

# **ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΥ 4- ΚΥΛΙΝΔΡΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ DIESEL ΚΑΙ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΜΕ ΦΥΤΙΚΟ ΕΛΑΙΟ**



Σπουδαστής: Νίκος Τζελέπης

A.M. 40148

Επιβλέπων καθηγητής: Ανδρέας Θεοδωρακάκος

ΑΙΓΑΛΕΩ 2018

## **ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

### **ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΥ 4- ΚΥΛΙΝΔΡΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ DIESEL ΚΑΙ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΜΕ ΦΥΤΙΚΟ ΕΛΑΙΟ**

Οι κινητήρες εσωτερικής καύσης χρησιμοποιούνται σε πληθώρα εφαρμογών. Κατά τον προηγούμενο αιώνα επιλύσαν το πρόβλημα της μαζικής μετακίνησης και μεταφοράς ανθρώπων και προϊόντων με τεράστια μείωση στον ενδιάμεσο χρόνο αναμονής. Σήμερα οι κινητήρες εσωτερικής καύσης τύπου ντίζελ αποτελούν την απόλυτη επιλογή στην συντριπτική πλειοψηφία των βαρέων εφαρμογών και αποτελούν σταθερά μεγάλο ποσοστό στις ελαφρές εφαρμογές.

Στη συγκεκριμένη εργασία αναλύουμε την λειτουργία των ατμοσφαιρικών κινητήρων ντίζελ , βλέπουμε από που προέρχονται , ρίχνουμε μια ματιά στην ζωή του εφευρέτη τους και τις διάφορες ανακαλύψεις που έγιναν κατά τις προηγούμενες δεκαετίες. Ταυτοχρόνως αποκαταστήσαμε πλήρως την λειτουργία του εργαστηριακού κινητήρα μας αντιμετωπίζοντας τις διάφορες τεχνικές προκλήσεις έτσι ώστε να αποκτήσουμε σφαιρική και σε βάθος γνώση του κινητήρα μας αλλά και να αυξήσουμε τις τεχνικές μας δεξιότητες.

Τέλος αναλύουμε την παραγωγή και την χρήση φυτικών ελαίων σε κινητήρες ντίζελ πως καθορίζεται η ποιότητα τους ως καύσιμο καθώς και πως η χρήση τους επηρεάζει την λειτουργία του κινητήρα σε μεγάλο διάστημα και πιο το μέλλον της χρήσης τέτοιων τύπων ελαίου ως καύσιμα στους ντίζελ κινητήρες.

## **ABSTRACT**

### **RESTORATION OF A LABORATORY 4-CYLINDER DIESEL ENGINE , EXAMINING THE POSSIBILITY OF OPERATING WITH STRAIGHT VEGETABLE OIL**

Internal combustion engines are used in numerous applications .During last century internal combustion engines solved the problem of mass transportation of people and goods. At the same time, delivery times became much smaller. Today internal combustion diesel engines are the ultimate and almost only choice in heavy-duty applications. Diesel engines also hold strong share in light duty applications.

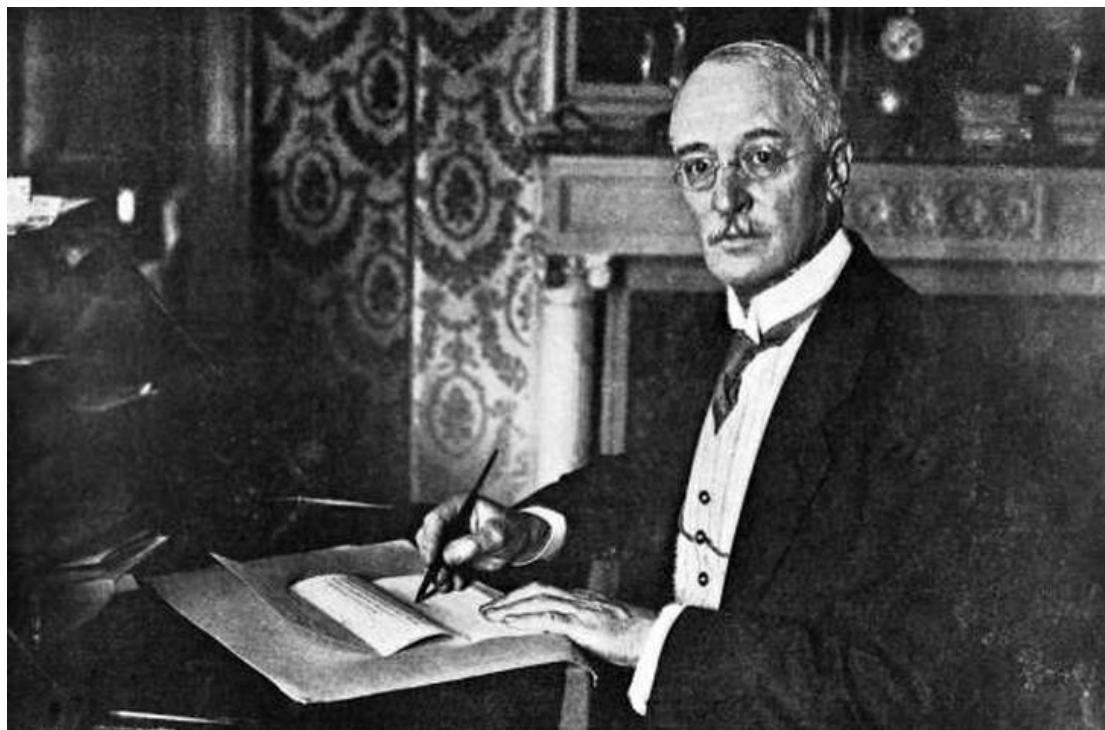
In this particular thesis, we analyze the operation of naturally aspirated diesel engines, we see their timeline of innovation and we have a brief look in the life of their inventor and the inventions that happened during last decades. Restoration of our laboratory engine took place at the same time and our goal is to make our engine fully functional and at the same time to improve our technical skills and our knowledge on our engine.

We also make a comprehensive analysis in the production and use of straight vegetable oil as fuel in diesel engines, how we clarify their quality as fuel and how their use is affecting diesel engines in the long run and lastly we analyze the future use of straight vegetable oil in diesel engines.

Περίληψη.....	σελ.2
Abstract.....	σελ.3
1 <sup>ο</sup> Κεφάλαιο : Ντίζελ κινητήρες Παρελθόν και Μέλλον	
1.1 Γενικές Πληροφορίες.....	σελ.5
1.2 Καύσιμα Ντίζελ.....	σελ.6
1.3 Χρονολόγιο Ανάπτυξης-Καινοτομιών Κινητήρων Diesel.....	σελ.7
1.4 Η θέση των κινητήρων Diesel την σύγχρονη εποχή.....	σελ.10
2ο Κεφάλαιο	
2 Ανάλυση χρήσεων ατμοσφαιρικών κινητήρων Ντίζελ....	σελ.12
2.1 Κινητήρες Ντίζελ οχημάτων και σταθεροί.....	σελ.13
2.1.1 Κινητήρες Ντίζελ οχημάτων.....	σελ.14
2.1.2 Στατικοί κινητήρες Ντίζελ.....	σελ.15
2.1.3 Σύγκριση Ατμοσφαιρικών Ντίζελ και Τούρμπο- Ντίζελ.....	σελ.16
2.2 Η ιστορία του κινητήρα Perkins 4.99/4.107/4.108 ο πρώτος μικρός κινητήρας Perkins.....	σελ.19
2.3 Αποκατάσταση λειτουργίας εργαστηριακού κινητήρα..	σελ.25
2.3.1 Επισκευές που λάβαν χώρα.....	σελ.25
2.3.2 Τεχνικά Χαρακτηριστικά.....	σελ.29
3 Εισαγωγή στα καύσιμα SVO.....	σελ.32
3.1 Διαδικασία παραγωγής ανανεώσιμων καυσίμων τύπου SVO(Straight Vegetable Oil)(Ανανεώσιμα φυτικά έλαια) .....	σελ.32
3.1.1 Κινηματικό Ιξώδες.....	σελ.35
3.1.2 Αριθμός Κετανίων.....	σελ.36
3.2 Ακαθαρσίες.....	σελ.36
3.3 Προσαρμογές κινητήρων Ντίζελ για χρήση σε καύσιμα SVO.....	σελ.38
3.3.1 Κιτ προσαρμογής κινητήρα σε S.V.O.....	σελ.41
3.3.2 Προσαρμογή του PERKINS 4.99 σε καύσιμα SV.....	σελ.46
3.4 S.V.O και Βιοντίζελ.....	σελ.47

4 Συμπέρασμα.....	σελ.50
5 Τμήμα του εγχειρίδιου του κινητήρα μας.....	σελ.51
6 Πηγές.....	σελ.62

## 1.1 Γενικές Πληροφορίες



Εικόνα 1: Ο Ρούντολφ Κρίστιαν Ντίζελ (<http://www.cyberlipid.org/glycer/biodiesel.htm>)

Ο Ρούντολφ Ντίζελ(πλήρες όνομα Ρούντολφ Κρίστιαν Κάρλ Ντίζελ),μηχανολόγος-μηχανικός γαλλογερμανικής καταγωγής. Γεννήθηκε το 18 Μαρτίου 1858 στο Παρίσι και πέθανε 29 Σεπτεμβρίου 1913 στο Βρετανικό κανάλι.

Με το ξέσπασμα του Γαλλό-Γερμανικού πολέμου το 1870 ο Ντίζελ και η οικογένεια του απελαθήκαν στο Λονδίνο.

Από εκεί ο Ντίζελ εστάλη στο Άουγκσμπουργκ για να συνεχίσει το σχολείο. Στη συνέχεια ο Ντίζελ μετακόμισε στο Μόναχο και συνέχισε τις σπουδές του στο Τεχνικό Λύκειο του Μονάχου , εκεί αναδείχθηκε με τις εκπληκτικές του επιδόσεις στον τομέα της μηχανολογίας.

Ο Ντίζελ αφιέρωσε σχεδόν όλο του τον χρόνο σε μία προσωπική πρόκληση: να φτιάξει ένα κινητήρα εσωτερικής καύσης που να πλησιάζει σε με μεγάλο βαθμό απόδοσης την μηχανή Carnot. Το 1890 εργαζόμενος για την εταιρία Linde συλλήφθη την ιδέα για τον κινητήρα ντίζελ. Το 1892 κατέθεσε πατέντα και την επόμενη χρονιά ξεκίνησε η έκδοση του βιβλίου του που περιέγραφε την κατασκευή ενός επαναστατικού κινητήρα με τίτλο Θεωρία και κατασκευή εναλλακτικού κινητήρα εσωτερικής καύσης. Με την στήριξη του ομίλου Krupp και της Maschinenfabrik Augsburg παράγει μια σειρά πρωτότυπων κινητήρων με πολύ μεγάλη επιτυχία.

Το 1897 παρουσιάζει τετράχρονο κινητήρα ιπποδύναμης 25 ίππων. Η μεγάλη απόδοση του κινητήρα του σε συνδυασμό με την καλή κατανάλωση ανέδειξαν τον κινητήρα ντίζελ σε μεγάλη εμπορική επιτυχία. Τα πνευματικά δικαιώματα της εφεύρεσης φέραν πολλά πλούτη στον εφευρέτη τους.

Ο Ρούντολφ Ντίζελ απεβίωσε κάτω από αδιευκρίνιστες συνθήκες από το κατάστρωμα του πλοίου Ντρέσντεν στην διαδρομή προς το Λονδίνο, το πτώμα του δεν βρέθηκε ποτέ και έτσι οι αρχές κατέληξαν στο συμπέρασμα πως πνίγηκε.

## 1.2 Καύσιμα Ντίζελ

Το καύσιμο ντίζελ (από το Diesel - στην Ελληνική βιβλιογραφία αναφέρεται και ως ντίζελ) γενικά είναι οποιοδήποτε υγρό καύσιμο χρησιμοποιείται σε ντίζελ κινητήρες, των οποίων η ανάφλεξη λαμβάνει χώρα ως αποτέλεσμα της συμπίεσης του εισερχόμενου αέριου μείγματος (χωρίς σπινθήρα) και έγχυσης του καυσίμου

Ο πιο συνηθισμένος τύπος καυσίμου ντίζελ είναι ένα ειδικό κλασματικό απόσταγμα του πετρελαίου το καύσιμο έλαιο, αλλά υπάρχουν εναλλακτικές λύσεις που δεν παράγονται από πετρέλαιο, όπως βίο-ντίζελ, υγρά καύσιμα από βιομάζα (Biomass to Liquid) (BTL) ή υγρά καύσιμα ντίζελ από αέρια (Gas To Liquid) (GTL), που αναπτύσσονται και υιοθετούνται με αυξανόμενους ρυθμούς. Για τη διάκριση αυτών των τύπων, το ντίζελ που παράγεται από πετρέλαιο αποκαλείται με αυξανόμενη συχνότητα πέτρο-ντίζελ.[1] Το πρότυπο ULSD ορίζει το καύσιμο ντίζελ με πολύ χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο. Από το 2006, σχεδόν όλα τα καύσιμα ντίζελ πετρελαϊκής βάσης που διατίθενται στο Ηνωμένο Βασίλειο, την Ευρώπη και την Βόρεια Αμερική είναι του τύπου ULSD.

Η προέλευση προέρχεται από πειράματα που έκανε ο Γερμανός επιστήμονας και εφευρέτης Ρούντολφ Ντίζελ για τον κινητήρα που ανακάλυψε το 1892. Ο Ντίζελ αρχικά σχεδίασε τον κινητήρα του για να χρησιμοποιηθεί με καύσιμο σκόνη άνθρακα και πειραματίστηκε με άλλα καύσιμα συμπεριλαμβανομένων εδώδιμων ελαίων όπως φυστικέλαιο, που χρησιμοποιήθηκε για τους κινητήρες που εξέθεσε στην Έκθεση στο Παρίσι το 1900 και το 1911.

Το καύσιμο ντίζελ παράγεται από ποικίλες πηγές, με πιο κοινή το πετρέλαιο μέσω διύλισης. Υπάρχουν διάφορες ποιότητες και κατηγορίες πετρελαίου οι οποίες εξαρτώνται από την εφαρμογή που τους χρησιμοποιούμε. Άλλες πηγές παραγωγής πετρελαίου περιλαμβάνουν βιομάζα, ζωικά λίπη, βιοαέριο, φυσικό αέριο και άνθρακα.

### **1.3 Χρονολόγιο Ανάπτυξης-Καινοτομιών Κινητήρων Diesel**

1892: Ρούντολφ Ντίζελ κατοχυρώνει πατέντα (RP 67207) με τίτλο "Μέθοδοι λειτουργίας και σχεδιασμός κινητήρων εσωτερικής καύσης"

1893: Παρουσιάζεται έκθεση του Ρούντολφ Ντίζελ με τίτλο: Θεωρία και κατασκευή ορθολογικού θερμικού κινητήρα για την αντικατάσταση του κινητήρα ατμού και των κινητήρων καύσης όπως τους γνωρίζουμε σήμερα

1897: 10 Αυγούστου, ο Ντίζελ κατασκευάζει το πρώτο λειτουργικό πρωτότυπο

1897: Ο Αδόλφος Μπους αποκτά τα δικαιώματα κατόπιν άδειας για τον κινητήρα τύπου Ντίζελ για τις Η.Π.Α και τον Καναδά.

1898: Ο Ντίζελ δίνει τα δικαιώματα του κινητήρα του κατόπιν άδειας στην εταιρία πετρελαιοειδών Branobel. Η συγκεκριμένη εταιρία επί τέσσερα έτη σχεδίαζε την τοποθέτηση κινητήρα ντίζελ σε πλοία.

1899: Ο Ντίζελ παραχωρεί κατόπιν άδειας τον κινητήρα το στους κατασκευαστές Krupp και Sulzer οι οποίοι αμέσως αναδείχθηκαν σε μεγάλους κατασκευαστές.

1902: Μέχρι το 1910 η MAN είχε κατασκευάσει 82 στατικούς ντίζελ κινητήρες

1903: Ολοκληρώνεται η κατασκευή των δύο πρώτων ντιζελοκίνητων πλοίων για χρήση σε ποτάμια και κανάλια. Το Petite-Pierre στην Γαλλία με κινητήρα κατασκευασμένο από την Dyckhoff και στην Ρωσία το Vandal που χρησιμοποιούσε Σουηδικούς κινητήρες και ηλεκτρική μετάδοση.

1904: Κατασκευάζεται στην Γαλλία το πρώτο υποβρύχιο με κινητήρα Ντίζελ με όνομα Z.

1908: Η Prosper L' Orange μαζί με την Deutz εξελίσσουν αντλία καυσίμου ακριβείας με ακροφύσιο ψεκασμού.

1909: Η Prosper L' Orange μαζί με την Benz εξελίσσουν ημισφαιρικό θάλαμο καύσης με προθάλαμο.

1910: Το Νορβηγικό ερευνητικό σκάφος Fram είναι το πρώτο που χρησιμοποιεί βοηθητικό κινητήρα Ντίζελ.

1912: Το Δανέζικης κατασκευής υπερωκεάνιο MS Selandia είναι το πρώτο πλοίο με κίνηση προερχόμενη εξολοκλήρου από κινητήρα Ντίζελ

1913: Το Αμερικάνικο Ναυτικό χρησιμοποιεί μονάδες της NELSECO. Ο Ρούντολφ Ντίζελ πεθαίνει κάτω από μυστήριες συνθήκες στο SS Dresden.

1914: Τα Γερμανικά υποβρύχια εξοπλίζονται με κινητήρες MAN diesel

1919: Η Prosper L' Orange καταθέτει πατέντα για τον προθάλαμο καύσης.

Η Cummins κατασκευάζει τον πρώτο της κινητήρα ντίζελ.

1921: Η Prosper L' Orange κατασκευάζει την πρώτη αντλία καυσίμου με συνεχόμενα μεταβλητή παροχή.



1923: Παρουσιάζεται το πρώτο φορτηγό εξοπλισμένο με ντιζελοκινητήρα με προθάλαμο καύσης κατασκευασμένο από την MAN και τη BENZ.

1924: Οι κατασκευαστές φορτηγών παρουσιάζουν στην αγορά εμπορικά μοντέλα με κινητήρα ντίζελ.

Η Fairbanks-Morse ξεκινά να φτιάχνει ντίζελ κινητήρες.

1927: Η Bosch κατασκευάζει αντλίες και ακροφύσια νιτρίδιου για φορτηγά

Η Stoewer παρουσιάζει πρωτότυπο επιβατικό αυτοκίνητο.

1930: Η Caterpillar ξεκινά την παραγωγή ντίζελ κινητήρων για τα τρακτέρ της.

Το πρώτο αυτοκίνητο με κινητήρα ντίζελ παράγεται στο Columbus της Indiana(Η.Π.Α).(Packard με κινητήρα Cummins)

1932: Η MAN παρουσιάζει τον ισχυρότερο κινητήρα ντίζελ στον κόσμο με 160hp(120 Kw)

1933: Παρουσιάζεται στην Ευρώπη το πρώτο αυτοκίνητο με κινητήρα ντίζελ(Citroen Rosalie);Η Citroen χρησιμοποίησε τον πρωτοποριακό Βρετανικό κινητήρα του Harry Ricardo.Το αμάξι δεν προχώρησε ποτέ στην παραγωγή λόγω νομοθετικών απαγορεύσεων στην χρήση κινητήρων ντίζελ.

1934: Παρουσιάζεται ο πρώτος τούρμπο-ντίζελ κινητήρας για χρήση σε σιδηροδρόμους από την Maybach

Το πρώτο άρμα μάχης με κινητήρα ντίζελ παρουσιάζεται στην Πολωνία το Πολωνικό 7TP

1935: Η Junkers ξεκινά την παραγωγή της οικογένειας ντίζελ κινητήρων Juno με τον πιο διαδομένο να είναι ο Juno 205.Μέχρι το ξέσπασμα του Β΄ Παγκοσμίου πολέμου πάνω από 900 είχαν κατασκευαστεί.

1936: Παρουσιάζονται τα πρώτα ντιζελοκίνητα αυτοκίνητα από την Mercedes-Benz,Hanomag και Saurer.

1936: Ο κινητήρας ντίζελ της Daimler-Benz 602LOF6 εξοπλίζει το Ζέπελιν LZ129 Hindenburg.

1937: Η Ε.Σ.Σ.Δ. εξοπλίζει με κινητήρα ντίζελ το άρμα T-34,ένα από τα καλύτερα άρματα μάχης του Β΄ Παγκοσμίου πολέμου.

Η BMW εξελίσσει τον πειραματικό ντίζελ κινητήρα για αεροναυπηγικές εφαρμογές με ονομασία 114

1942: Η Tatra ξεκινά την παραγωγή του αερόψυκτου V12 ντίζελ με ονομασία Tatra 111

1943-46: Ο Clessie Cummins ανακαλύπτει το σύστημα ψεκασμού Common-Rail(CRD)

1944: Ξεκινά η εξέλιξη αερόψυκτων ντίζελ από την Klöckner Humboldt Deutz AG (KHD) αργότερα Magirus Deutz.

1953: Η Mercedes παράγει σε μικρό αριθμό φορτηγά εξοπλισμένα με κινητήρες τούρμπο-ντίζελ.

1954: Η Volvo ξεκινά μαζική παραγωγή φορτηγών με κινητήρα τούρμπο-ντίζελ

Ο πρώτος κινητήρας ντίζελ με εκκεντροφόρο επικεφαλής παρουσιάζεται από την Daimler-Benz

1960: Ο κινητήρας ντίζελ αντικαθιστά σε πολλά επίπεδα τις τουρμπίνες ατμού και τους ατμοκινητήρες που χρησιμοποιούν ως καύσιμη ύλη το κάρβουνο

1962-65: Ο Clessie Cummins ανακαλύπτει και καταθέτει πατέντα για πέδηση μέσω συμπίεσης στους ντίζελ κινητήρες

1968: Η Peugeot παρουσιάζει το 204, ένα μικρό αμάξι με ντίζελ κινητήρα εγκάρσια τοποθετημένο και κίνηση στον μπροστινό άξονα

1973: Η DAF παρουσιάζει για πρώτη φορά αερόψυκτο κινητήρα ντίζελ

1980: Η Mercedes-Benz περνάει στην παραγωγή για το πρώτο επιβατικό με τούρμπο-ντίζελ. (Mercedes-Benz 300SD)

1985: Η DAF παρουσιάζει τον κινητήρα ATI με ιντερκούλερ

Η IFA με το μοντέλο W50 γίνεται το πρώτο φορτηγό με σύστημα άμεσης έγχυσης στην Ευρώπη.

1986: Η Bosch παρουσιάζει το σύστημα EDC (Electronic Diesel Control) στο μοντέλο BMW 524Td.

1987: Ο πιο δυνατός κινητήρας ντίζελ παραγωγής παρουσιάζεται από την MAN με ιπποδύναμη 460 hp (kW)

1991: Δημιουργείται το πρότυπο ρύπων Euro 1 και η πρώτη εταιρία που συμμορφώνεται με αυτό είναι η Scania.

1994: Η Bosch παρουσιάζει το σύστημα UIS (Unit Injector System).

1995: Η πρώτη επιτυχημένη χρήση common rail σε όχημα μαζικής παραγωγής γίνεται πραγματικότητα από την Denso και την Hino στο μοντέλο Rising Ranger.

1997: Το πρώτο αμάξι με σύστημα common rail είναι η Alfa Romeo 156.

1998: Η BMW κερδίζει τον 24-ωρο αγώνα του Nürburgring με μια 320d εξοπλισμένη με τετρακύλινδρο ντίζελ δύο λίτρων. Η υψηλή απόδοση του κινητήρα επέτρεψε στο όχημα λιγότερες στάσεις ανεφοδιασμού κατά την διάρκεια του αγώνα αντοχής.

1999: Η Scania είναι η πρώτη εταιρία που προσαρμόζεται στο πρότυπο Euro 3 και η Renault είναι η πρώτη εταιρία που φτιάχνει κινητήρα φορτηγού με σύστημα common rail.

2004: Στην Δυτική Ευρώπη το ποσοστό των επιβατικών αυτοκινήτων με κινητήρα ντίζελ ξεπερνάει το 50%.

Η MAN συναντά το πρότυπο Euro 4 με σύστημα EGR και φίλτρα σωματιδίων.

Η Bosch τελειοποιεί τους πιεζοηλεκτρικούς εγχυτήρες.

2006: Η Audi κερδίζει τις 12 ώρες του Σέμπρινγκ και τις 24 ώρες του Λε Μαν με το μοντέλο Audi R10 TDI.

Η Iveco συναντά το πρότυπο Euro 5 για όλα της τα μοντέλα.

Το πρωτότυπο Dieselmex της JCB κατακτάει το παγκόσμιο ρεκόρ της FIA του πιο γρήγορου ντιζελοκίνητου οχήματος με ταχύτητα 350mph (563km/h)

2008: Η Subaru κατασκευάζει τον πρώτο κινητήρα ντίζελ αρχιτεκτονικής Boxer.

2009: Η Volkswagen κερδίζει τον αγώνα Ντακάρ στην Αργεντινή με 1-2 και είναι το πρώτο όχημα που τα καταφέρνει με κινητήρα ντίζελ

Η Volvo παράγει το δυνατότερο φορτηγό στον κόσμο το FH16 700. Με κινητήρα 6 κυλίνδρων, χωρητικότητας 16 λίτρων που παράγει 700 HP και 3150Nm ροπής.

2010: Η Mitsubishi ξεκινά την μαζική παραγωγή του 4N13, 1.8 L με εκκεντροφόρους επικεφαλής και είναι ο πρώτος κινητήρας ντίζελ με μεταβλητό χρονισμό

## 1.4 Η θέση των κινητήρων Diesel την σύγχρονη εποχή

Οι κινητήρες ντίζελ στη σημερινή εποχή διαδραματίζουν ζωτικό ρόλο στις μεταφορές και τις βαριές εφαρμογές , όπως σε όλες τις κατηγορίες της ναυτιλίας , και στην συντριπτική πλειοψηφία των επαγγελματικών οχημάτων. Δύο κατηγορίες παρουσιάζουν εμπορικό πλήγμα για τους κινητήρες ντίζελ που είναι τα αυτοκίνητα- μικρά φορτηγά και ένα μεγάλο κομμάτι σιδηρόδρομων που στρέφονται στον ηλεκτρισμό για την λειτουργία τους.

Όπως όλοι οι κινητήρες εσωτερικής καύσης έτσι και οι κινητήρες ντίζελ παράγουν καυσαέρια. Στην περίπτωση μας κάποια από τα καυσαέρια των κινητήρων ντίζελ είναι βλαβερά για την ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον. Κυρίως μας αφορούν τα NO<sub>x</sub>(οξειδία του Αζώτου) , SO<sub>2</sub>(διοξείδιο του Θείου) και SO<sub>3</sub>(τριοξείδιο του Θείου),καθώς με την καύση και την απελευθέρωσή τους στον αέρα και την παρουσία υδρατμών μετατρέπονται τάχιστα σε θειικό οξύ(H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) που καταλήγουν σε όξινη βροχή.

Ως αποτέλεσμα σε κάποιες κατηγορίες οι ντίζελ κινητήρες έχουν χάσει την δημοτικότητα τους. Η εξέλιξη της τεχνολογίας και οι συνεχόμενες βελτιώσεις στα φίλτρα μαζί με τις συνεχόμενες αναβαθμίσεις των κινητήρων διασφαλίζουν την μακροζωία του τύπου και αποδεικνύουν την χαρισματικότητα του εφευρέτη τους σε μια εποχή που ο υβριδισμός και οι ηλεκτροκινητήρες φαίνονται πιο γοητευτικοί από ποτέ.

## **2 Ανάλυση χρήσεων ατμοσφαιρικών κινητήρων Ντίζελ**

Η απόδοση και η αξιοπιστία των κινητήρων ντίζελ μαζί με την μικρή κατανάλωση καυσίμου η οποία είναι και το πιο ελκυστικό προτέρημα, τους έκαναν καθολικά αποδεκτούς σε αμέτρητες εφαρμογές.(πλοία, φορτηγά, μηχανήματα βαρέως τύπου, πάσης φύσεως γεννήτριες.)

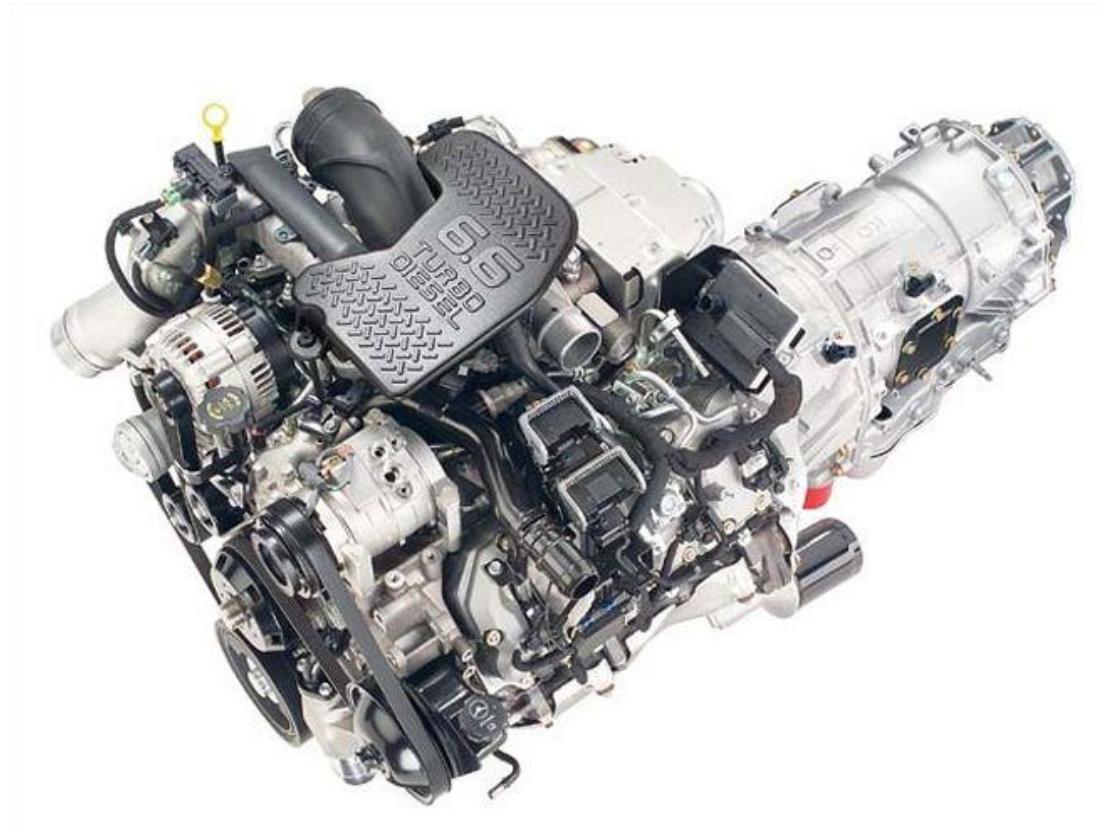
Καθώς όμως οι τιμές του αργού πετρελαίου άρχισαν να ανεβαίνουν η προσοχή των ανεπτυγμένων βιομηχανικά και οικονομικά κρατών στην μείωση της κατανάλωσης καυσίμου καθώς και στην εύρεση νέων τρόπων παραγωγής καυσίμου διότι η συντριπτική πλειοψηφία των χωρών αυτών δεν έχουν επαρκή παραγωγή καυσίμου. Αυτό τις οδήγησε στην εύρεση εναλλακτικών τρόπων παραγωγής καυσίμων. Έτσι ξεκίνησε η εξέλιξη των βίο-καυσίμων.

### **2.1 Κινητήρες Ντίζελ οχημάτων και σταθεροί**

Οι κινητήρες ντίζελ συνήθως χρησιμοποιούνται σε βαρέες εφαρμογές κυρίως στον τομέα των μεταφορών, της ηλεκτροδότησης, της βιομηχανίας και της γεωργίας. Είναι σχεδιασμένοι να λειτουργούν με μείγμα αέρα και ορυκτών καυσίμων, πιο συγκεκριμένα τα πετρελαιοειδή. Οι κινητήρες ντίζελ χρησιμοποιούν ελαφρά αποστάγματα(ντίζελ),μεσαία αποστάγματα(DDO-Distillate Diesel Oil) και βαρέα αποστάγματα(Fuel 180-Μαζούτ ναυτιλίας).Δύο είναι οι κύριες κατηγορίες κινητήρων ντίζελ, οι κινητήρες οχημάτων που χρησιμοποιούνται για μεταφορές και μετακινήσεις και οι σταθεροί κινητήρες που χρησιμοποιούνται για την αξονική τους δύναμη, για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και τέλος στον τομέα της ναυτιλίας.

### 2.1.1 Κινητήρες Ντίζελ οχημάτων

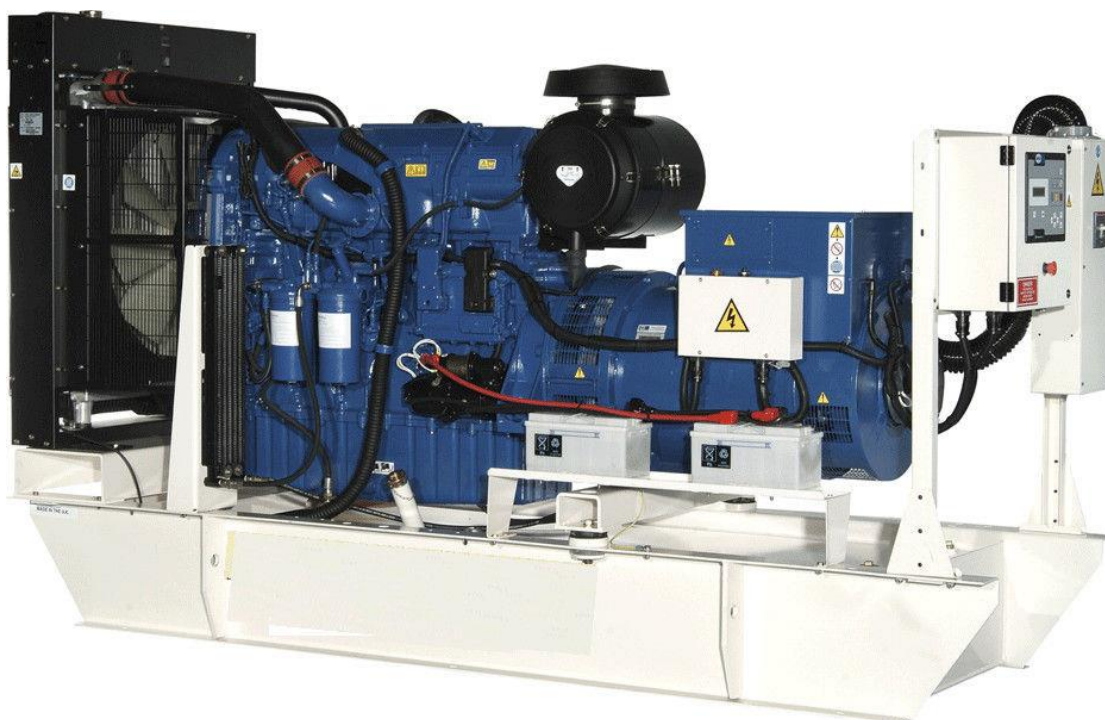
Οι κινητήρες ντίζελ που χρησιμοποιούνται στον τομέα των μεταφορών λειτουργούν σε υψηλές ταχύτητες(μέχρι 4.000-5.000 rpm) και είναι σχεδιασμένοι να λειτουργούν σε μεταβαλλόμενες συνθήκες(όσον αφορά την ταχύτητα και το φορτίο) όταν βρίσκεται σε κίνηση και διαφορετικό βάρος. Αυτό οδηγεί σε σημαντικές διακυμάνσεις της θερμοκρασίας στον θάλαμο καύσης. Με την πάροδο των ετών και την χρήση εξελιγμένων συστημάτων διαχείρισης καυσίμου και την εκτεταμένη χρήση υπερπλήρωσης οι κινητήρες ντίζελ κατέληξαν να κατέχουν το 50% των πωλήσεων στην Ευρωπαϊκή Ήπειρο.



Εικόνα 2 Chevrolet Duramax 6.6 ένας από τους πιο επιτυχημένους κινητήρες σε οχήματα(<http://www.fourwheeler.com/how-to/engine/131-0601-360hp-chevy-duramax-diesel/photo-01.html>)

## 2.1.2 Στατικοί κινητήρες Ντίζελ

Οι στατικοί κινητήρες ντίζελ είναι σχεδιασμένοι να παράγουν αξονική δύναμη γύρω από την ονομαστική ταχύτητα. Χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές που οι μεταβολές φορτίου είναι περιορισμένες. Ο περιορισμός αυτός εγγυάται υψηλές θερμοκρασίες στους θαλάμους καύσης με την προϋπόθεση πως ο κινητήρας είναι σωστά διαστασιοποιημένος. Οι στατικοί κινητήρες ντίζελ λειτουργούν σε χαμηλές ταχύτητες (900 rpm το μέγιστο για τους περισσότερους κινητήρες μικρής χωρητικότητας) και υψηλό βαθμό συμπίεσης. Αυτά τα χαρακτηριστικά παρέχουν καλύτερες συνθήκες καύσης, μεγαλύτερους χρόνους παραμονής και υψηλότερες θερμοκρασίες. Όπως θα δούμε παρακάτω όλες αυτές οι παράμετροι κάνουν ευκολότερη την χρήση καυσίμων χαμηλού αριθμού κετανίων και κατ' επέκταση SVO.



Εικόνα 3 Perkins JP-P450E1 έτοιμος για στατική χρήση όπως ο 4.99 της περίπτωσης μας ,προφανώς πολύ μεγαλύτερος και πιο εξελιγμένος αλλά παρόμοιας φιλοσοφίας. ([http://www.genset-dieselgenerator.com/china-400\\_kw\\_perkins\\_diesel\\_generator\\_3\\_pole\\_mccb\\_p450e1\\_electronic-1126392.html](http://www.genset-dieselgenerator.com/china-400_kw_perkins_diesel_generator_3_pole_mccb_p450e1_electronic-1126392.html))



### 2.1.3 Σύγκριση Ατμοσφαιρικών Ντίζελ και Τούρμπο-Ντίζελ

Δύο είναι οι κύριοι τρόποι αύξησης της ιπποδύναμης στους κινητήρες ντίζελ, η αύξηση του κυβισμού ή η χρήση υπέρ-συμπιεστή, μηχανικού ή υπέρ-συμπιεστή καυσαερίων. Πολλές φορές επαναλαμβάνεται η άποψη ότι οι ατμοσφαιρικοί κινητήρες ντίζελ δεν μπορούν να συγκριθούν με τους αντίστοιχους που είναι εξοπλισμένοι με υπέρ-συμπιεστή. Η πραγματικότητα όμως είναι διαφορετική καθώς αυτή η γνώμη συντηρείται κυρίως από την κατηγορία οχημάτων ιδιωτικής χρήσης. Σε μεγάλο βαθμό είναι πραγματικότητα ότι η υπερπλήρωση βοηθάει πολύ με την αύξηση της ροπής σχεδόν ακαριαία και έτσι σε μεγάλο βαθμό αυξάνεται και η οδηγική απόλαυση όμως οι κινητήρες ντίζελ έχουν μεγάλο φάσμα εφαρμογών και σε ένα κομμάτι της αγοράς οι ατμοσφαιρικοί ντίζελ όχι απλά έχουν μεγαλύτερο μερίδιο αλλά είναι και μονόδρομος σαν επιλογή.



Εικόνα 4 Mercedes-Benz OM 654 ο πιο σύγχρονος κινητήρας 2.000 cc και από τους πιο διαδεδομένους στην μεσαία κατηγορία([https://www.autoevolution.com/news/mercedes-benz-presents-its-new-more-efficient-four-cylinder-diesel-engine-104670.html#agal\\_0](https://www.autoevolution.com/news/mercedes-benz-presents-its-new-more-efficient-four-cylinder-diesel-engine-104670.html#agal_0))

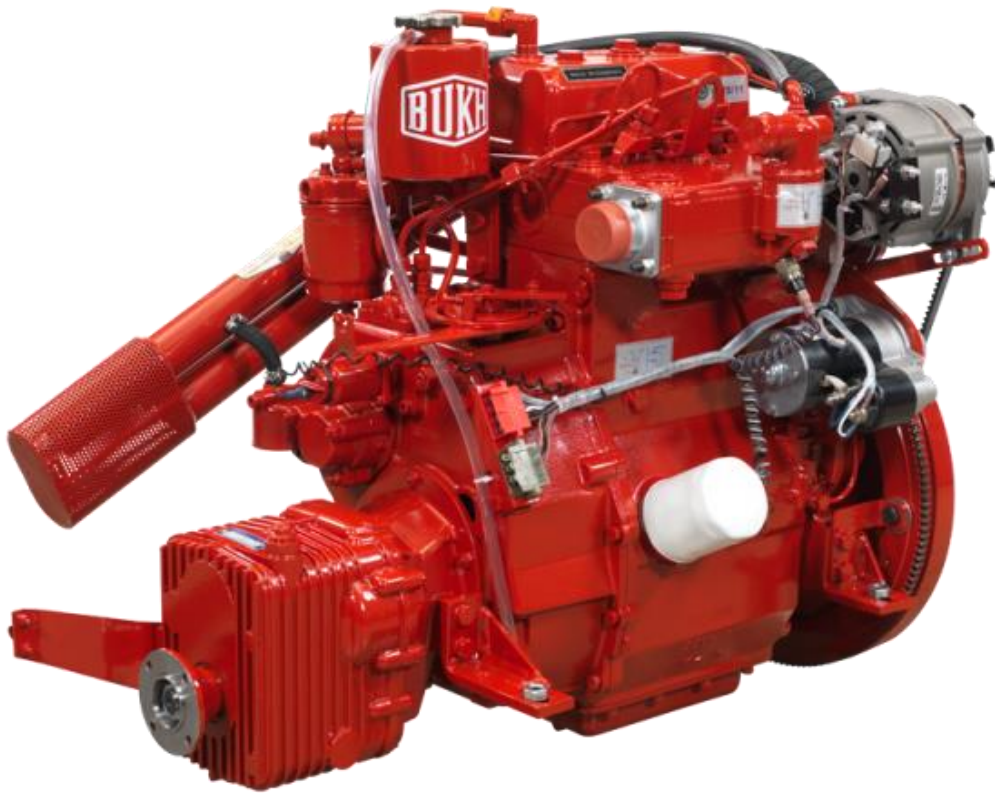
Το πρώτο μειονέκτημα για ένα κινητήρα ντίζελ είναι η αύξηση της πολυπλοκότητας του κόστους συντήρησης και κατασκευής λόγω του ίδιου του υπέρ-συμπιεστή και την δημιουργία κυκλώματος ψύξης του αέρα που προέρχεται από τον συμπιεστή αλλά και του συστήματος διαχείρισης των καυσαερίων. Ένα ακόμα αρνητικό το οποίο παραβλέπεται είναι η μεγαλύτερη κατανάλωση των κινητήρων που χρησιμοποιούν τούρμπο διότι κατά την χρήση τους κυρίως στον τομέα των μεταφορών οι κινητήρες δουλεύουν στο εύρος στροφών που υπάρχει η μεγαλύτερη ροπή.



Το σημαντικότερο μειονέκτημα των κινητήρων ντίζελ με τούρμπο είναι ότι σε περίπτωση αστοχίας υλικού της τουρμπίνας ρινίσματα έως και κομμάτια της μπορούν να φτάσουν στους θαλάμους καύσης με αποτέλεσμα όχι μόνο πτώση της απόδοσης αλλά πλήρη καταστροφή του κινητήρα.

Ένας τομέας που οι ατμοσφαιρικοί ντίζελ κινητήρες δεν χάνουν μερίδιο αγοράς αφορά τις εφαρμογές που η απόλυτη αξιοπιστία, η εύκολη συντήρηση και μέγιστη απλότητα της κατασκευής παίζουν το σημαντικότερο ρόλο. Σε αυτούς τους τομείς μπορούμε να πούμε με σιγουριά ότι οι ατμοσφαιρικοί ντίζελ υπερτερούν των αντίστοιχων τούρμπο εφαρμογών.

Τέτοιες εφαρμογές είναι τα μικρά πλοία και οι σωστικές λέμβοι που διακοπή λειτουργίας μπορεί να σημαίνει απώλεια ανθρώπινης ζωής και μόλυνση του περιβάλλοντος. Σε αυτές τις εφαρμογές όχι απλά έχουν <<απήχηση>> οι ατμοσφαιρικοί ντίζελ αλλά ειδικά οι σωστικές λέμβοι αναγκάζονται από τον παγκόσμιο οργανισμό ναυτιλίας (I.M.O.) να χρησιμοποιούν αποκλειστικά ατμοσφαιρικούς ντίζελ κινητήρες χωρίς καμία μορφή υπερπλήρωσης. Όσον αφορά τις σωστικές λέμβους και τα πλοία ένας άλλος τομέας που κάνει την χρήση υπερπλήρωσης μη συμφέρουσα επιλογή είναι ότι οι κινητήρες πολλές φορές είναι εκτεθειμένοι σε πολύ κακές συνθήκες καθώς είναι γνωστό πως το θαλασσινό νερό διαβρώνει ακόμα και τα καλύτερα κράματα.



*Εικόνα 5 BUKH DV29RME Δανέζικης κατασκευής κινητήρας για σωστική λέμβο αυστηρά ατμοσφαιρικός με προτεραιότητα την απόλυτη αξιοπιστία με ελάχιστη συντήρηση(<http://www.bukh.dk/produkter/6-bukh-24-75hp-lifeboats/11-bukh-dv29-rme/>)*

Το ίδιο συμβαίνει και με τους κινητήρες ντίζελ που χρησιμοποιούνται ως γεννήτριες σε απομονωμένα μέρη και η ομαλή έκφανση διαδικασιών κρίνεται από την λειτουργία της γεννήτριας ,όπως η δημιουργία ηλεκτρικού ρεύματος και η έκτακτη παροχή του ή η δημιουργία κίνησης σε μια αντλία νερού. Και εκεί από διάφορες ρυθμιστικές αρχές η χρήση υπέρ-συμπιεστή αποφεύγεται βάσει κανονισμών.



Εικόνα 6 Γεννήτρια Caterpillar ατμοσφαιρική και έτοιμη για χρήση σε πολλαπλές εφαρμογές(<http://www.eneria.fr/en/engines/marine-sector/cat-marine-generator-sets-and-auxiliary-engines/>)

Συμπερασματικά βλέπουμε ότι πέρα των πειραματικών διαδικασιών και

## **2.2 Η ιστορία του κινητήρα Perkins 4.99/4.107/4.108 ο πρώτος μικρός κινητήρας Perkins.**

Αν και οι κινητήρες Perkins μπορούσαν να τοποθετηθούν σε αυτοκίνητα μεγάλων κατηγοριών των δεκαετιών του '30 και '40 ήταν πολύ μεγάλοι και βαριοί για να τοποθετηθούν σε μεταπολεμικά οχήματα. Ο Frank Perkins δεν ήθελε να χαθεί η ευκαιρία να τοποθετηθούν οι κινητήρες του σε μοντέρνα αυτοκίνητα και βαν. Με αυτή την σκέψη ζήτησε από το τμήμα έρευνας και ανάπτυξης να δημιουργήσουν ένα κινητήρα 1.5 λίτρων που να παράγαγε περίπου 50 BHP και να έχει παραπλήσιες επιδόσεις με τα αντίστοιχα αυτοκίνητα που ήταν εφοδιασμένα με βενζινοκινητήρες.

Οι μηχανικοί της εταιρίας αποφάσισαν ότι η πιο φθηνή και πρακτική προσέγγιση. Έτσι αποκτήθηκε μια σειρά κινητήρων Morris χωρητικότητας 1.5 λίτρων και με τις απαραίτητες μετατροπές παράχθηκαν τα πρώτα πρωτότυπα. Με την πρόοδο των δοκιμών και εξέλιξη του σχεδιασμού προέκυψε ο σχεδιασμός μιας εντελώς νέας κεφαλής. Το μπλοκ του κινητήρα είναι πλήρως συγκολλημένο και επανασχεδιάστηκε ο θάλαμος καύσης όπως και το σύστημα έγχυσης καυσίμου χρησιμοποιώντας αντλία καυσίμου που προερχόταν από την CAV.

Οι εργαστηριακές δοκιμές έδειξαν ότι ο κινητήρας (με ονομασία Q4) λειτουργούσε ικανοποιητικά και παράγαγε αρκετή ιπποδύναμή έτσι ώστε οι δοκιμές να προχωρήσουν στο επόμενο στάδιο και ο κινητήρας να τοποθετηθεί σε ένα αυτοκίνητο Vauxhall όπου και εκεί αποδείχθηκε πως οι επιδόσεις το κινητήρα είναι αποδεκτές. Βασιζόμενοι στα



Εικόνα 4: Ο Perkins Q4 αργότερα που με το πέρασμα των δοκιμών θα αποτελέσει τον Perkins 4.99

αποτελέσματα των δοκιμών η εταιρία αποφάσισε να προχωρήσει στην παραγωγή μικρού αριθμού κινητήρων διότι υπήρχε χώρος στην αγορά σύμφωνα με τις προβλέψεις τους. Η χρήση που προόριζαν αρχικά την σειρά κινητήρων ήταν σε βιομηχανικές ή αγροτικές εφαρμογές. Ο κινητήρας παραγωγής ονομάστηκε C99 (C for car και 99 inches capacity.). Οι βασικές παράμετροι σχεδιασμού του κινητήρα και ιδιαίτερα η διαδρομή των 3.5 ιντσών(88.9 mm) , επηρεάστηκαν από τον περιορισμό της ταχύτητας του εμβόλου που περιοριζόταν στα 2000 πόδια / λεπτό βάση της τότε γνωστής τεχνολογίας. Έτσι αποφασίστηκε να χρησιμοποιηθεί στροφαλοφόρος άξονας τριών εδράνων και εξοπλίστηκε με χιτώνια υγρού τύπου. Η κεφαλή και το μπλοκ ήταν κατασκευασμένα από κράμα

χυτοσιδήρου. Μια άλλη σημαντική καινοτομία ήταν η εισαγωγή της αντλίας καυσίμου τύπου διανομέα CAV DPA, η οποία, παράλληλα με την οικονομική αποδοτικότητα, επέτρεπε στον κινητήρα να ξεπερνάει τις 4000 σ.α.λ. και περιλάμβανε έναν υδραυλικό ρυθμιστή που παρέχει χαρακτηριστικά "έλξης" κατάλληλα για χρήση οχήματος.

Οι δοκιμές συνεχίστηκαν και σε οχήματα δρόμου αλλά και σε εργαστηριακές μονάδες. Εκεί λοιπόν αποδείχθηκε ότι ο σχεδιασμός είναι επιτυχημένος καθώς με την ανάπτυξη καύσης και έγχυσης καυσίμου να παρέχει αποδεκτά επίπεδα καυσίμου, αποδεκτές επιδόσεις και πολύ καλή κατανάλωση καυσίμου.

Όλες οι παραπάνω παράμετροι και οι συνεχόμενες δοκιμές απέδειξαν πως ο κινητήρας είναι έτοιμος για χρήση σε οχήματα. Το μόνο σοβαρό πρόβλημα που παρουσιάστηκε ήταν μηχανικό και αφορούσε το σύμπλεγμα γραναζιών που μεταξύ εκκεντροφόρου άξονα και αντλίας λαδιού, διότι τα γρανάζια φθειρόνταν σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα. Το πρόβλημα αυτό εξαλείφθηκε με χρήση γραναζιών που προέρχονταν από διαφορετικό κράμα χυτοσιδήρου.

Οι κινητήρες προ παράγωγής χρησιμοποιήθηκαν σε αυτοκίνητα διαφόρων κατασκευαστών(Vauxhall, Ford, Morris, Hillman). Επίσης δοκιμές έγιναν και σε αγροτικές εφαρμογές.

Το 1958 με τις δοκιμές να έχουν τελειώσει παρουσιάστηκε ο κινητήρας με την εμπορική ονομασία 4.99. Την πρώτη χρονιά παραγωγής κατασκευάστηκαν 1500 κινητήρες. Η περισσότερες κριτικές ήταν καλές και ο κινητήρας άρχισε να αποκτά δημοσιότητα καθώς σε αυτοκίνητα μεσαίου μεγέθους και μικρά βαν μπορούσε εύκολα να διανύσει 100km με κατανάλωση περίπου 5 L. Οι πρώτες πωλήσεις αφορούσαν καθολικά βιομηχανικές και αγροτικές εφαρμογές. Λίγο καιρό μετά την παρουσίαση του κινητήρα η Perkins παρουσίασε μια νέα έκδοση του 4.99 με ονομασία 4.107, η έκδοση αυτή είχε λίγο μεγαλύτερο κυβισμό και διάμετρο 3.125(79.4mm) της ίντσας συγκριτικά με τις 3.00(76.2mm) ίντσες της πρώτης έκδοσης του κινητήρα . Έτσι αυξήθηκε η δύναμη και η ροπή του κινητήρα αν και οι περισσότερες εφαρμογές του ήταν βιομηχανικές και θαλάσσιες που δεν ξεπερνούσαν τις 3.000 rpm.

Καθώς ο κινητήρας 4.99 ξεκίνησε να χρησιμοποιείται εμπορικά δεν άργησαν να εμφανιστούν οι πρώτες αστοχίες. Τα προβλήματα εμφανίστηκαν σε μεγάλο βαθμό σε μονάδες που λειτουργούσαν σε πολύ ψυχρά κλίματα. Αρχικά εμφανίστηκε όταν οι κινητήρες άρχισαν να παρουσιάζουν διαρροές στην φλάντζα κεφαλής και διαρροή ψυκτικού μέσου από την αντλία νερού. Ο λόγος που παρουσιάστηκαν οι παραπάνω αστοχίες ήταν η συνεχόμενη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ της εξωτερικής επιφάνειας του κινητήρα συγκριτικά με τις υψηλές που επικρατούσαν στο εσωτερικό του. Η Perkins αντέδρασε γρήγορα και σχεδόν αμέσως παρουσίασε νέα έκδοση , στην οποία υπήρχαν νέες χυτεύσεις στους κυλίνδρους ,ανανεωμένο σύστημα λίπανσης , με αυτό τον τρόπο εξαλείφθηκαν οι παραπάνω αστοχίες.

Όλες οι εκδόσεις από την 4.99 μέχρι τη 4.108 είχαν απόδοση από 48 BHP μέχρι 52 BHP στις 4.000 RPM. Προφανώς οι επιδόσεις δεν ήταν το δυνατό κομμάτι του κινητήρα και ούτε μπορούσε να προσφέρει οδηγική απόλαυση συγκριτικά με τους ανάλογης απόδοσης βενζινοκίνητους κινητήρες. Όμως η ασύγκριτα καλύτερη κατανάλωση η περισσότερη ροπή χαμηλά ανέδειξαν την σχεδίαση του κινητήρα στο αγοραστικό κοινό.

Ένα ακόμα μεγάλο πλεονέκτημα του κινητήρα ήταν η έδραση του στροφάλου σε τρία σημεία και όχι σε 5 όπως ο υπόλοιπος ανταγωνισμός κάτι που έκανε μικρότερες τις διαστάσεις ,τον έκανε πιο συμπαγή και κατά συνέπεια βοήθησε στην τοποθέτηση του σε ακόμα περισσότερα οχήματα και στατικές εφαρμογές.



Εικόνα 7 Ο Perkins 4.108 όπως χρησιμοποιούνταν από την Alfa Romeo στη Giulietta την δεκαετία του '70 (

Η έκδοση 4.108 εξελίχθηκε σε μεγάλη εμπορική επιτυχία για την εταιρία και πολλοί κατασκευαστές αυτοκινήτων τοποθέτησαν τον κινητήρα της Perkins στα αυτοκίνητα τους και τα ελαφριά φορτηγά. Άλλοι όπως η VW προχώρησαν ένα βήμα παρακάτω και απέκτησαν δικαιώματα για συμπαραγωγή και μετατροπή της δομής του κινητήρα για ικανοποίησή των δικών τους απαιτήσεων.

Η επιτυχία συνεχίστηκε και στον αγροτικό τομέα καθώς πολλοί φημισμένοι κατασκευαστές κατασκεύαζαν κατόπιν άδειας τον Perkins 4.108 όπως: Schilter (CH), Rapid (CH), Aebi (CH), Reformwerke (A) and Lindner (A).

Ο κινητήρας αποτέλεσε βάση για πολλούς επόμενες κατηγορίες κινητήρων όπως ο 4.154 και ο 4.165 ο οποίος χρησιμοποιήθηκε από την MAZDA και την συμπαραγωγή ανέλαβε η Tooyo Koyo στην Ιαπωνία.

Η οικογένεια 4.99/4.107/4.108 σταδιακά άρχισε να ξεπερνιέται και από εσωτερικές σχεδιάσεις αλλά και από τον ανταγωνισμό αλλά συνέχισε την επιτυχημένη της πορεία καθώς υπήρχε μεγάλη πελατειακή βάση σε πλοiάρια αναψυχής γεννήτριες αεροσκαφών γεννήτριες ρεύματος και το παγκόσμιο δίκτυο της εταιρίας βοήθησε στην εύκολη πρόσβαση σε ανταλλακτικά.

Η οικογένεια 4.99/4.107/4.108 βρισκόταν στην παραγωγή από το 1958 έως το 1992. Περίπου 500.000 κατασκευάστηκαν με την παραγωγή να φτάνει τις 30.000

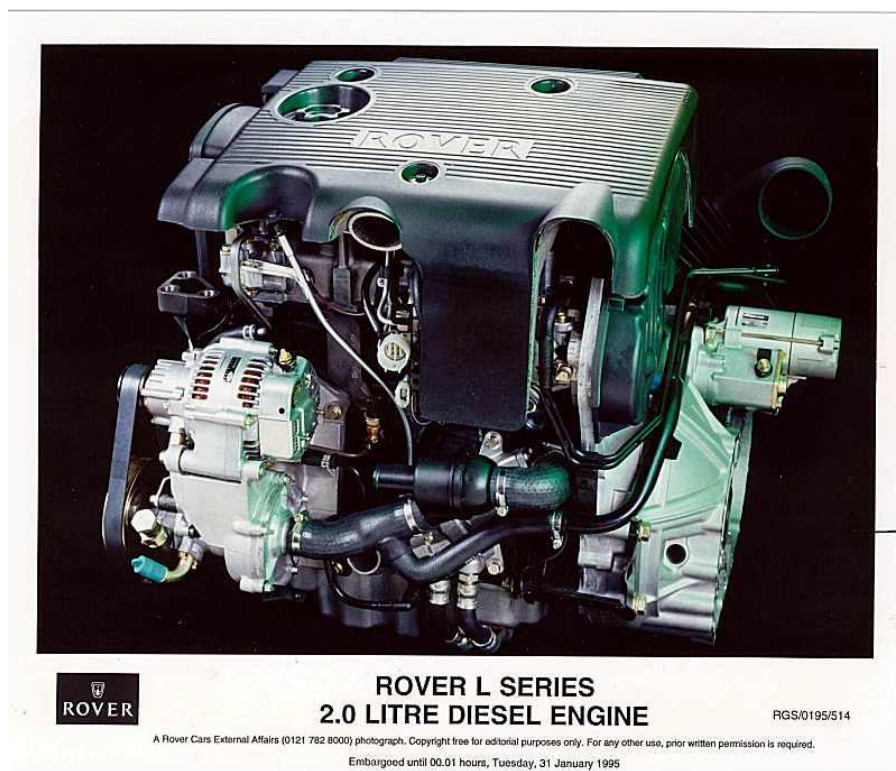




*Εικόνα 8 Ο Perkins 4.99 στα μέσα της δεκαετίας το '60. Ακριβώς ίδιος με τον πειραματικό κινητήρα που ανακατασκευάσαμε. (<https://sites.google.com/site/perkinslongserviceclub/heritage-snippets/the-story-of-the-4-99-4-107-4-108-engine>)*

μονάδες ανά έτος από την PERKINS LTD. και την BRITISH LEYLAND LTD το 1977, χωρίς να συμπεριλαμβάνονται τα εργοστάσια ανά τον κόσμο που κατασκεύαζαν τον κινητήρα κατόπιν άδειας

Η τελευταία του μετεξέλιξη αποτελούσε τον L-Series του ROVER GROUP LTD. Αν και σχεδόν αγνώριστος συγκριτικά με την πρώτη έκδοση της Perkins αποτέλεσε ένα κορυφαίο κινητήρα που έμεινε στην παραγωγή έως το 2005 και τοποθετήθηκε σε πληθώρα μοντέλων του MG-ROVER GROUP και σε πολλά μοντέλα της HONDA.



*Εικόνα 9 Η τελευταία μετεξέλιξη του Perkins 4.99 , ο Rover L-Series όπως ο 4.99 έτσι και ο L-Series αποτέλεσε μια κορυφαία σχεδίαση. (<https://motor-car.net/rover-engines/item/13802-rover-l-series-engine>)*

## 2.3 Αποκατάσταση λειτουργίας εργαστηριακού κινητήρα





*Εικόνα 10 Ο κινητήρας μας έχεις σειριακό αριθμό μπλοκ 37112940/4 MC24068/4 και σε ένα κομμάτι της κεφαλής 108U56983 .*

Ο κινητήρας είναι βαμμένος σε κίτρινο χρώμα κάτι που μας αποδεικνύει ότι προέρχεται από κάποιο όχημα. Σύμφωνα με την Perkins οι κινητήρες της βάφονται πάντα σε μπλε χρώμα. Στην περίπτωση μας ο κινητήρας της πτυχιακής μας προέρχεται από την JCB , γνωστή και καταξιωμένη εταιρία στον χώρο των κατασκευαστικών μηχανημάτων γι' αυτό είναι και βαμμένος σε κίτρινο χρώμα

Στην περίπτωση μας έχει μετατραπεί και έχει μεταφερθεί σε κλίνη για χρήση της αξονικής της δύναμης .

### 2.3.1 Επισκευές που λάβαν χώρα

Σε πρώτη φάση βρήκαμε από τους παραπάνω σειριακούς αριθμούς τον κατασκευαστή του κινητήρα μας . Το πρόβλημα αρχικά εμφανίστηκε όταν δεν υπήρχε συμβατότητα του κωδικού της κεφαλής με τον κωδικό του μπλοκ.

Ο κωδικός της κεφαλής ανήκει στον Perkins 4.108 ενώ το μπλοκ στον Perkins 4.99 .

Από την ιστορική αναδρομή γνωρίζουμε πως οι εκδόσεις 4.99 , 4.107 , 4.108 είναι πανομοιότυπες και εξαρτήματα από την μία έκδοση μπορούν να χρησιμοποιηθούν από . Επειδή όμως ο κινητήρας μας είναι πελατειακός αυτή η διαφοροποίηση ζητήθηκε από την JCB για να αυξηθεί ευκολότερα η απόδοση του κατά την λειτουργία και την εκκίνηση του κινητήρα χωρίς να υπάρξουν νέες αυξήσεις κόστους και επανασχεδιασμού.

Αφού βρήκαμε τις κατασκευαστικές λεπτομέρειες σε δεύτερη φάση βρήκαμε το εγχειρίδιο συντήρησης του κινητήρα.

- 1) Αρχικά προσθέσαμε ψυκτικό υγρό στο κύκλωμα του κινητήρα.
- 2) Κάναμε αλλαγή λαδιών και προσθέσαμε καινούργια λάδια 10W /30
- 3) Το κάλυμμα του κινητήρα δεν ήταν σφιγμένο και η φλάντζα του κομμένη. Αφού βρήκαμε παξιμάδια για να βιδώσουμε το καπάκι χρησιμοποιήσαμε φλατζόκολλα ανθεκτική σε θερμοκρασιακές μεταβολές για να την στεγανοποίηση της περιοχής μεταξύ του καλύμματος και της κεφαλής του κινητήρα.
- 4) Στη βάση του κινητήρα έλλειπαν δύο μεγάλες βίδες στήριξης στην μπροστινή πλευρά(πλευρά ψυγείου) αφού πήραμε τις μετρήσεις μας αγοράσαμε τις ανάλογες βίδες που θα μπορούσαν να συγκρατήσουν τον κινητήρα στην βάση του σε κραδασμούς κατά την εκκίνηση ή κατά την διακοπή λειτουργίας
- 5) Στο σύστημα παροχής καυσίμου στον πρώτο κύλινδρο υπήρχε έξοδος για όργανο πίεσης , βρήκαμε βίδα με το κατάλληλο σπείρωμα και στεγανοποιήσαμε με την φλατζόκολλα για να μην υπάρξουν τυχόν διαρροές.
- 6) Κάναμε έλεγχο και σφίξαμε όλες τις χαλαρές βίδες σε όλο το κινητήρα ακόμα αφήσαμε μόνο μια έξοδο για την εξάτμιση .
- 7) Αφού κάναμε δοκιμές και είδαμε ότι ο κινητήρας πήρε μπροστά, φτιάξαμε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα και τοποθετήσαμε διακόπτη για την εκκίνηση του. Παράλληλα εφαρμόσαμε τσιμπίδες από καλώδια παροχής ρεύματος για εκκίνηση αυτοκινήτων. Τα παραπάνω βοήθησαν και στη εύκολη τοποθέτηση μπαταρίας για την εκκίνηση του αλλά με την τοποθέτηση διακόπτη έγινε και ευκολότερη η διαδικασία της εκκίνησης .
- 8) Στην συνέχεια καθαρίσαμε το σύστημα παροχής καυσίμου και τους εγχυτήρες διαχωρίσαμε τα παρακάτω μέρη , κάναμε οπτικό έλεγχο και τα ψεκάσαμε με WD-40 για να φύγουν οι ακαθαρσίες που υπήρχαν από την χρόνια στασιμότητα του κινητήρα.
- 9) Η βάση του συστήματος έγχυσης του πρώτου κυλίνδρου ήταν σπασμένη αρχικά και κολλήθηκε έτσι ώστε να υπάρχει σωστή στήριξη και λειτουργία του εγχυτήρα.

10) Τέλος φτιάξαμε ένα απλό σύστημα για την ευκολότερη εκκίνηση του κινητήρα μεταξύ του πηνίου , της μίζας απευθείας με κουμπί.



Εικόνα 11 Το σύστημα έγχυσης με την παροχή καυσίμου , το ιντζέκτορ και την βάση του εξαρτήματος που εδράζεται στην κεφαλή του κινητήρα μας. Διακρίνονται τα αρχικά C.A.V. ENGLAND που προφανώς είναι του κατασκευαστή.



*Εικόνα 12 Ο εγχυτήρας του κινητήρα μας C.A.V. Αγγλικής κατασκευής , μια σχεδίαση που υιοθετήθηκε από πολλούς κατασκευαστές κινητήρων*



*Εικόνα 13 Η ακίδα του συστήματος έγχυσης που είναι υπεύθυνη για την ατμοποίηση του καυσίμου εντός του θαλάμου καύσης .*

## 2.3.2 Τεχνικά Χαρακτηριστικά

### Κινητήρας

Κυβισμός	1.621 L , 99 in <sup>3</sup>
Αριθμός κυλίνδρων	4
Συμπίεση	22:1
Σειρά Έναυσης	1-3-4-2
Σύστημα Ανάφλεξης	Έμμεσος ψεκασμός
Κύκλος Λειτουργίας	Τεσσάρων Χρόνων
Αριθμός Βαλβίδων	2 ανά κύλινδρο
Κράμα Μπλοκ	Χυτοσίδηρος
Κράμα Κεφαλής	Χυτοσίδηρος
Εσωτερικός Χρονισμός	Σύστημα γραναζιών
Εκκεντροφόροι	Μονός εκκεντροφόρος
Περιστροφή	Αντί-ωρολογιακή κοιτώντας τον κινητήρα από την πίσω πλευρά

### Αντλία καυσίμου

Μοντέλο	C.A.V.
Περιστροφή	D.P.A
	Ωρολογιακή

### Ηλεκτρικό Σύστημα

#### 1) Εναλλάκτης

Κατασκευαστής	C.A.V
Μοντέλο	AC5
Μέγιστη Απόδοση	55A

#### 2) Δυναμό

Κατασκευαστής	Lucas
Μοντέλο	C40,2 Πόλων, ελεγχόμενης τάσης
Περιστροφή	Ωρολογιακή
Ισχύς	22 A

### 3) Μίζα

Κατασκευαστής	Lucas
Μοντέλο	M45G
Μέγιστη ένταση ρεύματος	900 A
Ηλεκτρική Αντίσταση καλωδίου μίζας	0.0017 Ω
Αρ. Δοντιών Πινιόν	10

### 4) Πηνίο

Κατασκευαστής	C.A.V.
Μέγιστη κατανάλωση ρεύματος	12.9 A στα 11.5 V

### **3 Εισαγωγή στα καύσιμα SVO**

Τα εναλλακτικά καύσιμα δεν είναι μια ανακάλυψη των τελευταίων δεκαετιών. Η εξέλιξή τους είναι συνυφασμένη με τους κινητήρες εσωτερικής καύσης. Ο Ρούντολφ Ντίζελ είχε σχεδιάσει τον ομώνυμο κινητήρα να λειτουργεί με φυτικά έλαια, με αυτό το τρόπο ο Ντίζελ ήθελε να κάνει τον κινητήρα του πιο ελκυστικό στους αγρότες. Στις επόμενες δεκαετίες όμως η αλματώδης ανάπτυξη της τεχνολογίας γύρω από τις διαδικασίες εξόρυξης πετρελαίου και η ταυτόχρονη εύρεση γιγαντιαίων κοιτασμάτων έκανε τα εναλλακτικά καύσιμα μια ακριβή εναλλακτική μέχρι και τις αρχές της δεκαετίας του 80. Έκτοτε γίνονται σταθερά βήματα και τα εναλλακτικά καύσιμα απόκτησαν σταθερό μερίδιο στην αγορά. Πολλά υποσχόμενη κατηγορία αυτών των καυσίμων είναι τα SVO (Straight Vegetable Oil).

#### **3.1 Διαδικασία παραγωγής ανανεώσιμων καυσίμων τύπου SVO (Straight Vegetable Oil) (Ανανεώσιμα φυτικά έλαια)**

Τα καύσιμα SVO παράγονται με μηχανική εξαγωγή λαδιού χρησιμοποιώντας βιομάζα επικαλυμμένη με λάδι.

Στις περισσότερες περιπτώσεις το μείγμα φυτικών λαδιών αποτελείται από 95% τρυγλικερίδια, 5% λιπαρά οξέα, στερόλες, κερί και διάφορες ακαθαρσίες. Η ποιότητα του παραγόμενου καυσίμου επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από την ποιότητα της πρώτης ύλης από τις συνθήκες της επεξεργασίας, οι οποίες πρέπει να ακολουθούνται αυστηρά για να επιτευχθεί υψηλή ποιότητα καυσίμου. Οι ελαιούχοι σπόροι προέρχονται από συγκεκριμένες καλλιέργειες (ηλιοτρόπιο, ελαιοκράμβη, *Jatropha Curcas*) και παράγωγα καλλιεργειών (βαμβάκι, λινάρι).

Υπάρχουν πέντε συγκεκριμένες διαδικασίες κατά την διάρκεια της παραγωγής φυτικών ελαίων οι οποίες παίζουν το σημαντικότερο ρόλο για την τελική ποιότητα του παραγόμενου καυσίμου.

1-Αποθήκευση σπόρων: Οι σπόροι πρέπει να αποθηκεύονται αρκετούς μήνες πριν από την επεξεργασία. Ακόμα πρέπει κατά την αποθήκευση να υπάρχει επαρκής εξαερισμός και για να προληφθεί η όξυνσή και η συσσώρευση θερμότητας. Οι αποθηκευμένοι σπόροι πρέπει να βρίσκονται χώρο με ποσοστό υγρασίας μικρότερο του 9%, έτσι ώστε η πρέσες που κυκλοφορούν στην αγορά να έχουν μέγιστη απόδοση.

2-Προεπεξεργασία: Αρχικά οι ακαθαρσίες όπως φύλλα, πέτρες, χώμα, μεταλλικά αντικείμενα κλπ. Στους σπόρους πρέπει να ελαχιστοποιηθούν σε ποσοστό 2% κατά βάρος. Συγκεκριμένα δημιουργούν φθορές στην πρέσα και κατ' επέκταση αυξάνει το ποσοστό ακαθαρσιών στο καύσιμο. Μια συνηθισμένη πρακτική είναι η αύξηση της θερμοκρασίας των σπόρων <<μαγείρεμα>>, όταν ξεπερνιούνται οι 100 βαθμοί Κελσίου τα τοιχώματα των κυψελών του λαδιού παρουσιάζουν θερμική ρήξη και αυτό βοηθάει στην ανάκτηση μεγαλύτερου ποσοστού λαδιού. Ακόμα η τεχνική αυτή δημιουργεί τις συνθήκες ώστε η πρέσα να πιέσει ακόμα περισσότερο. Παρόλα αυτά η

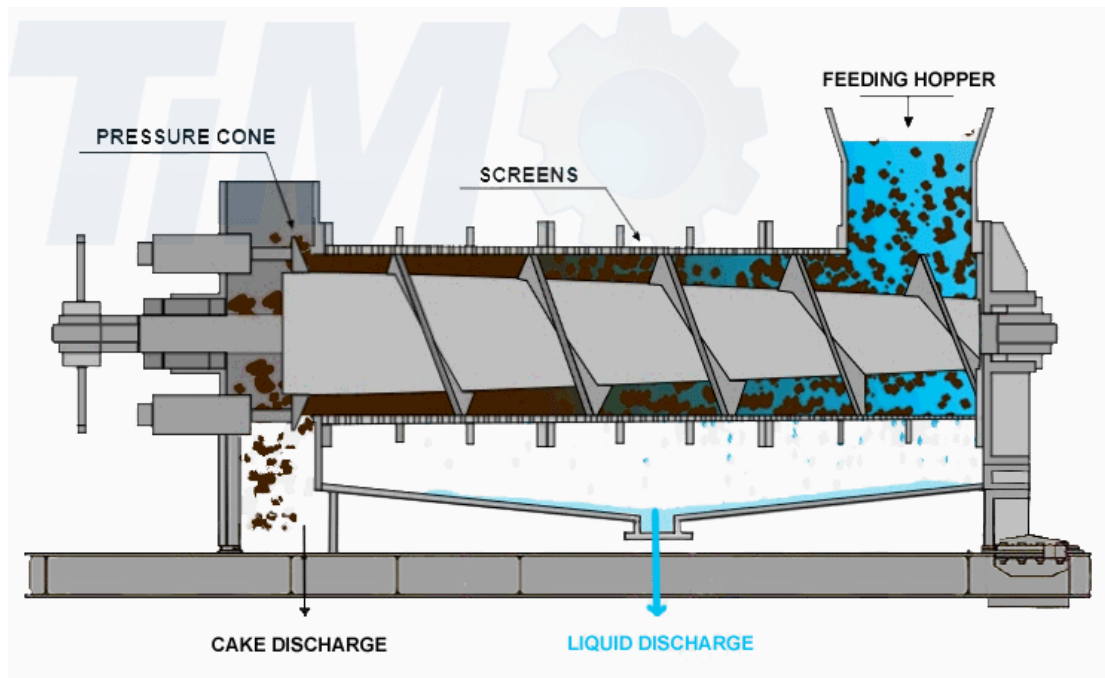


τεχνική αυτή είναι πιθανό να αυξήσει την συγκέντρωση φωσφόρου στο καύσιμο κάτι το οποίο προκαλεί <<βούλωμα>> στον κινητήρα.

3-Μηχανική εκχύλιση: Ο πιο συνηθισμένος τρόπος παραγωγής είναι η μηχανική εκχύλιση με την χρήση πρέσας. Η πίεση που ασκεί η πρέσα είναι πάνω από 40 MPa, έτσι παρουσιάζονται φαινόμενα τριβής στον θάλαμο πίεσης, τα οποία οδηγούν σε αύξηση της θερμοκρασίας στο μίγμα των σπόρων που μπορούν να φτάσουν και τους 150 βαθμούς Κελσίου σε κάποιες περιπτώσεις. Κατά την διαδικασία εκχύλισης οι θερμοκρασίες πρέπει να είναι σταθερά χαμηλότερες από τους 80 βαθμούς Κελσίου έτσι ώστε να αποφευχθεί η αύξηση του ποσοστού φωσφόρου στο λάδι. Η παραγωγή SVO προϋποθέτει τον κατάλληλο εξοπλισμό και ταυτόχρονα εξειδικευμένο προσωπικό για να χειριστεί την πρέσα.

4-Διήθηση: Μετά την εκχύλιση το λάδι φιλτράρεται με χημικές διαδικασίες όπως αποκομιμώση και ουδετεροποίηση. Η διήθηση αφαιρεί τις στερεές ακαθαρσίες από το λάδι (σωματίδια, κηρούς, φωσφολιπίδια) και αυτό αυξάνει την ποιότητα του καυσίμου. Τα έλαια μπορούν να φιλτραριστούν απευθείας μετά την διήθηση και να φιλτραριστούν αφού τα έλαια αποσταλλάξουν για 5-6 μέρες έως και 3-4 βδομάδες. Η διήθηση πρέπει να γίνεται σε θερμοκρασίες μεταξύ 20°C και 60° για να απομακρυνθούν όλα τα διαλυτά σωματίδια. Εάν ξεπεραστούν οι 60°C αυξάνονται οι πιθανότητες οξείδωσης του ελαίου. Στις περισσότερες δημοσιεύσεις συνιστάται το έλαιο να φιλτράρεται στα 10μm για να αποφευχθεί τυχόν μόλυνση και ακαθαρσίες στο έλαιο.

5-Αποθήκευση Ελαίου: Αμέσως μετά την διήθηση ακολουθεί η αποθήκευση. Για να εξασφαλιστεί καλή ποιότητα καυσίμου SVO πρέπει να αποθηκεύεται σε καθαρό και αεροστεγές δεξαμενές οι οποίες θα βρίσκονται σε σκιερό και δροσερό μέρος (<35°C). Με αυτό τον τρόπο προλαμβάνεται η οξείδωση και όξυνση του πετρελαίου κάτι που οδηγεί σε υψηλότερο ιξώδες το οποίο δημιουργεί πρόβλημα κατά την λειτουργία του ντίζελ κινητήρα.



Εικόνα 14 Πρέσα Σπειρωμάτων που χρησιμοποιείται για την εκχύλιση καυσίμου S.V.O. (<httpshredding-machine.com/index.phpproductdewatering-screw-press>)

Εάν η περιεκτικότητα λιπαρών οξέων και φωσφολιπιδίων είναι αυξημένη τότε περαιτέρω επεξεργασία είναι απαραίτητη για να βελτιωθεί η ποιότητα του καυσίμου (Εξουδετέρωση, Αποκομμίωση)

Η εξουδετέρωση επιτυγχάνεται όταν με την προσθήκη ενός αλκαλίου στο καύσιμο, συνήθως NaOH για να μετατρέψουμε τα ελεύθερα λιπαρά οξέα σε σαπούνια και στη συνέχεια να τα διαχωρίσουμε με καθίζηση. Η αποκομμίωση επιτυγχάνεται με την ανάμειξη νερού με το καύσιμο σε υψηλή θερμοκρασία: Τα φωσφολιπίδια ενυδατώνονται σχηματίζοντας στέρα σωματίδια τα οποία αφαιρούνται με φυγοκέντριση. Οι δύο διαδικασίες ακολουθούνται από ακόμα μια διαδικασία, αυτή της ξήρανσης η οποία τις κάνει σε μεγάλο βαθμό ενεργοβόρες και παράγει και υδατικά λύματα.

Οι παραπάνω διαδικασίες έχουν αναπτυχθεί στην βιομηχανία πετρελαιοειδών και είναι δύσκολο να εφαρμοσθούν στην παραγωγή καυσίμου SVO σε μικρή κλίμακα. Τα τελευταία χρόνια έρευνες έδειξαν ότι με τις προηγμένες τεχνολογίες διήθησης μαζί με ξηρή αποκομμίωση και εξουδετέρωση, οι παραπάνω διαδικασίες μπορούν να λαμβάνουν χώρα σε θερμοκρασίες μέχρι και 20°C. Έτσι οι διαδικασίες αυτές γίνονται πολύ πιο αποδοτικές, με πολύ χαμηλότερα λειτουργικά έξοδα, ταυτόχρονα είναι και βιώσιμη η χρήση της και σε παραγωγή μικρής κλίμακας.

### 3.1.1 Κινηματικό Ιξώδες

Το κινηματικό ιξώδες των καυσίμων SVO είναι πολύ υψηλότερο από το πετρέλαιο. Αυτό αυξάνει τα μήκη της αλυσίδας άνθρακα και μόλις η θερμοκρασία μειωθεί, αυξάνεται η ακορεστότητα των τριγλυκεριδίων που επάγουν τον πολυμερισμό.

Τα καύσιμα SVO έχουν κινηματικό ιξώδες 30-40 cSt στους 40°C (πίνακας 1) και είναι 10-15 φορές μεγαλύτερο από το πετρέλαιο. Το μεγάλο ιξώδες των SVO προκαλεί μείωση του βαθμού έγχυσης λόγω απωλειών στους εγχυτήρες και στις αντλίες έγχυσης καυσίμου. Ακόμα προκαλείται ανεπαρκής ψεκασμός και εξάτμιση καυσίμου στον θάλαμο καύσης από τους εγχυτήρες. Όλα τα παραπάνω οδηγούν σε ανεπαρκή καύση κάτι που οδηγεί σε χαμηλότερο θερμοδυναμικό βαθμό απόδοσης και την αύξηση εκπομπών αιθάλης και μικροσωματιδίων.

Το κινηματικό ιξώδες των SVO δεν πληροί τις απαιτήσεις του προτύπου καυσίμου πετρελαίου ASTM D396 που θέτει όριο στη τιμή του κινηματικού ιξώδους σε 2-3.6 cSt στους 38°C για κατηγορίες πετρελαίου 2-D (ντίζελ) και 4-D (μεσαίας απόσταξης).

Για κινητήρες χαμηλής ταχύτητας οι κατασκευαστές συστήνουν κινηματικό ιξώδες μεταξύ 13-17 cSt για το καύσιμο πριν εισέλθει στην αντλία καυσίμου. Όσον αφορά τα βαρέα καύσιμα, το κινηματικό ιξώδες των SVO ξεπερνάει το επιθυμητό εύρος και γι' αυτό χρειάζεται προθέρμανση για να μειωθεί. Όπως φαίνεται στον πίνακα παρακάτω ένα κοινό καύσιμο βαρέως τύπου έχει κινηματικό ιξώδες 180 cSt στους 50°C. Τα βαρέα καύσιμα τύπου μαζούτ πρέπει να προθερμαθούν μεταξύ 114 °C και 125 °C για να φτάσει το απαραίτητο κινηματικό ιξώδες ενώ τα SVO χρειάζονται να φτάσουν μόνο στους 67°C και 78°C για να αποκτήσουν το ίδιο αριθμό κινηματικού ιξώδους.

Πρώτη Ύλη	Ποκνότητα kg /m <sup>3</sup> at 15°C	Κινηματι κό Ιξώδες (cSt)	Αριθμός Κετανίω ν	HHV MJ/kg	Σημείο Ανάφλεξης °C	Carbon residue %wt	Iodine value gI <sub>2</sub> /g	Ελάχιστο σημείο Έννωσης (°C)	Sulphur Wt.%
Ντιζελ(SONABHY)	820-890	1.6-5.9*	>50	>45.0	>61	<0.15	-	-	<1.0
DDO(SONABHY)	835-950	5.9-15*	>40	>44.7	>66	<0.2	-	<15	<1.5
Μαζούτ-180 Biodiesel (EN14214)	920-990	<180***	>30	>43	>66	<12	-	<15	<3
Μπαμπασού	946	30*	38	-	150	-	16	-	-
Ρίκινος	955	251**	42	37.4	-	-	83-86	-	-
Κοκοφοίνικας	918	27**	40-42	37.1	-	-	8-Νοε	-	0.01
Καλαμπόκι	910	31-35*	38	39.5	277	0.24	103-128	-40	0.01
Βαμβάκι	915	34**	42	38.7-39.5	234	0.24	103-115	-15	0.01
Κράμβη	905	54*	45	40.5	274	0.23	-	-12	
Γιάτροφα	940	34**	39	38.8	225	-	82-98		0.01
Λινάρι	924	26-27*	35	39.3-39.5	241	0.22	180	-15	-
Μαρούα	960	25**	-	36	232	-	58-70	-	-
Ινδική Πασγαλιά	919	50**	-	-	-	-	65-80	-	-
Φοίνικας	918	40*-45**	42	39.5	267	0.23	48-58	-	0.01
Αράπικο φυστίκι	903	40**	42	39.8	271	0.24	84-100	-7	0.01
Ελαιοκράμβη	912	35-37*	41	39.7	246	0.3	105	-32	0.01
Σουσάμι	913	36**	40-42	39.4	260	0.24	103-116	-9	0.01
Σόγια	914	29**-33*	38	39.6	254	0.25	128-143	-12	0.01
Κεντάριο	914	31*	41	39.5	260	0.25	145	-7	
Ηλιάνθος	916	34*-36**	37	39.6	274	0.27	125-140	-15	0.01

Πίνακας 1 Κινηματικό ιξώδες και άλλες ιδιότητες διαφόρων τύπων καυσίμου Straight Vegetable Oil

### 3.1.2 Αριθμός Κετανίων.

Ο αριθμός κετανίων αντικατοπτρίζει την ικανότητα ενός καυσίμου να αυταναφλέγεται όταν συμπιέζεται κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες. Επίσης είναι ένας άμεσος δείκτης της καθυστέρησης της ανάφλεξης μετά την εγχύση του εντός του θαλάμου καύσης. Όσο μεγαλύτερος ο αριθμός κετανίων τόσο ευκολότερη η ανάφλεξη του καυσίμου(εύκολη εκκίνηση κινητήρα).Ο αριθμός κετανίων για τα περισσότερα φυτικά έλαια είναι χαμηλός μεταξύ 29 και 43 όταν για το πετρέλαιο είναι τουλάχιστον 45.Όπως και στο πετρέλαιο έτσι και στο SVO χαμηλός αριθμός κετανίων οδηγεί σε ατελή καύση σε χαμηλές στροφές, δύσκολη εκκίνηση και αυξημένο θόρυβο κατά την λειτουργία κατά συνέπεια μείωση του ορίου ζωής του κινητήρα.

### 3.2 Ακαθαρσίες

Η ποιότητα και η καθαρότητα της βιομάζας που χρησιμοποιείται για εκχύλιση καθώς και οι συνθήκες αποθήκευσης είναι πολύ σημαντικές παράμετροι για την τελική ποιότητα του φυτικού ελαίου. Εάν φυτικά έλαια περιέχουν ακαθαρσίες και χρησιμοποιηθούν σαν καύσιμα τότε μεγάλες βλάβες, πολλές φορές μη αναστρέψιμες μπορούν να συμβούν στον κινητήρα. Σύμφωνα με τις περισσότερες έρευνες, οι πιο επιβλαβείς ακαθαρσίες για κινητήρες ντίζελ είναι: φωσφολιπίδια, ιζήματα, υψηλές περιεκτικότητες ελεύθερων λιπαρών οξέων και νερό:

-Φωσφολιπίδια: Προέρχονται απευθείας από την διάσπαση κυτταρικών μεμβρανών εντός της φυτικής βιομάζας. Η συγκέντρωσή τους εξαρτάται από τις χρησιμοποιούμενες τεχνικές εκχύλισης και ειδικότερα από τις τεχνικές εξαγωγής. Υψηλές θερμοκρασίες επεξεργασίας έχουν ως αποτέλεσμα τα φωσφολιπίδια να διαλύονται στα έλαια. Όταν τα έλαια στην συνέχεια χρησιμοποιηθούν ως καύσιμα τότε τα φωσφολιπίδια πολυμερίζονται λόγω της αυξημένης θερμοκρασίας και δημιουργούν ακαθαρσίες στους εγχυτήρες, στις βαλβίδες και στους θαλάμους καύσης στην επιφάνεια των κυλίνδρων.

-Ιζήματα: Τα ιζήματα μπορούν να είναι δύο ειδών, οργανικά ή μεταλλικά. Η περίπτωση των οργανικών αφορά θραύσματα που προέρχονται από την διάσπαση φυτικών ιστών ή από σωματίδια που σχηματίζονται μέσω αντιδράσεων πολυμερισμού λιπαρών οξέων ή άλλων μειονοτικών ενώσεων που σχηματίζονται κατά την αποθήκευση. Οι ακατάλληλες συνθήκες αποθήκευσης(παρουσία αέρα, φωτός και μεταλλικές δεξαμενές ) συμβάλουν στην δημιουργία οργανικών ιζημάτων. Τα ιζήματα ορυκτής προέλευσης προέρχονται από ακαθαρσίες(άμμο, χώματα) που δεν έχουν διαχωριστεί από την βιομάζα κατά την εξαγωγή. Επειδή πολλά ιζήματα διαλύονται σε υψηλές θερμοκρασίες, συστήνεται το φιλτράρισμα να γίνεται κάτω από τους 50°C.

Παρόλο που τα ιζήματα δεν δημιουργούν προβλήματα κατά την καύση, είναι πιθανό να δημιουργήσουν προβλήματα σε περιφερειακά μέρη του κινητήρα όπως φίλτρα και αντλίες. Τα οργανικά ιζήματα επικάθονται στο φίλτρο καυσίμου και αυξάνουν την πίεση στους εγχυτήρες μειώνοντας την απόδοση.

Τα ορυκτά ιζήματα είναι αυτά που μπορούν να δημιουργήσουν τα μεγαλύτερα προβλήματα, διότι είναι σε μεγάλο βαθμό αποξεστικά και μπορούν να καταστρέψουν το κύκλωμα τροφοδοσίας όπως και τα εσωτερικά τοιχώματα του θαλάμου καύσης.

-Η οξύτητα των ελαίων οφείλεται κυρίως στην ύπαρξη ελεύθερων λιπαρών οξέων από την υδρόλυση τριγλυκεριδίων με την παρουσία ύδατος. Τέτοιες αντιδράσεις υδρόλυσης μπορούν να λάβουν χώρα στην βιομάζα όταν κατά την αποθήκευση έχουμε μεγάλα ποσοστά υγρασίας, αυξημένες θερμοκρασίες κατά την επεξεργασία και όταν υπάρχει ύπαρξη φωτός και νερού κατά την αποθήκευση του ελαίου. Η οξύτητα του ελαίου είναι υπεύθυνη για φθορές στο σύστημα τροφοδοσίας(φλάτζες, κολάρα),διάβρωση και αστάθεια κατά την αποθήκευση φυτικών ελαίων.

-Νερό: Η παρουσία νερού στα έλαια εμφανίζεται όταν η επεξεργασία της βιομάζας έχει γίνει με λάθος τρόπο και όταν έχουμε μεγάλα ποσοστά υγρασίας κατά την αποθήκευση. Το νερό υδρολύει τα τριγλυκερίδια για να σχηματίσει ελεύθερα λιπαρά οξέα. Η παρουσία νερού στα φυτικά έλαια καταστρέφει τη μικροδομή του φίλτρου καυσίμου. Επιπρόσθετα η παρουσία νερού κατά την καύση δημιουργεί προβλήματα σπηλαιώσης στην κυλινδροκεφαλή. Συνολικά η παρουσία νερού στο καύσιμο είναι επιζήμια διότι διακόπτει την ανάφλεξη και επιβραδύνει την διάδοση της φλόγας.

### **3.3 Προσαρμογές κινητήρων Ντίζελ για χρήση σε καύσιμα SVO**

Από το 1892 που ο Ρούντολφ Ντίζελ ανακάλυψε τους ομώνυμους κινητήρες μέχρι σήμερα η εξέλιξη τους είναι συνεχόμενη και πολυεπίπεδη. Αυτή η διαδικασία τους έκανε σε υψηλότερο βαθμό αποδοτικούς. Συνεπώς όλες οι σύγχρονες υλοποιήσεις είναι σχεδιασμένες να καταναλώνουν συμβατικά καύσιμα κάτι που κάνει τους κινητήρες αυτούς να μην είναι αρκετά ευέλικτοι στην χρήση καυσίμων SVO διότι δεν επιτυγχάνεται βέλτιστη καύση.

Για να εξαλειφθούν τα προβλήματα των καυσίμων SVO κατά την καύση και την έγχυση τα οποία προκαλούνται από τον χαμηλό αριθμό κετανίων και το υψηλό ιξώδες ακολουθείται η ίδια διαδικασία η οποία χρησιμοποιείται σε βαρέα καύσιμα όπως το πετρέλαιο κατηγορίας 180. Είναι πολύ σημαντική η προθέρμανση του καυσίμου για να γίνει πιο ρευστό και προθέρμανση της μηχανής με πιο ελαφρύτερο καύσιμο για να αυξηθεί η θερμοκρασία στον θάλαμο καύσης(πάνω από τους 500°C) για να δημιουργηθεί πλήρης και ακαριαία καύση. Η εύρεση της κατάλληλης θερμοκρασίας για να ξεκινήσει η έγχυση καυσίμου SVO γίνεται μετρώντας την θερμοκρασία των καυσαερίων. Καθώς όμως οι κινητήρες ντίζελ βρίσκονται σε αμέτρητους διαφορετικούς σχεδιασμούς με πολλές κατασκευαστικές διαφορές για αυτό τον λόγο προτιμάται να δοκιμάζονται οι κινητήρες κατευθείαν με καύσιμα SVO για να βρεθεί η χαμηλότερη θερμοκρασία που ο κινητήρας κάνει πλήρη καύση αν βέβαια μας το επιτρέπει η κατασκευή αυτό. Όμως για να γίνει εφικτό αυτό πρέπει πρώτα να μελετηθούν τα καυσαέρια του κινητήρα σε διάφορα φορτία. Καθώς το αυξάνεται το φορτίο στον κινητήρα αυξάνεται και η θερμοκρασία των καυσαερίων.

Όσο στον κινητήρα αυξάνεται το φορτίο μειώνεται το ποσοστό άκαυστου καυσίμου και τα ποσοστά CO(Μονοξειδίου του άνθρακα).Η θερμοκρασία η οποία είναι αποδεκτή η καύση SVO παρουσιάζεται όταν τα ποσοστά άκαυστου καυσίμου και CO(Μονοξειδίου του άνθρακα) συγκλίνουν απόλυτα με τους εργοστασιακούς αριθμούς, όταν ο κινητήρας βρίσκεται στο ίδιο φορτίο. Κατά μέσο όρο αυτή η θερμοκρασία παρουσιάζεται όταν ο κινητήρας υπόκειται στο 70% του συνολικού φορτίου, που είναι και το ιδανικό φορτίο από πλευράς χρήσης-συντήρησης .

Σε πρακτικό επίπεδο με δύο τρόπους μπορούμε να αξιοποιήσουμε τις παραπάνω αρχές για να χρησιμοποιήσουμε καύσιμα SVO σε κινητήρες ντίζελ. Ο πρώτος είναι η μίξη πετρελαίου με SVO και ο δεύτερος τρόπος είναι η προσαρμογή του κινητήρα σε διπλή τροφοδοσία καυσίμου.

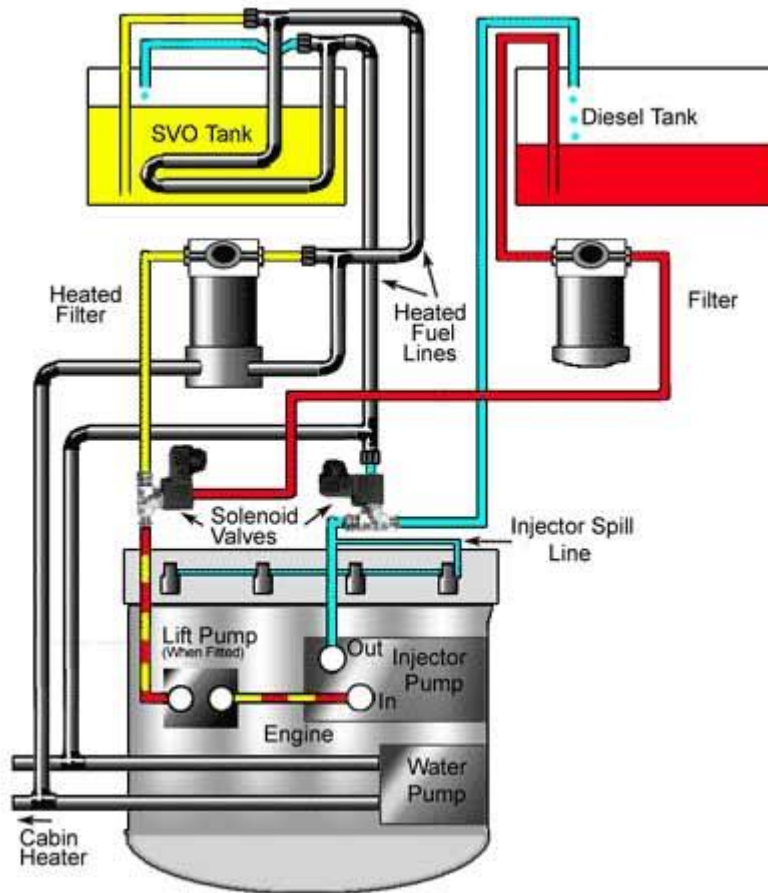
Η περίπτωση της μίξης διορθώνει το υψηλό ιξώδες και τα προβλήματα έγχυσης που παρουσιάζουν τα καύσιμα SVO.Ωστόσο προκειμένου το μείγμα να διατηρήσει τις καύσιμες ιδιότητες του πρέπει το ποσοστό SVO να μην ξεπερνάει το 30%.Η μίξη SVO με πετρέλαιο χρησιμοποιείται κυρίως όταν διατίθενται περιορισμένες ποσότητες SVO.Εντούτοις πολλοί χειριστές κινητήρων δεν ακολουθούν την παραπάνω λεπτομέρεια και κατά την μίξη χρησιμοποιούν SVO σε ποσοστά μεγαλύτερα 30% κάτι που οδηγεί σε δυσλειτουργία κινητήρα και πολλές φορές σε μη αναστρέψιμες βλάβες.

Συστήματα διπλής τροφοδοσίας καυσίμου προσαρμόζονται σε κινητήρες ντίζελ και όταν φτάσουν σε σταθερή θερμοκρασία λειτουργίας, η τροφοδοσία εναλλάσσεται σε SVO σε ποσοστό 100%.Τα συστήματα διπλής τροφοδοσίας απαιτούν μια ακόμα δεξαμενή καυσίμου και εξοπλίζονται με σύστημα βαλβίδων(ηλεκτρονικές ή χειροκίνητες) που αλλάζουν την τροφοδοσία από το ένα καύσιμο στο άλλο

Οι συνθήκες μεταγωγής SVO/πετρελαίου ελέγχονται ως εξής:

-Μέχρι ο θάλαμος καύσης (επί της ουσίας τα καυσαέρια) δεν έχει φτάσει την κατάλληλη θερμοκρασία, ο κινητήρας καταναλώνει πετρέλαιο.

-Μόλις ο κινητήρας φτάσει στην επιθυμητή θερμοκρασία η βαλβίδα μεταβάλλει(χειροκίνητα ή μέσω ενός συστήματος μεταγωγής που ενεργοποιείται από ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα) την τροφοδοσία του κινητήρα χρησιμοποιώντας το \-Λίγα λεπτά πριν ο κινητήρας σταματήσει να λειτουργεί η τροφοδοσία μεταβάλλεται και πάλι σε πετρέλαιο έτσι ώστε το κύκλωμα τροφοδοσίας του κινητήρα να γεμίσει με πετρέλαιο. Αυτό θα βοηθήσει τον κινητήρα κατά την επόμενη εκκίνηση του καθώς το πετρέλαιο δεν χρειάζεται προθέρμανση για να χρησιμοποιηθεί σε αντίθεση με τα καύσιμα SVO.



Εικόνα 15 Απεικόνιση συστήματος διτλής τροφοδοσίας SVO-Diesel. (<http://vegburner.co.uk>)



### 3.3.1 Κιτ προσαρμογής κινητήρα σε S.V.O

Στην αγορά υπάρχει τεράστια γκάμα προσαρμογής οχημάτων για χρήση καυσίμων SVO, από μικρά αυτοκίνητα μέχρι φορτηγά. Το κόστος αγοράς ενός τέτοιου κιτ κυμαίνεται από 1.000 € έως τα 2.500 € .

Πολλές φορές οι τιμές δεν είναι αντίστοιχες της ποιότητας αυτό που πρέπει να ελέγξει ο αγοραστής είναι τα εξαρτήματα που απαρτίζουν το κιτ να έχουν ελεγχθεί και πιστοποιηθεί από ένα ή και παραπάνω ινστιτούτα διασφάλισης ποιότητας υλικών και διαδικασιών (TUV,ISO,ASTM).

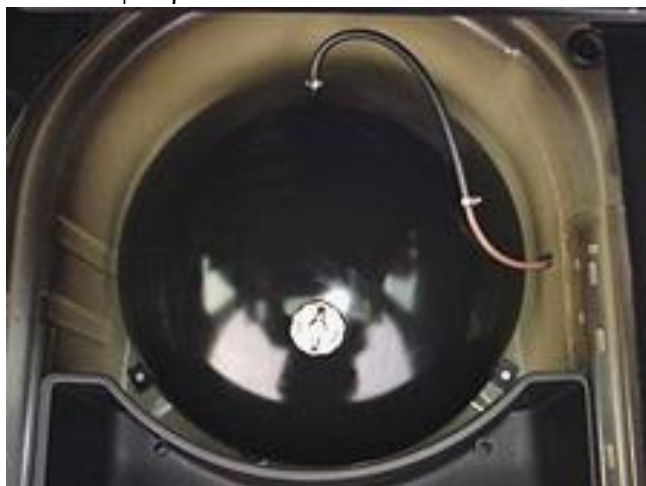
Τα παραπάνω ινστιτούτα με τις διαπιστεύσεις που παρέχουν μετά από πολύ μεγάλους ελέγχους εγγυούνται πως τα κιτ που θα χρησιμοποιήσουμε θα μας παρέχουν πολυετή και απροβλημάτιστη λειτουργία σε πληθώρα συνθηκών.

Με τον όρο κιτ προσαρμογής κινητήρα σε SVO εννοούμε την παράλληλη αποθήκευση στο όχημα μας SVO και ντίζελ ή βίο-ντίζελ. Οι έρευνες έχουν δείξει ότι είναι ο φθηνότερος τρόπος χρήσης , ο πιο ασφαλής όσον αφορά την μακροβιότητα του κινητήρα και την προσαρμοστικότητα μεταξύ των καυσίμων.

Τα μόνα αρνητικά αυτής της μεθόδου είναι το κόστος αγοράς του κιτ και η μείωση του αποθηκευτικού χώρου του οχήματος διότι κάποιο χώρο θα τον καταλάβει η δεξαμενή SVO.

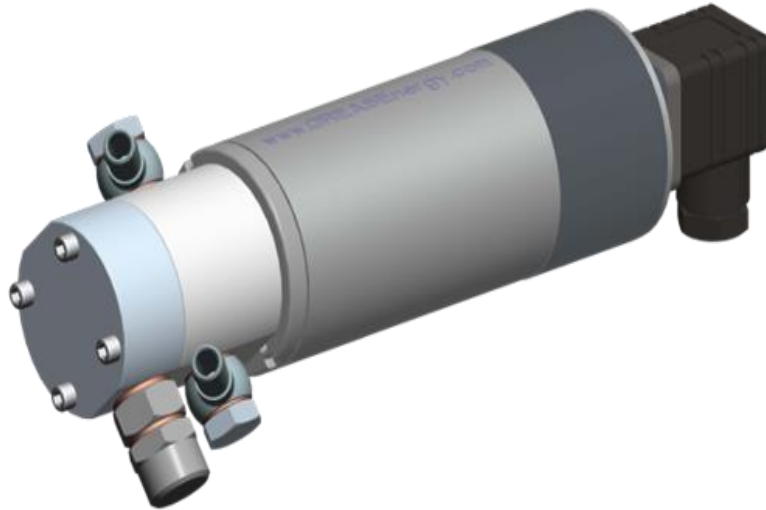
Το κιτ προσαρμογής αποτελείται από τα παρακάτω εξαρτήματα:

- 1) Δεξαμενή αποθήκευσης SVO . Συνήθως κατασκευάζεται από ειδικά πολυμερή όπως PTFE , VITON ή ανοξείδωτο ατσάλι . Τα καύσιμα SVO είναι πολύ λιγότερο εύφλεκτα γι' αυτό και δεν χρειάζονται τις περισσότερες φορές μεταλλικές δεξαμενές . Η δεξαμενή τοποθετείται στο χώρο αποσκευών ή στην θέση της ρεζερβας. Μέσα στο ρεζερβουάρ υπάρχει αισθητήρας για την στάθμη καυσίμου και ένα φίλτρο



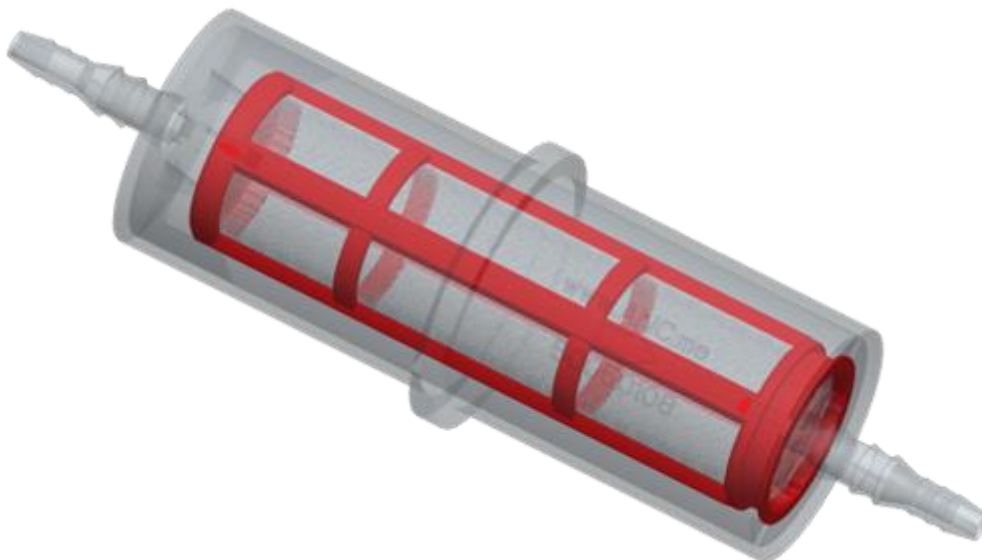
Εικόνα 16 Ρεζερβουάρ SVO από ανοξείδωτο ατσάλι στην θέση της ρεζέρβας (<http://www.dieselmotors.com/vegetable-oil-kit.htm>)

- 2) Ηλεκτρονική Αντλία καυσίμου που μπορεί να διαχειριστεί το υψηλότερο ιξώδες του καυσίμου SVO .



Εικόνα 17 Αντλία καυσίμου SVO([https://www.greasenergy-shop.com/epages/63102114.sf/en\\_US/?ObjectPath=/Shops/63102114/Products/50012721](https://www.greasenergy-shop.com/epages/63102114.sf/en_US/?ObjectPath=/Shops/63102114/Products/50012721))

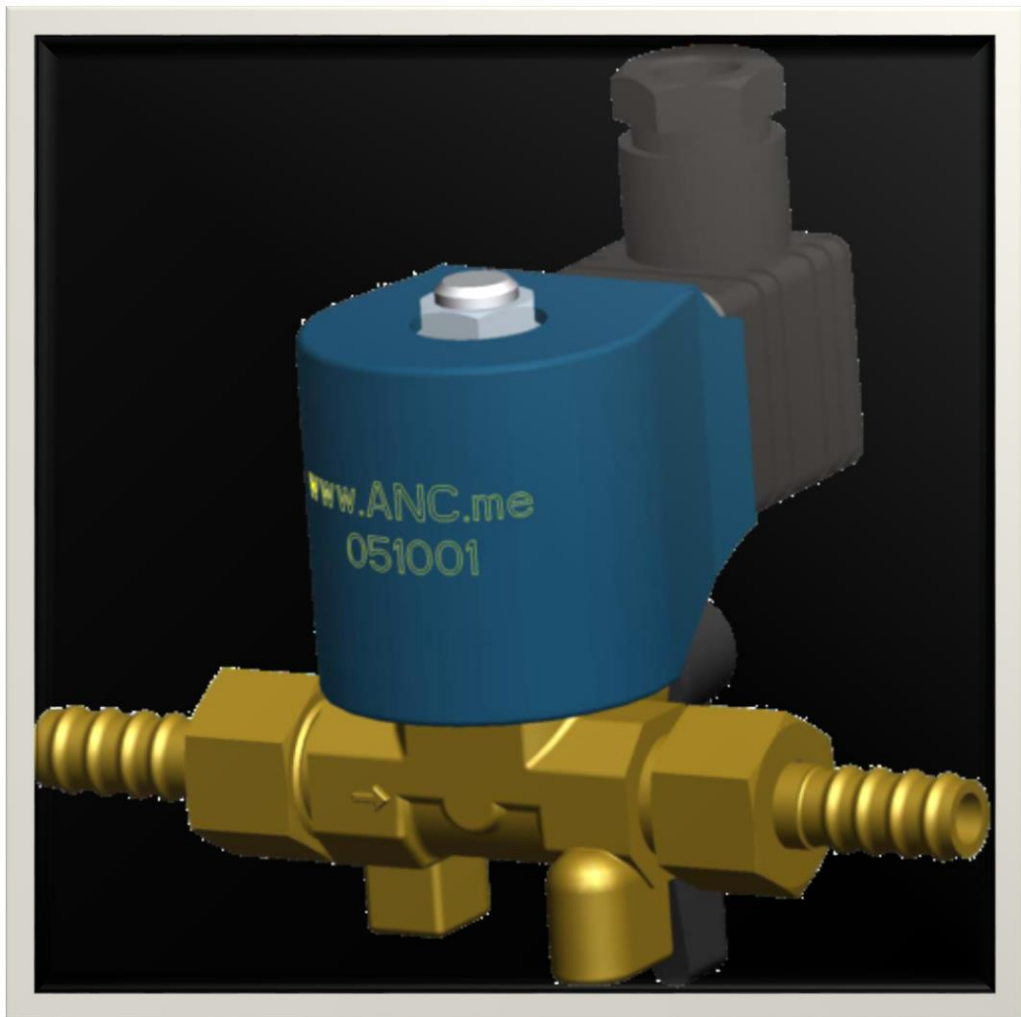
- 3) Ακόμα πριν το καύσιμο πάει στην παραπάνω αντλία εκεί υπάρχει το πρώτο φίλτρο καυσίμου , σκοπός του φίλτρου αυτού είναι να συγκρατήσει τις πρώτες ακαθαρσίες και βρίσκεται ανάμεσα στην δεξαμενή και την αντλία καυσίμου



Εικόνα 18 Το πρώτο φίλτρο ακριβώς πριν την αντλία παροχής([https://www.greasenergy-shop.com/epages/63102114.sf/en\\_US/?ObjectPath=/Shops/63102114/Products/50050108](https://www.greasenergy-shop.com/epages/63102114.sf/en_US/?ObjectPath=/Shops/63102114/Products/50050108))

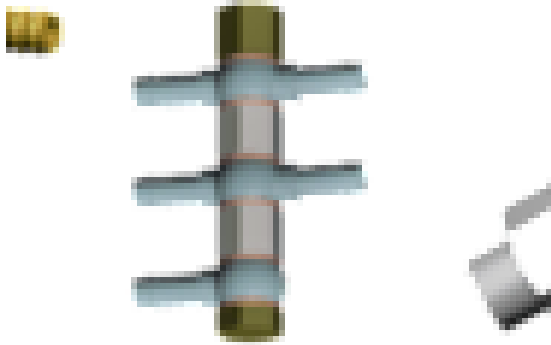
- 4) Σε αυτό το στάδιο πρέπει να αλλάξει χαρτογράφηση ο κινητήρας για να γίνουν αποδεκτές οι διαφορετικές παράμετροι του καυσίμου S.V.O. από το ντίζελ και το βίο-ντίζελ. Έτσι όταν προστεθούν και αυτές οι παράμετροι μπορεί ο κινητήρας να χρησιμοποιεί και τους δύο τύπους καυσίμων.

- 5) Σε αυτό το σημείο είμαστε στο εσωτερικό του κινητήρα και το πρώτο πρόσθετο εξάρτημα που συναντάμε είναι η μαγνητική βαλβίδα (non return valve ) η οποία προστατεύει το κύκλωμα από τυχόν επιστροφές καυσίμων που μπορεί να δημιουργήσουν πρόβλημα που θα έχει ως συνέπεια καταστροφή του κυκλώματος καυσίμου που εκτός από ακριβή επισκευή μπορεί να δημιουργήσει εύφλεκτη πηγή και κατά συνέπεια φωτιά.



Εικόνα 19 Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα με σκοπό να μην επιστρέψουν καύσιμα κατά την λειτουργία του κινητήρα. ([https://www.greaseenergy-shop.com/pages/63102114.sf/de\\_DE/?ObjectPath=/Shops/63102114/Products/50051001/SubProducts/50051001-0001](https://www.greaseenergy-shop.com/pages/63102114.sf/de_DE/?ObjectPath=/Shops/63102114/Products/50051001/SubProducts/50051001-0001))

- 6) Το επόμενο εξάρτημα μετά την παραπάνω μαγνητική βαλβίδα είναι άλλη μία βαλβίδα η οποία διαχειρίζεται το είδος των καυσίμων πριν εισέλθουν στο σύστημα έγχυσης του κινητήρα , ουσιαστικά εναλλάσσει μεταξύ ντίζελ και S.V.O. ή απλά προωθεί την μίξη τους.



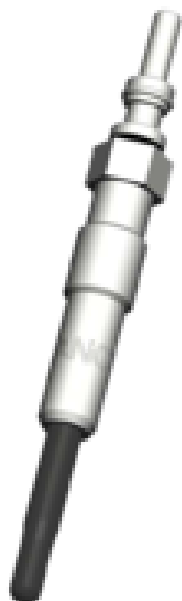
Εικόνα 21 Οι οπές στην βαλβίδα διαχείρισης καυσίμου αναλαμβάνουν την μεταφορά των καυσίμων στην αναλογία που επιθυμούμε ή στην χρήση του ενός τύπου ή του άλλου. ([https://www.greasenergy-shop.com/epages/63102114.sf/de\\_DE/?ObjectPath=/Shops/63102114/Categories/ELSBETT-Ersatzteile/Ventile](https://www.greasenergy-shop.com/epages/63102114.sf/de_DE/?ObjectPath=/Shops/63102114/Categories/ELSBETT-Ersatzteile/Ventile))

- 7) Στην συνέχεια έχουμε ένα εναλλάκτη θερμότητας (heat exchanger) . Ο στόχος του συγκεκριμένου εναλλάκτη είναι να αυξήσει την θερμοκρασία του S.V.O. Αυτό επιτυγχάνεται με την σύνδεση του στο κύκλωμα ψύξης του κινητήρα. Το θερμασμένο ψυκτικό μέσο μεταφέρει την θερμότητα του στο καύσιμο S.V.O μέσω των μεταλλικών επιφανειών εντός του εξαρτήματος με τελικό σκοπό την αύξηση της θερμοκρασίας και κατά συνέπεια του ιξώδους του καυσίμου.

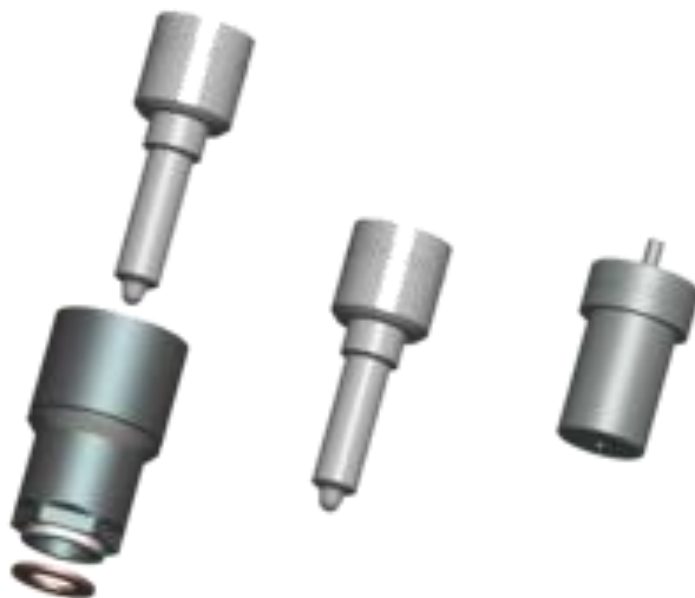


Εικόνα 20 Διάφοροι τύποι εναλλάκτη θερμότητας για μεταφορά θερμότητας σε καύσιμα S.V.O. ([https://www.greasenergy-shop.com/epages/63102114.sf/de\\_DE/?ObjectPath=/Shops/63102114/Categories/ELSBETT-Ersatzteile/Filterheizungen](https://www.greasenergy-shop.com/epages/63102114.sf/de_DE/?ObjectPath=/Shops/63102114/Categories/ELSBETT-Ersatzteile/Filterheizungen))

- 8) Τέλος έχουμε τους μπουζί πυρακτώσεως που εάν δεν είναι ο κινητήρας μας ήδη εξοπλισμένος από αυτούς πρέπει να τοποθετηθούν ή να αναβαθμιστούν. Ακόμα οι εγχυτήρες καλό είναι να αλλαχθούν με διαφορετικούς που μπορούν να αντιμετωπίσουν το μεγαλύτερο ιξώδες του S.V.O.



Εικόνα 21 Παράδειγμα μπουζί πυρακτώσεως. ([https://www.greasenergy-shop.com/epages/63102114.sf/de\\_DE/?ObjectPath=/Shops/63102114/Categories/ELSBETT-Ersatzteile/Gluehkerzen](https://www.greasenergy-shop.com/epages/63102114.sf/de_DE/?ObjectPath=/Shops/63102114/Categories/ELSBETT-Ersatzteile/Gluehkerzen))



Εικόνα 22 Διάφοροι τύποι από εγχυτήρες που είναι κατάλληλοι για χρήση S.V.O

### 3.3.2 Προσαρμογή του Perkins 4.99 σε καύσιμα S.V.O

Ο Perkins 4.99 της πτυχιακής μας έχει διαμόρφωση γεννήτριας καθώς στηρίζεται σε οριζόντια βάση η απλότητα του και η μεγάλη κατασκευαστική αντοχή σε συνδυασμό με την απλή φιλοσοφία του συστήματος καυσίμου καθώς είναι έμμεσης έγχυσης , τον κάνει εύκολα μετατρέψιμο και για χρήση με καύσιμα SVO.

Ο πιο απλός τρόπος χρήσης καυσίμου S.V.O. είναι η απευθείας παροχή του στον κινητήρα. Εάν η ποιότητα του καυσίμου S.V.O είναι πάνω από το μέσο όρο , δηλαδή το ιξώδες του κυμαίνεται μεταξύ 20 cSt-30 cSt συγκριτικά με του Diesel 10 cSt και οι θερμοκρασίες που επικρατούν στο χώρο του κινητήρα μας είναι μεταξύ των 15 °C - 25°C τότε το ιξώδες του καυσίμου παρόλο που είναι ψηλό παραμένει διαχειρίσιμο από τον κινητήρα. Σίγουρα στις πρώτες εκατοντάδες ώρες λειτουργίας δεν θα υπάρξει πρόβλημα διότι ο κινητήρας μας είναι ανθεκτικός σε μη ιδανικά καύσιμα , πιθανόν και μετά από χιλιάδες ώρες λειτουργίας να μην έχει υπάρξει κανένα πρόβλημα. Αυτός είναι και ο πιο οικονομικός τρόπος χρήσης του κινητήρα με SVO και ταυτόχρονα ο πιο επικίνδυνος επειδή σε βάθος χρόνου μπορεί να αποβεί ο πιο κοστοβόρος καθώς έχουμε ένα κινητήρα αρκετά παλιό και δεν ξέρουμε εάν παλαιότερα οι χρήστες του τον συντηρούσαν όπως πρότεινε ο κατασκευαστής. Ακόμα δεν ξέρουμε εάν υπήρχε κάποιο είδος μη σωστής επισκευής του κινητήρα (καθώς δεν γνωρίζουμε το ιστορικό του) που μπορεί να έχει οδηγήσει σε μείωση του χρόνου ζωής σε διάφορα εξαρτήματα κάτι που η χρήση μη προθερμασμένου καυσίμου SVO μπορεί να εντείνει σε ακόμα μεγαλύτερο βαθμό.

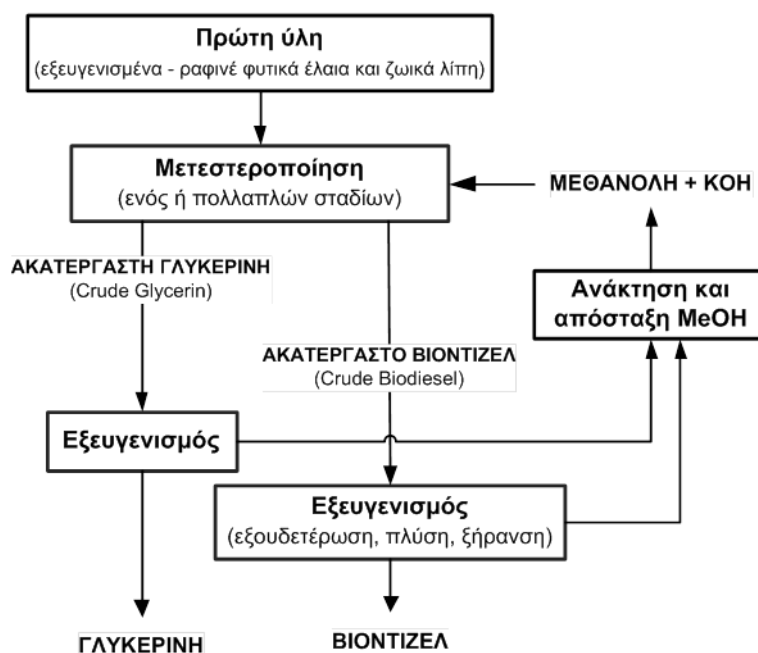
Η επόμενη περίπτωση είναι η εγκατάσταση ενός πλήρους κιτ για χρήση SVO. Αυτό απαιτεί αλλαγές γύρω από τον κινητήρα αλλά και σε τμήματα του κινητήρα κυρίως τους εγχυτήρες καυσίμου που θα πρέπει να έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά καθώς πρέπει να διαχειριστούν το διαφορετικό ιξώδες για να μην υπάρξει πτώση πίεσης κατά την έγχυση διότι θα υπάρξει μικρότερη ατμοποίηση του καυσίμου στον θάλαμο κάτι που θα οδηγήσει συσσώρευση άνθρακα στο θάλαμο καύσης με συνέπεια κακή απόδοση και μείωση του ορίου ζωής του κινητήρα.

Ένα άλλο θετικό είναι ότι στην περίπτωση μας έχουμε γύρω από τον κινητήρα έχουμε διαθέσιμο αρκετό χώρο για την τοποθέτηση των επιμέρους μερών που χρειάζονται για την χρήση SVO. Η προθέρμανση του καυσίμου SVO μειώνει κατά πολύ την πίεση που ασκείται στα κινούμενα μέρη της αντλίας καυσίμου και βοηθάει στην λίπανση της. Ακόμα εξαφανίζει όλες τις δευτερες σκέψεις για μη χρήση του συγκεκριμένου τύπου καυσίμου καθώς εξαλείφει όλα τα προβλήματα της χρήσης. Έχει βέβαια και το μεγαλύτερο κόστος , περίπου 1000 €.

Στην περίπτωση μας η καλύτερη επιλογή είναι η δεύτερη. Όμως ο κινητήρας μας είναι πειραματικός και κατά συνέπεια δεν θα λειτουργήσει χιλιάδες ώρες όπως σε άλλες εφαρμογές. Η υψηλή ποιότητα κατασκευής και ο έμμεσος ψεκασμός καυσίμου μας επιτρέπει να παρακάμψουμε ένα μεγάλο μέρος του παραπάνω κιτ.

Τα μέρη που απαιτούν πλήρη αλλαγή είναι η αντλία καυσίμου και το σύστημα έγχυσης καυσίμου. Ουσιαστικά πρέπει να επιλέξουμε μια μέση οδό διότι εάν αυξηθεί πολύ το ποσό της μετατροπής η απόσβεση από την χρήση φθηνότερου καυσίμου θα αργήσει πολύ να επέλθει. Με ένα κόστος της τάξης των 80-150€ μπορούμε να αποκτήσουμε εγχυτήρες καυσίμου που ανταποκρίνονται σε όλα τα είδη των καυσίμων SVO , και να αλλάξουμε την αντλία καυσίμου με μία νεότερη της DELPHI παρόμοιας αρχιτεκτονικής χωρίς να υπάρξουν μετατροπές στην έδραση της .

### 3.4 S.V.O και Βίο-ντίζελ



Εικόνα 23 Περιληπτική απεικόνιση παραγωγής Βίο-ντίζελ.(

<https://www.agroenergy.gr/en/content/%CF%80%CE%B1%CF%81%CE%B1%CE%B3%CF%89%CE%B3%CE%B9%CE%BA%CE%AE-%CE%B4%CE%B9%CE%B1%CE%B4%CE%B9%CE%BA%CE%B1%CF%83%CE%AF%CE%B1>)

Όπως είδαμε και παραπάνω οι πετρελαιοπηγές δεν είναι ο μόνος τρόπος παραγωγής καυσίμου για τους κινητήρες ντίζελ καθώς μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε φυτικά έλαια και ζωικά λίπη κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες. Οι συνθήκες αυτές δημιουργούνται με δύο τρόπους. Στην περίπτωση των S.V.O. ή φυτικών ελαίων πρέπει να ακολουθήσουμε μια σειρά μετατροπών στο σύστημα τροφοδοσίας του κινητήρα έτσι ώστε αυτός να χρησιμοποιεί απροβλημάτιστα φυτικά έλαια. Στην περίπτωση του βίο-ντίζελ πρέπει να τροποποιήσουμε με χημική διαδικασία το καύσιμο για να χρησιμοποιηθεί από κινητήρα ντίζελ. Ουσιαστικά το βίο-ντίζελ είναι χημικά επεξεργασμένα φυτικά έλαια. Το μειονέκτημα του βίο-ντίζελ σε σύγκριση με τα φυτικά έλαια παρουσιάζεται στην επεξεργασία, καθώς χρειαζόμαστε μια σειρά από επικίνδυνα χημικά όπως μεθανόλη (MeOH) και καυστική σόδα (Υδροξείδιο του Νατρίου NaOH) για να παραχθεί το τελικό προϊόν. Ακόμα σε περίπτωση ατυχήματος το βίο-ντίζελ είναι επικίνδυνο για τον ανθρώπινο οργανισμό, ακόμα είναι τοξικό για το περιβάλλον. Πέρα

από την πολυπλοκότητα και την αύξηση της επικινδυνότητας για την παραγωγή βίο-ντίζελ, η όλη διαδικασία αυξάνει και την τιμή του συγκριτικά με τα φυτικά έλαια αλλά κατά επέκταση δίνει στο βίο-ντίζελ ένα μεγάλο προβάδισμα στην χρήση.

Καθώς δεν χρειάζεται να κάνουμε καμία μετατροπή στον κινητήρα και στα περιφερειακά του συστήματα. Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε μείγμα βίο-ντίζελ και πετρελαίου κίνησης σε ότι ποσοστό θέλουμε από 0% έως 100%. Επίσης είναι συμβατό με την συντριπτική πλειοψηφία των κινητήρων ντίζελ που κυκλοφορούν.

Η σύγκριση των δύο τύπων καυσίμων είναι αναπόφευκτη καθώς αποσκοπούν στους ίδιους στόχους κυρίως στην μείωση του κόστους χρήσης κινητήρα ντίζελ και την μείωση του οικονομικού κόστους παραγωγής και τέλος την μείωση της περιβαλλοντικής υποβάθμισης που προκαλείται από την εξόρυξη και επεξεργασία αργού πετρελαίου. Χιλιάδες έρευνες έχουν αναλύσει και συγκρίνει τα δύο αυτά καύσιμα. Για να επιλέξουμε πιο από τα δύο καύσιμα είναι κατάλληλο για την εφαρμογή που το χρειαζόμαστε ορίζεται από τον κινητήρα που θα χρησιμοποιήσουμε και τις συνθήκες στις οποίες θα λειτουργεί αυτός.

Το βίο-ντίζελ είναι μονόδρομος για χρήση σε σύγχρονους ντίζελ κινητήρες που λειτουργού σε συνεχόμενα μεταβαλλόμενο φορτίο και αποτελούνται από σύγχρονα συστήματα τροφοδοσίας με πολύ μικρές ανοχές στην μεταβολή του καυσίμου και περίπλοκα περιφερειακά υποσυστήματα.

Σε στατικούς κινητήρες που λειτουργούν σε σταθερή ταχύτητα τα καύσιμα S.V.O. ανταποκρίνονται επαρκώς. Σε παλαιούς κινητήρες τα καύσιμα S.V.O. μπορούν να ανταποκριθούν με μεγάλη επιτυχία σε πολλές εφαρμογές χωρίς πρόβλημα, χρησιμοποιώντας πάντα υψηλής ποιότητας φυτικά έλαια και ποιοτικό σύστημα τροφοδοσίας S.V.O. ,χωρίς να μειώνεται ο χρόνος ζωής του κινητήρα.

Συμπερασματικά κατανοούμε ότι η σύγκριση είναι δευτερεύον παράγοντας στην επιλογή μεταξύ S.V.O. και βίο-ντίζελ καθώς οι σημαντικότεροι παράγοντες είναι με ποιόν από τους δύο τύπους ο κινητήρας μας λειτουργεί ομαλότερα και δεύτερον το είδος της εφαρμογής που ο κινητήρας χρησιμοποιείται.



Πίνακας 2 Σύγκριση μεταξύ Straight Vegetable Oil και Biodiesel

<b>Καύσιμο</b>	<b>S.V.O</b>	<b>Βιοντίζελ</b>
<b>Παραγωγή</b>	Αποκεντρωμένοι μικροί παραγωγοί ελαίου	Κεντρικές μεγάλες βιομηχανικές μονάδες
<b>Κόστος παραγωγής</b>	0.10€-0.25€/1L	Κατά μέσο όρο 0.20€>S.V.O
<b>Βιολογική διάσπαση</b>	Πολύ γρήγορη	Αργή
<b>Κίνδυνος μόλυνσης νερού</b>	Όχι	Μικρός
<b>Κοινωνική αποδοχή</b>	Μεγάλη	Μεγάλη
<b>Ανθρώπινη τοξικότητα</b>	Μηδενική ή πολύ μικρή	Μεγάλη
<b>Εφοδιαστική(Logistics)</b>	Απλή	Περίπλοκη
<b>Μεταφορά</b>	Μικρές αποστάσεις	Μεγάλες αποστάσεις
<b>Δημιουργία περιφεριακών εσόδων</b>	Υψηλή	Χαμηλή
<b>Προσαρμογή κινητήρα</b>	Μικρή	Μεγάλη
<b>Κόστος προσαρμογής</b>	800€-1500€	Μηδενικό

Πίνακας 3 Σύγκριση μεταξύ Straight Vegetable Oil και Biodiesel

## 4 Συμπεράσματα

Όπως είπαμε και στο πρώτο κεφάλαιο ο κινητήρας ντίζελ είναι αναντικατάστατος σε πληθώρα εφαρμογών. Το μεγάλο στοίχημα με την πάροδο των ετών είναι η μείωση των ρύπων και ο εναλλακτικός τρόπος παροχής καύσιμης ύλης . Τα φυτικά έλαια είναι ένας πολύ οικολογικός τρόπος τροφοδοσίας κινητήρων ντίζελ. Τα αρνητικά και τα θετικά των φυτικών ελαίων μπορούν εύκολα να αντιμετωπισθούν με προσεκτική επιλογή καρπού για την εκχύλιση καυσίμου ,ένα ποιοτικό και δοκιμασμένο σύστημα παροχής καυσίμου S.V.O. για τον κινητήρα και τέλος να έχει σχεδιάσει το είδος χρήσης που θέλει να κάνει .Ακόμα ένα θετικό είναι πως όσο περισσότερο χρησιμοποιήσουμε φυτικά έλαια για καύσιμα , η απόσβεση του κόστους μετατροπής θα είναι και αυτή ταχύτατη.

Επίσης καταλήξαμε ότι ο κινητήρας της πτυχιακής μας μπορεί να χρησιμοποιήσει καύσιμα με πολύ μικρό κόστος μετατροπής. Τα καύσιμα S.V.O. είναι μια λύση που πρέπει να προσεγγίζεται μετά από σχεδιασμό χρήσης , κόστους και συμβατότητας κινητήρα οι απαντήσεις όπως καλό ή κακό δεν δείχνουν την πραγματική δυναμική αυτού του τύπου παροχής καύσιμης ύλης. Στον αγώνα του ανθρώπινου είδους για αειφόρο παροχή ενέργειας τα φυτικά έλαια μπορούν να προσφέρουν στήριξη και ανάπτυξη σε ένα κόσμο που χρειάζεται όλο και περισσότερη ενέργεια και ταυτόχρονα τα πετρελαϊκά κοιτάσματα μειώνονται.

## 5 Τμήμα του εγχειρίδιου του κινητήρα μας

### TECHNICAL DATA—B.2

#### Engine Data

	4.108 and 4.107	4.99
Bore (Nominal — see Page B.4) ... ..	3.125 in (79,37 mm)	3.00 in (76,2 mm)
Stroke ... ..	3.5 in (88,9 mm)	3.5 in (88,9 mm)
No. of Cylinders ... ..	Four	Four
Cubic Capacity ... ..	107.4 in <sup>3</sup> (1,760 litre)	99 in <sup>3</sup> (1,621 litre)
Compression Ratio ... ..	22 : 1	20 : 1
Firing Order ... ..	1, 3, 4, 2	1, 3, 4, 2
Cycle ... ..	Four-Stroke	Four-Stroke
Combustion System ... ..	Indirect Injection	Indirect Injection
Engine Rotation ... ..	Left Hand viewed from rear	Left Hand viewed from rear

#### Rating Details

	4.108	4.107	4.99
Pleasure Craft (high speed) ... ..	47 shp (38 kW) at 4,000 rev/min	48 shp at 4,000 rev/min	43 shp at 4,000 rev/min
Pleasure Craft ... ..	45 shp (36 kW) at 3,600 rev/min	45 shp at 3,600 rev/min	40 shp at 3,600 rev/min
Commercial Craft ... ..	37 shp (30 kW) at 3,000 rev/min	36 shp at 3,000 rev/min	33 shp at 3,000 rev/min

Note: Maximum rev/min is dependant on hull design as the correct engine rating should be matched to the duty of the boat.

#### ENGINE WEIGHTS (Dry Approx.)

Direct cooled engine with mechanically operated direct drive gearbox ... ..	520 lb (236 kg)
Heat exchanger cooled engine with mechanically operated reduction gearbox ... ..	590 lb (268 kg)
Direct cooled engine with hydraulically operated direct drive gearbox ... ..	505 lb (229 kg)
Heat exchanger cooled with hydraulically operated reduction gearbox ... ..	570 lb (259 kg)

#### 4.108 (Low line)

Indirect cooled engine with hydraulically operated direct drive gearbox ... ..	575 lb (261 kg)
Indirect cooled engine with hydraulically operated reduction gearbox ... ..	605 lb (275 kg)
Direct cooled engine with hydraulically operated direct drive gearbox ... ..	505 lb (229 kg)
Direct cooled engine with hydraulically operated reduction gearbox ... ..	535 lb (243 kg)

#### De-Rating for Altitude

This is not usually necessary for 4.99, 4.107 and 4.108 marine engines. A small loss of power will occur when temperature and humidity are particularly adverse and allowance for this should be made when designing the propeller.

Where engines are called upon to operate in rarefied atmospheres occasioned by altitude, such engines should be de-rated. The following table is given as a general guide, which may be applied on a percentage basis, where specific figures for a particular engine rating are not available.

Altitude	Maximum fuel delivery de-rating measured at 800 rev/min pump speed
0 — 2,000 feet ( 600 metre)	No change
2,000 — 4,000 feet (1,200 metre)	6%
4,000 — 6,000 feet (1,800 metre)	12%
6,000 — 8,000 feet (2,400 metre)	18%
8,000 — 10,000 feet (3,000 metre)	24%
10,000 — 12,000 feet (3,600 metre)	30%

**Any necessary adjustments in this respect to the fuel pump should be carried out by the C.A.V. dealer for the territory concerned.**

For any further information apply to Service Department, Perkins Engines Limited, Peterborough, or to those Overseas Companies listed on Page 2.

## TECHNICAL DATA—B.3

### Recommended Torque Tensions

The following torque figures will apply with the components lightly oiled before assembly:—

	4.108			4.107 and 4.99		
	lbf/ft	kgf/m	Nm	lbf/ft	kgf/m	Nm
Cylinder Head Nuts	60	8,3	81	42	5,8	57
Connecting Rod Setscrews	42	5,8	57	42	5,8	57
*Main Bearing Setscrews	85	11,75	115	85	11,75	115
Flywheel Setscrews	60	8,3	81	60	8,3	81
Idler Gear Hub Setscrews	36	5,0	49	36	5,0	49
Crankshaft Pulley Setscrew	150	20,7	203	150	20,7	203
Atomiser Securing Nuts	12	1,7	16	12	1,7	16
Fuel High Pressure Pipe Nuts	15	2,1	20	15	2,1	20
Dynamo Pulley Nut	20	2,8	27	20	2,8	27
Alternator Pulley Nut	30	4,1	41	30	4,1	41
Thermostart Unit	10	1,38	13	10	1,38	13
Thermostart Insulating Adaptor	10	1,38	13	10	1,38	13

\*The tab and shim washers may be discarded where used on earlier engines, but the setscrews must be tightened to the torque loading indicated.

All threads used, except on proprietary equipment are Unified Series and American Pipe Series.  
The crankshaft and pulley retaining setscrew are threaded 5/8 in U.N.F. (18 T.P.I.).

### SERVICE WEAR LIMITS

The following "wear limits" indicate the condition when it is recommended that the respective items should be serviced or replaced.

Cylinder Head Bow Longitudinal	0.006 in (0,15 mm)
Transverse	0.003 in (0,08 mm) concave 0.005 in (0,13 mm) convex
Maximum Bore Wear (when new liners are necessary)	0.006 in (0,15 mm)
Crankshaft Main and Big End Journal Wear	0.001 in (0,03 mm)
Ovality	0.0005 in (0,01 mm)
Maximum Crankshaft End Float	0.020 in (0,51 mm)
Valve Stem to Guide Clearance Inlet	0.005 in (0,13 mm)
Exhaust	0.006 in (0,15 mm)
Valve Head Thickness at outer edge	0.025 in (0,64 mm)
Rocker Clearance on Shaft	0.005 in (0,13 mm)
Camshaft Journals-Ovality and Wear	0.002 in (0,05 mm)
Camshaft End Float	0.020 in (0,51 mm)
Idler Gear End Float	0.010 in (0,25 mm)



## TECHNICAL DATA—B.5

### Pistons 4.107 and 4.99

Type	Flat Topped
Overall Height (Skirt to Crown)	3.146 in (79,91 mm)
Piston Height in relation to Cylinder Block Top Face	0.0085/0.012 in (0,22/0,30 mm) Above
Bore Dia. for Gudgeon Pin	
later 4.99 and all 4.107 engines	0.93755/0.93775 in (23,81/23,82 mm)
Early 4.99 engines	0.87505/0.87525 in (22,22/22,23 mm)
Compression Ring Groove Width — Top	0.0801/0.0811 in (2,034/2,06 mm)
Compression Ring Grooves Width 2nd and 3rd	0.0645/0.0655 (1,638/1,664 mm)
Oil Control Ring Grooves Width 4th and 5th	0.190/1.191 in (4,826/4,851 mm)

### Piston Rings 4.108

Top — Compression	Parallel Faced
Second and Third Compression	Internally Stepped
Fourth — Oil Control	Laminated Segment
Fifth — Oil Control	Slotted Scraper
Top Compression Ring Width	0.0771/0.0781 in (1,958/1,984 mm)
Ring Clearance in Groove	0.0024/0.0044 in (0,061/0,112 mm)
Second and Third Compression Ring Width	0.0615/0.0625 IN (1,562/1,587 mm)
Ring Clearance in Groove	0.002/0.004 in (0,051/0,102 mm)
Fifth Scraper Ring Width	0.1865/0.1875 in (4,737/4,762 mm)
Ring Clearance in Groove	0.0025/0.0045 in (0,063/0,114 mm)
Ring Gap — Top Compression	0.009/0.014 in (0,229/0,356 mm)
Ring Gap — Second and Third Compression	0.009/0.014 in (0,229/0,356 mm)
Ring Gap — Fifth Scraper	0.009/0.014 in (0,229/0,356 mm)

**Piston Ring Gaps quoted are measured in a Ring Gauge of 3.125 in (79,38 mm) Bore. In practice for every 0.001 in (0,254 mm) difference in Cylinder Bore Diameter from Gauge size, 0.003 in (0,762 mm) should be allowed.**

### Piston Rings 4.107 and 4.99

Top Compression	Parallel Faced Chrome Plated
Second and Third Compression	Internally Stepped
Fourth and Fifth Oil Control	Slotted Scraper
Top Compression Ring Width	0.0771/0.0781 in (1,96/1,984 mm)
Ring Clearance in Groove	0.002/0.004 in (0,051/0,102 mm)
Second and Third Compression Ring Width	0.0615/0.0625 in (1,562/1,587 mm)
Ring Clearance in Groove	0.002/0.004 in (0,051/0,102 mm)
Fourth and Fifth Scraper Ring Width	0.1865/0.1875 in (4,737/4,762 mm)
Ring Clearance in Groove	0.0025/0.0045 in (0,064/0,114 mm)
Ring Gap — Compression Rings Chrome	0.012/0.017 in (0,30/0,43 mm)
Ring Gap — Oil Control Rings Cast Iron	0.009/0.014 in (0,229/0,356 mm)

**Piston Ring Gaps quoted are measured in a Ring Gauge of 3.000 in (76,20 mm) Bore for 4.99 engines and 3.125 in (79,38 mm) Bore for 4.107 engines. In practice, for every 0.001 in (0,254 mm) difference in Cylinder Bore Diameter from Gauge size, 0.003 in (0,762 mm) should be allowed.**

### Gudgeon Pin 4.108

Type	Fully Floating
Outside Dia. of Gudgeon Pin	1.0625/1.0627 in (26,987/26,993 mm)
Length of Gudgeon Pin	2.673/2.687 in (67,894/68,250 mm)
Fit in Piston Boss	Transition

### Gudgeon Pin 4.107 and 4.99

Type	Fully Floating
Outside Dia. of Gudgeon Pin	0.9375/0.9377 in (23,812/23,817 mm)
Earlier Engines	0.875/0.8752 in (22,225/22,23 mm)
Fit in Piston Boss	Transition

## TECHNICAL DATA—B.6

### Small End Bush 4.108

Type	Steel Backed, Lead Bronze Lined
Length of Small End Bush	0.935/0.955 in (23,749/24,257 mm)
Outside Dia. of Small End Bush	1.221/1.222 in (31,013/31,039 mm)
Inside Dia. before Reaming	1.0495/1.0545 in (26,657/26,784 mm)
Inside Dia. after Reaming	1.06315/1.0632 in (27,004/27,005 mm)
Clearance between Small End Bush and Gudgeon Pin	0.00045/0.0007 in (0,0114/0,0178 mm)

### Small End Bush 4.107 and 4.99

Type	Steel Backed Lead Bronze Lined
Length of Small End Bush	0.865/0.885 in (22,00/22,48 mm)
Outside Dia. of Small End Bush	
Later 4.99 and all 4.107 engines	1.065/1.066 in (27,05/27,08 mm)
Early 4.99 engines	1.0025/1.0035 in (25,46/25,49 mm)
Inside Dia. after Reaming on later 4.99 and all 4.107 engines	0.9382/0.93875 in (23,83/23,84 mm)
Early 4.99 engines	0.8757/0.87625 in (22,24/22,26 mm)
Clearance between Small End Bush and Gudgeon Pin	
Bush and Gudgeon Pin	0.0005/0.00125 in (0,01/0,03 mm)

**Note.** Bushes to be reamed to suit respective Gudgeon Pins, and are provided with a reaming allowance.

### Connecting Rod 4.108

Type	'H' Section
Cap Location to Connecting Rod	Serrations, Offset 45° to the Horizontal
Big End Parent Bore Dia.	2.146/2.1465 in (54,508/54,521 mm)
Small End Parent Bore Dia.	1.21875/1.21975 in (30,956/30,981 mm)
Length from Centre Line of Big End to Centre Line of Small End	6.217/6.219 in (157,912/157,963 mm)
Connecting Rod End Float	0.0065/0.0105 in (0,165/0,267 mm)

### Connecting Rod Alignment

Large and small end bores must be square and parallel with each other within the limits of  $\pm 0.010$  in (0,25 mm) measured 5 in (127 mm) each side of the axis of the rod on test mandrel as shown in Fig. B.1. With the small end bush fitted, the limit of  $\pm 0.010$  in (0,25 mm) is reduced to  $\pm 0.0025$  in (0,06 mm).

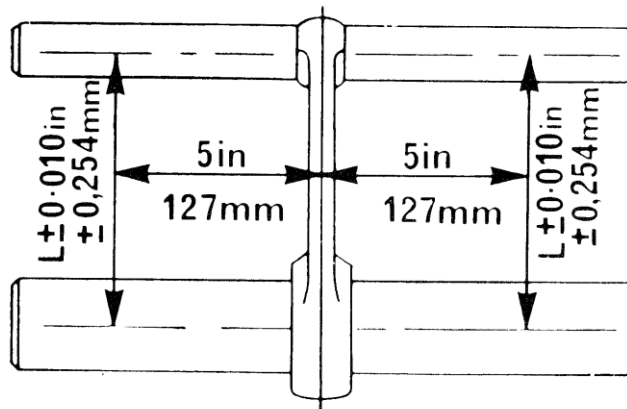


Fig. B.1.  
Connecting Rod Alignment Test Mandrel.

## TECHNICAL DATA—B.7

### Connecting Rod 4.107 and 4.99

Type	...	...	...	...	'H' Section
Cap Location to Connecting Rod	...	...	...	...	Serrations, Offset 45° to the Horizontal
Big End Parent Bore Dia.	...	...	...	...	2.146/2.1465 in (54,508/54,521 mm)
Small End Parent Bore Dia.	...	...	...	...	
later 4.99 and all 4.107 engines	...	...	...	...	1.0625/1.0635 in (26,99/27,01 mm)
Early 4.99 engines	...	...	...	...	1.00/1.001 in (25,4/25,43 mm)
Length from Centre Line of Big End to Centre Line of Small End	...	...	...	...	6.405/6.407 in (162,69/162,74 mm)
Connecting Rod End Float	...	...	...	...	
later 4.99 and all 4.107 engines	...	...	...	...	0.0065/0.0105 in (0,16/0,27 mm)
Early 4.99 engines	...	...	...	...	0.0075/0.0105 in (0,19/0,27 mm)

### Crankshaft

Overall Length	...	...	...	...	21.125 in (536,575 mm)
Main Journal Dia. Nos. 1 and 2	...	...	...	...	2.248/2.2485 in (57,099/57,112 mm)
Main Journal Dia. No. 3	...	...	...	...	2.2475/2.248 in (57,086/57,099 mm)
Main Journal Length No. 1	...	...	...	...	1.40625 in (35,719 mm)
Main Journal Length No. 2	...	...	...	...	1.496/1.504 in (37,998/38,202 mm)
Main Journal Length No. 3	...	...	...	...	1.499/1.502 in (38,075/38,151 mm)
Main Journal Fillet Radii	...	...	...	...	0.125/0.141 in (3,175/3,581 mm)
Crankpin Dia.	...	...	...	...	1.9993/2.0001 in (50,78/50,80 mm)
Crankpin Length	...	...	...	...	1.1875/1.1895 in (30,162/30,213 mm)
Crankpin Fillet Radii	...	...	...	...	0.15625/0.17187 in (5/32/11/64 in) (3,969/4,366 mm)
Surface Finish — All Journals	...	...	...	...	8 - 16 micro-in (0,2-0,4 micron)
Main Journal and Crankpin Regrind Undersizes	...	...	...	...	0.010, 0.020, 0.030 in (0,25, 0,51, 0,76 mm)
Oil Seal Helix Dia.	...	...	...	...	2.21075/2.21175 in (56,153/56,178 mm)
Oil Seal Helix Width	...	...	...	...	0.050/0.080 in (1,270/2,032 mm)
Oil Seal Helix Depth	...	...	...	...	0.004/0.008 in (0,102/0,203 mm)
Flange Dia.	...	...	...	...	3.9985/3.9995 in (101,562/101,587 mm)
Flange Width	...	...	...	...	0.500 in (12,700 mm)
Spigot Bearing Recess Depth	...	...	...	...	0.875 in (22,225 mm)
Spigot Bearing Recess Bore	...	...	...	...	1.250 in (31,750 mm)
Crankshaft End Float	...	...	...	...	0.002/0.015 in (0,0508/0,381 mm)

### Main Bearings

Type	...	...	...	...	Pre-finished, Steel Backed, Aluminium Tin Lined
Shell Width	...	...	...	...	1.245/1.255 in (31,623/31,877 mm)
Outside Dia. of Main Bearing	...	...	...	...	2.3955 in (60,846 mm)
Inside Dia. of Main Bearing	...	...	...	...	2.2505/2.2515 in (57,163/57,188 mm)
Running Clearance — Nos. 1 and 2	...	...	...	...	0.002/0.0035 in (0,051/0,089 mm)
Running Clearance — No. 3	...	...	...	...	0.0025/0.004 in (0,063/0,102 mm)
Steel Thickness	...	...	...	...	0.060 in (1,524 mm) Max.
Aluminium Thickness	...	...	...	...	0.012/0.01225 in (0,305/0,311 mm)

### Crankshaft Thrust Washers

Type	...	...	...	...	Steel Backed — Lead Bronze Faced
Position in Engine	...	...	...	...	Rear Main Bearing
Thrust Washer Thickness (STD)	...	...	...	...	0.089/0.091 in (2,261/2,311 mm)
Thrust Washer Thickness (O/S)	...	...	...	...	0.0965/0.1005 in (2,451/2,553 mm)
Thrust Washer Outside Dia.	...	...	...	...	3.245/3.255 in (82,423/82,677 mm)
Thrust Washer Inside Dia.	...	...	...	...	2.590/2.600 in (65,786/66,040 mm)



## TECHNICAL DATA—B.8

### Connecting Rod Bearings

Type	Pre-finished, Steel Backed, Aluminium Tin Lined
Shell Width	0.870/0.880 in (22,098/22,325 mm)
Outside Dia. of Con. Rod Bearing	2.1465 in (54,521 mm)
Inside Dia. of Con. Rod Bearing	2.0015/2.0025 in (50,838/50,863 mm)
Running Clearance	0.0015/0.003 in (0,038/0,076 mm)
Steel Thickness	0.060 in (1,524 mm) Max.
Aluminium Thickness	0.012/0.01225 in (0,305/0,311 mm)

### Camshaft

No. 1 Journal Length	1.347/1.351 in (34,214/34,315 mm)
No. 1 Journal Dia.	1.791/1.792 in (45,491/45,517 mm)
No. 1 Cylinder Block Camshaft Bore Dia.	1.794/1.7955 in (45,568/45,606 mm)
No. 1 Journal Running Clearance	0.002/0.0045 in (0,051/0,114 mm)
No. 2 Journal Length	1.250 in (31,750 mm)
No. 2 Journal Dia.	1.781/1.782 in (45,237/45,263 mm)
No. 2 Cylinder Block Camshaft Bore Dia.	1.784/1.787 in (45,314/45,390 mm)
No. 2 Journal Running Clearance	0.002/0.006 in (0,051/0,152 mm)
No. 3 Journal Length	1.000 in (25,400 mm)
No. 3 Journal Dia.	1.773/1.774 in (45,034/45,060 mm)
No. 3 Cylinder Block Camshaft Bore Dia.	1.776/1.778 in (45,110/45,161 mm)
No. 3 Journal Running Clearance	0.002/0.005 in (0,051/0,127 mm)
Cam Lift	0.266 in (6,766 mm)
Oilways for Rocker Shaft Lubrication	No. 2 Journal

### Camshaft Thrust Plates

Type	180° Oil Impregnated Sintered Iron
Thrust Plate Outside Dia.	2.555/2.557 in (64,897/64,948 mm)
Cylinder Block Recess Dia. for Thrust Plate	2.5585/2.5685 in (64,986/65,240 mm)
Clearance Fit of Thrust Plate in Recess	0.0015/0.013 in (0,038/0,330 mm)
Thrust Plate Inside Dia.	1.500 in (38,100 mm)
Thrust Plate Thickness	0.160/0.162 in (4,060/4,115 mm)
Cylinder Block Recess Depth for Thrust Plate	0.158/0.164 in (4,009/4,116 mm)
Thrust Plate Height in relation to Cylinder Block Face	0.004 in (0,102 mm) Above or Below
Camshaft End Float	0.003/0.013 in (0,076/0,330 mm)

### Cylinder Head

Overall Length of Cylinder Head	20.000 in (508,000 mm)
Overall Depth of Cylinder Head	2.617/2.633 in (66,472/66,878 mm)
Skimming Allowance on Cylinder Head Face	NIL—On no account can the cylinder head face be skimmed.
Pressure for Water Leakage Test	20 lbf/in <sup>2</sup> (1,4 kgf/cm <sup>2</sup> ) — 138 kN/m <sup>2</sup>
Valve Seat Angle	45°
Bore in Cylinder Head for Guide	0.4995/0.5005 in (12,687/12,713 mm)
Bore in Cylinder Head for Combustion Chamber Inserts	1.250/1.252 in (31,750/31,801 mm)
Depth of Bore in Cylinder Head for Combustion Chamber Inserts	0.373/0.376 in (9,474/9,550 mm)

### Combustion Chamber Inserts

Outside Dia. of Insert	1.248/1.249 in (31,699/31,724 mm)
Length of Insert	0.374/0.375 in (9,499/9,525 mm)
Height of Insert in relation to Cylinder Head Face	0.002 in (0,051) Above or Below
Clearance Fit of Insert in Cylinder Head Bore	0.001/0.004 in (0,025/0,102 mm)
Method of Location in Cylinder Head	By Cylinder Block Face and Expansion Washer.

## TECHNICAL DATA—B.9

### Valves Guides (Inlet)

Inside Dia. ....	0.3141/0.3155 in (7,978/8,014 mm)
Outside Dia. ....	0.5021/0.5026 in (12,753/12,766 mm)
Interference fit of Guide in Cylinder Head Bore ....	0.0016/0.0031 in (0,041/0,079 mm)
Overall length of Guide ....	2.130 in (54,102 mm)
Guide Protrusion Above Top Face of Cylinder Head ....	0.800/0.815 in (20,320/20,701 mm)

### Valve Guides (Exhaust)

Inside Dia. ....	0.3141/0.3155 in (7,978/8,014 mm)
Outside Dia. ....	0.5021/0.5026 in (12,753/12,766 mm)
Interference fit of Guide in Cylinder Head Bore ....	0.0016/0.0031 in (0,041/0,079 mm)
Depth of Counterbore ....	0.380 in (0,650 mm)
Overall Length of Guide ....	2.440 in (61,98 mm)
Guide Protrusion above Top Face of Cylinder Head ....	0.800/0.815 in (20,320/20,701 mm)

### Valves (Inlet)

Valve Stem Dia. ....	0.312/0.313 in (7,925/7,950 mm)
Clearance fit of Valve Stem in Guide ....	0.0011/0.0035 in (0,028/0,089 mm)
Valve Head Dia. ....	1.410/1.414 in (35,814/35,916 mm)
Valve Face Angle ....	45°
Valve Head Depth Below Cylinder Head Face ....	0.028 in (0,711 mm) Minimum 0.048 in (1,220 mm) Maximum
Overall Length of Valve ....	4.592/4.608 in (116,637/117,043 mm)
Sealing Arrangement ....	Rubber Oil Seal

### Valves (Exhaust)

Valve Stem Dia. ....	0.3115/0.3125 in (7,912/7,937 mm)
Clearance Fit of Valve Stem in Guide ....	0.0016/0.004 in (0,041/0,102 mm)
Valve Head Dia. ....	1.191/1.195 in (30,251/30,353 mm)
Valve Face Angle ....	45°
Valve Head Depth Below Cylinder Head Face ....	0.021 in (0,53 mm) Minimum 0.048 in (1,220 mm) Maximum
Overall Length of Valve ....	4.600/4.616 in (116,840/117,246 mm)
Sealing Arrangement ....	No Seal fitted to Exhaust Valve

### Outer Valve Springs

Fitted Length ....	1.780 in (45,212 mm)
Load at Fitted Length ....	56.0 lbf + / - 2.8 lbf (25,4 kgf + / - 1,27 kgf)
Fitted Position ....	Damper Coil to Cylinder Head

### inner Valve Springs Where fitted

Fitted Length ....	1.530 in (38,862 mm)
Load at Fitted Length ....	28.6 lbf + / - 2 lbf (13,0 kgf + / - 0,91 kgf)
Fitted Position ....	Damper Coil to Cylinder Head

## TECHNICAL DATA—B.10

### Rocker Levers

Length between Centre Line of Adjusting Screw and Centre Line of Rocker Shaft	1.042/1.058 in (26,467/26,873 mm)
Length between Centre Line of Rocker Lever Pad and Centre Line of Rocker Shaft	1.567/1.583 in (39,802/40,208 mm)
Inside Dia. of Rocker Lever Bore	0.71825/0.71950 in (18,243/18,275 mm)
Outside Dia. of Rocker Lever Bush	0.7205/0.7215 in (18,301/18,326 mm)
Interference Fit of Bush in Rocker Lever	0.001/0.00325 in (0,025/0,082 mm)
Finished Inside Dia. of Rocker Lever Bush	0.6245/0.62575 in (15,862/15,894 mm)
Clearance of Rocker Lever Bush on Rocker Shaft	0.00075/0.0035 in (0,019/0,089 mm)

### Valve Clearances

Clearance between Valve Stem Tip and Rocker Lever	0.012 in (0,30 mm) Cold
---	-------------------------

### Rocker Shaft

Overall Length of Shaft	14.5625 in (369,887 mm)
Outside Dia. of Shaft	0.62225/0.62375 in (15,805/15,843 mm)
Lubrication	Oil Feed from Cylinder Head through Central Passage to Individual Rocker Levers

### Push Rods

Overall Length	8.527/8.560 in (216,58/217,42 mm)
Outside Dia.	0.250 in (6,350 mm)

### Tappets

Overall Length	2.250 in (57,150 mm)
Outside Dia. of Tappet Shank	0.560/0.561 in (14,224/14,249 mm)
Cylinder Block Tappet Bore Dia.	0.562/0.56325 in (14,275/14,307 mm)
Tappet Running Clearance in Cylinder Block Bore	0.001/0.00325 in (0,025/0,082 mm)
Outside Dia. of Tappet Foot	1.245/1.255 in (31,623/31,877 mm)

## TIMING GEARS

### Camshaft Gear

Number of Teeth	48
Inside Dia. of Gear Boss	1.750/1.7514 in (44,450/44,486 mm)
Outside Dia. of Camshaft Hub	1.7496/1.7509 in (44,430/44,473 mm)
Transition Fit of Gear and Hub	0.0009/0.0018 in (0,023/0,046 mm)

### Fuel Pump Gear

Number of Teeth	48
Inside Dia. of Cylinder Block Bore for Fuel Pump Drive Hub Bearing	1.8125/1.8141 in (46,037/46,078 mm)
Outside Dia. of Fuel Pump Drive Hub Bearing	1.8145/1.8152 in (46,088/46,106 mm)
Interference Fit of Drive Hub Bearing in Cylinder Block Bore	0.0004/0.0027 in (0,010/0,069 mm)
Inside Dia. of Fuel Pump Drive Hub Bearing	1.3125/1.3135 in (33,34/33,78 mm)
Outside Dia. of Fuel Pump Gear Drive Hub	1.3105/1.3115 in (33,287/33,312 mm)
Running Clearance of Drive Hub in Bearing	0.0031/0.0051 in (0,079/0,129 mm)
Drive Hub End Float	0.002/0.010 in (0,051/0,254 mm)

**FUEL SYSTEM**

**Approved Fuel Oil Specifications**

United Kingdom	BS. 2869:1967	Class A1 or A2
United States	VV-F-800a	Grades DF-A, DF-1 or DF-2
	A.S.T.M./D975-66T	Nos. 1-D or 2-D
France	(J.O. 14/9/57)	Gas Oil or Fuel Domestique
India	IS:1460/1968	Grade Special or Grade a
Germany	DIN-51601 (1967)	—
Italy	CUNA-Gas Oil	—
	NC-630-01 (1957)	—
Sweden	SIS. 15 54 32 (1969)	—
Switzerland	Federal Military Spec.	—
	9140-355-1404 (1965)	—

Fuel oils available in territories other than those listed above which are to an equivalent specification may be used.

**Fuel Lift Pump**

Type	AC Delco Diaphragm 'YJ' Series
Spring Colour Code	Green
Method of Drive	From Eccentric on Camshaft via Push Rod
Total Stroke of Operating Lever	0.192 in (4,877 mm)
Static Pressure No Delivery	6/10 lbf/in <sup>2</sup> (0,42/0,7 kgf/cm <sup>2</sup> ) 41/70 kN/m <sup>2</sup>
Pump to Distance Piece Gasket Thickness	0.018/0.022 in (0,457/0,559 mm)
Distance Piece Lift Pump to Tappet Inspection Cover	0.256 in (6,502 mm)

**Final Fuel Filter**

Element Type	Paper
Overflow Valve Type	Gravity Ball Check Valve
Valve in Fuel Pump Drain Connection	Spring Loaded Non-Return Valve set at 0.71/1.25 lbf/in <sup>2</sup> (0,0522/0,0875 kgf/cm <sup>2</sup> ) — 5/9 kN/m <sup>2</sup>

**Fuel Injection Pump**

Make	C.A.V.
Type	D.P.A.
Rotation	Clockwise (viewed from drive end)
Plunger Dia.	6 mm

**Fuel Injection Pump Timing**

The fuel injection pump static timing, engine checking and fuel pump marking angles can vary according to engine type but can be obtained by referring to the first group of letters and figures of the fuel pump setting code (stamped adjacent to the fuel injection pump identification plate):

First Group of Fuel Pump Code	(Using Timing Tool MS67B)		Alternative Valve Drop Method	
	Engine Checking Angle (Degrees)	Fuel Pump Marking Angle (Degrees)	Static Timing (Degrees BTDC)	Piston Displacement in mm
<b>4.99 Engines</b>				
AH28	282	295	26	0.226 5,74
BH26	287	300	26	0.226 5,74
DH19	287	300	26	0.226 5,74
<b>4.107 Engines</b>				
CH35	280 ½	290	19	0.120 3,05
<b>4.108 Engines</b>				
EH34E	281	290	18	0.108 2,75
PH30	281	290	18	0.108 2,75
<b>Atomisers</b>		<b>4.108</b>	<b>4.107</b>	<b>4.99</b>
Make		C.A.V.	C.A.V.	C.A.V.
Holder Type		BKB40SD5224	BKB40SD5224	BKB40S5146
Nozzle Type		BDN12SD6236	BDN12SD6236	BDN4S6236
Code Letter		BG	BG	E
Min. Working Pressure (atm)		135	135	125
Setting Pressure (atm)		150	150	130

## LUBRICATING OILS

Lubricating oils should meet the requirements of the U.S. Ordnance Specification MIL-L-46152 or MIL-L-2104C.

Some of these oils are listed below. Any other oils which meet these specifications are also suitable.

**MIL-L-46152 Oils**

Company	Brand	S. A. E. Designation		
		0°F (–18°C) to 30°F (–1°C)	30°F (–1°C) to 80°F (27°C)	Over 80°F (27°C)
B.P. Ltd.	Vanellus M Vanellus M	10W	20W 20W/50	30 20W/50
Castrol Ltd.	Castrol/Deusol CRB	10W	20	30
	Castrol/Deusol CRB	5W/20		
	Castrol/Deusol CRB	10W/30	10W/30	10W/30
	Castrol/Deusol CRB		20W/50	20W/50
A. Duckham & Co. Ltd.	Deusol RX Super		20W/40	20W/40
	Fleetol HDX	10	20	30
	Q Motor Oil		20W/50	20W/50
	Fleetol Multi V		20W/50	20W/50
	Fleetol Multilite	10W/30	10W/30	10W/30
Mobil Oil Co. Ltd.	Farmadcol HDX		20	30
	Delvac 1200 Series	1210	1220	1230
	Delvac Special	10W/30	10W/30	10W/30
Shell	Rotella TX	10W	20W/20	30
	Rotella TX		20W/40	20W/40

**MIL-L-2104C Oils**

Company	Brand	S. A. E. Designation		
		0°F (–18°C) to 30°F (–1°C)	30°F (–1°C) to 80°F (27°C)	Over 80°F (27°C)
B.P. Ltd.	Vanellus C3	10W	20W/20	30
Castrol Ltd.	Castrol/Deusol CRD	10W	20	30
	Deusol RX Super		20W/40	20W/40
	Agricastrol HDD	10W	20	30
	Agricastrol MP		20W/30	20W/30
	Agricastrol MP		20W/40	20W/40
A. Duckham & Co. Ltd.	Fleetol 3	3/10	3/20	3/30
	Farmadcol 3	3/10	3/20	3/30
Esso Petroleum Co. Ltd.	Essolube D-3 HP	10W	20W	30
Mobil Oil Co. Ltd.	Delvac 1300 Series	1310	1320	1330
Shell	Rimula CT	10W	20W/20	30
	Rotella TX	10W	20W/20	30
	Rotella TX		20W/40	20W/40

Where oils to the MIL-L-46152 or MIL-L-2104C specification are not available, then oils to the previous specification MIL-L-2104B may continue to be used providing they give satisfactory service.

Lubricating oils for use in Perkins Diesel engines should have a minimum viscosity index of 80.

The above specifications are subject to alteration without notice.

## 6 ΠΗΓΕΣ

- <https://sites.google.com/site/perkinslongserviceclub/heritage-snippets/the-story-of-the-4-99-4-107-4-108-engine>
- [http://www.liquisearch.com/diesel\\_engine/history\\_timeline](http://www.liquisearch.com/diesel_engine/history_timeline)
- <http://organicmechanic.com/diesel-conversion-kit/>
- <http://www.motoridiesel.it>
- [http://journeytoforever.org/biodiesel\\_svo.html#2tank](http://journeytoforever.org/biodiesel_svo.html#2tank)
- <https://www.greasecar.com/product-page/vw-tdi-conversion-kit-2004-2006-bw-models>
- [https://www.greasenergy-shop.com/en\\_US](https://www.greasenergy-shop.com/en_US)
- [https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A1%CE%BF%CF%8D%CE%BD%CF%84%CE%BF%CE%BB%CF%86\\_%CE%9D%CF%84%CE%AF%CE%B6%CE%B5%CE%BB](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A1%CE%BF%CF%8D%CE%BD%CF%84%CE%BF%CE%BB%CF%86_%CE%9D%CF%84%CE%AF%CE%B6%CE%B5%CE%BB)
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Diesel\\_engine](https://en.wikipedia.org/wiki/Diesel_engine)
- PERKINS ENGINES WORKSHOP MANUAL FOR ENGINES  
4.99M/4.107/4.108
- CHARACTERISTICS OF VEGETABLE OILS FOR USE AS FUEL IN  
STATIONARY DIESEL ENGINES-TOWARDS SPECIFICATIONS FOR A  
STANDARD IN WEST AFRICA  
Joel Blin ,Christel Brunschwig , Arnaud Chapuis , Odilon Changotade , Sayon  
Sidibe , Erie Noumi , Phillipe Girard  
HAL Id :hal-00814899  
<https://hal.archives-outvertes.fe/hal-00814899>  
Submitted on 18 Apr 2013