



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**

**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΤΟΜΕΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ**

***Συμβολή στην κατασκευή και εγκατάσταση των Βοηθητικών Κυκλωμάτων του Μονοκύλινδρου Κινητήρα BR500 με ιδιαίτερη έμφαση στα συστήματα Προσαγωγής Αέρα και Εξαγωγής Καυσαερίων.***

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Τοφαρή Πέτρος**

Επιβλέπων : Καθηγητής Χουντάλας Δημήτριος

Αθήνα , Ιούλιος 2008

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος .....	2
Κεφάλαιο 1	
Εισαγωγή .....	3
Κεφάλαιο 2	
Κλίνη Δοκιμών Κινητήρα .....	5
2.1 Περιγραφή της κλίνης δοκιμών .....	5
2.2 Βασικά χαρακτηριστικά της Κλίνης Δοκιμών.....	5
Κεφάλαιο 3	
Κινητήρας .....	7
3.1 Σύνομη περιγραφή του κινητήρα.....	7
3.2 Σύστημα παροχής καυσίμου.....	8
3.3 Περιγραφή των δομικών στοιχείων του κινητήρα.....	11
Κεφάλαιο 4	
Υδραυλική Πέδη.....	17
4.1 Περιγραφή των χαρακτηριστικών της πέδης .....	17
4.2 Περιγραφή της λειτουργίας της υδραυλικής πέδης .....	19
Κεφάλαιο 5.....	21
Σύστημα Εισαγωγής	
5.1 Εισαγωγή.....	21
5.2 Περιγραφή της λειτουργίας του συμπιεστή.....	22
5.3 Περιγραφή των φάσεων λειτουργίας του συμπιεστή.....	23

5.4 Πίνακας ελέγχου συμπίεστή.....	27
5.5 Ρύθμιση και έλεγχος των παραμέτρων λειτουργίας του συμπίεστή μέσω του πίνακα ελέγχου ELEKTRONIKON1.....	30
5.6 Περιγραφή Εξωτερικού Αεριοφυλακίου και εκτίμηση των χαρακτηριστικών του.....	35
Κεφάλαιο6	
Διάταξη Παροχής και Δοσομέτρησης Καυσίμου .....	39
6.1 Περιγραφή της διάταξης .....	39
6.2 Λειτουργία της Διάταξης Παροχής Καυσίμου.....	40
Κεφάλαιο7	
Σύστημα Εξαγωγής.....	44
7.1 Περιγραφή της Διάταξης .....	44
Κεφάλαιο8	
Κύκλωμα Λίπανσης του Κινητήρα.....	50
8.1 Εισαγωγή.....	50
8.2 Προδιαγραφές των κυκλωμάτων Νο1 και Νο2.....	53
8.2.1 Περιγραφή της λειτουργίας του κυκλώματος Νο1.....	54
8.2.2 Περιγραφή της λειτουργίας του κυκλώματος Νο 2.....	58
8.3 Περιγραφή των επιμέρους στοιχείων των κυκλωμάτων ψύξης και λίπανσης .....	63
8.3.1 Χαρακτηριστικά των κυκλωμάτων λίπανσης .....	68
8.3.2 Περιγραφή των πλαισίων στήριξης των κυκλωμάτων λίπανσης.....	70
8.3.2.1 Διαδικασία της κατασκευής των πλαισίων στήριξης .....	71
Κεφάλαιο9	
Κλειστό Κύκλωμα Ψύξης του Κινητήρα.....	72
9.1 Εισαγωγή.....	72
9.2 Περιγραφή της λειτουργίας του κυκλώματος ψύξης .....	74
9.2.1 Περιγραφή των επιμέρους στοιχείων του κυκλώματος .....	75

## Κεφάλαιο10

Ανοιχτό κύκλωμα Ύδατος .....	77
10.1 Περιγραφή του ανοιχτού κυκλώματος Ύδατος.....	77
10.2 Κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του ανοιχτού κυκλώματος Ύδατος .....	78

## Κεφάλαιο11

Συμπεράσματα.....	80
-------------------	----

*.. στην*

*μάνα μου*

*και στον πατέρα μου..*

## Πρόλογος

Αντικείμενο της παρούσης εργασίας είναι ο σχεδιασμός και η κατασκευή του κυκλώματος εναλλαγής αερίων του πειραματικού μονοκύλινδρου κινητήρα της **AVL** ο οποίος βασίζεται στην σειρά **BR500** της **Daimler Benz** (High Efficiency Diesel Engine). Παράλληλα υπήρξε συμβολή και στην τελική προσαρμογή των υποσυστημάτων ψύξης και λίπανσης του κινητήρα. Ο κινητήρας **BR500** βρίσκεται στο εργαστήριο MEK του Τομέα Θερμότητας.

Ο κινητήρας έχει προσαρμοστεί σε κλίνη δοκιμών για να μπορεί να μελετηθεί πειραματικά. Στην εργασία δίνεται μια γενική περιγραφή των κυκλωμάτων που απαρτίζουν την κλίνη δοκιμών και η μελέτη και ανάπτυξη δυο νέων κυκλωμάτων για τον κινητήρα: το κύκλωμα της εξαγωγής για την απαγωγή των καυσαερίων και το κύκλωμα παροχής αέρα για την τροφοδοσία του κινητήρα.

Στα πλαίσια της παρούσης εργασίας κατασκευάστηκε εξολοκλήρου το κύκλωμα της εξαγωγής καυσαερίων ενώ για το σύστημα εισαγωγής έγινε εκτίμηση των κύριων χαρακτηριστικών του.

Η μελέτη και η ανάπτυξη των δύο κυκλωμάτων έγινε κάτω από την εποπτεία του καθηγητού κ. Δημήτριου Χουντάλα.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κύριο Χουντάλα τόσο για την παρότρυνση του να ασχοληθώ με το θέμα αυτό, όσο και την πολύτιμη του καθοδήγηση κατά την διάρκεια της εκπόνησης της εργασίας. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω το τεχνικό προσωπικό του εργαστηρίου MEK με την συνεργασία του οποίου κατέστη εφικτή η ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας και συγκεκριμένα τον κύριο Ανδρέα και Ευάγγελο Κανιαρζή και τον κύριο Γιώργο Νέζη.

Σκοπός της παρούσης εργασίας είναι ο σχεδιασμός και η κατασκευή του κυκλώματος εναλλαγής αερίων του πειραματικού μονοκύλινδρου κινητήρα της **AVL** ο οποίος βασίζεται στην σειρά **BR500** της **Daimler** και της διάταξης αυτού στις εγκαταστάσεις του εργαστηρίου μηχανών εσωτερικής καύσης. Η **AVL** ανέλαβε στα πλαίσια του ερευνητικού προγράμματος **HEDE** να σχεδιάσει έναν μονοκύλινδρο τετράχρονο κινητήρα diesel με κύριο χαρακτηριστικό η μέγιστη πίεση καύσης να αγγίζει τα 280bar. Αυτό έγινε για να αναπτυχθεί ένας κινητήρας με μεγάλο βαθμό απόδοσης και συγκέντρωση ισχύος.

Ο συγκεκριμένος κινητήρας βασίζεται στη σειρά **500** της **Daimler Benz** (High Efficiency Diesel Engine-Υψηλής Απόδοσης Κινητήρας Diesel).

Λόγο των πειραματικών του προδιαγραφών τα επιμέρους κυκλώματα και συστήματα του κινητήρα έχουν απομονωθεί απ' αυτόν. Αυτό έγινε για να μπορεί να μελετηθεί ανεξάρτητα ο κινητήρας από τους μηχανισμούς και τα συστήματα που τον υποστηρίζουν. Με αυτό το τρόπο ο μελετητής μπορεί να πειραματιστεί με τον κινητήρα μεταβάλλοντας κάθε φορά την παράμετρο που τον ενδιαφέρει και να βλέπει πως αυτή επηρεάζει τις επιδόσεις του κινητήρα. Στον συγκεκριμένο κινητήρα υπάρχουν ως ανεξάρτητα τα ακόλουθα υποσυστήματα :

- Μηχανισμός υπερπλήρωσης
- Σύστημα λίπανσης
- Σύστημα ψύξης

Οι μονοκύλινδροι κινητήρες ενδείκνυνται για πειραματική διεύρυνση διότι έχουν τα ακόλουθα πλεονεκτήματα :

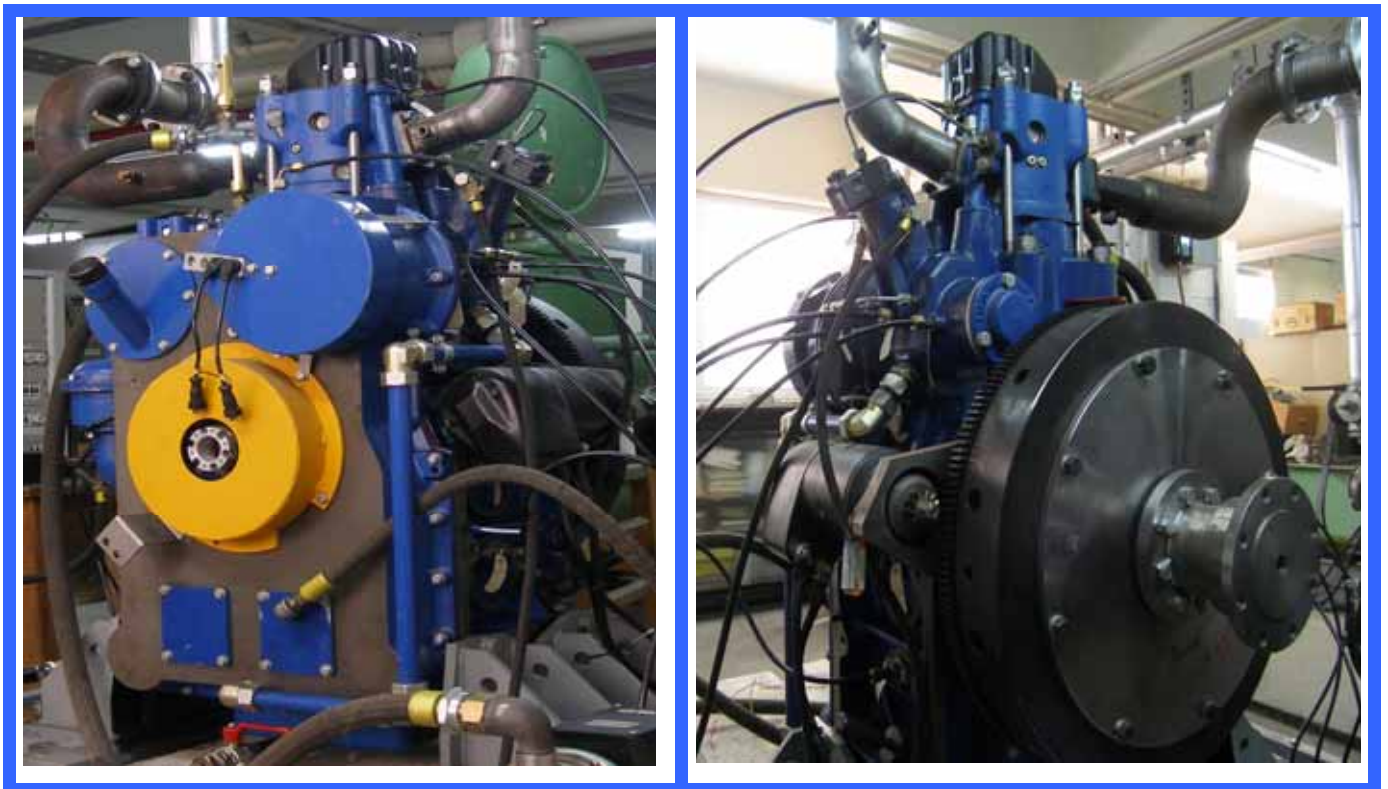
- Μελετώντας ένα κύλινδρο μπορούμε εύκολα να μελετήσουμε και να βγάλουμε συμπεράσματα και για ένα κινητήρα παραγωγής χωρίς να απαιτείται η κατασκευή του.
- Δεν υφίστανται διαφορές από κύλινδρο σε κύλινδρο. Οι αναπόφευκτες ανοχές κατασκευής και συναρμολογήσεως προκαλούν διαφορές στις

επιδόσεις μεταξύ των κυλίνδρων (οφειλόμενες π.χ. σε διαφορές στο βαθμό συμπίεσης, το χρονισμό των βαλβίδων, κλπ) που επηρεάζουν τα αποτελέσματα των μετρήσεων.

- Δεν υφίσταται ανομοιομορφία στην παροχή καυσίμου. Στα συστήματα με έγχυση καυσίμου είναι δύσκολη η ομοιόμορφη βαθμονόμηση των αντλιών και των εγχυτήρων.

Κατά συνέπεια ο μονοκύλινδρος κινητήρας προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα για πειραματική διερεύνηση.

Ο συγκεκριμένος κινητήρας παρουσιάζεται στις εικόνες 1 και 2 πιο κάτω :



**Εικόνα1 και 2 : Ο κινητήρας BR500 εγκατεστημένος στην κλίνη δοκιμών.**



➤ **2.1 Περιγραφή της κλίνης δοκιμών**

Για να μπορεί να μελετηθεί ο κινητήρας τοποθετείτε σε μία εγκατάσταση η οποία ονομάζεται κλίνη δοκιμών. Η συγκεκριμένη κλίνη δοκιμών αναπτύχθηκε στο εργαστήριο ΜΕΚ και σ' αυτή συμπεριλαμβάνονται τα κυκλώματα και συστήματα τα οποία είναι απαραίτητα για την λειτουργία του κινητήρα. Στην παρούσα κλίνη δοκιμών ο κινητήρας τοποθετείτε σε κατάλληλα σχεδιασμένη βάση, και συνδέεται με υδραυλική πέδη, η οποία απορροφά την ισχύ του κινητήρα. Αυτό επιτυγχάνεται από την πέδη διότι η τελευταία επιβάλλει μια αντίσταση στην περιστροφή του κινητήρα μετατρέποντάς την ισχύ που παραλαμβάνει σε θερμική.

Συγκεκριμένα η κλίνη αποτελείται από :

- Τη διάταξη παροχής καυσίμου
- Το σύστημα ψύξης
- Το μηχανισμό και τη διάταξη παροχής αέρα
- Τη διάταξη εξαγωγής καυσαερίων
- Το σύστημα λίπανσης
- Τα μετρητικά όργανα

➤ **2.2 Βασικά χαρακτηριστικά της Κλίνης Δοκιμών**

- **Κύκλωμα παροχής αέρα:** Το κύκλωμα αυτό χρησιμοποιείτε για την παροχή συμπιεσμένου αέρα στην είσοδο του κινητήρα. Σε μονοκύλινδρους κινητήρες δεν τοποθετείτε συνήθως υπερπληρωτής για λειτουργικούς λόγους. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιείτε εξωτερική διάταξη που βασίζεται σε μηχανικό συμπιεστή. Αυτή η λύση χρησιμοποιείτε και εδώ.

- **Εξωτερικά κυκλώματα λίπανσης:** Τα κυκλώματα αυτά είναι υπεύθυνα για την λίπανση των δομικών στοιχείων του κινητήρα καθώς και για την ψύξη του κάτω μέρους του κυλίνδρου του κινητήρα. Λόγω της ιδιαιτερότητας του κινητήρα να αναπτύσσει υψηλές πιέσεις καύσης, έχουν κατασκευαστεί για την σωστή λίπανση του δύο κυκλώματα λίπανσης.
  
- **Κλειστό κύκλωμα κυκλοφορίας ύδατος:** Το κύκλωμα αυτό είναι υπεύθυνο για την ψύξη του άνω μέρους του κυλίνδρου και της κυλινδροκεφαλής του κινητήρα. Στο συγκεκριμένο κινητήρα δεν υπάρχει εγκατάσταση κυκλώματος κυκλοφορίας ύδατος όπως συμβαίνει σε κάθε υδρόψυκτο κινητήρα, οπότεν έχει κατασκευαστεί γι' αυτόν ένα εξωτερικό κύκλωμα κυκλοφορίας ύδατος.
  
- **Ανοιχτό κύκλωμα κυκλοφορίας ύδατος:** Πέραν του κλειστού κυκλώματος κυκλοφορίας ύδατος έχει κατασκευαστεί ένα ανεξάρτητο ανοιχτό κύκλωμα κυκλοφορίας ύδατος, το οποίο είναι υπεύθυνο για την τροφοδοσία της πέδης με νερό. Το νερό στην πέδη χρησιμοποιείται σαν εργαζόμενο μέσο. Επίσης το ανοιχτό κύκλωμα τροφοδοτεί με νερό τα ψυγεία ελαίου των 2 εξωτερικών κυκλωμάτων λίπανσης στα οποία το νερό χρησιμοποιείται ως ψυκτικό μέσο .
  
- **Ηλεκτρικό κύκλωμα τροφοδοσίας της εγκατάστασης:** το ηλεκτρικό κύκλωμα τροφοδοτεί τις ηλεκτρικές συσκευές της κλίνης δοκιμών. Οι συσκευές αυτές είναι: οι κινητήρες των αντλιών λίπανσεως ,οι ηλεκτρικοί εναλλάκτες θερμότητας ,ο κινητήρας του ανεμιστήρα στο ψυγείο ψύξης νερού και ο κινητήρας της αντλίας νερού στο κλειστό κύκλωμα ύδατος .

**3.1 Σύντομη περιγραφή του κινητήρα**

Ο **BR500** είναι ένας τετράχρονος κινητήρας που βασίζεται στη σειρά της **Daimler Benz**. Αυτό που κάνει ιδιαίτερο τον συγκεκριμένο κινητήρα είναι η υψηλή απόδοση του, σε αναλογία με τον όγκο εμβολισμού του. Η υψηλή απόδοση του επιτυγχάνεται λόγω της μέγιστης πίεσης καύσης που αναπτύσσεται στον θάλαμο καύσης η οποία αγγίζει τα 280bar.

Με όγκο εμβολισμού τα 1,99 l και την μέγιστη πίεση καύσης στα 280 bar , ο **BR500** φτάνει να έχει μέγιστη ισχύ λειτουργίας 52 kw. Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του κινητήρα είναι 130mm διάμετρος εμβόλου και 150mm η διαδρομή του εμβόλου. Η μέγιστη ταχύτητα περιστροφής του κινητήρα περιορίζεται στις 2400RPM. Πέραν αυτών των στροφών αρχίζουν να εμφανίζονται δυναμικά φαινόμενα στις βαλβίδες που προκαλούν αρρυθμίες στην λειτουργία τους. Ο κινητήρας είναι υδρόψυκτος και η ψύξη του γίνεται από το κλειστό κύκλωμα κυκλοφορίας ύδατος που έχει κατασκευαστεί στην κλίνη δοκιμών. Στον πίνακα 1 δίνονται τα χαρακτηριστικά του κινητήρα.

Χαρακτηριστικά κινητήρα	
Τύπος	Μονοκύλινδρος τετράχρονος κινητήρας
Μέγιστη ταχύτητα περιστροφής	2400 rpm
Μέγιστη πίεση καύσης	280 bar
Διάμετρος εμβόλου	130 mm
Διαδρομή εμβόλου	150 mm
Όγκος εμβολισμού	1,99 lt
Μέγιστη ισχύς	52 kW

### ➤ 3.2 Σύστημα παροχής καυσίμου

Για το σύστημα έγχυσης καυσίμου η διάταξη της αντλίας είναι παρόμοια με την **MB500**. Η ρύθμιση του παλμού έγχυσης του καυσίμου γίνεται με ειδικό λογισμικό, το **CONAS 1.7.9**.

Η συγκεκριμένη αντλία που είναι τοποθετημένη στον κινητήρα είναι εμβολοφόρος αντλία. Εμβολοφόρες αντλίες ονομάζονται οι αντλίες των οποίων η παροχή και η ανάπτυξη πίεσης του καυσίμου στον ακροφύσιο, γίνεται με την βοήθεια της παλινδρόμησης ενός εμβόλου. Στον κινητήρα **BR500** η παλινδρόμηση του εμβόλου της αντλίας πετρελαίου επιτυγχάνεται μέσω του εκκεντροφόρου άξονα του κινητήρα.

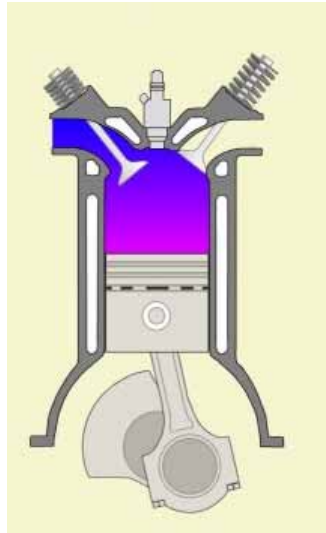
Η έγχυση του καυσίμου ελέγχεται μέσω μιας ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας η οποία βρίσκεται στην έξοδο τα αντλίας πετρελαίου. Η βαλβίδα αυτή ενεργοποιείται μέσω του προγράμματος **CONAS 1.7.9**. Λαμβάνοντας υπόψη την θέση και την ταχύτητα του εμβόλου, το CONAS μπορεί να μεταβάλει την στιγμή έναρξης του παλμού έγχυσης καθώς και την διάρκεια αυτού. Η έγχυση αρχίζει μόλις ανοίξει η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα σε μία συγκεκριμένη θέση του εμβόλου του κινητήρα κατά την άνοδό του προς το ΑΝΣ.

Για τον έλεγχο της θέσης του εμβόλου του κινητήρα στο μπροστινό μέρος του εκκεντροφόρου έχει προσαρμοστεί συσκευή χρονισμού η οποία δίνει το σήμα χρονισμού στην είσοδο του **CONAS**.

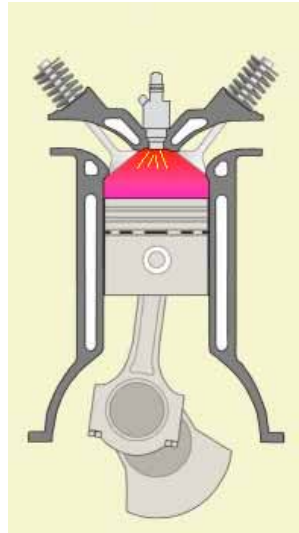
Παρακάτω δίνονται τα χαρακτηριστικά του συστήματος παροχής καυσίμου:

- Η αντλία του κινητήρα έχει κωδικό **SE 5000**.
- Μέγιστη ανύψωση βελόνας του εγχυτήρα είναι 0.25mm.
- Το ακροφύσιο έχει παροχή 1614ml/min στα 100 bar πίεσης .

Στις παρακάτω εικόνες παρουσιάζονται διαγραμματικά οι φάσεις λειτουργίας του κινητήρα. Στις εικόνες 3.1.β , 3.1.γ , 3.1.δ φαίνεται παραστατικά η έγχυση του καυσίμου.



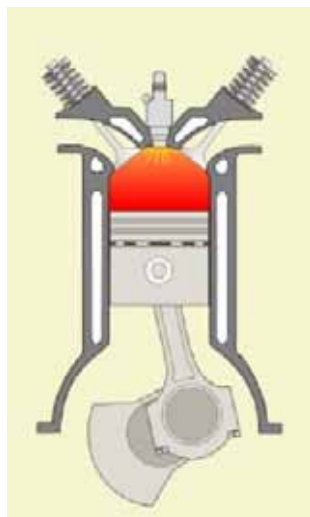
3.α



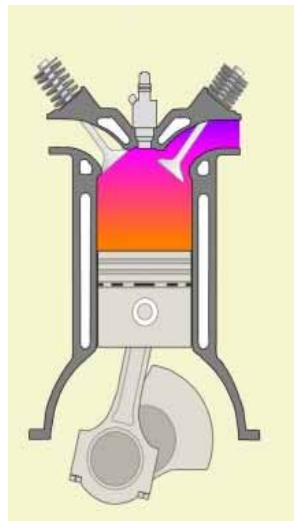
3.β



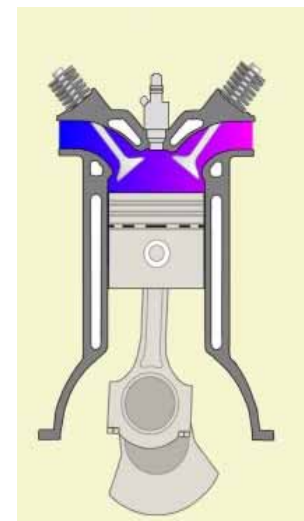
3.γ



3.δ



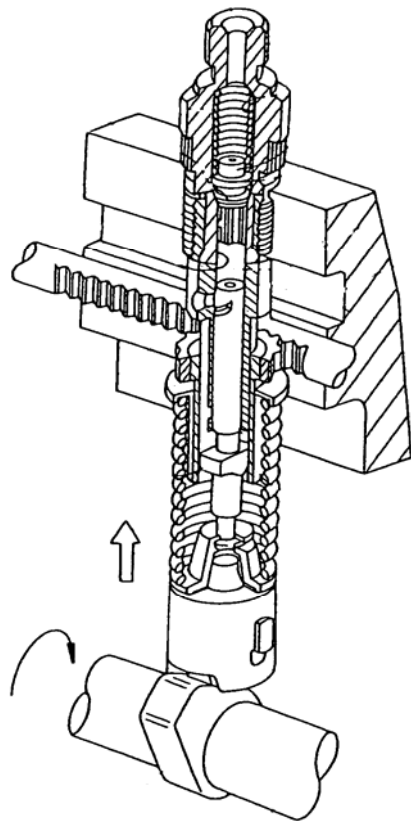
3.ε



3.ζ

**Εικόνα 3.1. Διαγραμματική λειτουργία του κινητήρα.**

Στην παρακάτω εικόνα 3.2 φαίνεται σε τομή μία εμβολοφόρος αντλία πετρελαίου. Επίσης στην εικόνα φαίνεται η παλινδρόμηση του εμβόλου που επιβάλλεται από τον εκκεντροφόρο.

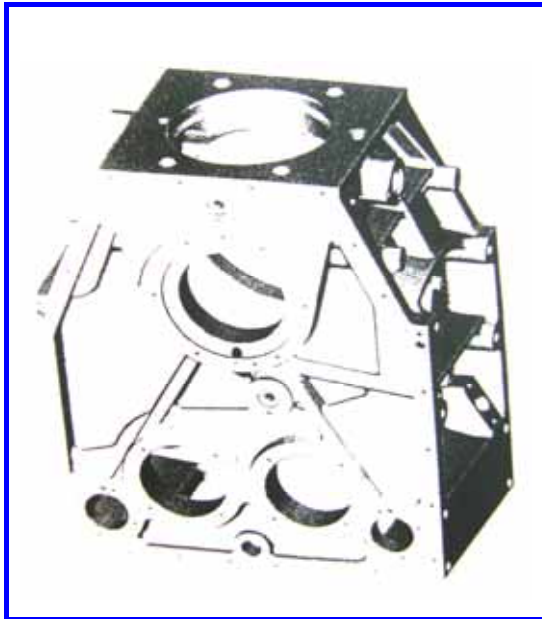


**Εικόνα 3.2. Εμβολοφόρος αντλία πετρελαίου.**

### ► 3.3 Περιγραφή των Δομικών Στοιχείων του Κινητήρα

#### ► ΣΩΜΑ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ

Το σώμα του κινητήρα, έχει ενισχυθεί για να αντέχει στα αυξημένα φορτία



που προέρχονται από τις μεγάλες πιέσεις της καύσης. Τα φορτία που ασκούνται στο έμβολο του κινητήρα καταπονούν σε μεγάλο βαθμό τις εδράσεις του στροφάλου. για τον λόγο αυτό η διάμετρος των εδράνων στροφάλου έχει αυξηθεί στα 135mm. Για τον ίδιο λόγο η δομή ανάμεσα στα έδρανα στροφάλου ως την φλάντζα του κυλίνδρου έχει ενισχυθεί με «νεύρα» και το πάχος των τοιχωμάτων έχει αυξηθεί.

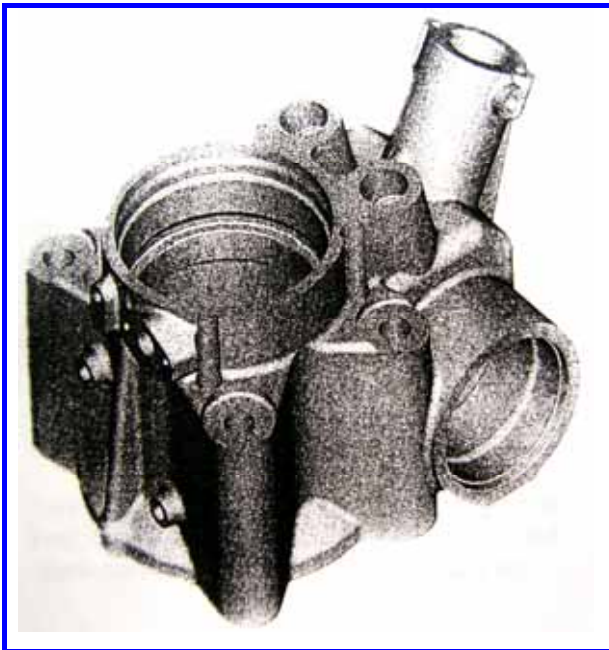
Η θέση που τοποθετείται το πίσω έδρανο στροφάλου έχει επίσης ενισχυθεί.

#### ► ΧΙΤΩΝΙΟ ΚΥΛΙΝΔΡΟΥ

Το χιτώνιο του κυλίνδρου είναι ένα από τα δομικά στοιχεία του κινητήρα που υπόκειται σε μεγάλη καταπόνηση από τις τάσεις και τα θερμικά φορτία που αναπτύσσονται στα τοιχώματα του κατά την διάρκεια της καύσης. Το χιτώνιο σχεδιάστηκε με τέτοιο τρόπο ώστε να εξασφαλίζετε η βέλτιστη δυνατή ψύξη του άνω μέρους του, για την απαγωγή των θερμικών φορτίων καθώς επίσης και η αντοχή του στις αναπτυσσόμενες τάσεις από τις ψηλές πιέσεις της καύσης.

### ► ΣΩΜΑ ΚΥΛΙΝΔΡΟΥ

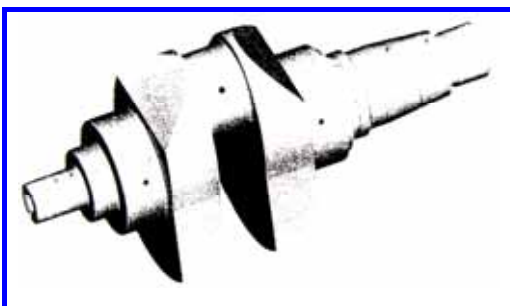
Το μπλοκ του κυλίνδρου είναι το δομικό στοιχείο του κινητήρα πάνω στο



οποίο είναι προσαρτημένες οι εδράσεις του εκκεντροφόρου και γενικά αποτελεί την βάση στήριξης του χιτωνίου. Ο εκκεντροφόρος του κινητήρα έχει επανασχεδιαστεί οπότεν ήταν επιτακτική ανάγκη ο επανασχεδιασμός των εδράσεων του εκκεντροφόρου και των οδηγών για την κίνηση των βαλβίδων. Μέσο του μπλοκ του κυλίνδρου επιτυγχάνεται η σωστή ψύξη του χιτωνίου του κινητήρα στα εξωτερικά του τοιχώματα.

### ► ΣΤΡΟΦΑΛΟΦΟΡΟΣ ΑΞΟΝΑΣ

Στην εικόνα φαίνεται ο στρόφαλοφόρος άξονας του κινητήρα. Η παραλαβή



έργου από τον κινητήρα όπως σχεδόν και σε κάθε κινητήρα γίνεται μέσο του στρόφαλου (crankpin) και γι' αυτό το λόγο κατασκευάζεται από πολύ ισχυρά υλικά. Το υλικό κατασκευής του στρόφαλου είναι το **34CrNiMo6**. Ο στρόφαλος εδράζεται στο σώμα του κινητήρα και πάνω σ' αυτόν προσδένεται ο διωστήρας όπου με την συνεργασία τους επιτυγχάνεται η μετατροπή της εμβολικής κίνησης σε περιστροφική. Το κομβίο του στρόφαλου έχει διάμετρο 100mm.



## ► ΔΙΩΣΤΗΡΑΣ



Ο δωστήρας είναι του συγκεκριμένου κινητήρα είναι διαιρούμενος με οριζόντιο χώρισμα για να μπορεί να συναρμολογείτε μαζί με το στρόφαλο. Ο δακτύλιος έδρασης του στο στρόφαλο συνδέεται με το κυρίως σώμα με 4 κοχλίες. Για την λίπανση του εδράνου ολίσθησης παρέχεται μία σταθερή πίεση ελαίου μέσω του στρόφαλου. Κατά την αποσυναρμολόγησή του δωστήρας αποσυναρμολογείται μαζί με το χιτώνιο. Για να αντέχει στα αυξημένα φορτία ο δωστήρας έχει φτιαχτεί το υλικό **34 Cr 4**.

## ► ΕΜΒΟΛΟ



Η σχεδίαση του εμβόλου είναι υψηλής σημασίας λόγο αναπτύσσονται πάνω σ' αυτό υψηλές πιέσεις και μεγάλα θερμικά φορτία κατά την διάρκεια της καύσης. Το έμβολο του κινητήρα είναι σχεδιασμένο για να αντέχει σε μέγιστη πίεση καύσης 300bar. Λόγο της μεγάλης πίεσης αυτής η διαμόρφωση της επιφάνειάς του συντελεί στη μείωση της κάμψης της κεφαλής του. Για να ενισχυθεί η αντοχή του εμβόλου η κεφαλή του που κατασκευάστηκε είναι χαλύβδινη και η ποδιά από αλουμίνιο (για μείωση βάρους).

## ► ΚΥΛΙΝΔΡΟΚΕΦΑΛΗ

Η κεφαλή του κυλίνδρου είναι παρόμοια με αυτήν του κινητήρα **Daimler Benz**



**500.** Η διάταξη των βαλβίδων και η θέση των θυρίδων (οι οποίες έχουν νέο σχήμα) διατηρήθηκαν ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν ανταλλακτικά από τον κινητήρα παραγωγής. Η όλη κατασκευή είναι ενισχυμένη για να αντέξει τόσο στην αυξημένη πίεση καύσης όσο και στην υψηλή θερμοκρασία. Στο θάλαμο καύσης έχει διαμορφωθεί μια κοιλότητα που συντελεί στη μείωση της θερμοκρασίας μεταξύ των εδρών των βαλβίδων και σε χρησιμοποίηση λιγότερου υλικού. Το υλικό της κατασκευής της κεφαλής είναι το GGG40.

## ► ΕΚΚΕΝΤΡΟΦΟΡΟΣ ΑΞΟΝΑΣ

Στον εκκεντροφόρο άξονα του κινητήρα είναι προσαρτημένα τα έκκεντρα της κίνησης των βαλβίδων εισαγωγής και εξαγωγής καθώς επίσης και το έκκεντρο κίνησης της αντλίας πετρελαίου.



Για να αυξηθεί ο βασικός κύκλος για το έκκεντρο έγχυσης, έχει αυξηθεί κατά 10mm η κάθετη απόσταση εκκεντροφόρου στροφαλοφόρου. Λόγο της κάθετης αύξησης αυτής το προφίλ των έκκεντρων επανασχεδιάστηκε για να αποτραπεί σύγκρουση των βαλβίδων με το έμβολο.

Στο μπροστινό μέρος του εκκεντροφόρου έχει προσαρμοστεί η συσκευή χρονισμού του συστήματος ελέγχου της εγχύσεως του καυσίμου.

## ► ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΒΑΛΒΙΔΩΝ

Ο κινηματικός μηχανισμός έχει διατηρηθεί σχεδόν αυτούσιος με την **Daimler**



**Benz 500**. Ο κινηματικός μηχανισμός του κινητήρα είναι υπεύθυνος για τον συγχρονισμό των βαλβίδων και την ταυτόχρονα την συγχρονισμένα λειτουργία της αντλίας πετρελαίου. Στην προκειμένη περίπτωση επειδή είχε αλλάξει η απόσταση εκκεντροφόρου στροφαλοφόρου, για λειτουργικούς λόγους κρίθηκε απαραίτητο να γίνουν οι ακόλουθες αλλαγές : Τα ωστήρια που κινούν τα ζύγωθρα κόντυναν και οι βαλβίδες ενισχύθηκαν για να αντέχουν σε υψηλότερη πίεση και θερμοκρασία και το μήκος του στελέχους της αυξήθηκε. Η γωνία των εδρών μειώθηκε για να αντέξει τα αυξημένα φορτία (20° και 30° για εισαγωγή και εξαγωγή αντίστοιχα). Λόγο της αλλαγής του μήκους του στελέχους των βαλβίδων τα ελατήρια των βαλβίδων επανασχεδιάστηκαν σε μεγαλύτερη κλίμακα.. Τα ζύγωθρα επανασχεδιάστηκαν εξαιτίας της αύξησης της διαμέτρου της στεφάνης των βαλβίδων.

**➤ 4.1 Περιγραφή των χαρακτηριστικών της πέδης**

Η πέδη που χρησιμοποιείται στην κλίνη δοκιμών είναι υδραυλικού τύπου. Παρακάτω παρατίθεται ο τρόπος λειτουργίας, σχεδιαγράμματα και εικόνες που επεξηγούν τη συγκεκριμένη διάταξη και καθιστούν εμφανή ορισμένα από τα πλεονεκτήματά της. Τα πλεονεκτήματα των υδραυλικών πεδών σε σχέση με τον άλλο ευρέως χρησιμοποιούμενο τύπο – τις ηλεκτρικές – είναι τα ακόλουθα:

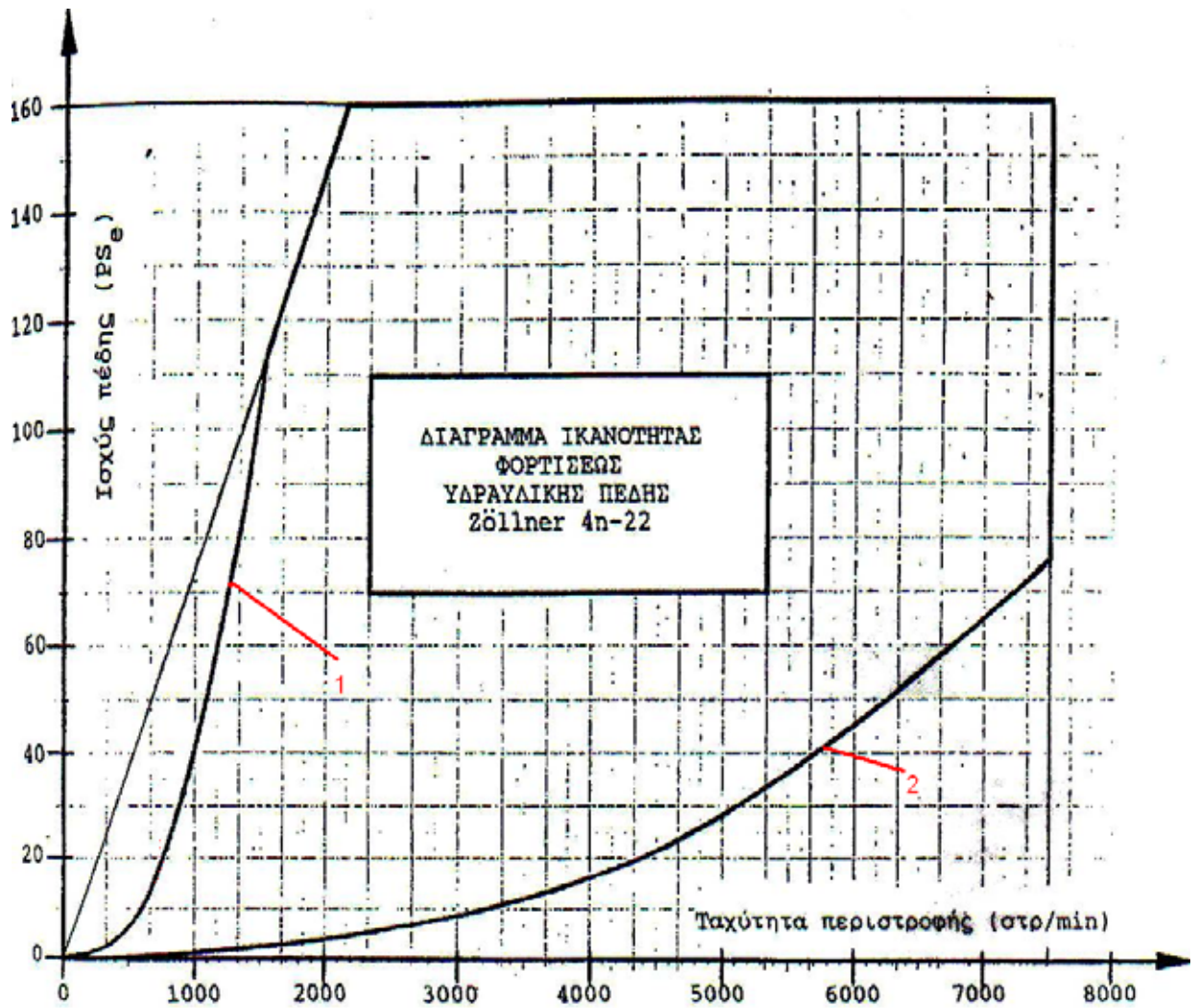
- Έχουν μικρότερη αδράνεια. Έτσι είναι κατάλληλες για δοκιμές επιταχύνσεως χωρίς να παρουσιάζουν προβλήματα στρεπτικών ταλαντώσεων.
- Έχουν χαμηλότερη δαπάνη κτήσεως.
- Εμφανίζουν μία πολύ απότομη χαρακτηριστική ισχύος, γεγονός που τις καθιστά σταθερές για τη λειτουργία και τον έλεγχο μηχανών εσωτερικής καύσης.

Συγκριτικό μειονέκτημά τους είναι η μη δυνατότητα εκκινήσεως και ετεροκινήσεως του κινητήρα.

Στη συγκεκριμένη κλίνη δοκιμών χρησιμοποιείται η πέδη **Zoellner** τύπου **4n22** με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

Μέγιστη απορροφούμενη ισχύς	$P_{max} = 300 \text{ PSe}$
Ελάχιστη ταχύτητα περιστροφής	$R_{rpm} (\text{min}) = 900$
Μέγιστη ταχύτητα περιστροφής	$R_{rpm} (\text{max}) = 6000$

Στη συνέχεια δίνεται το διάγραμμα φόρτισης της πέδης εικόνα 4.1:



**Εικόνα 4.1. Διάγραμμα ικανότητας φορτίσεως Υδραυλικής Πέδης.**

Ο κλάδος 1 δίνει το διάγραμμα της πέδης σε κατάσταση ελέγχου φορτίου, ενώ ο κλάδος 2 δίνει το διάγραμμα της πέδης σε κατάσταση ελέγχου ταχύτητας.

## ➤ 4.2 Περιγραφή της λειτουργίας της υδραυλικής πέδης

Γενικότερα μία πέδη μπορεί να τεθεί είτε σε κατάσταση ελέγχου ταχύτητας περιστροφής, είτε σε κατάσταση ελέγχου φορτίου (στρεπτική ροπή). Κατά την επιλογή ελέγχου ταχύτητας, η πέδη εφαρμόζει κάθε φορά το απαιτούμενο φορτίο για τη διατήρηση μιας σταθερής ταχύτητας περιστροφής. Αντιθέτως κατά την επιλογή ελέγχου φορτίου, η πέδη διατηρεί μία συγκεκριμένη ροπή ανεξάρτητα από την ταχύτητα περιστροφής του κινητήρα.

Το εργαζόμενο μέσο στην συγκεκριμένη υδραυλική είναι το νερό. Στις υδραυλικές πέδες (fluid brakes), το νερό αποτελεί συγχρόνως το εργαζόμενο και το ψυκτικό μέσο.

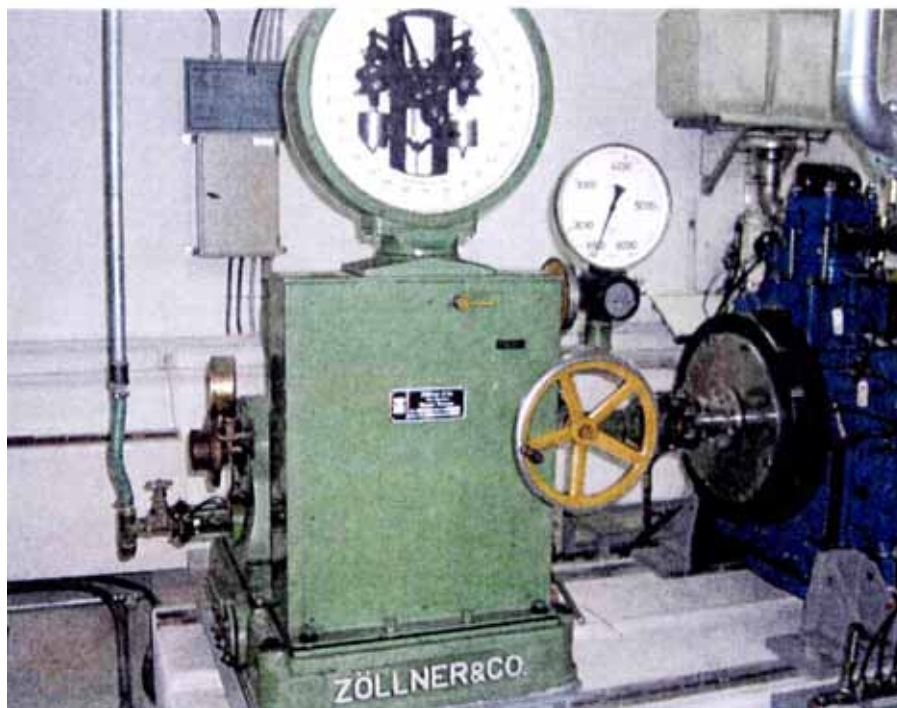
Το νερό αρχικά είναι εγκλωβισμένο μεταξύ των ημιελλειπτικών κοιλοτήτων του ρότορα και στάτη. Μόλις ο κινητήρας τεθεί σε λειτουργία, ο ρότορας ο οποίος είναι συνδεδεμένος με την άτρακτο της πέδης, αρχίζει να περιστρέφεται. Το νερό αρχίζει να φυγοκεντρίζεται και να μεταβαίνει από τις κοιλοότητες του ρότορα στις κοιλοότητες του στάτορα. Μέσα στους χώρους αυτούς το νερό στροβιλίζεται εντόνως μεταβάλλοντας με ισχυρές δίνεις την ορμή του, καθώς κινείται από την περιφέρεια των κοιλοτήτων του ρότορα προς τις αντίστοιχες κοιλοότητες των δίσκων του στάτη και επιστρέφοντας πάλι (δια του πλησιέστερου προς τον άξονα σημείου) στις κοιλοότητες του δρομέα, έχοντας μειωμένη ταχύτητα. Ο ρότορας όμως εξακολουθώντας να περιστρέφεται από τον κινητήρα τείνει να μεταβάλει την κατεύθυνση του διανύσματος της στροφορμής του νερού μέσα στις κοιλοότητες.

Έχοντας μεταβολή της ορμής μέσα στις κοιλοότητες, αρχίζουν τότε να αναπτύσσονται ίσες και αντίθετες δυνάμεις (ροπές) στον ρότορα και τον στάτη. Μέσο του στάτη που αποτελεί το ταλαντούμενο κέλυφος της πέδης με σχετικό μοχλοβραχίονα γίνεται η μέτρηση της ροπής, που εφαρμόζεται στο συγκεκριμένο φορτίο από τον κινητήρα. Δηλαδή εμείς προσπαθούμε να διατηρήσουμε την πέδη οριζόντια ασκώντας ροπή ίση με αυτήν με τη οποία ο κινητήρας προσπαθεί να συμπαρασύρει το κέλυφος. Η ωφέλιμη (πραγματική) ισχύς του κινητήρα μετατρέπεται σε θερμότητα, λόγω τριβής (διατμητικών τάσεων) των μορίων του νερού με στέρεες επιφάνειες και λόγω της αλλαγής της ορμής του νερού (ισχυρή τυρβώδης διεργασία). Η τροφοδοσία του νερού

γίνεται δια σωληνώσεως, μέσα από μικρές οπές στο πίσω μέρος των κοιλοτήτων των δίσκων του στάτη.

Η ρύθμιση της ισχύος που μπορεί να απορροφηθεί, γίνεται με τη βοήθεια του στάτορα. Ο στάτορας έχει την μορφή δύο σιαγόνων (υδατοφράκτες) που μπορούν να πλησιάζουν ή να απομακρύνονται περιβάλλοντας το ρότορα, επιτρέποντας έτσι τη δημιουργία στροβιλισμών του νερού σε λιγότερες ή περισσότερες ελλειψοειδείς κοιλότητες, αντιστοίχως και άρα επιτυγχάνοντας μικρότερη ή μεγαλύτερη απορρόφηση ισχύος αντίστοιχα.

Στην εικόνα 4.2 φαίνεται η υδραυλική πέδη του κινητήρα:



**Εικόνα 4.2.** Η υδραυλική πέδη της κλίνης δοκιμών συνδεδεμένη με τον κινητήρα.



## ➤ 5.1 Εισαγωγή

Όπως έχει προαναφερθεί ο συγκεκριμένος κινητήρας είναι υπερπληρωμένος. Η μονάδα παροχής συμπιεσμένου αέρα κατασκευάστηκε έτσι ώστε να καλύψει την ανάγκη υπερπλήρωσης του κινητήρα. Η υπερπλήρωση του κινητήρα δεν μπορούσε να ικανοποιηθεί από ένα απλό υπερπληρωτή, επειδή ο κινητήρας είναι μονοκύλινδρος. Αυτό συμβαίνει γιατί ο μονοκύλινδρος κινητήρας δεν μπορεί να παρέχει σταθερή πίεση στην έξοδο των καυσαερίων του, πράγμα το οποίο θα προκαλούσε αρρυθμίες στην λειτουργία του υπερπληρωτή. Πέραν τούτου, με ένα απλό υπερπληρωτή θα υπήρχε δυσκολία επίτευξης της απαιτούμενης παροχής με τα χαρακτηριστικά που θέλουμε. Για αυτό το λόγο επιλέχθηκε η χρήση ενός εξωτερικού συμπιεστή που να καλύπτει τις ανάγκες του κινητήρα.

Η συμπίεση και η παροχή αέρα επιτυγχάνεται με την βοήθεια ενός συμπιεστή. Ο πεπιεσμένος αέρας φτάνει στον κινητήρα μέσω μίας διάταξης αγωγών και ενός αεριοφυλακίου. Η συγκεκριμένη διάταξη των αγωγών και το αεριοφυλάκιο δεν υπήρχαν αλλά κατασκευάστηκε στα πλαίσια της παρούσας εργασίας. Εδώ πρέπει να διευκρινίσουμε ότι στην συγκεκριμένη διάταξη υπάρχουν δύο αεριοφυλάκια. Το εσωτερικό αεριοφυλάκιο και το εξωτερικό.

Το εξωτερικό αεριοφυλάκιο είναι αυτό που βρίσκεται στην έξοδο του συμπιεστή και το τελευταίος σταθμός του πεπιεσμένου αέρα πριν αυτός διοχετευτεί στον κινητήρα. Το εσωτερικό αεριοφυλάκιο βρίσκεται μέσα στον συμπιεστή.

Η επιλογή του συμπιεστή έγινε βάση των απαιτήσεων σε αέρα του πειραματικού κινητήρα της εγκατάστασης μας. Ο πρότυπος κινητήρας της **AVL** έχει απαιτήσεις σε παροχή αέρα **300 m<sup>3</sup>/h** και μέγιστη πίεση παροχής **3,2 bar** με συνθήκες αναφοράς θερμοκρασία **20°C** και πίεση **1bar**. Ο συμπιεστής που επιλέχθηκε για την εγκατάσταση είναι ο **GA-30** της **Atlas Copco**.

Στην εικόνα 5.1 παρουσιάζεται ο συμπιεστής της εγκατάστασής.



**Εικόνα 5.1. Συμπιεστής της εγκατάστασης.**

## ➤ **5.2 Περιγραφή της λειτουργίας του συμπιεστή**

Ο συμπιεστής της εγκατάστασης μας είναι τύπου κοχλία. Οι περιστρεφόμενοι κοχλιωτοί άξονες του συμπιεστή καθώς περιστρέφονται μεταξύ τους συμπιέζουν τον αέρα και να τον οδηγήσουν στο αεριοφυλάκιο του συμπιεστή.

Οι κοχλίες του συμπιεστή είναι σε συνεχή επαφή καθώς περιστρέφονται με αποτέλεσμα να αναπτύσσονται έντονες τριβές μεταξύ τους και αύξηση της θερμοκρασίας τους λόγω των τριβών αυτών.

Η μείωση των τριβών και τις θερμοκρασίας επιτυγχάνεται με την συνεχή λίπανση του συμπιεστή. Το λιπαντικό του συμπιεστή συνυπάρχει με τον συμπιεσμένο αέρα του εσωτερικού αεριοφυλακίου σε δύο ξεχωριστές φάσεις. Το λιπαντικό φεύγει από το εσωτερικό αεριοφυλάκιο και φτάνει στον συμπιεστή. Εκεί καθώς περιστρέφονται οι κοχλίες του συμπιεστή ο αέρας και

το λιπαντικό αναμιγνύονται και έτσι το λιπαντικό φτάνει σε όλο το χώρο του συμπιεστή λιπαίνοντας τα κινούμενα μέρη του.

Εγκαταλείποντας τον συμπιεστή, ο συμπιεσμένος πλέον αέρας, κατευθύνεται προς το αεριοφυλάκιο αναμιγμένος με λιπαντικό το οποίο είχε χρησιμοποιηθεί για την λίπανση του κινητήρα. Για να μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο αέρας υπάρχει η ανάγκη διαχωρισμού του από το λιπαντικό. Αυτό επιτυγχάνεται με ένα φίλτρο-διαχωριστή που βρίσκεται μέσα στο εσωτερικό αεριοφυλάκιο. Ο αέρας καταφέρνει να περάσει μέσα από το φίλτρο ενώ το λιπαντικό μένει απ' έξω φτάνοντας τελικά στον πυθμένα του αεριοφυλακίου. Ο αέρας μέσα στο αεριοφυλάκιο φτάνει σε πολύ ψηλές θερμοκρασίες (110<sup>0</sup>C).

Ο αέρας αυτός για να μπορεί τελικά να εκμεταλλευτεί σωστά θα πρέπει να ψυχθεί και να ξηραθεί. Καθώς λοιπόν ο αέρας φεύγει από το αεριοφυλάκιο περνά από δύο φάσεις προτού διοχετευτεί στο περιβάλλον εργασίας. Σε πρώτη φάση ο αέρας ψύχεται στον εναλλάκτη θερμότητας, ο οποίος σαν ψυχτικό μέσο χρησιμοποιεί τον αέρα (air cooler). Αφού μειωθεί η θερμοκρασία του ως ένα σημείο, σε δεύτερη φάση ο αέρας περνά μέσα από τον αποξηραντή. Στο σημείο αυτό γίνεται διαχωρισμός του αέρα από την υγρασία που βρίσκεται μέσα σ' αυτόν. Η λειτουργία αυτή επιτυγχάνεται με την ψύξη του αέρα στο σημείο δρόσου. Στο σημείο αυτό η υγρασία γίνεται συμπύκνωμα και διαφεύγει μέσω της νεροπαγίδας. Ο αέρας τελικά κατευθύνεται στο περιβάλλον εργασίας αποξηραμένος στην θερμοκρασία δρόσου που έχει επιλεγεί και με θερμοκρασία περίπου 30<sup>0</sup>C.

### **5.3 Περιγραφή των φάσεων λειτουργίας του αεροσυμπιεστή**

Η λειτουργία του αεροσυμπιεστή χωρίζεται σε δύο φάσεις οι οποίες περιγράφονται πιο κάτω. Η κάθε φάση καθορίζεται από το αν ο συμπιεσμένος αέρας διοχετεύεται ελεύθερα στο περιβάλλον ή εγκλωβίζεται μέσα στο εξωτερικό αεριοφυλάκιο.

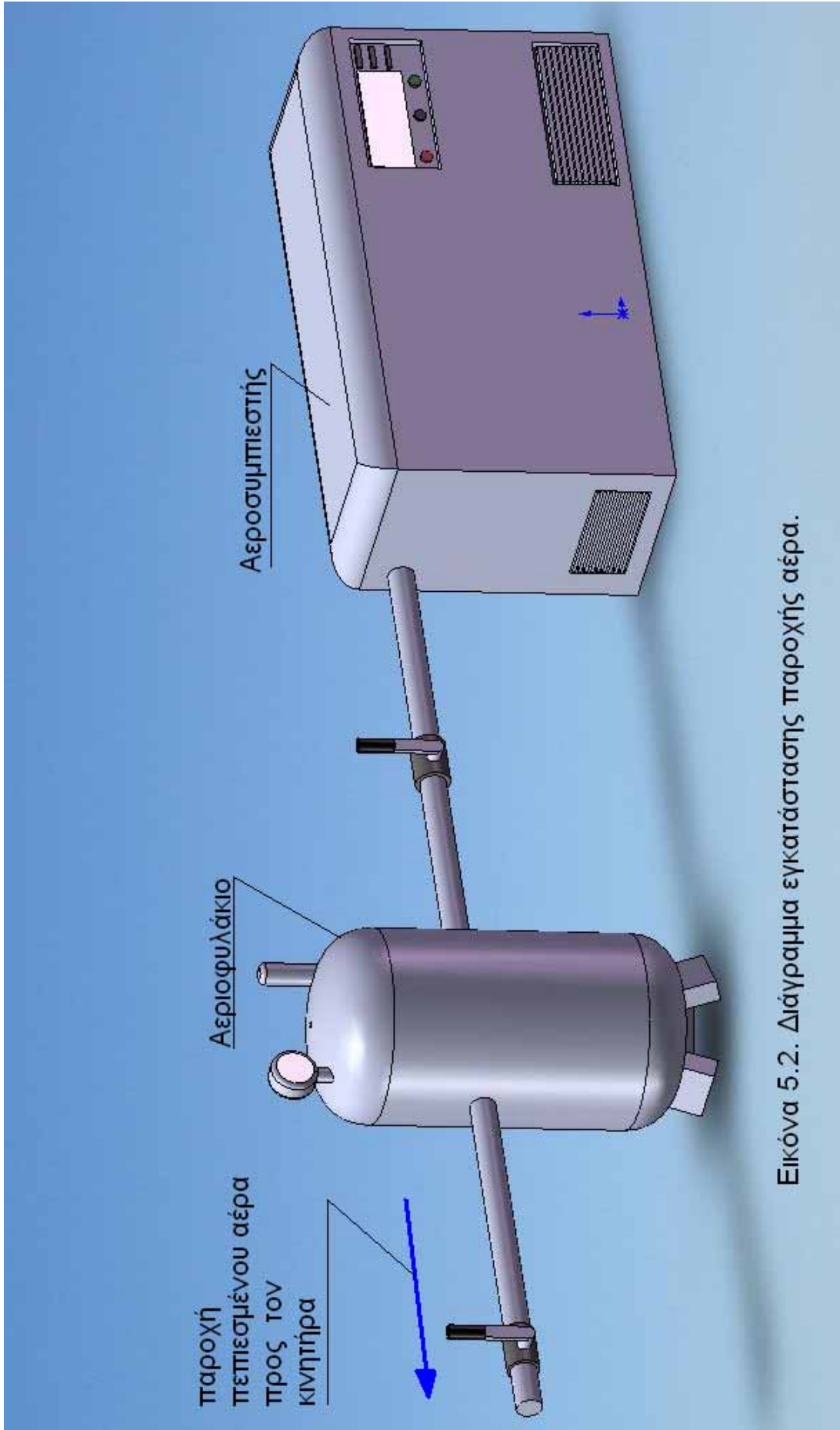
■ Λειτουργία χωρίς φορτίο:

Στην φάση αυτή ο συμπιεσμένος αέρας διοχετεύεται ελεύθερα προς το περιβάλλον για κατανάλωση. Στην δική μας περίπτωση στην εισαγωγή του κινητήρα μας. Ονομάζεται λειτουργία χωρίς φορτίο γιατί ελεύθερα ο πεπιεσμένος αέρας εγκαταλείπει το αεριοφυλάκιο του αεροσυμπιεστή προς το περιβάλλον. Στον έξοδο δηλαδή του συμπιεστή δεν υπάρχει πίεση που να του προκαλεί αντίθλιψη.

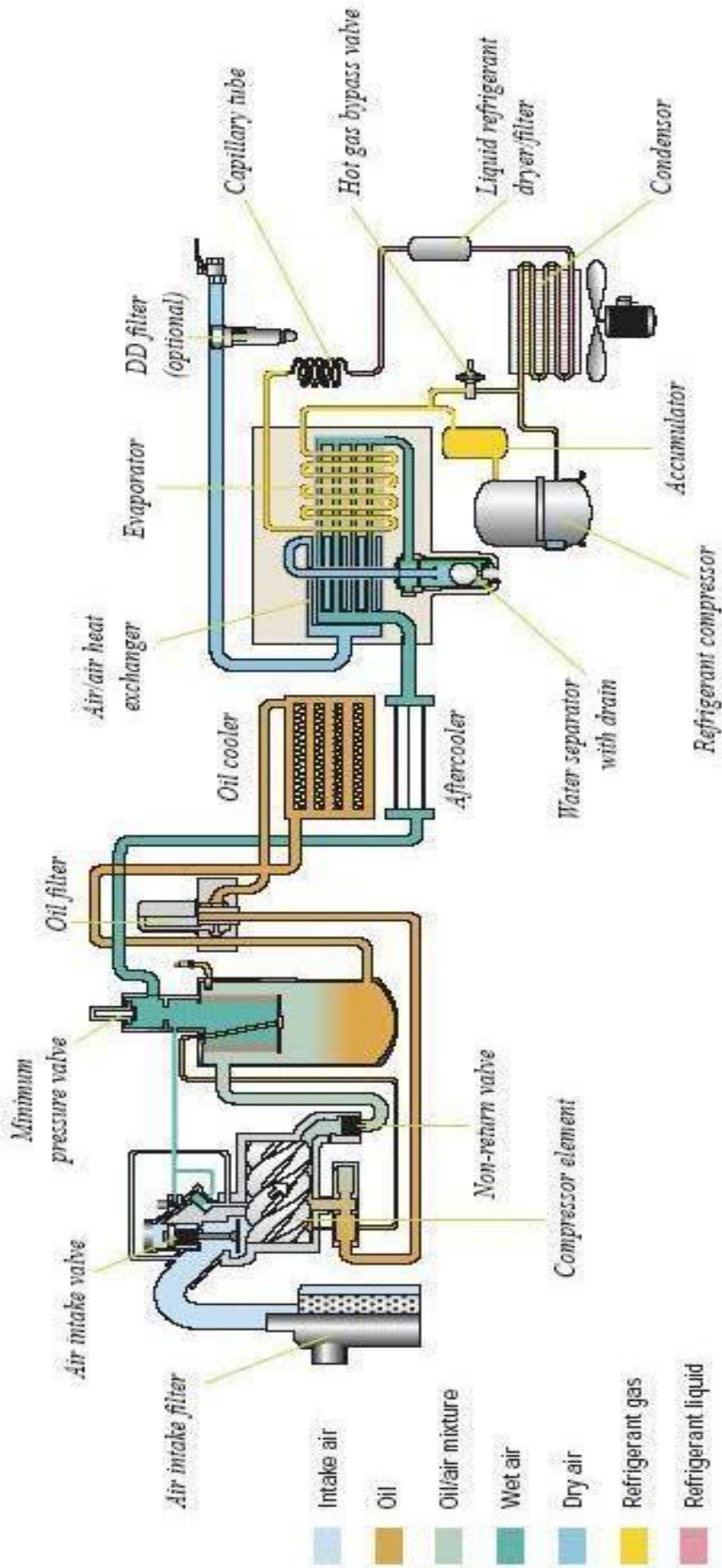
■ Λειτουργία με φορτίο.

Η λειτουργία με φορτίο προκύπτει όταν διακοπή η παροχή του πεπιεσμένου αέρα προς το περιβάλλον. Κατά την λειτουργία αυτή ο συμπιεστής βρίσκει αντίθλιψη στην έξοδο του. Η αντίθλιψη δημιουργείται γιατί ο πεπιεσμένος αέρας αναγκάζεται να εγκλωβιστεί στο εξωτερικό αεριοφυλάκιο, αυξάνοντας συνεχώς τη πίεση μέσα σ' αυτό. Αποτέλεσμα αυτού είναι να αυξάνει το και φορτίο του συμπιεστή. Η πίεση μέσα στο αεριοφυλάκιο φτάνει μέχρι την προδιαγραφόμενη από εμάς πίεση.

Στην εικόνα 5.2 φαίνεται το διάγραμμα της εγκατάστασης και στην εικόνα 5.3 το κύκλωμα του συμπιεστή:



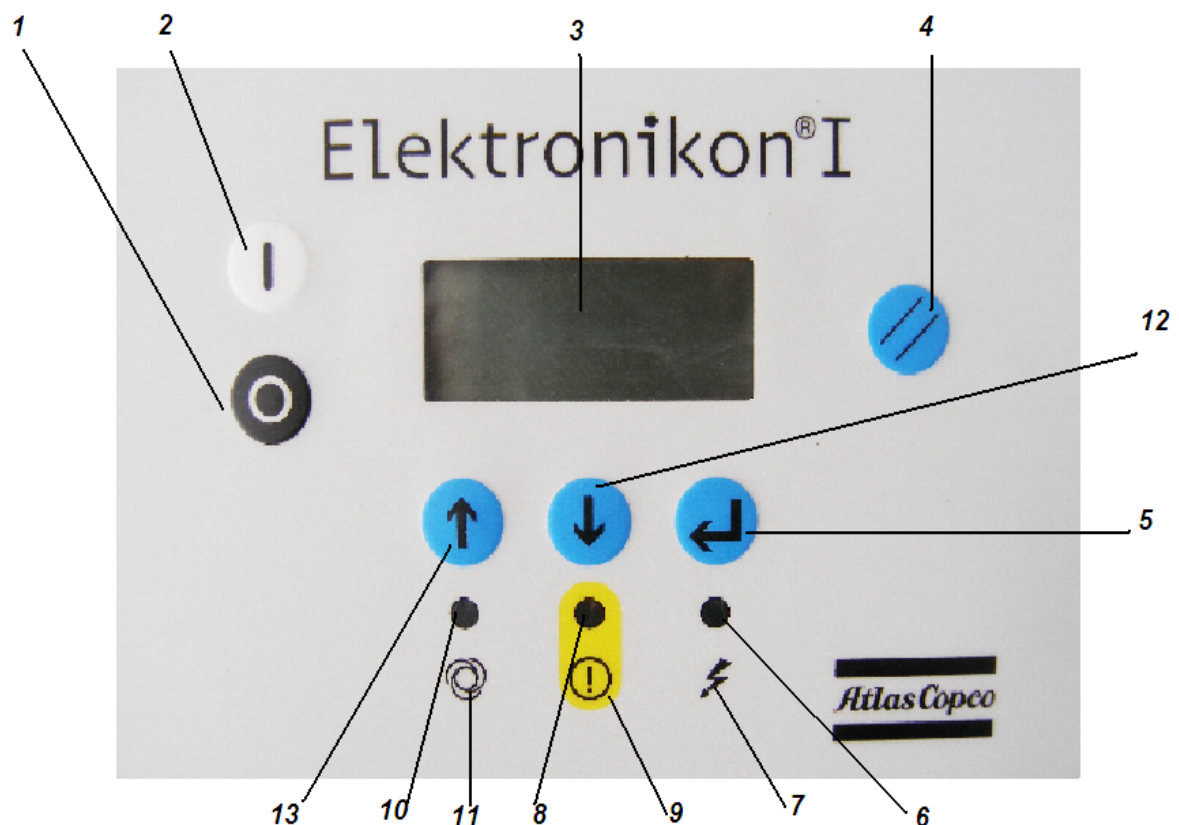
Εικόνα 5.2. Διάγραμμα εγκατάστασης παροχής αέρα.



Εικόνα 5.3. ΚΥΚΛΩΜΑ ΤΟΥ ΣΥΜΠΙΕΣΤΗ

## ➤ 5.4 Πίνακας ελέγχου συμπιεστή.

Η λειτουργία του συμπιεστή ρυθμίζεται από τον πίνακα ελέγχου του συμπιεστή. Με το πίνακα ελέγχου δηλαδή μπορούμε να θέσουμε το συμπιεστή σε κατάσταση λειτουργίας ή εκτός λειτουργίας καθώς επίσης και να ρυθμίσουμε διάφορες παραμέτρους του. Ο πίνακας ελέγχου ονομάζεται ELEKTRONIKON1. Στον πίνακα ελέγχου υπάρχει μία κεντρική οθόνη όπου σε αυτή εμφανίζονται οι διάφορες παράμετροι της λειτουργίας του συμπιεστή. Οι παράμετροι του συμπιεστή μπορούν να ρυθμιστούν μέσω των κομβίων που βρίσκονται στον πίνακα ελέγχου. Ο πίνακας ελέγχου φαίνεται στην εικόνα 10.



Εικόνα 5.4. Μονάδα ελέγχου του συμπιεστή.

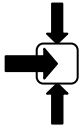
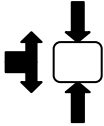
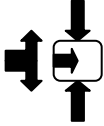
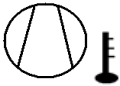


## Ενδείξεις και λειτουργία του πίνακα ελέγχου **ELEKTRONIKON1**.

1. Κομβίον διακοπής λειτουργίας συμπιεστή
2. Κομβίον εκκίνησης συμπιεστή
3. Οθόνη
4. Κομβίον επαναφοράς αρχικών συνθηκών
5. Κομβίον εισόδου
6. Φωτεινή ένδειξη τροφοδοσίας συμπιεστή
7. Εικονίδιο
8. Φωτεινή προειδοποίηση
9. Εικονίδιο προειδοποίησης
10. Φωτεινή ένδειξη
11. Εικονίδιο
12. Κομβίον κίνησης προς τα κάτω
13. Κομβίον κίνησης προς τα πάνω

Ο πίνακας ελέγχου **ELEKTRONIKON1** προστατεύει τον αεροσυμπιεστή και την σωστή λειτουργία του αν κάποιες από τις παραμέτρους θερμοκρασία στοιχείου αεροσυμπιεστή, θερμοκρασία σημείου δρόσου υπερβεί την προδιαγραφόμενη για τη σωστή λειτουργία του αεροσυμπιεστή.

Για την ρύθμιση της λειτουργίας του συμπιεστή και την ενημέρωση του χειριστή, ο πίνακας ελέγχου στην οθόνη του χρησιμοποιεί τα ακόλουθα εικονίδια που φαίνονται στον πίνακα 2 . Το κάθε εικονίδιο εμφανίζεται ανάλογα με την κατάσταση λειτουργίας του συμπιεστή και την εκάστοτε ρύθμιση της παραμέτρου που γίνεται σε αυτόν.

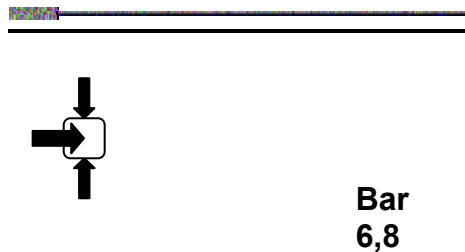


	Ένδειξη ότι ο συμπιεστής είναι σε λειτουργία με φορτίο.
	Ένδειξη ότι ο συμπιεστής είναι σε λειτουργία χωρίς φορτίο.
	Ωρες λειτουργίας.
	Ένδειξη εξωτερικής θερμοκρασίας στοιχείου συμπιεστή.
	Θερμοκρασία δρόσου του πεπιεσμένου αέρα.
	Ένδειξη κατάστασης λειτουργίας του κινητήρα.

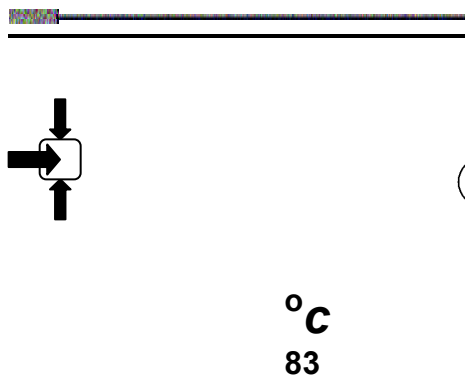
➤ **5.5 Ρύθμιση και έλεγχος των παραμέτρων λειτουργίας του συμπιεστή μέσω του πίνακα ελέγχου ELEKTRONIKON1.**

■ Έλεγχος των παραμέτρων λειτουργίας του συμπιεστή.

Ο έλεγχος των παραμέτρων λειτουργίας του συμπιεστή όπως έχει προαναφερθεί γίνεται μέσω του πίνακα ελέγχου ELEKTRONIKON1. Σε πρώτη φάση θέτουμε τον συμπιεστή σε λειτουργία πατώντας το κομβίον 2. Αφού μπει σε λειτουργία ο κινητήρας στην οθόνη του πίνακα ελέγχου θα εμφανιστεί το ακόλουθο εικονίδιο:



Το εικονίδιο αυτό δηλώνει ότι ο συμπιεστής είναι σε λειτουργία με φορτίο με πίεση στην έξοδό του 6,8 bar.για να ελέγξουμε τις υπόλοιπες παραμέτρους κινούμαστε στην οθόνη με την βοήθεια του κομβίου 12. Με το κομβίον 12 γίνεται κάθε φορά η επιλογή της παραμέτρου που μας ενδιαφέρει. Κινούμαστε λοιπόν προς τα κάτω θα εμφανιστεί το ακόλουθο εικονίδιο :

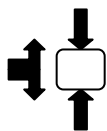


Το εικονίδιο αυτό δηλώνει ότι η εξωτερική θερμοκρασία του συμπιεστή είναι 83 °C. Κινούμαστε παρακάτω με το κομβίον 12 στην οθόνη θα εμφανιστεί το εικονίδιο:



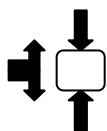
**°C**  
**3**

Το εικονίδιο αυτό αναφέρεται στην θερμοκρασία δρόσου του πεπιεσμένου αέρα. Η παράμετρος αυτή αναφέρεται στην ξηρότητα του αέρα. Στην συγκεκριμένη περίπτωση δηλώνει ότι ο αέρας έχει αποξηρανθεί στους 3 °C. Δηλαδή ο αέρας έχει ψυχθεί μέχρι την θερμοκρασία των 3 °C όπου και σ' αυτή την θερμοκρασία του έχει γίνει αφαίρεση της υγρασίας του σε μορφή συμπυκνώματος. Εδώ πρέπει να διευκρινιστεί ότι η θερμοκρασία αυτή δεν είναι η θερμοκρασία εξόδου του πεπιεσμένου αέρα. Συνεχίζοντας με το κομβίον 12 θα εμφανιστεί το εικονίδιο :



**kHrs**

Σε αυτό το εικονίδιο φαίνονται οι ώρες λειτουργίας του συμπιεστή. Για να εμφανιστεί ο αριθμός των ωρών πατάμε το κομβίον 5 οπότεν θα έχουμε την ένδειξη



**kHrs**  
**4.039**

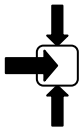
Η ένδειξη δηλώνει ότι οι ώρες λειτουργίες του κινητήρα είναι 4039 hours.

## ■ Ρύθμιση των παραμέτρων λειτουργίας

Στο μέρος αυτό γίνεται περιγραφή των ρυθμίσεων των παραμέτρων του συμπιεστή μέσω του πίνακα ελέγχου.

- Ρύθμιση της πίεσης λειτουργίας χωρίς φορτίο.

Στη λειτουργία χωρίς φορτίο ο αέρας διοχετεύεται στο περιβάλλον, δηλαδή στον κινητήρα. Θέτουμε τον αεροσυμπιεστή σε λειτουργία πατώντας το κομβίον 2. Όπως προαναφέρθηκε στην οθόνη θα εμφανιστεί το παρακάτω εικονίδιο το οποίο δηλώνει ότι ο συμπιεστής είναι σε λειτουργία με φορτίο με πίεση στην έξοδο του 6,6 bar.



**Bar  
6,6.**

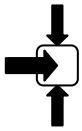
Για να ρυθμίσουμε την παράμετρο πατάμε το κομβίον 5 για να μπούμε στο μενού ρύθμισης της πίεσεως χωρίς φορτίο. Χρησιμοποιώντας το κομβία 12 και 13 αυξομειώνουμε την πίεση λειτουργίας χωρίς φορτίο στο επιθυμητό επίπεδο.

Πατάμε τότε το κομβίο 5 για να κατοχυρώσουμε την πίεση που θέσαμε και επιστρέφουμε στην αρχική οθόνη .

- Ρύθμιση πίεσης με φορτίο.

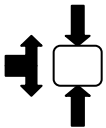
Στη λειτουργία με φορτίο ο αέρας μένει εγκλωβισμένος στο εξωτερικό αεριοφυλάκιο προκαλώντας έτσι αντίθλιψη στην έξοδο του συμπιεστή.

Θέτουμε τον αεροσυμπιεστή σε λειτουργία όπως και πριν πατώντας το κομβίον 2. Αφού εμφανιστεί το εικονίδιο :



**Bar  
6,6.**

κινούμαστε με το κομβίον 12 μέσα στο μενού του προγράμματος μέχρι να εμφανιστεί το εικονίδιο:



**Bar  
7,0**

Η ένδειξη του εικονιδίου δηλώνει ότι η πίεση λειτουργίας χωρίς φορτίο είναι 7,0bar. Για να ρυθμίσουμε την παράμετρο πατάμε τότε το κομβίο 5 για να μπούμε στο μενού ρύθμισης της πίεσεως με φορτίο.

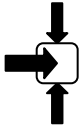
Χρησιμοποιώντας το κομβία 12 και 13 αυξομειώνουμε την πίεση λειτουργίας με φορτίο στο επιθυμητό επίπεδο .

Πατάμε τότε το κομβίο 5 για να κατοχυρώσουμε την πίεση που θέσαμε και επιστρέφουμε στην αρχική οθόνη.

- **Ρύθμιση θερμοκρασίας δρόσου.**

Η θερμοκρασία δρόσου όπως προαναφέρθηκε αναφέρεται στην ξηρότητα του αέρα, δηλαδή σε πια θερμοκρασία έχει αποξηρανθεί ο αέρας.

Ο συμπιεστής είναι σε λειτουργία και στην αρχική οθόνη φαίνεται το εικονίδιο:



**Bar  
6,6.**

Με την βοήθεια του βέλους 12 κινούμαστε μέσα στο μενού του προγράμματος μέχρι να εμφανιστεί στην οθόνη το εικονίδιο



**°C**

**8**

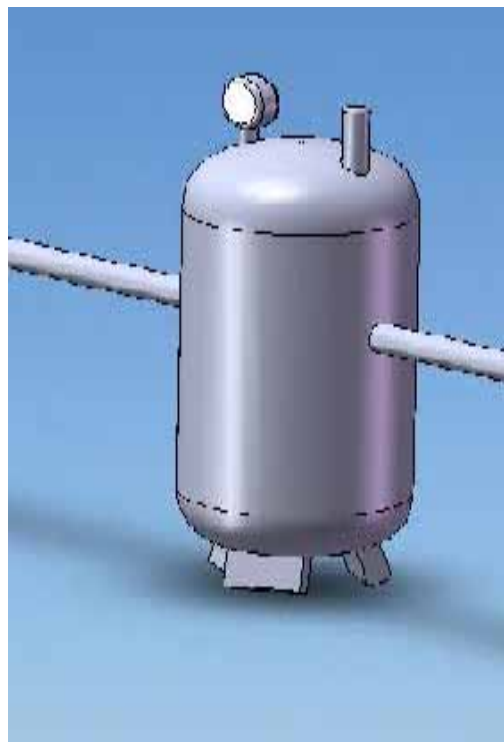


Το εικονίδιο δηλώνει ότι η θερμοκρασία δρόσου του αέρα είναι 8 °C . Πατάμε τότε το κομβίο 5 για να μπούμε στο μενού ρύθμισης της θερμοκρασίας δρόσου του πεπιεσμένου αέρα. Χρησιμοποιώντας το κομβία 12 και 13 αυξομειώνουμε την θερμοκρασία δρόσου στο επιθυμητό επίπεδο. Τέλος πατάμε τότε το κομβίο 5 για να κατοχυρώσουμε την θερμοκρασία που θέσαμε και επιστρέφουμε στην αρχική οθόνη.

## ➤ **5.6 Περιγραφή Εξωτερικού Αεριοφυλακίου και εκτίμηση των χαρακτηριστικών του.**

Για να μπορεί ο κινητήρας να τροφοδοτείται με σταθερή παροχή αέρα και συγκεκριμένων χαρακτηριστικών, δηλαδή πίεσης, ο πεπιεσμένος αέρας αφότου εγκαταλείψει τον συμπιεστή αποθηκεύεται μέσα στο εξωτερικό αεριοφυλάκιο όπου αποκτά μία σταθερή πίεση . Ανάλογα με το μέγεθος του συμπιεστή είναι απαραίτητη η χρήση αεριοφυλακίου συγκεκριμένου όγκου, ώστε να μην προκαλούνται διακυμάνσεις στην πίεση του αέρα στο κύκλωμα κατά την παροχή αέρα προς τον κινητήρα .Παρακάτω περιγράφεται ο τρόπος υπολογισμού του όγκου του αεριοφυλακίου.

Στην εικόνα 5.5 φαίνεται το διάγραμμα του εξωτερικού αεριοφυλακίου.



**Εικόνα 5.5. Εξωτερικό αεριοφυλάκιο.**

### **Εκτίμηση του απαιτούμενου όγκου του εξωτερικού αεριοφυλακίου.**

Για τον υπολογισμό του όγκου του αεριοφυλακίου, δίνεται από την κατασκευαστική εταιρία του συμπιεστή, την Atlas Copco μια προτεινόμενη σχέση υπολογισμού η οποία περιγράφεται παρακάτω ( σχέση 1) .

$$V = \frac{0,25 \times Q_c \times P_1 \times T_0}{f_{\max} \times \partial P \times T_1} \quad (1)$$

Οι παράμετροι της σχέσης (1) υπολογίζονται βάση των μέγιστων απαιτήσεων του κινητήρα κατά την λειτουργία του.

Για την σχέση (1) θα έχουμε:

**$Q_c$**  : Η παροχή αέρα από τον συμπιεστή στην προς την εγκατάσταση. Η μέγιστη παροχή που απαιτεί η εγκατάσταση είναι αυτή που απαιτεί ο κινητήρας για την λειτουργία του.

**$P_1$**  : Η πίεση εισαγωγής στον συμπιεστή.

**$T_1$**  : Η θερμοκρασία αέρα εισαγωγής συμπιεστή.

**$f_{\max}$**  : Η μέγιστη κυκλική συχνότητα του συμπιεστή.

**$T_0$**  : Η θερμοκρασία του αεριοφυλακίου.

**$dp$**  = P unload - P load.  **$dp$**  είναι η διαφορά πίεσης στο εξωτερικό αεριοφυλάκιο όταν ο κινητήρας μεταβαίνει από την λειτουργία χωρίς φορτίο σε λειτουργία με φορτίο.

Ο πρότυπος κινητήρας της **AVL BR500** έχει απαιτήσεις σε παροχή αέρα **300 m<sup>3</sup>/h** και μέγιστη πίεση παροχής **3,2 bar** με συνθήκες αναφοράς



θερμοκρασία **20°C** και πίεση **1bar**. Οι συνθήκες λειτουργίας όμως του κινητήρα είναι πίεση **1bar** και θερμοκρασία **30°C**. Εν συνεχεία γίνεται υπολογισμός της παροχής αέρα ( $m_2$ ) του κινητήρα στις συνθήκες λειτουργίας του.

Για την κάθε συνθήκη ισχύουν τα ακόλουθα για την παροχή μάζας.

$$m_1 = \frac{V_1 \times P_1}{R \times T_1} \quad (2)$$

$$m_2 = \frac{V_2 \times P_2}{R \times T_2} \quad (3)$$

$m_1$  : παροχή μάζας για συνθήκες : θερμοκρασία **20°C** και πίεση **1bar**

$m_2$  : παροχή μάζας για συνθήκες : θερμοκρασία **30°C** και πίεση **1bar**

Για να έχουμε την ίδια παροχή μάζας αέρα και στις συνθήκες αναφοράς -2- θα πρέπει να ισχύουν τα εξής:

$$m_1 = m_2 \Rightarrow \frac{V_1 \times P_1}{R \times T_1} = \frac{V_2 \times P_2}{R \times T_2}$$

$$\Rightarrow V_2 = \frac{T_2}{T_1} V_1$$

$$\Rightarrow V_2 = \frac{303}{293} \times 83,33 \text{ l / s}$$

$$\Rightarrow V_2 = 86,17 \text{ l / s}$$

Άρα θα έχουμε απαιτούμενη παροχή αέρα προς τον κινητήρα:

$$Q_c = V_2 = 86,17 \text{ l/s}$$

Οι απαιτήσεις του κινητήρα μας θα είναι : παροχή αέρα, **Qc = 86,17 l/s** με μέγιστη πίεση **3,2 bar**. Βάση των απαιτήσεων αυτών επιλέγηκε από του πίνακες της **Atlas Copco** ο συμπιεστής **GA-30** .

Εν συνεχεία με την βοήθεια της σχέσης (1) γίνεται ο υπολογισμός του όγκου του αεριοφυλακίου.

Για τις αντικαταστάσεις της σχέσης (1) θα έχουμε:

P<sub>1</sub>: πίεση εισαγωγής συμπιεστή

$$P_1=1\text{bar}$$

T<sub>1</sub>: θερμοκρασία αέρα εισαγωγής συμπιεστή

$$T_1=301\text{ K}$$

T<sub>0</sub>: θερμοκρασία αεριοφυλακίου

$$T_0=303\text{ K}$$

f<sub>max</sub>: κυκλική συχνότητα

$$f_{\text{max}}= 1/30\text{ Hz}$$

$$dp = P_{\text{unload}} - P_{\text{load}}$$

$$dp= 7,5-7,0 = 0,5\text{ bar}$$

$$\Rightarrow V = \frac{0,25 \times 86,17 \times 1,0 \times 303}{0,033 \times 0,5 \times 301}$$

$$\Rightarrow V = 1,314\text{m}^3$$

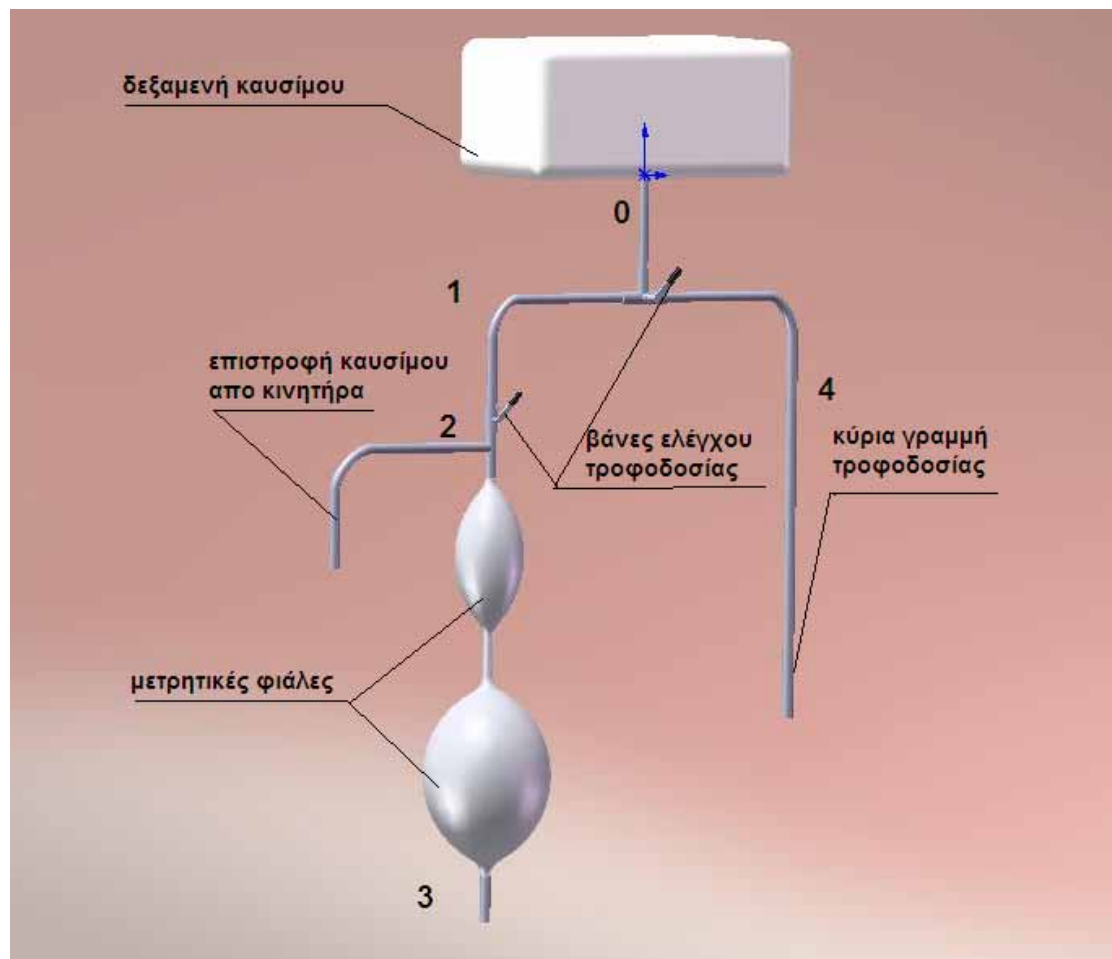
Άρα ο απαιτούμενος όγκος του αεριοφυλακίου θα είναι : **V = 1,3 m<sup>3</sup>**

## κεφάλαιο 6 Διάταξη Παροχής και Δοσομέτρησης Καυσίμου

### ➤ 6.1 Περιγραφή της διάταξης

Στην κλίνη δοκιμών του κινητήρα έχει κατασκευαστεί διάταξη παροχής καυσίμου για την τροφοδοσία του κινητήρα. Στην διάταξη αυτή συμπεριλαμβάνεται και το σύστημα δοσομέτρησης καυσίμου. Για την μέτρηση της κατανάλωσης καυσίμου εφαρμόζεται η ογκομετρική μέθοδος με την βοήθεια της διάταξης που περιγράφεται στη συνέχεια.

Στην εικόνα 6.1 φαίνεται το διάγραμμα διάταξης .



**Εικόνα 6.1. Διάγραμμα της διάταξης καυσίμου.**

## ➤ 6.2 Λειτουργία της Διάταξης Παροχής Καυσίμου.

Η δεξαμενή αποθήκευσης του καυσίμου έχει τοποθετηθεί σε ύψος περίπου 2m πάνω σε δυο ειδικά κατασκευασμένες βάσεις. Η έξοδος της δεξαμενής καταλήγει σε βαλβίδα με δυνατότητα επιλογής τριών θέσεων που αντιστοιχούν σε τρεις διαφορετικές διαδρομές του καυσίμου.

Στην ογκομετρική μέθοδο μετράται ο όγκος του καυσίμου που καταναλώνεται σε ορισμένο χρόνο. Το καύσιμο κατά την μέτρηση αυτή πρέπει να είναι απαλλαγμένο από φυσαλίδες αέρα ή θύλακες ατμού κατά τη ροή του προς τον κινητήρα.

Οι γυάλινοι μετρητικοί σωλήνες σχηματίζουν βαθμονομημένες (δηλαδή ορισμένου γνωστού όγκου) μετρητικές φιάλες (κυλινδρικής στην διάταξή μας μορφής), οι οποίες στενεύουν στα άκρα τους όπου είναι χαραγμένα από ένα μετρητικό σημάδι.

Οι τρεις δυνατές θέσεις της βαλβίδας εξόδου της δεξαμενής καυσίμου αντιστοιχούν στις εξής διαδρομές του καυσίμου:

1. Τροφοδότηση της μηχανής και πλήρωση των μετρητικών φιαλών από την δεξαμενή καυσίμου. Στην περίπτωση αυτή ο κινητήρας τροφοδοτείται από τις μετρητικές φιάλες οι οποίες αυτές εν συνεχεία τροφοδοτούνται από την δεξαμενή καυσίμου.

Πορεία καυσίμου: **0-1-2-3**

2. Τροφοδότηση του κινητήρα από την κύρια γραμμή τροφοδοσίας, ενώ ο (πλήρης) σωληνίσκος είναι απομονωμένος. Οι μετρητικές φιάλες παρεμβάλλονται και το καύσιμο φτάνει στον κινητήρα μέσω της κύριας γραμμής τροφοδοσίας.

Πορεία καυσίμου: **0-4**

3. Τροφοδότηση του κινητήρα από το σωληνίσκο, ενώ η κύρια γραμμή τροφοδοσίας είναι απομονωμένη. Στην θέση αυτή γίνεται μία αρχική

πλήρωση των μετρητικών φιαλών και έπειτα διακόπτεται από αυτές η τροφοδοσία τους από την δεξαμενή καυσίμου.

Πορεία καυσίμου: **2-3**

Όταν ο κινητήρας τροφοδοτείται από το καύσιμο που περιέχεται στο σωληνίσκο, γίνεται μέτρηση δια χρονομέτρου των χρονικών στιγμών κατά τις οποίες η στάθμη του καυσίμου περνά από τα βαθμονομημένα σημεία των μετρητικών φιαλών. Έτσι, διαιρώντας το γνωστό όγκο της βαθμονομημένης φιάλης με το μετρημένο αντίστοιχο χρονικό διάστημα, βρίσκεται η παροχή όγκου του καταναλισκόμενου καυσίμου.

Η επιλογή των φιαλών έγινε με γνώμονα την ύπαρξη αρκετά μεγάλου χρονικού διαστήματος για να είναι ακριβής η μέτρηση. Οι φιάλες τοποθετήθηκαν με αυξανόμενη χωρητικότητα προς τα κάτω. Η διάταξη αυτή έχει ως βασικό πλεονέκτημα την απλότητά της και για αυτό προτιμήθηκε. Έχει όμως δύο μειονεκτήματα:

- Παρέχει τη μέση τιμή της κατανάλωσης καυσίμου κι όχι τη στιγμιαία.
- Το καύσιμο στον συγκεκριμένο κινητήρα κυκλοφορεί μέσω της αντλίας και επιστρέφει στη δεξαμενή τροφοδοσίας με ρυθμούς ροής μεγαλύτερους από την αντίστοιχη πραγματική κατανάλωση του κινητήρα. Αυτός ο υψηλός ρυθμός κυκλοφορίας, η άνοδος της θερμοκρασίας μπορεί να δημιουργήσει πιθανή παρουσία αέρα υπό μορφή φυσαλίδων που μπορούν να προκαλέσουν προβλήματα κατά τη μέτρηση με το συγκεκριμένο ογκομετρικό σύστημα, επιφέροντας σφάλμα αν δεν δοθεί η απαιτούμενη προσοχή.

Στην εικόνα 6.2 δίνεται η διάταξη παροχής καυσίμου εγκατεστημένη στην κλίνη δοκιμών του κινητήρα και στην εικόνα 6.3 το σύστημα δοσομέτρησης .



**Εικόνα 6.2. Διάταξη Παροχής Καυσίμου.**



**Εικόνα 6.3. Σύστημα Δοσομέτρησης.**

### ➤ 7.1 Περιγραφή της Διάταξης

Η διάταξη της εξαγωγής έχει ως κύρια λειτουργία την απαγωγή των καυσαερίων από τον κινητήρα. Στην συγκεκριμένη κλίση δοκιμών, το κύκλωμα της εξαγωγής πέραν της απαγωγής των καυσαερίων, χρησιμοποιείται για τη διατήρηση μίας ορισμένης μέσης πίεση στην έξοδο των καυσαερίων. Με τον τρόπο αυτό προσομοιώνεται η ύπαρξη στροβίλου καθώς ο αέρας δέχεται αέρα από τον μηχανικό συμπιεστή.

Στο κεφάλαιο -5- περιγράψαμε πώς έγινε η προσομοίωση του υπερπληρωτή χρησιμοποιώντας μηχανικό συμπιεστή. Για να προσομοιωθεί όμως σωστά ο υπερπληρωτής θα πρέπει να ληφθούν υπόψη οι συνθήκες που πρέπει να επικρατούν στην έξοδο των καυσαερίων ειδικά θα έχουμε σημαντικό σφάλμα στον βαθμό απόδοσης του κινητήρα.

Σε ένα κινητήρα με υπερπληρωτή, παρουσιάζεται αντίσταση στην ροή των καυσαερίων στην έξοδο τους από την βαλβίδα εξαγωγής, λόγω της αντίστασης που βρίσκει η ροή από τον στρόβιλο του υπερπληρωτή. Για την προσομοίωση της αντίστασης αυτής, στην διάταξη της εξαγωγής κατασκευάστηκε και προσαρμόστηκε μία βάνα. Ρυθμίζοντας την βάνα, μεταβάλλουμε την πίεση των καυσαερίων στην έξοδό τους από τον κινητήρα. Με αυτό τον τρόπο μπορούμε σε κάθε φάση λειτουργίας του κινητήρα να προσομοιώνουμε την αντίσταση που θα είχε στην έξοδό των καυσαερίων του από τον στρόβιλο του υπερπληρωτή.

Στο κύκλωμά χρησιμοποιούνται δυο αποσβεστήρες για εξομάλυνση της πίεση των καυσαερίων επειδή ο κινητήρας είναι μονοκύλινδρος. Οι αποσβεστήρες έχουν κατασκευαστεί λαμβάνοντας υπόψη το μέγεθος του κινητήρα και έχουν τοποθετηθεί με το όλο κύκλωμα της εξάτμισης στην οροφή του εργαστηρίου.



Στην εικόνα 7.1 φαίνεται το σύστημα εξαγωγής καυσαερίων στην οροφή του εργαστηρίου. Στην εικόνα 7.2 φαίνεται η βάννα ελέγχου της πίεσεως εξόδου των καυσαερίων καθώς και φορά εξόδου τους.



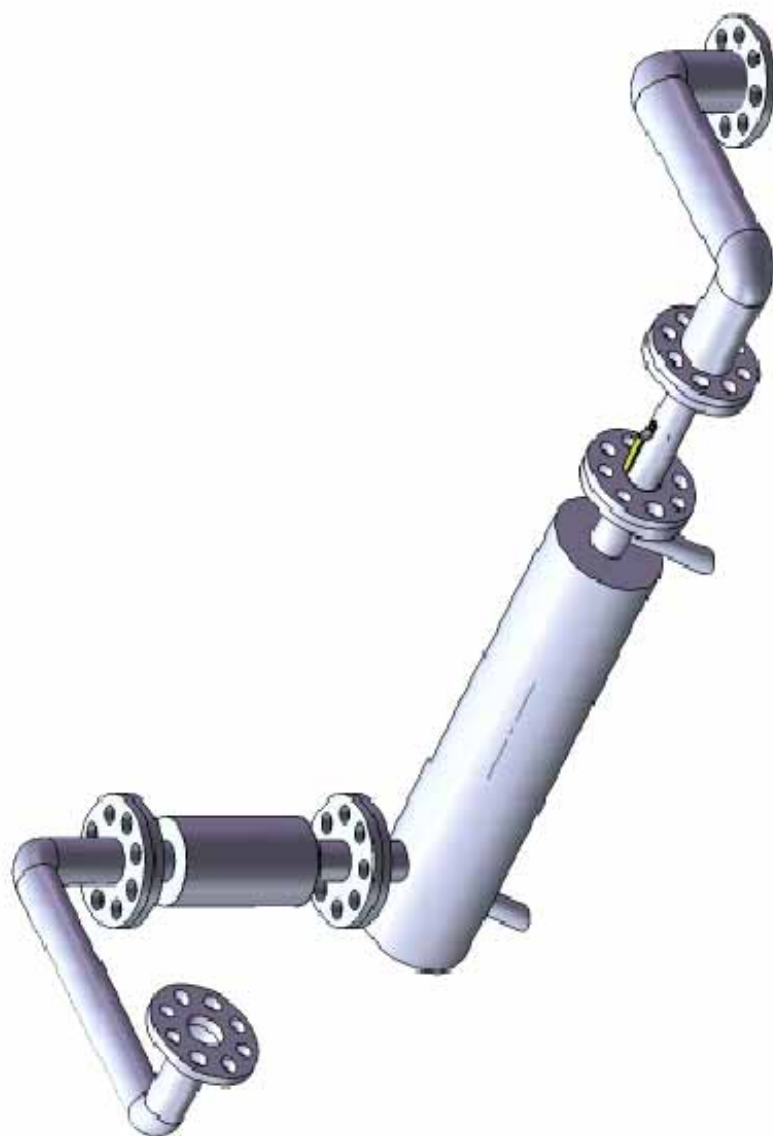
**Εικόνα 7.1. Το Σύστημα Εξαγωγής Καυσαερίων εγκατεστημένο στην οροφή του εργαστηρίου.**



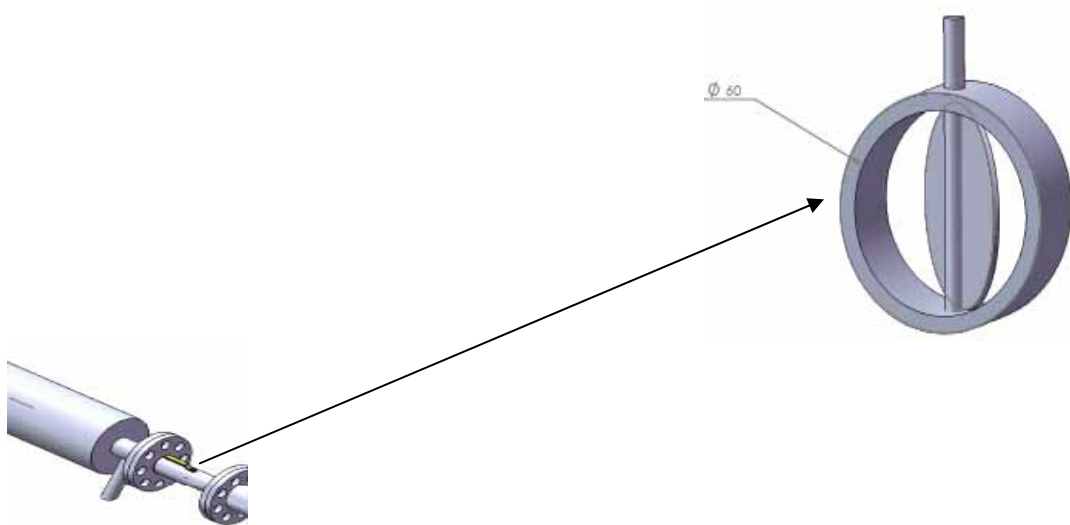
**Εικόνα 7.2. Βάνα ελέγχου της πίεσως εξόδου των καυσαερίων.**

Η κατασκευή του κυκλώματος εξαγωγής των καυσαερίων αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα μέρη της παρούσας εργασίας. Σε πρώτη φάση έγινε ο υπολογισμός των όγκων των αποσβεστήρων βάση των απαιτήσεων του κινητήρα και στην συνέχεια έγιναν τα σχέδια του κυκλώματος. Το κύκλωμα κατασκευάστηκε και συναρμολογήθηκε στο εργαστήριο Μ.Ε.Κ σύμφωνα με τα κατασκευαστικά σχέδια. Λόγο της ιδιομορφίας του χώρου το κύκλωμα τοποθετήθηκε στην οροφή του εργαστηρίου.

Στην συνέχεια παρατίθενται τα κατασκευαστικά σχέδια και το διάγραμμα του κυκλώματος.

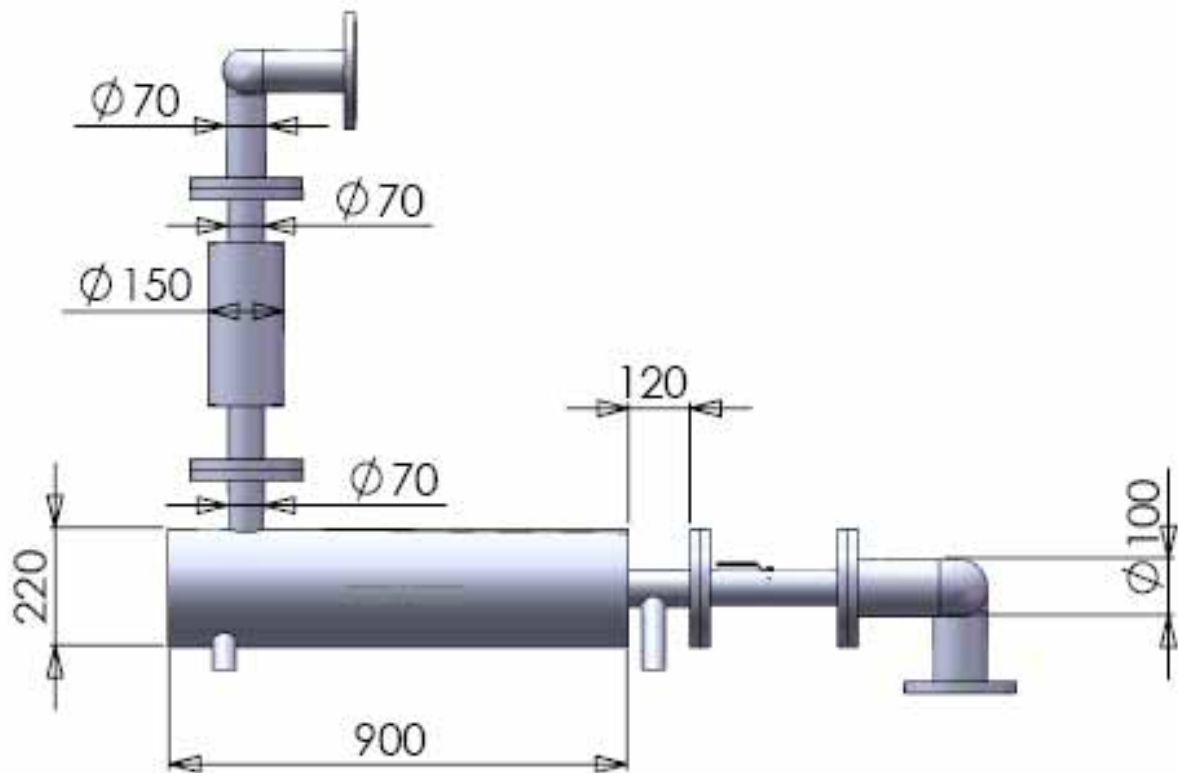


Εικόνα 7.3. Διάγραμμα συστήματος Εξαγωγής



**Εικόνα 7.4. Λεπτομέρεια του ρυθμιστικού πιέσεως εξαγωγής .**

Κατασκευαστικά σχέδια



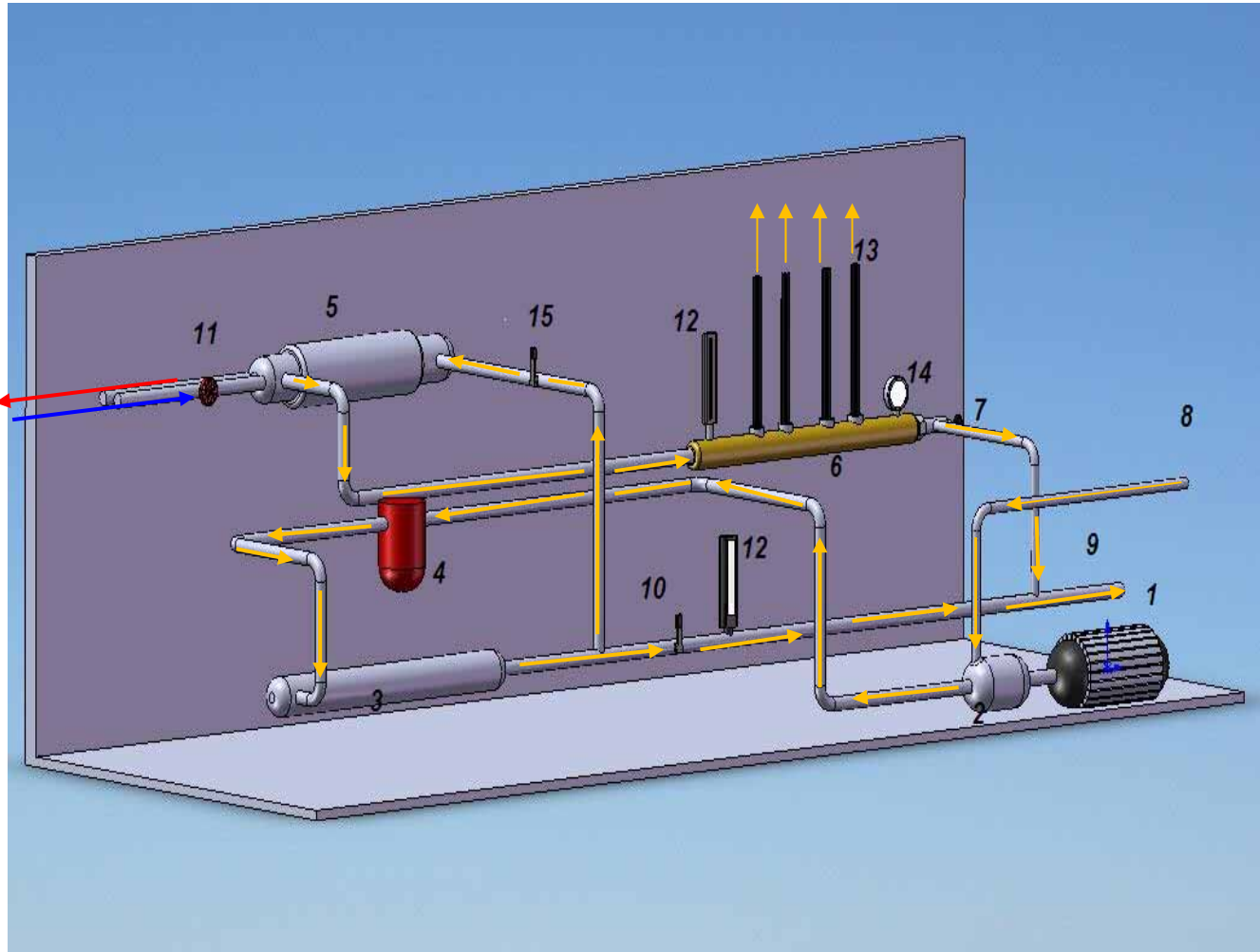
Εικόνα 7.5. Διαστάσεις του Κυκλώματος Εξαγωγής Καυσαερίων.




➤ **8.1 Εισαγωγή**

Το κύκλωμα λίπανσης του κινητήρα αποτελείται από δύο υποκυκλώματα. Το κύκλωμα Νο1 και το κύκλωμα Νο2. Τα δύο κυκλώματα είναι υπεύθυνα για την διανομή του λιπαντικού στα σημεία του κινητήρα που απαιτείται λίπανση. Το λάδι εκτός από λιπαντικό μέσο, χρησιμοποιείται και σαν ψυκτικό μέσο, ιδιαίτερα σε μέρη όπου δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί το νερό ως ψυκτικό μέσο. Ιδιαίτερα σημαντικός είναι ο ρόλος του στην ψύξη του εμβόλου του κινητήρα στο οποίο αναπτύσσονται μεγάλα θερμικά φορτία λόγω της καύσης.

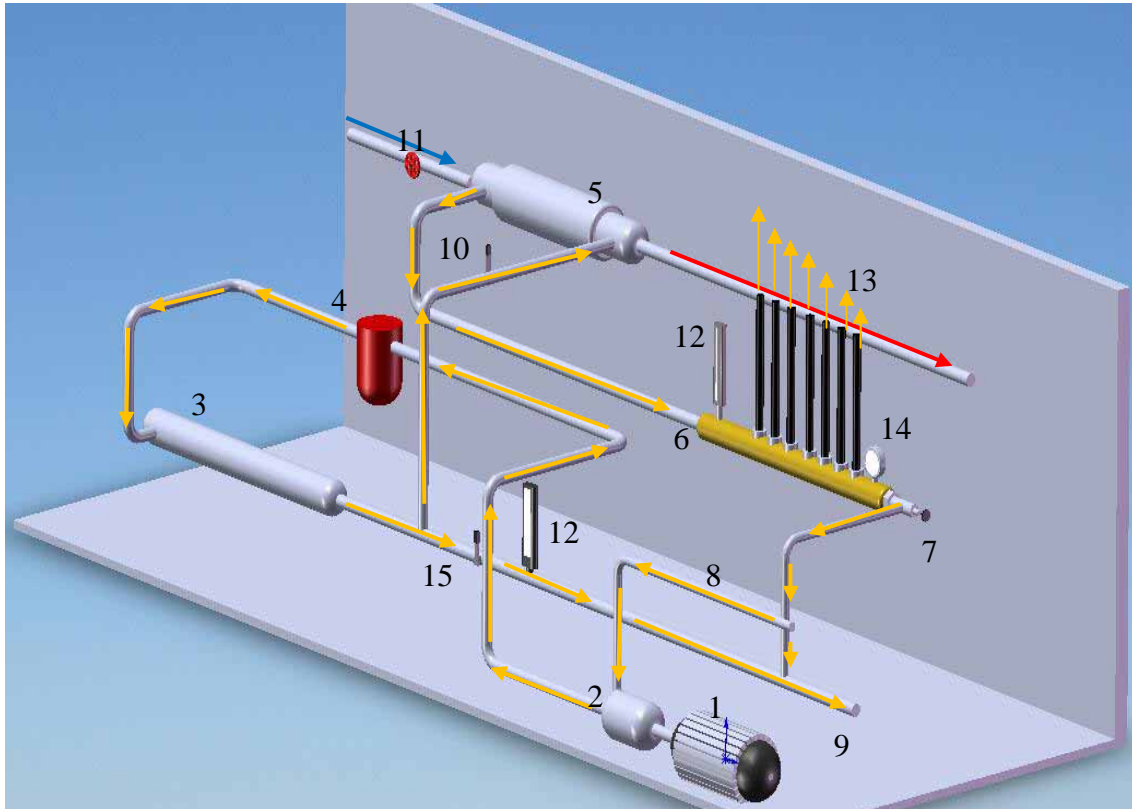
Η λειτουργία και η σχεδίαση του κινητήρα απαιτούσε δύο κυκλώματα κυκλοφορίας και ψύξης του ελαίου. Η ψύξη του λαδιού είναι απαραίτητη για να μη ξεπερνά την προβλεπόμενη για αυτό θερμοκρασία κατά την διάρκεια της λειτουργίας του κινητήρα.




Η μελέτη και ο σχεδιασμός του κυκλώματος έγιναν βάση των προδιαγραφών και των απαιτήσεων του κινητήρα. Στις εικόνες 8.1 και 8.2 δίνονται τα διαγράμματα των δύο κυκλωμάτων καθώς και οι φορές ροής του λιπαντικού και του νερού. Εν συνεχεία γίνεται περιγραφή της λειτουργίας των κυκλωμάτων, και των απαιτούμενων προδιαγραφών αυτών.



-  : φορά της ροής του λιπαντικού
-  : φορά της ροής του ψυχρού νερού
-  : φορά της ροής του θερμού νερού

Εικόνα 8.1. Διάγραμμα κυκλώματος Νο 1



-  : φορά της ροής του λιπαντικού
-  : φορά της ροής του ψυχρού νερού
-  : φορά της ροής του θερμού νερού

**Εικόνα 8.2. Διάγραμμα του κυκλώματος Νο2**

Επεξήγηση των σημείων των διαγραμμάτων των κυκλωμάτων Νο1 και Νο2

- 
- 1. Ηλεκτροκινητήρας
- 2. Αντλία παροχής ελαίου
- 3. Προθερμαντήρας ελαίου
- 4. Φίλτρο ελαίου
- 5. Ψυγείο ελαίου με ψυκτικό μέσο νερό από την παροχή του δικτύου της πόλης



6. Διανομέας ελαίου ο οποίος στέλνει το λιπαντικό στα σημεία του κινητήρα που χρήζουν λίπανσης μέσω ελαστικών σωλήνων
7. Ρυθμιστική βαλβίδα πίεσεως αντεπιστροφής
8. Είσοδο λιπαντικού στο κύκλωμα (υπάρχει βάνα ρύθμισης της ροής)
9. Επιστροφή ελαίου προς την ελαιολεκάνη του κινητήρα
- 10.-15.Αποφρακτικοί κρουνοί ροής του ελαίου. Στη θέση που φαίνεται να έχουν στο σχήμα είναι και οι δυο κλειστοί εμποδίζοντας έτσι πλήρως τη ροή του ελαίου
- 11.Βάνα ρύθμισης της παροχής του ψυκτικού ύδατος προς τον εναλλάκτη ελαίου-νερού (ψυγείο ελαίου)
- 12.Θερμόμετρα
- 13.Ελαστικοί πλαστικοί σωλήνες ροής του ελαίου από τον διανομέα προς τον κινητήρα
- 14.Μανόμετρο

## **8.2 Προδιαγραφές των κυκλωμάτων Νο1 και Νο2.**

### **1. Πίεση και παροχή των αντλιών λιπαντικού:**

- **Κύκλωμα ελαίου Νο1:** Απαιτείται με βάση τις οδηγίες του κατασκευαστή πίεση **3.5 bar** για θερμοκρασία λειτουργίας **95°C** (όταν το λιπαντικό είναι κρύο χωρίς τη διαδικασία προθέρμανσής του η πίεση πρέπει να είναι **6 bar**) μετρημένη στην είσοδο του οπίσθιου εδράνου βάσεως.
- **Κύκλωμα ελαίου Νο2:** Απαιτείται πίεση **3.5 bar** για θερμοκρασία λειτουργίας **80°C** (όταν το λάδι είναι κρύο χωρίς τη διαδικασία προθέρμανσής του η πίεση πρέπει να είναι **6 bar**) μετρημένη στην είσοδο του πρόσθιου εδράνου εκκεντροφόρου.
- **Παροχή λιπαντικού των αντλιών:** Η παροχή λιπαντικού που απαιτείται από την κάθε αντλία των κυκλωμάτων είναι **35 l/min**

## 2. Θερμοκρασία λιπαντικού:

- **Κύκλωμα ελαίου Νο1:** Απαιτείται θερμοκρασία περίπου **90°C** (μετρημένο στην είσοδο ελαίου προς χιτώνιο κυλίνδρου). Ρυθμίζεται έτσι ώστε στην έξοδο από το χιτώνιο του κυλίνδρου να μην ξεπερνά τους **100°C**.
- **Κύκλωμα ελαίου Νο2:** Η θερμοκρασία του λιπαντικού στο κύκλωμα - 2- πλησιάζει προς τη θερμοκρασία του ψυκτικού ύδατος και σε κανονική λειτουργία φτάνει τους **80-85°C**. Η θερμοκρασία του είναι σχετικά πιο χαμηλή από αυτή του κυκλώματος -1- διότι εξυπηρετείται μόνο η «καθαρή» περιοχή (κίνηση οδοντωτών τροχών, κοκοράκια, εκκεντροφόρος και αντιστάθμιση μαζών) και έτσι το έλαιο δεν θερμαίνεται πολύ.

**3. Διάμετρος σωλήνων διανομής ελαίου προς κινητήρα:** Στη κατασκευή για την διανομή του λιπαντικού στα σημεία λίπανσης χρησιμοποιήθηκαν ελαστικοί σωλήνες αντοχής σε υψηλές θερμοκρασίες εσωτερικής διαμέτρου **5mm** και πίεσης λειτουργίας **6 bar** .

**4. Ψύξη λιπαντικού:** Για την ψύξη του λιπαντικού χρησιμοποιούνται εναλλάκτες οι οποίοι τροφοδοτούνται από το ανοικτό κύκλωμα νερού. Το εισερχόμενο στους εναλλάκτες νερό έχει τα εξής χαρακτηριστικά:  
Πίεση: **3bar**, Θερμοκρασία ( **max** ): **30°C**

### **8.2.1 Περιγραφή της λειτουργίας του κυκλώματος Νο1**

Ο ηλεκτροκινητήρας (1) δίνει κίνηση στην αντλία σταθερής παροχής (2) η οποία αναρροφά το λιπαντικό από την ελαιολεκάνη από την είσοδο του κυκλώματος (8) και το στέλνει στο φίλτρο (4). Το φίλτρο στο κύκλωμα είναι απαραίτητο στοιχείο. Βασική λειτουργία του φίλτρου είναι το φιλτράρισμα του

λαδιού από τυχόν ρινίσματα μετάλλων του κινητήρα ή της αντλίας και των στοιχείων που μαζεύονται σε αυτό λόγω της καύσης .

Εν συνεχεία το λιπαντικό περνά από τον ηλεκτρικό προθερμαντήρα (3) ο οποίος μέσω διακόπτη επιλέγεται αν θα λειτουργεί ή όχι. Ο προθερμαντήρας χρησιμεύει για την θέρμανση του λαδιού πριν την εκκίνηση του κινητήρα, ώστε αυτό να βρεθεί στην θερμοκρασία λειτουργίας του ή να διατηρηθεί σε αυτήν.

Εάν ο προθερμαντήρας λειτουργεί το λιπαντικό προθερμαίνεται. Σε αυτήν την περίπτωση πρέπει ο διακόπτης (15) που οδηγεί την ροή στο ψυγείο λιπαντικού να είναι κλειστός ενώ ο διακόπτης(10) που οδηγεί την ροή του λιπαντικού πίσω στην ελαιολεκάνη (9) ανοικτός. Το λιπαντικό σε αυτή την περίπτωση θα αναρροφηθεί ξανά από την αντλία συνεχώς θερμαινόμενο περνώντας μόνο μέσα από την ελαιολεκάνη και όχι από βασικά μέρη του κινητήρα. Όταν το θερμόμετρο (12) δείξει την επιθυμητή θερμοκρασία του ελαίου ώστε να μπορεί να εκκινήσει ο κινητήρας θέτουμε αυτόν σε λειτουργία και κλείνουμε τον κρουνοί που οδηγεί προς την ελαιολεκάνη και ανοίγουμε τον κρουνοί (15) που οδηγεί προς το ψυγείο λιπαντικού. Εάν δεν απαιτείται λειτουργία του προθερμαντήρα μπορούμε να τον θέσουμε εκτός λειτουργίας. (Παρατηρούμε ότι δεν πρέπει να είναι και οι δύο κρουνοί (10-15) ταυτόχρονα κλειστοί ή ανοικτοί διότι στην μεν πρώτη περίπτωση θα έχουμε καταστροφική κατακόρυφη αύξηση της πίεσεως, στη δε δεύτερη θα έχουμε πτώση της πίεσεως που θα δημιουργήσει προβλήματα δυσλειτουργίας στο κύκλωμα ελαίου και κατ' επέκταση στον κινητήρα).

Το λιπαντικό στην συνέχεια περνάει από τον εναλλάκτη (5) όπου ψύχεται από το διερχόμενο σε αυτόν νερό (στην αρχή της λειτουργίας του κινητήρα και εφόσον η θερμοκρασία του ελαίου δεν έχει αυξηθεί γίνεται ρύθμιση της παροχής του ψυκτικού νερού μέσω της ρυθμιστικής βάνας (11) ώστε να μην πέσει η θερμοκρασία του ελαίου κάτω από τον επιθυμητή).

Εξερχόμενο το λιπαντικό από τον εναλλάκτη περνά από τον διανομέα (6) και μέσω των σωλήνων (13) ένα μέρος της ροής οδηγείται προς τον κινητήρα για την λίπανσή του και εν μέρει την ψύξη του, ενώ το κύριο τμήμα της ροής επιστρέφει στην ελαιολεκάνη από την δίοδο (9) για να αναρροφηθεί ξανά από την αντλία μέσω της δίοδου (8).

Ο διανομέας έχει προσαρμοσμένα ένα θερμόμετρο και ένα μανόμετρο(14) για την μέτρηση των συνθηκών της ροής του ελαίου ώστε να παρατηρούμε αν

η πίεση και η θερμοκρασία είναι εντός των επιθυμητών ορίων, καθώς και μία εξαεριστική βαλβίδα προσαρμοσμένη στο μανόμετρο για τον απεγκλωβισμό των επιβλαβών φυσαλίδων αέρα από το κύκλωμα. Επίσης μετά τον διανομέα είναι προσαρμοσμένη ρυθμιστική βαλβίδα (7), η οποία με ειδικό κοχλία που διαθέτει επιτρέπει την ρύθμιση της τιμής της πίεσεως του ελαίου στο κύκλωμα στα επίπεδα που εμείς επιθυμούμε.

- Βάση του διαγράμματος η ροή ελαίου θα είναι:

1. Κατά τη προθέρμανση η διαδρομή του ελαίου είναι: 2-4-3-9-8-2

2. Κατά τη κανονική λειτουργία του κινητήρα η διαδρομή του ελαίου είναι: 2-4-3-5-6-9-8-2

- Το κύκλωμα Νο1 είναι υπεύθυνο για την λίπανση των ακόλουθων σημείων του κινητήρα:

1. Λίπανση εμπρόσθιου εδράνου στροφάλου
2. Λίπανση οπίσθιου εδράνου στροφάλου
3. Έγχυση ελαίου για ψύξη εμβόλου
4. Είσοδος ελαίου ψύξεως στο χιτώνιο
5. Έξοδος ελαίου ψύξεως από το χιτώνιο (επιστρέφει στην ελαιολεκάνη Νο2)

Στην εικόνα 8.3 φαίνονται τα σημεία λίπανσης του κινητήρα από το κύκλωμα Νο1.



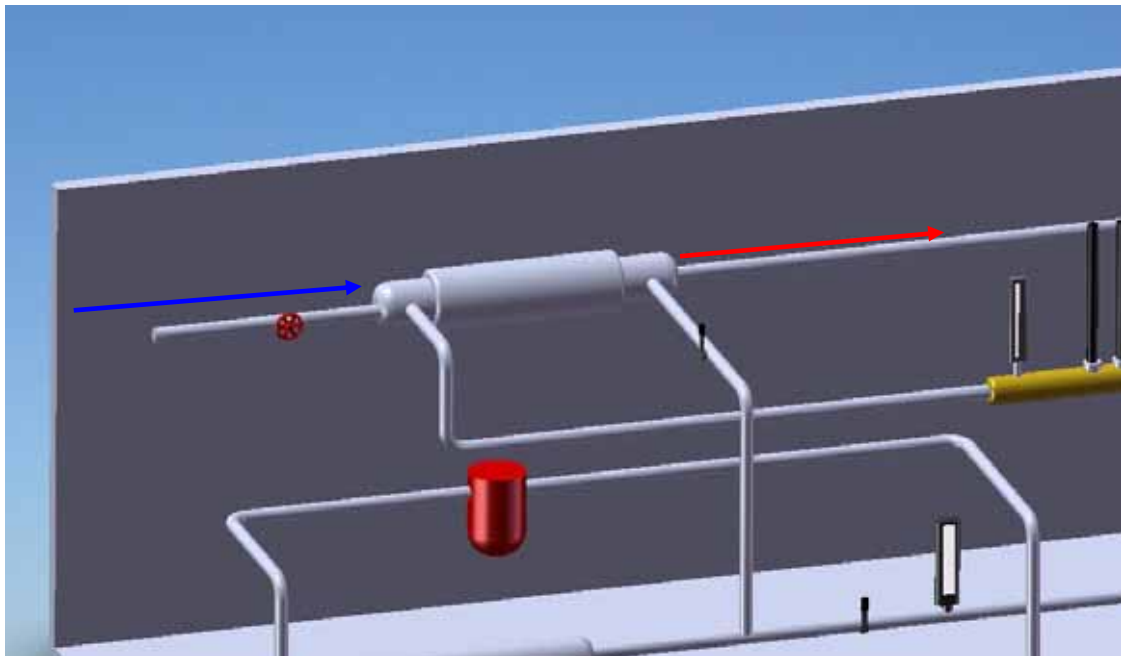
Εικόνα 8.3. Σημεία λίπανσης κινητήρα από το κύκλωμα Νο1.

### ➤ 8.2.2 Περιγραφή της λειτουργίας του κυκλώματος Νο2

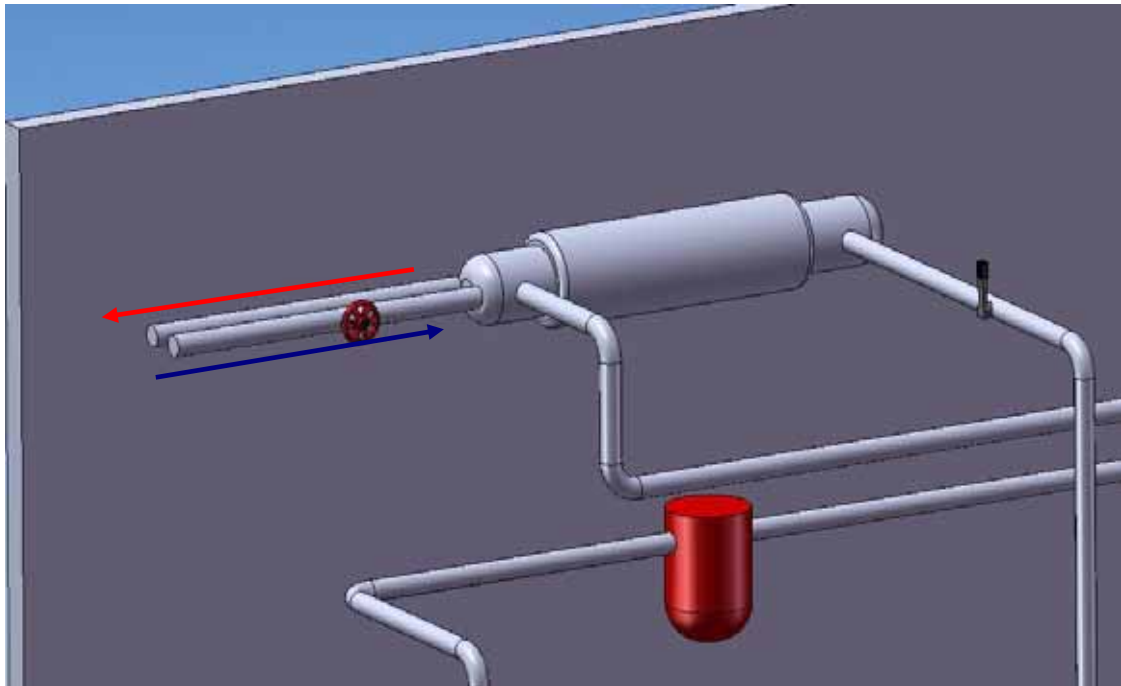
Το κύκλωμα κυκλοφορίας ελαίου Νο 2 λειτουργεί με τον ίδιο τρόπο όπως το κύκλωμα Νο 1 έχοντας όμως τις ακόλουθες διαφορές:

- Ο εναλλάκτης που χρησιμοποιείται στο κύκλωμα Νο 1 είναι αντιρροής ενώ στον εναλλάκτη του κυκλώματος Νο 2 ομορροής. Η επιλογή του έγινε κυρίως με χωροταξικά κριτήρια καθώς ο προσανατολισμός των δύο κυκλωμάτων ως προς τον κινητήρα είναι αντίθετος με αποτέλεσμα στο Νο 1 κύκλωμα να συμφέρει η τοποθέτηση εναλλάκτη αντιρροής ενώ στο κύκλωμα Νο 2 η τοποθέτηση εναλλάκτη ομορροής .

Στις παρακάτω εικόνες 8.4 και 8.5 φαίνονται οι διαφορές των εναλλακτών στα δύο κυκλώματα.

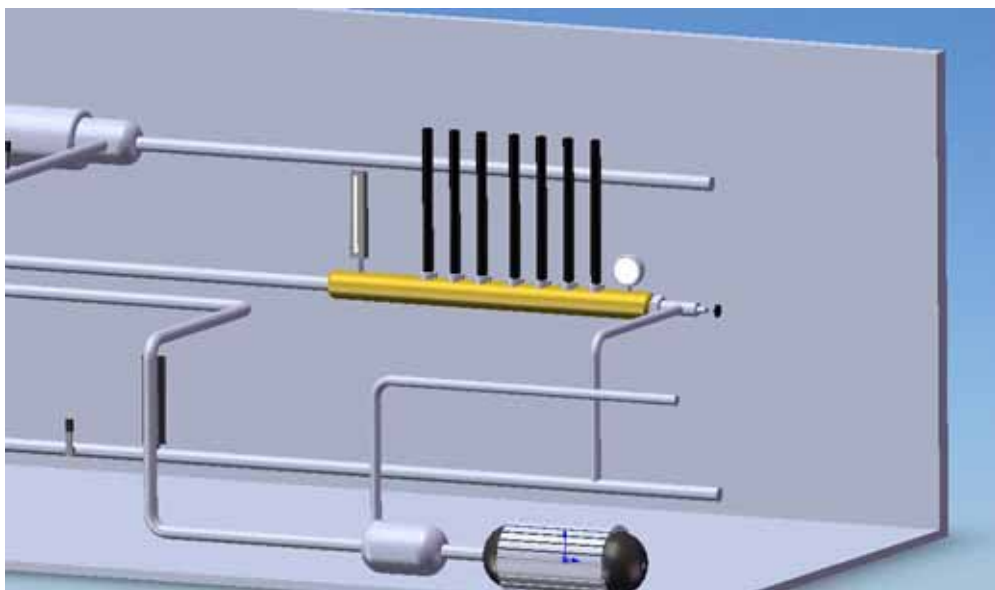


Εικόνα 8.4. Εναλλάκτης κυκλώματος Νο2.

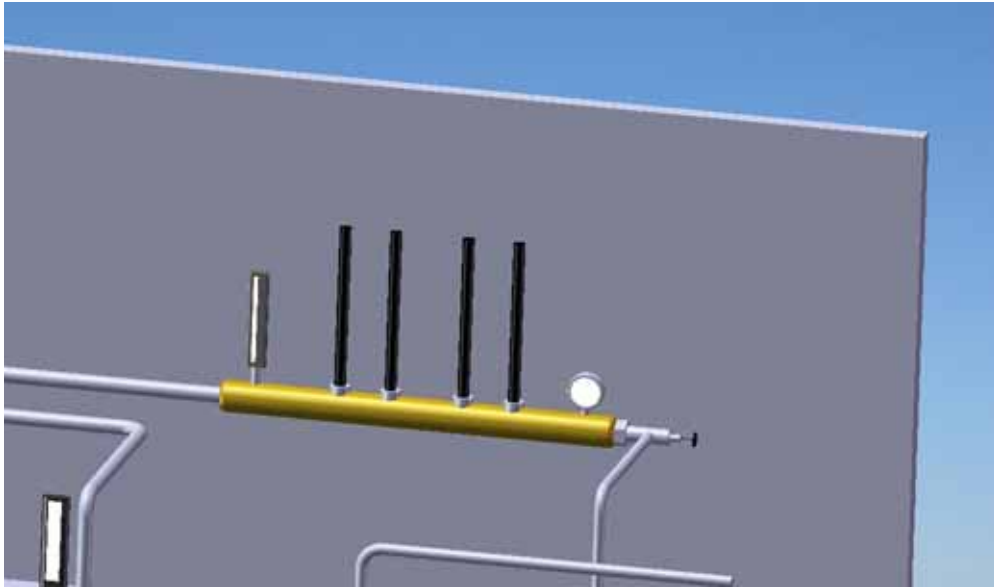


**Εικόνα 8.5. Εναλλάκτης κυκλώματος Νο1.**

- Οι σωλήνες διανομής ελαίου του κυκλώματος Νο 2 είναι 7 καθώς επτά είναι τα σημεία του κινητήρα που χρήζουν λίπανσης από το συγκεκριμένο κύκλωμα.



**Εικόνα 8.6 .Σωλήνες διανομής ελαίου του κυκλώματος Νο2.**



**Εικόνα 8.7. Σωλήνες διανομής ελαίου του κυκλώματος Νο1.**

■ Το κύκλωμα Νο2 είναι υπεύθυνο για την λίπανση των εξής σημείων:

1. Λίπανση εδράνων αντίβαρων
2. Λίπανση πίσω εδράνου εκκεντροφόρου
3. Λίπανση έκκεντρων βαλβίδων εισαγωγής και εξαγωγής
4. Λίπανση έκκεντρου έγχυσης καυσίμου
5. Λίπανση εμπρόσθιου εδράνου εκκεντροφόρου
6. Λίπανση οδοντωτών τροχών
7. Λίπανση ζυγώθρων





**Εικόνα 8.8.** Στην εικόνα φαίνονται τα σημεία λίπανσης του κυκλώματος No2.

Στην εικόνα 8.9 φαίνονται οι είσοδοι και οι έξοδοι από την ελαιολεκάνη του κινητήρα.



**Εικόνα 8.9.** Είσοδοι και οι έξοδοι από την ελαιολεκάνη του κινητήρα.

- A** .Έξοδος ελαίου από την ελαιολεκάνη του κινητήρα για την τροφοδοσία του κυκλώματος Νο1.
- B** .Επιστροφή ελαίου από το κύκλωμα Νο1.
- Γ** .Έξοδος ελαίου από την ελαιολεκάνη του κινητήρα για την τροφοδοσία του κυκλώματος Νο2.
- Δ** .Επιστροφή ελαίου από το κύκλωμα Νο2.

*Παρατήρηση:*

*Δεν υπήρχε πρόβλεψη για είσοδο του ελαίου στην ελαιολεκάνη Νο2 (Δ) από τον κατασκευαστή και για το λόγο αυτό διατρήθηκε το καπάκι που φαίνεται στη φωτογραφία, δημιουργήθηκε κατάλληλο σπείρωμα, και προσαρμόστηκαν οι κατάλληλοι σύνδεσμοι ώστε να προσαρμοστεί ο ελαστικός σωλήνας που φαίνεται στη πιο πάνω εικόνα.*

### ➤ **8.3 Περιγραφή των επιμέρους στοιχείων των κυκλωμάτων**

Για την κατασκευή των κυκλωμάτων λίπανσης χρησιμοποιήθηκαν εξαρτήματα από το εμπόριο. Η κατασκευή έγινε με τέτοιο τρόπο ώστε μελλοντικά να μπορεί να επιδέχεται μετατροπές και βελτιώσεις. Εν συνεχεία γίνεται μία παράθεση των εξαρτημάτων που χρησιμοποιήθηκαν καθώς και των τεχνικών χαρακτηριστικών τους.

#### ■ **Ηλεκτροκινητήρες**

Για την κίνηση των 2 αντλιών ελαίου χρησιμοποιήσαμε 2 όμοιους τριφασικούς ηλεκτροκινητήρες τύπου **CARL LOTT ZURICH 2** με τα εξής χαρακτηριστικά:

Τάση : 3x220/380 Volt

Ένταση : 1-5 A

Ισχύς : 1PS

#### ■ **Προθερμαντήρες**

Οι προθερμαντήρες που χρησιμοποιήθηκαν είναι κυλινδρικά δοχεία από το ένα άκρο των οποίων εισέρχεται το ρευστό και εξέρχεται από το άλλο. Στο εσωτερικό τους υπάρχει ηλεκτρική αντίσταση η οποία θερμαίνει το ρευστό κατά την διέλευσή του από τον προθερμαντήρα. Η χρήση τους είναι επιτακτική για τη διατήρηση σταθερής θερμοκρασίας ελαίου κυρίως στα μερικά φορτία.

Οι αντιστάσεις που προσαρμόστηκαν είναι:

**THERMOSTAT TYPE T-E-S** με ρυθμίσεις **40, 50, 60, 70, 80 Ω**

Οι προθερμαντήρες μετά από δοκιμές των κυκλωμάτων διαπιστώθηκε ότι είναι σε θέση να ανεβάσουν τη θερμοκρασία του κυκλώματος σύμφωνα με τις δοθείσες προδιαγραφές ήτοι στους **80-85°C**.

### ■ Αντλίες ελαίου

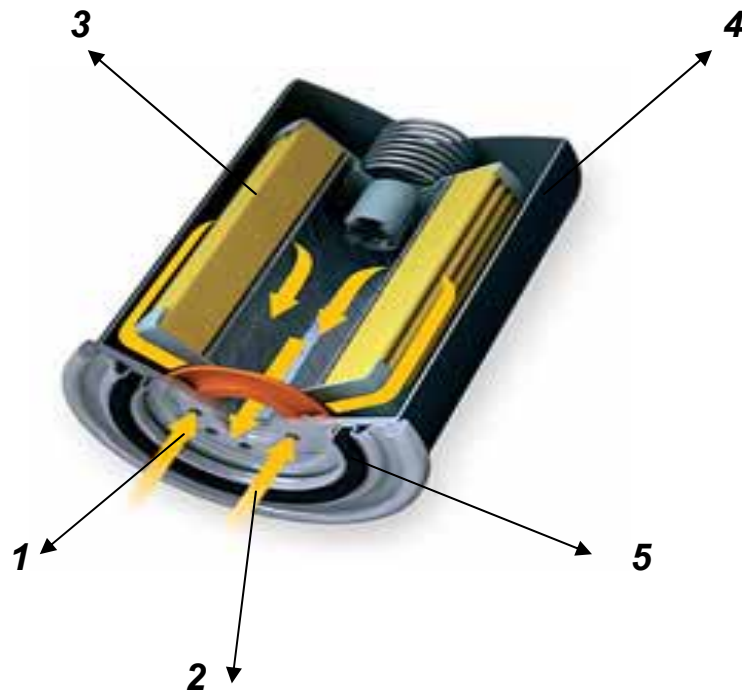
Οι αντλίες που χρησιμοποιήθηκαν είναι της **EGO ENGINEERING CO** τύπου **MODEL PP2**, η παροχή τους η οποία καλύπτει τις προδιαγραφές είναι ίση με **35 l/min**. Σε συνδυασμό με τους ηλεκτροκινητήρες μπορεί να ρυθμιστούν οι στροφές τους και συνεπώς η παροχή τους. Η πίεση στο κύκλωμα ρυθμίζεται κατάλληλα μέσω της ρυθμιστική βαλβίδα πίεσης( No 7 στα διαγράμματα λίπανσης ) σύμφωνα με τις προδιαγραφές.

### ■ Θερμόμετρα Hg τύπου MA SF

### ■ Πιεσόμετρα WIKA

### ■ Φίλτρο

Στα δύο κυκλώματα κυκλοφορίας του ελαίου προσαρμόστηκαν φίλτρα τύπου **CROSLAND 7507**. Πρόκειται για φίλτρο τύπου πλήρους ροής χωρίς την ύπαρξη βαλβίδας bypass. Το φίλτρο έχει ως σκοπό τον καθαρισμό του ελαίου από κατάλοιπα τα οποία μπορεί να εμποδίσουν τη ροή του ελαίου σε εξαρτήματα (των οποίων η σωστή λίπανση είναι καθοριστικός παράγοντας για τη σωστή λειτουργία τους) και κατ' επέκταση να προκαλέσουν σοβαρή βλάβη στον κινητήρα. Στην εικόνα 8.10 φαίνεται το φίλτρο του κυκλώματος.



**Εικόνα 8.10. Φίλτρο ελαίου.**

Το φίλτρο του ελαίου είναι κάθετης ροής. Η διάταξή του είναι η εξής:

1. Είσοδος ελαίου από την αντλία.
2. Έξοδος φιλτραρισμένου ελαίου
3. Πυρήνας φίλτρου
4. Χιτώνιο φίλτρου
5. Στεγανοποιητικός δακτύλιος

#### ■ Εναλλάκτες θερμότητας

Για την ψύξη του ελαίου στα δύο κυκλώματα επιλέχθηκαν δύο εναλλάκτες θερμότητας, όπου ως ψυκτικό μέσο χρησιμοποιείται νερό που παρέχεται από το κύκλωμα ύδρευσης του κτιρίου όπου στεγάζεται ο κινητήρας. Η λειτουργία τους είναι η ακόλουθη:

Ο εναλλάκτης νερού-ελαίου μεταφέρει θερμότητα από το ζεστό λάδι στο ψυχρότερο νερό. Η θερμοκρασία του κάθε υγρού αλλάζει καθώς περνάει μέσα από τον εναλλάκτη.

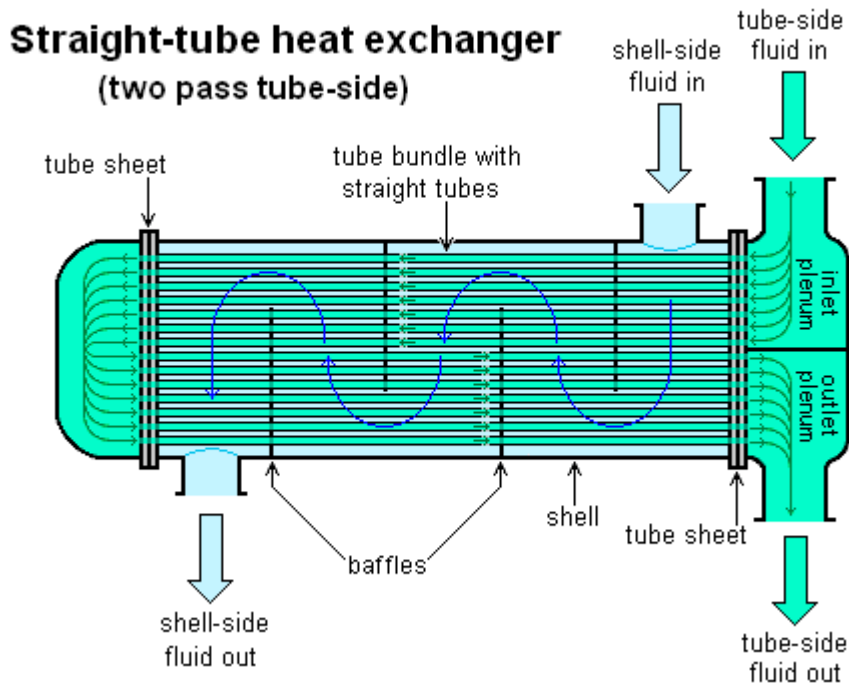
Ένας απλός τύπος εναλλάκτη νερού-ελαίου αποτελείται από έναν σωλήνα μέσο του οποίου ρέει το ψυκτικό μέσο (νερό), ο οποίος περιβάλλεται από ένα χιτώνιο, το οποίο στις δύο άκρες του διαθέτει στόμια εισόδου και εξόδου αντίστοιχα του λιπαντικού ελαίου. Η αποδοτικότητα του εναλλάκτη μπορεί να βελτιωθεί τοποθετώντας διαφράγματα (baffle plate) κατά μήκος των δεσμίδων των σωλήνων, οι οποίες διαιρούν το χώρο μέσα στον εναλλάκτη σε επιμέρους τμήματα οπότε με αυτό το τρόπο αυξάνεται η επιφάνεια συναλλαγής θερμότητας. Τα διαφράγματα έχουν τη μορφή δίσκων με κενά κυκλικής διατομής ώστε να περνούν οι σωλήνες με το ψυκτικό από μέσα τους. Όταν το ζεστό λάδι εισέρχεται στον εναλλάκτη δεν μπορεί να εξέλθει απευθείας, αλλά πρέπει να έχει μία «κυματιστή» πορεία, κάτι που βοηθά στην μεγαλύτερη συναλλαγή θερμότητας μεταξύ νερού και ελαίου.

Οι εναλλάκτες θερμότητας διαχωρίζονται ανάλογα με την κατεύθυνση της ροής του ενός υγρού σε σχέση με το άλλο. Χρησιμοποιήθηκαν δύο τύποι εναλλάκτη:

- Σο κύκλωμα No1

Χρησιμοποιήθηκε εναλλάκτης αντιροής (του νερού). Εδώ ο θάλαμος όπου εισάγεται το νερό είναι χωρισμένος σε δύο στεγανά μέρη οπότε το νερό χρησιμοποιεί μια δεσμίδα σωλήνων για να διατρέξει τον εναλλάκτη μέχρι το άλλο άκρο του και πραγματοποιώντας στροφή στο δεύτερο θάλαμο που είναι ενιαίος χρησιμοποιεί την άλλη δεσμίδα σωλήνων για να εξέλθει.

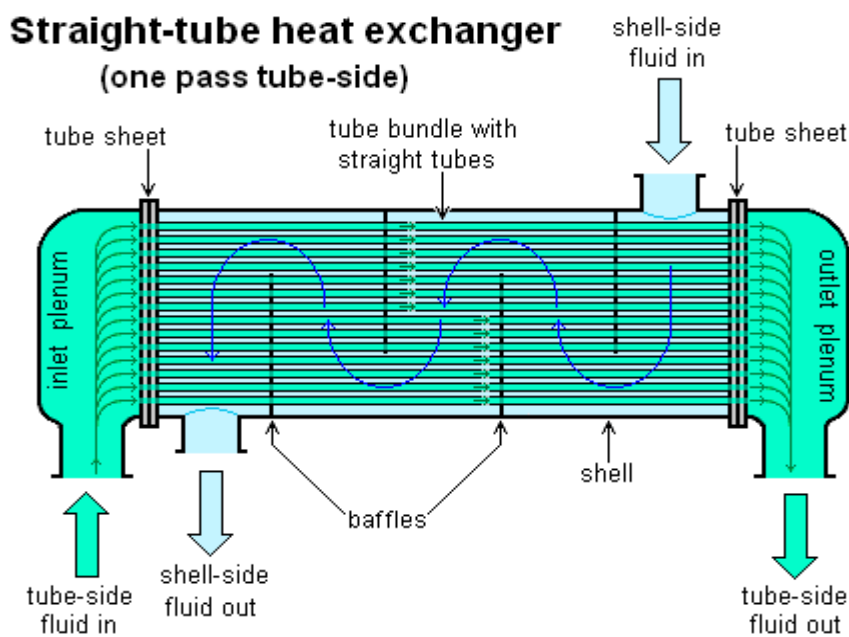
Η λειτουργία του φαίνεται στην εικόνα 30.



**Εικόνα 8.11. Εναλλάκτης θερμότητας του κυκλώματος Νο1.**

- Στο κύκλωμα Νο2

Χρησιμοποιήθηκε εναλλάκτης μονής διαδρομής (του νερού) .  
Η λειτουργία του φαίνεται στην εικόνα 31.



**Εικόνα 8.12. Εναλλάκτης θερμότητας του κυκλώματος Νο2.**

### ➤ 8.3.1 Χαρακτηριστικά των κυκλωμάτων λίπανσης .

Η μελέτη και ο σχεδιασμός των δύο κυκλωμάτων έγιναν βάση των προδιαγραφών και των απαιτήσεων του κινητήρα για λίπανση και ψύξη στα απαιτούμενα σημεία του. Κριτήρια για την κατασκευή ήταν η απλότητα, η δυνατότητα μελλοντικής παρέμβασης-προσθήκης μετρητικών εξαρτημάτων ή και διαφορετικού τύπου δομικών τμημάτων (π.χ. διαφορετικές αντλίες ελαίου, εναλλάκτες κλπ.) και η χρήση όσο το δυνατόν λιγότερων αυτοματισμών.

Συνοπτική αναγραφή των εξαρτημάτων κατασκευής του κυκλώματος λίπανσης.

Εξάρτημα	Τύπος	Τεμ.	Χαρακτηριστικά
Ηλεκτροκινητήρας	CARL LOTT ZURICH 2	2	Τάση : 3x220/380 Volt Ένταση : 1-5 A Ισχύς : 1 PS
Προθερμαντήρες	THERMOSTAT TYPE T-E-S	2	με ρυθμίσεις 40, 50, 60, 70, 80Ω
Αντλίες ελαίου	EGO ENGINEERING CO MODEL PP2.		35 1/min
Θερμόμετρα Hg	MA SF		με επαρκές εύρος μέτρησης
Πιεσόμετρα	WIKA		με επαρκές εύρος μέτρησης
Φίλτρα ελαίου	CROSLAND 7507	2	-----
Εναλλάκτης	Εναλλάκτης διπλής διαδρομής του νερού μεικτής ροής του ελαίου.	1	Για το κύκλωμα No1
Σωλήνες	Χαλκοσωλήνα	---	



Για την κατασκευή του **κυκλώματος κυκλοφορίας ελαίου** επιλέχθηκε η χρήση χάλκινων σωλήνων για τους εξής λόγους:

- Είναι υδραυλικά λείοι (θεωρείται ότι έχουν μηδενική τραχύτητα), επομένως παρουσιάζουν πρακτικά λιγότερη αντίσταση στη ροή σε σχέση οποιοδήποτε άλλο είδος σωλήνων. Αυτό έχει ως επακόλουθο για συγκεκριμένα ροϊκά χαρακτηριστικά, να είναι δυνατή η χρήση μικρότερης διαμέτρου σωλήνωσης οπότε επιτυγχάνεται:
  - i. οικονομία όγκου
  - ii. λόγω και της χαμηλής πυκνότητας του χαλκού, οικονομία βάρους
- Αντέχουν στην οξειδωση, άρα η χρονική διάρκεια αντοχής τους είναι μεγαλύτερη.
- Λόγω της ευκαμψίας που παρουσιάζουν και της ευκολίας συνδέσεως των εξαρτημάτων, η εγκατάστασή τους είναι πολύ εύκολη.
- Αντέχουν σε υψηλή πίεση.

#### Παρατηρήσεις

1. Οι χαλκοσωλήνες έχουν αρκετά υψηλό συντελεστή διαστολής και αυτό πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά την εγκατάστασή τους από πλευράς τρόπου στερέωσης.
2. Στα εσωτερικά τοιχώματά τους σχηματίζεται ένα λεπτό στρώμα οξειδίου του χαλκού που προφυλάσσει τη σωλήνωση από τη διάβρωση.
3. Λόγω των λεπτών τοιχωμάτων τους δεν χρησιμοποιούνται σε αυτούς οι κοχλιωτές συνδέσεις.
4. Διευκολύνεται η τοποθέτηση τους χάρη στα εξαρτήματα τριχοειδούς συγκολλήσεως. Οι διάμετροι του εξαρτήματος και του σωλήνα δεν διαφέρουν περισσότερο από 0.1mm.

### ➤ 8.3.2 Περιγραφή των πλαισίων στήριξης των κυκλωμάτων λίπανσης.

Για την εξασφάλιση σταθερής στήριξης των εξαρτημάτων που είναι απαραίτητα για τη λειτουργία των δύο κυκλωμάτων κυκλοφορίας και ψύξης του ελαίου, έγινε η κατασκευή δύο όμοιων πλαισίων .

Οι διαστάσεις επιλέχθηκαν ύστερα από μέτρηση των βασικών διαστάσεων των εξαρτημάτων που υπήρχαν στη διάθεσή μας (ηλεκτροκινητήρες, αντλίες ελαίου, εναλλάκτες ελαίου-νερού, φίλτρα ελαίου, προθερμαντήρες ελαίου, διανομείς ελαίου, σωληνώσεις) ούτως ώστε να είναι δυνατή η ευρύχωρη τοποθέτησή τους στο πλαίσιο, και η στερέωσή τους δια της χρήσης κοχλιών .

Δομικά υλικά κατασκευής πλαισίων

Χαλύβδινα ευθύγραμμα τεμάχια ορθογωνικής διατομής <input type="checkbox"/>	3cmx4cmx0,3cm
Χαλύβδινα ευθύγραμμα τεμάχια διατομής Γ	3cmx4cmx0,3cm

Στην εκλογή των διαστάσεων στα πλαίσια έπαιξαν σημαντικό ρόλο τα ακόλουθα:

1. Να παρέχεται η δυνατότητα εύκολης πρόσβασης σε κάθε εξάρτημα και αν είναι δυνατό η ρύθμισή του.
2. Να παρέχεται η δυνατότητα λύσης και συναρμολόγησης οποιουδήποτε τμήματος του κυκλώματος.
3. Να είναι δυνατή και ευχερής η τροποποίηση των τμημάτων του κυκλώματος καθώς και η τοποθέτηση νέων εξαρτημάτων αν αυτό κριθεί μελλοντικά απαραίτητο.

### ➤ 8.3.2.1 Διαδικασία κατασκευής των πλαισίων στήριξης.

- 1) Κόπηκαν τα τεμάχια στα επιθυμητά μήκη σύμφωνα με το σχέδιο.
- 2) Διαμορφώθηκαν κατάλληλα τα άκρα τους (ομαλοποιήθηκαν για να μην είναι αιχμηρά και διαμορφώθηκαν ώστε να είναι επιτυχής η ηλεκτροσυγκόλλησή τους).
- 3) Η σύνδεση των τεμαχίων έγινε με ηλεκτροσυγκόλληση.
- 4) Όπου χρειάστηκε στα πλαίσια ανοίχθηκαν οπές ώστε να μπορέσουν να σταθεροποιηθούν τα εξαρτήματα με τη βοήθεια κοχλιών και αντίστοιχων περικοχλίων.
- 5) Βάφτηκαν τα πλαίσια προς αποφυγή εμφάνισης διαβρώσεων.
- 6) Σταθεροποιήθηκαν τα πλαίσια στο δάπεδο εκατέρωθεν της μηχανής. Τα πλαίσια στηρίχθηκαν στο πάτωμα ανοίγοντας οπές στο τσιμέντο, στις οποίες προσαρμόστηκαν πλαστικά σπειρώματα και εν συνεχεία με χρήση των αντίστοιχων κοχλιών στερεώθηκαν τα πλαίσια σταθερά στο δάπεδο.

Στην εικόνα 8.13 φαίνεται η κατασκευή του πλαισίου στήριξης.



Εικόνα 8.13. Πλαίσιο στήριξης.

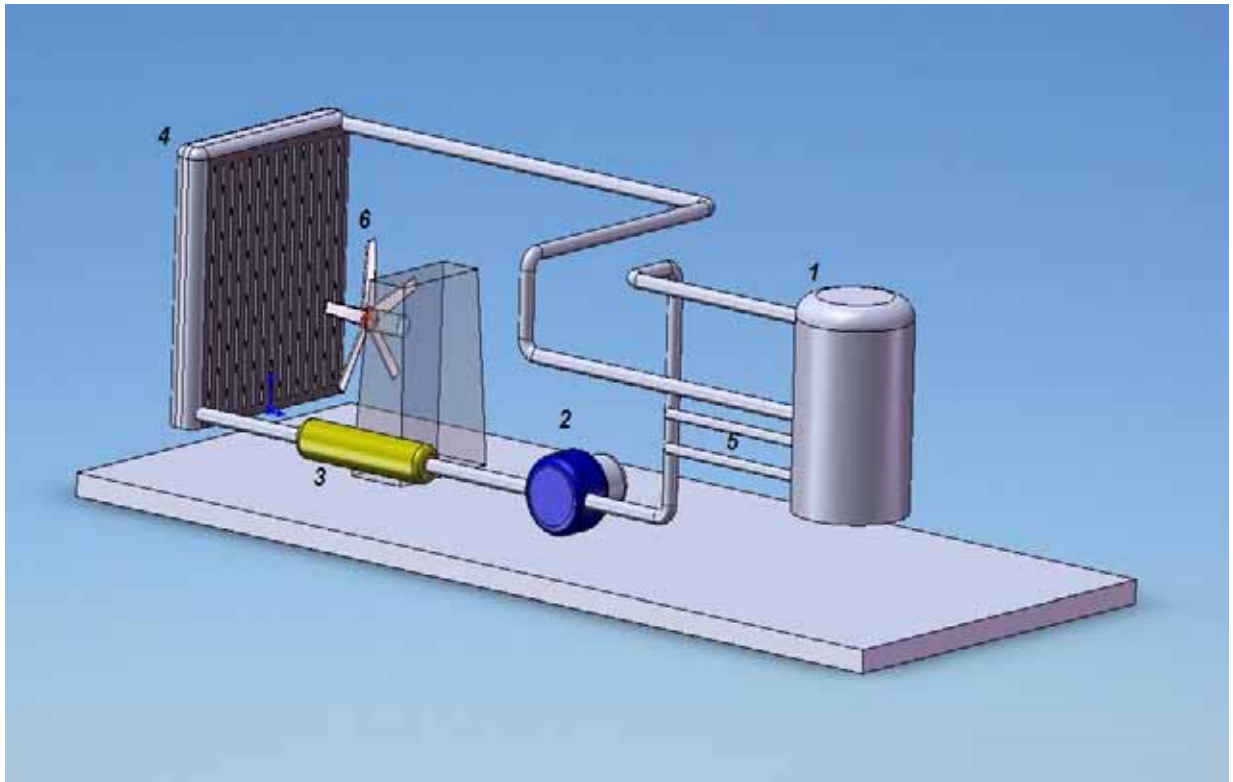
**➤ 9.1 Εισαγωγή**

Η ψύξη ενός κινητήρα είναι απαραίτητη, αφού σ' αυτόν αναπτύσσονται μεγάλες θερμοκρασίες κατά την διάρκεια της λειτουργίας του, ιδιαίτερα στην περιοχή του κυλίνδρου και της κυλινδροκεφαλής. Τα κύρια ψυκτικά μέσα για ένα κινητήρα, ανάλογα με το σχεδιασμό του είναι το νερό, ο αέρας ή το λάδι. Στην περίπτωση του παρόντος κινητήρα γίνεται συνδυασμένη χρήση λαδιού νερού. Το νερό του χρησιμοποιείται για την απαγωγή των μεγαλύτερων ποσοστών θερμότητας, τα οποία παρουσιάζονται στην κεφαλή του κυλίνδρου, εκεί όπου παίρνει χώρα η καύση και στο μεγαλύτερο μέρος του χιτωνίου. Το λάδι χρησιμοποιείται για την ψύξη του κάτω μέρους του χιτωνίου.

Η πειραματική φύση του κινητήρα απαιτούσε την κατασκευή του κλειστού κυκλώματος υδρόψυξης. Το κύκλωμα ελαιόψυξης έχει περιγραφή στο κεφάλαιο του κυκλώματος λίπανσης.

Ακολούθως γίνεται περιγραφή του κυκλώματος υδρόψυξης που κατασκευάστηκε προκειμένου να τροφοδοτηθεί το τμήμα του κινητήρα, σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή, με το απαραίτητο ψυκτικό μέσο (νερό).

Παρατίθενται σχεδιαγράμματα που επεξηγούν τη συνδεσμολογία που χρησιμοποιήσαμε για τη δημιουργία του κλειστού κυκλώματος υδρόψυξης καθώς και εικόνες των τμημάτων της κατασκευής.



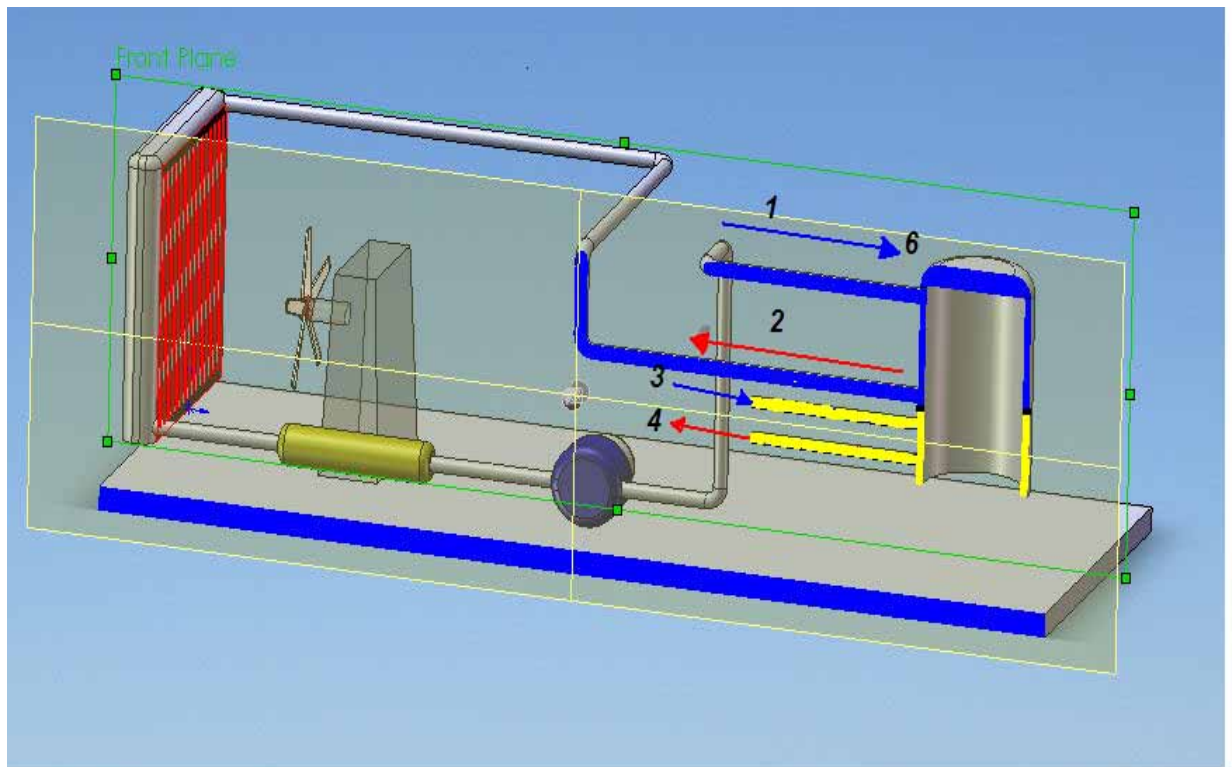
**Εικόνα 9.1. Διάγραμμα κλειστού κυκλώματος ψύξης.**

Στο ανωτέρω σχήμα φαίνονται:

1. Τμήμα του κινητήρα (κεφαλή) που ψύχεται με νερό
2. Αντλία νερού η οποία παρέχει το νερό ψύξης στην κεφαλή του κινητήρα
3. Προθερμαντήρας νερού τοποθετημένος πριν την αναρρόφηση της αντλίας
4. Ψυγείο νερού όπου ως ψυκτικό μέσο χρησιμοποιείται ο διερχόμενος μέσα από τις κυψέλες του αέρα
5. Κύκλωμα ελαίου επί του οποίου εδράζεται η αντλία νερού πάνω σε ειδική βάση
6. Πτερωτή (fan) του ψυγείου νερού

## ➤ 9.2 Περιγραφή της λειτουργίας του κυκλώματος ψύξης

Στην εικόνα 9.2 παρουσιάζεται σχηματικά η ροή του ψυκτικού ύδατος από και προς τον κινητήρα, καθώς και η ροή ελαίου στο κάτω μέρος του κυλίνδρου.



**Εικόνα 9.2. Διάγραμμα κλειστού κυκλώματος ψύξης.**

- 1.Είσοδος ψυκτικού νερού στο άνω μέρος της κυλινδροκεφαλής (άνω περιοχή) .
- 2.Έξοδος ψυκτικού νερού στο κάτω μέρος της κυλινδροκεφαλής(άνω περιοχή).
- 3.Είσοδος ψυκτικού ελαίου στην κάτω περιοχή της κυλινδροκεφαλής.
- 4.Έξοδοδος ψυκτικού ελαίου στην κάτω περιοχή της κυλινδροκεφαλής .

Η αντλία της διάταξης αναλαμβάνει να τροφοδοτήσει το άνω τμήμα του κινητήρα με νερό, το οποίο αφού παραλάβει τμήμα της θερμότητας από τον κινητήρα οδηγείται σε εναλλάκτη νερού – αέρα (ψυγείο νερού), όπου ο αέρας

πλέον ως ψυκτικό μέσο παραλαμβάνει θερμότητα από το ζεστό νερό επαναφέροντάς το σε κατάλληλη θερμοκρασία για την ψύξη του κινητήρα. Η είσοδος γίνεται στο πάνω μέρος του εναλλάκτη αφού το νερό ανυψωθεί περίπου στα 2m .

Ο προθερμαντήρας νερού βρίσκεται πριν την είσοδο της αντλίας. Ο προθερμαντήρας τίθεται σε λειτουργία πριν την εκκίνηση του κινητήρα για να προθερμάνει το νερό στη θερμοκρασία λειτουργίας του. Στην συνέχεια η λειτουργία του διακόπτεται ,αφού ο κινητήρας εκκινήσει και εν συνεχεία η θερμοκρασία του νερού ελέγχεται ώστε να παραμένει σε σταθερά επίπεδα. Ο προθερμαντήρας μπορεί επίσης να τεθεί σε λειτουργία σε φάσεις όπου ο κινητήρας είναι σε λειτουργία με χαμηλά φορτία.

Η ψύξη του κυλίνδρου χωρίζεται σε 2 περιοχές. Η άνω περιοχή αποτελεί μια τυπική διάταξη υδρόψυξης. Η είσοδος του νερού βρίσκεται στην πάνω περιοχή του κυλίνδρου για βέλτιστη ψύξη του. Μέσο 4 οπών το νερό ρέει προς το κάτω διαμέρισμα της κυλινδροκεφαλής και μέσω 4 άλλων οπών το νερό ρέει προς το πάνω διαμέρισμα της κυλινδροκεφαλής. Από εκεί το νερό ρέει προς την έξοδο του από την κυλινδροκεφαλή δίπλα από την θυρίδα εξαγωγής των καυσαερίων. Ο δακτύλιος της έδρας της βαλβίδας εξαγωγής ψύχεται επίσης με νερό κατά τη διαδρομή του από το κάτω στο άνω διαμέρισμα. Στη κάτω περιοχή η ψύξη γίνεται μέσω του ελαίου λίπανσης.

### ➤ **9.2.1 Περιγραφή των επιμέρους στοιχείων του κλειστού κυκλώματος ψύξης.**

#### ■ **Ψυγείο**

Το ψυγείο που χρησιμοποιήθηκε για την ψύξη έχει προέλθει από κινητήρα Diesel με προσαρμοσμένο ανεμιστήρα της **ILG**, τύπου **PD**, μεγέθους 183, με RPM(max)=1440.

### ■ Αντλία

Για την παροχή της κατάλληλης ποσότητας νερού για την ψύξη του κινητήρα χρησιμοποιείται αντλία της **WILO** τύπου **WJ-E7 SM** η οποία κινείται από ενσωματωμένο ηλεκτροκινητήρα με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- Ονομαστική τάση λειτουργίας: 230V
- Συχνότητα λειτουργίας (ρυθμιζόμενη): 1-50 Hz
- Ένταση ρεύματος (ρυθμιζόμενη): 1-3.7 A
- Ονομαστική ισχύς: 0.85 KW

Στην εικόνα φαίνονται το ψυγείο και αντλία του κυκλώματος . Το ψυγείο έχει προσαρμοστεί σε ορθογώνια βάση έξω από το εργαστήριο και η αντλία στο πλαίσιο στήριξης το κυκλώματος ελαίου Νο 1.



**Εικόνα 9.3.** Το ψυγείο και η αντλία του κλειστού κυκλώματος ψύξης.



➤ 10.1 Περιγραφή του ανοικτού κυκλώματος ύδατος

Το ανοιχτό κύκλωμα ύδατος χρησιμοποιεί νερό από την παροχή του δικτύου της πόλης. Η κατασκευή του κυκλώματος εξυπηρετεί την ψύξη του ελαίου στους δύο εναλλάκτες των κυκλωμάτων και την τροφοδοσία της πέδης. Για τους σκοπούς αυτούς κατασκευάστηκαν δύο γραμμές παροχής νερού.

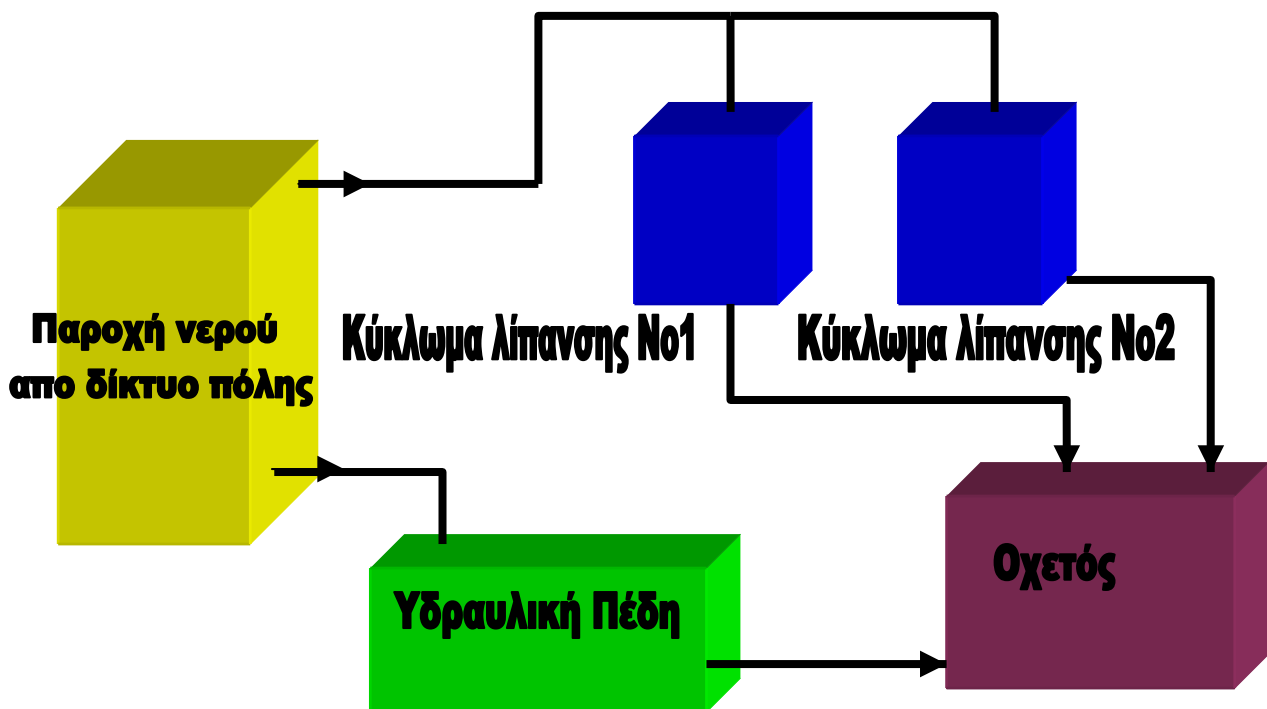
- Η πρώτη αναλαμβάνει την ψύξη του ελαίου και στα δύο κυκλώματα.
- Η δεύτερη παρέχει το απαιτούμενο νερό για τη λειτουργία της πέδης

Οι προδιαγραφές (οι οποίες και καλύπτονται) για το νερό ψύξης του ελαίου είναι:

$P = 3\text{bar}$

$T(\text{max}) = 30^\circ\text{C}$

Το κύκλωμα φαίνεται στην εικόνα 10.1.



Εικόνα 10.1. Διάγραμμα ανοικτού κυκλώματος νερού.

## ➤ **10.2 Κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του ανοιχτού κυκλώματος Ύδατος**

Το ανοιχτό κύκλωμα νερού είναι υπεύθυνο για την τροφοδοσία της πέδης και την ψύξη του ελαίου στα δύο κυκλώματα. Το νερό που χρησιμοποιείται είναι από την παροχή του δικτύου της πόλης.

Για την κατασκευή του ανοικτού κυκλώματος κυκλοφορίας νερού χρησιμοποιήθηκαν γαλβανισμένοι χαλυβδοσωλήνες. . Στα δίκτυα νερού δεν χρησιμοποιούνται σιδηροσωλήνες με διάμετρο μικρότερη από 1/2". Οι σιδηροσωλήνες μικρής διαμέτρου εφοδιάζονται με σπειρώματα σωλήνων. Το εξωτερικό τους σπείρωμα είναι κωνικό (κώνος 1:16), ενώ το εσωτερικό σπείρωμα του εξαρτήματος που συνδέεται με αυτό είναι κυλινδρικό (παράλληλο).

Οι συνδέσεις των χαλυβδοσωλήνων επιτεύχθηκαν δια των παρακάτω μεθόδων.

- Σύνδεση με συνδετικό τμήμα με εσωτερικό σπείρωμα (μούφα).

Η διαδικασία που ακολουθείται είναι η ακόλουθη : Η εφαρμογή γίνεται σε σωλήνες ίδιας διαμέτρου και είναι απαραίτητη η δημιουργία σπειρώματος στα προς σύνδεση άκρα των σωλήνων. Η δημιουργία σπειρώματος έγινε με ειδικό εργαλείο που ονομάζεται βιδολόγος.

Αφού ανοιχθούν τα σπειρώματα στα δύο άκρα, βιδώνεται το συνδετικό τμήμα στο άκρο του ενός σωλήνα μέχρι το μέσο του, μετά δε βιδώνεται και το άκρο του δεύτερου σωλήνα με στροφή πλέον του ίδιου του σωλήνα. Για να επιτευχθεί πλήρης στεγανοποίηση της συνδέσεως περιβάλλονται τα δύο άκρα των σωλήνων προτού βιδωθούν με το συνδετικό τμήμα, με ίνες από κάνναβη και αλείφονται κατόπιν με ελαιόχρωμα. Οι παραπάνω μέθοδοι στεγανοποίησης χρησιμοποιήθηκαν εκτεταμένα σε όλο το δίκτυο των σωλήνων, είτε χάλκινων είτε χαλύβδινων, όπου υπήρχαν σπειρώματα σωλήνων και ενδείξεις ή κίνδυνος διαρροής.

- Σύνδεση με συνδετικό τμήμα με εξωτερικό σπείρωμα (μαστός).
- Σύνδεση με συνδετικό τμήμα με εσωτερικό σπείρωμα που έχει τα μισά του σπειρώματα δεξιά και τα άλλα μισά αριστερά (ονομάζεται «αριστερή μούφα»).

Η χρήση αυτής της συνδέσεως γίνεται όταν είναι αδύνατο να περιστραφούν ελεύθερα οι σωλήνες. Με την χρήση αυτού του εξαρτήματος, όταν περιστρέφεται βιδώνει και στα δύο άκρα των σωλήνων.

- Σύνδεση με λυόμενο σύνδεσμο (ρακόρ).

Έγινε χρήση του όπου υπήρξε πρόβλεψη για συχνή ανάγκη αποσυναρμολόγησης των δύο άκρων των σωλήνων καθώς και σε σημεία όπου έπρεπε να συναρμολογηθούν σωλήνες από διαφορετικό υλικό (π.χ. χάλκινος-χαλύβδινος, ελαστικός-χαλύβδινος). Στα ρακόρ που χρησιμοποιήθηκαν η στεγανότητα διασφαλίζεται με κωνική διαμόρφωση των άκρων τους. Όπου όμως επισημάνθηκε κατά τις δοκιμές των κυκλωμάτων διαρροή στα ρακόρ, χρησιμοποιήθηκαν οι μέθοδοι στεγανοποίησης που προαναφέρθηκαν, στα τμήματα των ρακόρ που φέρουν σπείρωμα.

- Σύνδεση με συστολή.
  - i. Οι συστολές είναι συνδετικά τμήματα που στα δύο άκρα τους έχουν σπειρώματα διαφορετικής διαμέτρου (π.χ. 1/2”-3/4”) και προορίζονται όπως είναι λογικό για σύνδεση σωλήνων διαφορετικής διαμέτρου.

## **κεφάλαιο 11**

## **Συμπεράσματα.**

Όπως έχει αναφερθεί σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν ο σχεδιασμός και η κατασκευή του κυκλώματος εναλλαγής αερίων του πειραματικού μονοκύλινδρου κινητήρα της **AVL** καθώς και επίσης και η παράλληλη συμβολή στην τελική προσαρμογή των υποσυστημάτων ψύξης και λίπανσης του κινητήρα.

Όλα τα κυκλώματα της κλίνης δοκιμών μελετήθηκαν και αναπτύχθηκαν στο εργαστήριο MEK λαμβάνοντας υπόψιν τις ιδιαίτερες απαιτήσεις του κινητήρα. Τα κυκλώματα εναλλαγής αερίων, δηλαδή το κύκλωμα εισαγωγής αέρα και το κύκλωμα εξαγωγής καυσαερίων μελετήθηκαν και κατασκευάστηκαν κατά την διάρκεια της παρούσας εργασίας. Για τα υπόλοιπα κυκλώματα η συμβολή της παρούσας εργασίας έγκειται στην τελική προσαρμογή και την περιγραφή της λειτουργίας τους.

Έγινε δοκιμαστική λειτουργία των κυκλωμάτων λίπανσης και ψύξης και όπου προέκυψε ότι αυτά λειτουργούν ορθά και καλύπτουν τις απαιτήσεις του κινητήρα σύμφωνα με τις προδιαγραφές του.

Παράλληλα η κατασκευή του συστήματος εξαγωγής ήταν επιτυχής καθώς μας δίνει την δυνατότητα ελέγχου της πίεσης εξαγωγής ώστε να προσομοιωθεί εφόσον επιθυμούμε η ύπαρξη υπερπληρωτή.

Τέλος έχουν γίνει οι σχετικοί υπολογισμοί που αφορούν το σύστημα εισαγωγής για την τροφοδοσία με αέρα κατάλληλων συνθηκών στην είσοδο του κινητήρα. Ο αέρας θα παρέχεται από μηχανικό συμπιεστή που έχει ήδη εγκατασταθεί. Η παροχή αέρα θα γίνεται μέσω αεριοφυλακίου για την ομαλή παροχή αέρα του οποίου τα χαρακτηριστικά έχουν ήδη εκτιμηθεί.

Κατά τον έλεγχο του κινητήρα τα κυκλώματα εναλλαγής αερίων καθώς και τα υπόλοιπα κυκλώματα ανταποκρίθηκαν πλήρως στις απαιτήσεις του κινητήρα. Επιτεύχθηκε δηλαδή ο κύριος σκοπός της εργασίας αυτής, που ήταν η προσομοίωση ενός υπερπληρωτή στον κινητήρα.

