσεων
- B) ελαφριά κατασκευή
- Γ) ταχύτητα λήψης μετρήσεων
- Δ) μεγάλη μνήμη αποθήκευσης μετρήσεων.

Όπως φαίνεται στην εικόνα 22 η συσκευή αποτελείται από το κύριο μέρος, που περιλαμβάνει την οθόνη και τα πλήκτρα, και τον αισθητήρα ο οποίος εφάπτεται στο σημείο που θέλουμε να μετρήσουμε τους κραδασμούς.



εικόνα 3.23. βλέπουμε την οθόνη του μετρητή κατά την διάρκεια μέτρησης κραδασμών σε μια αντλία η οποία έχει φυσιολογικούς, εντός ορίων, κραδασμούς.  
Πάνω δεξιά ανάβει η πράσινη λυχνία και στην οθόνη φαίνεται η γραφική απεικόνιση της μέτρησης.



Εικόνα 3.24. φαίνεται η ένδειξη της οθόνης κατά την μέτρηση αντλίας με πολύ υψηλούς, εκτός ορίων, κραδασμούς. Στο πάνω δεξιό μέρος της οθόνης φαίνεται η κόκκινη λυχνία που σημαίνει ότι η αντλία έχει πρόβλημα. Στην γραφική απεικόνιση φαίνεται χαρακτηριστικά η έντονη ταλάντωση

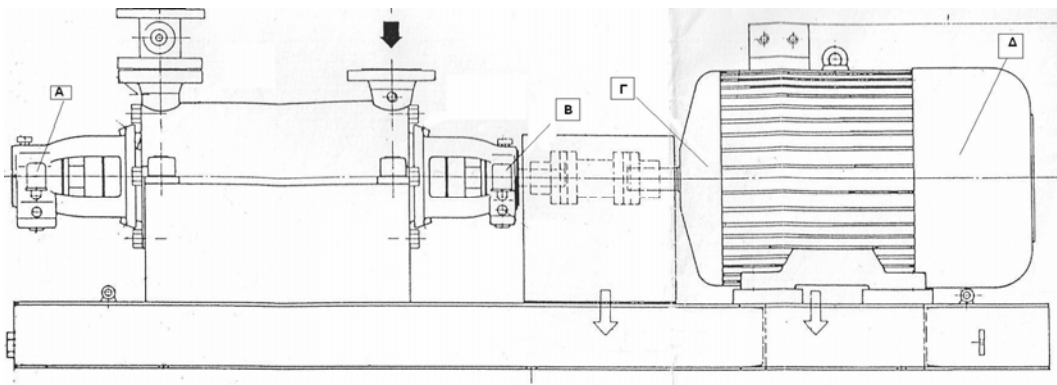
### 3.6.4 ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

Υπάρχουν έξι βασικά βήματα για την πραγματοποίηση της μέτρησης:

- Δημιουργία λίστας των μηχανών που πρόκειται να ελεγχθούν
- Καθορισμός τιμών κραδασμών κάθε μηχανής
- Καθορισμός των σημείων μέτρησης
- Καθορισμός του χρονικού διαστήματος μέτρησης
- Εκκίνηση ενός απλού καταγραφικού συστήματος
- Αλλαγή και καθορισμός των παραμέτρων

Αυτά τα βήματα είναι απλά. Το αντικείμενο μας είναι να βρούμε και να καταγράψουμε τις πιθανές βλάβες στο αρχικό τους στάδιο πριν η μηχανή καταστραφεί εντελώς.

Για κάθε αντλία υπάρχουν ορισμένα σημεία από τα οποία λαμβάνουμε τις μετρήσεις. Στην αντλία που μελετάμε τα σημεία μέτρησης είναι 4, τα οποία φαίνονται στο παρακάτω σκαρίφημα.



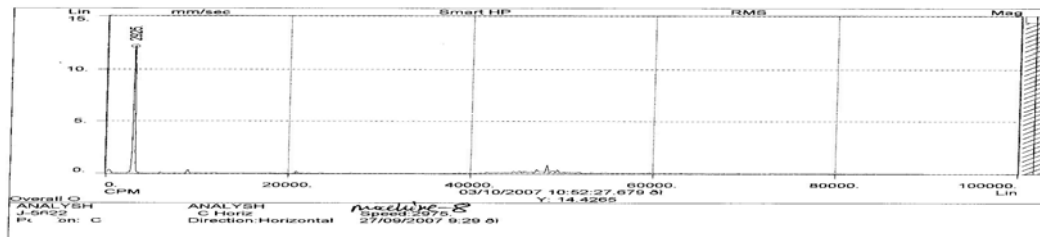
Στο σχέδιο βλέπουμε τα σημεία A,B,Γ,Δ. Τα σημεία A και B βρίσκονται στην αντλία ενώ τα σημεία Γ και Δ βρίσκονται στον ηλεκτροκινητήρα. Τα σημεία που παίρνουμε τις μετρήσεις είναι τα σημεία όπου βρίσκονται τα ρουλεμάν. Σε καθένα από τα παραπάνω σημεία μετράμε τους κραδασμούς **αξονικά , οριζόντια και κάθετα**.

Με βάση τις μετρήσεις κραδασμών συντάσσεται η τεχνική έκθεση που παρατίθεται στην επόμενη σελίδα. Τα αρχικά δεδομένα των μετρήσεων δίνονται στις σελίδες που ακολουθούν αμέσως μετά την “Τεχνική Έκθεση”.

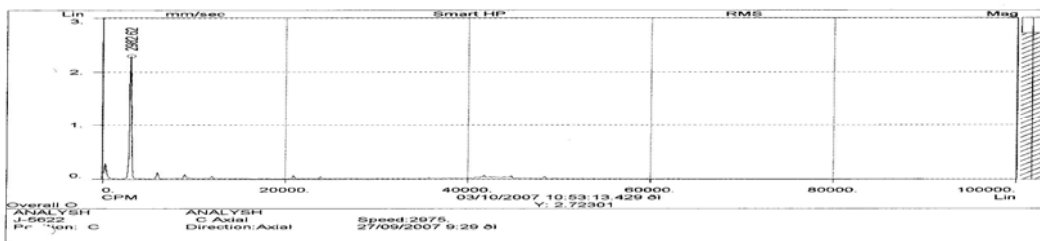




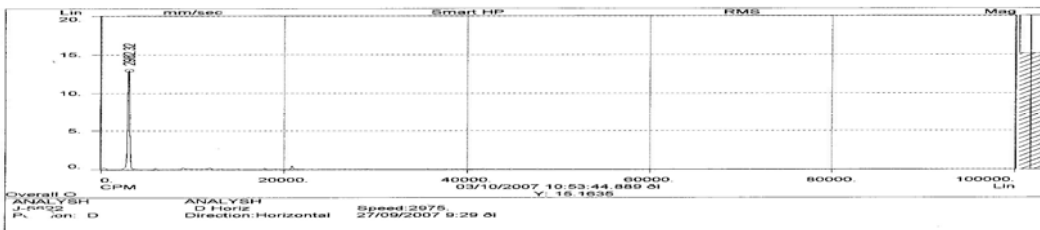
### 3.6.4-B ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΚΡΑΔΑΣΜΩΝ



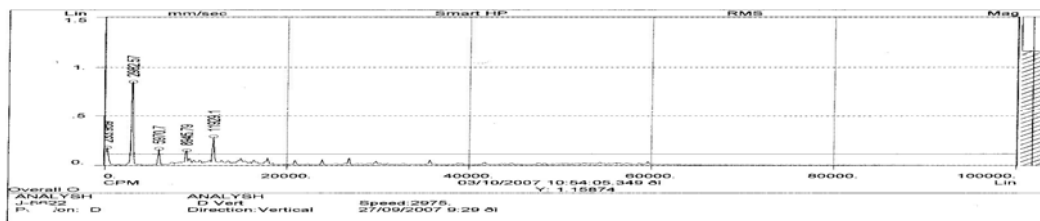
Οριζόντια μέτρηση κραδασμών



Αξονική μέτρηση κραδασμών



Οριζόντια μέτρηση κραδασμών



Κάθετη μέτρηση κραδασμών

### 3.7 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ

#### 3.7.1 ΚΡΑΔΑΣΜΟΙ

Στην προηγούμενη ενότητα, στην τεχνική έκθεση είδαμε τα αποτελέσματα των μετρήσεων των κραδασμών. Όπως αναφέρει η έκθεση διαπιστώθηκαν υψηλοί κραδασμοί και απαιτείται η αντλία να σταματήσει τη λειτουργία το συντομότερο για επισκευαστεί. Οι τιμές των κραδασμών που μετρήθηκαν παρουσιάζονται συνοπτικά στον παρακάτω πίνακα (πίνακας 3.1):

<b>B-vert</b> (κάθετα)	<b>B-horiz</b> (οριζόντια)	<b>B-axial</b> (αξονικά)	<b>A-vert</b> (κάθετα)	<b>A-horiz</b> (οριζόντια)
6,6 mm/sec	14,4 mm/sec	2,7 mm/sec	1,2 mm/sec	15,2 mm/sec

Πίνακας 3.1

Η αντλία μετά την κατασκευή της από την εταιρία υποβλήθηκε σε κάποιες δοκιμασίες. Κατά τη διάρκεια των δοκιμών ρυθμίστηκε σε διάφορες τιμές παροχών. Κατά τη λειτουργία της αντλίας στις τιμές αυτές μετρήθηκαν κάποια χαρακτηριστικά της μεταξύ των οποίων και το μήκος των κραδασμών που θεωρούνται αποδεκτοί. Η κατασκευάστρια εταιρία δίνει τις ακόλουθες τιμές κραδασμών για τα σημεία C και D:

**Bhor= 2,4 mm/sec**

**Bvert= 2.4 mm/sec**

**Ahor= 2.4 mm/sec**

**Avert= 2,0 mm/sec**

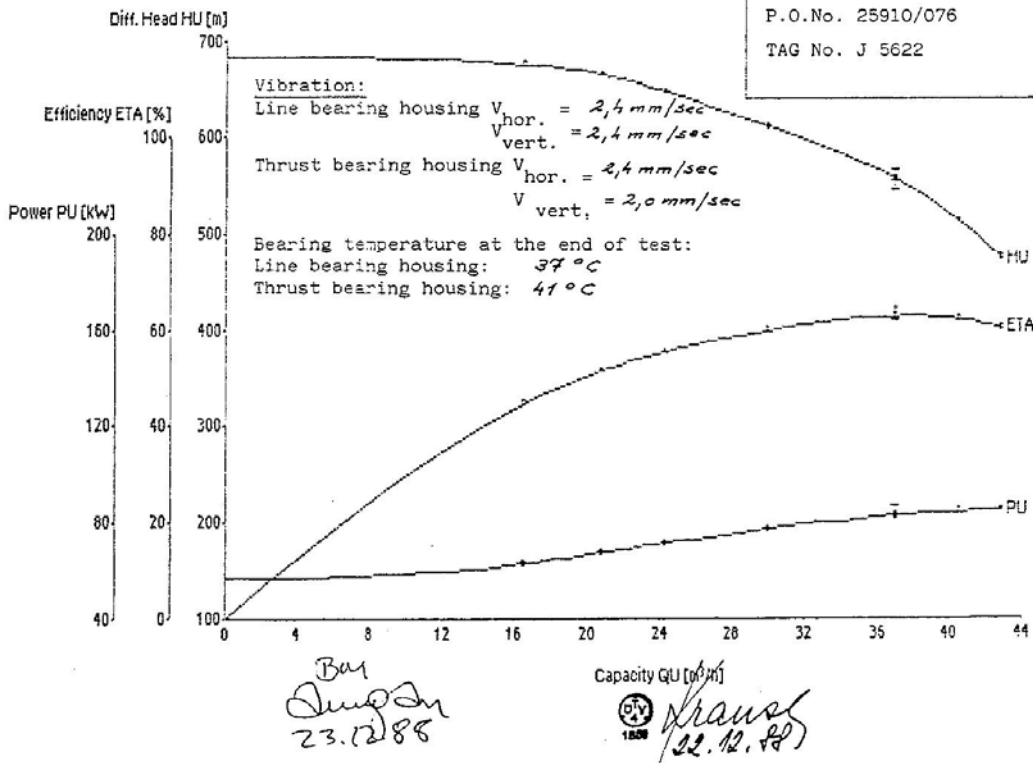
Όπως παρατηρούμε οι κραδασμοί που μετρήσαμε απέχουν αρκετά από τις τιμές που δίνει ως ενδεικτικές η κατασκευάστρια εταιρία. Γι αυτό το λόγο η αντλία πρέπει να επισκευαστεί.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται αυτούσιο από το εγχειρίδιο της αντλίας το φύλλο όπου παρουσιάζονται οι μετρήσεις κατά τη δόκιμη της αντλίας καθώς και γραφική παράσταση της ισχύος, της απόδοσης και του μανομετρικού ύψους συναρτήσει της παροχής.

7

<b>WORTHINGTON - AUSTRIA</b>		<b>TEST RECORD</b>											
Industriestraße 6 A-2345 Brunn am Gebirge		FOR PERFORMANCE TESTS ON CENTRIFUGAL PUMPS											
Remarks:	Evaluation: K.	Fabr.No.	W 313.426	Pump Type	2 W/WBF - 811		Order No.	G 8809					
		Date	88-12-22	Impeller Diam.	204.0/195.0		Test No.	13112.3					
Measured and calculated Constants		Meas. Values		Measuring Point									
Meas.line NS: 3    Wattm.Const. K= 0.080 Suct.Dia. DS: 80 mm    Man.Dist. Z: 0.47 m Disc.Dia. DD: 50 mm    Orif.Cst. C: 0.00 Driver No: 5    Density SG: 919 kg/m <sup>3</sup> Visc.: 1.0 mm <sup>2</sup> /s    Speed NN: 2950 1/min				1	2	3	4	5	6	7	8		
		Capacity QX	[m <sup>3</sup> /h]	43.7	41.3	37.7	30.5	24.8	21.1	16.9	0.0		
		Suct. Pressure H1S	[bar]	-0.348	-0.336	-0.315	-0.277	-0.250	-0.234	-0.219	-0.200		
		Suct. Pressure H2S	[bar]										
		Press.on Disc.N. PD	[bar]	46.850	50.800	55.200	60.700	64.400	66.400	67.500	68.600		
		Wattmeter Reading Alpha		1205	1298	1276	1195	1114	1050	993	898		
		Speed at Test NX	[1/min]	2986	2986	2986	2987	2983	2989	2990	2991		
Calculation Formulas				Values converted for Speed NN, Density and Viscosity									
QX = QX·NN/NX·FQ    QX = C·sqr(DeltaH) HU = (10.22·(PD-H1S-H2S)+Z+6376·DeltaH ·C <sup>2</sup> ·(1/DD <sup>4</sup> -1/DD <sup>5</sup> ))·(NN/NX) <sup>2</sup> ·FH PU = 0.001002·ALPHA·K·SG·FQ·FH/FETA ·ETAM·(NN/NX) <sup>3</sup> ETA = QU·HU·SG/3671/PU													
Correction Factors for Viscosity		QN:	37.00	QU	[m <sup>3</sup> /h]	42.91	40.55	37.01	30.02	24.31	20.77	16.54	0.00
FH(1-8) = 1.000/1.000/1.000/1.000/1.000		HN:	555.00	HU	[m]	472.85	511.96	555.41	609.08	644.99	664.18	674.39	684.00
1.000/1.000/1.000    FQ=1.000    FETA=1.000		PN:	83.00	PU	[kW]	84.46	83.98	82.48	76.82	71.16	67.36	62.68	56.00
Toler. for Guarantee Values:    API 610		ETAN:	62.00	ETA	[%]	60.14	61.88	62.39	59.58	55.17	51.27	44.56	0.00

Customer Order No., Designation:  
P.O.No. 25910/076  
TAG No. J 5622



### 3.7.2 ΑΙΤΙΕΣ ΥΨΗΛΩΝ ΚΡΑΔΑΣΜΩΝ ΚΑΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥΣ

Οι κραδασμοί μπορούν να προκληθούν από διάφορες αιτίες. Η καταγραφή όλων των πιθανών αιτιών των κραδασμών είναι σχεδόν αδύνατη, γιατί είναι πάρα πολλές. Θα αναφέρουμε όμως τις κυριότερες αιτίες οι οποίες μπορεί να είναι :

- Αζυγοσταθμία των στρεφόμενων εξαρτημάτων
- Φθορά των εδράνων
- Κακή συντήρηση της αντλίας
- Ηλεκτρομαγνητικές δυνάμεις
- Λανθασμένη τοποθέτηση αντλίας ή ηλεκτροκινητήρα.
- Φθορά των εξαρτημάτων της αντλίας (άξονας, δακτυλίδια πτερυγίων)

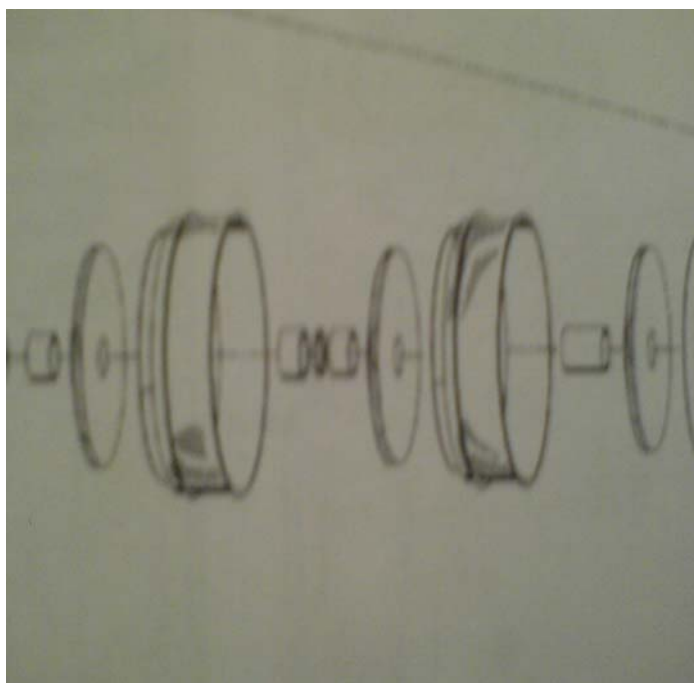
Στην περίπτωση της αντλίας που μελετούμε διαπιστώθηκε **φθορά των εδράνων, του άξονα και των δακτυλιδιών των πτερυγίων.**

**Τα έδρανα(ρουλεμάν) της αντλίας ήταν κατεστραμμένα ενώ ο άξονας και τα δακτυλίδια της αντλίας είχαν υποστεί μεγάλη φθορά.**

Η αποκατάσταση αυτών βλαβών γίνεται μόνο με την αποσυναρμολόγηση της αντλίας. Τα έδρανα αντικαθίστανται από καινούργια, όπως και τα δακτυλίδια των πτερυγίων. Ο άξονας στις περισσότερες περιπτώσεις επισκευάζεται αλλά υπάρχουν και περιπτώσεις που απαιτείται η αλλαγή του. Στη συγκεκριμένη περίπτωση ο άξονας πάρα την μεγάλη φθορά που είχε υποστεί επισκευάστηκε.

### 3.7.3 ΜΕΤΡΗΣΗ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΙΑΚΕΝΩΝ

Όπως αναφέραμε στην αρχή του κεφαλαίου η λειτουργία της αντλίας βασίζεται στην μεταφορά του νερού από τα στάδια της μέσω των πτερυγίων. Για κάθε πτερύγιο(impeller) αντιστοιχεί ένας διαχύτης(diffuser). Τα πτερύγια εφαρμόζουν στο κέντρο των διαχυτών. Ένα σχέδιο της συναρμογής του πτερυγίου με τον διαχύτη φαίνεται στο παρακάτω σχήμα 3.7



Σχήμα 3.7 Σχέδιο συναρμογής πτερυγίων με διαχύτες.

Το πτερύγιο και ο διαχύτης πρέπει κατά την συναρμογή τους να έχουν ένα διάκενο σταθερό που ορίζει ο κατασκευαστής. Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενη ενότητα, η αντλία δοκιμάζεται σε πραγματικές συνθήκες για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Μετά την δοκιμή αποσυναρμολογείται και γίνονται μετρήσεις στις αποστάσεις και στα διάκενα που πρέπει να έχει. Τα διάκενα είναι ουσιαστικά η χάρη που υπάρχει μεταξύ του πτερυγίου και του διαχύτη κατά τη συναρμογή τους.



Στη συνέχεια παρουσιάζεται ο πίνακας των εργοστασιακών τιμών των διακένων μεταξύ πτερυγίου και διαχύτη.



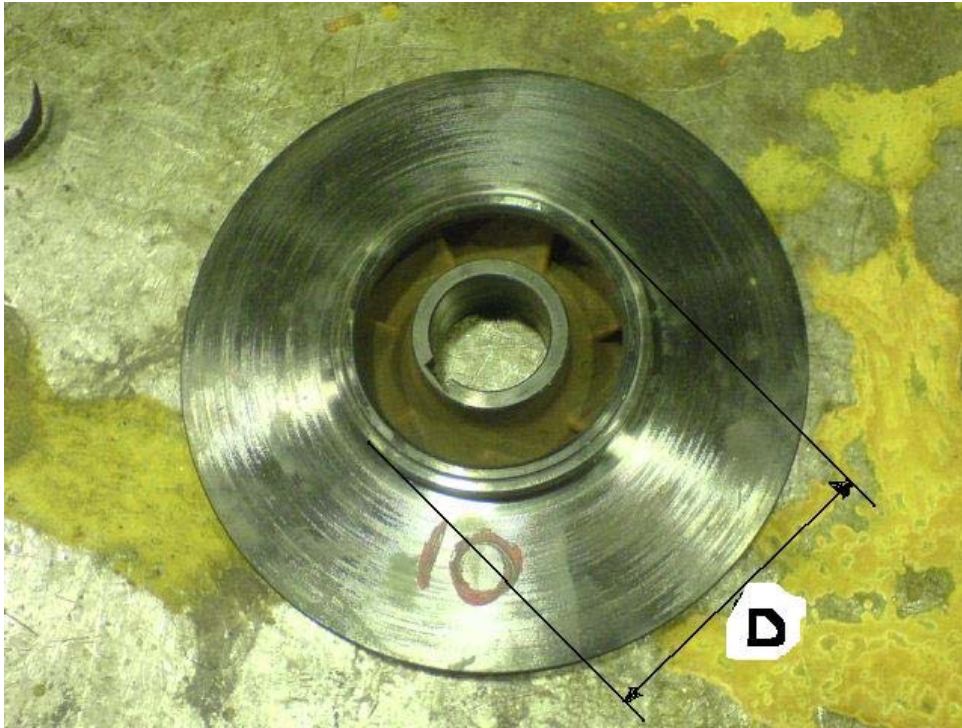
WORTHINGTON Gesellschaft m.b.H.  
Austria · A-2345 Brunn/Geb. · Industriestraße B Nr. 6 · Tel. (02236) 88 630 · Telex 79264

11

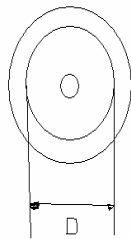
STRIP DOWN CERTIFICATE				SD 2			
STRIP DOWN-ZERTIFIKAT							
Type of Pump: Pumpentype:	2 WWFB - 811			Cust. Ord. No.: Kundenorder Nr.:	25910/076		
Serial No.: Serien Nr.:	W 313.428			Item No.: Positionsnr.:	J 5622		
No. of pcs.: Stückzahl:	1			Worth. Ref. No.: Worth. Ref. Nr.:	G 88099		
<p>After performance test, pumps have been dismantled and no traces of wear or damage have been dedected. We certify herewith that listed clearances are complying with API 610 requirements.</p> <p>Die Pumpen wurden nach dem Probelauf zerlegt und konnten keine Spuren von Abnützung oder Beschädigungen festgestellt werden. Wir bestätigen hiermit, daß die nachstehend angegebenen Durchmesser-spiele den Forderungen gemäß API 610 entsprechen.</p>							
Item/Pos.	stage Stufe	Front Wear Ring/Spaltring(Saug.)			Back Wear Ring/Spaltring (Drucks.)		
		Casing Gehäuse	Impeller Laufblad	Dia.Clear. δ-Spiel	Casing Gehäuse	Impeller Laufblad	Dia.Clear. δ-Spiel
J 5622	1	100,46	99,95	0,51			
- - -	2	100,45	99,96	0,49			
- - -	3	100,45	99,96	0,49			
- - -	4	100,48	99,96	0,52			
- - -	5	100,47	99,95	0,52			
- - -	6	100,47	99,97	0,50			
- - -	7	100,47	99,95	0,52			
- - -	8	100,48	99,95	0,53			
- - -	9	100,46	99,96	0,50			
- - -	10	100,45	99,96	0,49			
- - -	11	100,47	99,97	0,50			
Comments: Anmerkungen:				WORTHINGTON G.M.B.H. AUSTRIA Qualitätssicherung Quality Assurance Department Signature/Unterschrift Qual. Assur. Dep./Qualitätssicherung Date/Datum: 88/12/23			

Στον παρακάτω πίνακα βλέπουμε τις τιμές που μετρήθηκαν κατά την αποσυναρμολόγηση της αντλίας για την επισκευή της.

ΣΤΑΔΙΟ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΔΙΑΧΥΤΗ(mm)	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΠΤΕΡΥΓΙΟΥ(mm)	ΔΙΑΚΕΝΟ(mm)
1	100,60	99,95	0,65
2	100,56	99,96	0,60
3	100,59	99,95	0,64
4	100,58	99,95	0,63
5	100,60	99,90	0,70
6	100,59	99,98	0,61
7	100,55	99,95	0,60
8	100,58	99,96	0,62
9	100,60	99,92	0,68
10	100,59	99,93	0,66
11	100,58	99,93	0,65



Στην παραπάνω εικόνα 3.25. φαίνεται η διάμετρος του πτερυγίου την οποία μετράμε.



Στο παραπάνω σκαρίφημα φαίνεται η διάμετρος του διαχύτη σε πρόσοψη που μετράμε. Σε αυτή τη διάμετρο εφαρμόζεται το πτερύγιο.

Όπως παρατηρούμε οι τιμές των διακένων που μετρήσαμε έχουν μεγάλη απόκλιση από τις τιμές του κατασκευαστή. Το πτερύγιο, στη διάμετρο του που εφαρμόζει στον διαχύτη, έχει μια σταθερή διάμετρο μικρότερη από αυτή που πρέπει να έχει ώστε η συναρμογή τους να είναι η ενδεδειγμένη. Για να επιτευχθεί η συναρμογή τους, τοποθετείται στη διάμετρο του πτερυγίου ένα **δακτυλίδι**, από μαλακό υλικό, με τέτοιο πάχος ώστε να έχουμε την εξωτερική διάμετρο που επιθυμούμε. Αυτά τα δακτυλίδια είναι που έχουν υποστεί φθορά τα οποία αντικαθιστούμε. Στην επόμενη εικόνα βλέπουμε ένα πτερύγιο, στο οποίο φαίνεται καθαρά το δακτυλίδι το οποίο είναι καινούργιο.



Εικόνα 3.26.

### 3.8 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Κατά την διάρκεια της μελέτης της λειτουργίας της αντλίας, οι μετρήσεις έγιναν σε δύο στάδια. Το πρώτο στάδιο ήταν οι μετρήσεις των κραδασμών της αντλίας. Από την στιγμή που παρατηρούνται υψηλοί κραδασμοί, θα υπάρχει και μεγάλη διαφορά στα διάκενα της αντλίας.

Όπως αναφέραμε οι υψηλοί κραδασμοί οφείλονται σε πολλούς παράγοντες. Για την συγκεκριμένη αντλία ο βασικότερος λόγος των κραδασμών ήταν η μεγάλη φθορά των εδράνων. Η φθορά των εδράνων επήλθε από την μεγάλη διάρκεια χρήσης τους. Ένα άλλο σημαντικό στοιχείο που έχει μεγάλη σημασία για την καλή λειτουργία της αντλίας είναι η σωστή επισκευή της αντλίας όταν αυτή γίνεται. Η συναρομολόγηση της αντλίας είναι μια «λεπτή» διαδικασία. Από την πρώτη κιόλας επισκευή της αντλίας και έπειτα, η συμπεριφορά της και η διάρκεια ζωής της μεταβάλλονται.

Η αντλία J5622 ελέγχεται προγραμματισμένα από το τμήμα προληπτικής συντήρησης κατά τακτά χρονικά διαστήματα. Με την πάροδο του χρόνου οι μετρούμενοι κραδασμοί αυξάνονται. Όταν οι κραδασμοί φτάσουν κοντά στα όρια που ορίζονται από την κατασκευάστρια εταιρία, η αντλία σταματά τη λειτουργία της και επισκευάζεται.

Στο δεύτερο στάδιο των μετρήσεων των διακένων γίνεται, ουσιαστικά, η επιβεβαίωση των δεδομένων που πήραμε κατά τη μέτρηση των κραδασμών.

Από την στιγμή που υπάρχουν υψηλοί κραδασμοί αυτομάτως θα υπάρχει και φθορά των δακτυλιδιών των πτερυγίων.

Κλείνοντας την ενότητα αυτή και το κεφάλαιο των μετρήσεων, παρουσιάζουμε γραφικά την διαχρονική λειτουργία της αντλίας. Στον άξονα Χ είναι τοποθετημένες ημερομηνίες, δηλαδή ο χρόνος, και στο άξονα Ψ οι κραδασμοί. Παρατηρούμε ότι κατά την πάροδο του χρόνου οι κραδασμοί αυξάνονται. Τα σημεία που οι κραδασμοί επανέρχονται σε φυσιολογικά επίπεδα, είναι οι περίοδοι μετά την επισκευή της αντλίας. Βλέπουμε ότι οι κραδασμοί μειώνονται κατακόρυφα.





## **ΚΕΦ. 4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

α) Η μέτρηση κραδασμών είναι μία εύκολη μέθοδος διάγνωσης για το αν μία φυγοκεντρική αντλία χρειάζεται συντήρηση. Ιδιαίτερο πλεονέκτημά της είναι ότι η διάγνωση εκτελείται χωρίς να απαιτηθεί διακοπή λειτουργίας της αντλίας.

β) Στην αντλία που εξετάσθηκε, για την επισκευή απαιτήθηκε να διακοπεί η λειτουργία της αντλίας, να αποσυναρμολογηθεί η αντλία, να επισκευασθούν ή να αντικατασταθούν τα φθαρμένα εξαρτήματα και τέλος να επανασυναρμολογηθεί.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1) "ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΔΙΥΛΙΣΤΗΡΙΩΝ ΚΑΙ ΚΥΡΙΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ". 1987 ΕΚΔΟΣΗ ΕΛΔΑ
- 2) "ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΧΑΡΑΞΗ ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ" ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΔΗΜ. ΠΑΠΑΝΤΩΝΗ ΑΝΑΠΛ. ΚΑΘΗΓΗΤΗ ΕΜΠ.
- 3) "ΑΝΤΛΙΕΣ". KITTL WALTER-SCHONER WOLFGANG, ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ ΧΡΗΣΤΟΣ ΠΟΥΛΟΣ, ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΤΟΥ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΟΥ ΕΤΕ.
- 4) "ΑΝΤΛΙΑΙ". Ι. ΣΙΝΗ ΟΜΟΤΙΜΟΥ ΚΑΘΗΓΗΤΗ Α.Γ.Σ.Α.
- 5) "ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΡΕΥΣΤΩΝ ΙΙ", ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ Τ.Ε.Ι. ΔΥΤ. ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ  
ΔΡ Γ. ΣΙΔΕΡΙΔΗΣ ΑΝΑΠΛ. ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
- 6) "INSTRUCTION FOR INTALLATION, OPERATION AND MAINTENANCE FOR PUMP 2 WWFB-811"  
WORTHINGTON GES.m.b.H AUSTRIA
- 7) "ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ" ΤΜΗΜΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΕΙΔΙΚΟΥ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΕΛ.ΠΕ.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 “ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΑΝΤΛΙΩΝ”

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	2
1.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ.....	2
1.3 ΒΑΣΙΚΟΙ ΤΥΠΟΙ, ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΑΝΤΛΙΩΝ.....	4
1.3.1 ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΙΚΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ.....	4
1.3.1.1 ΕΜΒΟΛΟΦΟΡΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ.....	4
1.3.1.1.Α ΑΞΟΝΙΚΕΣ ΕΜΒΟΛΟΦΟΡΕΣ.....	5
1.3.1.1.Β ΑΚΤΙΝΙΚΕΣ ΕΜΒΟΛΟΦΟΡΕΣ.....	7
1.3.1.2 ΑΝΤΛΙΕΣ ΜΕΜΒΡΑΝΗΣ.....	9
1.3.2 ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ.....	10
ΑΝΤΛΙΑ ΜΕ ΟΔΟΝΤΩΤΟΥΣ ΤΡΟΧΟΥΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΟΔΟΝΤΩΣΗΣ.....	11
ΑΝΤΛΙΑ ΟΔΟΝΤΩΤΗ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΟΔΟΝΤΩΣΗΣ.....	12
ΚΟΧΛΙΟΕΙΔΕΙΣ ΑΝΤΛΙΕΣ.....	12
ΑΝΤΛΙΑ ΜΕ ΠΕΡΙΣΤΡΕΦΟΜΕΝΑ ΕΜΒΟΛΑ Ή ΛΟΒΟΥΣ.....	13
ΑΝΤΛΙΑ ΠΤΕΡΥΓΙΟΦΟΡΟΣ.....	14
ΑΝΤΛΙΑ ΜΕ ΥΓΡΟ ΕΜΒΟΛΟ.....	14
1.3.3 ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ.....	15

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 “ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ”

2.1 ΜΕΡΗ ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ.....	16
Αρχή λειτουργίας.....	16
Δομή και σχεδιασμός.....	16
Το σώμα της αντλίας.....	16
Τμήμα εισόδου.....	17
Τμήμα εξόδου.....	17
Σπειροειδές κέλυφος.....	17
Διαχύτης.....	17
Πτερωτή.....	18
Δακτύλιοι φθοράς.....	18
Άτρακτος.....	18
Στυπιοθλίπτες.....	19
ΕΔΡΑΝΑ.....	22
Έδρανα κύλισης.....	22
Έδρανα ολίσθησης.....	25
2.2 ΤΥΠΟΙ ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ.....	26
2.2.1 ΜΟΝΟΒΑΘΜΙΕΣ ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ.....	26
2.2.1.1 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΜΟΝΟΒΑΘΜΙΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ29	
ΑΝΤΛΙΑ LDP.....	29
ΑΝΤΛΙΑ monoblock.....	30
ΑΝΤΛΙΑ IN-LINE.....	31
2.2.2 ΠΟΛΥΒΑΘΜΙΕΣ ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ.....	31
2.2.2.1 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΠΟΛΥΒΑΘΜΙΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ...37	
ΠΟΛΥΒΑΘΜΙΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ MS-E ΟΡΙΖΟΝΤΙΕΣ.....	37
ΠΟΛΥΒΑΘΜΙΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ MS ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΕΣ.....	38
ΠΟΛΥΒΑΘΜΙΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΕΣ ΑΝΟΞΕΙΔΩΤΕΣ.....	39
ΥΠΟΒΡΥΧΙΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ.....	40
ΕΙΔΙΚΕΣ ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ.....	40
2.3 ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ.....	42

2.4 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ.....	45
2.4.1 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΑΝΤΛΙΑΣ.....	45
2.4.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΝΤΛΙΑΣ.....	48

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

#### “ΜΕΛΕΤΗ ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ WORTHINGTON 2WWFB-811”

3.1 ΧΡΗΣΗ ΑΝΤΛΙΑΣ.....	50
3.2 J5622 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΝΤΛΙΑΣ.....	52
3.2.1 ΜΕΡΗ ΑΝΤΛΙΑΣ.....	54
ΚΕΛΥΦΟΣ.....	54
ΑΞΟΝΑΣ.....	54
ΠΤΕΡΥΓΙΑ.....	55
ΔΑΚΤΥΛΙΟΙ.....	55
ΔΙΑΧΥΤΕΣ.....	56
ΤΡΟΠΟΣ ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑΣ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ.....	57
ΕΔΡΑΝΑ.....	56
3.2.2 ΤΡΟΠΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΝΤΛΙΑΣ.....	65
3.3 ΜΕΛΕΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ.....	66
3.3.1 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ.....	66
3.3.2 ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΑ ΜΕΓΕΘΗ.....	66
3.3.3 ΟΡΓΑΝΟ ΜΕΤΡΗΣΗΣ.....	67
3.3.4 ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ.....	70
3.4 ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ.....	71
3.5 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ.....	73
3.5.1.1 ΚΡΑΔΑΣΜΟΙ.....	73
3.5.1.2 ΑΙΤΙΕΣ ΥΨΗΛΩΝ ΚΡΑΔΑΣΜΩΝ.....	75
3.5.2 ΜΕΤΡΗΣΗ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΙΑΚΕΝΩΝ.....	75
3.6 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ.....	78

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

#### ‘ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ’

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	80
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	81



