

Τ.Ε.Ι. ΠΑΤΡΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**«ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΠΕΡΙΣΤΑΛΤΙΚΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ»**

ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ : ΑΘΑΝΑΣΟΠΟΥΛΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ  
ΕΥΑΓΓΕΛΑΤΟΣ ΓΕΡΑΣΙΜΟΣ

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ : ΠΑΝΝΟΠΟΥΛΟΣ ΑΝΔΡΕΑΣ



ΠΑΤΡΑ 2005

ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ	7113
----------------------	------

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν σύγγραμμα αποτελεί την πτυχιακή μας εργασία, το θέμα της οποίας εισηγήθηκε ο κ. Γιαννόπουλος Ανδρέας, Δρ Μηχανολόγος Μηχανικός. Ύστερα από την παράθεση - πρόταση μιας σειράς θεμάτων, θεωρητικού και πρακτικού χαρακτήρα, θεωρήσαμε ενδιαφέρον να επιλέξουμε ένα πρωτότυπο θέμα, που παράλληλα θα ξεπερνά τα όρια μιας θεωρητικής ανάπτυξης και θα έχει πρακτική υπόσταση. Εξάλλου, ως μελλοντικοί τεχνολόγοι μηχανολόγοι, κρίναμε σκόπιμο να καταπιαστούμε με ένα αντικείμενο άμεσης τεχνολογικής εφαρμογής.

Έτσι λοιπόν αποφασίσαμε να ασχοληθούμε με τη μελέτη και κατασκευή ενός τύπου αντλίας, που επειδή χρησιμοποιείται για ειδικούς σκοπούς δεν είναι ευρέως γνωστός. Η αντλίες αυτού του τύπου ονομάζονται περισταλτικές, και όπως θα δούμε είναι κατασκευαστικά σχετικά απλές. Βέβαια, προτού αρχίσει η κατασκευαστική μελέτη του μοντέλου μας, για να γίνει επιστημονικά σωστότερη τοποθέτηση, πρέπει να αναφερθούν και να αναλυθούν ως ένα σημείο όλοι οι τύποι αντλιών που υπάρχουν, έτσι ώστε να υπάρχει ένα μέτρο σύγκρισης των χαρακτηριστικών τους.

Η πτυχιακή αυτή εργασία, πέρα από τις θεωρητικές γνώσεις που μας έδωσε, πιστεύουμε ότι μέσω του κατασκευαστικού χαρακτήρα της, μας έφερε ένα βήμα πιο κοντά στην πραγματικότητα του χώρου εργασίας. Ελπίζουμε όσοι διαβάσουν αυτό το σύγγραμμα, ειδήμονες και μη, να βρουν ότι έχει γίνει μια ικανοποιητική δουλειά.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΣΕΛΙΔΕΣ

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΓΕΝΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

1.1	ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ.....	1
1.2	ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΗΜΕΡΑ.....	6
1.3	ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΙΣΧΥΣ, ΠΩΣ ΠΑΡΑΓΕΤΑΙ ΚΑΙ ΠΩΣ ΑΞΙΟΠΟΙΕΙΤΑΙ.....	9

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΑΝΤΛΙΕΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

2.1	ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΑΝΤΛΙΑ - ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΔΙΑΚΡΙΣΗΣ ΤΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ .....	11
2.2	ΑΝΤΛΙΕΣ ΣΤΑΤΙΚΟΥ ΕΚΤΟΠΙΣΜΑΤΟΣ .....	11
	Α. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΝΤΛΙΩΝ ΣΤΑΤΙΚΟΥ ΕΚΤΟΠΙΣΜΑΤΟΣ.....	12
	Β. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΟΛΥΒΑΘΜΙΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΣΤΑΤΙΚΟΥ ΕΚΤΟΠΙΣΜΑΤΟΣ.....	13
	Γ. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΝΤΛΙΩΝ ΣΤΑΤΙΚΟΥ ΕΚΤΟΠΙΣΜΑΤΟΣ .....	16
2.3	ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΤΙΚΟΥ ΕΚΤΟΠΙΣΜΑΤΟΣ.....	17
	Α. ΚΟΧΛΙΩΤΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ .....	18
	Β. ΚΟΧΛΙΩΤΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΤΥΠΟΥ ΜΟΗΝΟ .....	20
	Γ. ΑΝΤΛΙΕΣ ΜΕ ΜΕΤΩΠΙΚΟΥΣ ΟΔΟΝΤΩΤΟΥΣ ΤΡΟΧΟΥΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΟΔΟΝΤΩΣΗΣ.....	22
	Δ. ΑΝΤΛΙΕΣ ΜΕ ΜΕΤΩΠΙΚΟΥΣ ΟΔΟΝΤΩΤΟΥΣ ΤΡΟΧΟΥΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΟΔΟΝΤΩΣΗΣ ΠΛΑΝΗΤΙΚΟΥ ΤΥΠΟΥ.....	24
	Ε. ΑΝΤΛΙΕΣ ΜΕ ΜΕΤΩΠΙΚΟΥΣ ΟΔΟΝΤΩΤΟΥΣ ΤΡΟΧΟΥΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΟΔΟΝΤΩΣΗΣ ΠΛΑΝΗΤΙΚΟΥ ΤΥΠΟΥ ΜΕ ΜΗΝΙΣΚΟ.....	25
	ΣΤ. ΠΤΕΡΥΓΙΟΦΟΡΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ .....	27
	Ζ. ΠΤΕΡΥΓΙΟΦΟΡΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΑΠΛΟΥ ΘΑΛΑΜΟΥ.....	27
	Η. ΠΤΕΡΥΓΙΟΦΟΡΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΑΠΛΟΥ ΘΑΛΑΜΟΥ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ .....	29
	Θ. ΠΤΕΡΥΓΙΟΦΟΡΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΔΙΠΛΟΥ ΘΑΛΑΜΟΥ .....	30
	Ι. ΕΜΒΟΛΟΦΟΡΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ .....	31
	Κ. ΕΜΒΟΛΟΦΟΡΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΑΚΤΙΝΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ .....	32
	Λ. ΕΜΒΟΛΟΦΟΡΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΑΞΟΝΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ .....	34

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

## ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΡΟΤΥΠΗΣ ΠΕΡΙΣΤΑΛΤΙΚΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ

3.1	ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΠΕΡΙΣΤΑΛΤΙΚΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ .....	37
3.2	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΩΝ ΠΕΡΙΣΤΑΛΤΙΚΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ .....	38
3.3	ΠΡΟΤΥΠΗ ΠΕΡΙΣΤΑΛΤΙΚΗ ΑΝΤΛΙΑ .....	41
	Α. ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ... ..	41
	Β. ΕΠΙΛΟΓΗ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ ΠΟΥ ΑΠΑΙΤΟΥΝΤΑΙ ... ..	42
	Γ. ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΙΝΗΤΗΡΑ .....	42
	Δ. ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ .....	45
3.4	ΣΧΕΔΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ .....	51
3.5	ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ .....	56
	Α. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΙΝΑΚΕΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ... ..	56
	Β. ΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΑΡΑΣΤΑΣΕΙΣ ... ..	59
	Γ. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	64
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	65

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

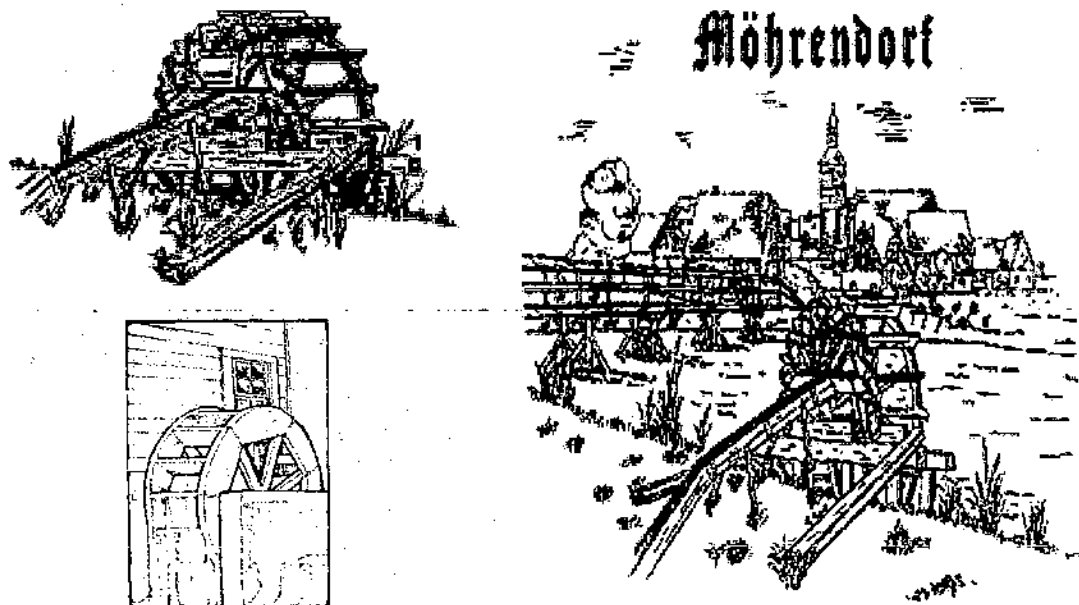
## ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΓΕΝΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

### 1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Ο άνθρωπος, πριν από πολλές εκατοντάδες χρόνια, κατάλαβε τη δύναμη και την ενέργεια που κρύβει ένα ρευστό, είτε αυτό βρίσκεται σε κίνηση είτε σε ακινησία. Έτσι πολύ γρήγορα, διάφορες κοπιαστικές εργασίες για τα ανθρώπινα χέρια και τα ζώα, όπως το άλεσμα του σιταριού, άρχισαν να πραγματοποιούνται από τους πρωτοεμφανιζόμενους «υπηρέτες» του ανθρώπου, τους προγόνους των σημερινών ρευστοδυναμικών μηχανών.

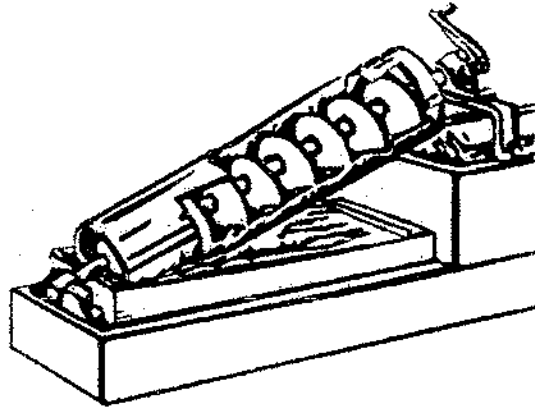
Η αρχαιότερη ίσως αναφορά, σχετιζόμενη με τις εφαρμογές της ρευστοδυναμικής, είναι οι γνωστοί σε όλους μας ξύλινοι νερόμυλοι (Σχήμα 1.1) οι οποίοι εκμεταλλεύονταν την κινητική ενέργεια του νερού των ποταμών.

Γύρω στο 100 π.Χ. χρονολογούνται οι πρώτες αναφορές για την χρήση νερόμυλου στις καθημερινές ασχολίες των ανθρώπων. Πολλές εργασίες, όπως η λείανση του σιταριού για την παραγωγή αλευριού, η ύφανση σε κατάλληλους υφαντικούς μύλους, οι κατεργασίες κοπής με κατάλληλα για τότε πριόνια και το πότισμα των αγρών στηρίζονταν στη χρήση του νερόμυλου.



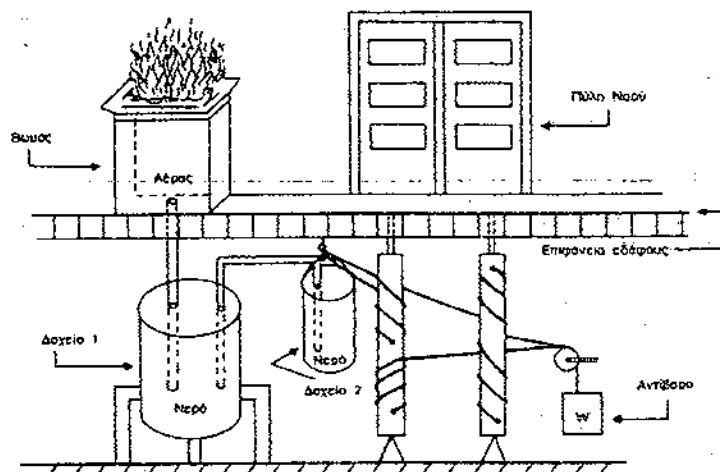
Σχήμα 1.1

Ο Αρχιμήδης τον τρίτο αιώνα π.Χ. εφηύρε ένα μηχανισμό ο οποίος έμοιαζε σαν μεγάλη βίδα με αραιές σπείρες (Σχήμα 1.2). Καθώς περιστρεφόταν χειρωνακτικά αυτή η «βίδα», ανάγκαζε το νερό να ανέλθει κατά μικρά ύψη. Την αντλία αυτή την χρησιμοποιούσαν οι Έλληνες και οι Ρωμαίοι τόσο σε αρδευτικά συστήματα όσο και για οικιακή χρήση.



Σχήμα 1.2

Ο Ήρωνας, τον πρώτο αιώνα μ.Χ. είχε επινοήσει ένα σύστημα έτσι ώστε να ανοίγουν οι μεγάλες και βαριές πόρτες των ναών και των παλατιών (Σχήμα 1.3). Ποσότητα αέρα ζεσταινόταν, μέσω φωτιάς σε βωμό, μέσα σε μεγάλο δοχείο και με την επερχόμενη διαστολή του, ανάγκαζε ποσότητα νερού, μέσω αγωγών, να φτάσει σε δεύτερο δοχείο που κρεμόταν και ήταν αναρτημένο μέσω τροχαλιών σχοινηών και αξόνων στις πόρτες. Έτσι, το βάρος του δεύτερου δοχείου αυξάνονταν προοδευτικά, καθώς γέμιζε με νερό και με την περιστροφή των αξόνων άνοιγαν σιγά-σιγά οι πόρτες. Η αντίστροφη διαδικασία κλεισίματος των πυλών, γινόταν με το σβήσιμο της φωτιάς και με την βοήθεια αντίβαρου καθώς το νερό επέστρεφε στο πρώτο δοχείο με την επερχόμενη συστολή του αέρα.



Σχήμα 1.3

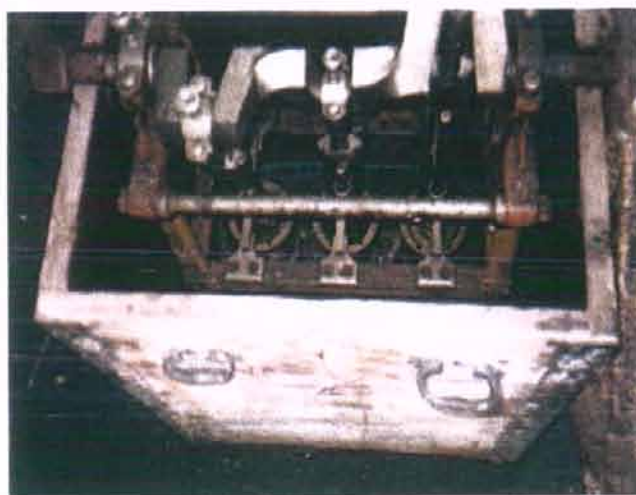
Κάπως έτσι, ξεκινά η ιστορία των ρευστοδυναμικών μηχανών. Ταυτόχρονα όμως, ανοίγεται ένας μεγάλος δρόμος, τον οποίο βαδίζουν πολλές νέες βελτιωμένες εφευρέσεις, θεωρίες αρχίζουν να διατυπώνονται για την υδραυλική ισχύ και γενικότερα με το έντονο ενδιαφέρον που δείχνουν οι άνθρωποι εκείνης της εποχής, δημιουργείται πρόσφορο έδαφος για την τεχνολογική έκρηξη στη νεότερη ιστορία της επιστήμης.

Στα μέσα της δεκαετίας του 70 του 18<sup>ου</sup> αιώνα, ο γάλλος υδραυλικός και μηχανικός του στρατού Bernard Forest έγραψε την αρχιτεκτονική της υδραυλικής σε μια εργασία όγκου τεσσάρων τόμων και έτσι τέθηκε μια επιστημονική βάση στην οποία μπορούσαν να στηριχθούν διάφορες μελέτες και έρευνες. Λίγο αργότερα, αρχές του 19<sup>ου</sup> αιώνα, κάνει την πρώτη εμφάνισή της η υδροηλεκτρική γεννήτρια και ξεκινά έτσι η ιστορία της σύγχρονης και σημαντικής υδροηλεκτρικής ενέργειας.

Γύρω στα μέσα του 19<sup>ου</sup> αιώνα, φαίνεται, ακόμα και μέσα από αναφορές λογοτεχνημάτων για εκείνη την εποχή, πως ήδη έχουν κατασκευαστεί και χρησιμοποιούνται αντλίες σαν συσκευές μεταβίβασης υδάτων (Σχήμα 1.4). Οι αντλίες αυτές που λειτουργούσαν χειρωνακτικά με βάση την παλινδρομική κίνηση ενός εμβόλου μέσα σε έναν κύλινδρο, βοηθούσαν στο πότισμα των αγρών και των ζώων αλλά και σε οικιακές εργασίες. Βέβαια, αντλίες παρόμοιου τύπου, αναφέρεται πως άρχισαν να κατασκευάζονται με την εξέλιξη της ναυσιπλοΐας, αρχές του 1800, λόγω της ανάγκης άντλησης των εισερχόμενων υδάτων στα καράβια (Σχήμα 1.5).



Σχήμα 1.4



Σχήμα 1.5

Η άνθηση της υδραυλικής ισχύος, ξεκινά σε μια χρονιά σταθμό στην ιστορία, την έναρξη της βιομηχανικής επανάστασης το 1850 στην Βρετανία. Η ανάγκη χρήσης της υδραυλικής ισχύος, με σκοπό να λειτουργήσει ένα πλήθος από μηχανήματα, αποτέλεσε την αιτία της ταχύτατης εξάπλωσής της. Πολλά από τα μηχανήματα, που λειτουργούν με διακεκριμένες τεχνικές αξιοποίησης της υδραυλικής ισχύος και χρησιμοποιούμε σήμερα, προέρχονται από αυτή την εποχή.

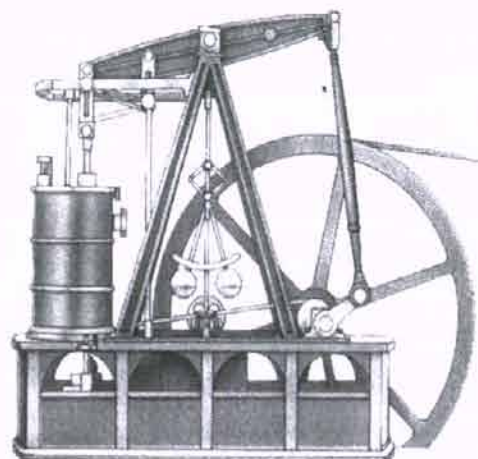
Πραγματοποιείται εξέλιξη στα είδη των αγωγών (υδραυλικά κυκλώματα), αναπτύσσονται μηχανισμοί με υδραυλικά έμβολα που λειτουργούν με τα χέρια ή ακόμη και με τα πόδια (π.χ. γρύλοι), και κατασκευάζονται διάφορα είδη πτερωτών (Σχήμα



1.6), για πιο αποδοτική αξιοποίηση της υδραυλικής ισχύος. Παράλληλα αρχίζουν να κατασκευάζονται συστηματικά οι πρωτοεμφανιζόμενες από το 1700 μηχανές ατμού (Σχήμα 1.7), σε μεγάλο αριθμό και με πιο αποδοτική λειτουργία. Οι ατμομηχανές αυτές κινούν τα πολυπληθή τρένα και πλοία εκείνης της εποχής, προκειμένου να εξυπηρετηθούν οι μεγάλες ανάγκες του εμπορίου και της οικονομικής μετανάστευσης.



Σχήμα 1.6



Σχήμα 1.7

Μία από τις πιο αξιόλογες προσπάθειες αξιοποίησης και παραγωγής της υδραυλικής ισχύος ήταν το σύστημα πεπαισμένου 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 καραβιών. Η αρχική πρόοδος ήταν αργή και μέχρι το 1883 το σύστημα αυτό είχε μήκος 12 μιλίων. Στις αρχές του 20<sup>ου</sup> τα 12 μίλια είχαν γίνει 160 ενώ η ανυψωτική δυνατότητα των γερανών είχε γίνει τουλάχιστον είκοσι φορές μεγαλύτερη.

Η υδραυλική ισχύς εφαρμόζεται περισσότερο από τις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα, καθώς εμφανίζονται νέα υλικά κατασκευής, γίνεται αντικατάσταση του νερού από ειδικά λάδια στα υδραυλικά κυκλώματα και η χρησιμοποίηση παραγώγων πετρελαίου με λιπαντικές και αντιοξειδωτικές ιδιότητες, συντελούν στην αύξηση της ισχύος και της λειτουργικότητας των υδραυλικών συστημάτων. Σημαντικό ρόλο επίσης έπαιξε η ανάπτυξη μεθόδων στεγανοποίησης των συστημάτων.

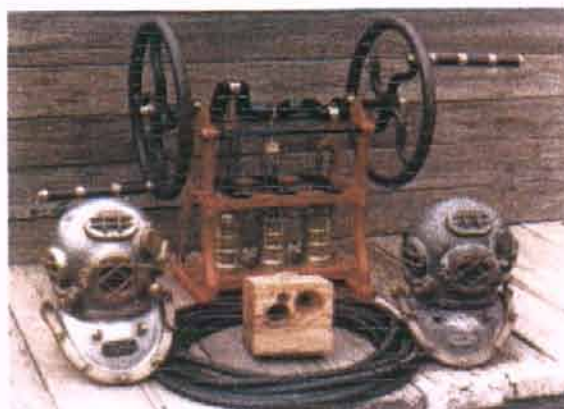
Το 1906 εμφανίστηκαν τα πρώτα υδραυλικά συστήματα πάνω σε ένα πολεμικό πλοίο και τα αποτελέσματα ήταν εντυπωσιακά. Από τότε εφαρμόστηκαν σε όλα τα πλοία στο σύστημα διεύθυνσης, στο σύστημα μετάδοσης της κίνησης και στους γερανούς του καταστρώματος. Ταυτόχρονα, με την έναρξη του 20<sup>ου</sup> αιώνα, οι εφαρμογές της υδραυλικής ισχύος αρχίζουν πλέον να γίνονται αγαθά του κάθε ανθρώπου ξεχωριστά, εκείνης της εποχής. Έτσι από τότε έχουμε τα πρώτα ιδιόκτητα ατμοκίνητα αυτοκίνητα, τα οποία αποτελούσαν ιδιοκτησία κυρίως για άτομα των ισχυρότερων οικονομικά τάξεων της κοινωνίας (Σχήμα 1.8).

Από το 1910, ο άνθρωπος έχει βάλει πλέον μέσα στην καθημερινότητά του την υδραυλική ενέργεια και στηρίζει άμεσα την ζωή του σε αυτή δείχνοντάς της απόλυτη εμπιστοσύνη. Γεγονός που φανερώνει αυτή την εμπιστοσύνη, είναι η χρήση

χειροκίνητης αντλίας με έμβολα, για παροχή αέρα στους δύτες (Σχήμα 1.9), καθώς τότε αρχίζει η εξερεύνηση του θαλάσσιου κόσμου.

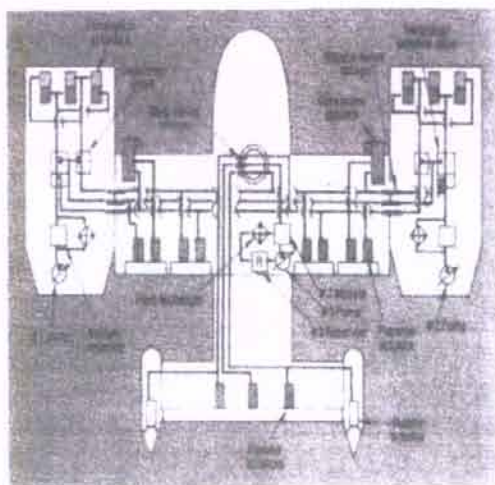


Σχήμα 1.8



Σχήμα 1.9

Ο 2<sup>ος</sup> παγκόσμιος πόλεμος, έδρασε καταλυτικά στην γρήγορη ποιοτική και ποσοτική ανάπτυξη των υδραυλικών συστημάτων. Τα κυριότερα βήματα αυτής της ανάπτυξης έγιναν από την βιομηχανία αεροσκαφών (Σχήμα 1.10). Οι απαιτήσεις από την ανάγκη να κατασκευαστούν μεγάλα και βαριά αεροσκάφη, που θα πετούσαν με υψηλές ταχύτητες και για μεγάλες αποστάσεις, κατέστησαν αδύνατο τον χειρισμό τους από τους πιλότους με τις παλιές μεθόδους πλοήγησης, οι οποίες γίνονταν μέσω μοχλών, συρματόσχοινων και τροχαλιών.



Σχήμα 1.10

Βοηθητικά συστήματα πλοήγησης όπως μηχανισμοί για την ρίψη βομβών, συστήματα τροχοπέδησης, πτυσσόμενες πόρτες φορτοεκφόρτωσης και πτυσσόμενοι τροχοί προσγείωσης - απογείωσης οι οποίοι απαιτούσαν μεγάλη ισχύ για τη λειτουργία τους, επανασχεδιάστηκαν βασιζόμενοι στη χρήση υδραυλικής ενέργειας.

Στα επόμενα χρόνια, του δεύτερου μισού του 20<sup>ου</sup> αιώνα, που ακολουθούν, η τεχνολογία της υδραυλικής ισχύος συνεχίζει να αναπτύσσεται. Λίγες καινοτομίες υδροδυναμικών μηχανών εμφανίζονται, αλλά στις ήδη υπάρχουσες συσκευές με τα συνεργαζόμενα συστήματά τους, γίνονται πολλές βελτιώσεις που αυξάνουν σημαντικά την απόδοσή τους. Θεωρίες για πολλά θέματα ρευστοδυναμικής διατυπώνονται και δημιουργούνται έτσι τόμοι πολυσέλιδων συγγραμμάτων, τα οποία αποτελούν αδιαμφισβήτητο επιστημονικό υπόβαθρο για την επιστημονική συνέχεια, αλλά παράλληλα και κληρονομιά για όλες τις γενιές που ακολουθούν.

## 1.2 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΗΜΕΡΑ

Η υδραυλική ισχύς είναι πλέον αναπόσπαστο κομμάτι της ζωής μας και οπουδήποτε και αν βρισκόμαστε ή οποιαδήποτε συσκευή και αν μεταχειριζόμαστε το πιο πιθανό είναι να υπάρχει συσχετισμός με την υδραυλική ισχύ.

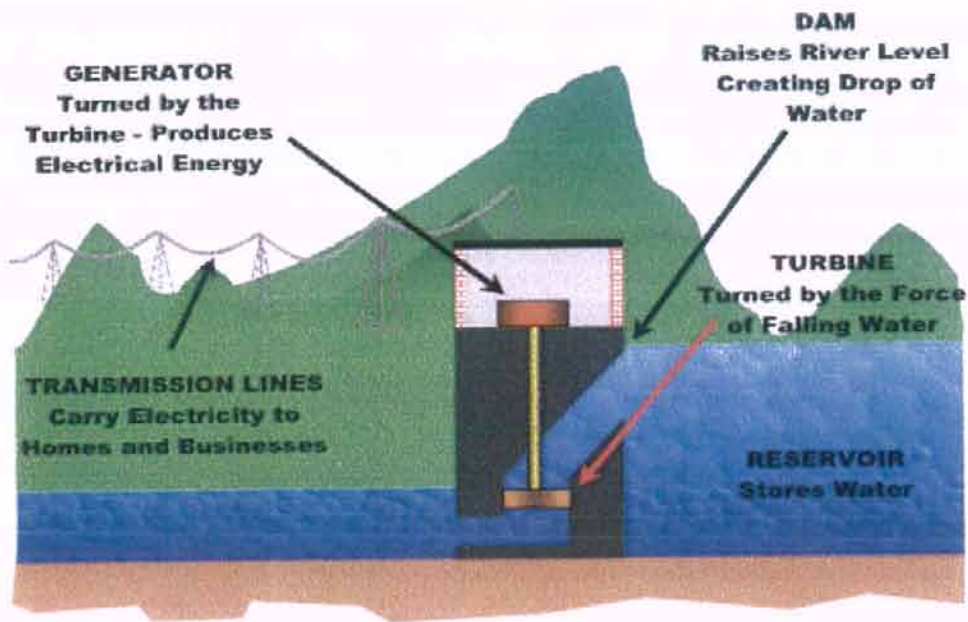
Η τυποποίηση τροφίμων, η υαλοφυγική, η υλοτομία, τα εργοστάσια πλαστικών, τα χειρουργικά τραπέζια, τα φορτηγά σκουπιδιών, τα αυτοκίνητα, τα πλυντήρια ακόμη και η καρέκλα του οδοντίατρου ή του κουρέα λειτουργούν με υδραυλικούς μηχανισμούς και αποτελούν δείγματα της χρήσης των συστημάτων υδραυλικής ισχύος στην καθημερινή μας ζωή. Οι εφαρμογές όπως καταλαβαίνουμε είναι άπειρες, γι' αυτό ας δούμε μερικές πιο βασικές από αυτές.

Προφανώς όλοι γνωρίζουμε την εξάρτησή μας από την ηλεκτρική ισχύ. Δεν θα μπορούσε κανείς να φανταστεί πως θα ήταν η ζωή μας καθημερινά χωρίς ηλεκτρικό φως το βράδυ, κλιματισμό το καλοκαίρι, οικιακές ηλεκτρικές συσκευές ή ακόμη και χωρίς ηλεκτρονικούς υπολογιστές. Αντιθέτως, η υδραυλική ισχύς, είναι υπεύθυνη για την παραγωγή ενός σημαντικού ποσοστού της ημερησίως απαιτούμενης υδραυλικής ενέργειας.

Όπως γνωρίζουμε στη χώρα μας, αλλά και στον υπόλοιπο κόσμο, λειτουργούν πολλά υδροηλεκτρικά εργοστάσια (Σχήμα 1.11) που αξιοποιούν την κινητική ενέργεια των ποταμών για να παράγουν ηλεκτρική ισχύ (Σχήμα 1.12), προκειμένου να καλυφθούν οι ημερήσιες ανάγκες μας.



Σχήμα 1.11



Σχήμα 1.12

Κάθε μέρα, όλοι μας, οδηγώντας το αυτοκίνητό μας είμαστε χρήστες μιας σειράς υδραυλικών συστημάτων. Εδώ και λίγα χρόνια, εκτός από τα υδραυλικά φρένα, το υδραυλικό τιμόνι, τις αντλίες νερού ψύξης, λαδιού λίπανσης και πετρελαίου καθώς και τα αμορτισέρ, το αυτοκίνητο έχει εξοπλιστεί με επιπλέον συστήματα υδραυλικής ισχύος, που κάνουν την οδήγησή τους ποιο άνετη και λειτουργική. Τέτοια συστήματα, είναι τα αυτόματα κιβώτια ταχυτήτων, ρυθμιζόμενες αναρτήσεις και υδραυλικές συμπλέξεις. Αξίζει να αναφέρουμε την αναγκαιότητα χρήσης της υδραυλικής ενέργειας σε βαριά οχήματα, όπως είναι τα χωματουργικά μηχανήματα (Σχήμα 1.13), όπου απαιτείται να έχουν μεγάλη δύναμη στα σημεία άμεσης χρησιμότητας (σκαπτικοί βραχίονες, ανατροπές). Μάλιστα τα τελευταία χρόνια, τα βαριά αυτά οχήματα, είναι εξαρτημένα πλήρως από την υδραυλική ισχύ καθώς, ακόμα και η κίνηση των τροχών για την μεταφορά τους γίνεται με υδραυλικό σύστημα.



Σχήμα 1:13

Ο σημαντικός χώρος των βιομηχανιών, αποτελεί ίσως το χώρο εκείνο που έχει την μεγαλύτερη ανάγκη από την υδραυλική ισχύ. Σχεδόν το 90% της βιομηχανίας χρησιμοποιεί με κάποιο τρόπο τις εφαρμογές της υδραυλικής ισχύος (Σχήμα 1.14). Κινήσεις, που απαιτούν σε μεγάλο βαθμό χαρακτηριστικά όπως είναι η ακρίβεια, η δύναμη, η επαναληψιμότητα και η αντοχή στο χρόνο, είναι ό,τι χρειάζονται οι βιομηχανικοί εξοπλισμοί και μπορούν άνετα και ικανοποιητικά να παραχθούν από υδραυλικά συστήματα. Αντιπροσωπευτικό παράδειγμα μηχανημάτων που απαιτούν αυτά τα χαρακτηριστικά, αποτελούν οι παραγωγικές αυτόματες εργαλειομηχανές C.N.C.(Σχήμα 1.15).



Σχήμα 1.14



Σχήμα 1.15

Κλείνοντας την ενότητα αυτή θα ήταν παράλειψη να μην μιλήσουμε για τον σημαντικό «συνεργάτη» της υδραυλικής ισχύος. Η ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας τα τελευταία χρόνια, οδήγησε σε πολύ μεγάλη ανάπτυξη τον τομέα των ηλεκτρονικών συστημάτων, τα οποία κατάφερε να συνδυάσει άψογα με τα υδραυλικά συστήματα. Τα περισσότερα εξελιγμένα συστήματα των μηχανημάτων των βιομηχανιών αλλά και των

οχημάτων, δεν είναι μόνο υδραυλικά αλλά και ηλεκτρονικά ταυτόχρονα, ή με μια λέξη σερβουδραυλικά (Σχήμα 1.15). Έτσι, με το πάτημα ενός κουμπού στο αυτοκίνητό μας για παράδειγμα, γίνεται αλλαγή ταχύτητας, ενώ στη βιομηχανία, προγραμματίζοντας μια διεργασία στον ηλεκτρονικό υπολογιστή, δημιουργούμε το επιθυμητό προϊόν χωρίς να χρειαστεί ούτε ένας εργάτης για αυτό.

### 1.3 ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΙΣΧΥΣ, ΠΩΣ ΠΑΡΑΓΕΤΑΙ ΚΑΙ ΠΩΣ ΑΞΙΟΠΟΙΕΙΤΑΙ

Στα όσα αναφέραμε παραπάνω, χρησιμοποιήσαμε πολλές φορές τον όρο της υδραυλικής ισχύος. Ας δούμε τι εννοούμε με αυτόν τον όρο. Ως υδραυλική ισχύ λοιπόν, ονομάζουμε την ισχύ που μπορούμε να αποκομίσουμε μέσω των φυσικών χαρακτηριστικών των ρευστών και συγκεκριμένα της πίεσης και την ταχύτητας, ή τον συνδυασμό και των δύο.

Τα υγρά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να μεταφέρουν αξιοποιήσιμη ενέργεια με δύο τρόπους, υδροστατικά και υδροδυναμικά.

Στα υδροδυναμικά συστήματα, πρωταρχική πηγή παραγωγής δυνάμεων, είναι η κινητική ενέργεια που έχει μια ποσότητα ρευστού. Μέσω της πρόσκρουσης του κινούμενου ρευστού πάνω σε κατάλληλα διαμορφωμένα πτερύγια στροβίλου, ο οποίος είναι κατάλληλα προσαρμοσμένος στην ροή του ρευστού, είναι δυνατόν να έχουμε παραγωγή μηχανικού έργου και συγκεκριμένα ανάπτυξη ροπής στρέψεως. Έτσι ο στρόβιλος περιστρέφεται και είναι ικανός να παράγει ενέργεια αν συνδεθεί με κατάλληλες διατάξεις. Κατά αυτόν τον τρόπο λειτουργούν οι υδραυλικοί κινητήρες οι οποίοι προσδίδουν την στρεπτική τους ροπή είτε σε κάποιο μηχανισμό ο οποίος εν συνεχεία παράγει άμεσα πάλι μηχανικό έργο, είτε σε κάποια γεννήτρια για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

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 γύρω μας είναι υδροστατικά, διότι η ενέργεια πίεσης είναι πρωταρχική πηγή παραγωγής δυνάμεων. Έτσι λοιπόν, κάθε φορά ανάλογα με τις απαιτήσεις σε παροχή και πίεση, αλλά και το είδος του ρευστού, χρησιμοποιούμε τον κατάλληλο τύπο αντλίας. Οι αντλίες για να λειτουργήσουν χρειάζονται ενέργεια την οποία απορροφούν από ηλεκτροκινητήρες ή κινητήρες εσωτερικής καύσεως.

Η παραγόμενη από τις αντλίες υδραυλική ισχύς, χρησιμοποιείται καθημερινά γύρω μας και έχει τρεις βασικές μορφές εφαρμογών. 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. Η μεταφορά ποσοτήτων ρευστού από μια θέση σε μια άλλη που βρίσκεται ψηλότερα (π.χ. η κορυφή ενός λόφου) αποτελεί την δεύτερη μορφή αξιοποίησης της υδραυλικής ισχύος ενώ την τρίτη μορφή αποτελούν οι υδραυλικοί κινητήρες που προαναφέραμε στην τρίτη παράγραφο.

Στο σημείο αυτό πρέπει να πούμε δυο λόγια, για τις ιδιότητες που πρέπει να έχουν τα ρευστά εκείνα, μέσω των οποίων μεταφέρεται η ισχύς των υδραυλικών συστημάτων στους διάφορους επιμέρους μηχανισμούς.

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, ή το μικρό ιξώδες του που δημιουργούσε προβλήματα στεγανότητας ή ακόμα και η μικρή ικανότητα λίπανσής του, που περιόριζαν αρκετά την απόδοση αλλά και την ισχύ των υδραυλικών συστημάτων. Σημαντική υπήρξε βέβαια και η οξειδωτική ιδιότητα του νερού προς τα μέταλλα.

Έτσι λοιπόν έπρεπε το υδραυλικό ρευστό να έχει ορισμένες συγκεκριμένες φυσικές και χημικές ιδιότητες ανάλογα με το υδραυλικό σύστημα στο οποίο θα χρησιμοποιούταν. Ένα υδραυλικό ρευστό επομένως έπρεπε να μεταφέρει ενέργεια, να λιπαίνει τα επιμέρους εξαρτήματα των μηχανών, να μεταφέρει θερμότητα από διάφορες θερμογόνες πηγές του κυκλώματος, να προστατεύει από σκουριά και διάβρωση και να παρέχει ηλεκτρική μόνωση. Έπρεπε επίσης να βοηθά στη στεγανοποίηση των κινητών μερών, να είναι συμβατό σε όλα τα συστήματα, να μην αφρίζει, να έχει κατάλληλο ιξώδες, να λειτουργεί σε μια μεγάλη περιοχή θερμοκρασιών και να έχει χαμηλό ειδικό βάρος. Τα περισσότερα από αυτά τα χαρακτηριστικά συγκεντρώνουν οι διάφοροι τύποι λαδιών που χρησιμοποιούνται και σήμερα.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### ΑΝΤΛΙΕΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

#### 2.1 ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΑΝΤΛΙΑ - ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΔΙΑΚΡΙΣΗΣ ΤΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ

Η αντλία είναι μια μηχανή, η οποία μεταδίδει ενέργεια από μια εξωτερική πηγή σε ένα ρευστό, το οποίο διέρχεται μέσω αυτής. Η εξωτερική πηγή ενεργείας είναι συνήθως ένας κινητήρας, ηλεκτρικός ή εσωτερικής καύσεως. Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να γίνει μια διευκρίνιση. Μια αντλία σε ένα υδραυλικό σύστημα, εξυπηρετεί μόνο στη δημιουργία ροής και δεν πρέπει να θεωρείται σαν πηγή πίεσης. Για να παραχθεί πίεση, είναι απαραίτητο να υπάρξει μία αντίσταση στη ροή. Σύμφωνα με αυτή την αντίσταση εργασίας, δημιουργείται πίεση στο ρευστό μέχρι την τιμή εκείνη που απαιτείται για να υπερνικηθεί η συγκεκριμένη αντίσταση εργασίας.

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.

#### 2.2 ΑΝΤΛΙΕΣ ΣΤΑΤΙΚΟΥ ΕΚΤΟΠΙΣΜΑΤΟΣ

Στις αντλίες στατικού εκτοπίσματος η αύξηση της ενέργειας του ρευστού, πραγματοποιείται με τη μετάδοση περιστροφικής κίνησης σε αυτό, μέσω ενός στρεφόμενου δίσκου που φέρει κατάλληλα πτερύγια. Το περιστρεφόμενο ρευστό ωθείται προς την περιφέρεια του δίσκου λόγω της αναπτυσσόμενης φυγόκεντρου δύναμης και έτσι μεταξύ του ρευστού που αρχίζει να περιστρέφεται και του ρευστού που βρίσκεται στην περιφέρεια του δίσκου αναπτύσσεται η απαιτούμενη διαφορά πίεσης για την δημιουργία ροής.

Μερικές φορές, σε αυτές τις αντλίες, στραγγαλίζουμε εντελώς την εξαγωγή τους έτσι ώστε να έχουμε μηδενική ογκομετρική παροχή. Σε αυτή της περίπτωση απλά 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 μέσα της και έπειτα την θέτουμε σε λειτουργία. Αυτό φυσικά συμβαίνει, στην περίπτωση όπου η ελεύθερη επιφάνεια του ρευστού βρίσκεται χαμηλότερα από το υψόμετρο της αντλίας.

Οι αντλίες στατικού εκτοπίσματος, χρησιμοποιούνται σε λίγες εγκαταστάσεις υδραυλικών συστημάτων πίεσεως. Ο ρόλος τους είναι να μεταφέρουν κυρίως ρευστά,

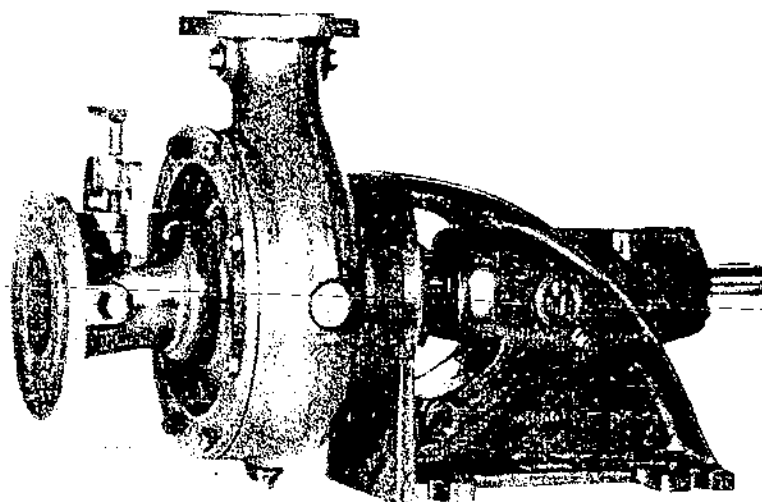


υπερνικώντας τις απώλειες κατά την διέλευση τους μέσα από αγωγούς ή να τα ανεβάσουν σε ένα ύψωμα.

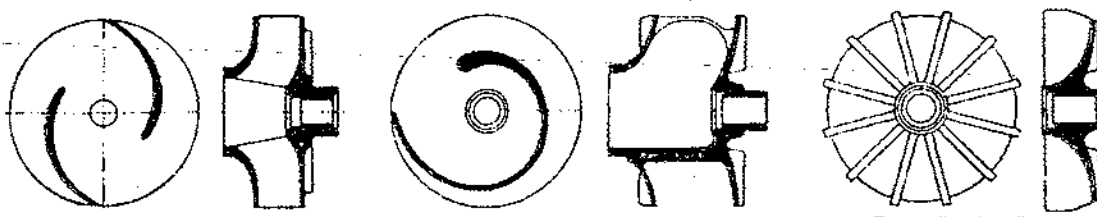
## Α. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΝΤΛΙΩΝ ΣΤΑΤΙΚΟΥ ΕΚΤΟΠΙΣΜΑΤΟΣ

Μία αντλία στατικού εκτοπίσματος, είναι κατά βάση φυγοκεντρική και η βασική μορφή της είναι αυτή του Σχήματος 2.1. Ανάλογα με το είδος της πτερωτής που φέρουν οι αντλίες στατικού εκτοπίσματος, με την σειρά που δείχνει το Σχήμα 2.2, χαρακτηρίζονται αντίστοιχα ως φυγοκεντρικές, στροβιλοφόρες και αξονικής προπέλας.

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 μίας τέτοιας αντλίας εξαρτάται από τη σχεδίασή της, την ταχύτητα περιστροφής, τις αντιστάσεις στη ροή του ρευστού στο κύκλωμα και στην πυκνότητα του ρευστού.



Σχήμα 2.1

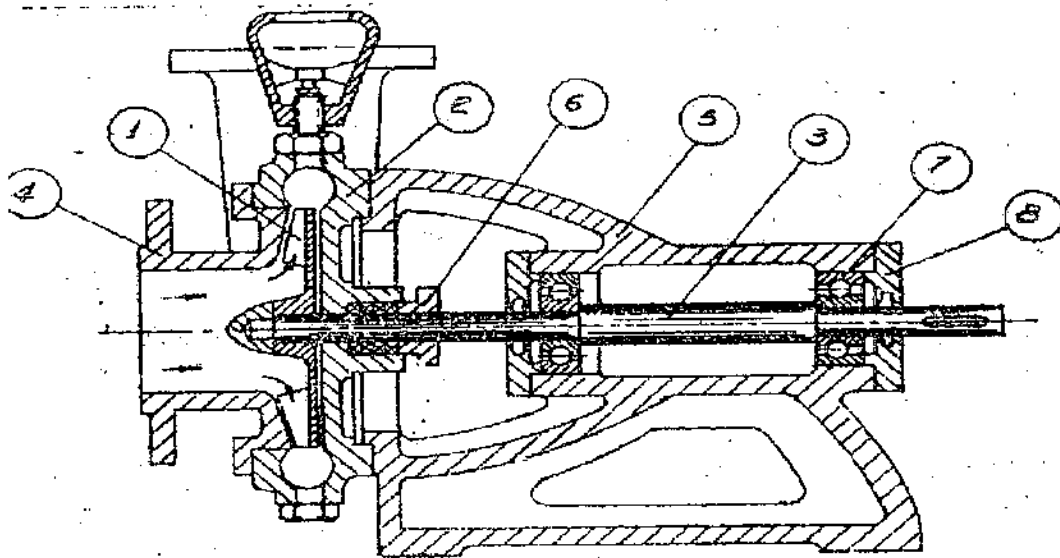


Σχήμα 2.2

Τα μηχανικά μέρη από τα οποία αποτελείται μια αντλία στατικού εκτοπίσματος καθώς και η λειτουργία τους φαίνονται στο Σχήμα 2.3. Το ρευστό εισέρχεται όπως δείχνουν τα βέλη (αριστερό μέρος), από το σωλήνα αναρροφήσεως, περιστρέφεται από τα πτερύγια και φυγοκεντρικά οδηγείται προς το σωλήνα καταθλίψεως (αριστερό

πάνω μέρος). Ο άξονας της αντλίας είναι ομόκεντρος με τον χώρο αναρροφήσεως και εδράζεται σε δύο μέρη πάνω σε κατάλληλο έδρανο μέσω τριβέων κυλίσεως. Στην μια άκρη του άξονα, η οποία μπαίνει μέσα στο κέλυφος της αντλίας, προσαρμόζεται η πτερωτή, ενώ η άλλη άκρη του συνδέεται με τον κινητήρα που τον περιστρέφει. Μια αντλία στατικού εκτοπίσματος είναι κατά βάση προϊόν χυτηρίου, αφού από όλα τα βασικά μέρη της, μόνο ο άξονας της είναι προϊόν μηχανουργικής κατεργασίας.

1.1. Γενική περιγραφή



- |                         |                         |
|-------------------------|-------------------------|
| 1. Δίσκος               | 5. Βάση                 |
| 2. Περίβλημα            | 6. Στοιχειοθλιπτής      |
| 3. Ώξις                 | 7. Κινητήρας (ή σπλιάν) |
| 4. Κέλυφος αναρροφήσεως | 8. Κέλυφος έδράνων      |

Σχήμα 2.3

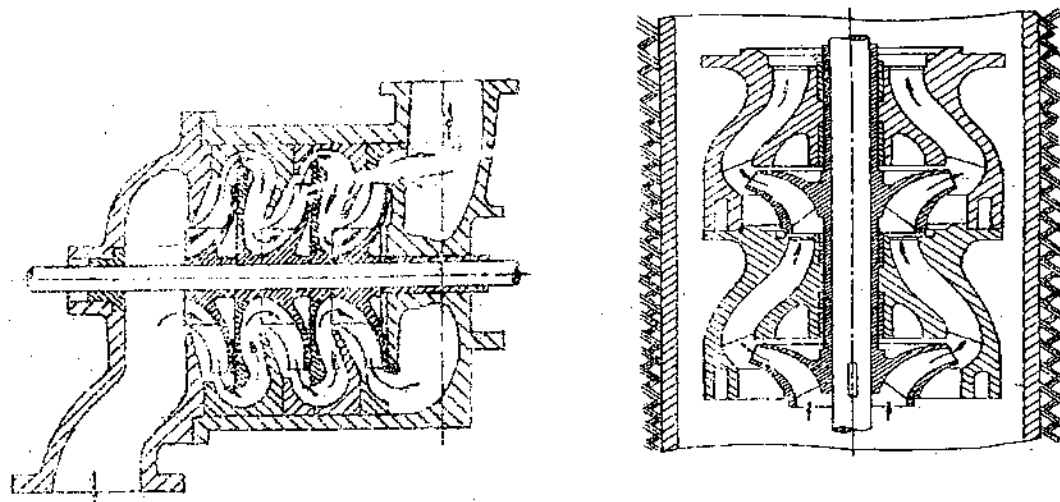
## B. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΟΛΥΒΑΘΜΙΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΣΤΑΤΙΚΟΥ ΕΚΤΟΠΙΣΜΑΤΟΣ

Η πολυβάθμια αντλία λειτουργεί όπως ακριβώς λειτουργούν και οι προηγούμενες αντλίες στατικού εκτοπίσματος που αναφέραμε με μια διαφορά. Αποτελείται από περισσότερους από ένα δίσκους, που είναι διατεταγμένοι σε σειρά και προσαρμοσμένοι στον ίδιο άξονα. Το αναρροφούμενο ρευστό, εισέρχεται από το στόμιο εισόδου του πρώτου δίσκου, όπου φυγοκεντρικά φτάνει στην περιφέρειά του και από εκεί οδηγείται μέσω κατάλληλης διόδου στην είσοδο του δεύτερου δίσκου, ύστερα στην περίμετρο του, μετά μέσω όμοιας διόδου στην είσοδο του τρίτου δίσκου και ούτω καθεξής (Σχήμα 2.4).

Κάθε δίσκος μαζί με την διόδό του, αποτελεί μια βαθμίδα της αντλίας. Στο παρακάτω Σχήμα 2.4, φαίνονται με τη σειρά, μια τρι-βάθμια οριζόντιου άξονα αντλία και μια δι-βάθμια κάθετου άξονα αντλία. Όπως παρατηρούμε, η πολυβάθμια αντλία

παρουσιάζει μια πολυπλοκότητα, εκεί όπου υπάρχουν οι δίοδοι μεταξύ των δίσκων, η οποία προκαλεί δυσκολία στην κατασκευή της, ειδικά κατά την χύτευσή της. Για αυτό το λόγο οι αντλίες αυτές κοστίζουν σχετικά ακριβά.

Οι πολυβάθμιες αντλίες λειτουργούν σαν πολλές απλές στατικού εκτοπίσματος μαζί, καθώς κάθε δίσκος αποστέλλει μια ποσότητα ρευστού, την οποία έχει παραλάβει από τον προηγούμενο δίσκο. Έτσι λοιπόν αναλογικά, μια πολυβάθμια αντλία που έχει  $x$  αριθμό δίσκων, αναπτύσσει προσεγγιστικά τόση πίεση όση αναπτύσσουν  $x$  απλές αντλίες μαζί.

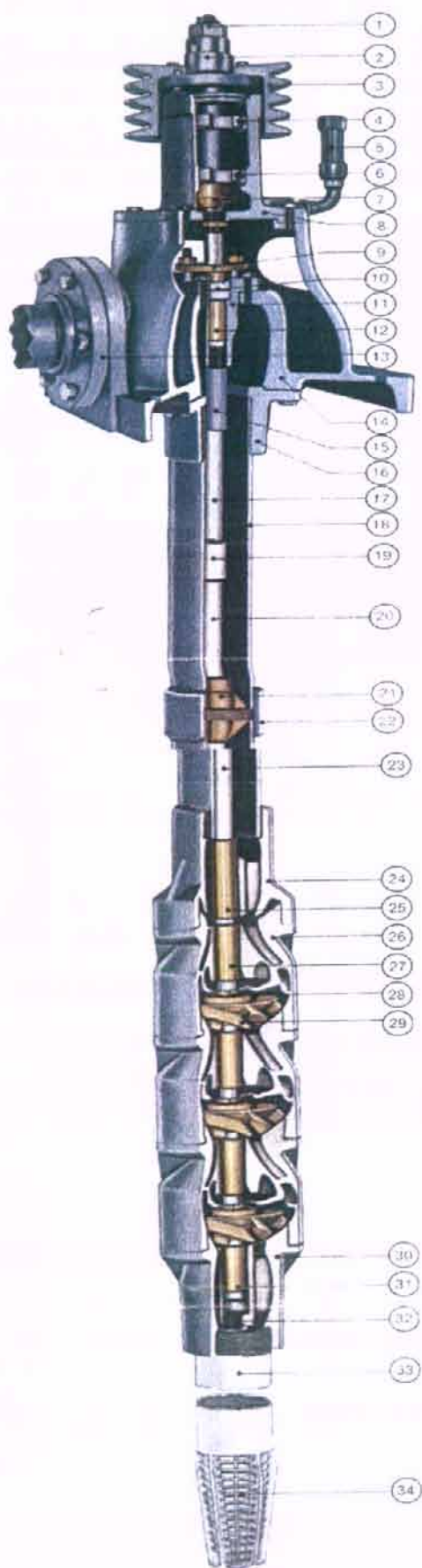


Σχήμα 2.4

Οι πολυβάθμιες αντλίες χρησιμοποιούνται όταν απαιτούνται συνθήκες μεγάλης παροχής και ταυτόχρονα υψηλής πίεσης. Μπορούν συνήθως να αναπτύξουν πιέσεις ανυψώσεως μέχρι 1000 μέτρα και εφαρμόζονται κυρίως ως αντλίες τροφοδοτήσεως ατμολεβήτων και για άντληση εκ βαθέων φρεάτων.

Στο παρακάτω Σχήμα 2.5 φαίνεται αναλυτικά σε τομή μια τρι-βάθμια υδρολίπαντη αντλία βαθέων φρεάτων τύπου TORRENT, από όπου διαπιστώνουμε την σημαντική πολυπλοκότητα κατασκευής της.

Απαριθμούμε αναλυτικά τα μέρη από τα οποία αποτελείται η αντλία : 1) Ρυθμιστικό περικόχλιο, 2) Σύνδεσμος ατράκτου, 3) Τροχαλία, 4) Ακτινικό ρουλεμάν, 5) Σωλήνας πληρώσεως ελαίου, 6) Άξονικό ρουλεμάν, 7) Αντλία ελαίου, 8) Ελαιοδοχείο, 9) Πιεστικό στυπιοθλίπτη, 10) Σαλαμάστρα, 11) Στυπιοθάλαμος, 12) Τριβέας (δακτύλιος στυπιοθλίπτη), 13) Φλάντζα εξαγωγής, 14) Κεφαλή επιφανείας, 15) Σωλήνας ηρεμίσσεως, 16) Φλάντζα αναρτήσεως, 17) Βάκτρο (άξονας κεφαλής), 18) Σωλήνας στήλης, 19) Σύνδεσμος (μούφα) άξονα, 20) Άξονας στήλης, 21) Κουζινέτο στήλης, 22) Σύνδεσμος (μούφα) σωλήνα στήλης, 23) Άξονας αντλίας, 24) Θάλαμος καταθλίψεως, 25) Τριβέας θαλάμου καταθλίψεως, 26) Μεσαίος θάλαμος, 27) Τριβέας μεσαίου θαλάμου, 28) Δακτύλιος στερεώσεως περωτής, 29) Πτερωτή, 30) Θάλαμος αναρροφήσεως, 31) Τριβέας θαλάμου αναρροφήσεως, 32) Πώμα θαλάμου αναρροφήσεως, 33) Σωλήνας αναρροφήσεως, 34) Φίλτρο αναρροφήσεως.

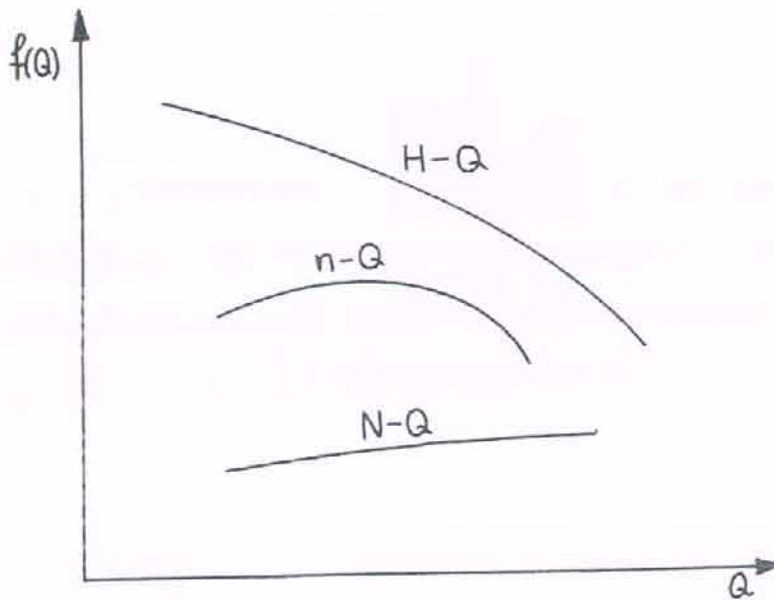


Σχήμα 2.5

## Γ. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΝΤΛΙΩΝ ΣΤΑΤΙΚΟΥ ΕΚΤΟΠΙΣΜΑΤΟΣ

Οι αντλίες στατικού εκτοπίσματος είναι γενικά απλές στην χρήση τους και κοστίζουν σχετικά φθηνά. Είναι αρκετά διαδεδομένες στον εργασιακό χώρο και ιδιαίτερα στα υδραυλικά συστήματα μεταφοράς υδάτων. Τις συναντάμε καθημερινά, σε διάφορα μεγέθη, στα αρδευτικά συστήματα των πόλεων και της γεωργίας, στα συστήματα ψύξης των κινητήρων εσωτερικής καύσεως, στα συστήματα θέρμανσης των σπιτιών και γενικότερα όπου απαιτούνται συνθήκες άντλησης, για μεγάλη παροχή και αναλογικά μέχρι μέτρια τιμή πίεσης.

Συγκεκριμένα τώρα, η ογκομετρική παροχή των αντλιών στατικού εκτοπίσματος, κυμαίνεται από μερικά λίτρα μέχρι μερικές χιλιάδες λίτρα το λεπτό, αλλά η πίεση τους συνήθως δεν ξεπερνά τα 200 psi (~ 14 bar). Στο παρακάτω διάγραμμα του Σχήματος 2.6, απεικονίζονται ποιοτικά οι καμπύλες του ολικού ύψους  $H$ , του βαθμού απόδοσης  $\eta$  και της καταναλισκόμενης ισχύος  $N$  συναρτήσει της παροχής  $Q$ . Παρατηρούμε ότι το ολικό ύψος ενέργειας μειώνεται σημαντικά με την αύξηση της παροχής βάσει της συνάρτησης  $H-Q$ , ο βαθμός απόδοσης  $\eta$  (ωφέλιμη / καταναλισκόμενη ενέργεια) αρχικά αυξάνεται μέχρι ένα σημείο μετά το οποίο μειώνεται, μεταβαλλόμενος παραβολικά με την αύξηση της παροχής, βάσει της συνάρτησης  $\eta-Q$ , και τέλος η ισχύς αυξάνεται ελαφρώς με την αύξηση της παροχής, βάσει της συνάρτησης  $N-Q$ .



Σχήμα 2.6

Οι αντλίες στατικού εκτοπίσματος τέλος, μπορούν να λειτουργήσουν σε μεγάλο φάσμα στροφών, από λίγες δεκάδες έως μερικές χιλιάδες στροφές ανά λεπτό. Βέβαια στις πολύ χαμηλές στροφές, δεν αναπτύσσονται σημαντικές φυγοκεντρικές δυνάμεις, ενώ στις πολύ υψηλές στροφές, λόγω ανάπτυξης μεγάλων δυνάμεων τριβής από την υψηλή ταχύτητα ροής, οι αντλίες στατικού εκτοπίσματος μπορούν να λειτουργούν με ικανοποιητικό βαθμό απόδοσης μεταξύ των 1500 με 3500 περίπου στροφών ανά λεπτό.

Επίσης θα ήταν παράληψη να μην αναφέρουμε ότι έχουν την ξεχωριστή ικανότητα άντλησης ρευστών που μπορεί να περιέχουν στερεά σωματίδια (π.χ. πετραδάκια, κομμάτια ξύλου κ.τ.λ.)

### 2.3 ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΤΙΚΟΥ ΕΚΤΟΠΙΣΜΑΤΟΣ

Το μεγαλύτερο ποσοστό των αντλιών που χρησιμοποιούνται στα υδραυλικά συστήματα, είναι αντλίες θετικού εκτοπίσματος. Οι αντλίες αυτές, είναι σχεδιασμένες έτσι ώστε να αποτρέπεται οποιαδήποτε εσωτερική διαρροή. Έτσι λοιπόν σε κάθε περιστροφή τους εκτοπίζουν μία ποσότητα ρευστού, μέσω κατάλληλων αυξομειώσεων όγκου των ειδικών θαλάμων, η οποία είναι πάντοτε σταθερή και εξαρτάται μόνο από τα κατασκευαστικά στοιχεία της αντλίας. Σε ορισμένους τύπους αντλιών θετικού εκτοπίσματος μάλιστα, μπορούμε να μεταβάλλουμε τον όγκο εκτοπίσματός τους καθώς λειτουργούν, με αποτέλεσμα να μεταβάλλουμε και την παροχή τους.

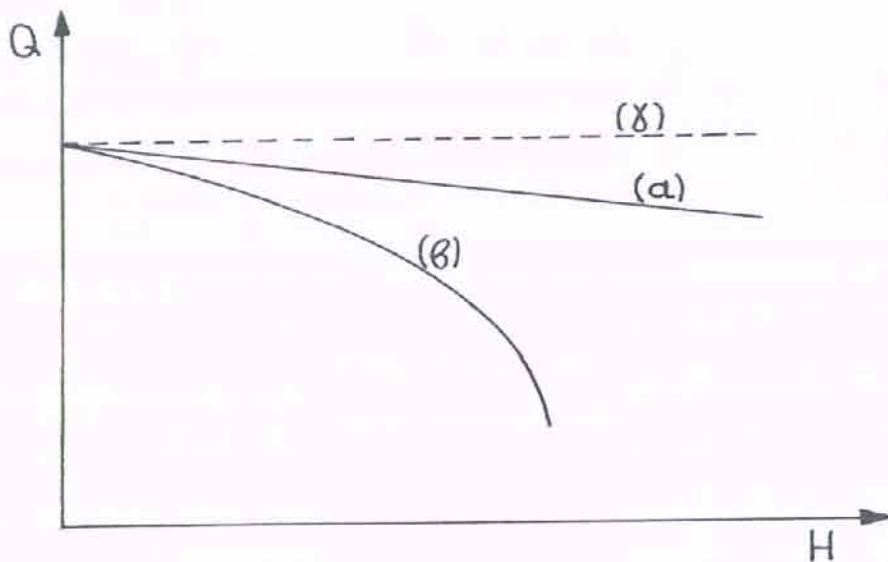
Οι κύριοι τύποι των αντλιών θετικού εκτοπίσματος, που θα αναλυθούν παρακάτω, είναι τέσσερις. Οι αντλίες οδοντωτών τροχών (γρναζωτές – gear pumps), οι περυνιοφόρες αντλίες (vane pumps), οι κοχλιωτές αντλίες (screw pumps), και οι εμβολοφόρες αντλίες (piston pumps). Από τις αντλίες αυτές, μόνο οι εμβολοφόρες και οι περυνιοφόρες μπορούν να μεταβάλλουν τον όγκο εκτοπίσμού τους.

Η αρχή λειτουργίας των αντλιών θετικού εκτοπίσματος, όπως προαναφέραμε σύντομα, είναι πολύ απλή, καθώς περιέχουν αντλητικούς 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 κατά την αναρρόφηση. Όμως επειδή συνήθως δεν εξασφαλίζεται απόλυτη στεγανότητα, είναι επόμενο με την αύξηση της φόρτισης να παρουσιάζεται μία μικρή μείωση της ογκομετρικής απόδοσης της αντλίας λόγω εσωτερικών διαρροών ή μείωσης των στροφών του κινητήρα που την περιστρέφει.

Στο παρακάτω ποιοτικό γράφημα (Σχήμα 2.7) μπορούμε να παρατηρήσουμε τον βαθμό επηρεασμού των αντλιών θετικού αλλά και στατικού εκτοπίσματος σε συνάρτηση με την φόρτισή τους.



Σχήμα 2.7

Η σχεδόν ευθεία γραμμή (α) αντιστοιχεί σε αντλίες θετικού εκτοπίσματος ενώ η παραβολική καμπύλη (β) σε αντλίες στατικού εκτοπίσματος. Η διακεκομμένη γραμμή (γ) αντιστοιχεί σε ιδανική λειτουργία μίας αντλίας.

Οι αντλίες θετικού εκτοπίσματος χρησιμοποιούνται γενικότερα όπου απαιτούνται συνθήκες άντλησης, για μεγάλη πίεση και αναλογικά μέχρι μέτρια τιμή παροχής. Αντλίες λαδιού για λίπανση κινητήρων, για παραγωγή αξονικών δυνάμεων μέσω υδραυλικών εμβόλων και άντληση ρευστών μεγάλου ιξώδους είναι μερικές χρήσεις των αντλιών θετικού εκτοπίσματος. Τέλος, οι αντλίες αυτές είναι κατά βάση προϊόντα μηχανουργικής κατεργασίας, αφού από όλα τα μηχανικά μέρη τους μόνο το κέλυφος, που περιέχει όλα τα εξαρτήματα λειτουργίας τους και τα έδρανα είναι συνήθως προϊόντα χυτηρίου.

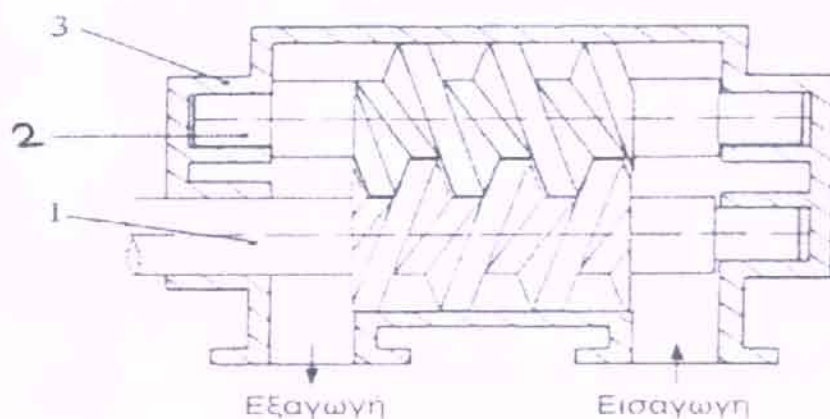
## A. ΚΟΧΛΙΩΤΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ

Οι κοχλιωτές αντλίες αποτελούνται από δύο ή τρεις ρότορες (Σχήμα 2.8) με μορφή ατέρμονα κοχλία, οι οποίοι αλληλεπιδρούν εφαπτόμενα μεταξύ τους και περιστρέφονται εντός κατάλληλου κελύφους, με τις μικρότερες δυνατές ανοχές μεταξύ τους αλλά και μεταξύ αυτών και του κελύφους.



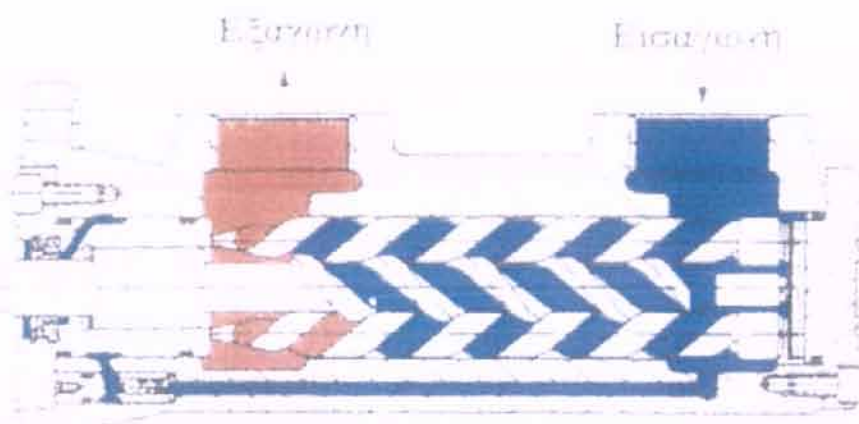
Σχήμα 2.8

Στο παρακάτω Σχήμα 2.9 παρατηρούμε μια κοχλιωτή αντλία με δύο κοχλίες, εκ των οποίων ο 1 είναι κινητήριος και φέρει αριστερόστροφη ελίκωση ενώ ο 2 είναι κινούμενος και φέρει δεξιόστροφη ελίκωση. Ο κινητήριος κοχλίας 1 μεταβιβάζει την περιστροφική κίνηση στην άλλη άτρακτο είτε άμεσα διαμέσου της ελίκωσης, είτε έμμεσα διαμέσου κατάλληλων οδοντωτών τροχών χρονισμού, οι οποίοι είναι τοποθετημένοι στις άτρακτους και εξωτερικά από το κέλυφος 3. Οι εμπλεκόμενοι κοχλίες περιστρέφονται πάντα αντίθετα και λόγω της αντίθετης ελίκωσης που φέρουν, εξασφαλίζεται η ροή προς μια κατεύθυνση. Ο αντλούμενος όγκος ρευστού που μετακινείται σπειροειδώς, εγκλωβίζεται μεταξύ των επιφανειών των κοχλιών και του κελύφους της αντλίας.



Σχήμα 2.9

Στο παρακάτω Σχήμα 2.10 φαίνεται μία κοχλιωτή αντλία η οποία περιλαμβάνει τρεις κοχλίες, όπου ο μεσαίος είναι ο κινητήριος ενώ οι άλλοι δύο είναι κινούμενοι. 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. Ο όγκος του υγρού που μετακινείται σπειροειδώς μέσα στα αυλάκια των κοχλιών, εδώ εγκλωβίζεται από τις επιφάνειες επαφής μεταξύ των συνεργαζόμενων αξόνων αλλά και μεταξύ των ακραίων αξόνων και του κελύφους της αντλίας.



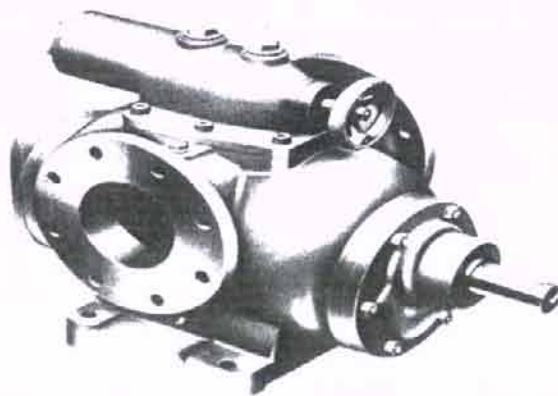
Σχήμα 2.10



Η προώθηση του υγρού προς την έξοδο της αντλίας είναι συνεχής και όχι τμηματική όπως στις άλλες αντλίες θετικού εκτοπίσματος και 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 θορύβου. Ακόμα λόγω της σταθερής τους παροχής είναι κατάλληλες για συστήματα λίπανσης.

Όμως σε αυτές τις αντλίες, υπάρχει 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 πολύ υψηλών λειτουργικών πιέσεων.

Οι κοχλιωτές αντλίες (Σχήμα 2.11) μπορούν να λειτουργούν αθόρυβα με μεγάλο αριθμό στροφών και έχουν σχετικά σημαντική παροχή. Χρησιμοποιούνται για άντληση λαδιού και πετρελαίου ενώ είναι ιδανικές για παχύρευστα υγρά.

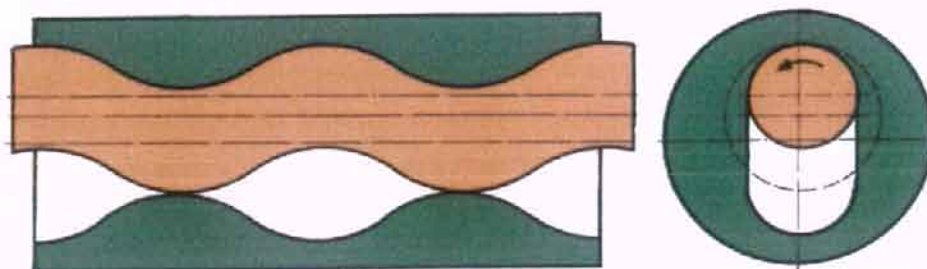
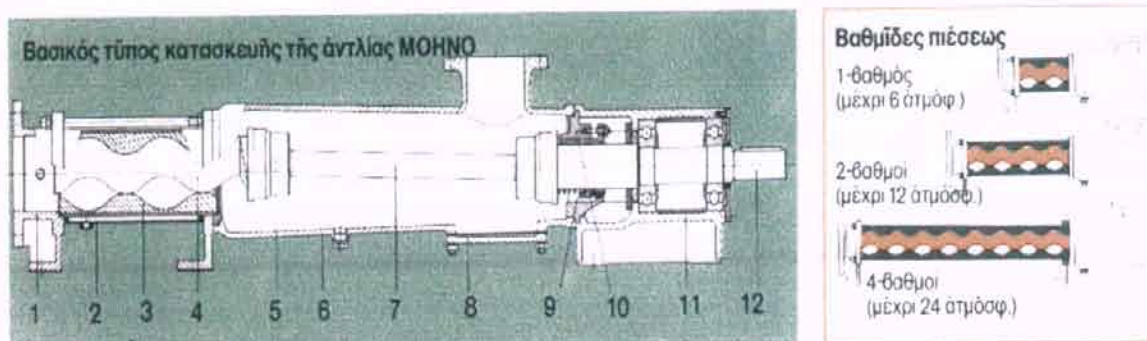


Σχήμα 2.11

Είναι προφανές ότι κοχλιωτή αντλία με ένα ρότορα, σύμφωνα με τον τύπο κατασκευής που περιγράφηκε σε αυτή την ενότητα, δεν μπορεί να λειτουργήσει, διότι δεν μπορούμε να επιτύχουμε συνθήκες εγκλωβισμού του προς άντληση ρευστού, εφόσον απουσιάζουν οι επιφάνειες επαφής με άλλο κοχλία.

## **B. ΚΟΧΛΙΩΤΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΤΥΠΟΥ ΜΟΗΝΟ**

Η Αντλία ΜΟΗΝΟ, είναι μία περιστροφική αντλία εκτοπίσεως, που έχει ειδικές χρήσεις. Τα κύρια μέρη της αντλίας είναι, ο στάτης και ο κοχλίας (Σχήμα 2.12). Το εσωτερικό του στάτη, έχει την μορφή ενός ημιστρόγγυλου σπειρώματος, δύο άρχων, με μεγάλο βήμα και μεγάλο βάθος σπειρώματος, ενώ ο κοχλίας, έχει σπείρωμα μονής αρχής και με το μισό βήμα του στάτη. Ο κοχλίας περιστρέφεται μέσα στον στάτη, περί τον άξονά του και επί πλέον αναγκαστικά και περί τον άξονα της διατομής του στάτη. Οι χώροι που σχηματίζονται μεταξύ της εσωτερικής πλευράς του στάτη και του κοχλίας, προωθούνται με την περιστροφή του κοχλίας, με μια συνεχή αξονική κίνηση από το στόμιο αναρροφήσεως προς το στόμιο καταθλίψεως, χωρίς να μεταβάλλεται ο όγκος ή το σχήμα τους.



- 1) ΣΤΟΜΙΟ      2) ΘΕΡΜΑΙΝΟΜΕΝΟΣ ΜΑΝΔΥΑΣ      3) ΣΤΑΤΗΣ      4) ΚΟΧΛΙΑΣ  
 5) ΚΛΕΙΔΩΣΕΙΣ      6) ΣΩΜΑ ΑΝΤΛΙΑΣ      7) ΕΝΔΙΑΜΕΣΟΣ ΑΞΟΝΑΣ      8) ΟΠΗ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ  
 9) ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΣΤΥΠΙΟΘΛΙΠΤΗΣ      10) ΣΑΛΑΜΑΣΤΡΑ      11) ΚΕΛΥΦΟΣ ΕΔΡΑΝΩΝ  
 12) ΑΞΩΝ ΜΕΤΑΔΟΣΕΩΣ ΚΙΝΗΣΗΣ

Σχήμα 2.12

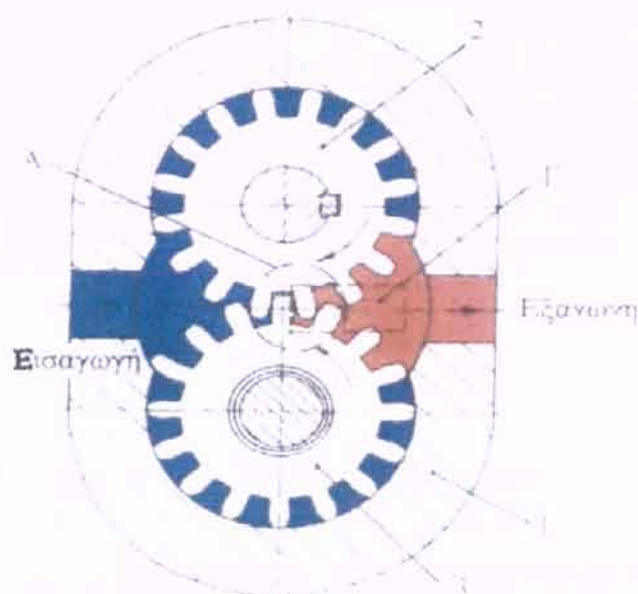


Σχήμα 2.13

Οι αντλίες ΜΟΗΝΟ (Σχήμα 2.13), χρησιμοποιούνται για άντληση ρευστών πολύ μεγάλου ιξώδους, ενώ μπορούν να λειτουργούν, ανάλογα με το μέγεθός τους, με παροχές από 40 έως 300m<sup>3</sup> ανά ώρα και με πιέσεις από 6 έως 24 bar. Μερικά ρευστά που συνήθως αντλούν οι αντλίες ΜΟΗΝΟ, είναι ακάθαρτα έλαια και νερά αποβλήτων, αλοιφές και χημικές ουσίες φαρμακοβιομηχανιών, αποστάγματα, ζυμάρι, κρεατόμαζα, σταφυλοπολτός και φρουτόπαστες στις βιομηχανίες ποτών και τροφίμων, κόλλες και πλαστικά χρώματα στα εργοστάσια οικοδομικών υλικών και χαρτοπολτός στη βιομηχανία χαρτιού.

### Γ. ΑΝΤΛΙΕΣ ΜΕ ΜΕΤΩΠΙΚΟΥΣ ΟΔΟΝΤΩΤΟΥΣ ΤΡΟΧΟΥΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΟΔΟΝΤΩΣΗΣ

Αυτός ο τύπος αντλίας είναι ο πιο απλός από πλευράς κατασκευής και παράλληλα ο περισσότερο χρησιμοποιούμενος στις υδραυλικές εφαρμογές. Αποτελείται από τους οδοντωτούς τροχούς ευθείας οδόντωσης 2 και 3, οι οποίοι βρίσκονται συνεχώς σε εμπλοκή και περιστρέφονται μέσα στο ωοειδές περίβλημα 1 (Σχήμα 2.14). Ο ένας από τους δύο τροχούς είναι ο κινητήριος (2), ενώ ο άλλος (3) παρασύρεται σε περιστροφή από τον πρώτο.



Σχήμα 2.14



Σχήμα 2.15

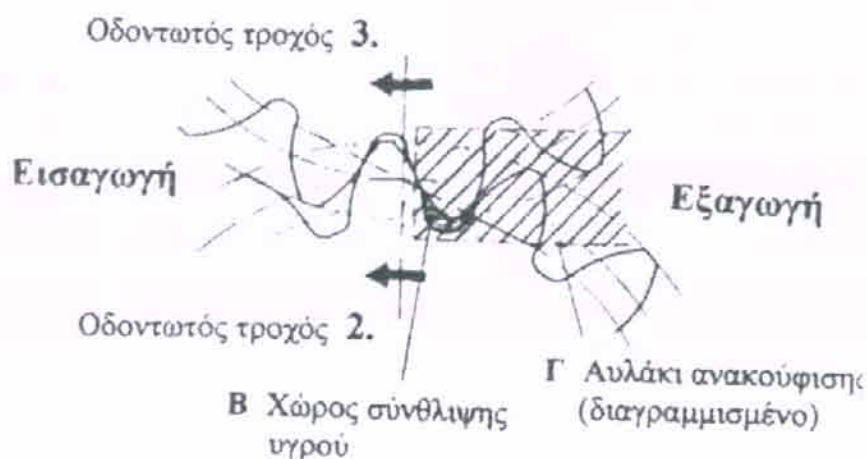
Το ωοειδές ακτινικό διάκενο μεταξύ του περιβλήματος και των οδοντωτών τροχών είναι το μικρότερο δυνατό, ενώ στο επίπεδο περιστροφής των οδοντωτών τροχών και εκατέρωθεν αυτών, υπάρχουν πλευρικές πλάκες επαφής, με εξίσου πολύ μικρά διά-

κενα μεταξύ αυτών και των οδοντωτών τροχών. Έτσι συνολικά στην αντλία δημιουργούνται συνθήκες μεγάλης στεγανότητας.

Κατά την εκκίνηση της αντλίας (Σχήμα 2.15) με την 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 (Σχήμα 2.15 1). Έτσι, αναπτύσσεται διαφορά πίεσης, μεταξύ της ατμοσφαιρικής πίεσης που επικρατεί στην επιφάνεια του ρευστού μέσα στο χώρο άντλησης και της, μικρότερης από την ατμοσφαιρική, πίεση στην εισαγωγή της αντλίας. Με αυτόν τον τρόπο 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 (Σχήμα 2.15 2) και στη συνέχεια, μεταφέρεται κατά μήκος της περιφέρειας του ωοειδούς περιβλήματος, όπως δείχνουν τα βέλη, προς την πλευρά της κατάθλιψης (Σχήμα 2.15 3). Οι δύο τροχοί στη θέση που εμπλέκονται, εμποδίζουν όσο το δυνατό γίνεται, την επιστροφή του υγρού προς την πλευρά αναρρόφησης, ενώ παράλληλα το ίδιο έργο επιτελούν και οι πλευρικές πλάκες που εφάπτονται συνεχώς με τα πλαϊνά των τροχών.

Μελετώντας πιο προσεκτικά την λειτουργία της γραναζωτής αντλίας (Σχήμα 2.16), παρατηρούμε ότι στη θέση εμπλοκής των τροχών, τα δόντια κλείνουν τις κυψέλες μεταφοράς του υγρού (χώρος Β) πριν αυτές αδειάσουν πλήρως το περιεχόμενό τους. Υπολογίζεται ότι ένα μέρος του υγρού, περίπου 10% της ενεργού ποσότητας της κυψέλης μεταφοράς, εγκλωβίζεται στη θέση εμπλοκής των τροχών.



Σχήμα 2.16

Αυτή η ποσότητα του υγρού μπορεί και επανέρχεται στην πλευρά κατάθλιψης, με κατάλληλα φρεζαρισμένα αυλάκια πάνω στις πλευρικές πλάκες επαφής (διαγραμμισμένος χώρος Γ). Αυτά τα αυλάκια εκκροής 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, θα είχαμε ανάπτυξη πολύ υψηλών πιέσεων στο υγρό που παραμένει εγκλωβισμένο, υψηλές φορτίσεις στις εδράσεις των αξόνων, δημιουργία δυσάρεστων θορύβων και ασταθή λειτουργία.

Προς αποφυγή των ογκομετρικών απωλειών που οφείλονται σε εσωτερικές διαρροές της αντλίας, φροντίζουμε, όπως προαναφέραμε, οι οδοντωτοί τροχοί να περιστρέφονται εντός του περιβλήματος και των παρειών των πλευρικών πλακών επαφής, με τις μικρότερες δυνατές ανοχές. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι οι τιμές των ανοχών είναι της τάξης των 0,03 – 0,04 mm. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να προκύπτει ένας συνολικός βαθμός απόδοσης  $\eta_{\text{συν}}=0,8 - 0,89$ , ανάλογα με την κατάσκευή, ενώ η μέγιστη πίεση λειτουργίας φτάνει μέχρι τα 100 bar. Υπερβολικά μικρές ανοχές, ελαττώνουν τις εσωτερικές διαρροές και αυξάνουν την πίεση, αλλά ταυτόχρονα αυξάνουν τις μηχανικές τριβές, ενώ αντίθετα για σχετικά μεγάλες κατασκευαστικές ανοχές έχουμε μείωση των τριβών αλλά αυξάνουν οι εσωτερικές διαρροές και μειώνεται η πίεση.

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 και πλησιάζουν φθάνοντας μέχρι το πάχος της μεμβράνης (φίλμ) λίπανσης οδηγούμενες έτσι σε εξαιρετικά υψηλές πιέσεις λειτουργίας. Το αποτέλεσμα είναι ένας υψηλός συνολικός βαθμός απόδοσης που φτάνει το 95% και μία μέγιστη πίεση που αγγίζει τα 250 bar.

Οι περισσότερες γραναζωτές αντλίες κατασκευάζονται με τροχούς ευθείας οδόντωσης. 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.

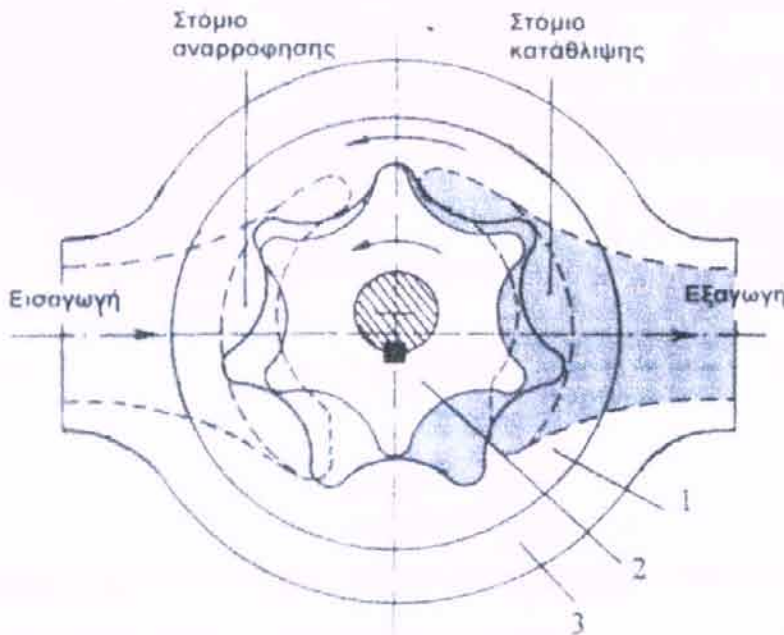
Οι μικρές γραναζωτές αντλίες εξωτερικής οδόντωσης λειτουργούν συνήθως στις 1750 - 3450 στροφές / λεπτό ενώ οι μεγαλύτερες λειτουργούν στις 640 στροφές / λεπτό. Γενικά χειρίζονται άνετα, υγρά όλων των ιξωδών, αλλά η ταχύτητά τους πρέπει να είναι μικρή για τα πολύ παχύρρευστα υγρά. Οι μειωμένες ταχύτητες με τα υψηλού ιξώδους υγρά οδηγούν στη μεγαλύτερη αποδοτικότητα. Οι γραναζωτές αντλίες είναι δημοφιλείς για τις ακριβείς εφαρμογές μεταφοράς που περιλαμβάνουν ρευστά όπως τα πολυμερή σώματα, καύσιμα και ακριβά υγρά.

#### **Δ. ΑΝΤΛΙΕΣ ΜΕ ΜΕΤΩΠΙΚΟΥΣ ΟΔΟΝΤΩΤΟΥΣ ΤΡΟΧΟΥΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΟΔΟΝΤΩΣΗΣ ΠΛΑΝΗΤΙΚΟΥ ΤΥΠΟΥ**

Μια γραναζωτή αντλία εσωτερικής οδόντωσης πλανητικού τύπου (ring gear pump) αποτελείται από την οδοντωτή στεφάνη με εσωτερική οδόντωση 1, το κεντρικό γρανάζι (πηνίο) 2 το οποίο είναι σταθερά συνδεδεμένο με τον άξονα της αντλίας διαμέσου σφήνας και από το κέλυφος ή σώμα 3 (Σχήμα 2.17). Η οδοντωτή στεφάνη περιστρέφεται ελεύθερα μέσα στο σώμα της αντλίας ενώ τα δόντια και των δύο γραναζιών είναι ειδικής μορφής έτσι ώστε οι κορυφές τους να βρίσκονται πάντα σε επαφή ολίσθησης μεταξύ τους.

Αριστερά και δεξιά της αντλίας υπάρχουν αντίστοιχα τα στόμια αναρρόφησης και κατάθλιψης που έχουν σχήμα που μοιάζει με φασόλι και βρίσκονται πλευρικά του επίπεδο περιστροφής των γραναζιών. Η στεγανοποίηση μεταξύ των στομιών επιτυγχάνεται, στο άνω μέρος με την εμπλοκή των δοντιών, ενώ στο κάτω μέρος με την επαφή ολίσθησης της κεφαλής των δοντιών του πηνίου και της στεφάνης.

Κατά την περιστροφή του άξονα, το πηνίο παρασύρει την οδοντωτή στεφάνη προς την ίδια με αυτό κατεύθυνση, με μία σχετική μεταξύ τους διαφορά ταχύτητας, η οποία ορίζεται από τον αριθμό των δοντιών των δύο τροχών. Στην αρχή του στομιού αναρρόφησης ο χώρος μεταξύ των δοντιών 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 ρευστού από το χώρο άντλησης.



Σχήμα 2.17

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

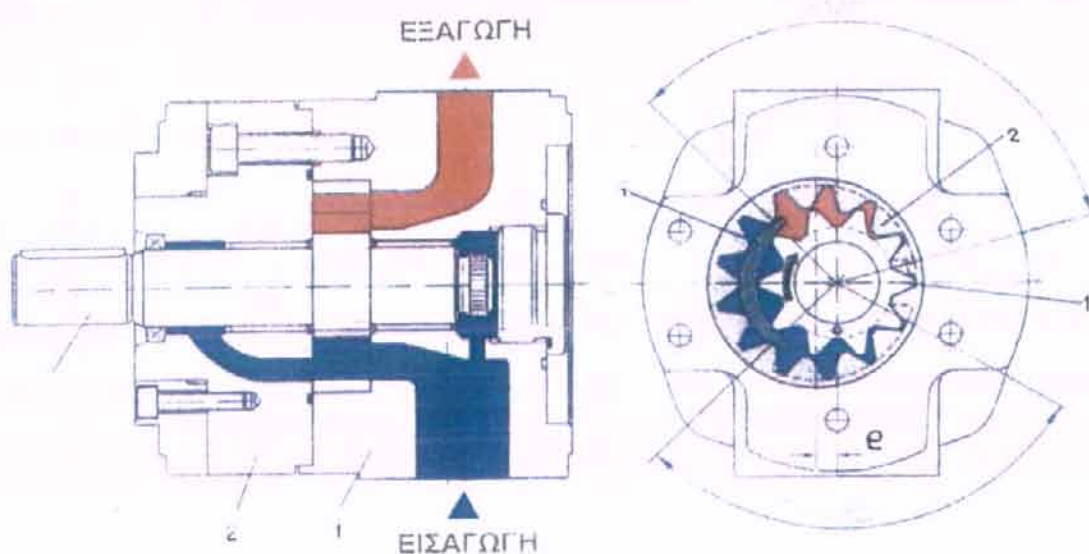
Σε αυτό τον τύπο αντλίας χαρακτηριστικό γνώρισμα είναι ότι εκτός της περιστροφής των εν εμπλοκή γραναζιών, υπάρχει μεταξύ των οδόντων των δύο γραναζιών μια σχετική μικρή γραμμική ταχύτητα ολίσθησης.

Οι αντλίες πλανητικού τύπου, είναι αντλίες μέσης πίεσης, καθώς φτάνουν μέχρι τα 100 bar και χρησιμοποιούνται συνήθως σαν βοηθητικές αντλίες ή αντλίες λίπανσης στους κινητήρες εσωτερικής καύσεως.

## Ε. ΑΝΤΛΙΕΣ ΜΕ ΜΕΤΩΠΙΚΟΥΣ ΟΔΟΝΤΩΤΟΥΣ ΤΡΟΧΟΥΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΟΔΟΝΤΩΣΗΣ ΠΛΑΝΗΤΙΚΟΥ ΤΥΠΟΥ ΜΕ ΜΗΝΙΣΚΟ

Σε αυτό τον τύπο αντλίας (Σχήμα 2.18), το κινητήριο γρανάζι 1 (πηνίο) οδηγεί ένα μεγαλύτερο γρανάζι 2 με εσωτερική οδόντωση προς την ίδια κατεύθυνση περιστροφής με αυτό. Και οι δύο οδοντωτοί τροχοί περιστρέφονται ελεύθερα μέσα στο σώμα της αντλίας 3 με τις μικρότερες δυνατές ανοχές. Ένα σταθερό στοιχείο 4, με μορφή μηνίσκου, το οποίο αποτελεί μέρος του σώματος της αντλίας, εφαρμόζει στο μεταξύ των δύο τροχών διάστημα που δημιουργείται από την εκκεντρότητα  $e$ . Ο μηνίσκος στεγανοποιεί τις κορυφές των δοντιών και των δύο τροχών, ενώ δημιουργεί προϋπόθεση διπλών κυψελίδων μεταφοράς του υγρού.

Κατά την περιστροφή της αντλίας, όπως δείχνουν τα βέλη, το μεταξύ των δοντιών διάστημα, αυξάνει προοδευτικά με αποτέλεσμα την δημιουργία επίσης προοδευτικά αυξανόμενου κενού στην εισαγωγή της αντλίας. Σε αυτή τη φάση αρχίζει η αναρρόφηση του υγρού από τον χώρο άντλησης (μπλε χώρος), σε μια μεγάλη γωνία περιστροφής του άξονα 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



Σχήμα 2.18

των δύο τροχών (κόκκινος χώρος), παρατηρούμε μία προοδευτική ελάττωση του χώρου μεταξύ των δοντιών, σε μία επίσης μεγάλη γωνία περιστροφής του άξονα της αντλίας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την προοδευτική προώθηση σημαντικής ποσότητας υγρού προς το στόμιο κατάθλιψης. Οι χώροι εισαγωγής και εξαγωγής βρίσκονται πλευρικά του επιπέδου περιστροφής των γραναζιών.

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

## ΣΤ. ΠΤΕΡΥΓΙΟΦΟΡΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ

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 βασικά λειτουργικά στοιχεία. Η λειτουργία τους στηρίζεται στην περιστροφή ενός ρότορα ο οποίος φέρει σχισμές ανά ίσες γωνιακές αποστάσεις, μέσα στις οποίες ολισθαίνουν κατάλληλα πτερύγια. Μεταξύ των πτερυγίων και της εσωτερικής επιφάνειας ενός δακτυλίου με τον οποίο εφάπτονται, δημιουργούνται οι αναγκαίες αυξομειούμενες 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.

Βασικά πλεονεκτήματα των πτερυγιοφόρων αντλιών είναι, ο χαμηλός κυματισμός ροής και κατ' επέκταση το χαμηλό επίπεδο θορύβου, μπορούν να επιτύχουν πιέσεις μέχρι 170 bar και παρουσιάζουν μικρές φθορές διότι αυτό-λιναιούνται από το ίδιο το υγρό που μεταφέρουν.

Βασικά μειονεκτήματα των πτερυγιοφόρων αντλιών είναι το υψηλό κόστος κατασκευής, σε σύγκριση με τις γραναζωτές αντλίες, ο σχετικά χαμηλός βαθμός απόδοσης  $\eta_{\text{συν}} = 0,75 - 0,85$ , τα ισχυρά έκκεντρα φορτία που αναπτύσσονται κυρίως στις αντλίες απλού θαλάμου και οι μεγάλες απώλειες τριβής.

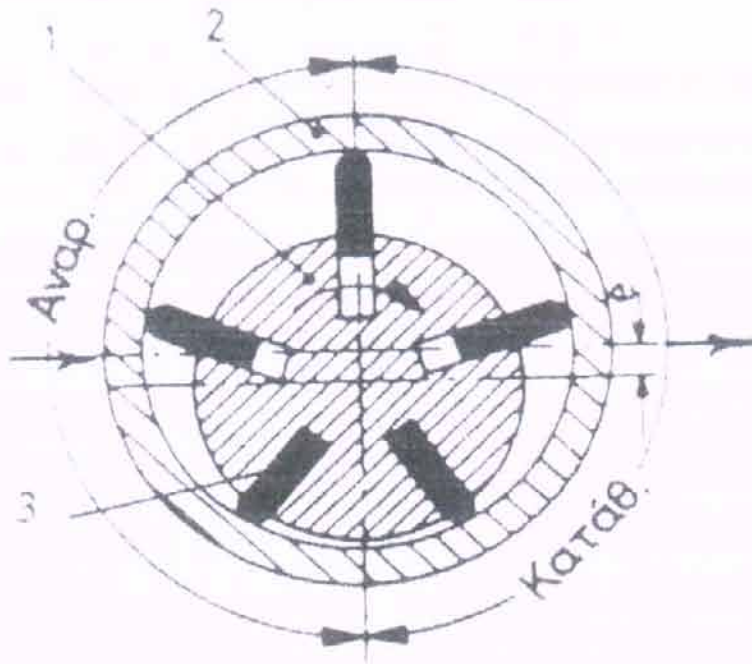
## Ζ. ΠΤΕΡΥΓΙΟΦΟΡΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΑΠΛΟΥ ΘΑΛΑΜΟΥ

Οι περισσότερες πτερυγιοφόρες 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 παράλληλα. Αυτός είναι και ο κύριος λόγος, που αυτός ο τύπος αντλιών, δεν έχει τη δυνατότητα να αναπτύξει μεγάλες πιέσεις.

Από το παρακάτω Σχήμα 2.19, 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 ακτινικά προς τα έξω, αντιγράφοντας την εσωτερική επιφάνεια του δακτυλίου. Το έργο της φυγόκεντρου δυνάμεως υποβοηθείται παράλληλα και από την πίεση λειτουργίας του συστήματος, που ασκείται στην πίσω μεριά των πτερυγίων.

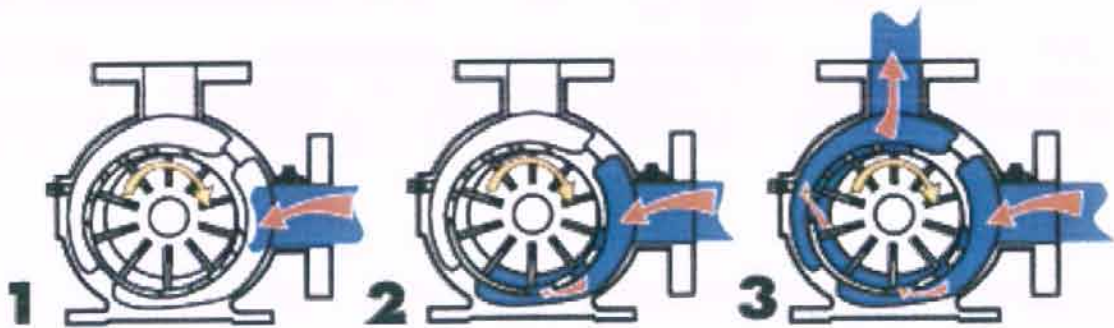
Καθώς η αντλία περιστρέφεται, με τη φορά που δείχνει το βέλος, στην είσοδό της, μόλις τα πτερύγια περάσουν την κατακόρυφο στο κάτω μέρος, εκεί όπου ρότορας και δακτύλιος σχεδόν εφάπτονται, αρχίζει η δημιουργία κενού, το οποίο αυξάνει όσο ο





Σχήμα 2.19

Ο χώρος εγκλωβισμού του υγρού μεταξύ των πτερυγίων αυξάνει. Στη συνέχεια, καθώς το υγρό μεταφέρεται προς την έξοδο της αντλίας, μόλις τα πτερύγια περάσουν την κατακόρυφο στο πάνω μέρος, εκεί όπου ρότορας και δακτύλιος έχουν την μέγιστη απόσταση λόγω της εκκεντρότητας, ο χώρος μεταξύ των πτερυγίων ελαττώνεται, με αποτέλεσμα να ωθείται το υγρό προς την έξοδο της αντλίας.

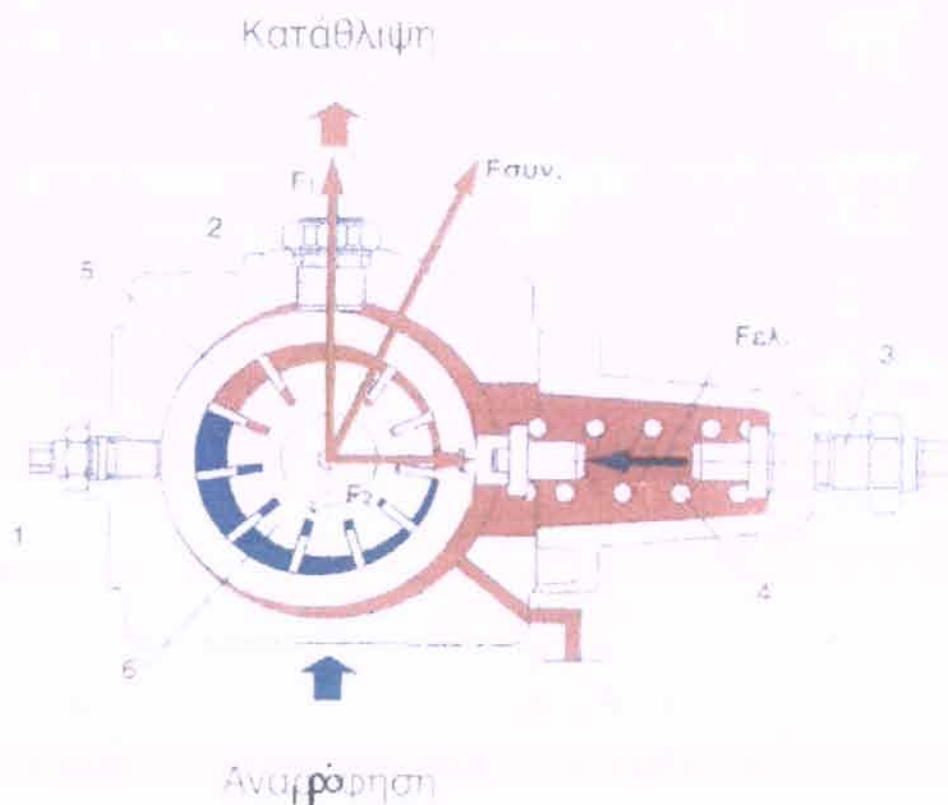


Σχήμα 2.20

Οι χώροι αναρροφήσεως και καταθλίψεως (Σχήμα 2.20), έχουν και εδώ σχήμα φασιολιού, ενώ βρίσκονται έξω από την περίμετρο του δακτυλίου και παρακείμενα στους χώρους αναρροφήσεως και καταθλίψεως καθώς επικοινωνούν με αυτούς μέσω διαδοχικών διόδων.

## Η. ΠΤΕΡΥΓΙΟΦΟΡΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΑΠΛΟΥ ΘΑΛΑΜΟΥ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ

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 2.21.



Σχήμα,2. 21

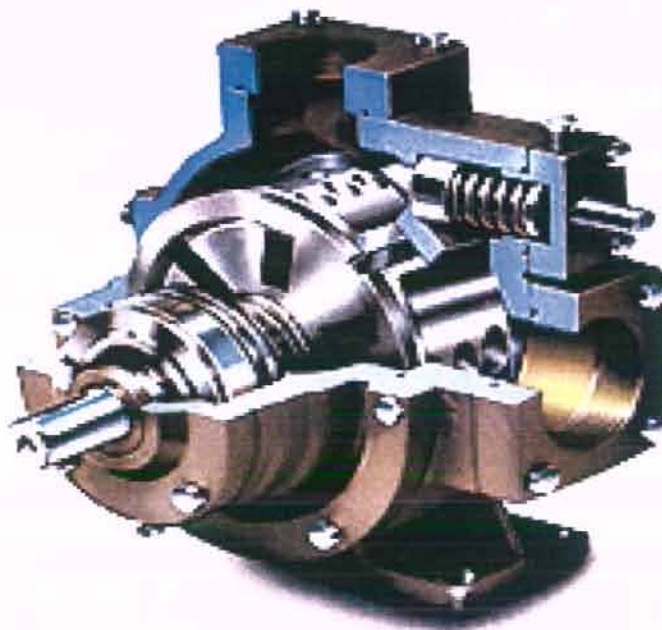
Μία τέτοια αντλία λοιπόν, αποτελείται από τους ρυθμιστικούς κοχλίες 1,2 και 3, το ελατήριο 4, το δακτυλίδι 5 και το ρότορα 6. Ο ρυθμιστικός κοχλίας 1, αποφασίζει για το εύρος παροχής της αντλίας, επενεργώντας απευθείας πάνω στο μέγεθος της εκκεντρότητας. Ο κοχλίας 2, ρυθμίζει την κάθετη θέση του δακτυλίου 5, έτσι ώστε η δύναμη απόκρισης και ο θόρυβος ης αντλίας να είναι δυνατόν να ρυθμιστούν. Τέλος ο κοχλίας 3, ρυθμίζει η μέγιστη πίεση λειτουργίας της αντλίας, επενεργώντας άμεσα πάνω στο ελατήριο 4, το οποίο πιέζει το δακτύλιο πάνω στα πτερύγια του ρότορα.

Η μεταβολή της παροχής, δημιουργείται, όπως είπαμε, με τη μεταβολή της εκκεντρότητας. 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, πάνω στην οποία ασκείται, δημιουργεί τη συνισταμένη δύναμη  $F_{\sigmaυν}$  η οποία αναλύεται στις δυνάμεις  $F_1$  και  $F_2$ .

Η δύναμη  $F_1$  παραλαμβάνεται από το ρυθμιστικό κοχλία 2 ενώ η δύναμη  $F_2$  ενεργεί απευθείας πάνω στο ελατήριο 4. Εάν η δύναμη  $F_2$  υπερβεί τη δύναμη ρύθμισης του ελατηρίου,  $F_{ελ}$ , τότε ο δακτύλιος 5 κινείται προς τα δεξιά ελαττώνοντας το μέγεθος της εκκεντρότητας. Αντίθετα, εάν η δύναμη ρύθμισης του ελατηρίου υπερβεί την δύναμη πίεσης  $F_{2,μ}$  τότε ο δακτύλιος 5 κινείται προς τα αριστερά αυξάνοντας την εκκεντρότητα.

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

Τέτοιες αντλίες (Σχήμα 2.22), κατασκευάζονται για περιοχές παροχής έως 100  $\text{cm}^3/\text{sec}$  (6  $\text{lit}/\text{min}$ ) και για μέγιστες πιέσεις λειτουργίας έως 100 bar.

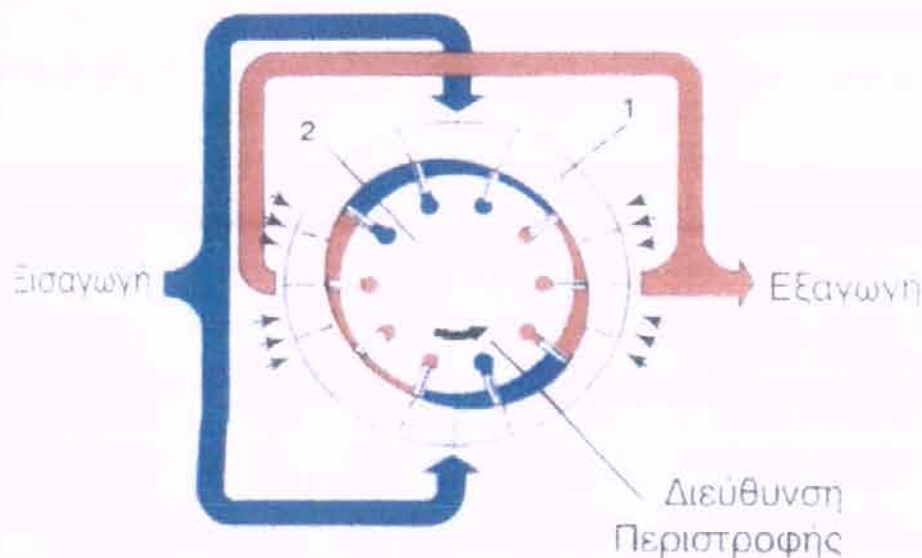


Σχήμα 2.22

## Θ. ΠΤΕΡΥΓΙΟΦΟΡΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΔΙΠΛΟΥ ΘΑΛΑΜΟΥ

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

Βασική κατασκευαστική διαφορά μεταξύ των αντλιών απλού και διπλού θαλάμου, είναι ότι σε αυτή την περίπτωση ο δακτύλιος δεν είναι κυλινδρικός, αλλά ελλειψοειδής (Σχήμα 2.23).



Σχήμα 2.23

Συγκεκριμένα, ο δακτύλιος 1 επιτρέπει την προσαρμογή δύο στομίων αναρρόφησης και δύο στομίων κατάθλιψης. Το καθένα από τα ζεύγη των στομίων, είναι διατεταγμένο ως προς το άλλο στόμιο κατά 180 μοίρες, έτσι ώστε οι δυνάμεις πίεσεως πάνω στο δακτύλιο άρα και στον ρότορα και κατ'επέκταση στον κινητήριο άξονα και τα ρουλεμάν, να είναι εξισορροπημένες.

Οι περισσότερες πτερυγιόφορες 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>/περιστροφή.

Γενικά τώρα, οι πτερυγιόφορες αντλίες, είναι αρκετά αξιόπιστες, έχουν εύκολη συντήρηση και καλά χαρακτηριστικά αναρροφήσεως. Εκτός των μεταλλικών πτερύγιων, οι ρότορές τους, μπορούν να φέρουν και εύκαμπτα λαστιχένια πτερύγια. Μπορούν να αντλήσουν ρευστά που περιέχουν στερεά σωματίδια χωρίς πρόβλημα. Χρησιμοποιούνται επιτυχώς σε μια ευρεία ποικιλία των εφαρμογών καθώς είναι ιδανικές για τα χαμηλού ιξώδους ρευστά. Είδη ρευστών που αντλούν συνήθως είναι διαλύτες, οινόπνευμα, πετρέλαιο, βενζίνη και ψυκτικά υγρά. Βασικά μειονεκτήματά τους είναι η σχετικά σύνθετη κατασκευή τους και η ακαταλληλότητά τους για τις υψηλές πιέσεις λειτουργίας και η άντληση ρευστών υψηλού ιξώδους.

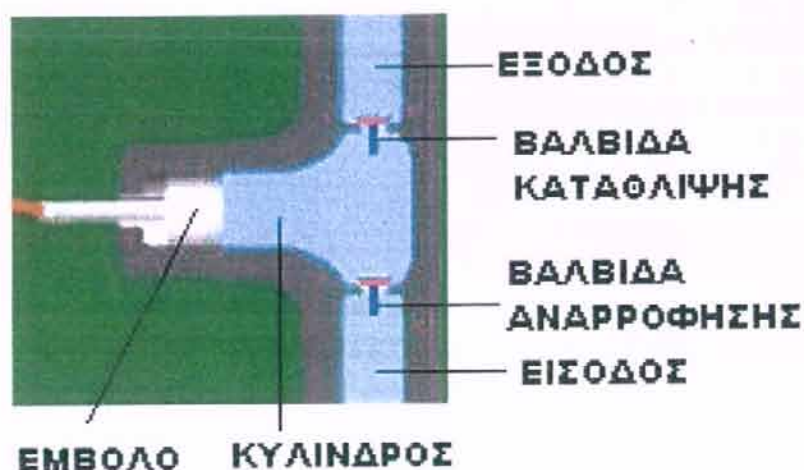
## I. ΕΜΒΟΛΟΦΟΡΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ

Ίσως οι πιο πολύπλοκες και ακριβές αντλίες, είναι αυτές που ανήκουν στην κατηγορία των εμβολοφόρων αντλιών. Ας δούμε όμως πρώτα με ποια αρχή λειτουργίας εργάζονται.

Όπως παραστατικά δείχνει το Σχήμα 2.24, όταν ένα έμβολο αποσύρεται στεγανά μέσα σε ένα κύλινδρο, ο οποίος είναι συνδεδεμένος με παροχή ρευστού, έχει ως αποτέ-

λεσμα την αναρρόφηση του ρευστού. Αυτή η αναρρόφηση, γίνεται από την είσοδο μέσω της βαλβίδας αναρροφήσεως. Η βαλβίδα αυτή, με την βοήθεια μικρής πίεσης ελατηρίου, παραμένει κλειστή όταν δεν υπάρχει διάφορα πίεσης εκατέρωθεν αυτής. Μόλις όμως μειωθεί κατά την αναρρόφηση η πίεση στον κύλινδρο τότε αυτή ανοίγει.

Όταν τώρα το έμβολο προωθείται και επανακαταλαμβάνει το χώρο του κυλίνδρου, καταθλίβει το αναρροφημένο ρευστό και αυξάνει την πίεση, η οποία κλείνει την βαλβίδα αναρρόφησης. Ταυτόχρονα το ρευστό ωθείται προς την έξοδο μέσω της βαλβίδας καταθλίψεως. Αυτή η βαλβίδα λειτουργεί όμοια με την βαλβίδα αναρροφήσεως αλλά ενεργοποιείται, αντίθετα, με την αύξηση της πίεσης και κλείνει αντίστοιχα με την μείωσή της. Οι δυο βαλβίδες, έχουν ίδιους αλλά αντίθετης ενεργοποίησης μηχανισμούς με ελατήρια στεγανοποίησης μέσω κωνικής εφαρμογής.



Σχήμα 2.24

Αυτή η λειτουργία της παλινδρόμησης των εμβόλων, λαμβάνει χώρα σε όλες τις εμβολοφόρες αντλίες. Έχουν αναπτυχθεί διάφοροι τρόποι με τους οποίους μπορούμε να το επιτύχουμε αυτό και έτσι έχουν αναπτυχθεί μερικοί τύποι εμβολοφόρων αντλιών. Ανάλογα με την διεύθυνση των εμβόλων, κατατάσσονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, τις ακτινικές και τις αξονικές εμβολοφόρες αντλίες, που φυσικά λειτουργούν στηριζόμενες πάνω στην ίδια αρχή λειτουργίας.

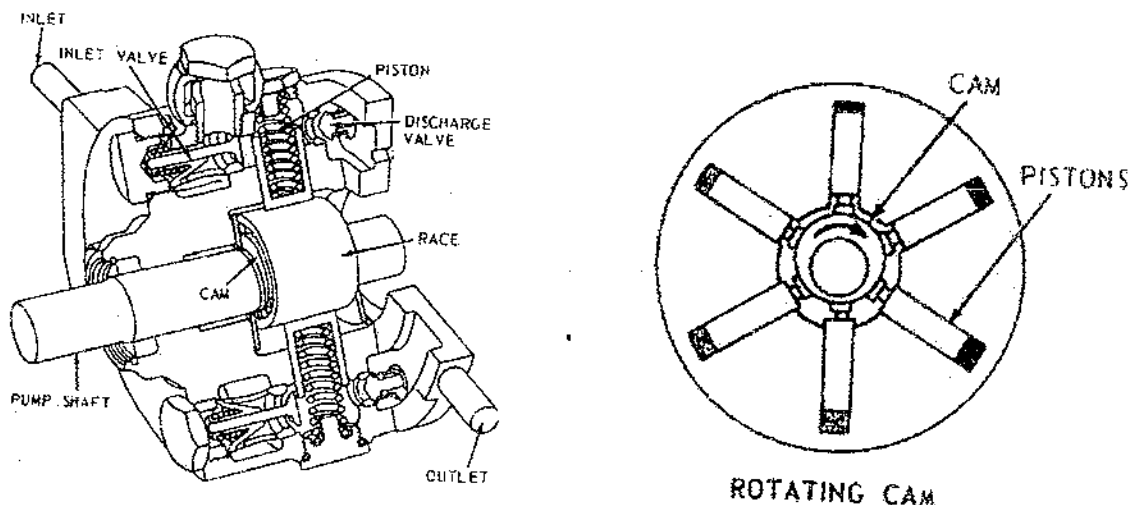
## Κ. ΕΜΒΟΛΟΦΟΡΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΑΚΤΙΝΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ

Η ονομασία των εμβολοφόρων αντλιών ακτινικής διάταξης (radial piston pumps) προέρχεται από την διάταξη που έχουν τα έμβολα σε σχέση με την άτρακτο της αντλίας. Όπως καταλαβαίνουμε λοιπόν, στις αντλίες αυτές, τα έμβολα παλινδρομούν ακτινικά ως προς το επίπεδο περιστροφής της άτρακτου (Σχήμα 2.25).

Η άτρακτος, φέρει ένα έκκεντρο κύλινδρο, ο οποίος βρίσκεται σε συνεχή επαφή με τα έμβολα, λόγω του ότι ελατήρια τα ωθούν με δύναμη πάνω του. Καθώς η άτρακτος

περιστρέφεται, το έκκεντρο αναγκάζει τα έμβολα διαδοχικά και βαθμιαία να παλινδρομούν μέσα στους κυλίνδρους, οπότε ο ενεργός χώρος του κάθε εμβόλου αυξομειώνεται και διαδοχικά αναρροφά και καταθλίβει σταθερές ποσότητες υγρού, για σταθερό αριθμό στροφών.

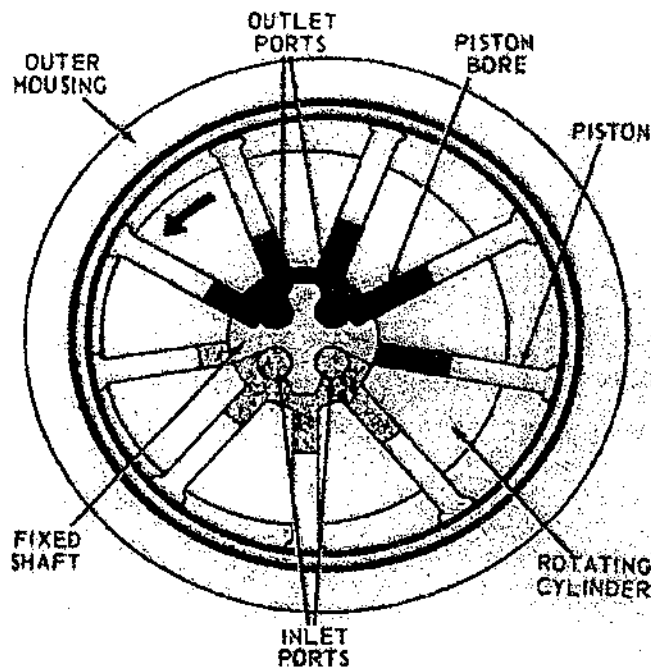
Για την λειτουργία αυτής της αντλίας, είναι απαραίτητο ο κάθε κύλινδρος να είναι εφοδιασμένος με δύο βαλβίδες, μια εισαγωγής και μια εξαγωγής, έτσι ώστε αντίστοιχα, να εισέρχεται το υγρό από το στόμιο αναρρόφησης και να εξέρχεται από το στόμιο της κατάθλιψης.



Σχήμα 2.25

Μία παραλλαγή του τύπου της αντλίας αυτής, φαίνεται στο παρακάτω Σχήμα 2.26. Επάνω στην άτρακτο της αντλίας είναι συνδεδεμένος ένας κύλινδρος μεγάλης 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, που είναι απαραίτητη για την λειτουργία της αντλίας. Κατά την περιστροφή της άτρακτου, τα έμβολα, λόγω της φυγόκεντρου δύναμης ωθούνται προς το κέλυφος. Λόγω όμως της εκκεντρότητας που παρουσιάζει το κέλυφος με την άτρακτο, τα έμβολα αναγκάζονται να παλινδρομούν, αναρροφώντας και καταθλίβοντας ποσότητες υγρού.

Είναι σημαντικό να πούμε ότι στις αντλίες αυτές δεν υπάρχουν βαλβίδες, καθώς περιμετρικά το κέλυφος φέρει στόμια αναρρόφησης και κατάθλιψης σε συγκεκριμένα σημεία και με τέτοια μορφή, έτσι ώστε κατά την υποχώρηση του εμβόλου, ο κύλινδρος να είναι στη θέση του στομίου αναρρόφησης και αντίθετα, κατά την προώθηση του εμβόλου, ο κύλινδρος να είναι στη θέση του στομίου κατάθλιψης. Φυσικά, όπως συμβαίνει σε όλες τις αντλίες έκκεντρης περιστροφής, το μέγεθος εμβολισμού είναι διπλάσιο της εκκεντρότητας.



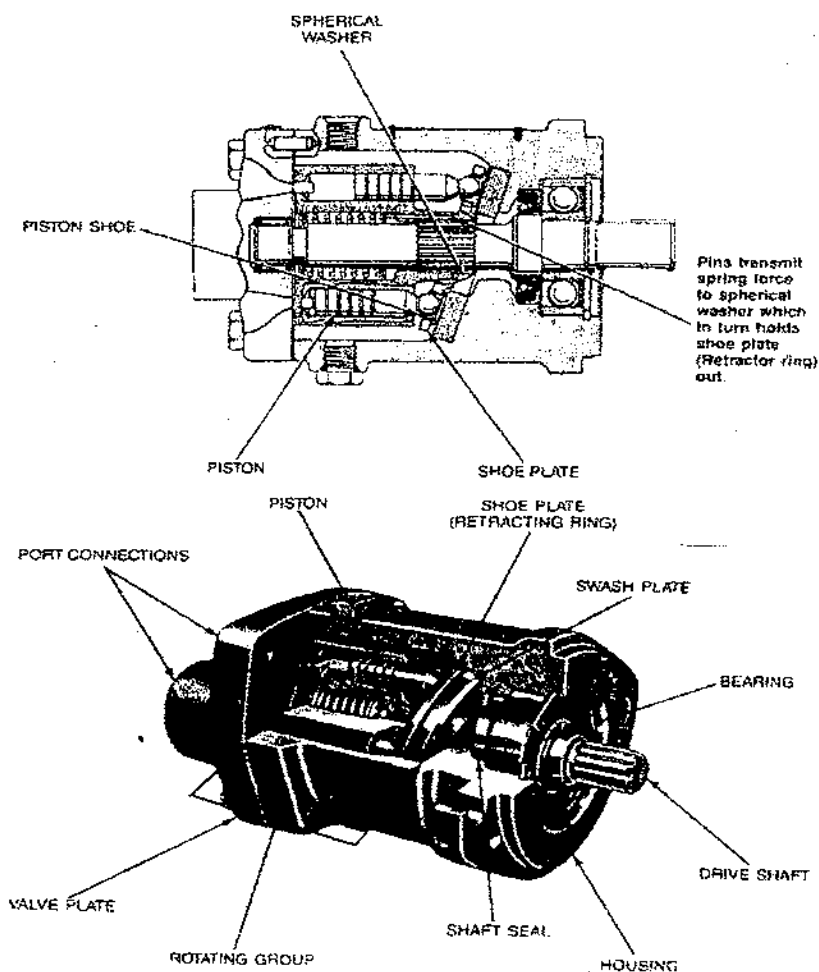
Σχήμα 2.26

#### Α. ΕΜΒΟΛΟΦΟΡΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΑΞΟΝΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ

Οι αξονικές εμβολοφόρες αντλίες (axial piston pumps) 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 και υπάρχουν δύο παρεμφερείς τύποι αυτών των αντλιών

Ο πρώτος τύπος φαίνεται παρακάτω στο Σχήμα 2.27. Όπως παρατηρούμε, επάνω στην άτρακτο είναι προσαρμοσμένος ομόκεντρα ένας κυκλικός δίσκος, όμως όχι εγκάρσια, αλλά υπό μία γωνία, η οποία ορίζεται από την ευθεία της κατακόρυφου στο μήκος του άξονα και το επίπεδο περιστροφής του δίσκου.

Στην κατάσταση που βρίσκεται η αντλία στην εικόνα, λόγω της κλίσης του δίσκου, το πάνω έμβολο έχει οπισθοχωρήσει πλήρως από τον ενεργό όγκο του κυλίνδρου, ενώ το κάτω έμβολο έχει καταλάβει πλήρως, αντίστοιχα, τον ενεργό όγκο του απέναντι κυλίνδρου. Αν η άτρακτος περιστραφεί κατά 180 μοίρες, τότε υπό την οδήγηση του δίσκου, το επάνω έμβολο θα είναι σε σημείο πλήρους εισχώρησης και θα έχει εκτοπίσει ποσότητα υγρού, από την βαλβίδα εξόδου προς το στόμιο κατάθλιψης. Την ίδια στιγμή το κάτω έμβολο αντίστοιχα θα έχει οπισθοχωρήσει πλήρως, αναρροφώντας ίδια ποσότητα υγρού, από το στόμιο εισχώρησης μέσω της βαλβίδας εισόδου, την οποία καθορίζουν οι ενεργοί όγκοι των κυλίνδρων. Έτσι λοιπόν, κατά τη συνεχή περιστροφή της ατράκτου, τα έμβολα παλινδρομούν διαρκώς, δημιουργώντας την ζητούμενη ροή του υγρού.



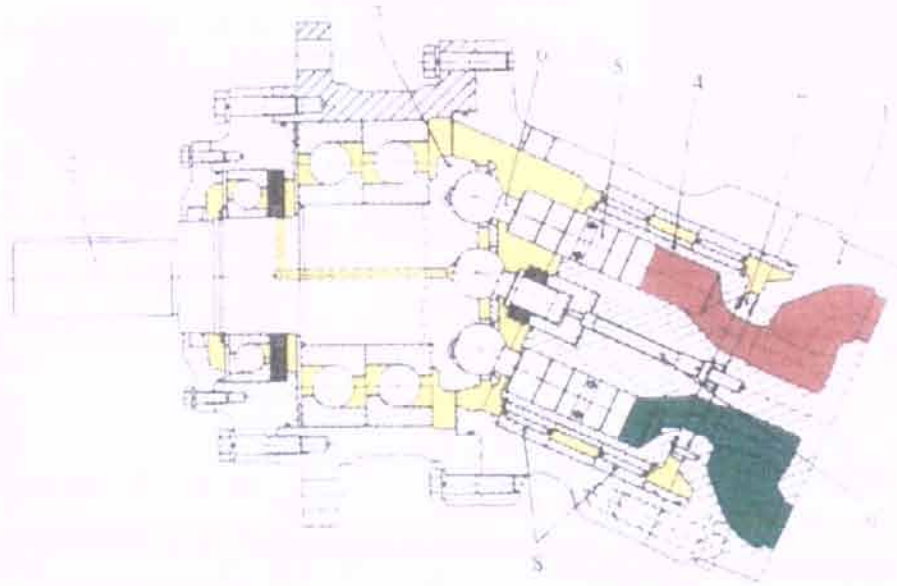
Σχήμα 2.27

Ο δεύτερος παρεμφερής τύπος εμβολοφόρων αντλιών αξονικής διάταξης, είναι οι εμβολοφόρες αντλίες αξονικής διάταξης υπό γωνία. Στην περίπτωση αυτή, η ευθεία που παλινδρομούν τα έμβολα, σχηματίζει γωνία με τον άξονα της ατράκτου, η οποία αντικαθιστά την ίδια γωνία του δίσκου του προηγούμενου τύπου αντλίας, με σκοπό βέβαια πάλι, την παλινδρόμηση των εμβόλων.

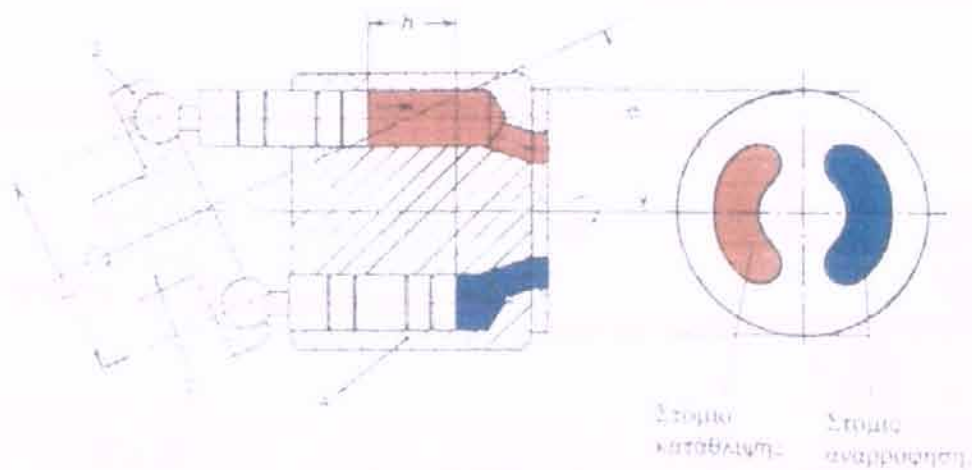
Πιο συγκεκριμένα, όπως φαίνεται παρακάτω (Σχήμα 2.28), γίνεται παρόμοια λειτουργία με την προηγούμενη περίπτωση, μόνο που αλλάζει λίγο ο τρόπος της. Κατά την περιστροφή της ατράκτου, περιστρέφονται ταυτόχρονα και τα έμβολα (5), γύρω από άξονα (9), ο οποίος ενώνεται με τον άξονα της ατράκτου (2) ως συνέχειά του και σχηματίζει γωνία  $\alpha$  με αυτόν (Σχήμα 2.29). Κατά μια πλήρη περιστροφή της ατράκτου, κάθε έμβολο (6) αναγκάζεται να περνά από δυο ακραίες θέσεις εμβολισμού, λόγω της μεταβαλλόμενης απόστασής του από την διαμητική επιφάνεια του άξονα της ατράκτου (δίσκος 3). Αυτές οι ακραίες θέσεις, απέχουν όσο η απόσταση παλινδρόμησης  $h$  των εμβόλων. Θα μπορούσε κάποιος επιτυχώς να παρομοιάσει τις αντλίες αυτές με την λειτουργία μιας σταυρωτής κλειδώσης για γωνιακή μετάδοση ροπής.



Επιπλέον σε αυτόν τον τύπο αντλιών, δεν απαιτούνται βαλβίδες καταθλίψεως και αναρρόφησης για τη λειτουργία τους. Για τον σκοπό αυτό υπάρχει μια πλάκα ελέγχου (1), η οποία φέρει δύο ειδικές οπές, σχήματος φασολιού, σε αντιδιαμετρική διάταξη (Σχήμα 2.29), όπως φαίνεται παρακάτω. Η μία οπή χρησιμεύει σαν στόμιο αναρρόφησης και η άλλη σαν στόμιο κατάθλιψης. Μόλις τα έμβολα βρίσκονται στις ακραίες θέσεις εμβολισμού, όπου στιγμιαία διακόπτονται η αναρρόφηση και η συμπίεση, αντίστοιχα στιγμιαία οι κύλινδροι (4) κόβουν την επαφή τους με τα στόμια αναρρόφησης και κατάθλιψης στην πλάκα. Για αυτό το λόγο τα στόμια αυτά διακόπτονται σε δυο αντιδιαμετρικούς χώρους, με εμβαδόν σχεδόν ίσο με το εμβαδόν κύκλου του κάθε εμβόλου. Η πλάκα αυτή τέλος, παρέχει ταυτόχρονα και την απαραίτητη στεγανοποίηση μεταξύ του κυλίνδρου, που περιέχει τους κυλίνδρους των εμβόλων και του κελύφους της αντλίας.



Σχήμα 2.28



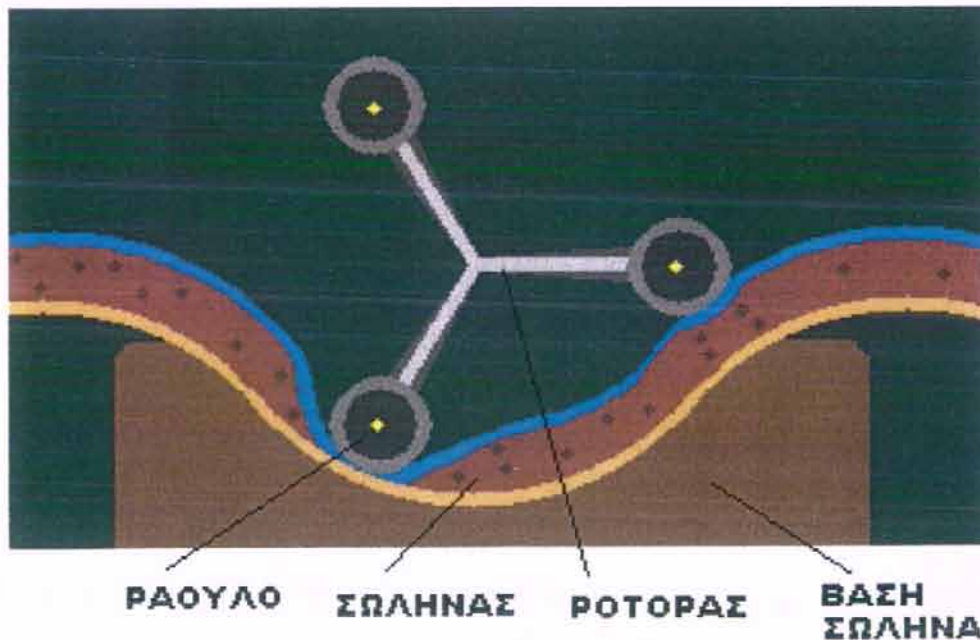
Σχήμα 2.29

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΡΟΤΥΠΗΣ ΠΕΡΙΣΤΑΛΤΙΚΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ

#### 3.1 ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΠΕΡΙΣΤΑΛΤΙΚΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ

Η περισταλτική αρχή λειτουργίας, κατοχυρώθηκε με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας το 1925 και έχει χρησιμοποιηθεί σε πολλά προϊόντα από τότε. Ήταν και αυτή απόρροια της μεγάλης τεχνολογικής έκρηξης, στις αρχές του 20ου αιώνα, όπου λόγω αυξημένων ειδικών απαιτήσεων, άρχισαν να παράγονται εξειδικευμένα προϊόντα. Μάλιστα υποστηρίζεται, ότι η ιδέα της περισταλτικής δράσης, προήλθε μέσα από την ανάπτυξη της ιατρικής επιστήμης, καθώς είναι κατά κάποιο τρόπο παρόμοιας φύσης με την δράση της ανθρώπινης πεπτικής οδού.



Σχήμα 3.1

Μια περισταλτική αντλία είναι ένας τύπος αντλίας θετικού εκτοπίσματος, που χρησιμοποιείται για την άντληση ποικίλων ρευστών. Η λειτουργία της είναι βασισμένη στην πίεση που ασκούν κυλινδρικά ράουλα, τα οποία κινούνται πάνω σε περιφέρεια κύκλου και προκαλούν την προοδευτική συντριβή ενός σωληνοειδούς στοιχείου

οποίος στηρίζεται σε κατάλληλη βάση, η οποία του προσδίδει σχήμα τμήματος περιφέρειας κύκλου. Τα ράουλα, συνήθως δύο, τρία ή τέσσερα στον αριθμό, είναι προσαρτημένα πάνω σε κατάλληλο ρότορα και ισαπέχουν μεταξύ τους (ισοκατανεμημένα). Ο κύκλος που κινούνται τα ράουλα και ο κύκλος που τμήμα του διαγράφει ο σωλήνας, είναι ομόκεντροι και έχουν κοντινή τιμή ακτίνας, ανάλογα με την διατομή του σωλήνα.

Κατά την περιστροφή του ρότορα, κάθε ράουλο, κινείται σε αρκετά κοντινή απόσταση από την βάση, ώστε να καταθλίβει απόλυτα το σωλήνα, με αποτέλεσμα να έχουμε μια «ροή της κατάθλιψης». Έτσι, μπροστά από την κατεύθυνση κύλισής κάθε ράουλου, το οποίο σφραγίζει κάθε διαρροή, δημιουργείται προοδευτική ώθηση του περιεχόμενου ρευστού, ενώ πίσω του δημιουργείται αντίστοιχα, προοδευτική αποσυμπίεση και επομένως αναρρόφηση ρευστού. Αυτή ακριβώς η διαδικασία γίνεται από κάθε ράουλο και προκαλείται η κατάλληλη διαφορά πίεσης για τη ροή του ρευστού. Ανάλογα με τον αριθμό των ράουλων, έχουμε ανάλογο μήκος περιφέρειας σωλήνα. Συγκεκριμένα, ο σωλήνας έχει σχήμα ημικύκλιου για δύο ράουλα, τριτοκύκλιου για τρία ράουλα και τεταρτοκύκλιου για τέσσερα ράουλα, έτσι ώστε σε κάθε περίπτωση να έχουμε κατάλληλη εναλλαγή των ράουλων, για τη λειτουργία της αντλίας. Μόλις δηλαδή ένα ράουλο, κατά την περιστροφή του ρότορα, βρίσκεται στο τελευταίο σημείο απόλυτης κατάθλιψης του σωλήνα στην εξαγωγή, το επόμενο ράουλο πρέπει να βρίσκεται στο πρώτο σημείο απόλυτης κατάθλιψης του τμήματος περιφέρειας του σωλήνα, στην εισαγωγή, έτσι ώστε να διασφαλίζονται οι ελάχιστες ικανές συνθήκες συνέχειας και διατήρησης της πίεσης.

### 3.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΩΝ ΠΕΡΙΣΤΑΛΤΙΚΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ

Τα κύρια χαρακτηριστικά γνώρισμα της περισταλτικής αντλίας, συνάμα από-τελούν, στην πλειοψηφία τους, μοναδικά πλεονεκτήματα λειτουργίας στο χώρο των αντλιών. Ας δούμε αναλυτικά ποια είναι αυτά τα χαρακτηριστικά.

Μεταξύ των βασικών χαρακτηριστικών τους, συγκαταλέγεται η πλήρης μεταφορά του αντλούμενου προϊόντος, καθώς όλος ο χώρος της αντλίας που έρχεται σε άμεση επαφή με αυτό, δηλαδή ο σωλήνας, αποτελεί ενεργό χώρο άντλησης και έτσι αποκλείεται η κατακράτηση ρευστού από βοηθητικούς αντλητικούς χώρους.

Επίσης, η περισταλτική αντλία, δεν συναντά απολύτως κανένα πρόβλημα σε περιπτώσεις διαστημάτων λειτουργίας χωρίς προϊόν. Αυτό οφείλεται στο ότι εύκολα και γρήγορα μπορεί να αναπτύξει κατάλληλη υποπίεση (αέρα) στην εισαγωγή και να επαναποκτήσει το ρευστό, ενώ παράλληλα δεν υφίσταται εκ της αρχής λειτουργίας της ανάγκη αυτολίπανσης, αφού απουσιάζουν σημεία έντονης τριβής.

Ακόμα ένα χαρακτηριστικό γνώρισμα, είναι η άμεση δυνατότητα αντιστροφής της ροής. Η απουσία βοηθητικών συστημάτων λειτουργίας, όπως είναι οι βαλβίδες κατάθλιψης και αναρρόφησης, καθιστούν την αντιστροφή της ροής απλή υπόθεση, καθώς μπορεί να πραγματοποιηθεί με αλλαγή της φοράς περιστροφής του ρότορα.

Ένα άλλο χαρακτηριστικό αυτών των αντλιών, είναι η δυνατότητα άντλησης ρευστών οποιουδήποτε ιξώδους, από πολύ λεπτόρρευστα, όπως είναι το νερό ή το οινόπνευμα, μέχρι πολύ παχύρρευστα, όπως είναι ο συμπυκνωμένος πολτός τροφίμων. Εκτός του ιξώδους, στις ικανότητες άντλησης συμπεριλαμβάνονται και ετερογενή

ρευστά, που μπορεί να περιέχουν στερεά σωματίδια, τα οποία δεν προκαλούν κανένα πρόβλημα κατά την άντλησή τους.

Πέρα των βασικών χαρακτηριστικών που αναφέρθηκαν, όπως είπαμε, οι περισταλτικές αντλίες έχουν ορισμένα πλεονεκτήματα, που καθιστούν τη χρήση τους μονόδρομο σε συγκεκριμένες εφαρμογές.

Δεδομένου ότι το μόνο από τα μηχανικά μέρη της αντλίας που έρχεται σε άμεση επαφή με το ρευστό που αντλείται, είναι το εσωτερικό του σωλήνα, είναι πολύ εύκολο να αποστειρωθούν και να καθαριστούν οι εσωτερικές επιφάνειες της αντλίας και εν ανάγκη να αντικατασταθεί ο σωλήνας, που κοστίζει ελάχιστα, με έναν καινούργιο. Έτσι οι περισταλτικές αντλίες χρησιμοποιούνται ευρέως στην άντληση ρευστών, που απαιτούν υψηλές συνθήκες καθαριότητας και αποστείρωσης, καθώς η αντλία δεν μπορεί να μολύνει το ρευστό, αλλά και αντίθετα, το ρευστό δεν μπορεί να μολύνει την αντλία. Μπορούμε να πούμε χαρακτηριστικά ότι, με την ίδια αντλία, τη μια στιγμή είναι δυνατό να αντλούμε απόβλητα και την άλλη, αλλάζοντας το σωλήνα λειτουργίας της με έναν άλλο καθαρό, να αντλούμε τρόφιμα χωρίς κανένα απολύτως κίνδυνο.

Ακόμα, οι περισταλτικές αντλίες είναι σχετικά απλές στη χρήση τους, φτηνές στην αγορά και πολύ περισσότερο στην συντήρηση, δεδομένου ότι δεν υπάρχει κανένα κινούμενο μέρος, που συνήθως κοστίζει, σε άμεση επαφή με τα ρευστά, είναι αξιόπιστες και αρκετά ακριβείς στη χορήγηση συγκεκριμένων ποσοτήτων ρευστών. Μάλιστα η ακρίβεια αυτή, μπορεί να φτάσει σε πολύ υψηλά επίπεδα, γιατί ειδικά οι αντλίες αυτές, μπορούν να είναι πολύ μικρών διαστάσεων με καλό βαθμό απόδοσης.

Για όλα αυτά τα χαρακτηριστικά τους, οι περισταλτικές αντλίες χρησιμοποιούνται σε ένα σύνολο από ευαίσθητους τομείς για την ζωή μας.

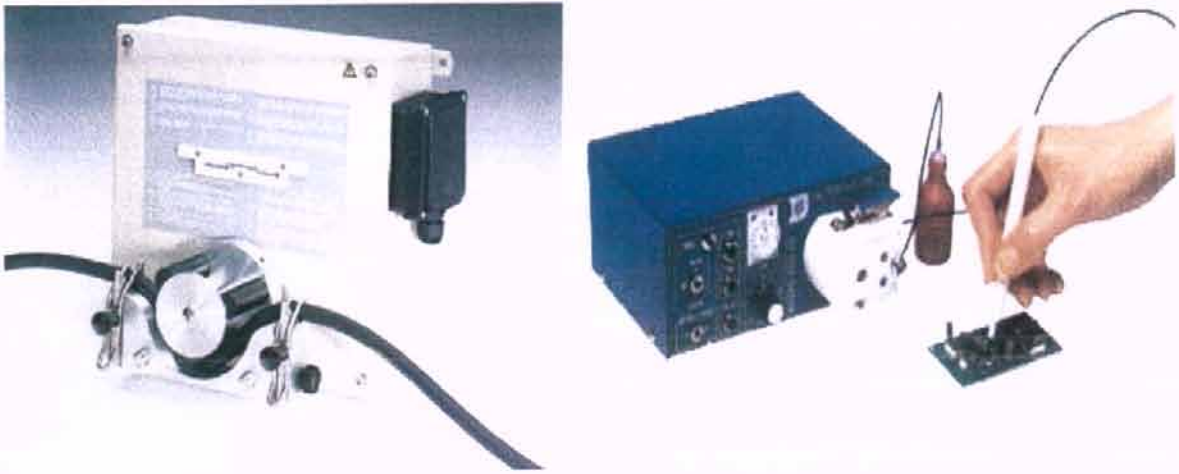
Ο σημαντικός τομέας της ιατρικής επιστήμης ωφελείται άμεσα από τις αντλίες αυτές. Συγκεκριμένα τις χρησιμοποιεί για να προσθέτει θρεπτικές ουσίες στο αίμα μας, να αναγκάζει το αίμα να περνά μέσα από φίλτρα για να το καθαρίσουν (αιμοκάθαρση) και για να κυκλοφορεί το αίμα στο σώμα μας κατά τη διάρκεια της ανοικτής χειρουργικής επέμβασης καρδιάς. Εκτός της καθαρότητας, οι αντλίες αυτές είναι οι μόνες που προστατεύουν τα εύθραυστα κύτταρα του αίματος και έτσι καθίστανται μοναδικές στην άντληση του αίματος.

Επίσης, οι περισταλτικές αντλίες έχουν πολλές εφαρμογές στην βιομηχανία χημικών. Οι εφαρμογές περιλαμβάνουν την απολύμανση μηχανών και την ακριβή χορήγηση της δόσης δύσκολων ρευστών όπως το υποχλωριώδες άλας του νατρίου, τους πηλούς άνθρακα και ασβέστη, τα πολυμερή ρευστά, την υδάτινη αμμωνία, το υπερμαγγανικό κάλιο, το θειικό άλας του αργιλίου και γενικά όλες τις καυστικές ουσίες, που οξειδώνουν και καταστρέφουν τα μέταλλα, αλλά αφήνουν ανέπαφους τους σωλήνες των περισταλτικών αντλιών, οι οποίοι συνήθως κατασκευάζονται από λάστιχο (latex) ή από σιλκόνη.

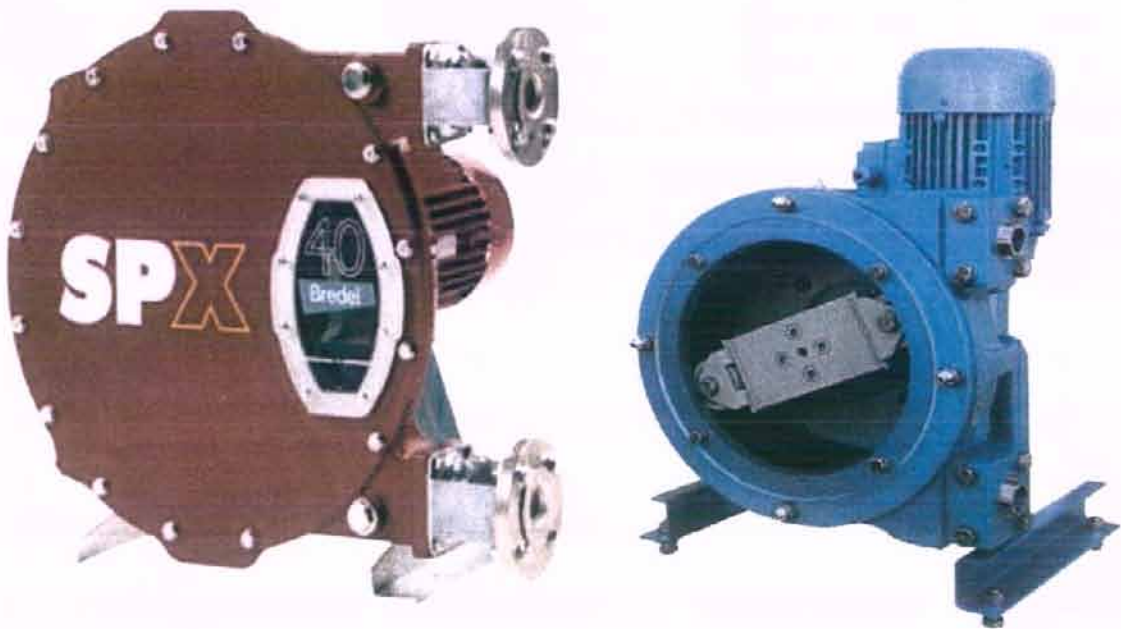
Ακόμα οι περισταλτικές αντλίες είναι ιδανικές για τη χρήση στην βιομηχανία τροφίμων, καθώς χρησιμοποιούνται για την άντληση κρασιού, ιζημάτων, πολτού και χυμού φρούτων, φυτικού πολτού, κιμά και άλλων κρεάτων, γαλακτοκομικών προϊόντων, τοματοπολτού και πατατοπολτού, ελαίου, μαγιονέζας και πολλών άλλων τροφίμων.

Οι περισταλτικές αντλίες, όπως είπαμε είναι μεγάλης ακριβείας και μπορούν να είναι πολύ μικρές. Στον τομέα των ηλεκτρονικών και της ιατρικής, χρησιμοποιούνται σαν δοσομετρητές χημικών ουσιών μέσω ηλεκτρονικού ελέγχου, για μικρής έκτασης και απόλυτης ακρίβειας εφαρμογές. Τέτοιες αντλίες φαίνονται στο Σχήμα 3.2. Γενικότερα, οι περισταλτικές αντλίες μπορούν να αναπτύξουν πιέσεις από μερικά δέκατα του

bar και παροχές λίγων δεκάδων ml την ώρα (Σχήμα 3.2), μέχρι πιέσεις 16 bar και παροχές μερικών δεκάδων χιλιάδων lit την ώρα (Σχήμα 3.3).



Σχήμα 3.2



Σχήμα 3.3

### 3.3 ΠΡΟΤΥΠΗ ΠΕΡΙΣΤΑΛΤΙΚΗ ΑΝΤΛΙΑ

Σκόπιμα, αφήσαμε για το τρίτο κεφάλαιο, την περιγραφή και ανάλυση των περισταλτικών αντλιών, καθώς θα ασχοληθούμε ιδιαίτερα μαζί τους, κατασκευάζοντας ένα μοντέλο αυτού του τύπου αντλίας. Η κατασκευή αυτή, είναι μια απόπειρα υλοποίησης μίας έκφανσης της αρχής λειτουργίας που περιγράφηκε και παράλληλα, αποτελεί το προσωπικό μας στίγμα δουλειάς για αυτή την εργασία. Στις επόμενες παραγράφους που ακολουθούν, θα γίνει περιγραφή της μελέτης και κατασκευής του πρότυπου αυτού μοντέλου.

#### A. ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ

Υστερα από μια σειρά σκέψεων και συζητήσεων μεταξύ μας, αλλά και με τον εισηγητή της εργασίας μας, καταλήξαμε σε μια σειρά δεδομένων, τα οποία αποτέλεσαν βάση για την ανάπτυξη της μελέτης της κατασκευής.

Αποφασίσαμε, πως από τη μια πλευρά τα χαρακτηριστικά στοιχεία της αντλίας, η πίεση και η παροχή, πρέπει να είναι τέτοιου μεγέθους, ώστε να μπορούν πρακτικά, εύκολα και άμεσα να παρατηρηθούν. Δεν χρειάζεται όμως να έχουν ιδιαίτερα μεγάλες τιμές, γιατί έτσι θα απαιτείται μεγάλη κατασκευαστική ακρίβεια και απόδοση, πράγμα που δεν αποτελεί άμεσο σκοπό της κατασκευής. Από την άλλη πλευρά, το μέγεθός της αντλίας, πρέπει να είναι τέτοιο ώστε, να μην υπάρχουν μέρη μικρών διαστάσεων, τα οποία χρειάζονται λεπτές και άρα δύσκολες κατεργασίες, αλλά ούτε να προκύψει μια μεγάλη αντλία που θα είναι βαριά και θα κοστίζει ακριβά.

Συγκεκριμένα λοιπόν, κρίναμε ικανοποιητικές μέγιστες τιμές για πίεση γύρω στα  $P_{max} = 4 \text{ bar}$ , παροχή περίπου στα  $Q = 4 \text{ lit/min}$  και ακτίνα ρότορα γύρω στα  $R = 100 \text{ mm}$ . Ξεκινήσαμε την εκτίμηση των διαστάσεων από το ρότορα, γιατί θεωρήσαμε ότι αποτελεί το «κεντρικό» μηχανικό μέρος της αντλίας, το οποίο θα χρησιμοποιήσουμε σαν γνώμονα καθορισμού των διαστάσεων όλων των υπόλοιπων μερών - εξαρτημάτων της κατασκευής μας. Μάλιστα συμφωνήσαμε από κοινού να προσαρμόσουμε τρία ράουλα στο ρότορά μας, αντί για δύο ή τέσσερα, αναλογιζόμενοι απλώς την οπτική εμφάνιση της αντλίας.

Όπως αναλύσαμε παραπάνω, μια περισταλτική αντλία με τρία ράουλα, απαιτεί μήκος σωλήνα, τουλάχιστον ίσο με το ένα τρίτο ( $120^\circ$ ) της κυκλικής περιφέρειας σύνθλιψης των ράουλων. Επομένως για ακτίνα  $100 \text{ mm}$ , προκύπτει το ενεργό μήκος σωλήνα,  $L = 1/3 * 2 * \pi * R = 1/3 * 2 * 3,14 * 100 = 209,33 \text{ mm}$ .

Για να πετύχουμε την παροχή που θέλουμε, πρέπει να δούμε πρώτα από ποιους παράγοντες εξαρτάται. Σε κάθε περιστροφή του ρότορα της αντλίας, εκτοπίζεται ρευστό, ίσο με τρεις φορές τον ενεργό όγκο του σωλήνα, εφόσον έχουμε τρία ράουλα. Άρα η παροχή εξαρτάται από την διατομή του σωλήνα  $A = \pi * D^2 / 4$ , όπου  $D$  η εσωτερική διάμετρος του σωλήνα, καθώς και από τον αριθμό περιστροφών  $s$  του ρότορα στη μονάδα του χρόνου. Η παροχή  $Q$  ισούται με το γινόμενο  $Q = 3 * s * A * L$ , επομένως προκειμένου να έχουμε τη συγκεκριμένη προαναφερθείσα παροχή, για μικρή διάμετρο σωλήνα, απαιτείται μεγάλος σχετικά, αριθμός στροφών  $s$ , ενώ αντίθετα για μεγάλη διάμετρο σωλήνα, απαιτείται μικρός αριθμός στροφών  $s$ .

Κρίναμε πως ήταν καλύτερο, οι στροφές λειτουργίας του ρότορα, να είναι σχετικά μικρές, γιατί έτσι θα έχουμε, καλύτερες συνθήκες ασφαλείας για όσους παρακολουθούν την αντλία να λειτουργεί, μεγαλύτερη διάρκεια ζωής για τον έντονα καταπονούμενο σωλήνα, καθώς και μεγαλύτερη ευχέρεια παρακολούθησης της λειτουργίας της αντλίας. Έτσι θεωρήσαμε κατάλληλο τον αριθμό των 50 - 70 στροφών ανά λεπτό, δηλαδή περίπου μια στροφή ανά δευτερόλεπτο ή  $s=1$  r.p.s.. Επομένως από τον τύπο της παροχής, όπως προαναφέραμε, έχουμε  $Q=3*s*A*L=3*s*\pi*(D^2/4)*L \Leftrightarrow D=\sqrt{4*Q/(s*\pi*3*L)}=\sqrt{(4*66666,66\text{mm}^3/s)/(1\text{r.p.s.}*3,14*3*209,33\text{mm})} \Leftrightarrow D=11,62\text{mm}$ , για  $Q=4$  lit/min,  $s=1$  r.p.s. και  $L=209,33\text{mm}$ . Δηλαδή ο σωλήνας της αντλίας πρέπει να είναι εσωτερικής διαμέτρου γύρω στα 12 mm.

## B. ΕΠΙΛΟΓΗ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ ΠΟΥ ΑΠΑΙΤΟΥΝΤΑΙ

Η αναζήτηση των εξαρτημάτων που χρειάστηκαν, ξεκίνησε από την εύρεση του κατάλληλου σωλήνα. Ύστερα από έρευνα στην αγορά επιλέχθηκε τελικώς σωλήνας από λάστιχο, εσωτερικής διαμέτρου  $D=12$  mm, εξωτερικής διαμέτρου  $d=15$  mm, πολύ εύκαμπτος και μαλακός, ικανός να πάρει πολύ άνετα φόρμα μικρής περιφέρειας με ακτίνα  $R=100$  mm.

Για την κατάθλιψη του σωλήνα επιλέχθηκαν ράουλα από τεφλόν, διαμέτρου  $d_1=29,5$  mm και πλάτους  $\omega=34$  mm. Το πλάτος τους, επιλέχθηκε με τέτοια τιμή, γιατί πρέπει να ξεπερνά το πλάτος του σωλήνα, ο οποίος κατά την κατάθλιψή του, σχηματίζει διατομή ορθογωνίου ύψους 3 mm και πλάτους 24 mm. Η διάμετρος των ράουλων, επιλέχθηκε με τέτοια τιμή, γιατί η ακτίνα τους πρέπει να ξεπερνά κατά λίγο την διάμετρο του σωλήνα, προκειμένου να έχουμε κατάθλιψη μικρού μέρους του ενεργού όγκου του (σωλήνα) και ταυτόχρονα να δημιουργείται ικανή ροπή στρέψης για την κύλιση των ράουλων. Το κάθε ράουλο, περιστρέφεται πάνω σε άξονα από σίδηρο, ο οποίος είναι μια βίδα  $\Phi 12$  με στρογγυλή κεφαλή, με σπείρωμα σε όσο τμήμα του δεν εφαρμόζει το ράουλο. Η αξονική ολίσθηση του ράουλου, περιορίζεται από την κεφαλή του άξονα και από ένα περικόχλιο.

Πιέζοντας με το ράουλο το λαστιχένιο σωλήνα, πάνω σε μια ζυγαριά, χωρίς να περιέχει ρευστό, εύκολα διαπιστώνουμε ότι απαιτείται μια δύναμη  $F_1=40$  Nt για να εξασφαλίσουμε απόλυτη σύνθλιψη, χωρίς διαρροές.

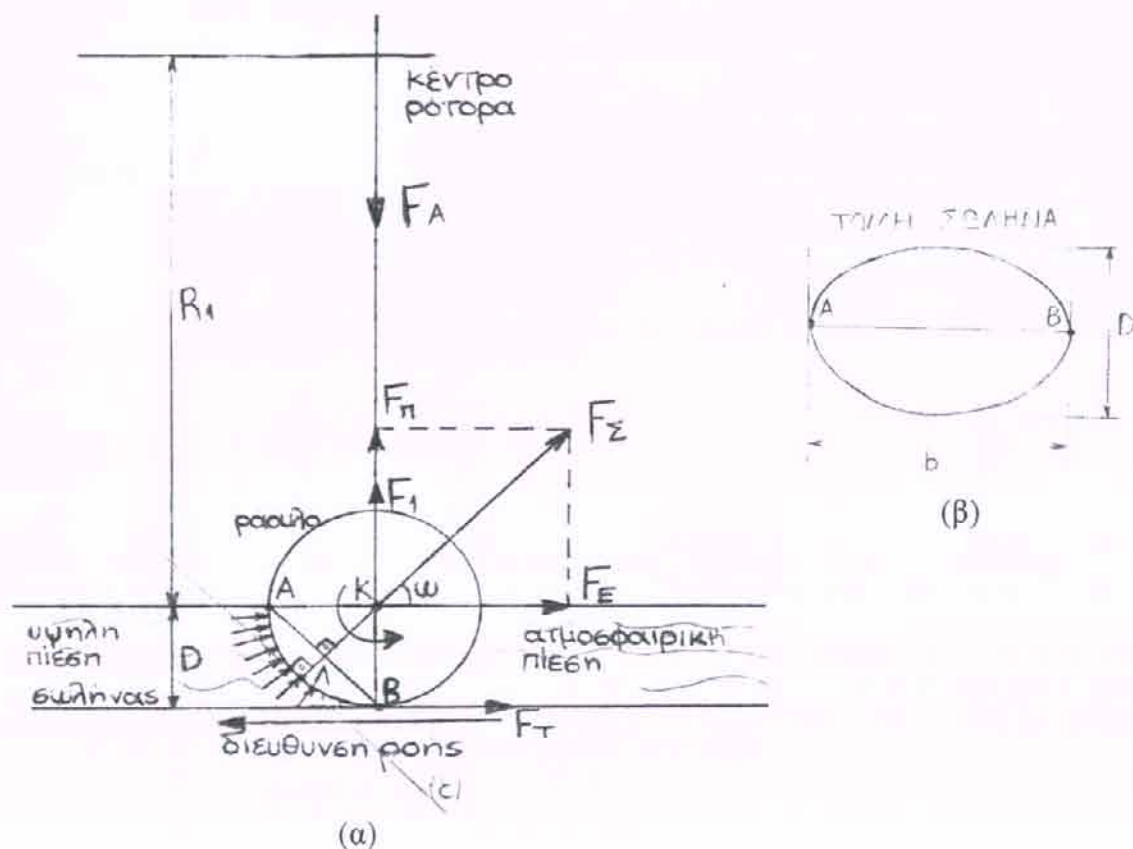
Με την απόκτηση των εξαρτημάτων που μόλις αναφέρθηκαν αλλά και υλικών όπως βίδες, λάμες, ροδέλες και μεταλλικοί κυκλικοί δίσκοι, ήμασταν έτοιμοι να κατασκευάσουμε την αντλία, αφού όμως πρώτα επιλέξαμε τον κατάλληλο κινητήρα για την κατασκευή μας.

## Γ. ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΙΝΗΤΗΡΑ

Για την προαναφερθείσα πίεση  $P_{\max} = 4$  bar, που θέλουμε να επιτύχουμε, απαραίτητη προϋπόθεση είναι η άσκηση της κατάλληλης δύναμης για «ροή της κατάθλιψης» στον εύκαμπτο σωλήνα, από το κάθε ράουλο, πράγμα που μεταφράζεται

σε ανάπτυξη μιας κατάλληλης ροπής στρέψεως στον άξονα του ρότορα από τον κινητήρα.

Κατά την λειτουργία της αντλίας υπό πίεση, ένα σύνολο στοιχειωδών δυνάμεων ασκούνται στο ράουλο, μέσω του αριστερού τεταρτοκύκλιου επαφής του σωλήνα με το ράουλο (καμπύλη ΒΛΑ), στην περιοχή υψηλής πίεσεως (Σχήμα 3.4 α). Το τμήμα επαφής του ράουλου με τον σωλήνα, πρέπει να πούμε ότι είναι τεταρτοκύκλιο, διότι η ακτίνα του ράουλου ( $d_1/2 = 14,75 \text{ mm}$ ) είναι σχεδόν ίση με την εξωτερική διάμετρο του σωλήνα ( $d = 15 \text{ mm}$ ).



Σχήμα 3.4

Όλες οι στοιχειώδεις δυνάμεις που προαναφέραμε, έχουν το ίδιο μέτρο και ίδια ακτινική διεύθυνση, από την περιφέρεια προς το κέντρο του ράουλου. Έτσι λοιπόν, μπορούμε να αντικαταστήσουμε όλες αυτές τις δυνάμεις με μια, την  $F_{\Sigma}$ , η οποία θα είναι το διανυσματικό άθροισμά τους (Σχήμα 3.4 α). Η  $F_{\Sigma}$  θα έχει σημείο εφαρμογής το μέσο  $\Lambda$  του τεταρτοκύκλιου ΒΛΑ και θα είναι κάθετη στην εφαπτομένη ( $\epsilon$ ) που περνά από αυτό το σημείο. Η  $F_{\Sigma}$  ουσιαστικά, εφαρμόζεται στο κέντρο Κ του ράουλου με γωνία  $\omega = 45^\circ$  ως προς το οριζόντιο επίπεδο.

Για να βρούμε το μέτρο της  $F_{\Sigma}$ , πρέπει να βρούμε το εμβαδό  $\Phi$  της επιφάνειας επαφής του σωλήνα με το ράουλο, στην περιοχή υψηλής πίεσεως. Ο σωλήνας σε τομή σε αυτό το σημείο, όπως φαίνεται παραπάνω (σχήμα 3.4 β), έχει μορφή έλλειψης, με μήκος μεγάλου άξονα  $b = D \cdot \sqrt{2}$  και μήκος μικρού άξονα ίσο με την εσωτερική διάμετρο  $D$  του σωλήνα. Πρέπει να αναφέρουμε ότι το μήκος  $b$ , είναι ίσο με την χορδή ΑΒ, η οποία είναι υποτείνουσα του ορθογωνίου ισοσκελούς τριγώνου ΑΚΒ με



$AK=KB=D$ . Η επιφάνεια επαφής σωλήνα - ράουλου εκτός από ελλειπτική, είναι και κεκλιμένη, πράγμα που δυσκολεύει πολύ τον υπολογισμό του εμβαδού της. Για αυτό το λόγο θα θεωρήσουμε προσεγγιστικά το εμβαδό αυτό ίσο με το εμβαδό ενός ορθογωνίου με πλευρές  $D$ ,  $b$  και επομένως θα είναι  $\Phi = D \cdot b = D \cdot D \cdot \sqrt{2} = 12 \cdot 12 \cdot \sqrt{2} = 203,6 \text{ mm}^2$ .

Η  $F_{\Sigma}$  ισούται με  $F_{\Sigma} = P_{\max} \cdot \Phi = 4 \cdot 10^5 \text{ (Nt/m}^2) \cdot 203,6 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 = 81,44 \text{ Nt}$  και αναλύεται σε δύο συνιστώσες, την οριζόντια  $F_E = F_{\Sigma} \cdot \cos \omega = 81,44 \text{ Nt} \cdot \sqrt{2} / 2 = 57,58 \text{ Nt}$  και την κάθετη  $F_{\Pi} = F_{\Sigma} \cdot \sin \omega = 81,44 \text{ Nt} \cdot \sqrt{2} / 2 = 57,58 \text{ Nt}$ .

Ομοαξονικά και ομόρροπα με την  $F_{\Pi}$ , ασκείται και η  $F_1$ , η οποία είναι η κάθετη αντίδραση λόγω της απαιτούμενης πίεσης για την σύνθλιψη του σωλήνα, όπως προαναφέραμε. Οι δυνάμεις  $F_{\Pi}$  και  $F_1$ , προκαλούν συνολικά μια αντίδραση  $F_A$ , στις εδράσεις του ρότορα, την οποία και δέχεται το ράουλο στην έδρασή του με το ρότορα. Οπότε είναι  $F_A = F_{\Pi} + F_1 = 57,58 + 40 = 97,58 \text{ Nt}$ . Μέσα από σχετικό πίνακα με συντελεστές τριβής, για τριβή ολίσθησης μεταξύ μετάλλου και πλαστικού πληροφορούμαστε ότι ο συντελεστής έχει την τιμή  $\mu = 0,3$ . Άρα η δύναμη τριβής που εμποδίζει την κύλιση του ράουλου (Σχήμα 3.4 α) είναι  $F_T = \mu \cdot F_A = 0,3 \cdot 97,58 = 29,3 \text{ Nt}$ .

Ο κινητήρας που θα επιλέξουμε, πρέπει να ξεπερνά την ροπή που απαιτείται, βάση των παραπάνω δεδομένων, για την λειτουργία της αντλίας. Η ροπή αυτή ισούται με  $M = F_E \cdot R_1 + F_T \cdot (R_1 + D) = 57,58 \cdot 0,088 + 29,3 \cdot 0,1 = 8 \text{ Nt} \cdot \text{m}$ .

Έτσι, γνωρίζοντας πλέον την ροπή και την ταχύτητα περιστροφής που επιθυμούμε για την λειτουργία της αντλίας, επιλέξαμε μεταξύ άλλων, έναν κινητήρα (Σχήμα 3.5) με προσαρμοσμένο μειωτήρα, μέγιστης ροπής  $14 \text{ Nt} \cdot \text{m}$  και ταχύτητας  $60 \text{ r.p.m.}$ . Τα χαρακτηριστικά λειτουργίας του κινητήρα, ροπή και  $\text{r.p.m.}$ , διαπιστώθηκαν από μετρήσεις με την βοήθεια ζυγαριάς και μηχανικού στροφόμετρου αντίστοιχα, στον άξονα του μειωτήρα, καθώς ο συγκεκριμένος κινητήρας έχει υποστεί μετατροπή από τριφασικό σε μονοφασικό.



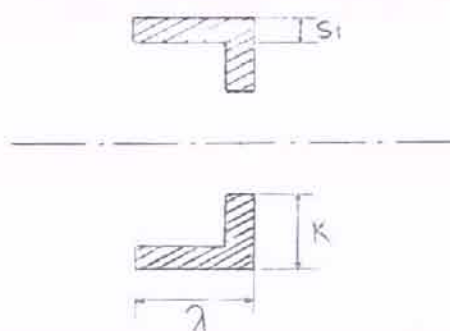
Σχήμα 3.5

## Δ. ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ

Η κατασκευή της αντλίας ξεκίνησε από την κατασκευή της μήτρας, η οποία θα δώσει την επιθυμητή φόρμα στο σωλήνα μας. Το υλικό που χρησιμοποιήσαμε για αυτό το σκοπό ήταν το τεφλόν, το οποίο είναι ανθεκτικό, ελαφρύ και εύκολο να κατεργαστεί με ακρίβεια και ταχύτητα από εργαλειομηχανές και εργαλεία. Το αρχικό μας κομμάτι ήταν μια στεφάνη, εσωτερικής διαμέτρου 180 mm, εξωτερικής διαμέτρου 280 mm και πάχους 65 mm. Το κομμάτι αυτό «δέθηκε» στον τόρνο και αρχικά «καθαρίσαμε» τις κυκλικές επιφάνειές του και «πήραμε πρόσωπα» στις πλαϊνές επιφάνειές του. Στην συνέχεια τονήσαμε την εξωτερική επιφάνεια, όπου «κατεβάζοντάς» την διαδοχικά, καταλήξαμε με ένα τελευταίο μικρό πάσο για φινίρισμα, σε τελική διάμετρο 260 mm. Ομοίως τονήσαμε και την εσωτερική επιφάνεια μέχρι τελικής διαμέτρου 196 mm. Μάλιστα σε αυτή την επιφάνεια ανοίχθηκε κεντραρισμένα ένα αυλάκι βάθους 3mm, όσο και το πάχος του σωλήνα υπό απόλυτη σύνθλιψη, και πλάτους 34 mm, όσο και το πλάτος του κάθε ράουλου.

Όσο αφορά τις πλαϊνές επιφάνειες του κομματιού, η μια πλευρά απλώς φινιρίστηκε, ενώ στην άλλη τονήσαμε και φινιρίσαμε, μέχρι να επιτύχουμε συνολικό πάχος 50 mm, αφήνοντας όμως μια κυκλική προεξοχή εσωτερικής διαμέτρου 196 mm, εξωτερικής διαμέτρου 212 mm και πάχους 9 mm. Η προεξοχή αυτή, έγινε με σκοπό να μείνει ένα συμμετρικό ελάχιστο πάχος 12 mm, εκατέρωθεν του αυλακιού, το οποίο καθορίστηκε από την απόσταση μεταξύ του ράουλου και του σημείου πρόσδεσης του άξονά του στο ρότορα. Η προεξοχή αυτή επίσης, πρόκειται να αποτελέσει μια επιφάνεια για καλύτερη συναρμογή της μήτρας με την βάση της.

Προτού τελειώσει η κατασκευή της μήτρας, για να επιτύχουμε καλύτερη συναρμογή, αρχίζει η κατασκευή της σιδερένιας βάσης, πάνω στην οποία θα στηριχθεί η μήτρα. Αρχικά, πάνω σε μια στεφάνη, ήλεκτρο - συγκολλήθηκε ένας τομέας κυκλικού δίσκου, κατά τέτοιο τρόπο που να σχηματίζεται ένα κυκλικό κομμάτι, το οποίο σε τομή να έχει την μορφή δύο αντιδιαμετρικών συμμετρικών ορθών γωνιών (Σχήμα 3.6).

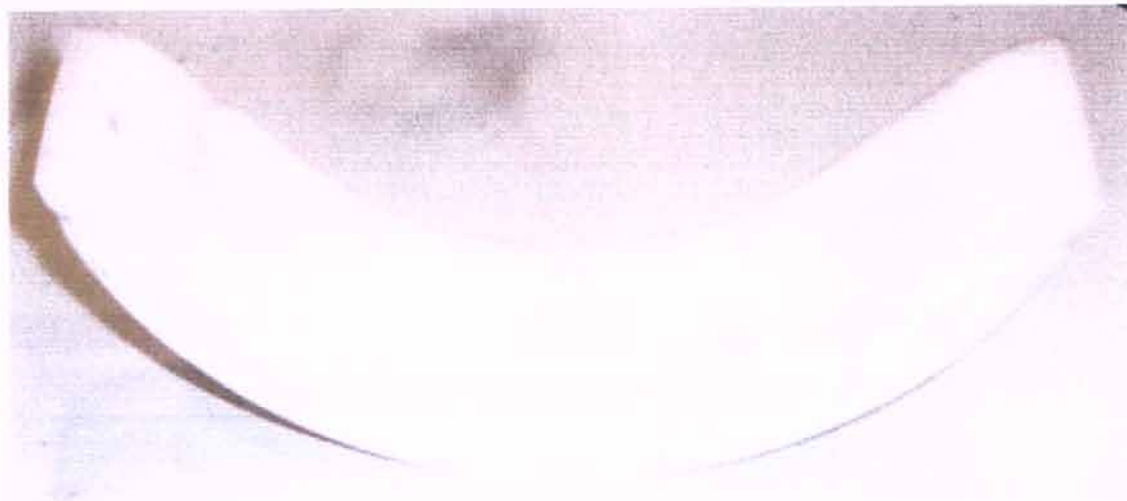


Σχήμα 3.6

Ύστερα από το κατάλληλο τονήρισμα και φινίρισμα, αυτές οι ορθές γωνίες πήραν τιμές διαστάσεων  $\kappa=20$  mm,  $\lambda=56$  mm και  $s_1=6$  mm (Σχήμα 3.6). Οι διαστάσεις αυτές πήραν αυτές τις τιμές, προκειμένου να επιτύχουμε απόλυτη συναρμογή σύσφιξης, τοποθετώντας με μικρή πίεση το προηγούμενο κομμάτι από τεφλόν, μέσα στην μεταλλική βάση, μέχρι η προεξοχή της μήτρας, που προαναφέραμε, να εφαρμόσει από-

λυτα στο πλαϊνό τοίχωμα της βάσης. Τα δύο κομμάτια, όντας εφαρμοσμένα, υποβλήθηκαν σε άνοιγμα τριών οπών Φ8, στην πλαϊνή τους επιφάνεια, τα κέντρα των οποίων απείχαν κατά περιφερειακές αποστάσεις που ορίζουν γωνίες 60 μοιρών. Στην συνέχεια τα δύο κομμάτια αποσυναρμολογήθηκαν και επεξεργάστηκαν ξεχωριστά μέχρι την τελική τους μορφή.

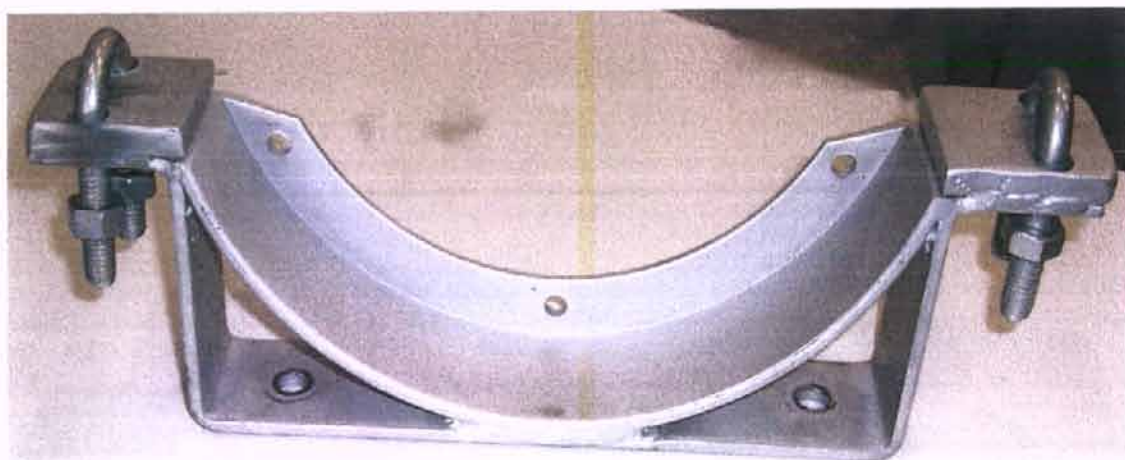
Διαπιστώσαμε πειραματικά, ότι ο λαστιχένιος σωλήνας που επιλέξαμε, μπορεί να διαγράψει μια ελάχιστη καμπυλότητα ακτίνας 48 mm. Έτσι, στο επεξεργαζόμενο κομμάτι της μήτρας, χαραξαμε πλευρικά, δύο μικρές καμπύλες ακτίνας 48 mm, αντίθετης καμπυλότητας από αυτήν του αυλακιού. Οι καμπύλες αυτές, ξεκινούν από το ύψος της περιφέρειας του αυλακιού, στα σημεία που ορίζουν οι ακτίνες που περνούν από τα κέντρα των δύο ακραίων οπών (γωνιακής απόστασης 120°) και καταλήγουν στην μεγαλύτερη ακτίνας περιφέρεια της μήτρας. Στη συνέχεια, κόψαμε κάθετα με τροχό, κοντά στα χαραγμένα σημάδια και πήραμε το κομμάτι του επεξεργασμένου τεφλόν που μας ενδιέφερε. Με μια λίμα για τεφλόν και χωρίς ιδιαίτερα επιδέξιες κινήσεις, σύντομα πετύχαμε σε καλό βαθμό, τις καμπύλες επιφάνειες που θέλαμε. Οι καμπύλες αυτές, έγιναν με σκοπό, ο σωλήνας, να εισέρχεται και να εξέρχεται όσο το δυνατόν πιο απότομα γίνεται, στην απαραίτητη περιφέρεια λειτουργίας της αντλίας και παράλληλα, να γίνεται μια ομαλή και διαδοχική συμπίεση – αποσυμπίεση του σωλήνα από τα ράουλα. Έτσι ολοκληρώνεται η κατασκευή της μήτρας. Η τελική της μορφή φαίνεται παρακάτω (Σχήμα 3.7), ενώ οι ακριβείς κατασκευαστικές διαστάσεις της φαίνονται σε σχέδιο της επόμενης ενότητας.



Σχήμα 3.7

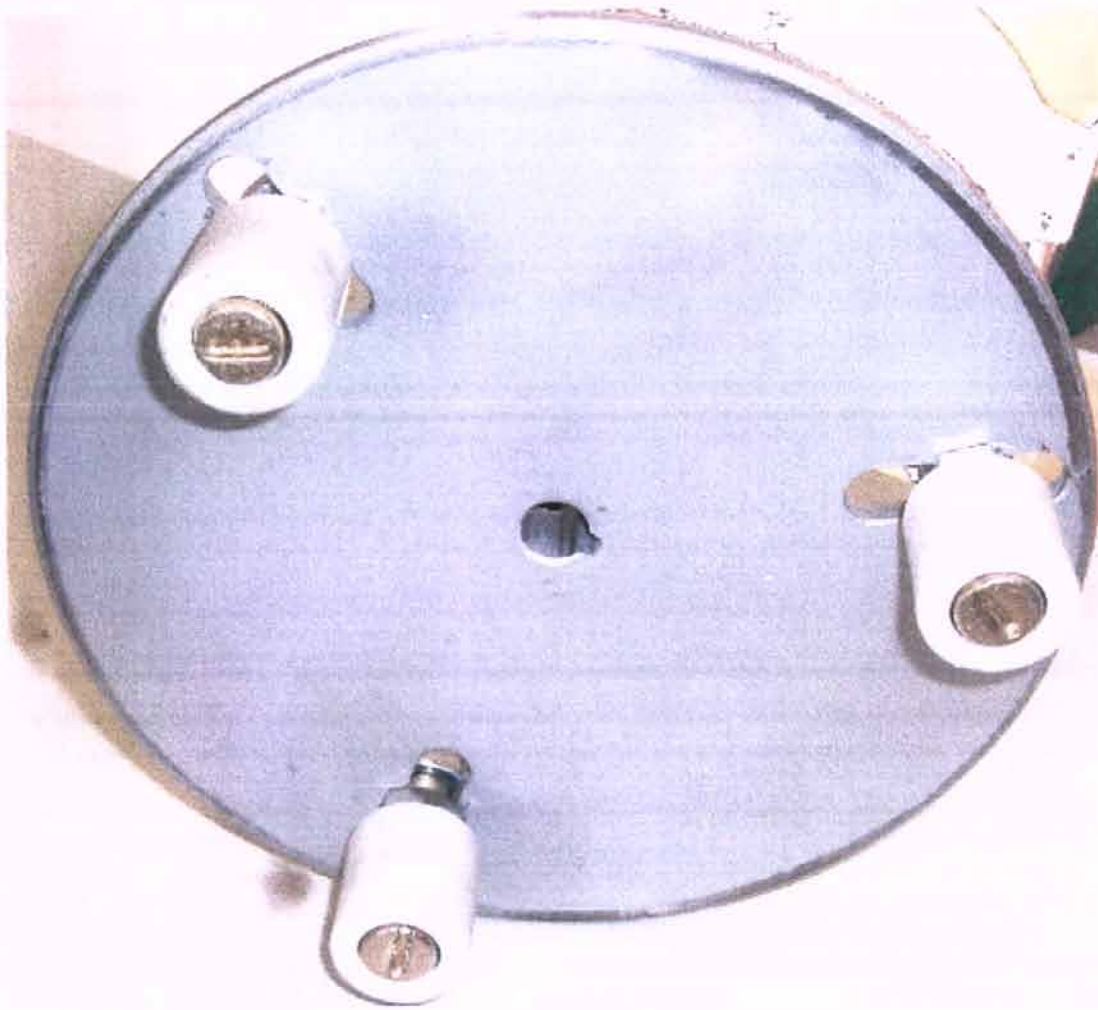
Στην συνέχεια, πήραμε το κομμάτι της βάσης της μήτρας, που αρχίσαμε από πριν να κατασκευάζουμε, και το κόψαμε ακτινικά γύρω στα 10 mm μετά από τις ακραίες οπές, οι οποίες απέχουν γωνιακή απόσταση 120 μοιρών. Αυτό το κομμάτι τώρα, έπρεπε να στηριχθεί σε ένα πλαίσιο. Έτσι πήραμε λάμα ορθογωνικής διατομής 56\*6 mm και την διαμορφώσαμε κατάλληλα. Συγκεκριμένα, η λάμα αυτή κάμφθηκε με στράντζα, έτσι ώστε να σχηματιστεί ένα κομμάτι σχήματος u, με δύο προεξοχές στα επάνω άκρα του. Σε αυτό το πλαίσιο ήλεκτρο - συγκολλήθηκε ισοσκελώς και

εγγεγραμμένα το προηγούμενο κομμάτι και τελικώς προέκυψε το εξάρτημα που φαίνεται στο παρακάτω Σχήμα 3.8. Συμπληρωματικά στη βάση της μήτρας, ανοίχθηκαν 4 οπές  $\Phi 12$  στις επάνω προεξοχές του πλαισίου, ώστε να τοποθετηθούν σφικτήρες σχήματος  $\cup$  (δίχαλα), εσωτερικού ανοίγματος 24 mm, ενώ στο κάτω μέρος του πλαισίου ανοίχθηκαν 2 οπές  $\Phi 12$  για να περάσουν κοχλίες για την πρόσδεση της βάσης της μήτρας πάνω στην βάση της αντλίας. Οι ακριβείς κατασκευαστικές διαστάσεις της βάσης της μήτρας φαίνονται σε σχέδιο της επόμενης ενότητας.



Σχήμα 3.8

Το επόμενο εξάρτημα που κατασκευάστηκε ήταν ο ρότορας. Συγκεκριμένα σε κυκλικό δίσκο διαμέτρου 218 mm και πάχους 9 mm, ήλεκτρο – συγκολλήσαμε ομοαξονικά άλλο μικρό κυκλικό δίσκο (αφαλός) διαμέτρου 37 mm και πάχους 22 mm. Το νέο κομμάτι «δέθηκε» στον τόρνο και αρχικά ανοίξαμε στο κέντρο του οπή  $\Phi 14$ , όσο είναι και η διάμετρος του άξονα του κινητήρα μας, αφήνοντας μηδενικές ανοχές για να έχουμε σφικτή συναρμογή. Ύστερα τρνιρόντας – φινιρίζοντας όλες τις πλευρές του εξαρτήματος καταλήξαμε στις επιθυμητές διαστάσεις. Στην συνέχεια, ανοίξαμε σε radial δρόπανο 3 οπές  $\Phi 12$ , ανά ίσες γωνιακές αποστάσεις 120 μοιρών, με τα κέντρα τους να βρίσκονται σε περιφέρεια ακτίνας 98 mm, καθώς και μια ακτινική οπή  $\Phi 6$  σε όλη την ακτίνα του μικρού δίσκου, όπου ανοίξαμε σπείρωμα M7, για προσαρμογή κοχλία συσφίξεως με τον άξονα του κινητήρα. Μετά, «δέσαμε» το κομμάτι μας στην φρέζα, και με κοντύλι  $\Phi 12$  που εισχωρήσαμε μέσα στις υπάρχουσες οπές, ανοίξαμε ακτινικά αυλάκια μήκους 42 mm, σε όλο το πάχος του δίσκου. Μέσα στα αυλάκια, μπήκαν οι άξονες των ράουλων προκειμένου να έχουμε έτσι τη δυνατότητα ρύθμισης της ακτίνας περιστροφής τους. Τέλος «δέσαμε» το κομμάτι μας, στην πλάνη για διάνοιξη σφηνόδρομου 3 mm σε βάθος και 5 mm σε πλάτος, για μεταφορά, μέσω σφήνας, της ροπής του κινητήρα στο ρότορα. Το τελικό κομμάτι που προέκυψε, μαζί με τα ράουλα, φαίνεται στο παρακάτω Σχήμα 3.9. Οι ακριβείς του κατασκευαστικές διαστάσεις φαίνονται σε σχέδιο της επόμενης ενότητας.

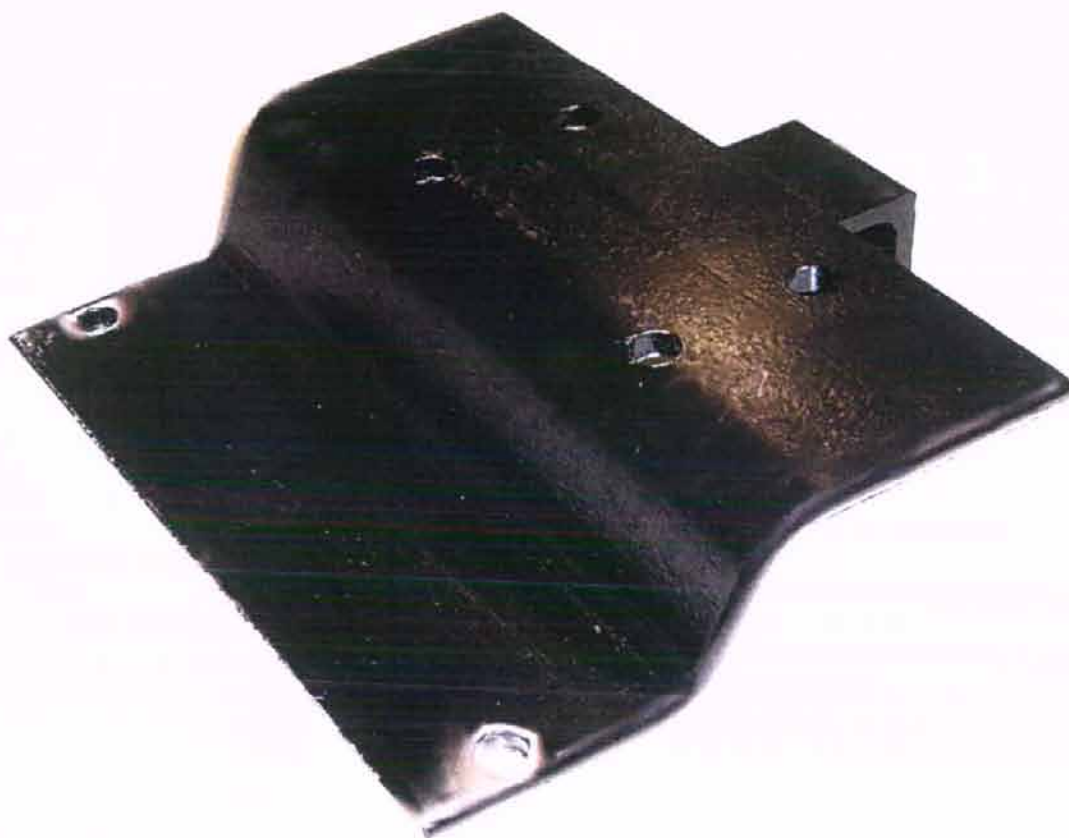


Σχήμα 3.9

Το τελευταίο κομμάτι που κατασκευάσαμε, ήταν η βάση της αντλίας. Πήραμε ένα κομμάτι λαμαρίνας 217\*198 mm και πάχους 8mm, το οποίο υποβάλλαμε σε κάμψη, μέσω στράντζας, σε δύο σημεία του, σχηματίζοντας προφίλ Z. Ο λόγος που έγινε αυτή η διαμόρφωση, ήταν γιατί ο κινητήρας, πρέπει να βρίσκεται σε υψηλότερο επίπεδο από την βάση της μήτρας, προκειμένου να συμπίπτουν τα κέντρα περιστροφής του κινητήρα και του ρότορα. Μάλιστα χρειάστηκε να προσθέσουμε μια λάμα πάχους 10 mm, σαν αποστάτη του κινητήρα από την βάση (Σχήμα 3.10), λόγω του ότι η στράντζα που χρησιμοποιήσαμε δεν είχε την δυνατότητα κάμψης 90 μοιρών σε πάχος λαμαρίνας μεγαλύτερο των 6 mm. Οι ακριβείς κατασκευαστικές διαστάσεις της βάσης, φαίνονται αναλυτικά σε σχέδιο της επόμενης ενότητας. Η τελική μορφή της βάσης φαίνεται παρακάτω (Σχήμα 3.11).



Σχήμα 3.10



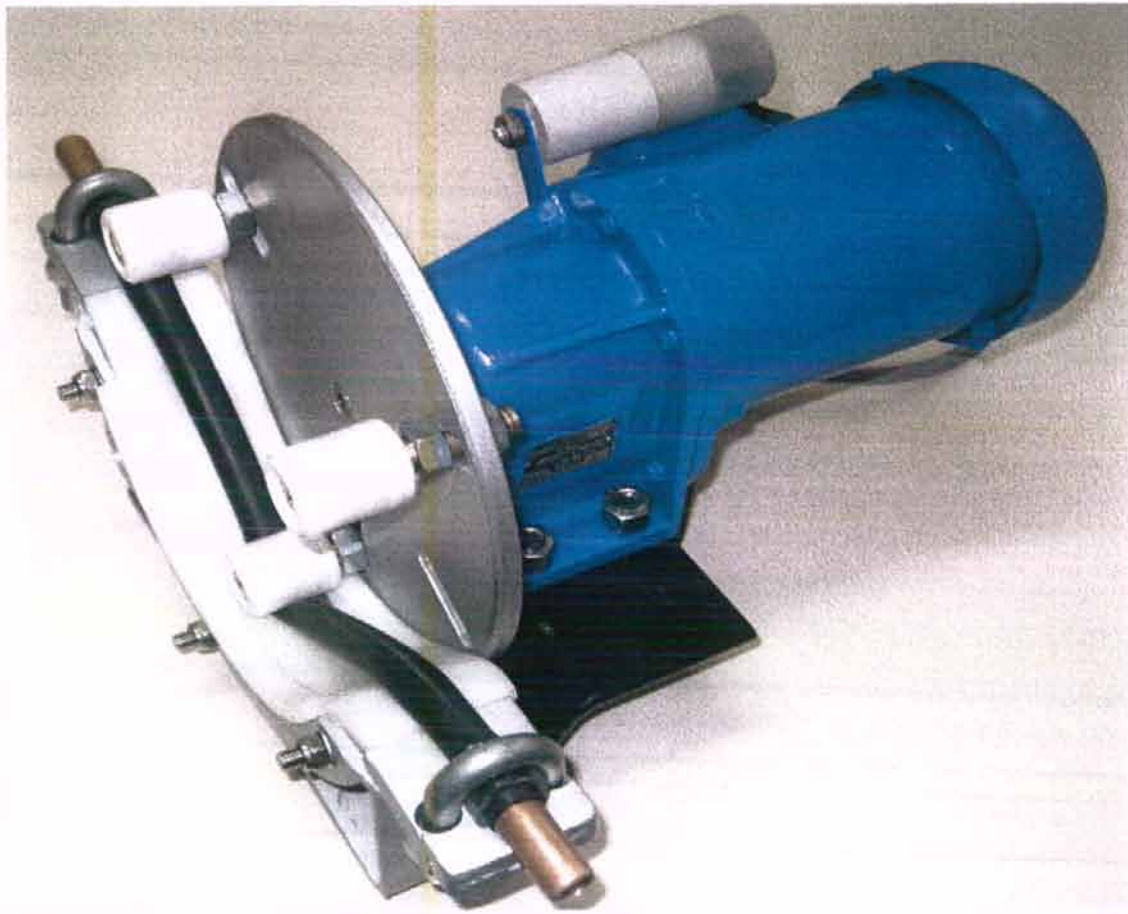
Σχήμα 3.11

Ολοκληρώνοντας όλα τα εξαρτήματα της αντλίας, αφού πρώτα τα υποβάλλαμε σε βαφή για να προστατευθούν από την οξείδωση, άρχισε στην συνέχεια η συναρμολόγηση της αντλίας με την χρήση κοχλιών M8, M10 και M12.

Αρχικά, προσαρμόσαμε τον ρότορα με τα ράουλά του, πάνω στον άξονα του κινητήρα, κτυπώντας τον ελαφρά ώστε να επιτευχθεί η απαιτούμενη σφικτή συναρμογή και έχοντας βέβαια τοποθετήσει προηγουμένως την σφήνα για την μεταφορά της ροπής. Ένας κοχλίας στον αφαλό του ρότορα, τοποθετημένος ακτινικά, χρησιμοποιήθηκε για την ασφάλιση αυτής της συναρμογής.

Στην συνέχεια, δέσαμε την μήτρα από τεφλόν, πάνω στην σιδερένια βάση με την βοήθεια τριών κοχλιών. Στα άκρα της σιδερένιας βάσης, προσαρμόσαμε τα δίχαλα μέσα από τα οποία περάσαμε τα άκρα του λαστιχένιου σωλήνα, προκειμένου αυτός να συγκρατηθεί στην κατάλληλη θέση λειτουργίας του.

Τέλος, ο κινητήρας με τον ρότορά του καθώς και η μήτρα με την βάση της, δέθηκαν πάνω στην στραντζαρισμένη βάση με την βοήθεια κοχλιών. Αρχικά, χωρίς να σφίξουμε ιδιαίτερα τους κοχλίες στην βάση, ρυθμίσαμε διαδοχικά τις θέσεις των ράουλων, έτσι ώστε από τη μια, η περίμετρος περιστροφής τους να είναι απόλυτα συνεπίπεδη και να συμπίπτει με το αυλάκι της μήτρας, καθώς είναι και αυτό τμήμα περιφέρειας. Από την άλλη, με το σύστημα άξονα – διπλών περικοχλιών που είναι προσαρτημένα τα ράουλα πάνω στο ρότορα, υπάρχει δυνατότητα ρύθμισης της ακτίνας τους μέσα στα ακτινικά αυλάκια της πλάκας του ρότορα. Έτσι ρυθμίσαμε την ακτίνα των ράουλων κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να επιτυγχάνεται τέτοια σύνθλιψη του σωλήνα που οριακά θα εμποδίζεται η επιστροφή υγρού κατά τη λειτουργία της αντλίας.



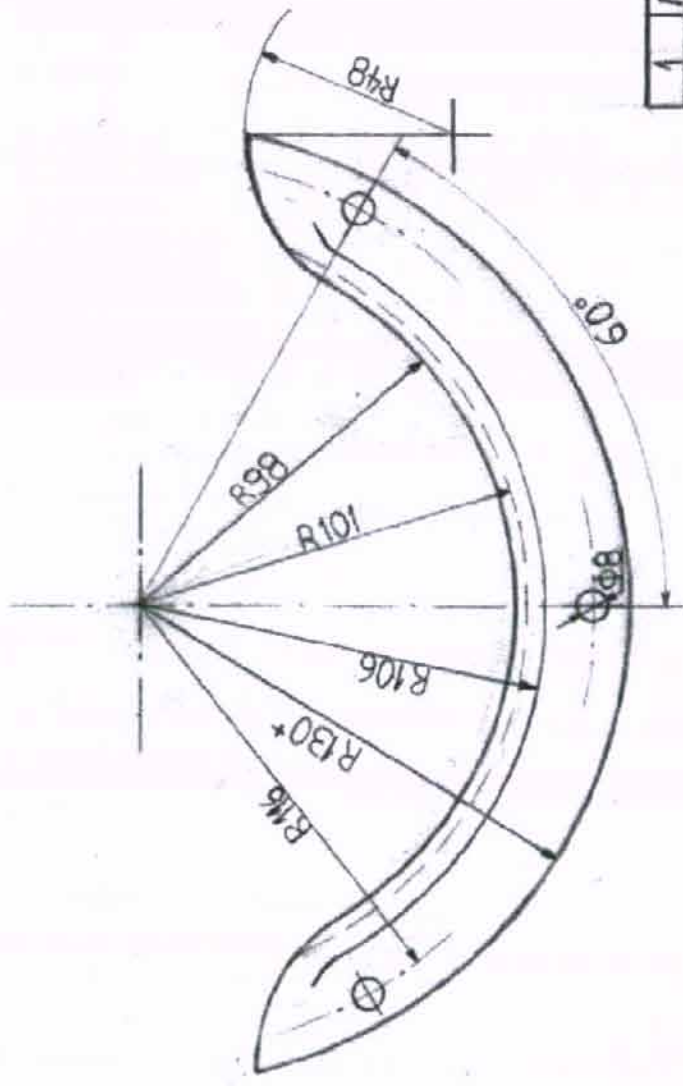
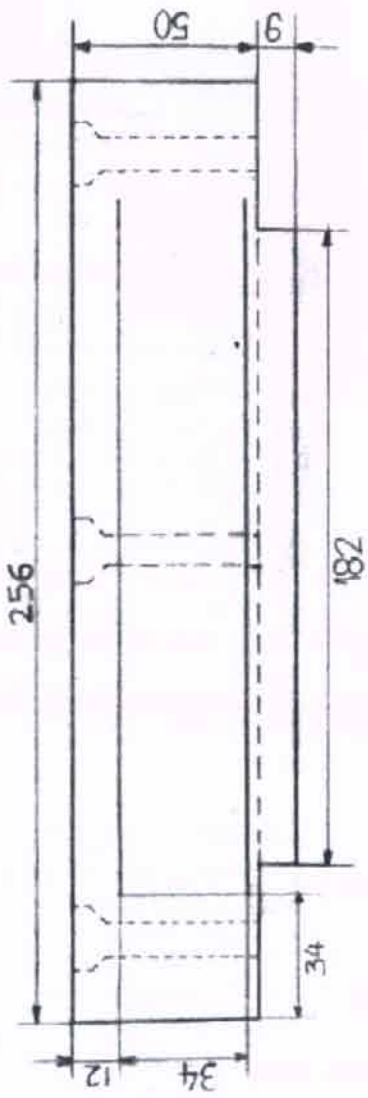
Σχήμα 3.12

Αμέσως μετά, θέτοντας την αντλία (Σχήμα 3.12) σε λειτουργία, κάναμε λίγες δοκιμές και με λίγες διορθωτικές ρυθμίσεις, διαπιστώσαμε ότι η κατασκευή μας ήταν λειτουργική και επομένως επιτυχής.

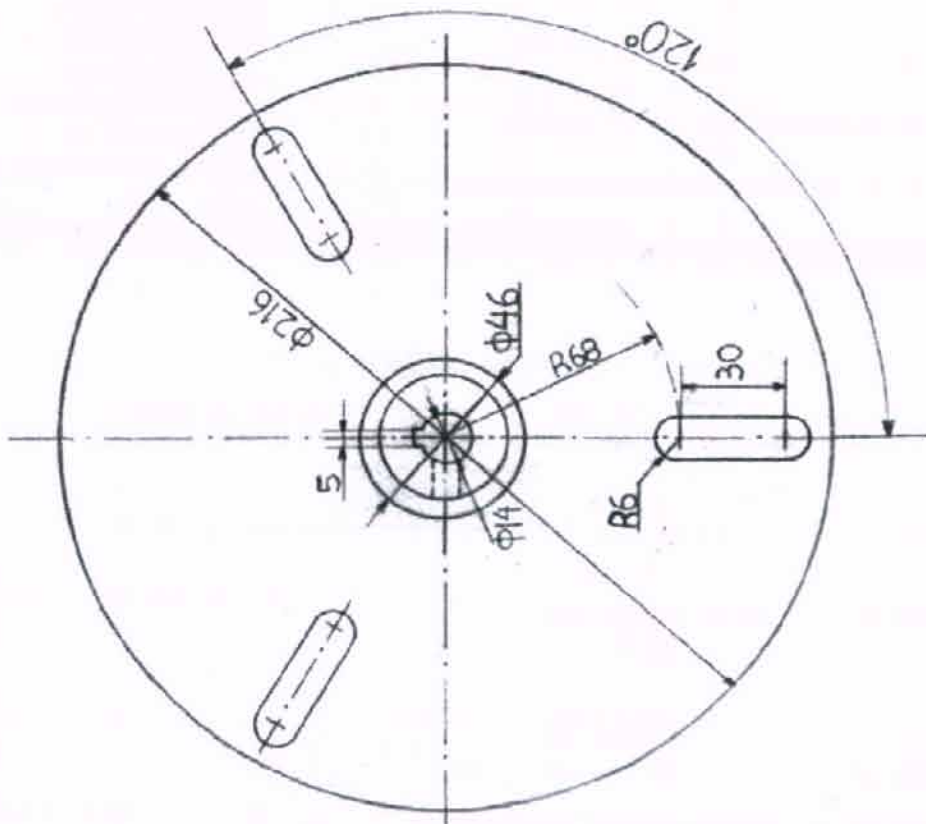
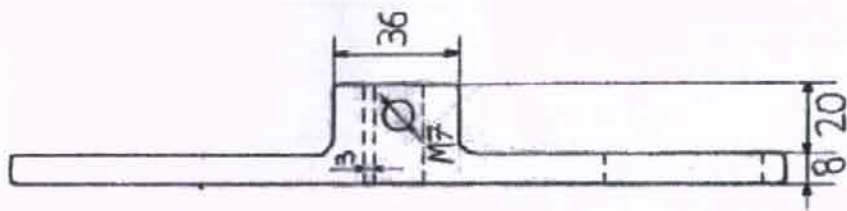
### 3.4 ΣΧΕΔΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Στις επόμενες 4 σελίδες που ακολουθούν, φαίνονται τα σχέδια των εξαρτημάτων που κατασκευάστηκαν, με τις ακριβείς διαστάσεις τους. Πρέπει να αναφέρουμε ότι κατά την εισαγωγή των σχεδίων στο σύγγραμμα αυτό μέσω του scanner, υπάρχει μια μικρή πιθανότητα να έχουν υποστεί μια μικρή αλλοίωση στην κλίμακά τους.



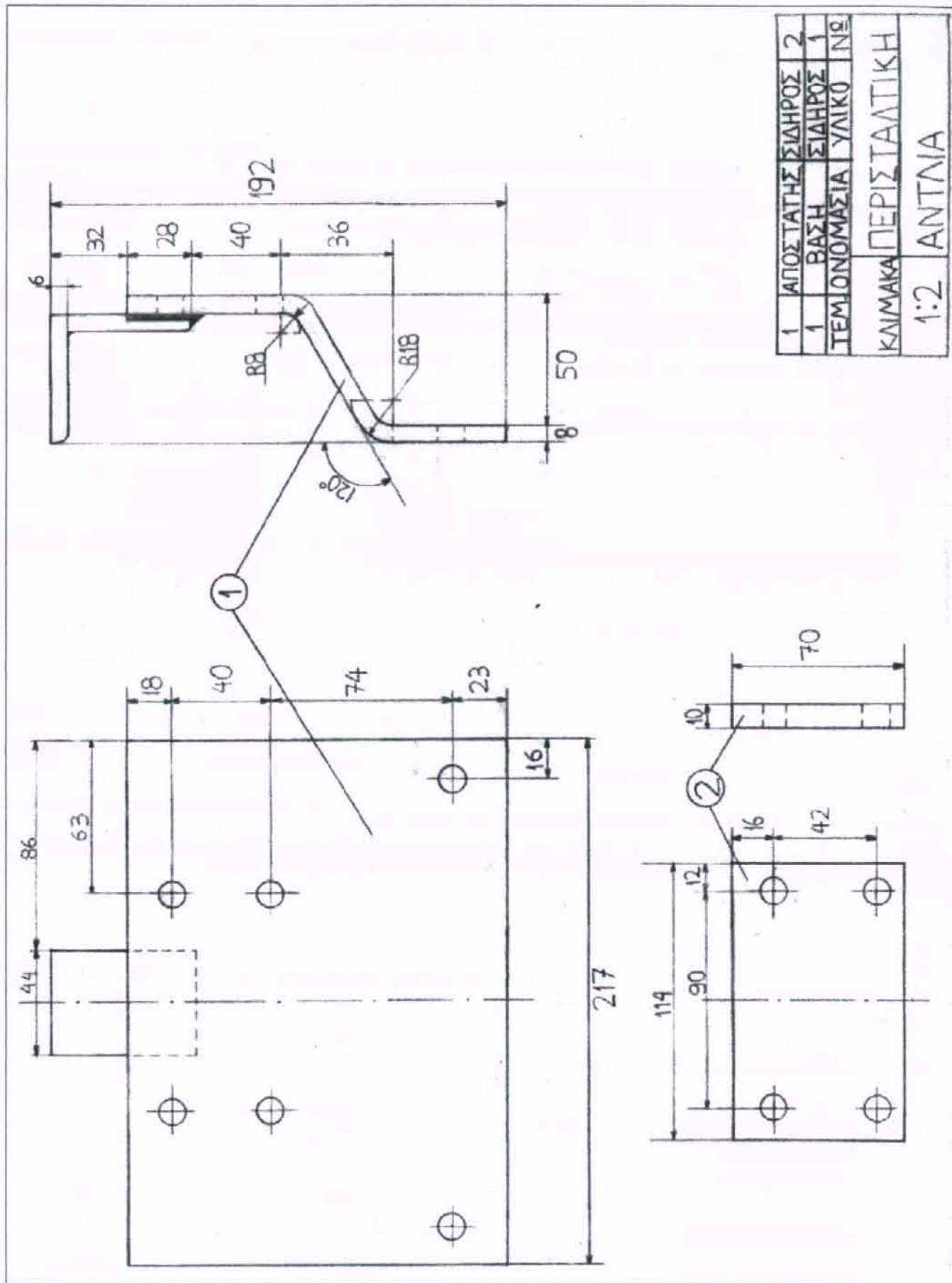


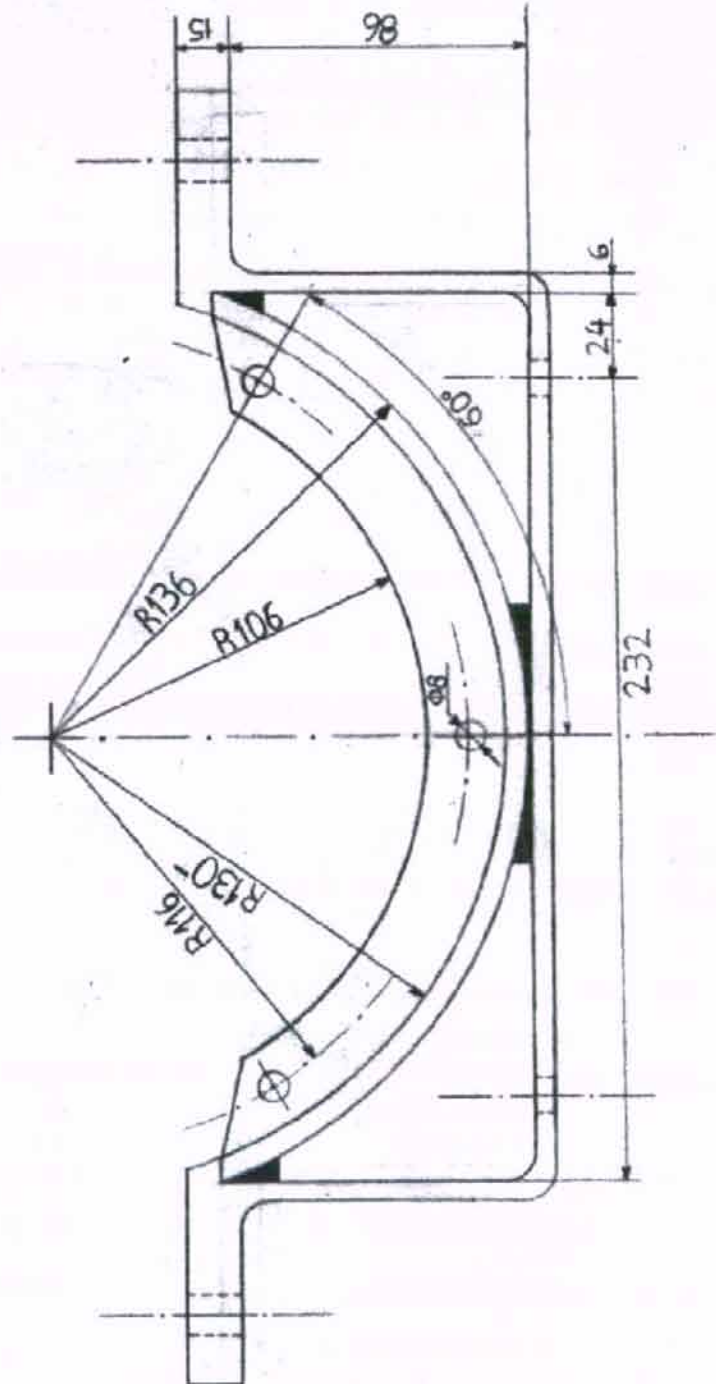
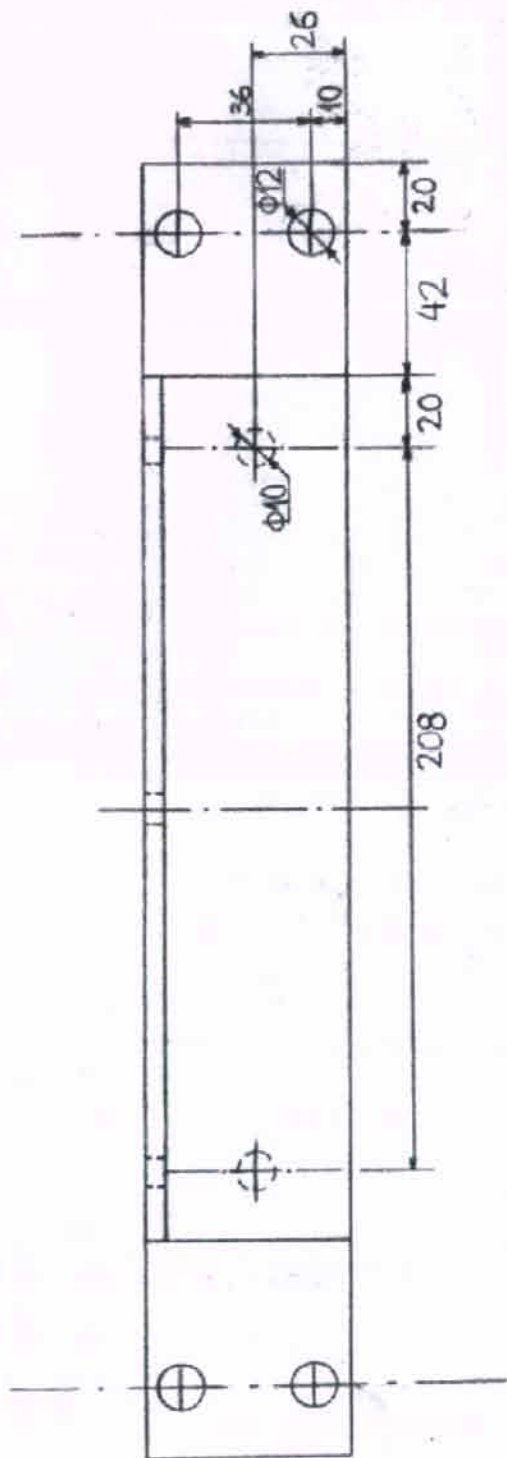
1	ΜΗΤΡΑ	ΤΕΦΛΟΝ 1
	ΤΕΜ. ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΥΛΙΚΟ ΝΩ
ΚΑΙΜΑΚΑ ΠΕΡΙΣΤΑΛΤΙΚΗ		
1:2 ΑΝΤΛΙΑ		



1	ΡΟΤΟΡΑΣ	ΣΙΑΗΡΟΣ	1
	ΤΕΜΛΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΥΛΙΚΟ	ΝΩ
ΚΑΙΜΑΚΑ ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΗ			
1:2			ΑΝΤΛΙΑ

1	ΑΠΟΣΤΑΤΗΣ ΣΙΔΗΡΟΣ	2
1	ΒΑΣΗ ΣΙΔΗΡΟΣ	1
ΤΕΜΛΟΝΟΜΑΣΙΑ ΥΛΙΚΟ ΝΩ		
ΚΑΙΜΑΚΑ ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΗ		
1:2 ΑΝΤΛΙΑ		





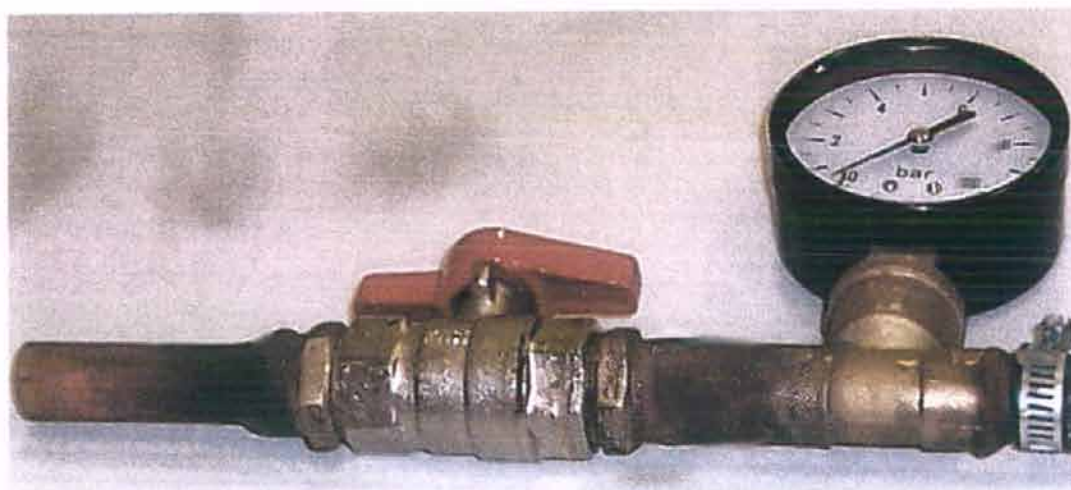
1	ΒΑΣΗ ΜΗΤΡΑΣ ΣΥΔΗΡΟΣ	1
ΤΕΜ.	ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΥΛΙΚΟ
ΚΑΙΜΑΚΑ	ΠΕΡΙΣΤΑΤΤΙΚΗ	
1:2	ΑΝΤΛΙΑ	

### 3.5 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ

Κάθε μηχανή που κατασκευάζεται, πρέπει να συνοδεύεται από πίνακες με τα τεχνικά χαρακτηριστικά της, τον βαθμό απόδοσης και διάφορα χαρακτηριστικά διαγράμματα, έτσι ώστε να γνωρίζουμε τις δυνατότητες και την συμπεριφορά της στις εκάστοτε συνθήκες λειτουργίας. Έτσι λοιπόν, στις επόμενες σελίδες που ακολουθούν, θα αναφερθούμε στον υπολογισμό όλων των χαρακτηριστικών στοιχείων της αντλίας μας.

Αρχικά όμως, πρέπει να ληφθούν μετρήσεις των χαρακτηριστικών στοιχείων της αντλίας. Τα στοιχεία αυτά, είναι το ρεύμα, η πίεση, οι στροφές και η παροχή. Έτσι λοιπόν για την λήψη των μετρήσεων κατά την πειραματική διαδικασία, θα χρειαστούμε ένα αμπερόμετρο εναλλασσόμενου ρεύματος ακρίβειας 0,01 amp, ένα μανόμετρο ακρίβειας 0,2 bar, ένα ογκομετρικό δοχείο 4 λίτρων, ένα μηχανικό στροφόμετρο ακρίβειας 1 στροφής και ένα χρονόμετρο ακρίβειας 0,1 sec με το οποίο θα μετράμε το χρόνο που απαιτείται για να γεμίσει το ογκομετρικό δοχείο.

Για να πάρουμε όμως μια σειρά από μετρήσεις, θα πρέπει να έχουμε μια ποσότητα που θα μεταβάλλουμε επιθυμητά και να μετρούμε τις τιμές των υπόλοιπων στοιχείων της αντλίας. Η ποσότητα αυτή, θα είναι η πίεση λειτουργίας και για τον σκοπό αυτό κατασκευάσαμε το παρακάτω σύστημα (Σχήμα 3.13) το οποίο περιλαμβάνει ένα μανόμετρο και μια βάννα. Κλείνοντας διαδοχικά την βάννα, επιτυγχάνουμε αντίστοιχα διαδοχικά ολοένα και μεγαλύτερες τιμές πίεσης λειτουργίας τις οποίες διαβάζουμε στο μανόμετρο, το οποίο βρίσκεται πριν την βάννα, σε σχέση με την κατεύθυνση της ροής.



Σχήμα 3.13

#### A. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ, ΠΙΝΑΚΕΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

Όπως μόλις προαναφέραμε, η πειραματική διαδικασία περιλαμβάνει μια σειρά από μετρήσεις με σημείο αναφοράς την πίεση λειτουργίας. Συγκεκριμένα, θέτοντας την αντλία μας σε λειτουργία, για διάφορες θέσεις της βάννας (από τελείως ανοιχτή έως τελείως κλειστή), επιτυγχάνουμε διάφορες τιμές πίεσης λειτουργίας. Για κάθε τιμή

πίεσης, λαμβάνουμε την τιμή του ρεύματος που καταναλώνεται από τον κινητήρα και υπολογίζουμε την παροχή σε lit/min μέσω του χρόνου που απαιτείται για να γεμίσει το ογκομετρικό μας δοχείο. Παράλληλα, στον ίδιο χρόνο, μέσω της ένδειξης του στροφόμετρου, υπολογίζουμε τις στροφές / δευτερόλεπτο του ρότορα της αντλίας. Οι μετρήσεις της πειραματικής διαδικασίας και οι πρώτοι υπολογισμοί φαίνονται αναλυτικά στον παρακάτω Πίνακα 3.1.

ΠΙΕΣΗ P(bar)	ΡΕΥΜΑ I(A)	ΣΤΡΟΦΕΣ / ΔΕΥΤΕΡΟΛΕΠΤΟ (r.p.s.)	ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΠΑΡΟΧΗ Q <sub>ΠΕΙΡ</sub> (lit/min)
0	0,49	1	3,69
0,12	0,5	0,97	3,53
0,25	0,5	0,96	3,42
0,4	0,5	0,94	3,28
0,5	0,5	0,92	3,4
0,75	0,5	0,93	2,96
1	0,51	0,9	2,96
1,25	0,53	0,91	2,12
1,5	0,54	0,9	1,54
1,75	0,55	0,88	0,92
2,5	0,6	0,8	0

Πίνακας 3.1

Σε αυτό το σημείο πρέπει να γίνει μια παρατήρηση σχετικά με την πίεση λειτουργίας. Η συγκεκριμένη αντλία που κατασκευάστηκε, είναι μια αντλία θετικού εκτοπίσματος. Όμως, επειδή ο όγκος άντλησής της είναι από μαλακό και λεπτό λάστιχο, είναι φυσικό επακόλουθο, όταν υπάρχει κάποια υπολογίσιμη απαίτηση πίεσης στην έξοδο της αντλίας, να έχουμε μεταβολή (διαστολή) αυτού του όγκου. Συγκεκριμένα, καθώς το κάθε ράουλο ξεκινά να συνθλίβει το σωλήνα, τον αναγκάζει σε διαδοχική μεταβολή του όγκου του, μέχρι εκείνο το σημείο όπου η πίεση διαστολής θα εξισωθεί με την απαιτούμενη πίεση στην έξοδο της αντλίας. Ύστερα από αυτό το σημείο θα επέλθει η ζητούμενη εκτόπιση του αντλούμενου υγρού, μέχρι το ράουλο να εξέλθει από την διαδρομή σύνθλιψης του σωλήνα. Στη συνέχεια μόλις το επόμενο ράουλο αρχίσει να εισέρχεται στην διαδρομή σύνθλιψης, θα συναντήσει το σωλήνα ανακουφισμένο από την πίεση και θα επακολουθήσει η ίδια ακριβώς διεργασία με το προηγούμενο ράουλο.

Αυτή ακριβώς η στιγμιαία ανακούφιση, μαζί με την επακόλουθη και συνεχή μεταβολή του όγκου του σωλήνα που προαναφέραμε, οδηγούν σε εμφάνιση, μέσω των ενδείξεων του μανομέτρου, ασταθών τιμών πίεσης. Για αυτό ακριβώς το λόγο, οι τιμές της πίεσης που αναγράφονται στον παραπάνω Πίνακα 3.1, είναι η μέση τιμή των ορίων ταλάντωσης της βελόνας του μανομέτρου που παρατηρήθηκαν για την εκάστοτε πίεση λειτουργίας της αντλίας.

Έτσι λοιπόν, βάση αυτών των τιμών πίεσης, αλλά και των άλλων στοιχείων του Πίνακα 3.1, θα υπολογίσουμε όλα τα απαραίτητα μεγέθη της αντλίας μας.

Αρχικά θα υπολογίσουμε την ισχύ εισόδου  $P_{ΕΙΣ}$ , δηλαδή την ηλεκτρική ισχύ που καταναλώνει η αντλία μας, η οποία ισούται περίπου με την μηχανική ισχύ που αποδίδει ο κινητήρας στην αντλία. Αναλυτικά αυτή ισούται με το γινόμενο της τάσης εισόδου επί την εκάστοτε ένταση που καταναλώνει ο κινητήρας, ανάλογα με το φορτίο λειτουργίας, επί το συνημίτονο  $\cos\phi$  του κινητήρα, το οποίο είναι ίσο με 0,6, καθώς και επί ένα θεωρητικό συνολικό βαθμό απόδοσης  $\alpha=0,8$ . Πρέπει να σημειώσουμε ότι η τιμή του  $\cos\phi$  του κινητήρα είναι σχετικά μικρή, διότι ο κινητήρας μας έχει υποστεί μετατροπή από τριφασικός σε μονοφασικός, ενώ ο βαθμός απόδοσης  $\alpha$  είναι επίσης μικρός διότι εμπεριέχει τον βαθμό απόδοσης του κινητήρα αλλά και του μειωτήρα του μαζί. Άρα η ισχύς εισόδου της αντλίας ισούται με :  $P_{ΕΙΣ} = V * I * \cos\phi * \alpha = 220 * I * 0,6 * 0,8 = I * 105,6$ , όπου  $V$  η τάση σε volt, και  $I$  η ένταση σε ampere, για να προκύψει η  $P_{ΕΙΣ}$  σε watt.

Το δεύτερο μέγεθος που θα υπολογίσουμε είναι η ισχύς εξόδου  $P_{ΕΞ}$  της αντλίας, η οποία ισούται με το γινόμενο της πίεσης επί την παροχή που προκαλεί η αντλία, δηλαδή :  $P_{ΕΞ} = P * Q$ , όπου  $P$  η πίεση σε  $N/m^2$ , και  $Q$  η παροχή σε  $m^3/sec$  για να προκύψει η  $P_{ΕΞ}$  σε watt.

Το τρίτο μέγεθος που θα υπολογίσουμε είναι η θεωρητική παροχή  $Q_{ΘΕΩΡ}$ , η οποία εξαρτάται από τα κατασκευαστικά στοιχεία της αντλίας. Συγκεκριμένα ισούται με το γινόμενο του όγκου εμβολισμού πολλαπλασιασμένο επί τρία, για μια πλήρη περιστροφή της ατράκτου της αντλίας, επί τον αριθμό περιστροφών ανά δευτερόλεπτο της ατράκτου. Ο όγκος εμβολισμού  $V$ , ισούται με τον ενεργό όγκο του σωλήνα, μειωμένο κατά τον όγκο που καταλαμβάνει το ράουλο, καθώς προκαλεί την απαιτούμενη σύνθλιψη στο σωλήνα. Είναι  $V = [(\pi * D^2/4) * L] - [(\pi * D^2/4) * (d-D+d_i)] = [(3,14 * 0,012^2/4) * 0,209] - [3,14 * 0,012^2/4 * 0,032] = 220,08 * 10^{-7} m^3 = 220,08 * 10^{-4} lt$ , όπου 0,012 η εσωτερική διάμετρος και 0,209 το μήκος του σωλήνα της αντλίας σε μέτρα. Στην αφαιρούμενη ποσότητα,  $(d-D+d_i) = 0,032$  m είναι η διάμετρος του ράουλου ( $d_i$ ) αυξημένη κατά δύο φορές  $(d-D)$  το πάχος του σωλήνα. Πρέπει να πούμε ότι ο όγκος του σωλήνα που συνθλίβει το ράουλο κατά την λειτουργία του, θεωρητικά είναι μικρότερος από αυτόν που υπολογίσαμε παραπάνω. Όπως εύκολα διαπιστώνει κανείς, κάναμε την παραδοχή ότι ο όγκος αυτός είναι κυλινδρικός, γιατί από τη μια απλοποιήσαμε πολύ τον υπολογισμό του, χωρίς ουσιαστική παραποίηση των αποτελεσμάτων και από την άλλη, λόγω αδυναμίας από τον σωλήνα να διαγράψει απόλυτα την καμπυλότητα του ράουλου (διαγράφει μεγαλύτερη καμπυλότητα), οδηγούμαστε πιο κοντά στην πραγματική μείωση του ενεργού όγκου του σωλήνα. Τελικώς θα έχουμε  $Q_{ΘΕΩΡ} = 3 * V * n = 3 * 220,08 * 10^{-4} lt * n r.p.s. = 0,066 * n (lit/sec)$

Το τέταρτο μέγεθος που θα υπολογίσουμε είναι ο ογκομετρικός βαθμός απόδοσης  $\eta_{ΟΓΚΟ}$ , ο οποίος ισούται με το πηλίκο της πειραματικής προς την θεωρητική παροχή, δηλαδή  $\eta_{ΟΓΚΟ} = Q_{ΠΕΙΡ} / Q_{ΘΕΩΡ}$

Το πέμπτο μέγεθος που θα υπολογίσουμε είναι ο μηχανικός – υδραυλικός βαθμός απόδοσης  $\eta_{ΜΗΧ-ΥΔΡ}$ , ο οποίος ισούται με το πηλίκο της διαφοράς  $P_{ΕΙΣ} - P_{ΑΠΩΛ}$  προς την  $P_{ΕΙΣ}$ , δηλαδή  $\eta_{ΜΗΧ-ΥΔΡ} = (P_{ΕΙΣ} - P_{ΑΠΩΛ}) / P_{ΕΙΣ}$ . Το μέγεθος  $P_{ΑΠΩΛ}$  είναι η ισχύς απωλειών και ισούται με την ισχύ που καταναλώνει η αντλία όταν λειτουργεί με μηδενικό φορτίο. Από τον πίνακα 3.1 παρατηρούμε ότι για μηδενικό φορτίο (πίεση) καταναλώ-

νεται ρεύμα έντασης 0,49 Α. Άρα είναι  $P_{\text{ΠΩΛ}} = P_{\text{ΕΙΣ}}$  (για πίεση P ίση με 0) =  $=0,49 \cdot 105,6 = 51,74 \text{ watt}$ , οπότε  $\eta_{\text{μηχ-υδρ}} = (P_{\text{ΕΙΣ}} - 51,74) / P_{\text{ΕΙΣ}}$ .

Τέλος θα υπολογίσουμε το βαθμό απόδοσης της αντλίας  $\eta$  που ισούται με  $\eta = P_{\text{ΕΞ}} / P_{\text{ΕΙΣ}}$ , και τον συνολικό βαθμό απόδοσης  $\eta_{\text{ΣΥΝ}}$  που ισούται με το γινόμενο

$$\eta_{\text{ΣΥΝ}} = \eta_{\text{ΟΓΚΟ}} \cdot \eta_{\text{μηχ-υδρ}}$$

Βάση όλων των παραπάνω τύπων που υπολογίστηκαν για όλα τα μεγέθη, μπορούμε να συμπληρώσουμε τον παρακάτω συγκεντρωτικό Πίνακα 3.2, ο οποίος συνοψίζει τους υπολογισμούς για όλες τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν.

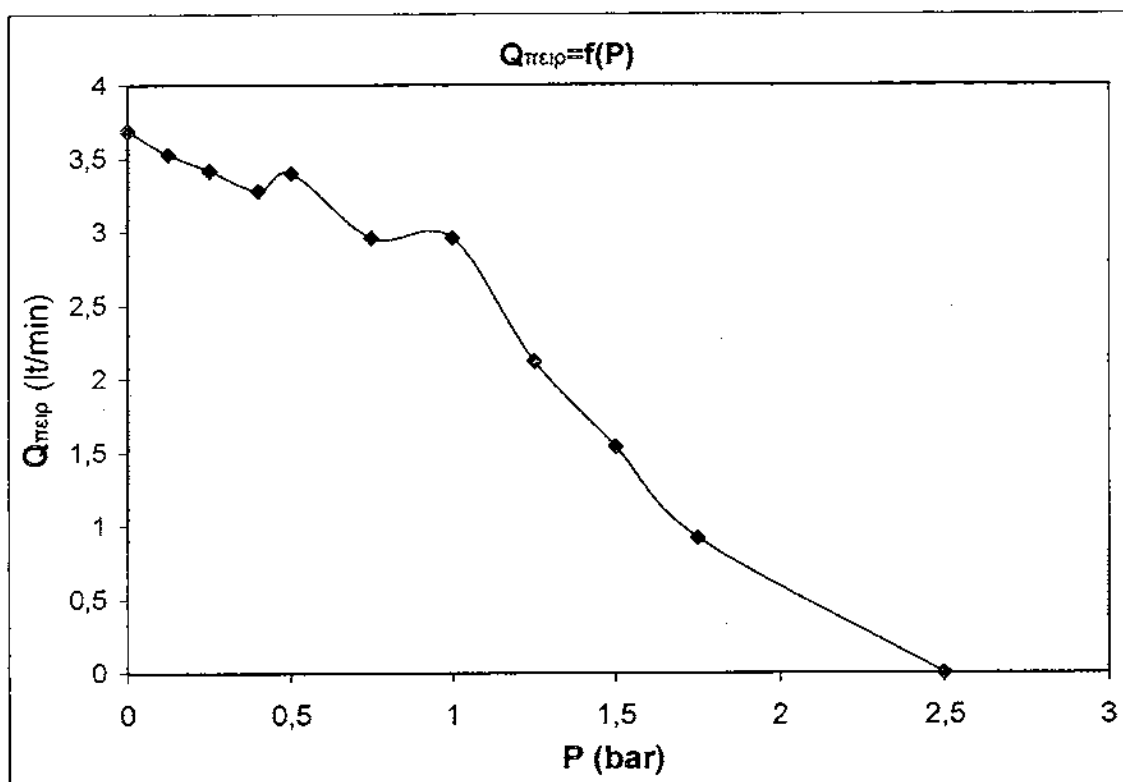
ΠΙΕΣΗ P(bar)	P <sub>ΕΙΣ</sub> (watt)	P <sub>ΕΞ</sub> (watt)	r.p.s.	Q <sub>ΘΕΩΡ</sub> (lt/sec)	Q <sub>ΠΕΙΡ</sub> (lt/sec)	η <sub>ΟΓΚΟ</sub> %	η <sub>μηχ-υδρ</sub> %	η %	η <sub>ΣΥΝ</sub> %
0	51,74	0,00	1,00	0,07	0,06	90	0	0	0
0,125	52,80	0,74	0,97	0,07	0,05	89	2	1	2
0,25	52,80	1,43	0,96	0,07	0,05	88	2	3	2
0,4	52,80	2,19	0,94	0,06	0,05	86	2	4	2
0,5	52,80	2,84	0,92	0,06	0,05	91	2	5	2
0,75	52,80	3,71	0,93	0,06	0,04	78	2	7	2
1	53,86	4,94	0,90	0,06	0,04	81	4	9	3
1,25	55,97	4,43	0,91	0,06	0,03	57	8	8	4
1,5	57,02	3,86	0,90	0,06	0,02	42	9	7	4
1,75	58,08	2,69	0,88	0,06	0,01	26	11	5	3
2,5	63,36	0,00	0,80	0,05	0	0	18	0	0

Πίνακας 3.2

## Β. ΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΑΡΑΣΤΑΣΕΙΣ

Βάση των στοιχείων του παραπάνω Πίνακα 3.2, μπορούμε να χαράξουμε τις χαρακτηριστικές καμπύλες της αντλίας μας. Η πρώτη καμπύλη που ακολουθεί (Σχήμα 3.14), είναι η γραφική παράσταση της πειραματικής παροχής Q<sub>ΠΕΙΡ</sub> συναρτήσει των πειραματικών τιμών πίεσης P.





Σχήμα 3.14

Η παραπάνω γραφική παράσταση, αποτελεί την πιο σημαντική – ουσιαστική καμπύλη της αντλίας μας, γιατί η πίεση και η παροχή είναι τα άμεσα ζητούμενα στοιχεία για τη χρησιμότητα και τις δυνατότητες μίας αντλίας.

Παρατηρώντας προσεκτικά την παραπάνω καμπύλη, μέχρι και το έβδομο ζεύγος τιμών  $Q_{πειρ} - P$ , μπορούμε να πούμε, με καλή προσέγγιση, ότι έχουμε μια λογική ελάττωση της παροχής με την αύξηση της πίεσης και μάλιστα με ένα ελαφρώς φθίνοντα ρυθμό. Έχουμε δηλαδή, μεγαλύτερη μεταβολή της παροχής, για μια συγκεκριμένη μεταβολή της πίεσης, όταν βρισκόμαστε σε περιοχή χαμηλών πιέσεων απ' ότι όταν βρισκόμαστε σε περιοχή υψηλών πιέσεων, για την ίδια μεταβολή της πίεσης.

Όσο αφορά την ελάττωση της παροχής με την αύξηση της πίεσης, συμβαίνει διότι αφενός με την αύξηση του φορτίου στον κινητήρα έχουμε μια μικρή μείωση των στροφών του, γεγονός που ελαττώνει άμεσα την παροχή. Αφετέρου, αυξημένη πίεση λειτουργίας σημαίνει συνάμα και αυξημένες απώλειες τριβών στα μηχανικά μέρη της αντλίας.

Όσο αφορά τώρα τον φθίνοντα ρυθμό ελάττωσης της παροχής με την αύξηση της πίεσης, συμβαίνει, διότι μείωση της παροχής σημαίνει μείωση της ταχύτητας ροής, δηλαδή μείωση και των απωλειών ροής οι οποίες δρουν εις βάρος της παροχής.

Από το όγδοο ζεύγος τιμών  $Q_{πειρ} - P$  και ύστερα, παρατηρούμε μια απότομη πτώση μέχρι μηδενισμού της παροχής, με την αύξηση της πίεσης, χωρίς να έχουμε παράλληλα μεγάλη μείωση των στροφών του κινητήρα. Αυτή η πτώση, πέρα των αιτιών που μόλις αναφέραμε, συμβαίνει για έναν επιπλέον λόγο. Η αντλία μας αρχίζει πλέον σε αυτή την περιοχή πιέσεων να έχει χαρακτηριστικά αντλίας στατικού εκτοπίσματος. Κάποια ποσότητα νερού δηλαδή, κατά την άντληση, διαπερνά το φραγμό

που προκαλεί το κάθε ράουλο συμπιέζοντας το λαστιχένιο σωλήνα και περνά από το χώρο υψηλής πίεσης στο χώρο χαμηλής πίεσης της αντλίας.

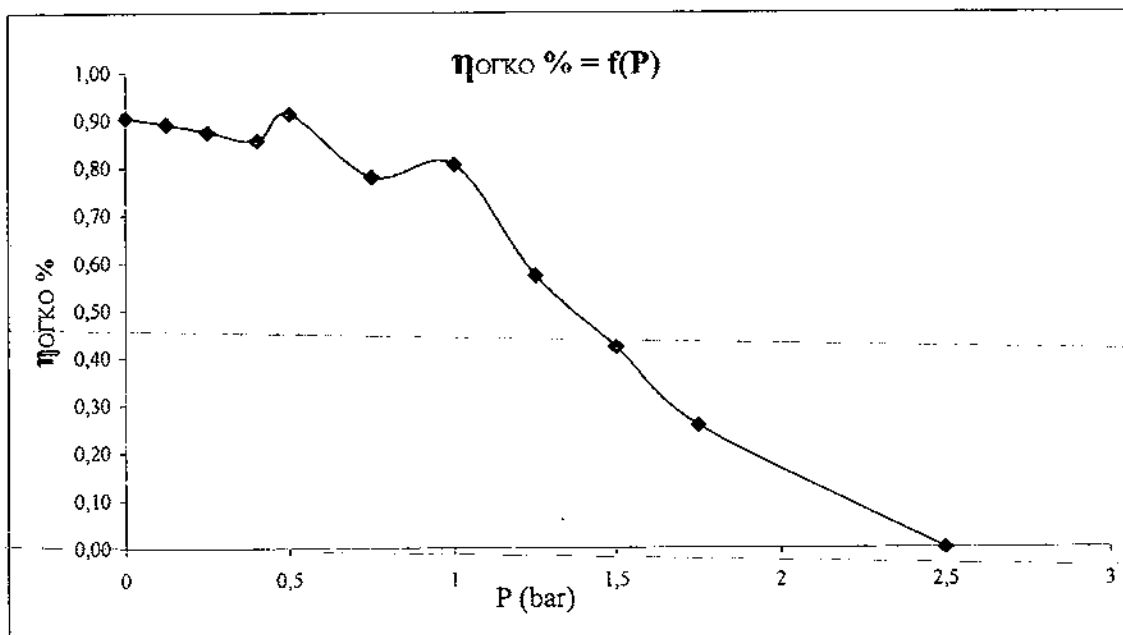
Αυτό το φαινόμενο που παρουσιάζει η αντλία οφείλεται κατά ένα μικρό ποσοστό στο γεγονός ότι τα κέντρα των περιφερειών που διαγράφουν ο σωλήνας και το κάθε ράουλο δεν συμπίπτουν με απόλυτη ακρίβεια. Έτσι, λίγα εκατοστά του χιλιοστού να απέχουν αυτά τα κέντρα, συναρμογή που είναι δύσκολο να ρυθμιστεί, μπορούν να προκαλέσουν τέτοια συμπεριφορά της αντλίας.

Κυρίως όμως, η διαστολή που υφίσταται ο σωλήνας κατά την λειτουργία της αντλίας υπό πίεση, δικαιολογεί αυτή την «βουτιά» της παροχής. Καθώς διαστέλλεται ο σωλήνας υφίσταται ταυτόχρονα μείωση του πάχους των τοιχωμάτων του και έτσι, εκεί που αρχικά το κάθε ράουλο ήταν ρυθμισμένο να απέχει ακτινικά από την μήτρα δύο φορές το κατασκευαστικό πάχος του σωλήνα, τώρα δημιουργείται ένα μικρό διάκενο που επιτρέπει την διέλευση του νερού. Αυτό το φαινόμενο θα μπορούσε να αποφευχθεί εξ αρχής αν αυξάναμε την ακτίνα περιστροφής των ράουλων, αλλά κάτι τέτοιο θα επιβάρυνε ακόμη και την εν καινώ λειτουργία της αντλίας.

Παρατηρώντας την γραφική παράσταση του σχήματος 3.14, μπορούμε να πούμε ότι η απότομη πτώση της παροχής ξεκινά περίπου για μέση τιμή πίεσης 1 bar και επομένως μπορούμε να πούμε πως αυτή η τιμή πίεσης αποτελεί το κρίσιμο σημείο του σωλήνα για το οποίο η αντλία μας από θετικού εκτοπίσματος γίνεται στατικού εκτοπίσματος.

Η δεύτερη καμπύλη που θα χαρακτηί, είναι η γραφική παράσταση του ογκομετρικού βαθμού απόδοσης  $\eta_{ογκο} \%$  συναρτήσει των πειραματικών τιμών της πίεσης  $P$ . Η καμπύλη φαίνεται παρακάτω στο Σχήμα 3.15.

Όπως παρατηρούμε, μέχρι το έβδομο ζεύγος τιμών  $\eta_{ογκο} \%$  -  $P$ , έχουμε μια μικρή μείωση του ογκομετρικού βαθμού απόδοσης με την αύξηση της πίεσης, πράγμα που σημαίνει ότι η αντλία ανταποκρίνεται υδροδυναμικά καλύτερα σε μικρές πιέσεις

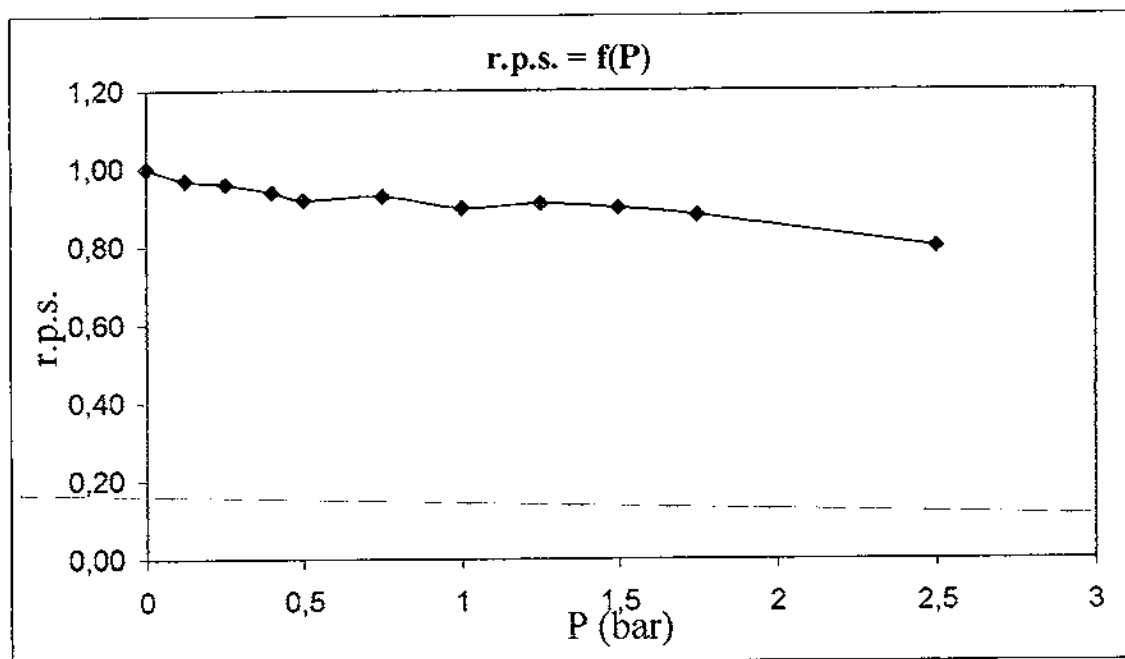


Σχήμα 3.15

από ότι σε μεγαλύτερες. Αυτή η μείωση οφείλεται κυρίως σε μικρές παραμορφώσεις του σωλήνα, κατά την λειτουργία της αντλίας υπό πίεση, οι οποίες μειώνουν τον ενεργό όγκο του σωλήνα.

Από το έβδομο ζεύγος τιμών και μετά έχουμε απότομη μείωση του ογκομετρικού βαθμού απόδοσης με την αύξηση της πίεσης, γεγονός που δικαιολογείται από την αλλαγή συμπεριφοράς της αντλίας που αναλύσαμε παραπάνω.

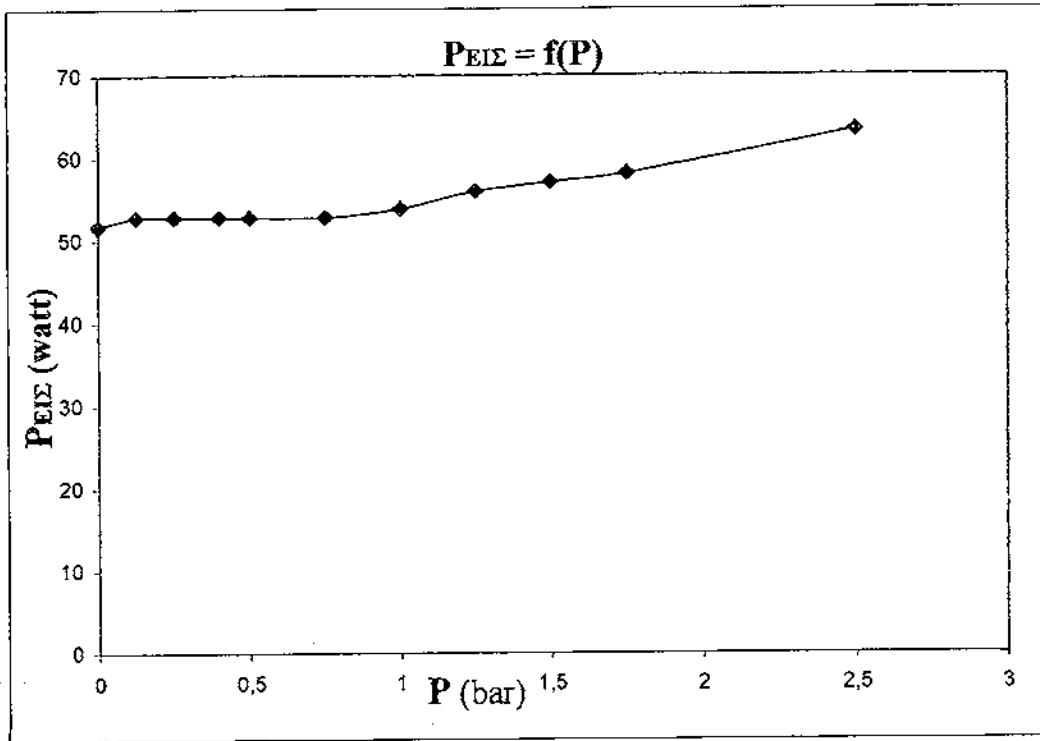
Η τρίτη καμπύλη που θα χαραχτεί, είναι η γραφική παράσταση των στροφών ανά δευτερόλεπτο συναρτήσει των πειραματικών τιμών της πίεσης P. Η καμπύλη φαίνεται παρακάτω στο Σχήμα 3.16.



Σχήμα 3.16

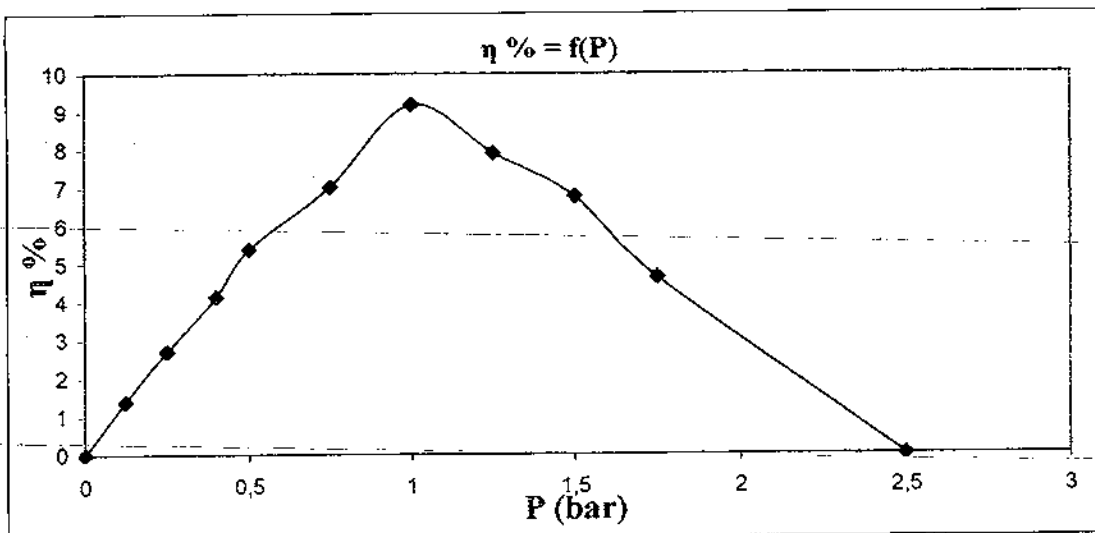
Όπως παρατηρούμε από την παραπάνω καμπύλη, έχουμε πτώση των στροφών της αντλίας με την αύξηση της πίεσης, κάτι απόλυτα φυσιολογικό αφού αύξηση της πίεσης σημαίνει για τον κινητήρα αύξηση του φορτίου του και επομένως μείωση των στροφών του. Όμως αυτή η μείωση των στροφών είναι αρκετά μικρή γιατί ο κινητήρας που χρησιμοποιήσαμε για την εν λόγω αντλία ήταν μεγαλύτερης ισχύος από όσο έπρεπε και κυρίως γιατί περιστρέφει την αντλία μέσω μειωτήρα.

Η τέταρτη καμπύλη που θα χαραχτεί, είναι η γραφική παράσταση της ισχύος εισόδου  $P_{εισ}$  συναρτήσει των πειραματικών τιμών της πίεσης P. Η καμπύλη φαίνεται παρακάτω στο Σχήμα 3.17. Όπως παρατηρούμε με μηδενικό φορτίο πίεσης καταναλώνεται ισχύς 51,7 watt για να αντιμετωπιστούν οι μηχανικές και υδραυλικές απώλειες. Ουσιαστική αύξηση της ισχύος εισόδου αρχίζουμε να έχουμε από το σημείο όπου έχουμε τιμή πίεσης 1 bar, καθώς τότε αρχίζει ο κινητήρας να δέχεται ουσιαστικό για αυτόν φορτίο.



Σχήμα 3.17

Η τελευταία καμπύλη που θα χαραχτεί, είναι η γραφική παράσταση του βαθμού απόδοσης  $\eta\%$  συναρτήσει των πειραματικών τιμών της πίεσης  $P$ . Η καμπύλη φαίνεται παρακάτω στο Σχήμα 3.18. Όπως παρατηρούμε, ο βαθμός απόδοσης αυξάνεται μέχρι την τιμή πίεσης 1 bar, λόγω του ότι ο κινητήρας μέχρι αυτό το σημείο δεν φορτίζεται ουσιαστικά, καθώς η ισχύς εισόδου παραμένει σχεδόν σταθερή ενώ παράλληλα η παροχή μειώνεται ελάχιστα σε σχέση με την αύξηση της πίεσης. Από την τιμή πίεσης 1 bar και μετά, όπου η παροχή μειώνεται απότομα, όπως εξηγήσαμε, χωρίς ταυτόχρονη σημαντική μεταβολή των άλλων μεγεθών, έχουμε μείωση του βαθμού απόδοσης.



Σχήμα 3.18

## Γ. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Κάνοντας μια σύνοψη όλων όσων προηγήθηκαν σχετικά με την κατασκευή μας, πρέπει να πούμε συμπερασματικά, ότι το μοντέλο περισταλτικής αντλίας που κατασκευάστηκε, δεν έχει καλό βαθμό απόδοσης ( $\approx 10\%$ ) σε σύγκριση με άλλους τύπους αντλιών, όπως για παράδειγμα τις φυγοκεντρικές οι οποίες φθάνουν μέχρι και 85% απόδοση. Βέβαια, πρέπει να πούμε ότι αν κατασκευάζαμε την αντλία μας με πιο ακριβά υλικά, όπως ράουλα με ρουλεμάν ή σωλήνα με πιο καλές ιδιότητες, προφανώς θα βελτιώναμε λίγο το βαθμό απόδοσης αλλά θα είχαμε πάλι σημαντική διαφορά στον βαθμό απόδοσης σχετικά με άλλους τύπους αντλιών και παράλληλα σημαντικό κόστος κατασκευής. Όμως παράλα αυτά, το μοντέλο που κατασκευάσαμε, αλλά και γενικότερα οι περισταλτικές αντλίες έχουν τρία πολύ σημαντικά στο πλεονεκτήματα.

Έχουν όπως είδαμε, εύκολη και φθηνή σχετικά κατασκευή. Κανένα από τα μέρη της αντλίας που αγοράσαμε δεν είχε αξιόλογο κόστος ενώ οι κατασκευαστικές επεξεργασίες που χρειάστηκαν ήταν κάποιες απλές μηχανουργικές κατεργασίες, όπως τόννευση, φρεζάρισμα και διάνοιξη οπών.

Επίσης, λόγω του τρόπου λειτουργίας τους, οι περισταλτικές αντλίες έρχονται σε επαφή με το αντλούμενο ρευστό μόνο μέσω του λαστιχένιου σωλήνα τους. Η ιδιότητά τους αυτή τις καθιστά ιδανικές για άντληση χημικών ουσιών, ρευστών τροφίμων αλλά και μεταγγίσεις αίματος, όπου απαιτείται αποφυγή μόλυνσης του ρευστού από την αντλία, αλλά και της αντλίας από το ρευστό.

Τέλος, το μοντέλο που κατασκευάστηκε και κατ' επέκταση οι περισταλτικές αντλίες, έχουν εύκολη συντήρηση καθώς δεν έχουν εσωτερικά εξαρτήματα που απαιτούν αποσυναρμολόγηση της αντλίας για να ελεγχθούν και να αντικατασταθούν. Ακόμη έχουν λίγα κινούμενα μέρη και επομένως μικρή συνολική καταπόνηση τριβών ενώ λόγω των απλών εξαρτημάτων, από τα οποία αποτελούνται, έχουν φθηνά ανταλλακτικά.



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Υδραυλική Ισχύς Θεωρία και πράξη, Κωνσταντίνος Γιαννακόπουλος, εκδόσεις Αθ. Σταμούλη, Αθήνα 1999.
2. Αντλίες, επιμέλεια Χρήστος Ζ. Πούλος, Ευρωπαϊκές Τεχνολογικές εκδόσεις, Αθήνα 1996.
3. [www.google.com/pump history/peristaltic pump/fluid power/pumps](http://www.google.com/pump%20history/peristaltic%20pump/fluid%20power/pumps)