

ΤΕΙ ΠΑΤΡΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΘΕΜΑ :

<<Μελέτη και κατασκευή εμβολοφόρου αντλίας (ως πρότυπο) για χρήση  
παροχής λαδιού σε υδραυλικά συστήματα>>



ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ : ΓΕΩΡΓΟΥΔΑΚΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ  
ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ : ΛΑΖΟΚΙΤΣΙΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

ΠΑΤΡΑ 2004

ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ	7144
----------------------	------



## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

### ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΙΣΧΥΣ

σελ.

1.1)	Ιστορία υδραυλικής ισχύς. . . . .	1
1.2)	Τι ονομάζεται υδραυλική ισχύς. . . . .	6
1.3)	Εφαρμογές της υδραυλικής ισχύς. . . . .	7
1.4)	Πως παράγεται η υδραυλική ισχύς. . . . .	9
1.5)	Πώς αξιοποιείτε η υδραυλική ισχύς. . . . .	10
1.6)	Φυσικές και χημικές ιδιότητες υδραυλικών ελαίων. . . . .	12

### ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ ΑΝΤΛΙΕΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

2.1)	Αντλίες θετικού και στατικού εκτοπίσματος . . . . .	13
2.1.1)	Αντλίες στατικού εκτοπίσματος . . . . .	13
2.1.2)	Αντλίες θετικού εκτοπίσματος . . . . .	14
2.2)	Αντλίες με μετωπικούς οδοντωτούς τροχούς εξωτερικής οδόντωσης . . . . .	16
2.3)	Αντλίες με μετωπικούς οδοντωτούς τροχούς εσωτερικής οδόντωσης . . . . .	19
2.3.1)	Αντλία πλανητικού τύπου (Ring gear pump) . . . . .	19
2.3.2)	Αντλία πλανητικού τύπου με μηνίσκο (internal gear pump) . . . . .	20
2.4)	Κοχλιωτές αντλίες . . . . .	22
2.5)	Πτερυγιοφόρες αντλίες . . . . .	24
2.5.1)	Πτερυγιοφόρα αντλία απλού θαλάμου . . . . .	24
2.5.2)	Πτερυγιοφόρα αντλία απλού θαλάμου μεταβλητής παροχής . . . . .	26
2.5.3)	Πτερυγιοφόρα αντλία διπλού θαλάμου . . . . .	27
2.6)	Εμβολοφόρες αντλίες . . . . .	28
2.6.1)	Εμβολοφόρες αντλίες ακτινικής διάταξης (radial piston pumps) . . . . .	29
2.6.2)	Εμβολοφόρες αντλίες αξονικής διάταξης . . . . .	31

ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟ  
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΥΠΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΑΝΤΛΙΑΣ

3.1)	Σκοπός αντλίας – λειτουργικές απαιτήσεις . . . . .	34
3.2)	Δεδομένα στοιχεία για την κατασκευή της αντλίας . . . . .	36
3.3)	Επιλογή κατάλληλου τύπου αντλίας – τρόπος λειτουργίας της . . . . .	38
3.4)	Διαστασιολόγηση χαρακτηριστικών στοιχείων της αντλίας . . . . .	42
3.4.1)	Υπολογισμός ύψους μπιέλας . . . . .	43
3.4.2)	Υπολογισμός πάχους μπιέλας . . . . .	45
3.4.3)	Υπολογισμός μέγιστης πίεσης . . . . .	45
3.4.4)	Υπολογισμός μέγιστης παροχής . . . . .	47
3.4.5)	Υπολογισμός των στοιχείων των βαλβίδων . . . . .	48

ΜΕΡΟΣ ΤΕΤΑΡΤΟ  
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ

4.1)	Τρόπος κατασκευής του κάθε εξαρτήματος . . . . .	51
4.2)	Εξαρτήματα που αγοράσθηκαν για όλη την κατασκευή . . . . .	61
4.3)	Εργαλεία και εργαλειομηχανές που χρησιμοποιήθηκαν . . . . .	64

ΜΕΡΟΣ ΠΕΜΠΤΟ  
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ

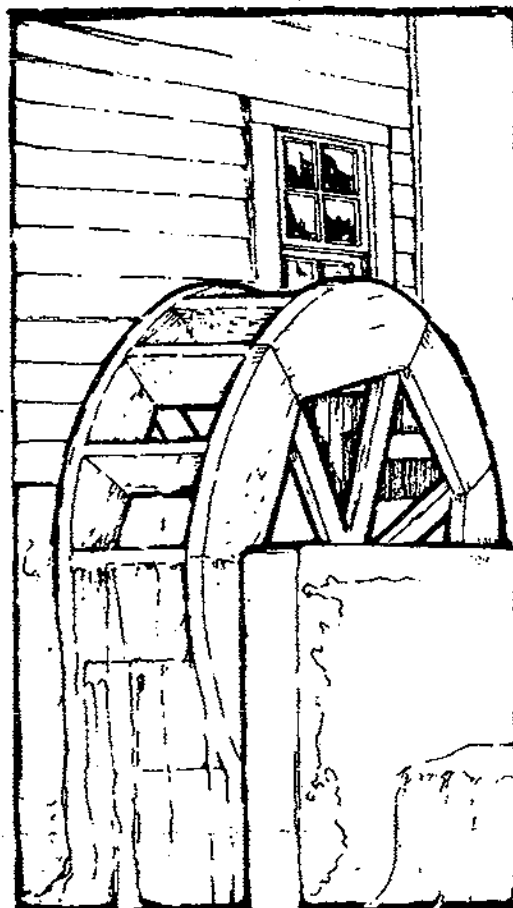
5.1)	Μετρήσεις – πίνακες . . . . .	65
5.2)	Γραφικές παραστάσεις . . . . .	69
Βιβλιογραφία . . . . .		73

## ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ

### ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΙΣΧΥΣ

#### 1.1) Ιστορία της υδραυλικής ισχύος

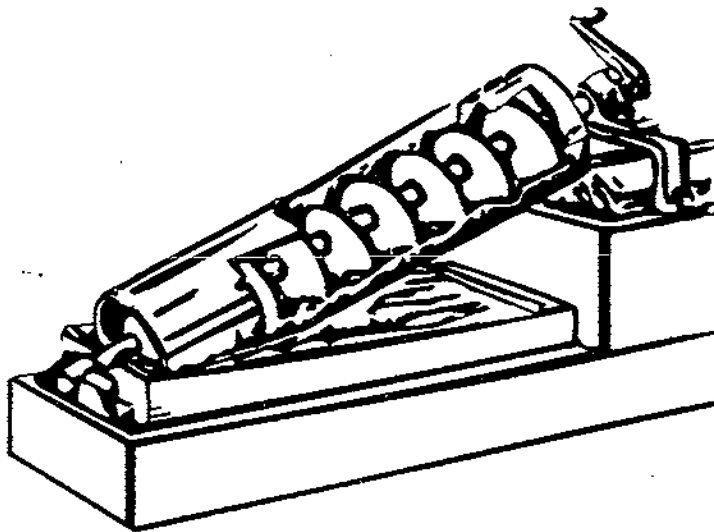
Από πάρα πολύ παλιά ο άνθρωπος ξεκίνησε να αξιοποιεί την υδραυλική ισχύ έτσι ώστε να διευκολύνει την καθημερινή του ζωή. Το πρώτο δείγμα αυτής της αξιοποίησης ήταν οι νερόμυλοι. Το 100 π.Χ. χρονολογείται η παλαιότερη αναφορά για χρήση νερόμυλου και όπως αντιλαμβανόμαστε αυτό θα είχε ξεκινήσει αρκετά πιο νωρίς.



σχήμα 1.1

Ο Ήρωνας τον πρώτο αιώνα μ.Χ. είχε επινοήσει ένα σύστημα έτσι ώστε να ανοίγουν οι μεγάλες πόρτες των ναών και των παλατιών. Αέρας ζεσταίνονταν σε μεγάλα δοχεία, η διαστολή του αέρα ανάγκαζε νερό μέσω αγωγών να φτάσει σε δοχεία τα οποία ήταν αναρτημένα μέσω τροχαλιών και σχοινιών στις πόρτες. Έτσι καθώς το βάρος αυτών των δοχείων αυξάνονταν άνοιγαν σιγά-σιγά οι πόρτες.

Ο Αρχιμήδης την τρίτη δεκαετία π.Χ. εφηύρε μία αντλία η οποία έμοιαζε σαν βίδα, την αντλία αυτή την χρησιμοποιούσαν οι Έλληνες και οι Ρωμαίοι τόσο σε αρδευτικά συστήματα όσο και για οικιακή χρήση.



σχήμα 1.2

Άλλη μία αξιοποίηση της υδραυλικής ισχύος ήταν το υδραυλικό ρολόι που εφηύρε ο Κτεςβίος το 250 μ.Χ. το οποίο παρείχε την πιο ακριβή μέθοδο στην χρονομέτρηση.

Η άνθηση της υδραυλικής ισχύος στις μέρες μας ξεκίνησε με την έναρξη της βιομηχανικής επανάστασης το 1850 στην Βρετανία. Το ενδιαφέρον για τη χρήση της υδραυλικής ισχύος με σκοπό να λειτουργήσει ένα πλήθος από μηχανήματα εξαπλώθηκε ταχύτατα. Πολλά από τα μηχανήματα και τις τεχνικές πάνω στην υδραυλική ισχύ που χρησιμοποιούμε σήμερα προέρχονται από αυτή την εποχή.

Αυτό συνοδεύτηκε με εξέλιξη στα είδη των αγωγών, μηχανισμούς που λειτουργούν με τα χέρια ή ακόμη και με τα πόδια, στα είδη πτερωτών που αξιοποιούσαν την ισχύ αυτή, μηχανές του ατμού και άλλες συσκευές έτσι ώστε να παρέχεται υδραυλική ισχύς για τις μηχανές.

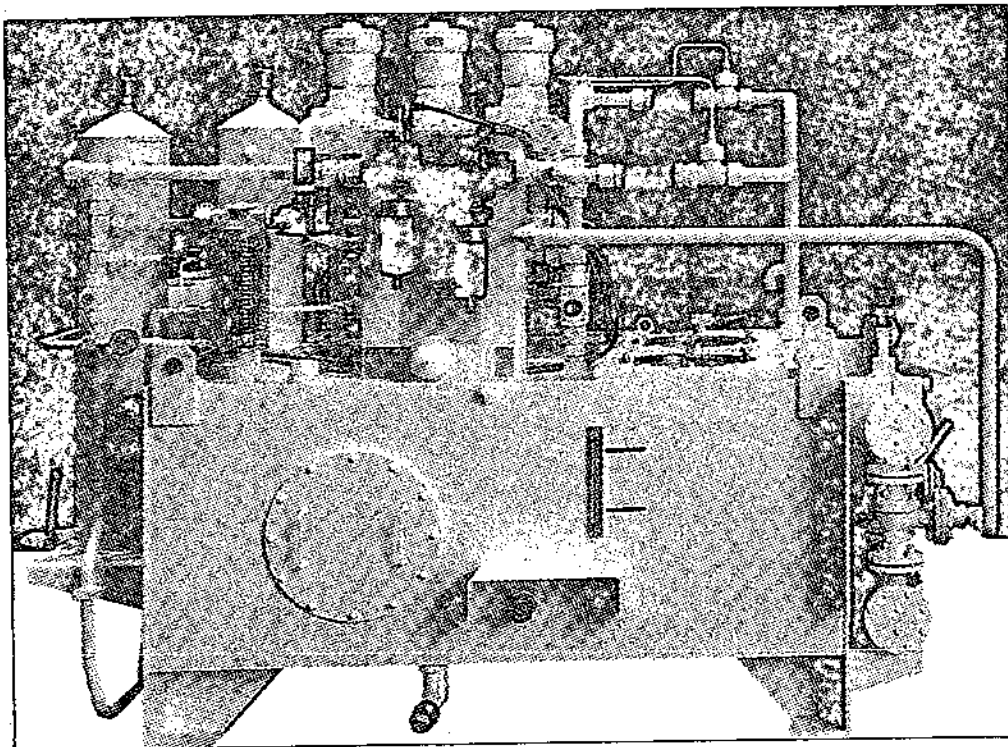
Μία από τις πιο αξιόλογες προσπάθειες αξιοποίησης και παραγωγής της υδραυλικής ισχύος ήταν το σύστημα πεπιεσμένου ύδατος στο Λονδίνο. Το σύστημα αυτό, που ξεκίνησε τη λειτουργία του το 1848, αρχικά είχε σκοπό να τροφοδοτεί με υδραυλική ισχύ τους γερανούς οι οποίοι υπήρχαν στο λιμάνι βοηθώντας στη φόρτωση και εκφόρτωση των караβιών αλλά και την αποθήκευση σε μεγάλες ψηλές αποθήκες.

Η αρχική πρόοδος ήταν αργή αλλά μέχρι το 1883 το σύστημα αυτό είχε μήκος 12 μιλίων και τροφοδοτούσε νερό με πίεση 700psi (~50bar). Το 1920 το μήκος του ήταν 160 μίλια και υπήρχαν 5000 γερανοί με δυνατότητα ανύψωσης περισσότερο από 40 τόνους, 1000 βιομηχανικές πρέσες και 1500 ανελκυστήρες επιβατών. Επιπλέον αρκετές χιλιάδες μικρών υδραυλικών ανελκυστήρων ήταν σε χρήση από το μεγαλεμπόριο του Λονδίνου.

Η υδραυλική ισχύς έγινε πιο εξεζητημένη στις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα όπου νέα υλικά κατασκευής και η αντικατάσταση του νερού από ειδικά λάδια, παράγωγα πετρελαίου με λιπαντικές και αντιοξειδωτικές ιδιότητες συντελούν στην αύξηση της ισχύος και της λειτουργικότητας των υδραυλικών συστημάτων. Σημαντικό ρόλο επίσης έπαιξε η ανάπτυξη στις μεθόδους στεγανοποίησης .

Περιέργως, καθώς ο ηλεκτρισμός παραγκώνιζε την υδραυλική ισχύ, η υδραυλική ισχύς παραγκώνιζε με τη σειρά της την ηλεκτρική στην βαριά βιομηχανία και τις μετακινούμενες εφαρμογές. Το 1906 εμφανίστηκαν τα πρώτα υδραυλικά συστήματα πάνω σε ένα πολεμικό πλοίο οπότε και τα αποτελέσματα ήταν εντυπωσιακά. Από τότε εφαρμόστηκαν σε όλα τα πλοία στο σύστημα διεύθυνσης, βίντζια, στο σύστημα μετάδοσης της κίνησης κτλ.

Το 1926 η πρώτη αυτόνομη μονάδα υδραυλικής ισχύος κατασκευάστηκε στις Η.Π.Α. Αυτό οδήγησε σε σημαντικές καινοτομίες στις βιομηχανικές εφαρμογές της υδραυλικής ισχύος, διότι αυτές οι σχετικά μικρές μονάδες μπορούσαν εύκολα να μετακινούνται και να λειτουργούν ανεξάρτητα από άλλα συστήματα.

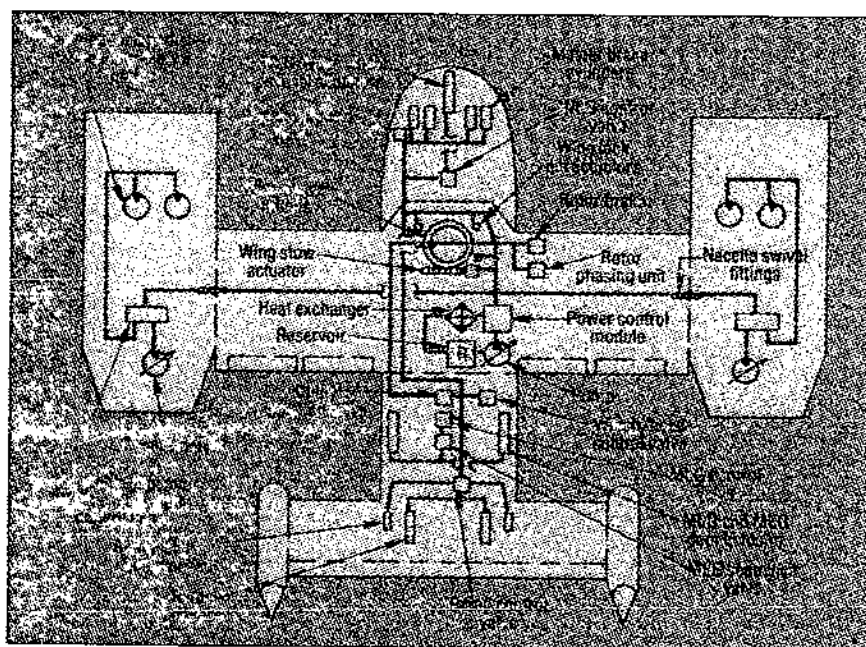
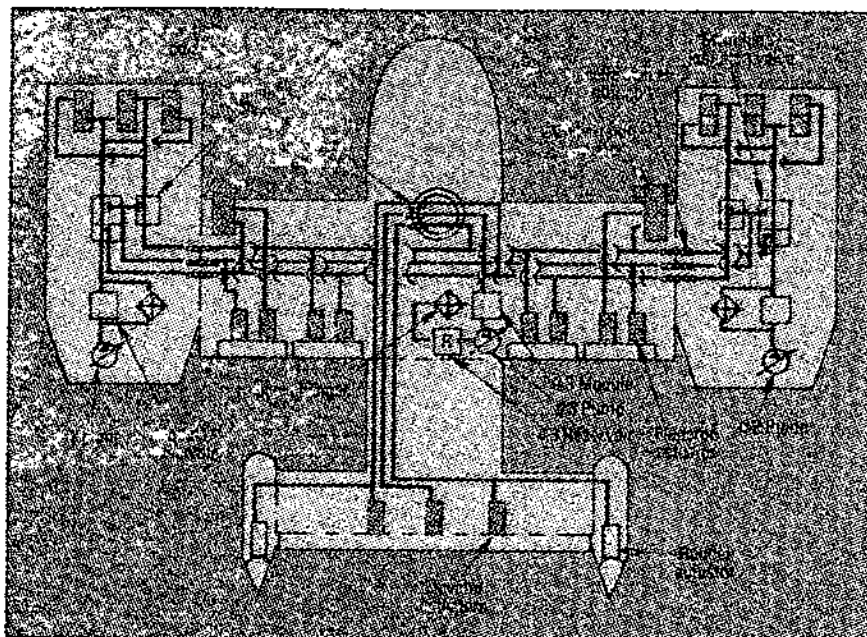


σχήμα 1.3

Ο 2<sup>ος</sup> παγκόσμιος πόλεμος έδρασε καταλυτικά για την γρήγορη ανάπτυξη των υδραυλικών συστημάτων. Τα κυριότερα βήματα έγιναν από την βιομηχανία αεροσκαφών. Οι απαιτήσεις για μεγάλα αεροσκάφη, υψηλές ταχύτητες και μεγάλες αποστάσεις, κατέστησαν αδύνατο στους πιλότους να τα χειρίζονται με τις παλιές μεθόδους που χρησιμοποιούσαν συρματόσχοινα και τροχαλίες.

Βοηθητικά συστήματα όπως μηχανισμοί για ρίψη βομβών, σύστημα τροχοπέδησης, πόρτες φορτοεκφόρτωσης κτλ απαιτούσαν μεγάλη ισχύ για τη λειτουργία τους. Αρκετά από εκείνα τα συστήματα που είχαν αρχικά σχεδιαστεί για τα αεροσκάφη χρησιμοποιούνται σήμερα στη βιομηχανία αυτοκινήτων όπως το σύστημα της πέδησης.





σχήμα 1.4

Η τεχνολογία της υδραυλικής ισχύος συνεχίζει να αναπτύσσεται. Υψηλότερες πιέσεις βελτίωσαν τα συστήματα για μεγαλύτερα φορτία, καλύτερα υγρά βελτίωσαν τις συνθήκες ελέγχου και αξιοπιστίας των υδραυλικών συστημάτων και αρκετοί άλλοι παράγοντες έκαναν τα υδραυλικά συστήματα να παίζουν κυρίαρχο ρόλο στη ζωή μας.

## 1.2) Τι ονομάζεται υδραυλική ισχύος

Σαν υδραυλική ισχύ ονομάζουμε την ισχύ που μπορούμε να αποκομίσουμε από τα φυσικά χαρακτηριστικά των ρευστών και συγκεκριμένα την πίεση και την ταχύτητα ή τον συνδυασμό των δύο, σε σχέση με τη διατομή του αγωγού.

Τα υγρά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να μεταφέρουν αξιοποιήσιμη ενέργεια με δύο τρόπους, υδροστατικά και υδροδυναμικά. Στα υδροδυναμικά συστήματα, η κινητική ενέργεια του ρευστού ή η πρόσπτωση του σε ειδικές πτερωτές, μετατρέπεται σε μηχανικό έργο, συνήθως περιστροφικής μορφής.

Από την άλλη, η υδροστατική έχει να κάνει με την πίεση και την ισορροπία των ρευστών. Στα υδροστατικά συστήματα η ενέργεια που μεταφέρεται είναι ενέργεια πίεσης που έχει αποκομίσει το ρευστό από κάποια αντλία. Τα περισσότερα υδραυλικά συστήματα θεωρείτε ότι είναι υδροστατικά διότι η ενέργεια πίεσης είναι πρωταρχική πηγή παραγωγής δυνάμεων.

Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να διευκρινίσουμε κάτι. Μια αντλία σε ένα υδραυλικό σύστημα εξυπηρετεί μόνο στη δημιουργία ροής και δεν πρέπει να θεωρείτε σαν πηγή πίεσης. Για να παραχθεί πίεση είναι απαραίτητο να υπάρξει μία αντίσταση στη ροή π.χ. υπό μορφή κάποιου φορτίου σε ένα υδραυλικό κινητήρα. Σύμφωνα με αυτή την αντίσταση εργασίας, δημιουργείτε πίεση στο ρευστό μέχρι την τιμή εκείνη που απαιτείτε για να υπερνικηθεί η συγκεκριμένη αντίσταση εργασίας.

Επομένως, μέρος ή όλη η πίεση του υγρού είναι δυνατόν να απολεσθεί από εσωτερικές ή εξωτερικές διαρροές σε οποιοδήποτε σημείο του κυκλώματος το οποίο θα του προσφέρει τη μικρότερη αντίσταση ροής.

### 1.3) Εφαρμογές της υδραυλικής ισχύος

Όλοι γνωρίζουμε την εξάρτησή μας από την ηλεκτρική ισχύ. Φανταστείτε πως θα ήταν χωρίς ηλεκτρικό φως, κλιματισμό το καλοκαίρι, εργοστάσια ή ακόμη και χωρίς ηλεκτρονικούς υπολογιστές.

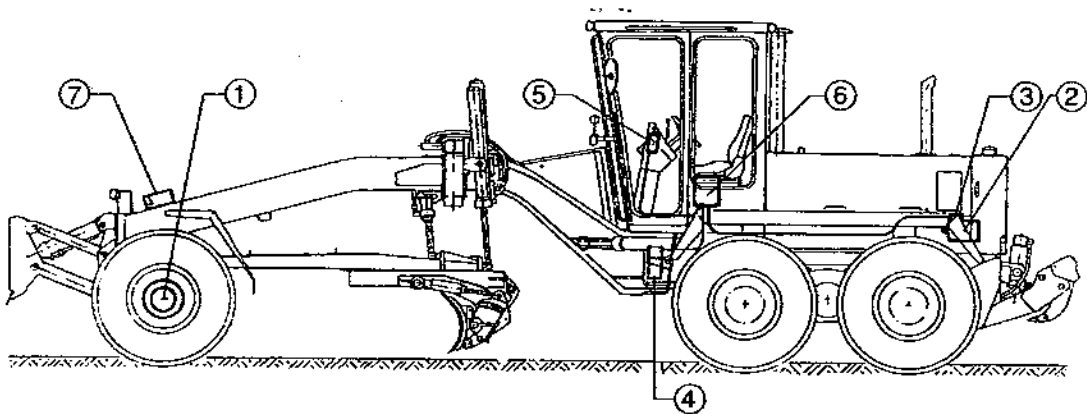
Παρόλα αυτά, λίγοι αντιλαμβανόμαστε ότι και η υδραυλική ισχύς παίζει εξίσου σημαντικό ρόλο στη ζωή μας. Εκτός από τα φρένα των αυτοκινήτων, το αυτόματο κιβώτιο ταχυτήτων, το υδραυλικό τιμόνι και περιστασιακά υδραυλικούς ανελκυστήρες, λίγοι από εμάς έχουν συναντήσει κάποια άλλη μορφή υδραυλικής ισχύος.

Έχουμε να πούμε όμως πως ένα πολύ μικρό ποσοστό της βιομηχανίας δεν εξαρτάτε από κάποια μορφή υδραυλικής ισχύος, και βέβαια αντιλαμβανόμαστε ότι η βιομηχανία έχει άμεσο αντίκτυπο στην καθημερινή μας ζωή.

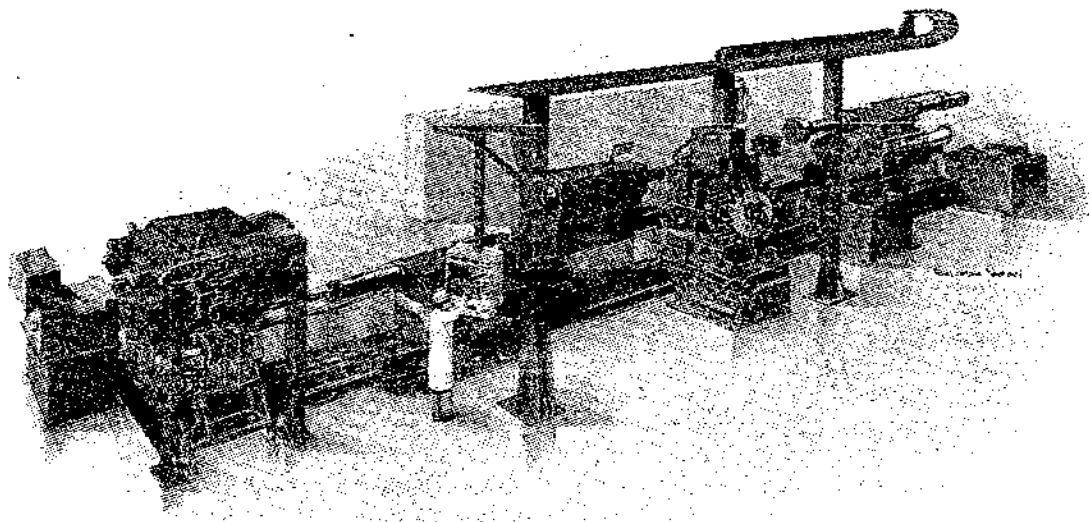
Η τυποποίηση τροφίμων, η υαλοουργική, τα εργοστάσια πλαστικών, χειρουργικά τραπέζια, φορτηγά σκουπιδιών κτλ είναι ένα δείγμα της χρησιμότητας των συστημάτων υδραυλικής ισχύος. Οι εφαρμογές όπως καταλαβαίνουμε είναι άπειρες, ακόμη και η καρέκλα του οδοντίατρου και του κουρέα λειτουργεί με υδραυλικό μηχανισμό.

Στην πραγματικότητα σχεδόν το 90% της βιομηχανίας χρησιμοποιεί με κάποιο τρόπο την υδραυλική ισχύ. Με την ανάπτυξη των αυτομάτων συστημάτων ελέγχου όπου η μεγάλη ισχύς των υδραυλικών συστημάτων ελέγχεται από την μεγάλη ακρίβεια των ηλεκτρικών κυκλωμάτων, αντιλαμβανόμαστε ότι η χρήση τους έχει επεκταθεί σε τεράστιο ποσοστό τόσο στην βιομηχανία όσο και σε καθημερινές εφαρμογές.

Οι ηλεκτρουδραυλικές βαλβίδες των αυτοκινήτων και το κιβώτιο ταχυτήτων της VW όπου οι αλλαγές στων ταχυτήτων απαιτούν χρόνο μόλις 0,3-0,4 sec είναι ότι πιο σύγχρονο έχει να επιδείξει η τεχνολογία στον τομέα αυτό.



σχήμα 1.5



σχήμα 1.6

#### 1.4) Πως παράγεται η υδραυλική ισχύς

Η υδραυλική ισχύς, δηλαδή η ροή του ρευστού, στα υδραυλικά συστήματα παράγεται κατά κύριο λόγο από αντλίες θετικού εκτοπίσματος. Οι αντλίες αυτές έχουν την ιδιότητα-ικανότητα να αυξάνουν την πίεση του ρευστού, αν υπάρξει βέβαια κάποια αντίσταση στη ροή, σε πολύ μεγάλα επίπεδα.

Επειδή οι εφαρμογές των υδραυλικών συστημάτων είναι πάρα πολλές είναι λογικό και οι απαιτήσεις κάθε φορά να ποικίλουν. Για να επιλέξουμε λοιπόν την κατάλληλη αντλία για το εκάστοτε υδραυλικό σύστημα θα πρέπει πρώτα να εξετάσουμε ορισμένους παράγοντες οι οποίοι δρουν καταλυτικά ή ακόμη και απαγορευτικά για την επιλογή της αντλίας. Θα πρέπει λοιπόν να εξετάσουμε :

- Την απαιτούμενη μέγιστη πίεση του συστήματος
- Την παροχή
- Το υδραυλικό ρευστό που θα χρησιμοποιηθεί
- Την διακύμανση της ροής
- Την στάθμη της ηχητικής πίεσης (θόρυβο λόγω ροής)

Για τον λόγο αυτό έχουν αναπτυχθεί αρκετοί τύποι αντλιών με παρόμοια ή εντελώς διαφορετική αρχή λειτουργίας. Οι αντλίες αυτές προκειμένου να λειτουργήσουν παίρνουν ισχύ από εξωτερικές μηχανές όπως ηλεκτροκινητήρες, μηχανές Diesel, Otto κτλ.

Πολλές φορές η ενέργεια αυτή προσφέρεται από τον άνθρωπο χειροκίνητα ή ακόμη και με τη βοήθεια των ποδιών, βέβαια τα συστήματα αυτά αφορούν μικρές τιμές ισχύος, όχι και πολύ μικρές όμως αν αναλογιστούμε πως ένα χειροκίνητο παλάγκο μπορεί πολύ εύκολα να σηκώσει βάρος 1-2 τόνων.

## 1.5) Πώς αξιοποιείτε η υδραυλική ισχύς

Τη ροή αυτή του ρευστού πρέπει να την εκμεταλλευτούμε με κάποιο τρόπο έτσι ώστε να μας αποδώσει ωφέλιμο έργο.

Οποιαδήποτε μηχανική εγκατάσταση μπορεί να μας προσφέρει έργο είτε με ευθύγραμμη κίνηση είτε με περιστροφική κίνηση (ροπή). Έτσι λοιπόν και στα υδραυλικά συστήματα εκμεταλλευόμαστε την πίεση του ρευστού για να παράγουμε αξονικές δυνάμεις ή δυνάμεις ροπής.

Τα υδραυλικά έμβολα ή γραμμικοί κινητήρες είναι μηχανισμοί με τους οποίους επιτυγχάνουμε μετατροπή της υδραυλικής ενέργειας σε μηχανική για την παραγωγή αξονικών δυνάμεων, και αποτελούν την πρώτη μορφή αξιοποίησης της υδραυλικής ισχύος.

Οι υδραυλικοί γραμμικοί κινητήρες, χωρίζονται από πλευράς δράσεως και λειτουργίας σε δύο κατηγορίες, τους κυλίνδρους απλής και τους κυλίνδρους διπλής ενεργείας.

Στους κυλίνδρους απλής ενεργείας, το σύστημα έμβολο-βάκτρο εκτείνεται με τη δράση της υδραυλικής ενέργειας και συμπύσσεται είτε με το ίδιο το βάρος είτε με την εφαρμογή εξωτερικής δύναμης, συνήθως από ελατήρια που είναι τοποθετημένα εσωτερικά στον κύλινδρο.

Αντίθετα οι κύλινδροι διπλής ενεργείας μπορούν να μετακινούνται διαμέσου της υδραυλικής ισχύος και προς τις δύο κατευθύνσεις, έχοντας τη δυνατότητα να παράγουν έργο και στις δύο κατευθύνσεις.

Η πλειοψηφία των κυλίνδρων που χρησιμοποιούνται σήμερα είναι διπλής ενεργείας. Θα πρέπει σε αυτό το σημείο να πούμε πως η αποτελεσματική επιφάνεια δράσης σε αυτούς τους κυλίνδρους δεν είναι ίδια δεξιά και αριστερά.

Για να μετατρέψουμε τώρα την εξωτερικά προσλαμβανόμενη υπό της αντλίας ενέργεια του ρέοντος ρευστού σε περιστροφική (ροπή) κάνουμε χρήση των υδραυλικών κινητήρων. Οι υδραυλικοί κινητήρες λειτουργούς όπως ακριβώς και οι αντλίες αλλά σε αντίθετη φορά ενώ κατασκευαστικά είναι σχεδόν όμοιοι με αυτές, πολλές φορές μάλιστα μία αντλία μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σαν κινητήρας.

Έναντι άλλων περιστροφικών κινητήρων, οι υδραυλικοί κινητήρες παρουσιάζουν εξαιρετικά πλεονεκτήματα, που τα κυριότερα είναι τα εξής :

- Έχουν πολύ μικρό όγκο σε σχέση με την ισχύ που αποδίδουν
- Έχουν (απεριόριστη) δυνατότητα μεταβολής των στροφών
- Η μικρή ροπή αδράνειας που έχουν τα κάνουν να εκκινούν ακαριαία και να αντιστρέφουν τη φορά περιστροφής χωρίς ουσιαστικό πρόβλημα
- Λειτουργούν με απόλυτη ασφάλεια σε χώρους όπου υπάρχει υψηλός κίνδυνος πρόκλησης έκρηξης
- Η απλότητα ελέγχου

Το σημαντικότερο από την άλλη μειονέκτημά τους είναι οι αυξημένες τριβές καθώς και η δυσκολία στη στεγανοποίηση.

Από απόψεως περιστροφικής ταχύτητας οι υδραυλικοί κινητήρες χωρίζονται ουσιαστικά σε τρεις κατηγορίες.

- Στους βραδύστροφους υδραυλικούς κινητήρες, οι οποίοι περιστρέφονται από κλάσμα της στροφής έως και 150 r.p.m.
- Στους μέσου αριθμού στροφών, οι οποίοι περιστρέφονται από 300 έως 750 r.p.m.
- Στους τάχύστροφους, οι οποίοι περιστρέφονται από 300 έως περίπου 3000 r.p.m.

## 1.6) Φυσικές και χημικές ιδιότητες υδραυλικών ελαίων

Στα μηχανικά συστήματα η ισχύς μεταφέρεται με στερεά μέσα όπως καλώδια, γρανάζια, μάντες, αλυσίδες κ.τ.λ. Στα υδραυλικά συστήματα η ισχύς μεταφέρεται μέσω μίας ποσότητας ρευστού και παρόλο που φαίνεται κάτι πολύ απλό στην ουσία αποτελεί ένα αρκετά περίπλοκο θέμα.

Στα πρώτα υδραυλικά συστήματα σαν υδραυλικό μέσο χρησιμοποιούταν το νερό, οι αυξημένες όμως απαιτήσεις από τα υδραυλικά συστήματα καθώς και το περιβάλλον στο οποίο εργαζόταν ανάγκασαν την άμεση αντικατάσταση του νερού.

Αυτό συνέβη για μια σειρά από αιτίες όπως για παράδειγμα η στερεοποίηση του νερού στους 0°C όπου έθετε τα υδραυλικά συστήματα σε αχρηστία, επίσης το μικρό ιξώδες καθώς και η μικρή ικανότητα λίπανσης περιόριζαν αρκετά την απόδοση αλλά και την ισχύ των υδραυλικών συστημάτων. Σημαντική υπήρξε βέβαια και η οξειδωτική ιδιότητα του νερού.

Έτσι λοιπόν το υδραυλικό ρευστό θα πρέπει να έχει ορισμένες συγκεκριμένες φυσικές και χημικές ιδιότητες ανάλογα με το υδραυλικό σύστημα στο οποίο θα χρησιμοποιηθεί.

Ένα υδραυλικό λάδι επομένως θα πρέπει :

- Να μεταφέρει ενέργεια
- Να λιπαίνει τα επιμέρους εξαρτήματα και μηχανές
- Να μεταφέρει θερμότητα από διάφορες θερμογόνες πηγές του κυκλώματος στη δεξαμενή ή σε ειδικούς εναλλάκτες θερμότητας
- Να μεταφέρει από όπου παράγονται μικρά σωματίδια από τα μηχανικά μέρη στο φίλτρο
- Να προστατεύει από σκουριά και διάβρωση
- Να παρέχει ηλεκτρική μόνωση (σε συγκεκριμένες εφαρμογές)
- Να βοηθά στη στεγανοποίηση των κινητών μερών
- Να είναι συμβατό σε όλα τα συστήματα
- Να μην αφρίζει
- Να απελευθερώνει εύκολα τις φυσαλίδες του αέρα
- Να διαχωρίζεται εύκολα από το νερό
- Να έχει κατάλληλο ιξώδες
- Να λειτουργεί σε μια μεγάλη περιοχή θερμοκρασιών
- Να έχει χαμηλό ειδικό βάρος
- Να έχει υψηλό μέτρο διογκώσεως



## ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ

### ΑΝΤΛΙΕΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

#### 2.1) Αντλίες θετικού και στατικού εκτοπίσματος

Με τη βοήθεια των αντλιών μετατρέπουμε την εξωτερική προσλαμβανόμενη ενέργεια σε ενέργεια ρέοντος ρευστού. Δεν θα ήταν υπερβολή αν λέγαμε πως η αντλία είναι η καρδιά ενός υδραυλικού συστήματος.

Ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας τους οι αντλίες κατατάσσονται σε δύο κύριες κατηγορίες, τις αντλίες θετικού εκτοπίσματος και τις αντλίες στατικού εκτοπίσματος. Όταν αναφερόμαστε στο εκτόπισμα μιας αντλίας εννοούμε το ποσό του ρευστού που μετακινεί σε κάθε περιστροφή της ατράκτου της.

##### 2.1.1) Αντλίες στατικού εκτοπίσματος

Μία αντλία στατικού εκτοπίσματος μπορεί να είναι φυγοκεντρική, αξονικής προπέλας, στροβιλοαντλία κτλ. Λόγω εσωτερικής κατασκευής οι αντλίες αυτές δεν περιλαμβάνουν στεγανοποιητικά στοιχεία ή στεγανοποιητικές επιφάνειες με αποτέλεσμα να μην είναι σε θέση να αποτρέψουν το ρευστό να γυρίσει προς τα πίσω.

Έτσι όταν αυξάνεται η φόρτιση τους, παρουσιάζεται μείωση στην ογκομετρική παροχή τους και στην απόδοσή τους. Η απόδοση γενικά μιας τέτοιας αντλίας εξαρτάτε από τη σχεδίαση της αντλίας, την ταχύτητα γωνιακής περιστροφής, τις αντιστάσεις στη ροή του ρευστού στο κύκλωμα και στην πυκνότητα του ρευστού.

Μερικές φορές, σε αυτές τις αντλίες, στραγγαλίζουμε εντελώς την κατάθλιψη τους έτσι ώστε να έχουμε μηδενική ογκομετρική παροχή. Σε αυτή της περίπτωση απλώς στροβιλίζεται το ρευστό και αυξάνεται η θερμοκρασία του.

Άλλο ένα χαρακτηριστικό αυτού του τύπου αντλιών είναι ότι δεν έχουν δυνατότητα αναρρόφησης αν δεν υπάρχει ρευστό στην πτερωτή τους. Έτσι με συγκεκριμένες μεθόδους τροφοδοτούμε με ρευστό την αντλία ώστε να μην υπάρχει αέρας σε αυτήν και έπειτα την θέτουμε σε λειτουργία.

Αυτό βέβαια συμβαίνει στην περίπτωση όπου η ελεύθερη επιφάνεια του ρευστού βρίσκεται χαμηλότερα από το υψόμετρο της αντλίας.

Οι αντλίες στατικού εκτοπίσματος δεν χρησιμοποιούνται σχεδόν ποτέ σε εγκαταστάσεις υδραυλικών συστημάτων. Ο ρόλος τους είναι κυρίως για να μεταφέρουν ρευστά υπερνικώντας τις απώλειες κατά τη διέλευση των μέσα από αγωγούς και όποια άλλη τοπική αντίσταση μπορούν να συναντήσουν.

Η ογκομετρική παροχή των αντλιών αυτών κυμαίνεται σε μερικές χιλιάδες λίτρα το λεπτό αλλά η πίεση τους δεν ξεπερνά τα 200 psi. (~14bar)

### 2.1.2) Αντλίες θετικού εκτοπίσματος

Κατά 99% οι αντλίες που χρησιμοποιούνται στα υδραυλικά συστήματα είναι αντλίες θετικού εκτοπίσματος. Οι αντλίες αυτές είναι σχεδιασμένες έτσι ώστε να αποτρέπεται οποιαδήποτε εσωτερική διαρροή. Σε κάθε λοιπόν περιστροφή τους, εκτοπίζουν μία ποσότητα ρευστού η οποία είναι πάντοτε σταθερή και εξαρτάται από τα κατασκευαστικά στοιχεία της αντλίας.

Σε μερικές από αυτές τις αντλίες μπορούμε να μεταβάλουμε τον όγκο εμβολισμού τους καθώς λειτουργούν με αποτέλεσμα να μεταβάλουμε την παροχή τους, ακόμα και να την μηδενίζουμε.

Οι κύριες κατηγορίες των αντλιών θετικού εκτοπίσματος είναι οι εξής :

- Αντλίες οδοντωτών τροχών (γρاناζωτές, Gear pumps)
- Πτερυγιοφόρες αντλίες (Vane pumps)
- Κοχλιωτές αντλίες (Screw pumps)
- Εμβολοφόρες αντλίες (Piston pumps)

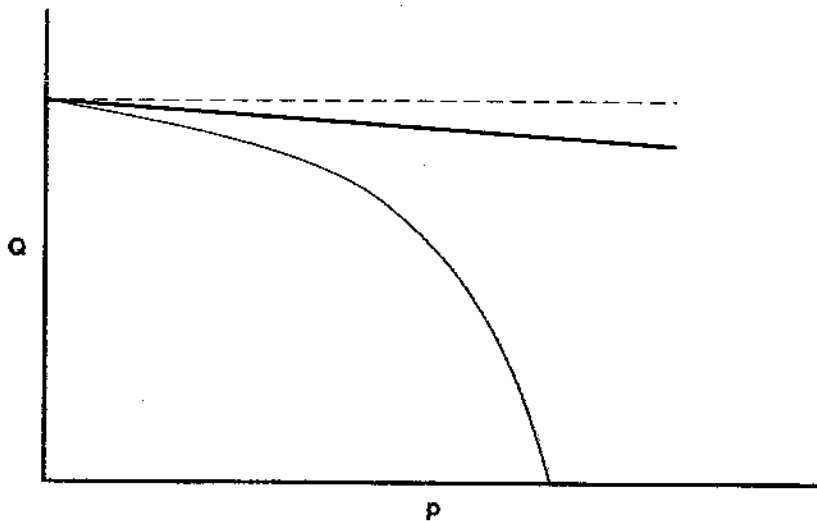
Από τις παραπάνω, οι εμβολοφόρες και οι πτερυγιοφόρες μπορούν να μεταβάλλουν τον όγκο εμβολισμού τους.

Η αρχή λειτουργίας των αντλιών θετικού εκτοπίσματος είναι πολύ απλή, περιέχουν αντλιτικούς θαλάμους οι οποίοι εναλλακτικά αυξάνουν και μειώνουν τον όγκο τους. Το ρευστό εισέρχεται από την εισαγωγή καθώς ο όγκος αυξάνεται, και ωθείται από τον χώρο αυτό προς την εξαγωγή όταν ο χώρος μειώνεται.

Μπορεί η αρχή λειτουργίας να είναι σχεδόν ίδια για όλες τις αντλίες θετικού εκτοπίσματος, εντούτοις ο ακριβής μηχανισμός διαφέρει σημαντικά από τον ένα τύπο στον άλλο.

Όπως είπαμε και παραπάνω, οι αντλίες αυτές περιέχουν στεγανοποιητικά στοιχεία έτσι ώστε να μην επιτρέπεται η επιστροφή του ρευστού στην αναρρόφηση, επειδή όμως δεν μπορούμε να πετύχουμε 100% στεγανότητα είναι επόμενο με την αύξηση της φόρτισης να παρουσιάζεται μία μικρή μείωση της ογκομετρικής απόδοσης λόγω εσωτερικών διαρροών.

Στο παρακάτω γράφημα βλέπουμε τον βαθμό επηρεασμού των αντλιών θετικού και στατικού εκτοπίσματος ανάλογα με την φόρτιση τους.

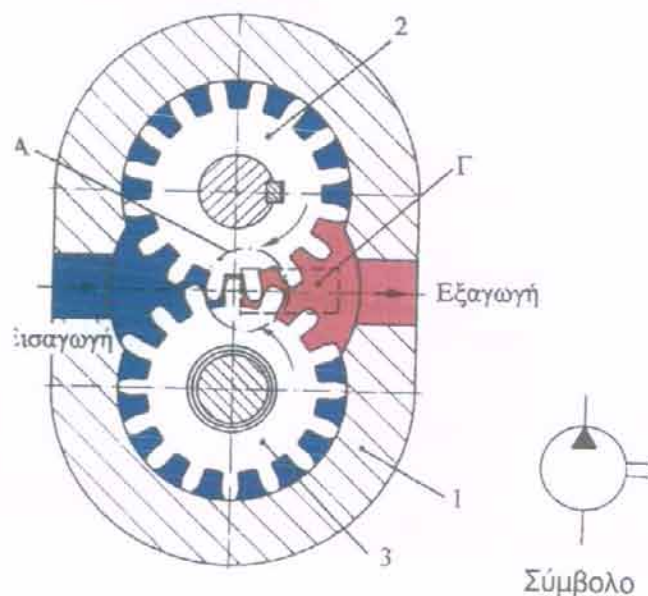


σχήμα 2.1

Η έντονη μαύρη γραμμή αντιστοιχεί σε αντλίες θετικού εκτοπίσματος ενώ η αχνή σε αντλίες στατικού εκτοπίσματος. Η διακεκομμένη γραμμή αντίθετα αντιστοιχεί σε ιδανική λειτουργία μίας αντλίας.

## 2.2) Αντλίες με μετωπικούς οδοντωτούς τροχούς εξωτερικής οδόντωσης

Αυτός ο τύπος αντλίας είναι ο πιο απλός από πλευράς κατασκευής και παράλληλα ο περισσότερο σε χρήση στις υδραυλικές εφαρμογές. Αποτελείτε από τους οδοντωτούς τροχούς ευθείας οδόντωσης 2 και 3, οι οποίοι βρίσκονται συνεχώς σε εμπλοκή και περιστρέφονται μέσα στο ωοειδές περίβλημα 1.



σχήμα 2.1

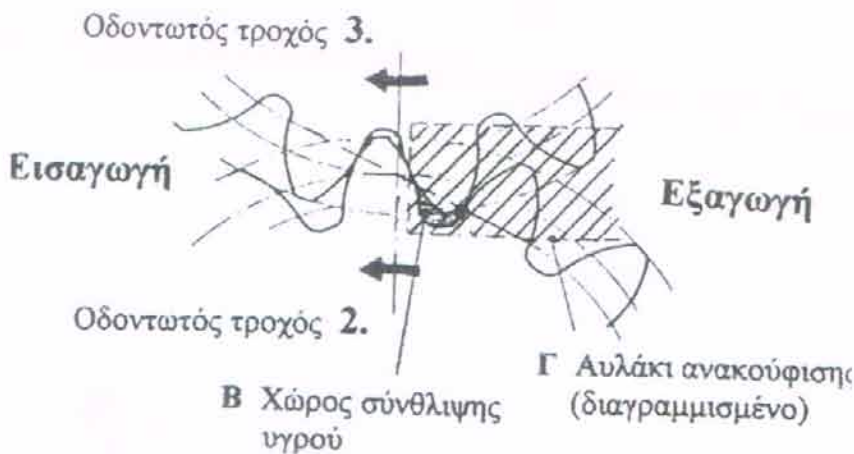
Το ακτινικό διάκενο μεταξύ του περιβλήματος και των οδοντωτών τροχών είναι το μικρότερο δυνατό, δεξιά και αριστερά των τροχών υπάρχουν πλευρικές πλάκες επαφής με εξίσου πολύ μικρά μεταξύ τους αξονικά διάκενα.

Ο ένας από τους δύο τροχούς είναι ο κινητήριος 2, ενώ ο άλλος 3 παρασύρεται σε περιστροφή από τον πρώτο. Κατά την εκκίνηση της αντλίας με φορά που δείχνουν τα βέλη διώχεται αρχικά ο μεταξύ των δοντιών παγιδευμένος αέρας, με αποτέλεσμα να αρχίζει η δημιουργία κενού στην πλευρά της εισαγωγής της αντλίας.

Με αυτόν τον τρόπο και λόγω της διαφοράς πίεσης μεταξύ της ατμοσφαιρικής που επικρατεί στην επιφάνεια του ρευστού μέσα στη δεξαμενή, και της μικρότερης από την ατμοσφαιρική στην εισαγωγή της αντλίας, αρχίζει η αναρρόφηση του υδραυλικού υγρού.

Καθώς συνεχίζει η περιστροφή της αντλίας, το υγρό γεμίζει αρχικά το χώρο μεταξύ των οδοντωτών τροχών στην πλευρά της αναρρόφησης και στη συνέχεια μεταφέρεται κατά μήκος της περιφέρειας του ωοειδούς περιβλήματος προς την πλευρά της κατάθλιψης. Οι δύο τροχοί στη θέση που εμπλέκονται εμποδίζουν όσο το δυνατό την επιστροφή του υγρού προς την πλευρά αναρρόφησης, ενώ παράλληλα το ίδιο έργο επιτελούν και οι πλευρικές πλάκες επαφής δεξιά και αριστερά των τροχών.

Μελετώντας προσεκτικά τη λειτουργία της γραναζωτής αντλίας, παρατηρούμε ότι στη θέση εμπλοκής των τροχών τα δόντια κλείνουν τις κυψέλες μεταφοράς του υγρού πριν αυτές αδειάσουν πλήρως το περιεχόμενό τους. Υπολογίζεται ότι ένα μέρος του υγρού, περίπου 10% της ενεργούς ποσότητας της κυψέλης μεταφοράς, εγκλωβίζεται στη θέση εμπλοκής των τροχών.



σχήμα 2.2

Αυτή η ποσότητα του υγρού μπορεί να επανέλθει στην πλευρά κατάθλιψης με κατάλληλα φρεζαρισμένα αυλάκια πάνω στις πλευρικές πλάκες επαφής. Αυτά τα αυλάκια εκροής αρχίζουν λίγο μετά από τον άξονα των κέντρων των τροχών και καταλήγουν στην πλευρά κατάθλιψης της αντλίας.

Σε αντίθετη περίπτωση και εφόσον δεν έχει προνοηθεί παρόμοια ανακουφιστική διάταξη, οδηγούμεθα σε ανάπτυξη πολύ υψηλών πιέσεων στο υγρό που παραμένει εγκλωβισμένο, υψηλές φορτίσεις έδρασης, δυσάρεστη δημιουργία θορύβων και ακατάστατη λειτουργία.

Προς αποφυγή όσο το δυνατό των ογκομετρικών απωλειών, που οφείλονται σε εσωτερικές διαρροές της αντλίας, φροντίζουμε οι οδοντωτοί τροχοί να περιστρέφονται εντός του περιβλήματος και των παρειών των πλευρικών πλακών επαφής, με τις μικρότερες δυνατές ανοχές.

Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι η απόσταση αυτή είναι της τάξης των 0.03~0.04 mm. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ένα συνολικό βαθμό απόδοσης  $\eta_{\text{συν}}=80\sim 89\%$  ανάλογα με την κατασκευή και μέγιστη πίεση λειτουργίας μέχρι 100 bar.

Υπερβολικά μικρές ανοχές ελαττώνουν τις εσωτερικές διαρροές αλλά ταυτόχρονα αυξάνουν τις μηχανικές τριβές, αντίθετα για σχετικά μεγάλες κατασκευαστικές ανοχές έχουμε μείωση των τριβών αλλά αυξάνουν οι εσωτερικές διαρροές.

Οι σύγχρονες γραναζωτές αντλίες για την πλέον ιδανική λειτουργία και απόδοσή τους φέρουν πλευρικές πλάκες επαφής με δυνατότητα μεταβολής του διακένου ανάλογα με την εκάστοτε πίεση που δουλεύουν.

Με αυτόν τον τρόπο, οι αξονικές ανοχές της αντλίας αυτορυθμίζονται από την πίεση του συστήματος φθάνοντας μέχρι το πάχος της μεμβράνης (φιλμ) λίπανσης σε εξαιρετικά υψηλές πιέσεις λειτουργίας.

Το αποτέλεσμα είναι ένας υψηλός συνολικός βαθμός απόδοσης που φτάνει το 95% και μία μέγιστη πίεση 250bar.

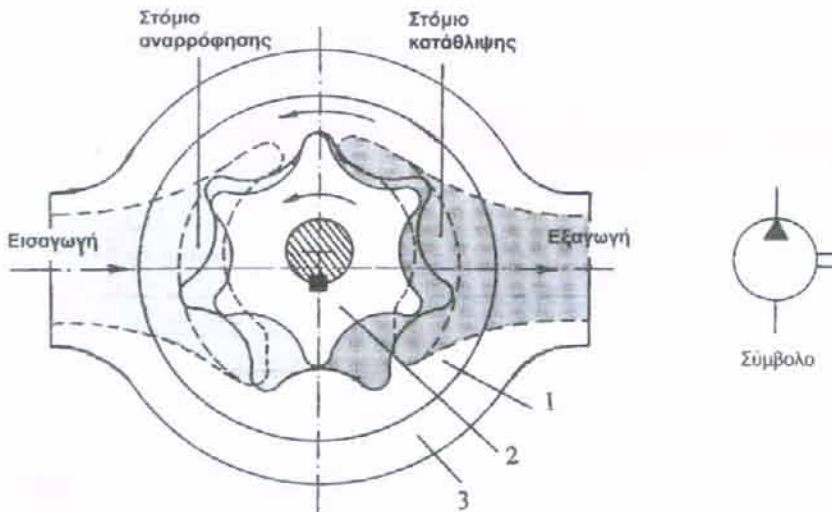
Οι περισσότερες γραναζωτές αντλίες κατασκευάζονται με ευθεία οδόντωση. Αυτή η οδόντωση έχει το μειονέκτημα της απότομης φόρτισης και ανακούφισης σε κάθε εμπλοκή, με αποτέλεσμα να εμφανίζονται κρουστικά φορτία πίεσης αλλά και θόρυβος ειδικά σε υψηλό αριθμό στροφών.

Για την αποφυγή αυτών των συνεπειών κατασκευάζονται αντλίες με τροχούς γωνιώδους οδόντωσης τύπου V. Λόγω όμως του μεγάλου κόστους δεν προτιμούνται έναντι των αντλιών με ευθεία οδόντωση οι οποίες έχουν απλή και φτηνή κατασκευή, αρκετά καλό βαθμό απόδοσης, μεγάλη ασφάλεια λειτουργίας αλλά και μεγάλο εύρος ιξώδους ρευστών.

### 2.3) Αντλίες με μετωπικούς οδοντωτούς τροχούς εσωτερικής οδόντωσης

#### 2.3.1) Αντλία πλανητικού τύπου (Ring gear pump)

Μια γριναζωτή αντλία εσωτερικής οδόντωσης πλανητικού τύπου αποτελείται από την οδοντωτή στεφάνη με εσωτερική οδόντωση 1, το κεντρικό γριναζί (πινιόν) 2 το οποίο είναι σταθερά συνδεδεμένο με τον άξονα της αντλίας διαμέσου σφήνας και από το κέλυφος ή το σώμα 3.



σχήμα 2.3

Η οδοντωτή στεφάνη περιστρέφεται ελεύθερα μέσα στο σώμα της αντλίας, ενώ τα δόντια και των δύο γραναζιών είναι ειδικής μορφής έτσι ώστε οι κορυφές των να βρίσκονται πάντα σε επαφή ολίσθησης μεταξύ

70 - 9

Αριστερά και δεξιά της αντλίας υπάρχουν αντίστοιχα τα στόμια αναρρόφησης και κατάθλιψης σχήματος φασολιού. Η στεγανοποίηση μεταξύ των στομίων επιτυγχάνεται στο άνω μέρος με την εμπλοκή των δοντιών, ενώ στο κάτω μέρος με την επαφή ολίσθησης της κεφαλής των δοντιών του πινιόν και της στεφάνης.

Κατά την περιστροφή του άξονα, το πινιόν παρασύρει την οδοντωτή στεφάνη προς την ίδια με αυτό κατεύθυνση, με μία σχετική μεταξύ τους διαφορά ταχύτητας η οποία ορίζεται από τον αριθμό των οδόντων των δύο τροχών. Στην αρχή του στομίου αναρρόφησης ο χώρος μεταξύ των οδόντων είναι πολύ μικρός, ενώ στη συνέχεια αυξάνει προοδευτικά, με αποτέλεσμα αυτή η εκτόνωση του χώρου να δημιουργεί με την περιστροφή της αντλίας το απαραίτητο σχετικό κενό για την αναρρόφηση του υγρού από τη δεξαμενή.

Καθώς η περιστροφή της αντλίας συνεχίζει, το υγρό γεμίζει το μεταξύ των οδόντων χώρο και στη συνέχεια μεταφέρεται προς την μεριά της κατάθλιψης όπου και συμπιέζεται καθώς ο χώρος ελαττώνεται προοδευτικά.

Σε αυτό τον τύπο αντλίας χαρακτηριστικό γνώρισμα είναι ότι εκτός της περιστροφής των εν εμπλοκή γραναζιών υπάρχει μεταξύ των οδόντων των δύο γραναζιών μια σχετική μικρή γραμμική ταχύτητα ολίσθησης.

Οι αντλίες πλανητικού τύπου είναι αντλίες χαμηλής πίεσης μέχρι 100 bar και χρησιμοποιούνται συνήθως σαν βοηθητικές αντλίες ή αντλίες λίπανσης.

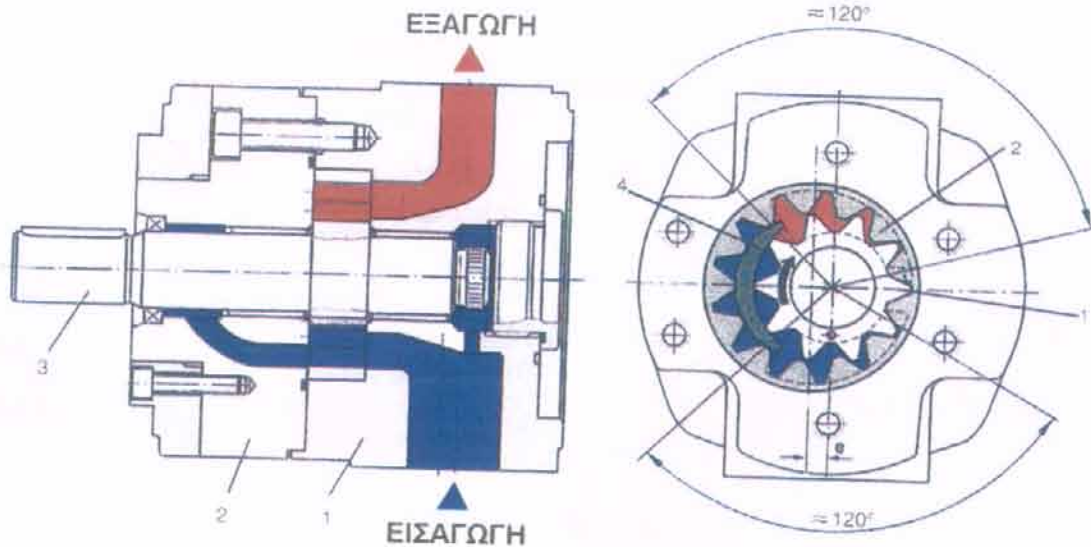
### 2.3.2) Αντλία πλανητικού τύπου με μηνίσκο (internal gear pump)

Σε αυτό τον τύπο αντλίας, το κινητήριο γρανάζι (πινιόν) 1, οδηγεί ένα μεγαλύτερο γρανάζι με εσωτερική οδόντωση 2 προς την ίδια κατεύθυνση περιστροφής με αυτό. Και οι δύο οδοντωτοί τροχοί περιστρέφονται ελεύθερα μέσα στο σώμα 3 της αντλίας με τις μικρότερες δυνατές ανοχές.

Ένα σταθερό στοιχείο με μορφή μηνίσκου 4, το οποίο αποτελεί μέρος του σώματος της αντλίας, εφαρμόζει στο μεταξύ των δύο τροχών διάστημα το οποίο δημιουργείτε από την εκκεντρότητα  $e$ .



Ο μηνίσκος στεγανοποιεί τις κορυφές των δοντιών και των δύο τροχών, ενώ δημιουργεί προϋπόθεση διπλών κυψελίδων μεταφοράς του υγρού.



σχήμα 2.4

Κατά την περιστροφή της αντλίας όπως δείχνουν τα βέλη, το μεταξύ των οδόντων διάστημα αυξάνει προοδευτικά με αποτέλεσμα τη δημιουργία επίσης προοδευτικά αυξανόμενου κενού στην εισαγωγή της αντλίας.

Σε αυτή τη φάση αρχίζει η αναρρόφηση του υγρού από τη δεξαμενή, σε μία αρκετά μεγάλη γωνία περιστροφής της αντλίας. Στη συνέχεια το υγρό διαμέσου των θυλάκων και των δύο τροχών, μεταφέρεται χωρίς καμία μεταβολή του όγκου του μέχρι την αρχή του στομίου κατάθλιψης.

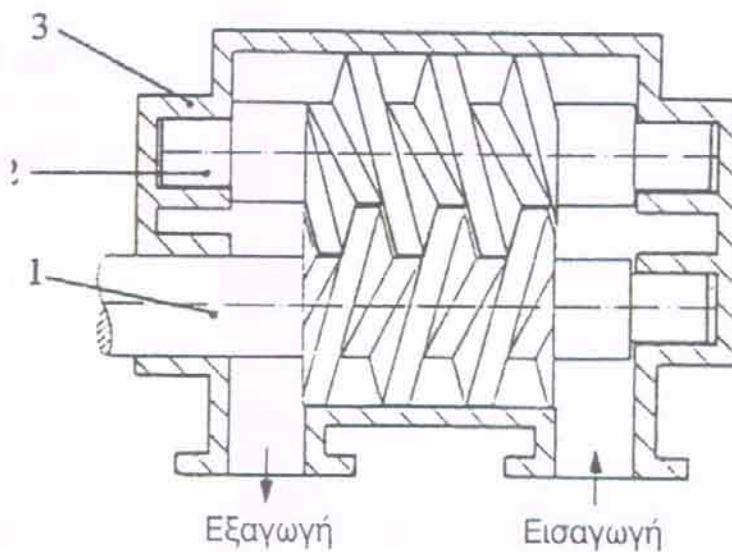
Από την αρχή του στομίου κατάθλιψης μέχρι το σημείο εμπλοκής των δύο τροχών, παρατηρούμε μία προοδευτική ελάττωση του χώρου μεταξύ των δοντιών, σε μία επίσης μεγάλη γωνία περιστροφής της αντλίας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την προοδευτική προώθηση του υγρού προς το στόμιο κατάθλιψης.

Σε αυτού του τύπου τις αντλίες παρατηρείτε πολύ χαμηλός κυματισμός της ροής με αποτέλεσμα και ένα χαμηλό επίπεδο θορύβου. Αντλίες πλανητικού τύπου με μηνίσκο, εφοδιασμένες με πλευρικές πλάκες επαφής μπορούν να αναπτύξουν πιέσεις μέχρι 300bar και ένα συνολικό βαθμό απόδοσης  $\eta_{\text{συν}}=0,93$

## 2.4) Κοχλιωτές αντλίες

Οι κοχλιωτές αντλίες αποτελούνται από δύο ή τρεις δρομείς με μορφή ατέρμονα κοχλία, οι οποίοι αλληλεπιδρούν και περιστρέφονται εντός κελύφους με τις μικρότερες δυνατές ανοχές μεταξύ τους.

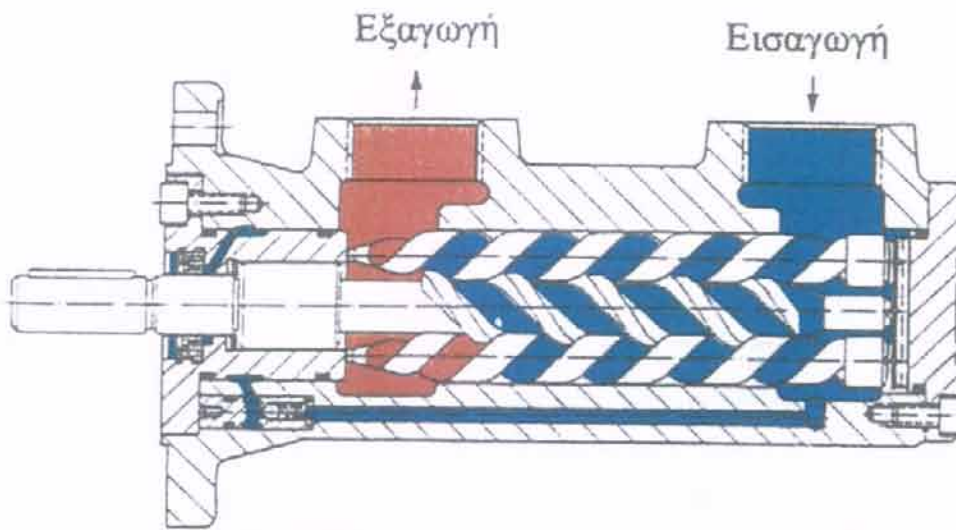
Στο παρακάτω σχήμα παρατηρούμε μια κοχλιωτή αντλία με δύο κοχλίες εκ των οποίων ο 1 είναι κινητήριος και φέρει αριστερόστροφη ελίκωση και ο 2 είναι κινούμενος και φέρει δεξιόστροφη ελίκωση.



σχήμα 2.5

Ο κινητήριος κοχλίας 1 μεταβιβάζει την περιστροφική κίνηση στην άλλη άτρακτο είτε άμεσα διαμέσου της ελίκωσης, είτε έμμεσα διαμέσου οδοντωτών τροχών χρονισμού, οι οποίοι είναι τοποθετημένοι στις ατράκτους και εξωτερικά από το κέλυφος.

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται μία κοχλιωτή αντλία η οποία περιλαμβάνει τρεις κοχλίες, ο μεσαίος είναι ο κινητήριος ενώ οι άλλοι δύο είναι κινούμενοι.



σχήμα 2.6

Κατά την περιστροφή της αντλίας, το υγρό προωθείται προς την έξοδο παράλληλα με τη διεύθυνση των αξόνων των κοχλιών, καθώς αυτοί εμπλέκονται μεταξύ τους, χωρίς καμία μεταβολή στον αρχικό παραληφθέντα από την εισαγωγή όγκο του υγρού.

Η προώθηση του υγρού προς την έξοδο της αντλίας είναι συνεχής και όχι τμηματική όπως στις άλλες αντλίες θετικού εκτοπίσματος. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την ομαλή και σχεδόν αθόρυβη λειτουργία τους.

Για το λόγο αυτό είναι περιζήτητες σε εργασιακούς χώρους ή χώρους εργαστηρίων όπου απαιτείται χαμηλή στάθμη ηχητικής πίεσης. Ακόμα λόγω της σταθερής τους παροχής είναι περιζήτητες σε συστήματα λίπανσης.

Αντίθετα όμως υπάρχει σε αυτές τις αντλίες ένα αρκετά μεγάλο μήκος δρόμου διαρροής το οποίο αρχίζει από την πλευρά υψηλής πίεσης και φτάνει έως την πλευρά χαμηλής πίεσης, δηλαδή την εισαγωγή, με αποτέλεσμα αυτός ο τύπος να είναι γενικά ακατάλληλος για εφαρμογές υψηλών λειτουργικών απαιτήσεων.

## 2.5) Πτερυγιοφόρες αντλίες

Κατασκευαστικά οι πτερυγιοφόρες αντλίες διακρίνονται σε δύο κύριες κατηγορίες, στις πτερυγιοφόρες αντλίες απλού θαλάμου και τις πτερυγιοφόρες αντλίες διπλού θαλάμου.

Και οι δύο τύποι χρησιμοποιούν τα ίδια κύρια λειτουργικά στοιχεία (ρότορας, πτερύγια). Η λειτουργία στηρίζεται στην περιστροφή ενός ρότορα, ο οποίος φέρει σχισμές μέσα στις οποίες ολισθαίνουν τα πτερύγια. Μεταξύ των πτερυγίων και της εσωτερικής επιφάνειας ενός δακτυλίου που εφάπτονται δημιουργούνται οι αναγκαίες κυψέλες μεταφοράς του υγρού. Οι πτερυγιοφόρες αντλίες απλού θαλάμου μπορούν να μεταβάλουν την ογκομετρική τους παροχή, κάτι που δεν συμβαίνει για τις αντλίες διπλού θαλάμου.

Πλεονεκτήματα πτερυγιοφόρων αντλιών :

- Χαμηλός κυματισμός ροής και κατ'επέκταση χαμηλό επίπεδο θορύβου
- Μπορούν να επιτύχουν πιέσεις μέχρι 170 bar
- παρουσιάζουν μικρές φθορές διότι αυτολιπένονται από το ίδιο το υγρό που μεταφέρουν

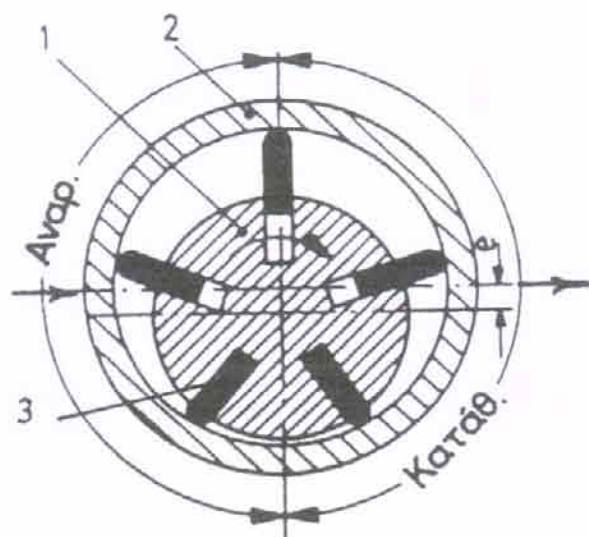
Μειονεκτήματα πτερυγιοφόρων αντλιών

- Υψηλό κόστος κατασκευής σε σύγκριση με τις γραναζωτές
- Σχετικά χαμηλός βαθμός απόδοσης  $\eta = 0,75 \sim 0,85$
- Τα ισχυρά έκκεντρα φορτία που αναπτύσσονται κυρίως σε αυτές απλού θαλάμου
- Οι μεγάλες απώλειες τριβής

### 2.5.1) Πτερυγιοφόρα αντλία απλού θαλάμου

Οι περισσότερες αντλίες απλού θαλάμου ονομάζονται διαφορετικά και πτερυγιοφόρες αντλίες χωρίς υδραυλική εξισορρόπηση γιατί λόγω του σχεδιασμού τους η κατανομή των δυνάμεων που εφαρμόζεται πάνω στο ρότορα από την πίεση του υδραυλικού υγρού δεν είναι ομοιόμορφη.

Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να δημιουργούνται ακτινικές δυνάμεις οι οποίες τελικά καταπονούν τον άξονα του ρότορα αλλά και τις εδράσεις. Αυτός είναι και ο κύριος λόγος που αυτός ο τύπος αντλιών δεν έχει τη δυνατότητα να αναπτύξει μεγάλες πιέσεις.



σχήμα 2.7

Από το παραπάνω σχήμα βλέπουμε ότι ο άξονας του ρότορα 1 δεν συμπίπτει με το γεωμετρικό άξονα του δακτυλίου 2 με αποτέλεσμα τη δημιουργία μίας εκκεντρότητας  $e$ .

Κατά την περιστροφή του ρότορα, τα πτερύγια 3 ωθούνται από την φυγόκεντρη δύναμη προς τα έξω αντιγράφοντας την εσωτερική επιφάνεια του δακτυλίου. Το έργο της φυγόκεντρου δυνάμεως υποβοηθείται παράλληλα από την πίεση του συστήματος η οποία εφαρμόζεται από την πίσω μεριά των πτερυγίων.

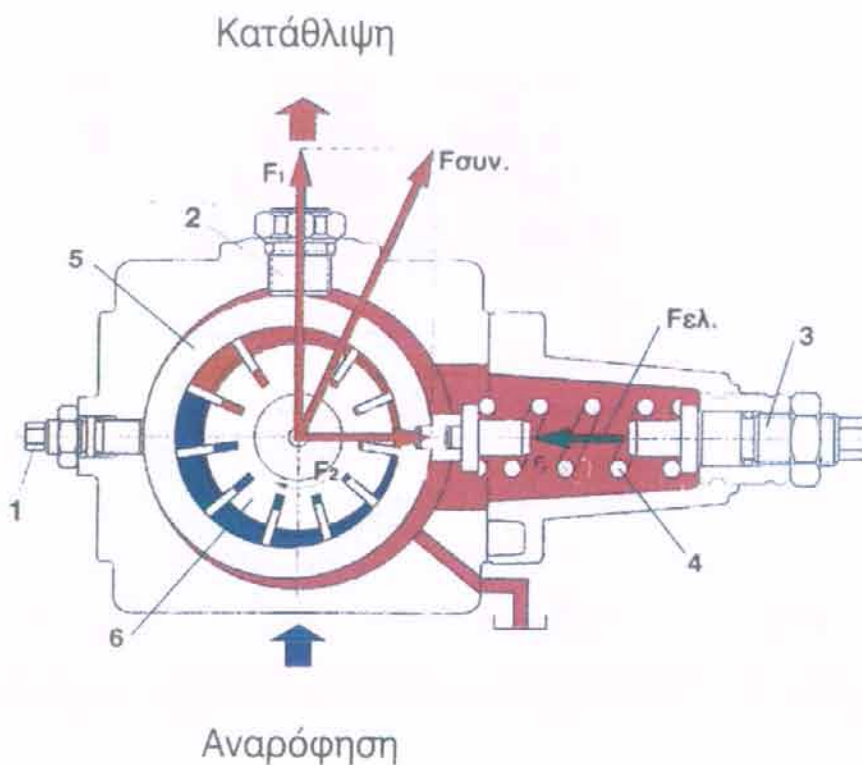
Καθώς η αντλία περιστρέφεται με τη φορά που δείχνει το βέλος, στην είσοδο της αντλίας δημιουργείται κενό, το οποίο αυξάνει όσο ο χώρος εγκλωβισμού του υγρού μεταξύ των πτερυγίων αυξάνει.

Στη συνέχεια καθώς το υγρό μεταφέρεται προς την έξοδο της αντλίας, ο χώρος μεταξύ των πτερυγίων ελαττώνεται με αποτέλεσμα να ωθείτε το υγρό προς την έξοδο της αντλίας.

Το πλεονέκτημα αυτών των αντλιών είναι ότι μπορούν να κατασκευαστούν και σαν αντλίες μεταβλητής παροχής.

### 2.5.2) Πτερυγοφόρα αντλία απλού θαλάμου μεταβλητής παροχής

Ο τρόπος λειτουργίας μιας τέτοιας αντλίας είναι ακριβώς ο ίδιος με αυτόν της σταθερής παροχής. Για να εξετάσουμε τον τρόπο με τον οποίο μεταβάλλεται η παροχή σε αυτές τις αντλίες θα παρατηρήσουμε το παρακάτω σχήμα.



σχήμα 2.8

Μία τέτοια αντλία λοιπόν αποτελείται από τους ρυθμιστικούς κοχλίες 1, 2 και 3, το ελατήριο 4, το δακτυλίδι 5 και το ρότορα 6. ο ρυθμιστικός κοχλίας 1 αποφασίζει για το εύρος της παροχής της αντλίας επενεργώντας απευθείας πάνω στο μέγεθος της εκκεντρότητας  $e$ .

Ο κοχλίας 2 ρυθμίζει την κάθετη θέση του δακτυλίου 5 έτσι ώστε η δύναμη απόκρισης και ο θόρυβος της αντλίας να είναι δυνατόν να ρυθμιστούν. Τέλος ο κοχλίας 3 ρυθμίζει τη μέγιστη πίεση λειτουργίας της αντλίας επενεργώντας απευθείας πάνω στο ελατήριο 4.

Η μεταβολή της παροχής δημιουργείται με τη μεταβολή της εκκεντρότητας  $e$ . Ανάλογα με την αντίσταση εργασίας του υδραυλικού συστήματος, δημιουργείται μια πίεση η οποία εφαρμόζεται στην εσωτερική επιφάνεια του δακτυλίου. Το γινόμενο της πίεσης με την εσωτερική επιφάνεια του δακτυλίου που επενεργεί δημιουργεί τη συνιστάμενη δύναμη η οποία αναλύεται στις δυνάμεις  $F_1$  και  $F_2$ .

Η δύναμη  $F_1$  παραλαμβάνεται από το ρυθμιστικό κοχλία 2 ενώ η δύναμη  $F_2$  επενεργεί απευθείας πάνω στο ελατήριο 4. Εάν η δύναμη αυτή υπερβεί τη δύναμη ρύθμισης του ελατηρίου  $F_{ελ}$  τότε ο δακτύλιος 5 κινείται προς τα δεξιά ελαττώνοντας την εκκεντρότητα  $e$ .

Αντίθετα εάν η δύναμη ρύθμισης του ελατηρίου υπερβεί την δύναμη πίεσης  $\bar{F}_2$  τότε ο δακτύλιος 5 κινείται προς τα αριστερά αυξανοντας την εκκεντρότητα  $e$ .

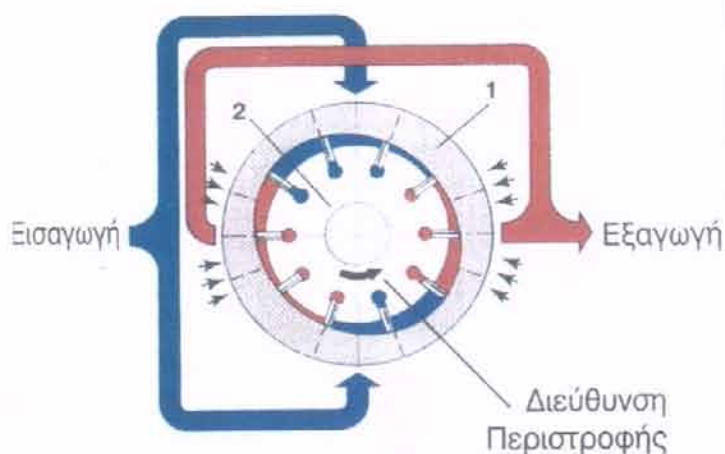
Με τον τρόπο αυτό η παροχή της αντλίας αυτορυθμίζεται ανάλογα με το φορτίο λειτουργίας, και θα πρέπει να σημειώσουμε ότι μειώνοντας την εκκεντρότητα  $e$  μειώνεται η παροχή αλλά ταυτόχρονα αυξάνεται η πίεση που μπορεί να αποδώσει η αντλία με αποτέλεσμα να αντεπεξέρχεται ταυτόχρονα στο αυξημένο φορτίο λειτουργίας.

Παρόμοιες αντλίες κατασκευάζονται για περιοχές παροχής έως  $100\text{cm}^3/\text{sec}$  και μέγιστες πιέσεις λειτουργίας  $100\text{bar}$ .

### 2.5.3) Πτερυγιοφόρα αντλία διπλού θαλάμου

Οι πτερυγιοφόρες αντλίες διπλού θαλάμου ονομάζονται διαφορετικά και πτερυγιοφόρες αντλίες με υδραυλική εξισορρόπηση γιατί λόγω του σχεδιασμού τους η κατανομή των δυνάμεων που ενεργούν πάνω στο ρότορα έχει ομοιόμορφη.

Βασική κατασκευαστική διαφορά μεταξύ των αντλιών απλού και διπλού θαλάμου είναι ότι σε αυτή την περίπτωση ο δακτύλιος δεν είναι κυλινδρικός αλλά είναι ελλειψοειδής.



σχήμα 2.9

Ο δακτύλιος 1 επιτρέπει την προσαρμογή δύο στομιών αναρρόφησης και δύο στομιών κατάθλιψης. Αυτές είναι διατεταγμένες κατά  $180^\circ$  έτσι ώστε οι δυνάμεις πίεσης πάνω στο ρότορα και κατ'επέκταση στον κινητήριο άξονα και τα ρουλεμάν να είναι εξισορροπημένες.

Σήμερα οι περισσότερες πτερυγιοφόρες αντλίες είναι αυτού του τύπου. Η μέγιστη πίεση που μπορούν να αποδώσουν είναι 170bar ενώ η παροχή τους κυμαίνεται από 10 έως 100 cm<sup>3</sup>/στρ.

## 2.6) Εμβολοφόρες αντλίες

Οι πιο πολύπλοκες και ακριβές αντλίες είναι αυτές που ανήκουν στην κατηγορία των εμβολοφόρων αντλιών. Ανάλογα με την διεύθυνση των εμβόλων κατατάσσονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, τις ακτινικές και τις αξονικές. Όλες οι εμβολοφόρες αντλίες λειτουργούν στηριζόμενες πάνω στην ίδια αρχή λειτουργίας.

Όταν ένα έμβολο αποσύρεται στεγανά μέσα σε ένα κύλινδρο έχει ως αποτέλεσμα την αναρρόφηση του υγρού, το οποίο στη συνέχεια εκτονώνεται όταν το έμβολο προωθείται μπροστά.

Η λειτουργία λοιπόν αυτή της παλινδρόμησης των εμβόλων λαμβάνει χώρα σε όλες τις εμβολοφόρες αντλίες. Έχουν αναπτυχθεί διάφοροι τρόποι με τους οποίους μπορούμε να το επιτύχουμε αυτό, εξού και οι παρακάτω τύποι εμβολοφόρων αντλιών.



### 2.6.1) Εμβολοφόρες αντλίες ακτινικής διάταξης (radial piston pumps)

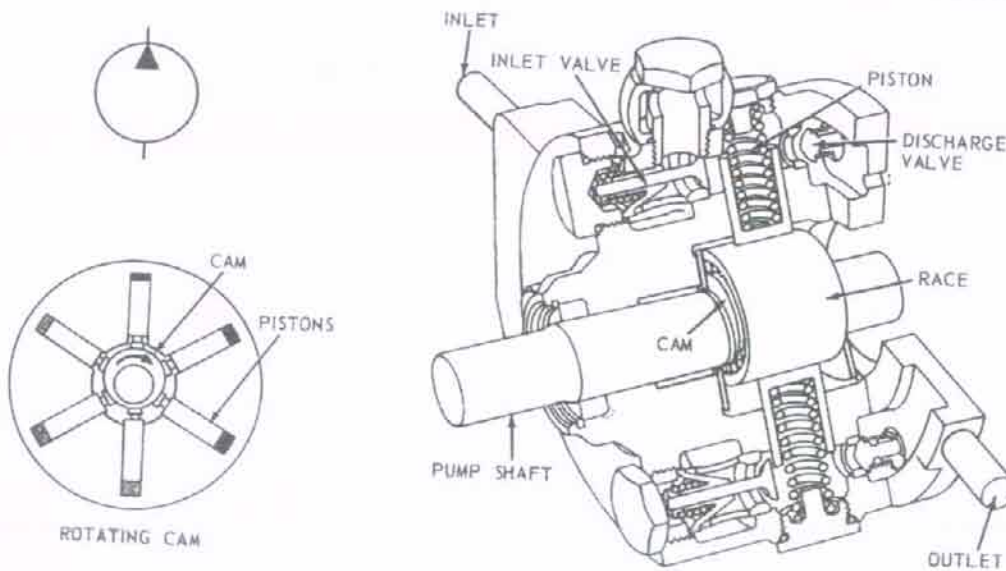
Η ονομασία των αντλιών αυτών προέρχεται από την διάταξη που έχουν τα έμβολα σε σχέση με την άτρακτο της αντλίας. Όπως καταλαβαίνουμε στις αντλίες αυτές τα έμβολα παλινδρομούν ακτινικά της άτρακτου.

Η άτρακτος φέρει ένα έκκεντρο κύλινδρο ο οποίος είναι σε συνεχή επαφή με τα έμβολα λόγω των ελατηρίων που τα ωθούν προς την κατεύθυνση αυτή.

Καθώς η άτρακτος περιστρέφεται, το έκκεντρο αναγκάζει τα έμβολα να παλινδρομούν μέσα στους κυλίνδρους, έτσι ο ενεργός χώρος αυξομειώνεται άλλοτε αναρροφώντας και άλλοτε καταθλίπτοντας ποσότητες υγρού, σταθερές για σταθερό αριθμό στροφών.

Για την λειτουργία αυτής της αντλίας είναι απαραίτητο ο κάθε κύλινδρος να είναι εφοδιασμένος με δύο βαλβίδες, μία εισαγωγής και μία εξαγωγής έτσι ώστε να εισέρχεται το υγρό από το στόμιο αναρρόφησης και να εξέρχεται από το στόμιο της κατάθλιψης.

Μία τέτοια αντλία φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.

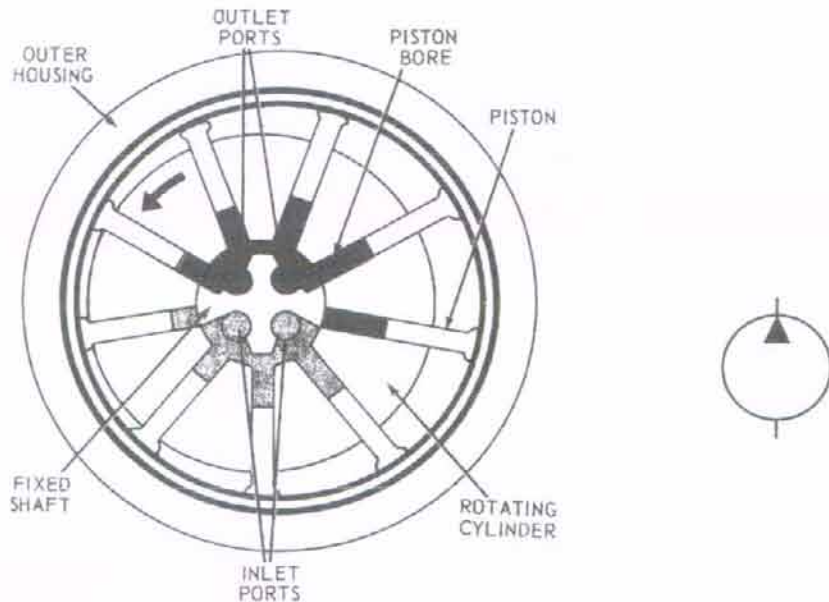


σχήμα 2.10

Άλλη μία εναλλαγή της αντλίας αυτής είναι η εξής. Επάνω στην άτρακτο της αντλίας είναι συνδεδεμένος ένας κύλινδρος σημαντικής διαμέτρου ο οποίος φέρει ακτινικά τους κυλίνδρους μέσα στους οποίους θα παλινδρομούν τα έμβολα.

Γύρω από τον κύλινδρο αυτό υπάρχει ένα κέλυφος κυκλικής εσωτερικής διατομής το οποίο όμως παρουσιάζει μία εκκεντρότητα με αυτόν. Κατά την περιστροφή της άτρακτου, τα έμβολα λόγω της φυγόκεντρου δύναμης ωθούνται προς το κέλυφος. Λόγω όμως της εκκεντρότητας που παρουσιάζει με την άτρακτο τα έμβολα αναγκάζονται να παλινδρομούν αναρροφώντας και καταθλίβοντας ποσότητες υγρού.

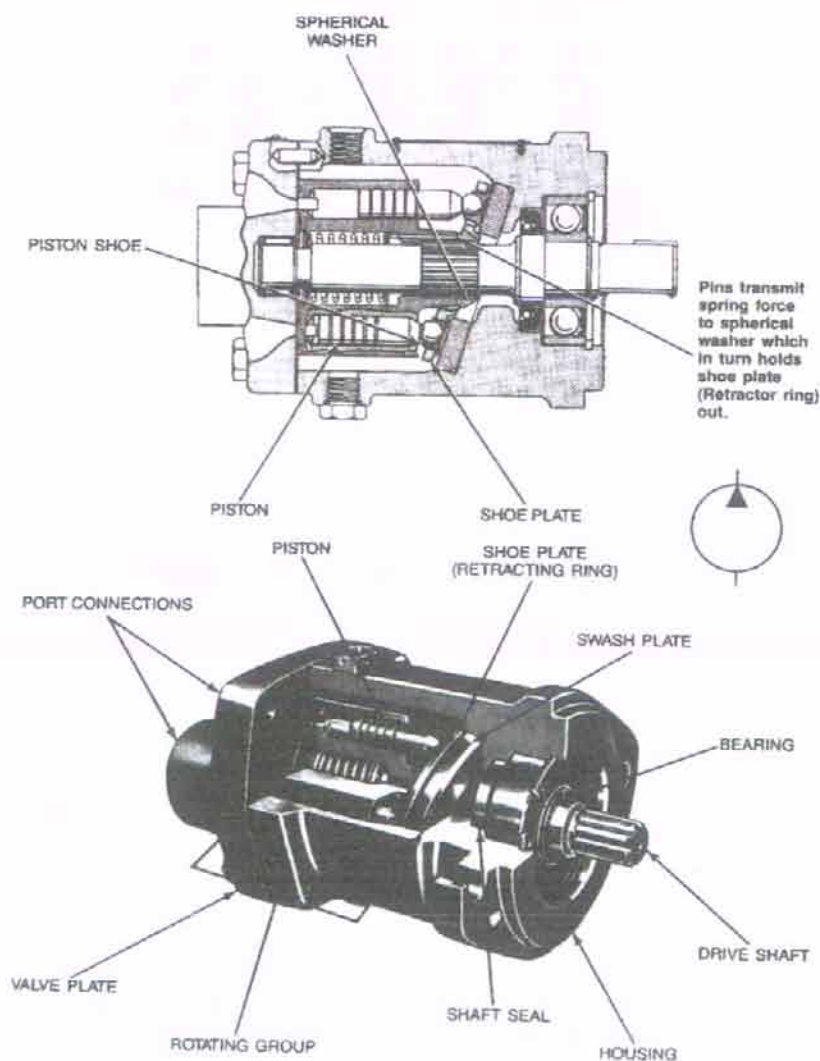
Είναι σημαντικό να πούμε ότι στις αντλίες αυτές δεν υπάρχουν βαλβίδες, περιμετρικά το κέλυφος φέρει στόμιο αναρρόφησης και κατάθλιψης σε συγκεκριμένα σημεία και μορφή έτσι ώστε κατά την οπισθοχώρηση του εμβόλου ο κύλινδρος να είναι στη θέση του στομίου αναρρόφησης και αντίθετα. Και εδώ το μέγεθος του εμβολισμού είναι διπλάσιο της εκκεντρότητας  $e$ .



σχήμα 2.11

## 2.6.2) Εμβολοφόρες αντλίες αξονικής διάταξης

Οι αξονικές εμβολοφόρες αντλίες είναι οι πιο δύσκολες κατασκευαστικά και επομένως και οι πιο ακριβές. Στην κατηγορία αυτή των αντλιών τα έμβολα είναι διατεταγμένα παράλληλα με τον άξονα της ατράκτου. Για να κατανοήσουμε τον τρόπο με τον οποίο λειτουργεί θα εξετάσουμε το παρακάτω σχήμα.



**Figure 4.18** Fixed displacement axial piston pump with in-line pumping mechanism.

Source: Courtesy of Vickers, Inc.

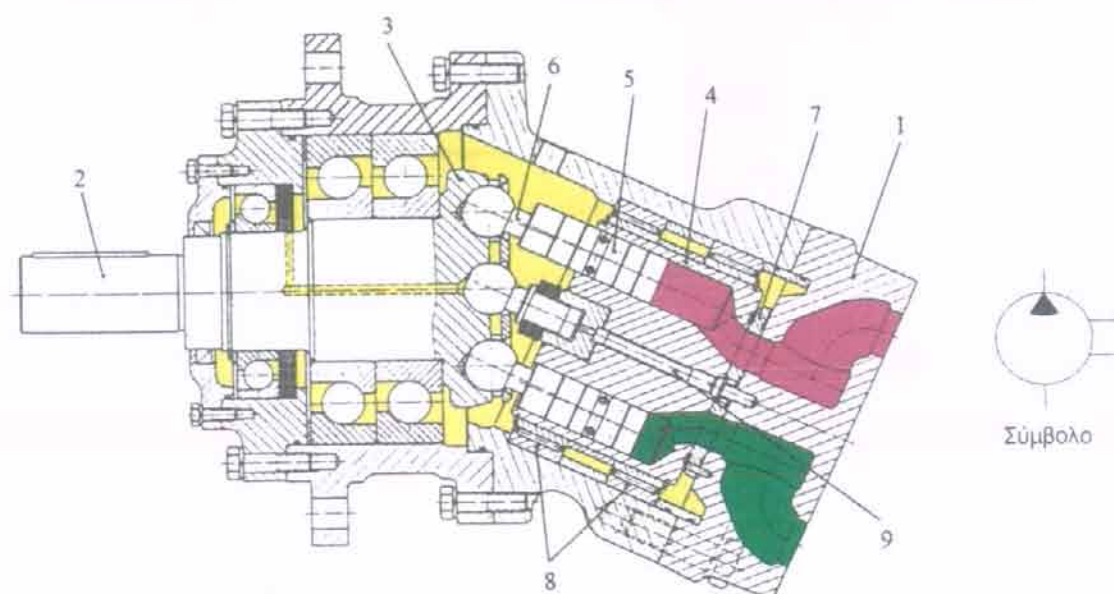
σχήμα 2.12

Όπως παρατηρούμε, επάνω στην άτρακτο είναι προσαρμοσμένος ένας κυκλικός δίσκος όχι κάθετα αλλά με μία γωνία  $\omega$ . Στην κατάσταση που φαίνεται στην εικόνα, λόγω της κλίσης αυτής το πάνω έμβολο έχει οπισθοχωρήσει πλήρως ενώ το κάτω έμβολο βρίσκεται σε πλήρη εκτόνωση.

Αν η άτρακτος περιστραφεί κατά  $180^\circ$  τότε το επάνω έμβολο θα εκτονωθεί σπρώχνοντας το υγρό προς το στόμιο κατάθλιψης ενώ το κάτω έμβολο θα οπισθοχωρήσει αναρροφώντας μία ποσότητα υγρού.

Κατά τη συνεχή λοιπόν περιστροφή της ατράκτου τα έμβολα παλινδρομούν δημιουργώντας τη ροή του υγρού.

Μία άλλη κατηγορία εμβολοφόρων αντλιών με αξονική διάταξη είναι οι εμβολοφόρες αντλίες αξονικής διάταξης υπό γωνία. Στην περίπτωση αυτή τα έμβολα σχηματίζουν μία γωνία με τον άξονα τις ατράκτου, με σκοπό βέβαια την παλινδρόμηση των εμβόλων.

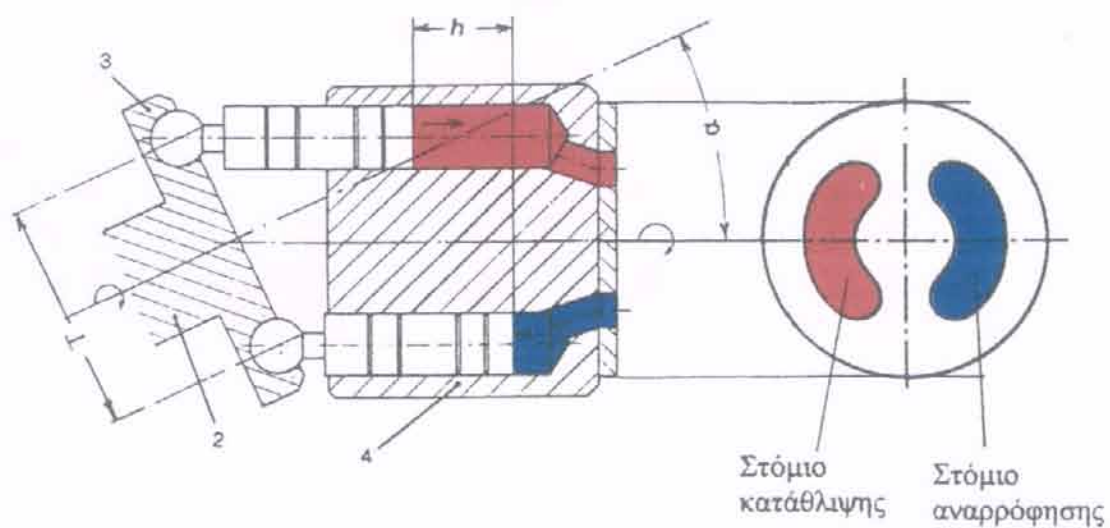


σχήμα 2.13

Κατά την περιστροφή της ατράκτου γίνεται η ίδια λειτουργία όπως και στην προηγούμενη περίπτωση με αποτέλεσμα να παλινδρομούν τα έμβολα. Και στους δύο τελευταίους τύπους αντλιών δεν απαιτούνται βαλβίδες αντεπιστροφής για τη λειτουργία τους.

Για τον σκοπό αυτό υπάρχει μια πλάκα ελέγχου η οποία φέρει δύο ειδικές οπές σε αντιδιαμετρική διάταξη όπως φαίνεται και παρακάτω. Η μία οπή χρησιμεύει σαν στόμιο αναρρόφησης και η άλλη σαν στόμιο κατάθλιψης.

Η πλάκα αυτή παρέχει ταυτόχρονα και την απαραίτητη στεγανοποίηση μεταξύ του κυλίνδρου που περιέχει τους κυλίνδρους και του κελύφους της αντλίας.



σχήμα 2.14

## ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟ

### ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΥΠΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΑΝΤΛΙΑΣ

#### 3.1) Σκοπός αντλίας – λειτουργικές απαιτήσεις

Η αντλία που θα κατασκευάσω θα χρησιμοποιηθεί για να παρέχει υδραυλική ισχύ σε υδραυλικά συστήματα τα οποία θα τοποθετηθούν σε ένα χωματουργικό μηχάνημα και συγκεκριμένα μία τσάπα με κλίμακα 1:20 ως προς μία πραγματικού μεγέθους.

Η υδραυλική ισχύς δηλαδή που θα παράγει η αντλία θα αξιοποιείται σε υδραυλικά έμβολα ή όπως αλλιώς λέγονται αξονικούς κινητήρες. Το να μελετήσουμε αυτή τη στιγμή την επακριβώς διάμετρο του κάθε εμβόλου και την αντίστοιχη διαδρομή του δεν είναι καθόλου εύκολο, παρόλ' αυτά θα πρέπει να κάνουμε ένα σύντομο υπολογισμό με μια μικρή περιοχή απόκλισης έτσι ώστε να είμαστε σε θέση να εξάγουμε τα απαραίτητα συμπεράσματα μας για την κατασκευή της αντλίας.

Θα πρέπει να σημειώσουμε σε αυτό το σημείο ότι η μελέτη για τα υδραυλικά έμβολα δεν έγινε αυθαίρετα αλλά προηγήθηκε μία αντίστοιχη <επιφανειακή> μελέτη για τον τύπο της αντλίας που θα χρησιμοποιηθεί και τις δυνατότητες της.

Η μελέτη επομένως για τα υδραυλικά έμβολα αλλά και την αντλία έγιναν σχεδόν ταυτόχρονα.

Τα αποτελέσματα λοιπόν των εμβόλων καθοδηγούσαν τη μελέτη της αντλίας αλλά και αντίστροφα προσπαθώντας για το καλύτερο αποτέλεσμα.

Καταλήξαμε λοιπόν πως θα χρησιμοποιήσουμε τα παρακάτω υδραυλικά έμβολα :

- Ένα έμβολο εσωτερικής διαμέτρου  $\Phi 20$  με διαδρομή 60mm
- Δύο έμβολα με εσωτερική διάμετρο  $\Phi 17$  τα οποία θα λειτουργούν ταυτόχρονα για την ίδια κίνηση και θα έχουν διαδρομή 50mm
- Ένα έμβολο με εσωτερική διάμετρο  $\Phi 17$  και διαδρομή 50mm

Τα στοιχεία που μας απασχολούν σε μία αντλία θετικού εκτοπίσματος η οποία θα χρησιμοποιηθεί σε υδραυλικά συστήματα είναι κατά κύριο λόγο η μέγιστη πίεση που μπορεί να αποδώσει αλλά και η ογκομετρική της παροχή, και για δεδομένη ισχύ εισόδου, τα δύο αυτά στοιχεία μεταβάλλονται αντίστροφα.

Για μεγάλη ογκομετρική παροχή θα έχουμε ως συνέπεια την μικρή μέγιστη πίεση ενώ για μεγάλη μέγιστη πίεση θα έχουμε μικρή ογκομετρική παροχή. Η βέλτιστη τιμή λοιπόν των δύο αυτών μεγεθών είναι καθοριστική για την κατασκευή μιας αντλίας.

Συγκεκριμένα λοιπόν στην κατασκευή αυτή θα ξεκινήσουμε την μελέτη της απαραίτητης ογκομετρικής παροχής χωρίς βέβαια να αδιαφορούμε για την πίεση που θα είναι σε θέση να μας προσφέρει η αντλία.

Για τα δύο λοιπόν έμβολα που λειτουργούν ταυτόχρονα, όπου και έχουν την μεγαλύτερη απαίτηση σε υδραυλικό υγρό (22,7 ml), θα θέλαμε να εκτονώνονται σε χρόνο από 2,5~4,5 sec. Αυτό αντίστοιχα μας δίνει μία ογκομετρική παροχή 9.08 ~ 5.05 ml/sec.

Μία σημείωση :Ο ηλεκτροκινητήρας μεταβάλλει αισθητά τις στροφές του ανάλογα με την εκάστοτε φόρτιση, η παροχή λοιπόν αυτή θα αντιστοιχεί για μία μέση τιμή πίεσης, άρα και φορτίου, που θα αποδίδει η αντλία σε αυτές τις συνθήκες.

Η πίεση τώρα που θα μας ικανοποιούσε είναι περίπου 2~3 bar. Έστω για πίεση 3bar η μέγιστη τιμή αξονικής δύναμης που θα αποδώσουν τα έμβολά που λειτουργούν ταυτόχρονα (Φ17) είναι :

$$d=17\text{mm} \Rightarrow A=227\text{mm}^2 \text{ για δύο έμβολα } A=454\text{mm}^2 = 4,54\text{cm}^2$$

1 bar  $\approx$  1kp/cm<sup>2</sup> οπότε 3bar  $\approx$  3kp/cm<sup>2</sup>  
επομένως για την διατομή των 4,54cm<sup>2</sup> θα έχουμε μέγιστη δύναμη  $\approx$  13,6 kp

Η τιμή αυτή της μέγιστης αξονικής δύναμης όπως βλέπουμε δεν είναι καθόλου μικρή και μας ικανοποιεί στο έπακρο.

Συνοψίζοντας λοιπόν, οι απαιτήσεις μας από την αντλία είναι να μας παρέχει υδραυλικό υγρό με ογκομετρική παροχή 9~5 ml/sec και πίεση 2~3 bar.

### 3.2) Δεδομένα στοιχεία για την κατασκευή της αντλίας

Τα μόνα εξαρτήματα που έχω και τα οποία δεν θα κατασκευάσω είναι ο ηλεκτροκινητήρας και τα γρανάζια μετάδοσης της κίνησης από τον ηλεκτροκινητήρα στην άτρακτο της αντλίας.

Η βάση λοιπόν στην οποία θα στηριχτούμε για να κατασκευάσουμε την αντλία είναι τα τρία αυτά εξαρτήματα.

Το να έχουμε κάτι ως δεδομένο μας διευκολύνει τόσο όσο και μας δημιουργεί προβλήματα. Ενώ θα μπορούσαμε δηλαδή να διαλέξουμε ένα κινητήρα λίγο πιο μεγάλης ισχύος από αυτό που διαθέτω για να πετύχουμε τα αναγκαία χαρακτηριστικά της αντλίας, κάτι τέτοιο γίνεται αυτομάτως αδύνατο. Το αντίστοιχο ισχύει και για τη σχέση μετάδοσης.

Ο ηλεκτροκινητήρας αυτός προέρχεται από ηλεκτρικό μηχανισμό κεραίας αυτοκινήτου και λειτουργεί με τάση 12 Volt. Ο ηλεκτροκινητήρας αυτός έχει δύο πολύ σημαντικά μειονεκτήματα, πρώτον έχει πολύ μικρή ισχύ συνεπώς μας δίνει και μικρή ροπή στον άξονα του, και δεύτερον οι στροφές του επηρεάζονται αισθητά από το εκάστοτε φορτίο.

Για να μπορέσουμε λοιπόν να πάρουμε χρήσιμα στοιχεία για αυτόν θα πρέπει να κάνουμε ορισμένες μετρήσεις και να κάνουμε κάποιες χαρακτηριστικές καμπύλες όπως οι στροφές συναρτήσει της φόρτισης και επομένως της ισχύος που μας δίνει. Για να γίνει όμως κάτι τέτοιο θα πρέπει να κατασκευάσω μια ειδική πέδη για τις μικρές τιμές της ροπής του κινητήρα αυτού.

Είναι λογικό κάτι τέτοιο να μην γίνει φυσικά. Όμως χωρίς να έχουμε έστω μία ιδέα για τις στροφές ή την ροπή του κινητήρα δεν είναι δυνατόν να προχωρήσουμε στη μελέτη της αντλίας. Για το λόγο αυτό έγιναν τα εξής πειράματα έτσι ώστε να υπολογίσουμε όσο το δυνατόν με μεγαλύτερη ακρίβεια την ταχύτητα περιστροφής αλλά και την ροπή του ηλεκτροκινητήρα

#### Υπολογισμός της ροπής του ηλεκτροκινητήρα

Σε ένα καδρόνι ξύλινο μήκους 50cm και πλευρών 12x12mm έγινε μία τρύπα  $\Phi 3,5$  στη μέση και στη συνέχεια σε δύο αντιδιαμετρικά σημεία έγιναν δύο κοψίματα με σέγα βάθους 10mm. Κάθετα προς τις σχισμές αυτές έγιναν δύο τρύπες  $\Phi 2,5$  έτσι ώστε να μπορεί να περάσει βίδα M2,5 από μέσα.



Τοποθέτησα δύο βίδες M2.5 στις τρύπες αυτές και τα παξιμάδια τους από την άλλα πλευρά του ξύλου έτσι ώστε σφίγγοντας τις βίδες να μικραίνει η τρύπα των 3.5mm. Στην τρύπα αυτή μπαίνει ο άξονας του ηλεκτροκινητήρα ο οποίος έχει διάμετρο 3,5 mm.

Βάζουμε λοιπόν το ξύλο στον άξονα του ηλεκτροκινητήρα και σφίγγουμε ελάχιστα τις βίδες, με αυτών τον τρόπο αναγκάζουμε τον άξονα του κινητήρα να μην περιστρέφεται ελεύθερα μέσα στην τρύπα των 3,5mm του ξύλου. Τοποθετούμε ένα βαρίδι γνωστού βάρους (180 gr) σε κάποιο σημείο του ξύλου και θέτουμε τον κινητήρα σε περιστροφή τροφοδοτώντας τον με συνεχή τάση 12 Volt.

Μεταβάλλοντας την σύσφιξη των κοχλιών πετυχαίνουμε ένα σημείο όπου οι στροφές του ηλεκτροκινητήρα έχουν μειωθεί αρκετά ενώ παράλληλα το βαρίδι βρίσκεται ανυψωμένο. Για την κατάσταση αυτή μετρούμε την απόσταση από τον άξονα του ηλεκτροκινητήρα μέχρι το σημείο στο οποίο είναι κρεμασμένο το βαρίδι και βρίσκουμε ότι είναι 67mm.

Αυτό σημαίνει ότι ο ηλεκτροκινητήρας μπορεί να παρέχει μία μέγιστη ροπή  $M_{\max}=12,06 \text{ krpm}$  ή  $\approx 0,012 \text{ kpm}$

Όπως προαναφέραμε η ροπή αυτή προέρχεται για πολύ μικρό αριθμό γωνιακής ταχύτητας του κινητήρα, ας υποθέσουμε λοιπόν ότι η ροπή που μας δίνει ο ηλεκτροκινητήρας για στροφές, μειωμένες 20% περίπου από τις μέγιστες όταν είναι αφόρτιστος, είναι 5 krpm

### Υπολογισμός της περιστροφικής ταχύτητας του ηλεκτροκινητήρα

Για τον υπολογισμό της περιστροφικής ταχύτητας του ηλεκτροκινητήρα έφτιαξα ένα άξονα διαμέτρου 5mm και μήκους 40mm και τον προσάρμοσα στον άξονα του κινητήρα κάνοντας μία αξονική τρύπα 3,5mm σε αυτόν.

Σε ένα καρουλάκι τύλιξα μία κλωστή μήκους πέντε μέτρων.

Κρατώντας το καρουλάκι με την κλωστή και το αξονάκι των 5mm κοντά στηρίζω την ελεύθερη άκρη της κλωστής πάνω στο αξονάκι των 5mm. Έπειτα θέτω τον ηλεκτροκινητήρα σε περιστροφή και μετρό τον χρόνο που απαιτείται ώστε η κλωστή να τυλιχτεί όλη στο αξονάκι που είναι πακτωμένο πάνω στον άξονα του ηλεκτροκινητήρα.

Ο χρόνος αυτός βρέθηκε να είναι 6sec, θα έχουμε λοιπόν :

$$S=2\pi r = 2 \times 3,14 \times 2,5 = 15,7 \text{mm}$$

Σε μία δηλαδή περιστροφή τυλίγονται 15,7mm κλωστής

Για τα 5000mm απαιτούνται 318,5 στροφές, και αν συνυπολογίσουμε ότι οι 318,5 στροφές έγιναν σε 6sec υπολογίζουμε ότι η ταχύτητα περιστροφής του ηλεκτροκινητήρα είναι 53 στρ/sec ή N=3180 r.p.m.

### Οδοντωτοί τροχοί αντλίας

Τα δύο γρανάζια που θα χρησιμοποιήσω προέρχονται από ένα παιχνίδι, είναι φυσικό λοιπόν να μην γνωρίζω αν προέρχονται από κάποιο εργαλείο κατεργασίας με συγκεκριμένο Modul.

Αυτό το στοιχείο όμως που μας ενδιαφέρει είναι η σχέση μετάδοσης  $i$  και η οποία είναι πολύ εύκολο να υπολογίσουμε αν μετρήσουμε τα δόντια των δύο αυτών γραναζιών. Το μικρό λοιπόν γρανάζι έχει 10 δόντια ενώ το μεγάλο έχει 43, αυτό μας δίνει μία σχέση μετάδοσης  $i=4,3$

Ακόμα προκύπτει από μέτρηση το πάχος τους ότι είναι 10mm και η απόσταση μεταξύ των δύο κέντρων των γραναζιών όταν βρίσκονται σε εμπλοκή 33,5mm.

Για την ικανότητα μεταφοράς της ροπής του κινητήρα μέσω αυτών των γραναζιών δεν μπορούμε να απαντήσουμε με κάποια μελέτη αφού δεν γνωρίζουμε το Modul των γραναζιών ή κάποια μηχανική ιδιότητα του υλικού κατασκευής τους, από το μέγεθος τους όμως και το σημαντικό τους πάχος είναι βέβαιο ότι θα αντέξουν.

### **3.3) Επιλογή κατάλληλου τύπου αντλίας – τρόπος λειτουργίας της**

Γνωρίζοντας τα δεδομένα κατασκευαστικά στοιχεία της αντλίας αλλά και τις αντίστοιχες απαιτήσεις από αυτή, μπορούμε να ξεκινήσουμε τη διαδικασία επιλογής του κατάλληλου τύπου αντλίας που θα κατασκευαστεί.

Αρχικά επειδή πρόκειται για αντλία υδραυλικού συστήματος είναι βέβαιο ότι θα πρέπει να είναι αντλία θετικού εκτοπίσματος .

Έχουμε λοιπόν να επιλέξουμε μεταξύ των τεσσάρων βασικών κατηγοριών οι οποίες όπως έχουμε αναφέρει και στην εισαγωγή είναι οι κοχλιωτές, οι εμβολοφόρες, οι γραναζωτές και οι πτερυγιοφόρες.

Τα στοιχεία που πρέπει να λάβουμε υπόψη για την επιλογή αυτή είναι τα εξής :

- Να είμαι σε θέση να την κατασκευάσω ο ίδιος
- Να παρουσιάζονται όσο το δυνατό μικρότερες τριβές και γενικά απώλειες κατά τη λειτουργία της αντλίας.
- Να είναι εφικτό να κατασκευαστεί με τα διαθέσιμα εργαλεία και μηχανήματα, τα οποία αναφέρονται λεπτομερώς σε επόμενο κεφάλαιο.
- Να περιέχει υλικά τα οποία να μπορώ να βρω στην αγορά και στις επιθυμητές διαστάσεις.
- Να είναι ο τύπος στον οποίο μπορώ να αποφέρω τον μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης
- Να έχει διαστάσεις οι οποίες θα είναι σύμφωνες με την περαιτέρω κατασκευή
- Να είναι πλήρως επισκευάσιμη με τη μικρότερη δυνατή προσπάθεια κατά την αποκατάσταση των φθαρμένων μερών
- Να έχει μεγάλη διάρκεια ζωής
- Να λειτουργεί στην περιοχή πίεσης και ογκομετρικής παροχής που απαιτείτε
- Να βρίσκεται στα πλαίσια λειτουργίας του ηλεκτροκινητήρα

Αρχικά θα αποκλείσω τις αντλίες κοχλιωτού τύπου λόγο της δυσκολίας στην κατασκευή τους η οποία εντάσσεται τόσο στη μορφή των κοχλιών όσο και στη πολύ μεγάλη ακρίβεια που απαιτείτε. Οι αντλίες αυτές επίσης παρουσιάζουν αυξημένες τριβές.

Επόμενες προς αποκλεισμό είναι οι πτερυγιοφόρες αντλίες οι οποίες παρουσιάζουν αυξημένες αντιστάσεις μεταξύ του κελύφους και του ρότορα αλλά και κατά την συσπείρωση των ελατηρίων που πιέζουν τα πτερύγια στο κέλυφος. Επίσης σχεδόν όλα τα στοιχεία της θα πρέπει να έχουν υποστεί κατεργασία ρεκτιφιέ κάτι που δεν είναι και τόσο εύκολο αλλά και εφικτό.

Οι γранаζωτές αντλίες οι οποίες είναι και οι πιο ευρέως χρησιμοποιούμενες στα υδραυλικά συστήματα είναι οι επόμενες που θα αποκλειστούν. Οι λόγοι είναι σχεδόν ίδιοι με αυτούς στις πτερυγιοφόρες.

Το να κόψεις δύο γρανάζια στη φρέζα δεν είναι και ότι πιο δύσκολο, η επιφάνεια όμως των γραναζιών δεν θα είναι σε καμία περίπτωση τόσο λεία όσο απαιτείτε για τη σωστή λειτουργία της αντλίας με σχεδόν μηδενικές εσωτερικές απώλειες και μικρή αντίσταση λειτουργίας.

Ακόμα είναι δύσκολο να κατασκευαστούν τα αυλάκια στις πλάκες επαφής ώστε να διαρρέει προς την κατάθλιψη η εγκλωβισμένη ποσότητα υγρού μεταξύ των δοντιών των γραναζιών.

Παράλληλα και σε αυτών τον τύπο οι αντιστάσεις είναι αρκετές καθώς τα γρανάζια λειτουργούν σε απόσταση <<αναπνοής>> από το κέλυφος (0,03~0,04mm)

(σημείωση: οι αντιστάσεις είναι αρκετές σε σχέση με τον δεδομένο ηλεκτροκινητήρα, για έναν ηλεκτροκινητήρα μερικών ίππων οι αντίστοιχες απώλειες είναι πολύ μικρότερες).

Καταλήγουμε λοιπόν στις εμβολοφόρες αντλίες. Το σημαντικότερο θετικό στοιχείο των αντλιών αυτών είναι ότι η στεγανοποίηση δεν επιτυγχάνεται με επαφή μετάλλου με μέταλλο αλλά παρεμβάλλονται στεγανοποιητικά στοιχεία όπως ο-rings ή τσιμούχα.

Αυτό μας αφήνει κατασκευαστικά περιθώρια πολύ μεγαλύτερα από ότι οι άλλοι τύποι όπου η ακρίβεια τους φτάνει σε μερικά εκατοστά του χιλιοστού (όταν λέμε μεγαλύτερα κατασκευαστικά περιθώρια εννοούμε κάτω από δέκατο του χιλιοστού).

Οι απώλειες κατά την κίνηση των εμβόλων μέσα στους κυλίνδρους ενδέχεται να είναι λιγότερες από τις αντίστοιχες των άλλων τύπων αλλά και να μην ισχύει αυτό, η μικρότερη απαιτούμενη ακρίβεια στα επιμέρους κατασκευαστικά στοιχεία είναι καθοριστικής σημασίας.

Οι συνηθέστεροι τύποι εμβολοφόρων αντλιών που χρησιμοποιούνται είναι οι ακτινικοί και οι αξονικοί.

Οι αξονικές εμβολοφόρες αντλίες παρουσιάζουν αυξημένες απώλειες καθώς και τις μεγαλύτερες κατασκευαστικές δυσκολίες από όλες τις αντλίες. Οι αντλίες αυτές ίσως να παρουσιάζουν και τις μεγαλύτερες απώλειες λόγω των πολλών μεταλλικών στοιχείων που τρίβονται το ένα πάνω στο άλλο αλλά και του μεγάλου μεγέθους τους. Επομένως αποκλείονται και αυτές.

Καταλήγουμε λοιπόν στις εμβολοφόρες αντλίες ακτινικής διάταξης. Αλλά και πάλι, η αντλία που θα κατασκευάσω διαφέρει από αυτές που έχουν περιγραφεί στο δεύτερο μέρος τις εργασίας. Ο λόγος είναι για να μειωθούν οι απώλειες λειτουργίας της αντλίας αλλά και να μειωθεί το ύψος της αντλίας.

Έτσι λοιπόν η αντλία θα είναι ένας συνδυασμός ακτινικής και εν σειρά εμβολοφόρου αντλίας. Ακτινική διότι τα δύο έμβολα που θα τοποθετηθούν σε αντιδιαμετρική διάταξη έτσι ώστε να μειωθεί το ύψος της αντλίας.

Επίσης τα έμβολα αυτά θα είναι δύο και θα απέχουν μεταξύ τους κατά τον άξονα της ατράκτου κατά 5mm, θα είναι δηλαδή σε σειρά.

Τα δύο αυτά έμβολα θα πρέπει να λειτουργούν αντίστροφα, δηλαδή όταν το ένα αναρροφά ποσότητα ρευστού το άλλο θα πρέπει να βρίσκεται σε φάση κατάθλιψης έτσι ώστε η ροή να είναι συνεχής, επαναλαμβανόμενη βέβαια. Αν τα έμβολα δεν βρισκόταν αντιδιαμετρικά θα έπρεπε η άτρακτος της αντλίας να είχε μορφή σαν τον στρόφαλο των Μ.Ε.Κ. Για να αποφύγω λοιπόν την κατασκευή αυτή τοποθέτησα τα έμβολα αντιδιαμετρικά και στην άτρακτο της αντλίας κατασκευάζουμε ένα έκκεντρο πρόβολο. Με αυτόν τον τρόπο όταν το ένα έμβολο βρίσκεται σε πλήρη εκτόνωση το άλλο έχει οπισθοχωρήσει πλήρως.

Για να μειωθούν οι αντιστάσεις λειτουργίας, τα έμβολα θα είναι συνδεδεμένα με τον έκκεντρο άξονα της ατράκτου με μπιέλα όπως και στους κινητήρες εσωτερικής καύσης. Με αυτό τον τρόπο αποφεύγεται η χρήση ελατηρίων επαναφοράς με αποτέλεσμα την μείωση των απωλειών.

Οι αντιστάσεις τριβών λοιπόν περιορίζονται στις αρθρώσεις της μπιέλας με τον έκκεντρο άξονα και τον πείρο του εμβόλου, καθώς και στους στεγανοποιητικούς δακτυλίους του εμβόλου, και μπορούμε να πούμε ότι είναι οι λιγότερες δυνατές.

Η αρχή λειτουργίας της αντλίας είναι ίδια ακριβώς με αυτή των εμβολοφόρων αντλιών, η μόνη διαφορά είναι στον τρόπο μετάδοσης της κίνησης από την άτρακτο στα έμβολα.

Ένα σημαντικό στοιχείο των αντλιών θετικού εκτοπίσματος είναι ότι ο αριθμός των αντλιτικών θαλάμων πρέπει να είναι μονός για να αποφεύγουμε έντονη κυμάτωση της ροής. Η συγκεκριμένη αντλία δεν υπακούει στην προϋπόθεση αυτή για δύο λόγους.

- Αν τοποθετήσουμε και τρίτο έμβολο θα αυξηθεί το ύψος της, διότι θα πρέπει τα έμβολα να τοποθετηθούν σε γωνία  $120^\circ$  από αντιδιαμετρικά που είναι τώρα.
- Δεν είναι εύκολο κατασκευαστικά διότι οι διαστάσεις των εμβόλων και των μπιελών θα πρέπει να γίνουν πάρα πολύ μικρές, έτσι ώστε να έχουμε την ίδια ογκομετρική παροχή με αντίστοιχα δύο έμβολα.

### 3.4) Διαστασιολόγηση χαρακτηριστικών στοιχείων της αντλίας

Η μεγαλύτερη δυσκολία για την κατασκευή της αντλίας επικεντρώνεται στα εξής σημεία

- Στην επιλογή της διαμέτρου των εμβόλων
- Στην επιλογή του μήκους και του πάχους τις μπιέλας
- Στη επιλογή της εκκεντρότητας του εκκεντρου άξονα
- Στην επιλογή της διαμέτρου του πείρου του εμβόλου
- Στην επιλογή της απόστασης του εσωτερικού σημείου του κυλίνδρου από το κέντρο της ατράκτου (εσωτερική διάμετρο κέλυφος Νο 2).
- Ο τρόπος κατασκευής των βαλβίδων εισαγωγής και εξαγωγής

Το να εξετάσουμε την κάθε παράμετρο ξεχωριστά είναι αδύνατον μίας και όλα τα παραπάνω συνδέονται άμεσα μεταξύ τους, για το λόγο αυτό θα τα εξετάσουμε κατά κατάλληλες ομάδες.

Η διάμετρος των εμβόλων και η εκκεντρότητα του άξονα είναι τα στοιχεία εκείνα τα οποία θα μας δώσουν τα χαρακτηριστικά της πίεσης και της ογκομετρικής παροχής της αντλίας.

Η παροχή της αντλίας αυξάνεται με την αύξηση της εκκεντρότητας καθώς και με την αύξηση της διαμέτρου του εμβόλου. Αντίθετα η αύξηση της πίεσης επιτυγχάνεται με την μείωση της εκκεντρότητας και της διαμέτρου των εμβόλων. Βλέπουμε λοιπόν ότι πρόκειται για δύο ποσότητες αντιστρόφως ανάλογες και καλούμαστε να βρούμε την <<χρυσή τομή>> μεταξύ αυτών.

Η επιλογή θα γίνει θέτοντας διάφορες τιμές για τα δύο αυτά μεγέθη και θα περιοριστή από την ικανότητα κατασκευής των αντίστοιχων εξαρτημάτων αλλά και την αντοχή των στις εκάστοτε διαστάσεις. Επίσης η μέγιστη πίεση και παροχή που θα αντιστοιχεί στις διαστάσεις αυτές θα κρίνουν τελικά τις βέλτιστες διαστάσεις.

Παρατηρώντας τα αποτελέσματα κάθε φορά βλέπουμε ότι η ογκομετρική παροχή είναι αρκετή, έτσι στόχος μας είναι να κατασκευάσουμε όσο το δυνατόν μικρότερο έμβολο, με αυτόν τον τρόπο μπορούμε να αυξήσουμε την πίεση αλλά και να μειώσουμε την δύναμη ώθησης της μπιέλας με αποτέλεσμα λιγότερες φορτίσεις και επομένως λιγότερες καταπονήσεις των μηχανικών μερών.

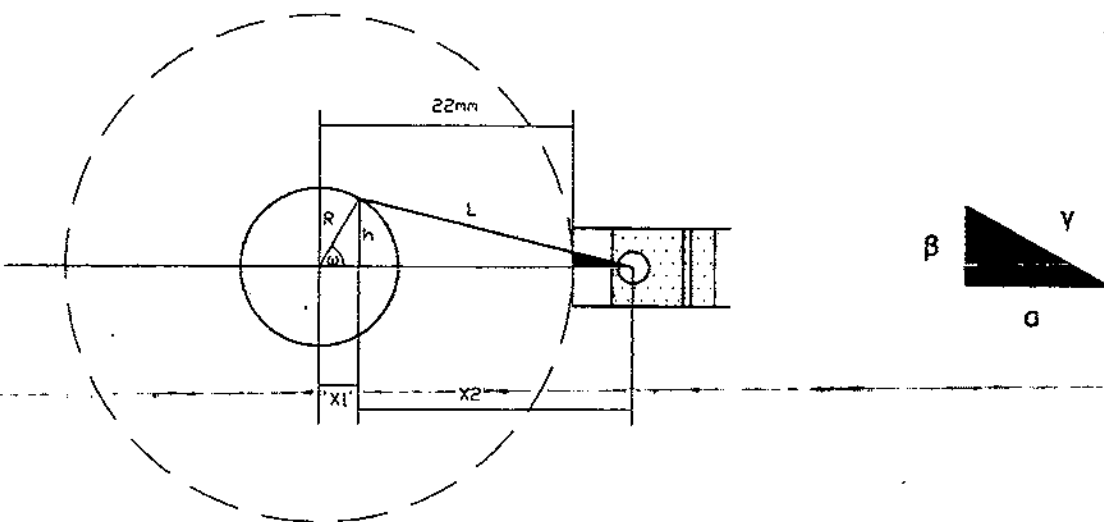
Καταλήγουμε λοιπόν στα εξής στοιχεία :

- Διάμετρος εμβόλων 10mm
- Εκκεντρότητα  $e=4\text{mm}$
- Αριθμός εμβόλων  $z=2$

Δύο επίσης πολύ σημαντικά στοιχεία είναι η απόσταση του εσωτερικού τμήματος του κυλίνδρου από το κέντρο της ατράκτου και το ύψος της μπιέλας. Η απόσταση του κυλίνδρου από το κέντρο της ατράκτου υπολογίστηκε με τρόπο ανάλογο με την προηγούμενη περίπτωση και κατέληξα στην τιμή των 22mm έχοντας πάντα κατά νου το ύψος της μπιέλας και την εκκεντρότητα  $e$ .

### 3.4.1) Υπολογισμός ύψους μπιέλας

Το ύψος της μπιέλας θα υπολογιστεί αναλυτικά με τη βοήθεια του παρακάτω σχήματος και των αποτελεσμάτων που εξάγουμε.



$\theta$ μοίρες	$\eta\mu\theta$	συνθ	h	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>ολ</sub>	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$\rho$
0	0	1	0	4	29	33	11	0	11	5
5	0,087	0,996	0,349	3,985	28,998	32,983	10,983	0,132	10,983	4,868
10	0,174	0,985	0,695	3,939	28,992	32,931	10,931	0,262	10,934	4,738
15	0,259	0,966	1,035	3,864	28,982	32,845	10,845	0,387	10,852	4,613
20	0,342	0,940	1,368	3,759	28,968	32,726	10,726	0,507	10,738	4,493
25	0,423	0,906	1,690	3,625	28,951	32,576	10,576	0,618	10,594	4,382
30	0,500	0,866	2,000	3,464	28,931	32,395	10,395	0,719	10,420	4,281
35	0,574	0,819	2,294	3,277	28,909	32,186	10,186	0,808	10,218	4,192
40	0,643	0,766	2,571	3,064	28,886	31,950	9,950	0,886	9,989	4,114
45	0,707	0,707	2,828	2,828	28,862	31,690	9,690	0,950	9,737	4,050
50	0,766	0,643	3,064	2,571	28,838	31,409	9,409	1,000	9,462	4,000
55	0,819	0,574	3,277	2,294	28,814	31,109	9,109	1,036	9,167	3,964
60	0,866	0,500	3,464	2,000	28,792	30,792	8,792	1,058	8,856	3,942
65	0,906	0,423	3,625	1,690	28,773	30,463	8,463	1,066	8,530	3,934
70	0,940	0,342	3,759	1,368	28,755	30,123	8,123	1,062	8,193	3,938
75	0,966	0,259	3,864	1,035	28,741	29,777	7,777	1,045	7,847	3,955
80	0,985	0,174	3,939	0,695	28,731	29,426	7,426	1,018	7,495	3,982
85	0,996	0,087	3,985	0,349	28,725	29,074	7,074	0,981	7,141	4,019
90	1,000	0,000	4,000	0,000	28,723	28,723	6,723	0,936	6,788	4,064

Οι σχέσεις οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν για των υπολογισμό των παραπάνω ποσοτήτων είναι οι εξής

$$h=R\eta\mu\omega$$

$$X_1=R\sigma\upsilon\nu\omega$$

$$X_2=\sqrt{l^2-R^2\eta\mu^2\omega}$$

$$X_{ολ}=R\sigma\upsilon\nu\omega+\sqrt{l^2-R^2\eta\mu^2\omega}$$

$$\beta=\frac{(R\sigma\upsilon\nu\omega+\sqrt{l^2-R^2\eta\mu^2\omega}-22)R\eta\mu\omega}{\sqrt{l^2-R^2\eta\mu^2\omega}}$$

$$\alpha=X_{ολ}-22$$

$$\gamma=\sqrt{\alpha^2+\beta^2}$$

όπου  $R=e=4\text{mm}$      $l=29\text{mm}$

Το μισό ύψος της μπιέλας θα είναι  $\rho=5-\beta$



Το ύψος λοιπόν της μπιέλας βλέπουμε ότι μεταβάλετε ανάλογα με την γωνία περιστροφής της ατράκτου. Αν το ύψος είναι μεγάλο υπάρχει περίπτωση η μπιέλα να ακουμπήσει εσωτερικά στον κύλινδρο και η αντλία να μην μπορεί να λειτουργήσει ή ακόμα και να καταστραφεί.

Από το παραπάνω λοιπόν σχέδιο και τους υπολογισμούς βλέπουμε ότι η τιμή του πάχους της μπιέλας έτσι ώστε να μην ακουμπάει στο τοίχωμα του κυλίνδρου είναι 7,86 mm (η ελάχιστη των τιμών)

(ΣΗΜΕΙΩΣΗ: αρχικά η τιμή του ύψους ήταν στα 3mm και με σταδιακές βελτιώσεις έφτασε τελικά στα 7,86mm !!!!)

### 3.4.2) Υπολογισμός πάχους μπιέλας

Το πάχος της μπιέλας περιορίζεται από δύο παράγοντες, την πιθανότητα να ακουμπήσει δεξιά και αριστερά στα τοιχώματα του κυλίνδρου, αλλά και την περίπτωση αστοχίας του εμβόλου λόγω αυξημένης πίεσης επιφανείας στα σημεία όπου θα δουλεύει ο πείρος σύνδεσης του εμβόλου με την μπιέλα. Ανάλογο βέβαια πρόβλημα θα προκύψει στην μπιέλα αν το πάχος της είναι πολύ μικρό.

Επειδή η διάμετρος του εμβόλου είναι 10mm αυτό σημαίνει ότι την απόσταση αυτή θα πρέπει να την χωρίσουμε με τέτοιο τρόπο ώστε να πετύχουμε τις παραπάνω συνθήκες.

Δεδομένου ότι το έμβολο θα κατασκευαστεί από ορείχαλκο ενώ η μπιέλα από ανοξείδωτο χάλυβα καταλαβαίνουμε ότι το πάχος των παρειών του εμβόλου θα πρέπει να έχουν μήκος μεγαλύτερο από το μισό των 10mm. Για τον λόγο αυτό θα ορίσουμε το πάχος της μπιέλας στα 4mm και οι παρειές του εμβόλου θα έχουν πάχος από 3mmη μία, δηλαδή συνολικά 6mm

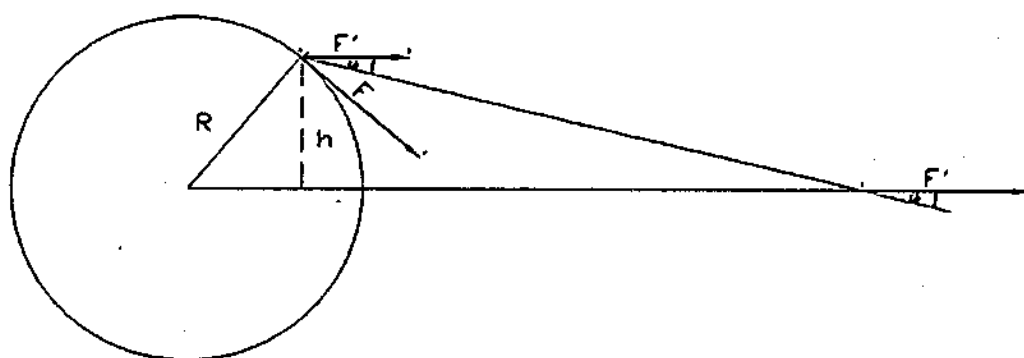
Με τον τρόπο αυτό αυξάνουμε την πίεση επιφανείας στην μπιέλα έναντι των παρειών του εμβόλου, κάτι επιθυμητό αφού η μπιέλα θα κατασκευαστεί από υλικό με μεγαλύτερη αντοχή.

### 3.4.3) Υπολογισμός μέγιστης πίεσης

Όπως έχουμε αναφέρει σε προηγούμενη ενότητα η μέγιστη ροπή που μπορεί να αποδώσει ο ηλεκτροκινητήρας είναι 5krmm, με σχέση μετάδοσης όμως  $i=4,3$  καταλήγουμε πως η μέγιστη ροπή στην άτρακτο της αντλίας είναι  $M=21,5$  krmm

Ο πρόβλος άξονας της ατράκτου(το έκκεντρο) όπου θα συνδεθούν οι μπιέλες παρουσιάζει εκκεντρότητα 4mm . Κατά την περιστροφή λοιπόν της ατράκτου της αντλίας ο μοχλοβραχίονας που θα εφαρμόσει την δύναμη στις μπιέλες μεταβάλλεται συνεχώς και παίρνει τιμές από 0~4mm

Για να υπολογίσουμε λοιπόν την δύναμη η οποία μπορεί να ασκηθεί στο έμβολο θα μελετήσουμε το παρακάτω σχήμα και τα αποτελέσματα που προκύπτουν στον συγκεντρωτικό πίνακα.



$\alpha$ μοίρες	$h$	$F'$
0	0	—
5	0,349	61,605
10	0,695	30,935
15	1,035	20,773
20	1,368	15,716
25	1,69	12,722
30	2	10,750
35	2,294	9,372
40	2,571	8,363
45	2,828	7,603
50	3,064	7,017
55	3,277	6,561
60	3,464	6,207
65	3,625	5,931
70	3,759	5,720
75	3,864	5,564
80	3,939	5,458
85	3,985	5,395
90	4	5,375

Η δύναμη  $F$  είναι  $5,375\text{kp}$  ( $21,5\text{krmm}/4\text{mm}$ )

Η δύναμη  $F'$  θα υπολογιστεί αν πάρουμε ροπές ως προς το κέντρο του κύκλου( το κέντρο του κύκλου συμπίπτει με το κέντρο της ατράκτου).

$$\text{Θα έχουμε λοιπόν } F R = F' h \Rightarrow F' = F \frac{R}{h}$$

Η μέγιστη λοιπόν δύναμη ώσης του εμβόλου που προκύπτει από τον παραπάνω πίνακα είναι  $5,375\text{kp}$  και αντιστοιχεί σε μία πίεση  $\sim 6,85\text{bar}$  ( $5,375\text{kp}/0,785\text{cm}^2$ )

#### 3.4.4) Υπολογισμός μέγιστης παροχής

Όπως έχουμε υπολογίσει και παραπάνω οι στροφές του ηλεκτροκινητήρα είναι  $3180 \text{ r.p.m.}$  ή  $53 \text{ στρ/sec}$ . Για σχέση μετάδοσης  $i=4,3$  οι στροφές της ατράκτου υπολογίζονται στις  $739 \text{ r.p.m.}$  ή  $12,3 \text{ στρ/sec}$   
Σε μία περιστροφή της ατράκτου ο όγκος εκτοπισμού είναι :

$$A=78,5\text{mm}^2$$

διαδρομή  $\delta=8\text{mm}$

$$\text{όγκος εμβολισμού } V_h = 78,5 \times 8 = 628 \text{ mm}^3 / \text{στρ}$$

$$\text{και για τα δύο έμβολα } V_h = 1256 \text{ mm}^3 / \text{στρ}$$

επομένως για τις  $12,3 \text{ στρ/sec}$  θα αποδίδει ογκομετρική παροχή  
 $15449 \text{ mm}^3/\text{sec}$  ή  $\approx 15 \text{ ml/sec}$

Οι απαιτήσεις μας σε ογκομετρική παροχή ήταν  $5\sim 9\text{ml/sec}$  και εμείς καταλήξαμε σε μία μεγαλύτερη παροχή. Αυτό δεν μας απασχολεί και πολύ από την στιγμή που έχουμε εκπληρώσει τις απαιτήσεις μας σε πίεση, άλλωστε για να μειώσουμε περαιτέρω την παροχή θα πρέπει να μειώσουμε τη διάμετρο του πιστονιού, κάτι που δεν γίνεται διότι έχουν εξαντληθεί τα όρια σε αυτόν τον τομέα.

Άλλωστε οι στροφές αυτές υπολογίστηκαν για μικρή μείωση στροφών του ηλεκτροκινητήρα και μηδενικές εσωτερικές απώλειες, που σημαίνει ότι όταν η αντλία θα δουλεύει υπό σημαντικό φορτίο η παροχή αυτή θα ελαττωθεί.

Ακόμα θα μπορούσαμε να μειώσουμε τις στροφές της ατράκτου αλλά για κάτι τέτοιο θα πρέπει να αλλάξουμε τη σχέση μετάδοσης κάτι που επίσης δεν γίνεται διότι τα γρανάζια είναι συγκεκριμένα.

Αυτό δεν μας απασχολεί ιδιαίτερα διότι μπορούμε να αυξήσουμε λίγο την διάμετρο των υδραυλικών εμβόλων ή την διαδρομή τους έτσι ώστε να μην παρουσιαστεί πρόβλημα.

### 3.4.5) Υπολογισμός των στοιχείων των βαλβίδων

Ο σκοπός των βαλβίδων είναι να επιτρέπουν το υγρό να εισέρχεται στον χώρο των εμβόλων κατά την αναρρόφηση από τον αντίστοιχο αγωγό αναρρόφησης και να εξέρχεται από τον αγωγό κατάθλιψης κατά την εκτόνωση των εμβόλων.

Για την μελέτη και την κατασκευή των βαλβίδων θα πρέπει να προσέξουμε μερικά σημεία τα οποία αναφέρονται παρακάτω.

- Να παρουσιάζουν τις λιγότερες δυνατές υδραυλικές απώλειες
- Να μπορούν να λειτουργούν στις συνθήκες πίεσης και ογκομετρικής παροχής της αντλίας
- Να μπορούν να λειτουργούν στη συχνότητα της ροής του υγρού κατά την παλινδρόμηση των εμβόλων
- Να είναι απλές στην κατασκευή
- Να έχουν τις λιγότερες φθορές
- Τις μικρότερες μάζες που παλινδρομούν
- Να λειτουργούν με το υδραυλικό λάδι που θα χρησιμοποιηθεί

Για βαλβίδες λοιπόν θα βάλουμε δύο βαλβίδες αντεπιστροφής τύπου σφαίρας σε κάθε έμβολο. Η μία θα αφήνει μόνο να εισάγεται ρευστό στο χώρο του κυλίνδρου και η άλλη θα επιτρέπει την εξαγωγή του ρευστού από το χώρο του κυλίνδρου.

Έτσι λοιπόν κατά την υποχώρηση του εμβόλου και λόγω της υποπίεσης η οποία θα δημιουργηθεί, το υδραυλικό ρευστό από την βαλβίδα εισαγωγής θα εισέλθει στο χώρο του κυλίνδρου, μίας και από την βαλβίδα εξαγωγής δεν θα μπορεί να γίνει κάτι τέτοιο.

Στη συνέχεια κατά την εκτόνωση του εμβόλου το υγρό θα διαφύγει από την βαλβίδα εξαγωγής αφού η βαλβίδα εισαγωγής θα έχει σφραγίσει μην επιτρέποντας τη διέλευση του υγρού από εκεί.

Οι βαλβίδες αυτές δεν παίρνουν κίνηση από κάπου αλλά από την ίδια τη ροή του υγρού που δημιουργείται από τον εμβολισμό των εμβόλων, άλλοτε επιτρέπουν τη διέλευση του υγρού και άλλοτε όχι εξυπηρετώντας τις ανάγκες μας κάθε φορά.

Στην έδρα της μπίλιας για να έχουμε καλή στεγανοποίηση θα χρησιμοποιήσουμε στεγανοποιητικούς δακτυλίους κυκλικής διατομής (o-ring). Έτσι λοιπόν κατά την μία διεύθυνση της ροής η ίδια η ροή του ρευστού θα ανυψώνει την μπίλια και το ρευστό θα διέρχεται κατά την διεύθυνση αυτή, κατά την αντίθετη κίνηση του υγρού, η μπίλια θα κάθεται πάνω στον ελαστικό παράκυκλο και δεν θα επιτρέπει την επιστροφή του.

Όσο πιο μεγάλη είναι η πίεση, τόσο μεγαλύτερη δύναμη θα ασκείτε από το ίδιο το ρευστό στην μπίλια προς τον ελαστικό παράκυκλο με αποτέλεσμα την καλύτερη στεγανοποίηση.

Αυτό που θα πρέπει να προσέξουμε είναι η διάσταση της μπίλιας αλλά και η εσωτερική διάμετρος του ελαστικού παράκυκλου. Η ποσότητα του υγρού που θα μετακινείτε θα περνάει από την εσωτερική διάμετρο του ελαστικού παράκυκλου, οπότε όσο μεγαλύτερος είναι τόσο ευκολότερη ροή θα έχουμε.

Για μεγάλη όμως διάμετρο θα πρέπει να είναι αντίστοιχα μεγάλη και η μπίλια συνεπώς και όλη η βαλβίδα. Όμως μία μεγαλύτερη μπίλια με μεγαλύτερη μάζα θα παρουσιάζει ταυτόχρονα και μεγαλύτερη αδράνεια με αποτέλεσμα η βαλβίδα να αργεί να κλίνει και μία ποσότητα υγρού να προλαβαίνει να διαφεύγει με αποτέλεσμα την μείωση της ογκομετρικής απόδοσης της αντλίας.

Ένα ακόμη σημείο που θα πρέπει να προσέξουμε είναι η διάμετρος της μπίλιας να είναι αρκετά μεγαλύτερη από την εσωτερική διάμετρο της τσιμούχας διότι σε αντίθετη περίπτωση ενδέχεται να σφηνώσει και να μην λειτουργεί η βαλβίδα ιδίως όταν θα αναπτύσσονται σημαντικές πιέσεις.

Υστερα λοιπόν από διάφορους πειραματισμούς με διάφορες τσιμούχες και μπίλιες κατέληξα σε μπίλια διαμέτρου 7mm και ελαστικό παράκυκλο πάχους 2mm και εσωτερικής διαμέτρου 4,5mm

Η μπίλια στην βαλβίδα εισαγωγής θα επανέρχεται μόνο λόγω βαρύτητας έτσι ώστε να μην εμποδίζεται η ροή κατά την εισαγωγή του ρευστού οπού η διαφορά πίεσης είναι πολύ μικρή.

Αντίθετα στην μπίλια της βαλβίδας εξαγωγής θα τοποθετηθεί ένα ελατήριο πολύ μικρού συντελεστή σκληρότητας K έτσι ώστε να βοηθάει στην πιο άμεση επαναφορά της μπίλιας. Αυτό το κάνουμε διότι το έμβολο κατά την εκτόνωση του υγρού προς την κατάθλιψη έχει την δύναμη να υπερνικήσει αυτό το επιπλέον φορτίο χωρίς να δημιουργηθεί κάποιο πρόβλημα.

## ΜΕΡΟΣ ΤΕΤΑΡΤΟ

### ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ

Στην ενότητα αυτή θα περιγράψουμε τα στάδια κατασκευής για την κατασκευή του κάθε εξαρτήματος της αντλίας, τα εξαρτήματα που αγοράστηκαν αλλά και τα εργαλεία που απαιτήθηκαν.

#### 4.1) Τρόπος κατασκευής του κάθε εξαρτήματος

##### Κατασκευή του κελύφους Νο 2 και της φλάντζας σύνδεσης Σχ. Νο 1,2/3

Τα δύο αυτά εξαρτήματα κατασκευάστηκαν από άξονα ορείχαλκου ο οποίος ήταν τρύπιος, με εσωτερική διάμετρο  $\Phi 44$ , εξωτερική  $\Phi 55$  και μήκος  $60\text{mm}$ . Λόγω του ότι οι άξονες αυτοί είναι χυτοί η εσωτερική διάμετρος ήταν τραχεία και με διάμετρο  $\Phi 43$ . Η πρώτη λοιπόν κατασκευή είναι να φέρουμε την εσωτερική διάμετρο σε λεία επιφάνεια και διάσταση  $44\text{mm}$ .

Έπειτα κόβουμε την φλάντζα των τεσσάρων χιλιοστών πάχους και από το κομμάτι που θα μας μείνει θα πάρουμε πρόσωπο και από τις δύο πλευρές ώστε να το φτάσουμε σε μήκος  $45\text{mm}$ .

Επόμενη κατασκευή είναι να σημαδέψουμε τα κέντρα για να γίνουν οι οκτώ τρύπες στη φλάντζα διαμέτρου  $3\text{mm}$ . Αυτό θα γίνει σε ένα μικρό τόρνο ο οποίος διαθέτει διαιρέτη σαν αυτόν που έχουν οι φρέζες, θα κάνουμε λοιπόν ένα κυκλικό σημάδι σε διάμετρο  $50\text{mm}$  και έπειτα θα κάνουμε τα οκτώ κάθετα σημάδια σε αυτόν τον κύκλο, τα σημεία τομής είναι τα κέντρα των οπών. Τέλος ποντάρουμε και κάνουμε τις τρύπες στο δρέπανο, πρώτα θα κάνουμε τρύπα με τρυπάνι  $\Phi 1.5$  και μετά θα ξετρυπήσουμε με τρυπάνι  $\Phi 3$ .

Και στο κέλυφος Νο2 υπάρχουν τέτοιες τρύπες, με μία ιδιαιτερότητα όμως, φέρουν εσωτερικά σπειρώματα. Η διαδικασία για το σημάδεμα είναι ίδια με πριν, αυτό που πρέπει όμως να προσέξουμε είναι ότι για το σπείρωμα  $M3$  θα κάνουμε τρύπα  $\Phi 2,2$  ενώ για το σπείρωμα  $M2,5$  θα κάνουμε τρύπα  $\Phi 1.8$ .

Τέλος θα κάνουμε τις δύο κάθετες στον άξονα του κυλίνδρου οπές με διάμετρο  $\Phi 15$ . Οι τρύπες αυτές είναι αντιδιαμετρικές αλλά κατά μήκος του κυλίνδρου απέχουν μεταξύ τους  $5\text{mm}$ . Επειδή οι δύο τρύπες αυτές είναι καθοριστικής σημασίας της έδωσα να μου τις κάνουν σε ένα μηχανουργείο (δεν γίνονται στο δρέπανο με V-block )

### Κατασκευή του κέλυφος Νο1 Σχ Νο 1,1

Το εξάρτημα αυτό κατασκευάστηκε από άξονα ορείχαλκου, τρύπιο με εσωτερική διάμετρο  $\Phi 22$ , εξωτερική διάμετρο  $\Phi 45$  και μήκους 50mm. Αρχικά θα κάνουμε την εξωτερική διάμετρο  $\Phi 44$ , συγκεκριμένα θα δέσουμε το κομμάτι στα 20mm και θα κατεργασθούμε τα υπόλοιπα ~25mm και θα το φέρουμε πρόσωπο, έπειτα θα δέσουμε την τη μεριά που έχουμε πλέον κατεργασθεί και θα κάνουμε το ίδιο για το υπόλοιπο τμήμα και θα πάρουμε πρόσωπο έως να φτάσει το μήκος των 47mm.

Όπως είναι το κομμάτι μας θα κάνουμε την εσωτερική κατεργασία για να κάνουμε την εσωτερική διάμετρο  $\Phi 24$ . Στη συνέχεια θα κάνουμε την εσωτερική διάμετρο  $\Phi 40$  και βάθους 12mm. Τέλος αλλάζουμε πάλι τη θέση του κομματιού στο τσόκ του τόννου και κάνουμε την εξωτερική διάμετρο  $\Phi 34$  και μήκους 10mm

### Κατασκευή της τάπας Σχ Νο 1,4

Η τάπα αυτή θα κατασκευαστεί από πολυμερή πλαστικό (plexyglass) πάχους 4mm και σκοπό έχει να στεγανοποιεί το συνολικό μπλοκ της αντλίας ώστε να μπορούμε να βάλουμε λιπαντικό λάδι. Σημαδεύουμε λοιπόν τον κύκλο  $\Phi 55$  και κόβουμε περίπου το περίγραμμα με τη σέγα ενώ στο κέντρο κάνουμε τρύπα  $\Phi 2,5$ , έπειτα σημαδεύουμε τα κέντρα των έξι περιμετρικών οπών σε διάμετρο 50mm και ξετρυπάμε με τρυπάνι  $\Phi 2,5$ . Στη συνέχεια περνάμε μία βίδα M2,5 την κεντρική τρύπα και σφίγγουμε με ένα αντίστοιχο παξιμάδι, το μέρος της βίδας που προεξέχει το δένουμε στον τόρνο και μορφοποιούμε την περίμετρο των 55mm. Τέλος στην κεντρική τρύπα κάμουμε σπείρωμα M4.

### Κατασκευή κελύφους ηλεκτροκινητήρα Σχ Νο 4,1

Το εξάρτημα αυτό κατασκευάστηκε από άξονα ορείχαλκου διαμέτρου  $\Phi 30$  και αρκετού μήκους, διότι θα κατασκευαστούν και άλλα εξαρτήματα από τον ίδιο άξονα. Αρχικά τρυπάμε με τρυπάνια, σταδιακά μέχρι να φτάσουμε στη διάμετρο  $\Phi 13$  και σε βάθος 35mm. Έπειτα με κοπτικό εσωτερικής κατεργασίας καταλήγουμε στη διάμετρο των 17mm σε βάθος 21,5mm και τη διάμετρο των 19mm σε βάθος 6mm, ενώ την διάμετρο των 13,5 mm θα γίνει με αντίστοιχο αλεξούαρ.



Στη συνέχεια κάνουμε την εξωτερική διάμετρο των 25mm σε μήκος 35mm και μετά δένουμε το κομμάτι στην μέγγενη της φρέζας έτσι ώστε με κοντύλι Φ10 να κάνουμε το κόψιμο που φαίνεται στο σχέδιο. Τέλος δένουμε το κομμάτι πάλι στον τόρνο και αφού του κάνουμε την εξωτερική διάμετρο των 19mm το κόβουμε στο τελικό μήκος των 32,5mm.

#### Κατασκευή των εμβόλων Σχ No 4,3

Τα έμβολα θα κατασκευαστούν από ράβδο ορείχαλκου διαμέτρου Φ11 αρκετού μήκους, διότι θα κατασκευαστούν και άλλα εξαρτήματα από αυτό το υλικό. Αρχικά φέρνουμε πρόσωπο την ελεύθερη διατομή και κατεβάζουμε τη διάμετρο στα 10mm για περίπου 25mm, έπειτα δένουμε το κομμάτι στη φρέζα όπου με τρυπάνι Φ4 θα κάνουμε την τρύπα ενώ με κοντύλι πάχους 4mm θα κάνουμε το αυλάκι όπως φαίνονται στο σχέδιο.

Είναι σημαντικό πριν τοποθετήσουμε το υλικό στη φρέζα να κάνουμε στον τόρνο μία αχνή περίμετρο στο υλικό στο ύψος που θα γίνει η τρύπα των 4mm έτσι ώστε να το έχουμε σαν βάση για να μετράμε τις αποστάσεις. Στη συνέχεια δένουμε το κομμάτι πάλι στον τόρνο και κατεργαζόμαστε τις εξωτερικές διαμέτρους των 7,2 και 3mm και κόβουμε σε μήκος 20mm. Τέλος με βιδολόγο M3 κάνουμε το σπείρωμα σε μήκος 5mm.

#### Κατασκευή φλάντζας εμβόλου Σχ No 4,4

Η φλάντζα θα γίνει από ράβδο ορείχαλκου διαμέτρου Φ11 που θα την κατεβάσουμε στα 10mm. Δένουμε το κομμάτι αρκετού μήκους στον τόρνο και κάνουμε την τρύπα των 3mm σε βάθος 10mm.. Τέλος με την κόφτρα κόβουμε σε πάχος 2mm δύο φλάντζες.

#### Κατασκευή ατράκτου ηλεκτροκινητήρα Σχ No 4,5

Το εξάρτημα αυτό θα γίνει από ράβδο ορείχαλκου διαμέτρου Φ11 το οποίο θα κατεβάσουμε στα 10mm, και αρκετού μήκους διότι θα κατασκευάσουμε και άλλα εξαρτήματα από το κομμάτι αυτό.

Αρχικά κάνουμε την τρύπα των 3,5mm έχοντας το κομμάτι δεμένο έτσι ώστε να μην προεξέχει καθόλου (για να έχουμε καλό κεντράρισμα). Στη συνέχεια βγάζουμε έξω το κομμάτι γύρω στα 40mm και βάζουμε τον κεντραδόρο στην τρύπα των 3,5mm.

Έπειτα κατεργαζόμαστε την διάμετρο των 4mm στο μήκος των 23mm. Τέλος απομακρύνουμε τον κεντραδόρο και κόβουμε το εξάρτημα σε μήκος 32mm.

#### Κατασκευή προσθήκης      Σχ No 4,6

Το εξάρτημα αυτό θα γίνει από ράβδο ορείχαλκου διαμέτρου Φ11 το οποίο θα κατεβάσουμε στα 10mm, και αρκετού μήκους διότι θα κατασκευάσουμε και άλλα εξαρτήματα από το κομμάτι αυτό. Δένουμε τη ράβδο στον τόρνο ώστε να προεξέχει περίπου 25mm, και κάνουμε την τρύπα των 4mm. Στη συνέχεια φέρνουμε το ένα πρόσωπο και φτιάχνουμε τις διαμέτρους των 5mm και 6mm. Τέλος κόβουμε το κομμάτι σε μήκος 16,5mm

#### Κατασκευή των μπιελών      Σχ No 4,7

Οι μπιέλες κατασκευάστηκαν από φύλλο ανοξείδωτου χάλυβα πάχους 4mm και διαστάσεων 40x40mm. Αρχικά σημαδεύουμε το περίγραμμα της κάθε μπιέλας και τα κέντρα των οπών και δένουμε το κομμάτι στη φρέζα. Έπειτα με τα αντίστοιχα τρυπάνια κάνουμε τις δύο τρύπες των 4 και 8mm και τέλος πολύ προσεκτικά με κοντύλι 4mm κάνουμε το περίγραμμα.

#### Κατασκευή της ατράκτου της αντλίας      Σχ No 4,2

Η άτρακτος της αντλίας κατασκευάστηκε από ράβδο ανοξείδωτου χάλυβα διαμέτρου Φ20 και μήκους 110mm. αρχικά θα κάνουμε μία πατούρα με το ειδικό εργαλείο, βάθους μερικών χιλιοστών, έτσι ώστε να μπορούμε να τοποθετήσουμε τον κεντραδόρο. Πιάνουμε λοιπόν στο τσοκ του τόρνου περίπου 20mm και στην άλλη άκρη βάζουμε τον κεντραδόρο.

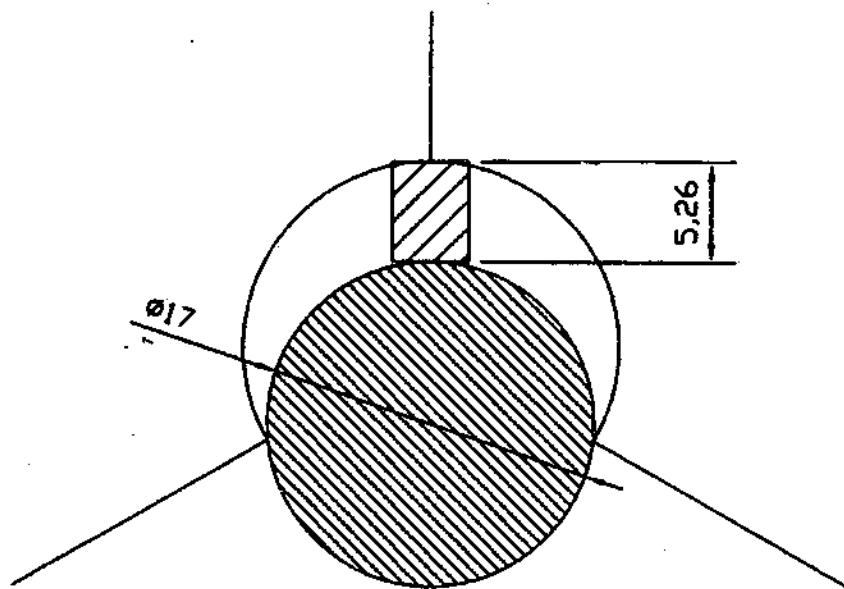
Στη συνέχεια κάνουμε τις διαμέτρους των 17mm, 9mm και 5mm χωρίς να βγάλουμε τον κεντραδόρο ή να αλλάξουμε θέση του κομματιού στο τσοκ. Τέλος στη διάμετρο των 5mm περνάμε κολαούζο σε βάθος 10mm για να κάνουμε σπείρωμα M5.

Η άτρακτος έχει ένα πολύ σημαντικό στοιχείο, μία εκκεντρότητα 4mm σε άξονα διαμέτρου 8mm και μήκους 15mm. Η εκκεντρότητα αυτή θα γίνει στον τόρνο αφού πρώτα στη μία σιαγόνα του τοποθετήσουμε ένα λαμάκι αυστηρά συγκεκριμένου πάχους.

Ο υπολογισμός του απαιτούμενου πάχους μπορεί να γίνει γεωμετρικά, αλλά αυτή είναι μία αρκετά επίπονη διαδικασία.

Για ευκολία μπορούμε να σχεδιάσουμε στο AUTOCAD την κατάσταση που επικρατεί και να ζητήσουμε το συγκεκριμένο πάχος. Το σχέδιο που έπρεπε να κάνουμε είναι το παρακάτω.

Η πορεία κατασκευής του σχεδίου είναι η εξής, αρχικά κάνουμε τον κύκλο  $\Phi 17$  που αντιστοιχεί στη διάμετρο του άξονα που επρόκειτο να δεθεί στον τόρνο. Στη συνέχεια κατακόρυφα προς τα πάνω και σε απόσταση 4mm από το κέντρο του κύκλου αυτού, κάνουμε τρεις ευθείες που έχουν αρχή το σημείο αυτό και διαφέρουν κατά  $120^\circ$ , οι ευθείες αυτές προσδιορίζουν τις σιαγόνες του τσοκ. Με κέντρο την τομή των ευθειών και ακτίνα την απόσταση από το σημείο αυτό μέχρι το σημείο τομής μίας ευθείας με τον κύκλο  $\Phi 17$  γράφουμε ένα κύκλο ο οποίος προσδιορίζει την διάμετρο στην οποία θα βρίσκονται οι σιαγόνες του τσοκ.



Βλέπουμε λοιπόν ότι το πάχος που πρέπει να έχει το λαμάκι είναι 5,26mm. Αυτό που χρησιμοποιήσα είχε πάχος 5,25mm διότι αυτό μπόρεσα να βρω, άλλωστε αυτό δεν πρόκειται να μας δημιουργήσει πρόβλημα.

Δένουμε λοιπόν την άτρακτο από το μήκος των 39mm μαζί με το λαμάκι και κάνουμε μία απλή κατεργασία ελάττωσης της διαμέτρου στα 8mm.

### Κατασκευή βαλβίδας Νο1      Σχ Νο 2,1

Η κατασκευή και των τεσσάρων βαλβίδων θα γίνει σε τόρνο ωρολογιοποιίας οϊότι μπορούμε να οέσουμε στο τσοκ του κομμάτια μικρού μήκους.

Το εξάρτημα αυτό κατασκευάσθηκε από ράβδο ορείχαλκου διαμέτρου Φ12 και μήκους 18mm το οποίο έχει κοπεί στον τόρνο του εργαστηρίου αφού πρώτα το κατεβάσαμε σε εξωτερική διάμετρο 11mm και έχουν έρθει πρόσωπο οι δύο του πλευρές. Για ευκολία έχει γίνει στον μεγάλο τόρνο και η τρύπα των 5mm.

Το κομμάτι αυτό βλέπουμε ότι έχει μία ιδιομορφία, σε μήκος 10mm υπάρχουν τέσσερα ποδαράκια πάχους 1mm τα οποία βρίσκονται ανά 90<sup>0</sup> μεταξύ τους, τα κοψίματα αυτά έγιναν σε φρέζα οπου είχαμε προσαρμόσει δίσκο πάχους 2mm και διαμέτρου 30mm ενώ το κομμάτι το έχουμε δεμένο στο διαιρέτη. Στη συνέχεια δένουμε το κομμάτι στο τoρνάκι και κάνουμε την εσωτερική κατεργασία των 6mm αλλά και την εξωτερική πατούρα βάθους 1.2mm και πάχους 1.5mm.

### Κατασκευή βαλβίδας Νο3      Σχ Νο 2,3

Το εξάρτημα αυτό κατασκευάσθηκε από ράβδο ορείχαλκου διαμέτρου Φ12 αρκετού μήκους, διότι θα κατασκευαστούν και άλλα εξαρτήματα από αυτό το υλικό. Αρχικά λοιπόν κάνουμε στον τόρνο την τρύπα των 7mm και σε βάθος 25mm.

Στη συνέχεια δένουμε το κομμάτι στη φρέζα και με δίσκο πάχους 4mm και διαμέτρου 30mm, κάνουμε την σχισμή που φαίνεται στο σχέδιο σε βάθος 25mm, τέλος δένουμε το κομμάτι και πάλι στον τόρνο και κόβουμε δύο κομμάτια μήκους 10mm.

#### Κατασκευή βαλβίδας Νο4      Σχ Νο 2,4

Το κομμάτι αυτό κατασκευάστηκε από ράβδο ορείχαλκου διαμέτρου 12mm και αρκετού μήκους, διότι θα κατασκευασθούν και άλλα κομμάτια από το ίδιο υλικό. Αρχικά δένουμε το κομμάτι στο μεγάλο τόρνο έτσι ώστε να προεξέχουν περίπου 20mm, κατεβάζουμε τη διάμετρο στα 11mm για περίπου 15mm και φέρνουμε πρόσωπο την ελεύθερη διατομή.

Στη συνέχεια τρυπάμε με τρυπάνι Φ4 σε βάθος περίπου 12mm και με κοπτικό εσωτερικής κατεργασίας κάνουμε την εσωτερική τρύπα των 8.5mm βάθους 1.5mm. Έπειτα κάνουμε την εξωτερική πατούρα πάχους 1.5mm και βάθους 1.2mm και κόβουμε το κομμάτι σε μήκος 10mm. Τέλος δένουμε το κομμάτι στο μικρό τριανάκι έτσι ώστε να κάνουμε την εσωτερική διάμετρο των 6mm σε βάθος 4.5mm.

#### Κατασκευή βαλβίδας Νο2      Σχ Νο 2,2

Το κομμάτι αυτό κατασκευάστηκε από ράβδο ορείχαλκου διαμέτρου 12mm και αρκετού μήκους, διότι θα κατασκευασθούν και άλλα κομμάτια από το ίδιο υλικό. Αρχικά δένουμε το κομμάτι στο μεγάλο τόρνο έτσι ώστε να προεξέχουν περίπου 15mm, κατεβάζουμε τη διάμετρο στα 11mm για περίπου 10mm και φέρνουμε πρόσωπο την ελεύθερη διατομή.

Στη συνέχεια τρυπάμε με τρυπάνι Φ4 για περίπου 7mm βάθος και μετά με κοπτικό εσωτερικής κατεργασίας διαμορφώνουμε την εσωτερική διάμετρο των 8.5mm βάθους 1.5mm. Τέλος κάνουμε την εξωτερική πατούρα πάχους 1.5mm και βάθους 1.2mm και κόβουμε το κομμάτι σε μήκος 5.5mm.

#### Κατασκευή κυλίνδρου      Σχ Νο 3,1

Το εξάρτημα αυτό κατασκευάστηκε από άξονα ορείχαλκου διαμέτρου Φ30 και αρκετού μήκους, διότι θα κατασκευασθούν και άλλα εξαρτήματα από το υλικό αυτό.

Αρχικά δένουμε το κομμάτι στον τόρνο ώστε να προεξέχει γύρο στα 30mm και κάνουμε την εσωτερική τρύπα με διαδοχικά τρυπάνια μέχρι τη διάμετρο των 9,8mm σε βάθος περίπου 27mm και φέρνουμε πρόσωπο την ελεύθερη διατομή.

Στη συνέχεια κάνουμε τις εξωτερικές κατεργασίες των διαμέτρων 13, 15, 16 και 28mm με κοπτικά αριστερής και δεξιάς κόψης.

Έπειτα δένουμε το αλεζουάρ των 10mm στην κουκουβάγια και με το χέρι, χωρίς να θέσουμε σε λειτουργία τον τόρνο, περνάμε το αλεζουάρ για να διαμορφώσουμε την εσωτερική διάμετρο των 10mm και κόβουμε τελικά σε μήκος 25.5mm.

Τέλος σημαδεύουμε τις έξι τρύπες σε διάμετρο κέντρων 22.5mm ανά 60° και ξετρυπάμε με τρυπάνι Φ2.5

### Κατασκευή κεφαλής Σχ No 2

Για την αντλία θα απαιτηθούν δύο τέτοια εξαρτήματα τα οποία μάλιστα θα κατασκευαστούν ταυτόχρονα. Τα εξαρτήματα λοιπόν αυτά κατασκευάστηκαν από άξονα ορείχαλκου διαμέτρου Φ16 και αρκετού μήκους, διότι θα κατασκευασθούν και άλλα εξαρτήματα από το ίδιο υλικό.

Αρχικά τοποθετούμε τον άξονα στον τόρνο, αφήνουμε να προεξέχουν περίπου 40mm, και με σταδιακά τρυπάνια κάνουμε την τρύπα των 10mm σε βάθος περίπου 35mm, επίσης κατεβάζουμε την εξωτερική διάμετρο στα 15mm για μήκος περίπου 35mm. Στη συνέχεια φέρνουμε πρόσωπο την ελεύθερη διατομή και κάνουμε δύο αχνές περιμέτρους σε απόσταση 15 και 30mm από την ελεύθερη διατομή.

Έπειτα δένουμε το κομμάτι στη φρέζα και με σταδιακά τρυπήματα κάνουμε την τρύπα των 15mm κάθετα στην αξονική γραμμή του κομματιού στην απόσταση που ορίζει η αχνή περίμετρος των 15mm. Με την κατεργασία αυτή θα μας χωρίσει το κομμάτι στα δύο και θα έχουμε κατεργαστεί το ημικόκλιο που θέλουμε στα κομμάτια.

Στη συνέχεια δένουμε το αρχικό κομμάτι και πάλι στον τόρνο και κόβουμε το κομμάτι που ορίζεται από την δεύτερη αχνή περίμετρο, έτσι λοιπόν έχουμε τα δύο κομμάτια που θέλουμε χωρίς όμως την εσωτερική διάμετρο των 13mm.

Τέλος λοιπόν δένουμε τα κομμάτια, ένα κάθε φορά, και κατεργαζόμαστε την εσωτερική διάμετρο των 13mm και βάθους 2mm.

### Κατασκευή της φλάντζας κεφαλής Σχ No 3,3

Το εξάρτημα αυτό κατασκευάστηκε από άξονα ορείχαλκου διαμέτρου Φ30 και αρκετού μήκους, διότι θα κατασκευασθούν και άλλα κομμάτια από το υλικό αυτό.

Αρχικά τοποθετούμε τον άξονα στον τόρνο, κάνουμε την τρύπα των 15mm σε βάθος περίπου 10mm και φέρνουμε την εξωτερική διάμετρο στα 28mm

Στη συνέχεια παίρνουμε πρόσωπο την ελεύθερη διατομή και κάνουμε έναν αχνό κύκλο στα 22.5mm. Έπειτα δένουμε το κομμάτι στο διαιρέτη της φρέζας και σημαδεύουμε ανά 60°, με τον τρόπο αυτό έχουμε κάνει τα κέντρα των έξι οπών.

Μετά ξαναδένουμε το κομμάτι στον τόρνο και κόβουμε τη φλάντζα σε πάχος 3mm. Τέλος κάνουμε στο δράπανο τις έξι τρύπες με τρυπάνι Φ2.5

#### Κατασκευή κέλυφος βαλβίδων Σχ No 3,4

Το εξάρτημα αυτό κατασκευάστηκε από άξονα ορείχαλκου διαμέτρου Φ16 αρκετού μήκους, διότι θα κατασκευασθούν και άλλα εξαρτήματα από το ίδιο υλικό.

Δένουμε τον άξονα στον τόρνο ώστε να προεξέχουν περίπου 60mm, κάνουμε με σταδιακά τρυπήματα τρύπα 10.8mm καθώς και φέρνουμε την εξωτερική διάμετρο στα 15mm σε βάθος περίπου 55mm.

Στη συνέχεια φέρνουμε πρόσωπο την ελεύθερη διατομή και κάνουμε αχνές περιφερειακές γραμμές σε αποστάσεις 6,13,23 και 44mm από την καθαρή διατομή. Έπειτα δένουμε το κομμάτι στη φρέζα και με τρυπάνι Φ1.7 κάνουμε τις δύο τρύπες κάθετα στην αξονική γραμμή του κομματιού στα σημεία των δύο ακραίων γραμμών, επίσης με κοντύλι Φ4 κάνουμε την οβάλ τρύπα και πάλι κάθετα στην αξονική γραμμή του κομματιού, οι δύο τώρα περιφερειακές γραμμές αντιστοιχούν στα όρια της οβάλ τρύπας.

Τέλος δένουμε το κομμάτι ξανά στον τόρνο, το κόβουμε σε μήκος 50mm και κάνουμε σπείρωμα M3 στις δύο τρύπες.

#### Κατασκευή λάμας σύνδεσης 1 Σχ No 5,1

Το εξάρτημα αυτό κατασκευάστηκε από λάμα ορείχαλκου πάχους 4mm και διαστάσεων 140x50mm. Αρχικά σημαδεύουμε πάνω στην πλάκα μια γραμμή στη μέση, κατά μήκος, και άλλες δύο παράλληλες που απέχουν 16mm από αυτή.

Στη συνέχεια σημαδεύουμε το κέντρο της οπής Φ12 καθώς και τα όρια των οβάλ οπών. Έπειτα δένουμε το κομμάτι στη φρέζα και με κοντύλι Φ3 και Φ25 κάνουμε τις αντίστοιχες οβάλ οπές, ενώ με κοντύλι Φ6 θα κάνουμε προσεκτικά τις πλευρές της λάμας σύνδεσης. Η κεντρική τρύπα θα γίνει με τρυπάνι Φ12.

Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείτε στον τρόπο με τον οποίο θα δέσουμε το κομμάτι στη μέγγενη της φρέζας έτσι ώστε να κάνουμε την κυσετεργασία.

Έτσι λοιπόν στην αρχή θα δέσουμε το κομμάτι περιφερειακά και θα κάνουμε την κεντρική τρύπα και τα τις δύο οβάλ οπές των 25mm, ενώ στη συνέχεια δένουμε το κομμάτι με λαμάκι μέσω των οβάλ οπών και κάνουμε της πλευρές της λάμας.

#### Κατασκευή λάμας σύνδεσης 2      Σχ No 5,2

Το εξάρτημα αυτό κατασκευάστηκε από το ίδιο υλικό όπως το προηγούμενο, αλλά σε πάχος 3mm, και με αντίστοιχο τρόπο.

#### Κατασκευή αγωγού κατάθλιψης      Σχ No 5,3

Ο αγωγός αυτός κατασκευάστηκε από σωλήνα χαλκού που είχε διαστάσεις αυτές που επιθυμούμε στην κατασκευή μας. Το μόνο που θα έπρεπε να κάνουμε είναι να κάνουμε την καμπύλη των 90°. Δεν είναι όμως τόσο εύκολο όσο ακούγεται.

Με πύρωση δεν γινόταν διότι μαλάκωνε και τσάκιζε, και εν ψυχρό όμως υπήρξαν τα ίδια αποτελέσματα. Τελικά για να πετύχει η καμπυλότητα έπρεπε να κόψω τέσσερα τριγωνικά κομμάτια βάσης 2mm έτσι ώστε κατά το λύγισμα να έρθουν σε επαφή και με κόλληση να στεγανοποιηθούν οι σχισμές.

#### Κατασκευή συνδέσμου γραναζιού      Σχ No 5,4

Το εξάρτημα αυτό κατασκευάστηκε από άξονα ορείχαλκου διαμέτρου Φ30 και αρκετού μήκους, διότι θα κατασκευασθούν και άλλα εξαρτήματα από το ίδιο υλικό.

Αρχικά δένουμε τον άξονα στον τόρνο, κάνουμε την τρύπα των 9mm σε βάθος 10mm περίπου και φέρνουμε πρόσωπο την ελεύθερη διατομή. Στη συνέχεια κατεβάζουμε την εξωτερική διάμετρο στα 16mm για μήκος 4mm όπως φαίνεται στο σχέδιο και κάνουμε έναν αχνό κύκλο σε διάμετρο 24mm.



Έπειτα δένουμε το κομμάτι στο διαιρέτη της φρέζας και σημαδεύουμε ανά  $60^{\circ}$  ώστε να σημαδέψουμε τα κέντρα των έξι οπών. Επίσης στην φρέζα θα κάνουμε και τις δύο, κάθετες στην αξονική γραμμή του κομματιού, οπές με τρυπάνι  $\Phi 1.2$  οι οποίες σχηματίζουν μεταξύ τους γωνία  $90^{\circ}$ .

#### Κατασκευή αγωγού αναρρόφησης      Σχ No 5,5

Ο αγωγός αυτός απλός κόπηκε από χαλκοσωλήνα με τις ίδιες διαστάσεις στο μήκος των 15mm.

#### Κατασκευή ταφ σύνδεσης      Σχ No 5,6

Το εξάρτημα αυτό αποτελείτε από δύο επιμέρους τμήματα τα οποία είναι συγκολλημένα. Αποτελείτε λοιπόν από ένα σωλήνα διαμέτρων  $\Phi_{εξωτ}$  10,  $\Phi_{εσωτ}$  6 και μήκους 20mm ο οποίος έχει στη μέση του τρύπα  $\Phi 4,5$ , και από ένα σωλήνα διαμέτρων  $\Phi_{εσωτ}$  3,5 και  $\Phi_{εξωτ}$  4,5 μήκους 17mm.

#### **4.2) Εξαρτήματα που αγοράστηκαν για όλη την κατασκευή**

Για την κατασκευή των εξαρτημάτων που αναφέρθηκαν πιο πάνω χρειάστηκε να αγοραστούν τα παρακάτω :

- Άξονα ορείχαλκου  $\Phi_{εξ}$  55  $\Phi_{εσωτ}$  43 μήκους 60mm
- Άξονα ορείχαλκου  $\Phi_{εξ}$  45  $\Phi_{εσωτ}$  22 μήκους 45mm
- Άξονα ορείχαλκου  $\Phi 30$  μήκους 160mm
- Άξονα ορείχαλκου  $\Phi 16$  μήκους 160mm
- Άξονα ορείχαλκου  $\Phi 10$  μήκους 260mm
- Άξονα ανοξείδωτο  $\Phi 20$  μήκους 110mm
- Λάμα ορείχαλκου 140x50 πάχους 4mm
- Λάμα ορείχαλκου 50x50 πάχους 3mm
- Κομμάτι plexyglass 60x60 πάχους 4mm

Για την λειτουργία της αντλίας θα χρειαστούν τρία ρουλεμάν, δύο για την άτρακτο της αντλίας και ένα για την άτρακτο του ηλεκτροκινητήρα. Και τα δύο ρουλεμάν της ατράκτου της αντλίας θα εδραστούν στο κέλυφος Νο1 στις διαμέτρους των 24 και 40mm.

Το ρουλεμάν της ατράκτου θα εδραστεί στο κέλυφος του μοτέρ στη διάμετρο των 19mm.

Τα ρουλεμάν αυτά είναι :

- 6203  $\Phi_{\text{εξωτ}}=40\text{mm}$   $\Phi_{\text{εσωτ}}=17\text{mm}$  πάχος  $p=12\text{mm}$
- 629  $\Phi_{\text{εξωτ}}=24\text{mm}$   $\Phi_{\text{εσωτ}}=9\text{mm}$  πάχος  $p=7\text{mm}$
- 626  $\Phi_{\text{εξωτ}}=19\text{mm}$   $\Phi_{\text{εσωτ}}=6\text{mm}$  πάχος  $p=6\text{mm}$

Θα πρέπει να σημειώσουμε ότι για να τοποθετηθούν σωστά τα ρουλεμάν θα πρέπει οι διαμέτροι των εδράσεων αλλά και των ατράκτων να είναι σε διάμετρο τέτοια ώστε τα ρουλεμάν να μπαίνουν με κάποια σχετική πίεση έτσι ώστε να έχουμε συναρμογή σύσφιξης.

Για την στεγανοποίηση σε κάποια συγκεκριμένα σημεία της αντλίας χρησιμοποιήθηκαν ελαστικοί παράκυκλοι κυκλικής διατομής (o-ring). Οι διαστάσεις τους αλλά και το πού τοποθετήθηκαν έχουν ως εξής :

- $\Phi_{\text{εσωτ}} 4,5\text{mm}$  πάχος 2mm τεμάχια 4  
Τα στεγανοποιητικά αυτά θα τοποθετηθούν στην έδραση των μπίλιων στις βαλβίδες Νο 1,2 και 4
  - $\Phi_{\text{εσωτ}} 8\text{mm}$  πάχος 1,5mm τεμάχια 6  
Τα στεγανοποιητικά αυτά θα τοποθετηθούν στις πατούρες των βαλβίδων Νο 1,2, και 4
  - $\Phi_{\text{εσωτ}} 10\text{mm}$  πάχος 1,5mm τεμάχια 2  
Τα στεγανοποιητικά αυτά θα τοποθετηθούν στην κεφαλή έτσι ώστε κατά την σύνδεση του κυλίνδρου με αυτή να μην έχουμε διαρροές
- 
- $\Phi_{\text{εσωτ}} 7\text{mm}$  πάχος 1,5mm τεμάχια 2  
Τα στεγανοποιητικά αυτά θα τοποθετηθούν στις πατούρες των εμβόλων ώστε κατά την παλινδρόμηση να εξασφαλίζεται η απαραίτητη στεγανότητα.

Για την σύνδεση των επιμέρους εξαρτημάτων της αντλίας χρησιμοποιήθηκαν :

- Βίδες M2,5 μήκους 10mm τεμάχια 24
- Βίδες M3 μήκους 12mm τεμάχια 12
- Κόντρα βίδες χωνευτές allen M3 μήκους 4mm τεμάχια 20
- Παξιμάδια M2,5 και ασφάλειες γκρόβερ τεμάχια 12
- Παξιμάδι ασφαλείας M4 τεμάχιο 1
- Παξιμάδια ασφαλείας M3 τεμάχια 2
- Παξιμάδι ασφαλείας M5 τεμάχιο 1
- Ασφάλεια ωμέγα για άξονα Φ8

Για το υδραυλικό κύκλωμα απαιτήθηκαν :

- Ευκάμπτως σωλήνας εσωτερικής διαμέτρου 4mm κα μέγιστης πίεσης 12 bar
- Δύο ταφ για τον αγωγό αυτόν και προσθήκη για το μανόμετρο
- Ένα μανόμετρο μέγιστης πίεσης 10 bar
- Δύο στρόφιγγες στραγγαλισμού
- Μία δεξαμενή χωρητικότητας 1lit

Για το ηλεκτρικό κύκλωμα απαιτήθηκαν :

- Τροφοδοτικό σταθερής τάσης 12Volt και μέγιστης έντασης 10Ampere
- Ένας ανεμιστήρας τάσης 12Volt
- Δύο διακόπτες on-off
- Μία ασφαλειοθήκη με ασφάλεια 8Ampere
- Δύο φις αρσενικά και δύο θηλυκά
- Καλώδια σύνδεσης

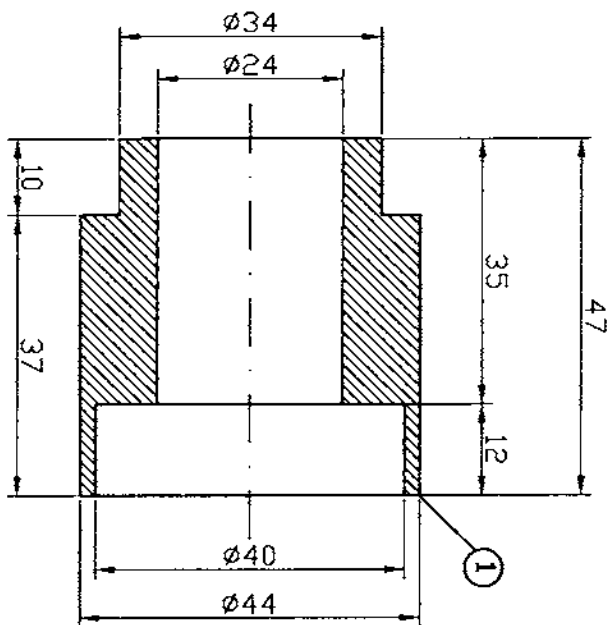
#### 4.3) Εργαλεία και εργαλειομηχανές που χρησιμοποιήθηκαν

Οι εργαλειομηχανές που χρησιμοποιήθηκαν είναι οι εξής :

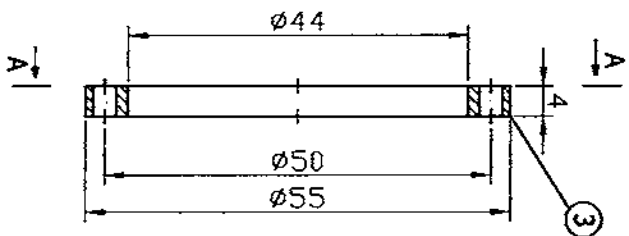
- Ο τόννος του εργαστηρίου
- Ένας μικρός τόννος ωρολογοποιίας
- Δράπανο με δύο τσοκ  $\Phi$  0~8mm και  $\Phi$  0~20mm
- Η φρέζα του εργαστηρίου

Εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν :

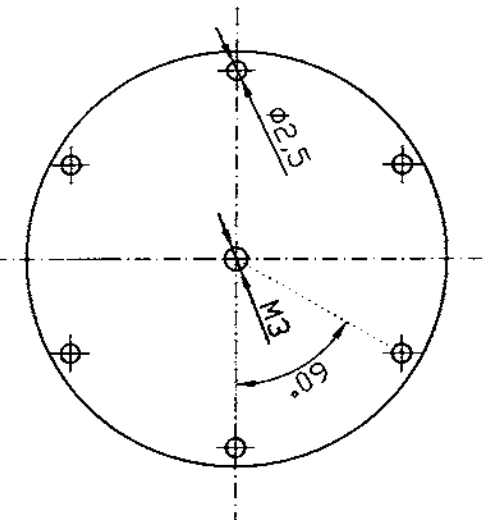
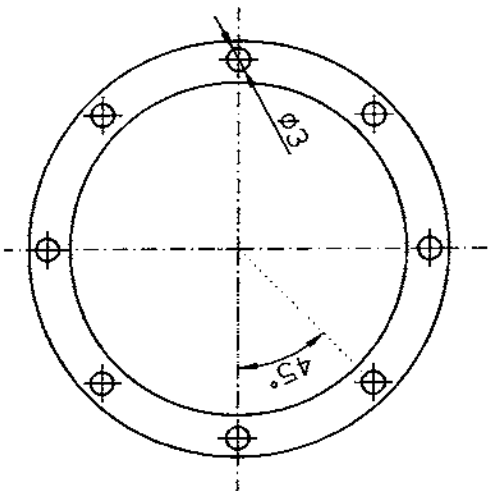
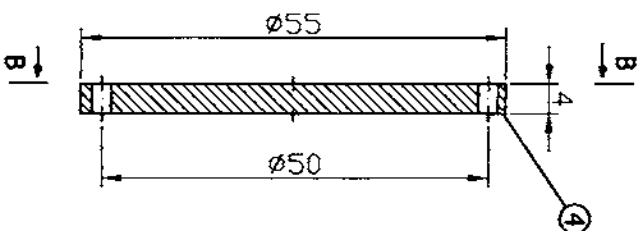
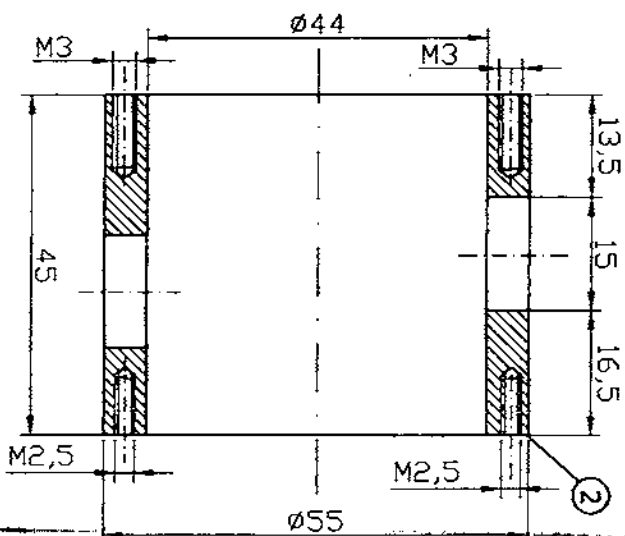
- Κοπτικά τόννου για εσωτερική και εξωτερική κατεργασία
- Αλεξουάρ  $\Phi$ 10  $\Phi$ 11  $\Phi$ 13.5
- Κολαούζα M2,5 και M3
- Βιδολόγοι M3 M4 και M5
- Τρυπάνια  $\Phi$ 1,2  $\Phi$ 1,7  $\Phi$ 2  $\Phi$ 2,5  $\Phi$ 3  $\Phi$ 3,5  $\Phi$ 4  $\Phi$ 5  $\Phi$ 6  $\Phi$ 7  $\Phi$ 8  $\Phi$ 9  $\Phi$ 10  $\Phi$ 11  $\Phi$ 12  $\Phi$ 13  $\Phi$ 14  $\Phi$ 15
- Κοντύλια φρέζας  $\Phi$ 3  $\Phi$ 4  $\Phi$ 10  $\Phi$ 25
- Δίσκοι φρέζας διαμέτρου  $\Phi$ 30 σε πάχη 2 και 4mm
- Σιδηροπρίονο
- Σέγα με λάμα πάχους 0.4mm
- Λίμες τετράγωνες, ορθογωνικές, ημιστρόγγιλες, τριγωνικές, μεγάλες αλλά και μικρές ωρολογοποιίας
- Μέγγενη μεγάλη και μικρή
- V-block
- Σμηριγδόπανο P600 και ντουκόχαρτο P1000
- Κατσαβίδια
- Πολύμετρο
- Πόντες
- Οξυγονοκόλληση



ΟΜΗ Α-Α



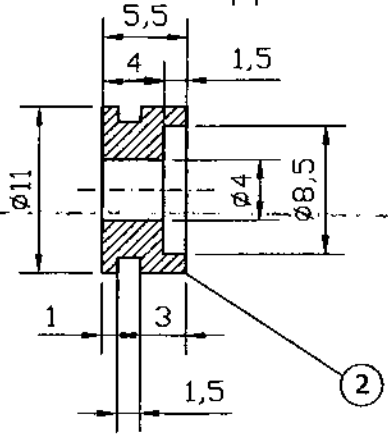
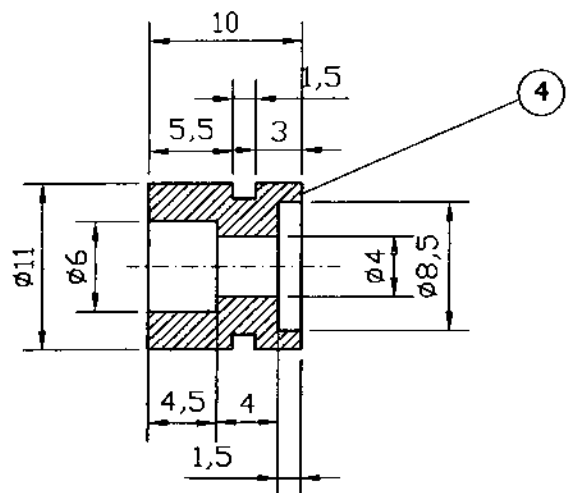
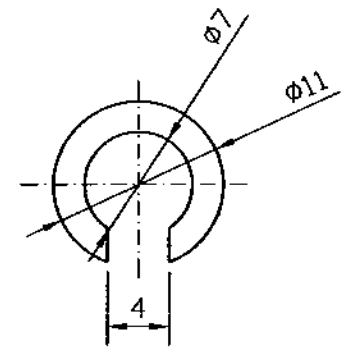
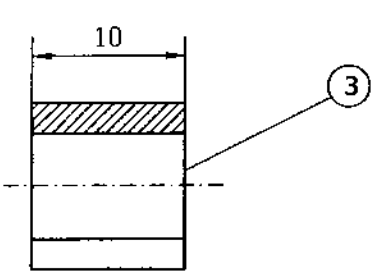
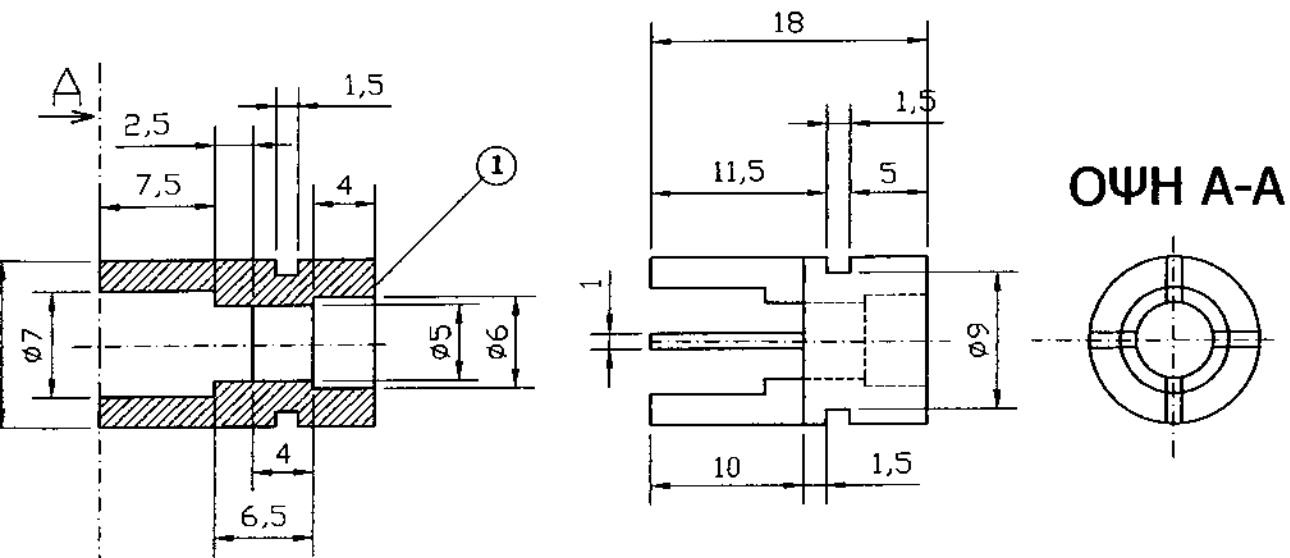
ΟΜΗ Β-Β



Σχ No 1

№	Τύπος	Ματ. / Διατ.	Αριθμ.	Ποσότητα
1	φιάλιτσα σύνδεσης	ορείχδακος	3	ορειχδακο
1	κάλυφος Νο 2	ορείχδακος	2	ορειχδακο
1	κάλυφος Νο 1	ορείχδακος	1	ορειχδακο
1	οριζογία	UAKO	No	ποσότητες

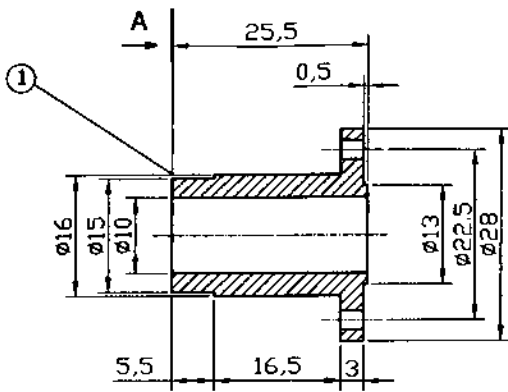
ΚΑΙΜΑΚΑ  
 ΔΗΜΗΤΡΗΣ  
 ΑΝΤΑΙΑ  
 ΘΕΤΙΚΟΥ  
 ΕΚΤΟΠΙΣΜΑΤΟΣ



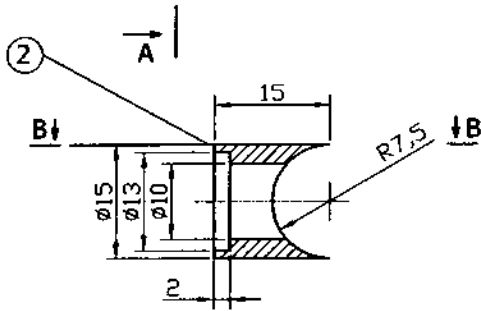
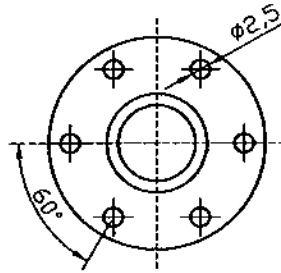
Σχ No 2

2	βαλβίδα Νο 4	ορύχαλκος	4	Βάθος παπούρας 1.2mm
2	βαλβίδα Νο 3	ορύχαλκος	3	Βάθος παπούρας 1.2mm
2	βαλβίδα Νο 2	ορύχαλκος	2	
2	βαλβίδα Νο 1	ορύχαλκος	1	Βάθος παπούρας 1.2mm
τεμ.	ονομασία	DIN	υλικό	Νο παρατηρήσεις

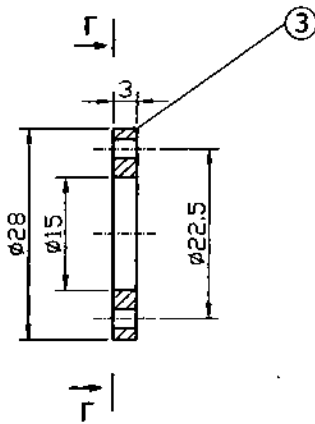
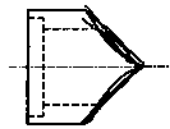
ΛΑΖΟΚΙΤΣΙΟΣ ΔΗΜΗΤΡΗΣ	ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΤΙΚΟΥ ΕΚΤΟΠΙΣΜΑΤΟΣ
ΚΛΙΜΑΚΑ 2:1	



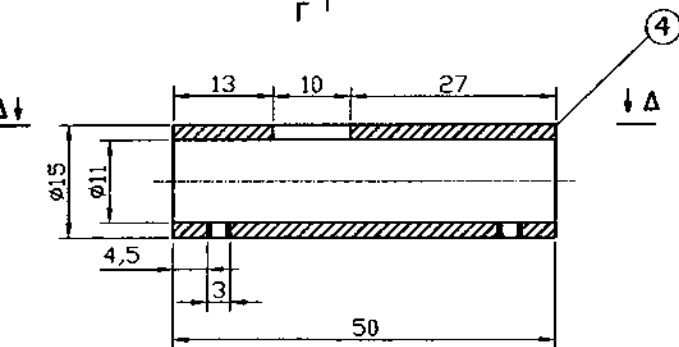
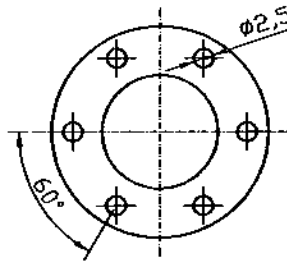
ΟΨΗ Α-Α



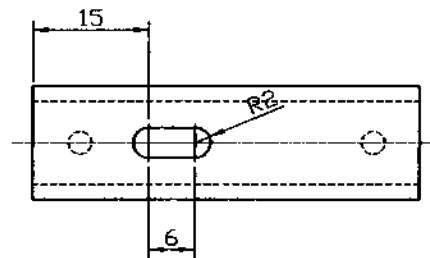
ΟΨΗ Β-Β



ΟΨΗ Γ-Γ



ΟΨΗ Δ-Δ



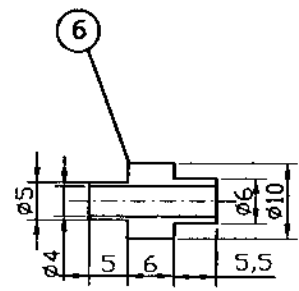
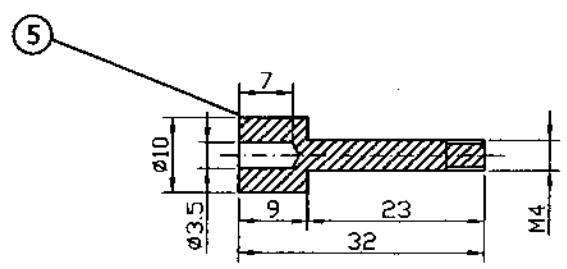
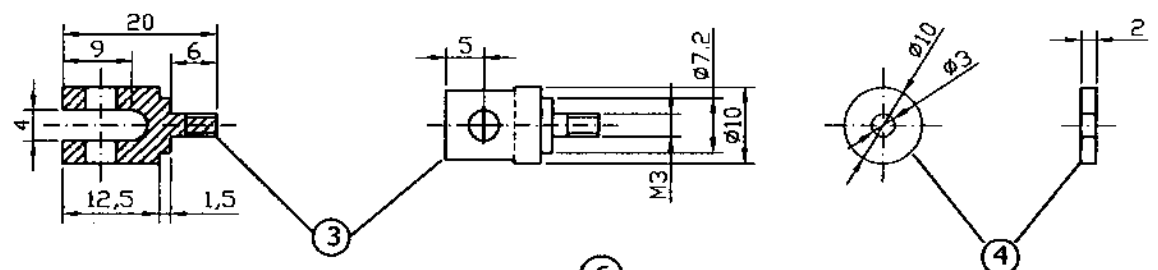
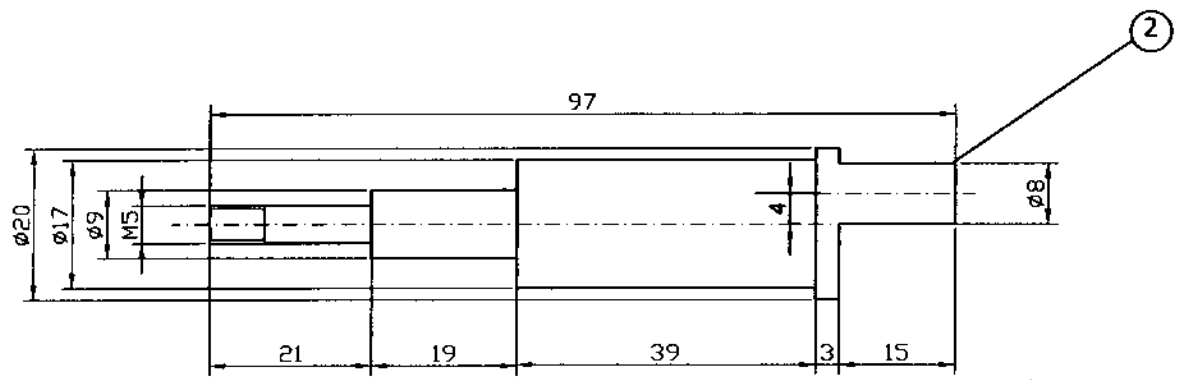
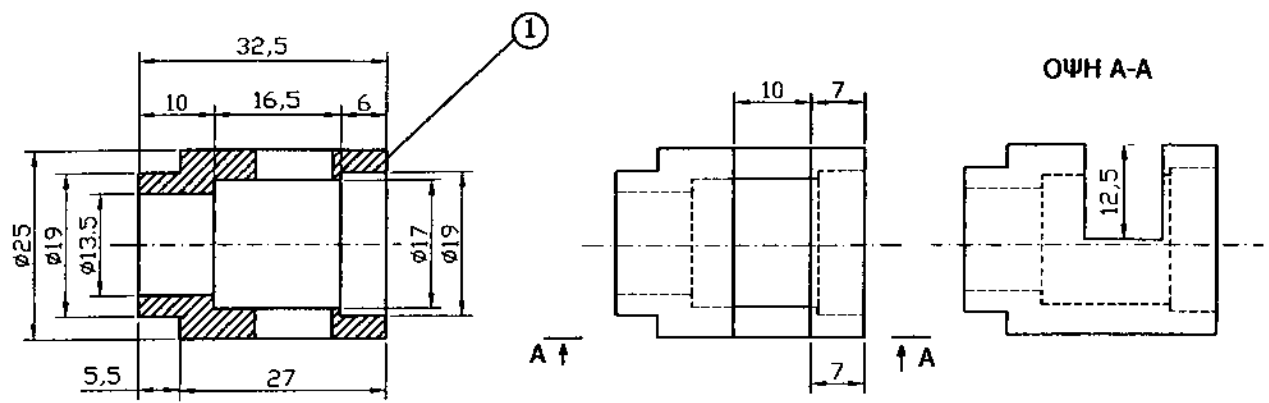
Σχ No 3

2	κέλυφος βαλβίδων	ορύχαλκος	4	σπείρωμα M3
2	φλάντζα κεφαλής	ορύχαλκος	3	
2	κεφαλή	ορύχαλκος	2	
2	κύλινδρος	ορύχαλκος	1	
τεμ.	ονομασία	DIN	υλικό	№ παρατηρήσεις

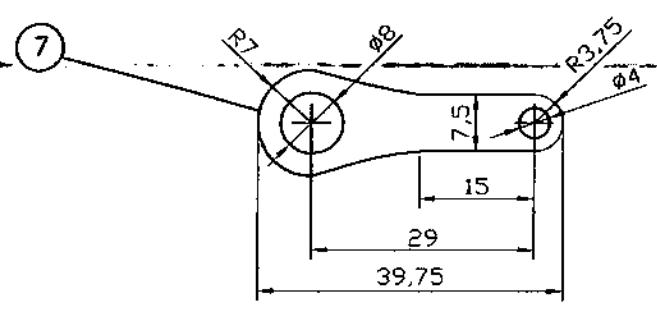
ΛΑΖΟΚΙΤΣΙΟΣ  
ΔΗΜΗΤΡΗΣ

ΚΛΙΜΑΚΑ  
1:1

ΑΝΤΛΙΑ  
ΘΕΤΙΚΟΥ  
ΕΚΤΟΠΙΣΜΑΤΟΣ



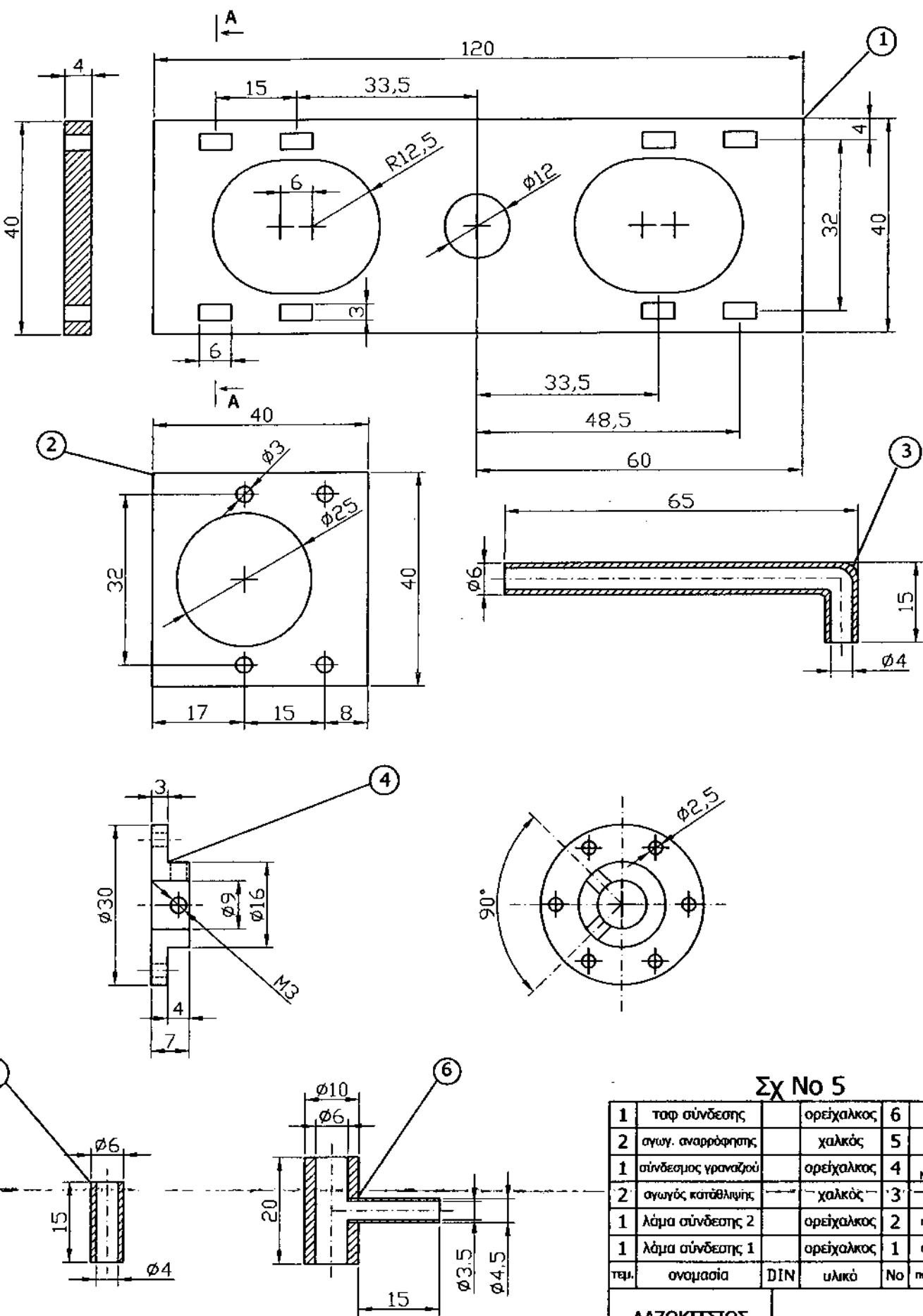
Σχ No 4



2	μπέλα	INOX	7	
1	προσθήκη	ορύχαλκος	6	
1	άτρακτος μοτέρ	ορύχαλκος	5	σπείρωμα M4 μήκους 5mm
2	φλάντζα εμβόλου	ορύχαλκος	4	
2	έμβολο	ορύχαλκος	3	σπείρωμα M3 μήκους 5mm
1	άτρακτος αντλίας	INOX	2	εκεντρώτητα 4mm
1	κέλυφος μοτέρ	ορύχαλκος	1	
τεμ.	ονομασία	DIN	υλικό	№ παρατηρήσεις

ΛΑΖΟΚΙΤΣΙΟΣ ΔΗΜΗΤΡΗΣ	ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΤΙΚΟΥ ΕΚΤΟΠΙΣΜΑΤΟΣ
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:1	





Σχ No 5

1	ταφ σύνδεσης	ορείχαλκος	6	
2	αγωγ. αναρρόφησης	χαλκός	5	
1	σύνδεσμος γραναζού	ορείχαλκος	4	σπείρωμα M3 και M2,5
2	αγωγός κατάθλιψης	χαλκός	3	
1	λάμα σύνδεσης 2	ορείχαλκος	2	πάχος 3mm
1	λάμα σύνδεσης 1	ορείχαλκος	1	πάχος 4mm
τεμ.	ονομασία	DIN	υλικό	No παρατηρήσεις

ΛΑΖΟΚΙΤΣΙΟΣ  
ΔΗΜΗΤΡΗΣ

ΚΛΙΜΑΚΑ  
1:1

ΑΝΤΛΙΑ  
ΘΕΤΙΚΟΥ  
ΕΚΤΟΠΙΣΜΑΤΟΣ

## ΜΕΡΟΣ ΠΕΜΠΤΟ

### ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ

#### 5.1) Μετρήσεις – πίνακες

Κάθε μηχανήμα συνοδεύεται από χαρακτηριστικούς βαθμούς απόδοσης αλλά και χαρακτηριστικά διαγράμματα έτσι ώστε να μπορούμε να επιλέγουμε αυτό που εξυπηρετεί καλύτερα τις ανάγκες μας σε κάθε περίπτωση. Στο κεφάλαιο αυτό λοιπόν θα αναφερθούμε στα αποτελέσματα των μετρήσεων που έγιναν στην αντλία.

Τα στοιχεία που μπορούμε να μετρήσουμε για την αντλία είναι η ένταση του ρεύματος που καταναλώνει κατά τη λειτουργία της (η τάση είναι γνωστή 12Volt), η πίεση που δημιουργεί, την παροχή αλλά και τις στροφές της ατράκτου της αντλίας.

Για τις μετρήσεις θα χρειαστούμε :

- Ένα αμπερόμετρο (ακρίβεια έντασης 0,01 amp)
- Ένα μανόμετρο (ακρίβεια πίεσης 0,2 bar)
- Ένα χρονόμετρο (ακρίβεια χρόνου 0.1 sec)
- Ένα μηχανικό στροφόμετρο που μας δείχνει τον αριθμό των στροφών που έχει πραγματοποιήσει η άτρακτος (ακρίβεια στροφών 0,1 στροφές )
- Το τροφοδοτικό για την απαραίτητη τάση
- Ένα ογκομετρικό δοχείο 100ml

Για να πάρουμε τις μετρήσεις μας θα έχουμε μία ποσότητα όπου θα μεταβάλουμε επιθυμητά, και θα μετρούμε τις υπόλοιπες ποσότητες. Έτσι λοιπόν θα ρυθμίζουμε την πίεση λειτουργίας που θέλουμε κάθε φορά και θα μετρούμε τα υπόλοιπα στοιχεία.

Η ρύθμιση της πίεσης θα γίνεται από την στρόφιγγα που βρίσκεται στην κατάθλιψη της αντλίας. Ο χρόνος θα σταματάει όταν γεμίσει το δοχείο των 100ml.

Μετά την διεξαγωγή των μετρήσεων καταλήγουμε στον παρακάτω πίνακα.

a/a	P (bar)	I (amp)	t (sec)	Στροφές
1	0	1,65	3,4	89,7
2	0,5	1,77	4	99,3
3	1	1,8	4,5	100
4	1,5	1,9	5	106,1
5	2	2,03	5,5	111,1
6	2,5	2,1	6	119,3
7	3	2,2	6,5	120,8
8	3,5	2,3	7	122,7
9	4	2,45	7,3	123,3
10	4,5	2,5	7,5	124,4
11	5	2,6	7,8	127,4
12	5,5	2,69	8,1	130,1
13	6	2,78	8,4	132,6

Από τις τιμές αυτές μπορούμε να υπολογίσουμε τους ακόλουθους βαθμούς απόδοσης και στοιχεία.

#### Ισχύς εισόδου

Η ισχύς εισόδου στην άτρακτο της αντλίας θα υπολογιστεί από την ισχύ που καταναλώνει ο ηλεκτροκινητήρας, η ισχύς αυτή ισούται με το γινόμενο της τάσης τροφοδοσίας V επί την ένταση του ρεύματος I που καταναλώνει ο ηλεκτροκινητήρας. Ο ηλεκτροκινητήρας όμως παρουσιάζει και αυτός απώλειες και δεν αποδίδει όλη την ισχύ που καταναλώνει, έτσι αν υποθέσουμε ότι ο ηλεκτροκινητήρας παρουσιάζει ένα βαθμό απόδοσης 95% καταλήγουμε στην εξής σχέση.

$$P_{\text{εις}} = 0.95 V I \quad \text{όπου : } \begin{array}{l} \text{η τάση V σε Volt} \\ \text{η ένταση I σε ampere} \end{array}$$

#### Ισχύς εξόδου

Η ισχύς εξόδου θα υπολογιστεί από τα στοιχεία της ροής από τη γνωστή σχέση

$$P_{\text{εξ}} = P Q \quad \text{όπου } \begin{array}{l} P : \text{η πίεση σε N/m}^2 \text{ (1bar=10}^5\text{N/m}^2\text{)} \\ Q : \text{η παροχή σε m}^3\text{/sec (10}^3\text{lit=1m}^3\text{)} \end{array}$$

στρ/sec

Αφού γνωρίζουμε των αριθμό των περιστροφών της ατράκτου και τον αντίστοιχο χρόνο, είναι πολύ εύκολο να υπολογίσουμε τις στρ/sec απλά κάνοντας μία διαίρεση.

Θεωρητική παροχή  $Q_{\text{θεωρ}}$

Η θεωρητική παροχή θα υπολογιστεί από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της αντλίας, θα έχουμε λοιπόν το εξής σκεπτικό

$$\text{Εμβαδόν εμβόλου } A = \frac{3,14 \times 10^2}{4} = 78,5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Όγκος εμβολισμού } V = 78,5 \text{ mm}^2 \times 8 \text{ mm} = 628 \text{ mm}^3/\text{στρ} \quad (e=4\text{mm})$$

$$\text{Επομένως για τα δύο έμβολα } V = 1256 \text{ mm}^3/\text{στρ}$$

Επίσης γνωρίζουμε τις στροφές τις ατράκτου ανά δευτερόλεπτο οπότε

$$V = 1256 \text{ mm}^3/\text{στρ} \times \alpha \text{ στρ/sec} = A \text{ mm}^3/\text{sec}$$

Για να το υπολογίσουμε σε lit/sec θα διαιρέσουμε με  $10^6$

Πειραματική παροχή  $Q_{\text{πειρ}}$

Δεδομένου ότι γνωρίζουμε τον όγκο του ρευστού που αντλεί η αντλία (0,1 lit) και τον αντίστοιχο χρόνο μπορούμε εύκολα με διαίρεση να υπολογίσουμε την πειραματική παροχή της αντλίας σε lit/sec.

Ογκομετρικός βαθμός απόδοσης

$$\eta_{\text{ογκο}} = \frac{Q_{\text{πειρ}}}{Q_{\text{θεωρ}}}$$

### Μηχανικός- υδραυλικός βαθμός απόδοσης

$$\eta_{\text{μηχ-υδρ}} = \frac{P_{\text{εισ}} - P_{\text{απωλ}}}{P_{\text{εισ}}}$$

Την ισχύ απωλειών θα την υπολογίσουμε αν δουλέψουμε την αντλία με μηδενικό φορτίο, από την πρώτη λοιπόν μέτρηση βλέπουμε ότι η αντλία καταναλώνει 1,65Α οπότε οι ισχύς των απωλειών είναι  
 $P_{\text{απωλ}} = 0,95 \times 1,65 \times 12 = 18,8 \text{ Watt}$

### Βαθμός απόδοσης της αντλίας

$$\eta = \frac{P_{\text{εισ}}}{P_{\text{εξωδ}}}$$

### συνολικός βαθμός απόδοσης

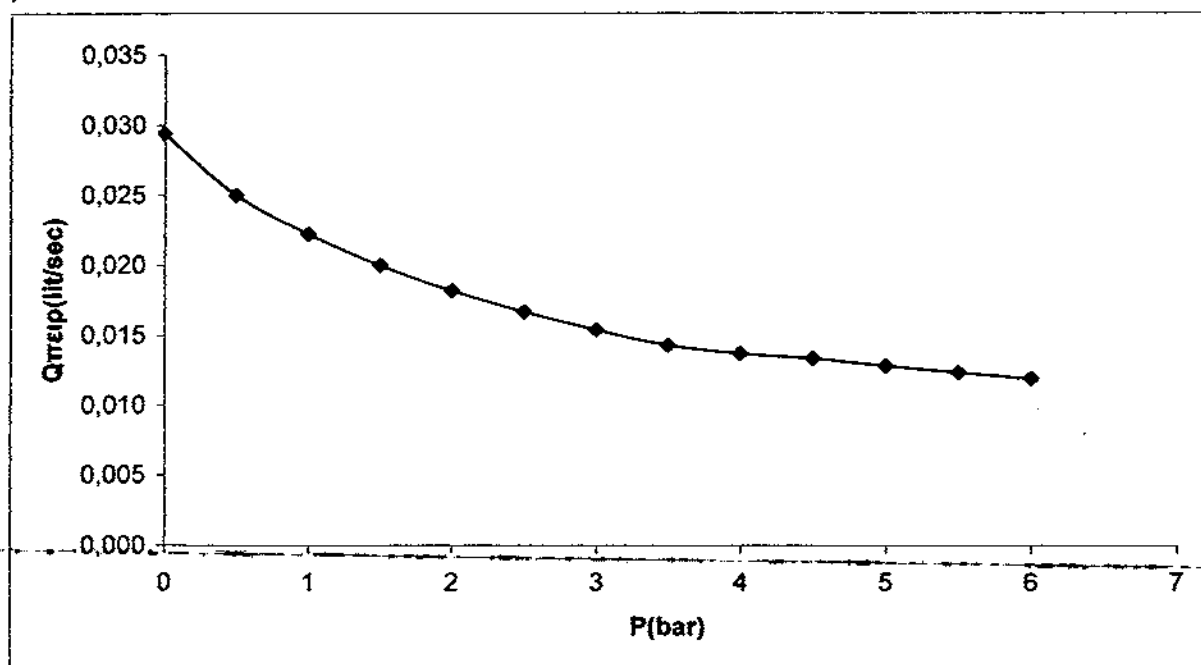
$$\eta_{\text{συν}} = \eta_{\text{ογκο}} \eta_{\text{μηχ-υδρ}}$$

Από τις παραπάνω σχέσεις λοιπόν μπορούμε να συμπληρώσουμε τον παρακάτω πίνακα ο οποίος συνοψίζει τα αποτελέσματα των μετρήσεων και τις σχέσεις αυτές.

P (bar)	P <sub>εισ</sub> (Watt)	P <sub>εξωδ</sub> (Watt)	r.p.sec	Q <sub>θεωρ</sub> (lit/sec)	Q <sub>πειρ</sub> (lit/sec)	η <sub>ογκο</sub> %	η <sub>μηχ-υδ</sub> %	η %	η <sub>συν</sub> %
0	17,82	0,00	26,4	0,033	0,029	88,8	0,0	0,0	0,0
0,5	19,12	1,25	24,8	0,031	0,025	80,2	6,8	6,2	5,4
1	19,44	2,22	22,2	0,028	0,022	79,6	8,3	10,8	6,6
1,5	20,52	3,00	21,2	0,027	0,020	75,0	13,2	13,9	9,9
2	21,92	3,64	20,2	0,025	0,018	71,7	18,7	15,7	13,4
2,5	22,68	4,17	19,9	0,025	0,017	66,7	21,4	17,4	14,3
3	23,76	4,62	18,6	0,023	0,015	65,9	25,0	18,4	16,5
3,5	24,84	5,00	17,5	0,022	0,014	64,9	28,3	19,1	18,3
4	26,46	5,48	16,9	0,021	0,014	64,6	32,7	19,6	21,1
4,5	27,00	6,00	16,6	0,021	0,013	64,0	34,0	21,1	21,8
5	28,08	6,41	16,3	0,021	0,013	62,5	36,5	21,6	22,8
5,5	29,05	6,79	16,1	0,020	0,012	61,2	38,7	22,1	23,7
6	30,02	7,14	15,8	0,020	0,012	60,0	40,6	22,5	24,4

## 5.2) Γραφικές παραστάσεις

i)



Το γράφημα αυτό είναι ίσως το πιο σημαντικό διότι περιέχει δύο πολύ σημαντικά στοιχεία που είναι η πίεση  $P$  και η παροχή  $Q$ . Όπως βλέπουμε η παροχή  $Q$  ελαττώνεται με την αύξηση της πίεσης και μάλιστα με ένα φθίνοντα ρυθμό, δηλαδή η παροχή επηρεάζεται περισσότερο από την πίεση σε μικρές πιέσεις από ότι σε μεγαλύτερες.

Η παροχή ελαττώνεται με την αύξηση της πίεσης για δύο λόγους.

- Αύξηση πίεσης σημαίνει αυξημένο φορτίο στον ηλεκτροκινητήρα, με αποτέλεσμα την μείωση των στροφών του. Επομένως θα μειωθούν και οι στροφές της ατράκτου της αντλίας με αποτέλεσμα την μείωση της παροχής.
- Επίσης στις μεγάλες πιέσεις παρουσιάζονται και μεγαλύτερες εσωτερικές απώλειες με αποτέλεσμα την μείωση της παροχής.

Οι μειωμένες όμως στροφές λόγω της αύξησης της πίεσης, αποφέρουν και θετικά στοιχεία στη λειτουργία της αντλίας αυξάνοντας έτσι τα χαρακτηριστικά της όπως η παροχή  $Q$ .

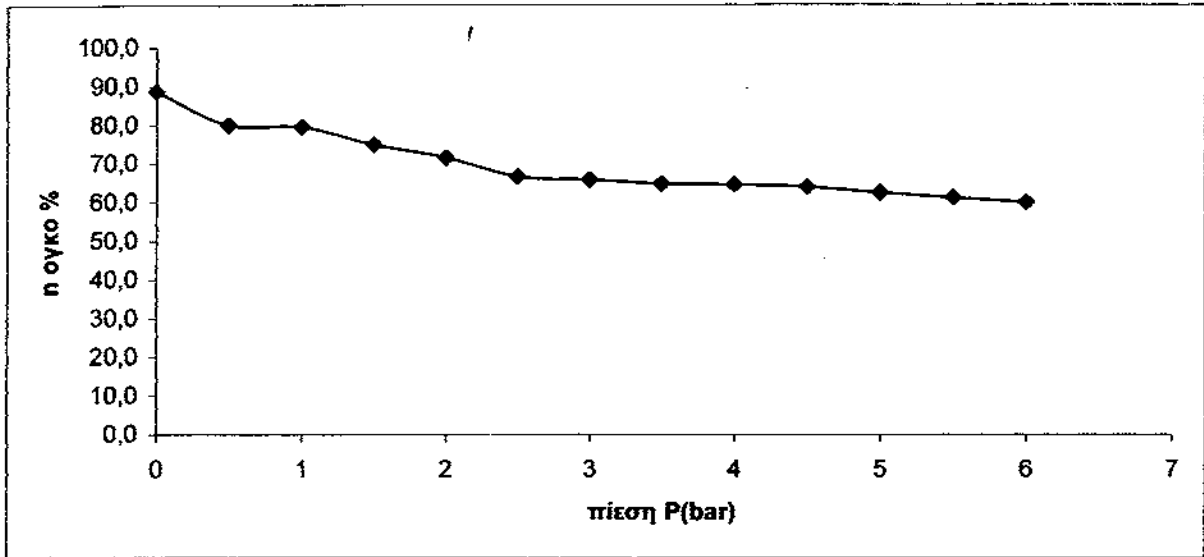
- Μειωμένες στροφές σημαίνει λιγότερες απώλειες λόγω ταλαντώσεων στα μέρη που παλινδρομούν.
- Επίσης στις χαμηλές στροφές όπως έχουμε πει μειώνεται η παροχή επομένως και η ταχύτητα ροής του ρευστού, άρα παρουσιάζονται λιγότερες απώλειες ροής.

Οι παράγοντες λοιπόν αυτοί συνδυάζονται και μας δίνουν το παραπάνω γράφημα.

Σημαντικό είναι να αναφέρουμε ότι οι απαιτήσεις μας έχουν εκπληρωθεί τόσο από πλευράς πίεσης όσο και από πλευράς παροχής και μάλιστα η πίεση ανέρχεται σε διπλάσια τιμή από την απαιτούμενη. Αυτό δεν μας πειράζει καθόλου διότι η κατασκευή θα έχει μεγαλύτερη δύναμη, εκτός αυτού η πίεση αυτή δεν θα παρουσιαστεί αν δεν παρουσιαστεί και το αντίστοιχο φορτίο στα υδραυλικά έμβολα.

Από την άλλη η αυξημένη παροχή θα κάνει τις κινήσεις των υδραυλικών εμβόλων πιο άμεσες και γρήγορες το οποίο πάλι δεν μας δυσαρεστεί. Άλλωστε μπορούμε με ένα ροοστάτη αν θέλουμε να μειώσουμε την τάση τροφοδοσίας και να μειωθούν οι στροφές του κινητήρα επομένως και η παροχή της αντλίας.

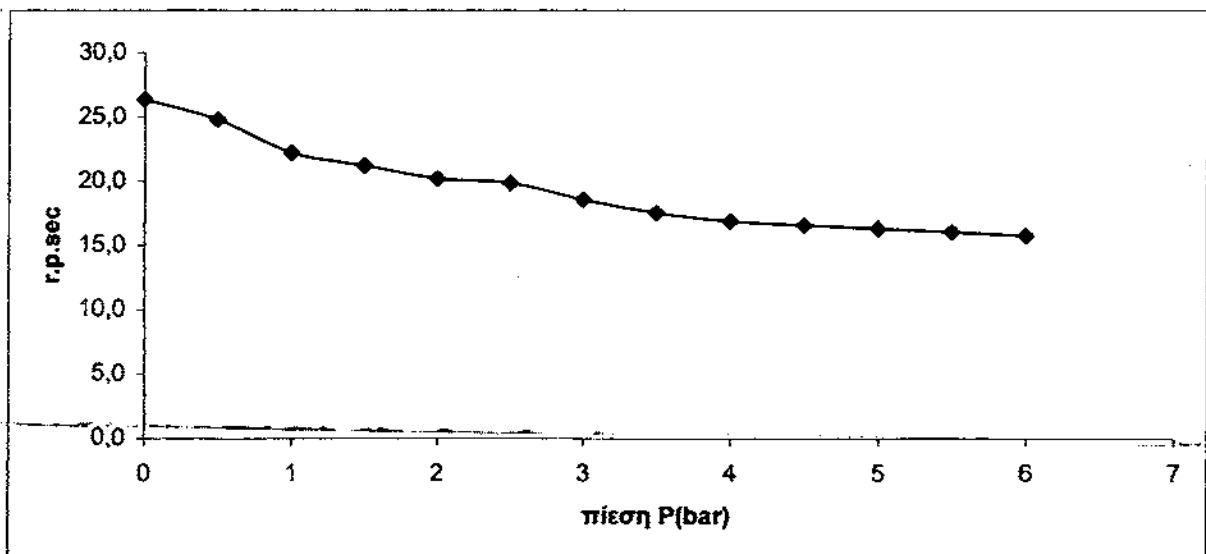
ii)



Όπως βλέπουμε από το παραπάνω γράφημα ο ογκομετρικός βαθμός απόδοσης της αντλίας ελαττώνεται καθώς αυξάνεται η πίεση λειτουργίας. Αυτό σημαίνει πως η αντλία υδροδυναμικά ανταποκρίνεται καλύτερα σε μικρές πιέσεις αν και η μεταβολή του ογκομετρικού βαθμού απόδοσης δεν είναι και τόσο μεγάλη.

Η ελάττωση αυτή του ογκομετρικού βαθμού απόδοσης ίσως να οφείλετε στην αύξηση των εσωτερικών απωλειών καθώς αυξάνει η πίεση.

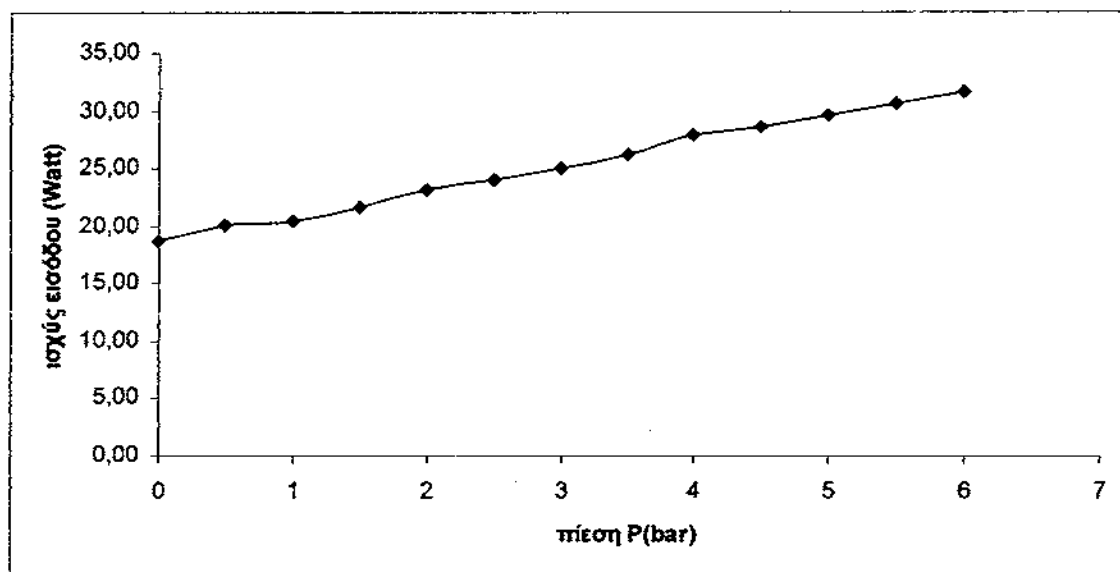
iii)





Όπως βλέπουμε στο παραπάνω γράφημα οι στροφές τις αντλίας ελαττώνονται με την αύξηση της πίεσης και μάλιστα η μορφή του γραφήματος μοιάζει με αυτή του γραφήματος Q-P. Αυτό είναι κάτι απολύτως φυσιολογικό αφού η παροχή Q και οι στροφές τις αντλίας θεωρητικά είναι ποσότητες ανάλογες.

iv)



Από το παραπάνω γράφημα βλέπουμε πως για την αντιμετώπιση των απωλειών (μηχανικών και υδραυλικών) απαιτούνται 18,8 Watt, στη συνέχεια καθώς αυξάνεται η πίεση λειτουργίας (φορτίο) έχουμε και ταυτόχρονη αύξηση στην ισχύ εισόδου και μάλιστα μπορούμε να την χαρακτηρίσουμε γραμμική. Φαίνεται δηλαδή πως η ισχύς εισόδου και η πίεση είναι ποσότητες ανάλογες.

Στην μέγιστη πίεση των 6bar η εισερχόμενη ισχύς είναι 31,7Watt. Το μεγαλύτερο μέρος δηλαδή της εισερχόμενης ισχύος καταναλώνεται στις διάφορες τριβές και απώλειες κατά τη λειτουργία της αντλίας αφού ανέρχεται στα 18,8 Watt ενώ για την αύξηση της πίεσης στα 6bar απαιτούνται μόλις 12,9Watt. (η ισχύς εξόδου στα 6bar είναι 7,14Watt).

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Fluid Mechanics with application, Antony Esposito, Prentice Hall.
2. Fluid Power Technology, F.Dan Norvelle, West publishing Company.
3. Fluid Power with application, Antony Esposito, Prentice Hall.
4. Υδραυλική Ισχύς θεωρία και πράξη, Κωνσταντίνος Γιαννακόπουλος, εκδόσεις Αθ. Σταμούλη, Αθήνα 1999.
5. Αντλίες, επιμέλεια Χρήστος Ζ.Πούλος, Ευρωπαϊκές Τεχνολογικές Εκδόσεις, Αθήνα 1996.
6. Μηχανουργική Τεχνολογία Εργαλειομηχανές, Θ.Α. Διαμαντούδη, εκδόσεις ΖΗΤΗ, Θεσσαλονίκη 1980.

