



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Πτυχιακή Εργασία

Μετατροπή ΜΕΚ για λειτουργία της με πεπιεσμένο αέρα

Μπουρλέκας Δημήτριος

A.M. 71442159

Επιβλέπων καθηγητής: Ευάγγελος Χ. Παπακίτσος

ΑΙΓΑΛΕΩ 2023



UNIVERSITY OF WEST ATTICA
SCHOOL OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF INDUSTRIAL DESIGN AND PRODUCTION
ENGINEERING

Degree Dissertation

**Conversion of an internal combustion engine for operation with
compressed air**

Bourlekas Dimitrios

Registration Number: 71442159

Supervisor: Evangelos C. Papakitsos

Athens, March 2023



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΚΑΙ
ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**

Μετατροπή ΜΕΚ για λειτουργία της με πεπιεσμένο αέρα

Μέλη Εξεταστικής Επιτροπής συμπεριλαμβανομένου και του Εισηγητή

Η μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία εξετάστηκε επιτυχώς από την κάτωθι
Εξεταστική Επιτροπή:

Α/α	ΟΝΟΜΑ ΕΠΩΝΥΜΟ	ΒΑΘΜΙΔΑ/ΙΔΙΟΤΗΤΑ	ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ
1	Ε.Χ. ΠΑΠΑΚΙΤΣΟΣ	ΕΔΙΠ Α΄	
2	Χ. ΔΡΟΣΟΣ	ΕΔΙΠ Α΄	
3	Ε.-Ο. ΣΚΛΑΒΟΥΝΟΥ	ΛΕΚΤΟΡΑΣ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ	

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ/ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο/η κάτωθι υπογεγραμμένος/η Μπαρλέκα, Δημήτριοι του Γεωργίου
με αριθμό μητρώου 71442159 φοιτητής/τρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της
Σχολής Μηχανικών του Τμήματος Βιομηχανικού Σχεδιασμού και Παραγωγής, δηλώνω
υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής/διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

~~Ο/Η Δηλών/ούσα~~

Δημήτριοι Μπαρλέκα

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ	2
ΠΕΡΙΛΗΨΗ – ABSTRACT	2
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	3
2. ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ	4
3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ	12
4. ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ - ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ	18
5. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	31
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	40
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	42
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ - ΛΙΣΤΑ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ	44

ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Ο σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η μετατροπή μιας μικρής σε μέγεθος και ισχύ μηχανής εσωτερικής καύσης (ΜΕΚ), έτσι ώστε να λειτουργεί με πεπιεσμένο αέρα.

ABSTRACT

This dissertation is about the conversion of a low power engine to run on compressed air. The construction uses 60cc motors, which has been manufactured and used in motorbikes or small motorcycles. However, this dissertation is not only about converting a motorcycle to run on air, but it is also about a study, how compressed air, as a form of energy, can provide a solution to the energy issue and facilitate the transition to renewable energy sources (RES), to store their waste energy, but also how we can exploit compressed air as a form of energy for use in engines, in order to move from the pollution created by the consumption of hydrocarbons to clean, sustainable, green energy.

Initially, although renewable energy sources, such as wind turbines, solar panels, etc., have a high degree of efficiency, the power produced varies according to environmental conditions. For example, if a solar panel is shaded by a cloud, its output will drop. Similarly, a wind turbine may perform better in the evening hours, for example, when we do not need all that energy.

The problem we face with renewable energy sources, such as wind or solar, is that the energy has to be used when it is produced, so if we don't need it at that particular time, we have to store it, to be used when the need occurs.

So, and as batteries are a very expensive way of storing energy, we are looking for other alternatives, such as converting water to hydrogen using electrolysis, using hydroelectric power reservoirs, i.e., pumping water to higher altitudes for use in hydroelectric power stations, and of course storing compressed air in underground air-tight caverns for use in air-powered engines in electricity generation.

In this study, scientific research and applications that have been carried out or are planned to be carried out on the subject of storing the excess energy produced by renewable energy sources in the form of compressed air are discussed.

Also, this study reports on scientific research and implementations of engines or compressed air units that have a higher efficiency than their consumption, giving free energy. That is when the energy produced by the machine is greater than the energy consumed. So, it can use the energy produced to operate, and as it uses less energy than it produces, this excess energy is referred to as Free energy, as we receive energy from the machine without powering it.

In summary, this dissertation reports research and methods on how compressed air as an energy form can contribute to the transition from the pollution of hydrocarbon consumption to clean and sustainable forms of energy. Also, in the following chapters, all the steps needed to build, convert the 60cc gasoline engine to run on compressed air, and power measurements after the conversion are described.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αφορά την μετατροπή ενός κινητήρα χαμηλής ισχύος ώστε να λειτουργεί με πιεσμένο αέρα. Η κατασκευή χρησιμοποιεί κινητήρα 60cc, που έχει κατασκευαστεί και χρησιμοποιείται σε μοτοποδήλατα ή μικρές μοτοσυκλέτες. Ωστόσο η παρούσα πτυχιακή δεν έχει στόχο μόνο την μετατροπή μίας μοτοσυκλέτας να λειτουργεί με αέρα, αλλά αφορά και μια μελέτη, για το πώς ο πεπιεσμένος αέρας, ως μορφή ενέργειας, μπορεί να δώσει λύση στο ενεργειακό ζήτημα και να διευκολύνει τη μετάβαση στις ΑΠΕ (ανανεώσιμες πηγές ενέργειας), για την αποθήκευση της παραπανήσιας ενέργειάς τους, αλλά και πώς μπορούμε να εκμεταλλευτούμε τον πεπιεσμένο αέρα, ως μορφή ενέργειας, για τη χρήση του σε μηχανές, με σκοπό τη μετάβαση από τη ρύπανση που δημιουργεί η κατανάλωση των υδρογονανθράκων, στην καθαρή, βιώσιμη, πράσινη ενέργεια.

Αρχικά, αν και οι ΑΠΕ, όπως ανεμογεννήτριες, φωτοβολταϊκά κλπ., έχουν υψηλό βαθμό απόδοσης, η παραγόμενη ισχύ τους μεταβάλλεται ανάλογα με τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Αν για παράδειγμα ένα φωτοβολταϊκό επισκιαστεί από ένα νέφος, η απόδοση του θα πέσει. Ομοίως μια ανεμογεννήτρια μπορεί να αποδίδει καλύτερα τις παραδείγματατος χάρη βραδινές ώρες, τις οποίες να μην χρειαζόμαστε όλη αυτή την ενέργεια.

Το πρόβλημα που αντιμετωπίζουμε με τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως ο άνεμος ή ο ήλιος, είναι ότι η ενέργεια πρέπει να χρησιμοποιείται όταν παράγεται, οπότε αν δεν την έχουμε ανάγκη τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή, πρέπει να την αποθηκεύσουμε, για να χρησιμοποιηθεί όταν υπάρχει ανάγκη.

Έτσι, και καθώς οι μπαταρίες είναι πολύ ακριβό μέσο αποθήκευσης ενέργειας, μελετάμε άλλες εναλλακτικές όπως η μετατροπή νερού σε υδρογόνο, με χρήση της ηλεκτρόλυσης, η χρήση δεξαμενών υδροηλεκτρικής ενέργειας, δηλαδή η άντληση υδάτων σε μεγαλύτερα υψόμετρα, για χρήση τους σε υδροηλεκτρικούς σταθμούς, και φυσικά η αποθήκευση πεπιεσμένου αέρα σε υπόγεια αεροστεγή σπήλαια, για χρήση του σε κινητήρες λειτουργίας με αέρα, στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Στην παρούσα μελέτη αναφέρονται επιστημονικές έρευνες και εφαρμογές που έχουν υλοποιηθεί ή υπάρχουν σχέδια υλοποίησής τους, πάνω στο θέμα της αποθήκευσης της παραπανήσιας ενέργειας που παράγεται από τις ΑΠΕ, σε μορφή πεπιεσμένου αέρα.

Επίσης, στην παρούσα μελέτη γίνονται αναφορές σε επιστημονικές έρευνες και υλοποιήσεις κινητήρων ή μονάδων πεπιεσμένου αέρα, που έχουν μεγαλύτερη απόδοση από την κατανάλωσή τους, δίνοντας δωρεάν ενέργεια. Δηλαδή η ενέργεια που παράγει η μηχανή είναι μεγαλύτερη από την ενέργεια που καταναλώνει. Έτσι μπορεί να χρησιμοποιεί την παραγόμενη ενέργεια για να λειτουργήσει, και καθώς χρησιμοποιεί λιγότερη ενέργεια από αυτή που παράγει, η παραπανήσια αυτή ενέργεια αναφέρεται ως κέρδος, ή “Free energy”, καθώς λαμβάνουμε ενέργεια από τη μηχανή χωρίς να την τροφοδοτούμε.

Ως σύνοψη λοιπόν, στην παρούσα πτυχιακή αναφέρονται έρευνες και μέθοδοι για το πώς ο πεπιεσμένος αέρας, ως μορφή ενέργειας, μπορεί να συμβάλλει στη μετάβαση από τη ρύπανση της κατανάλωσης υδρογονανθράκων, σε καθαρές και βιώσιμες μορφές ενέργειας. Επίσης, στα επόμενα κεφάλαια, αναγράφονται περιγραφικά όλα τα βήματά που χρειάστηκαν για την κατασκευή, τη μετατροπή του κινητήρα βενζίνης 60cc, ώστε να λειτουργεί με πεπιεσμένο αέρα, καθώς και μετρήσεις ισχύος μετά τη μετατροπή.

2. ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

Σε αυτό το κεφάλαιο θα μελετήσουμε την αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας, με την χρήση πεπιεσμένου αέρα. Εδώ, η παραπανύσια ενέργεια που παράγεται από τις ΑΠΕ θα χρησιμοποιηθεί από έναν συμπιεστή, για να γεμίσει ένα υπόγειο αεροστεγές σπήλαιο με συμπιεσμένο αέρα. Όταν υπάρχει ανάγκη για ενέργεια, ο πιεσμένος αέρας θα οδηγηθεί από το σπήλαιο σε ένα στρόβιλο, ο οποίος κινεί μια γεννήτρια, και έτσι έχουμε παραγωγή ενέργειας που επιστρέφεται στο δίκτυο.

Αρχικά, η αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας, σε πεπιεσμένο αέρα εφαρμόζεται από την δεκαετία του '70, και συγκεκριμένα έχουμε δύο μονάδες, μία στο Huntorf της Γερμανίας και η άλλη στο McIntosh της Αλαμπάμα (ΗΠΑ). Και τα δύο αυτά εργοστάσια αποθήκευσης ενέργειας με πεπιεσμένο αέρα εξακολουθούν να λειτουργούν αποτελεσματικά μέχρι σήμερα.

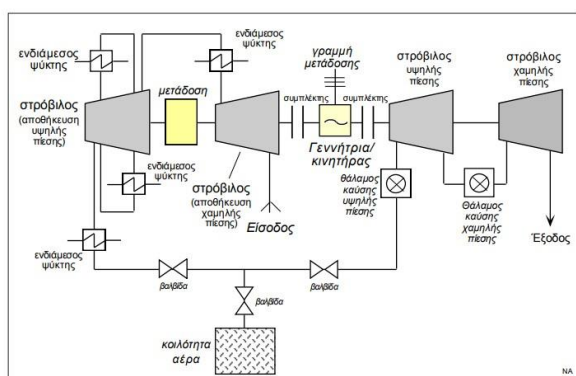
Εδώ, μελετώντας συγκεκριμένα για την εγκατάσταση στο Huntorf της Γερμανίας, γνωρίζουμε (Βιβλιογραφία 1.4) ότι η δεξαμενή αποθήκευσης είναι σε ένα υπόγειο σπήλαιο που βρίσκεται πάνω σε φυσικές αποθέσεις αλατιού, με όγκο αποθήκευσης 300.000 m³. Ο αέρας συμπιέζεται σε 70 atm με τη χρήση ηλεκτρικών συμπιεστών. Το σύστημα παράγει ενέργεια 300 MW για 2 ώρες, χρησιμοποιώντας τον συμπιεσμένο αέρα, με τη λειτουργία ενός κινητήρα - στρόβιλου.

Η απόδοση του συστήματος είναι δύσκολο να εκτιμηθεί, αλλά δεν είναι ιδιαίτερα υψηλή λόγω των εξής παραγόντων:

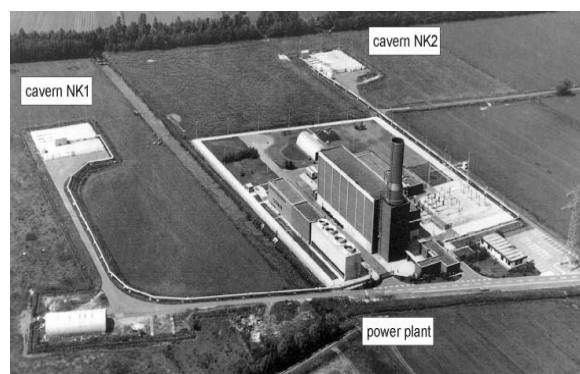
- 1) απαιτείται ενέργεια για την ψύξη του αέρα καθώς συμπιέζεται, για να προχωρήσει στη δεξαμενή, και
- 2) χρειάζεται ενέργεια για τη διόγκωση και θέρμανση του αποθηκευμένου ψυχρού αέρα πριν εισέλθει στον στρόβιλο.

Το έργο κατασκευάστηκε το 1978 (Βιβλιογραφία 1.6).

Στις παρακάτω εικόνες φαίνεται η σχηματική λειτουργία της μονάδας του Huntorf της Γερμανίας, και το εργοστάσιο, όπως έχει φωτογραφηθεί από εναέρια λήψη:



Σχηματικό διάγραμμα της μονάδας αποθήκευσης αέρα με συμπιεσμένο αέρα στο Huntorf της Γερμανίας (Πηγή: Βιβλιογραφία 1.4).



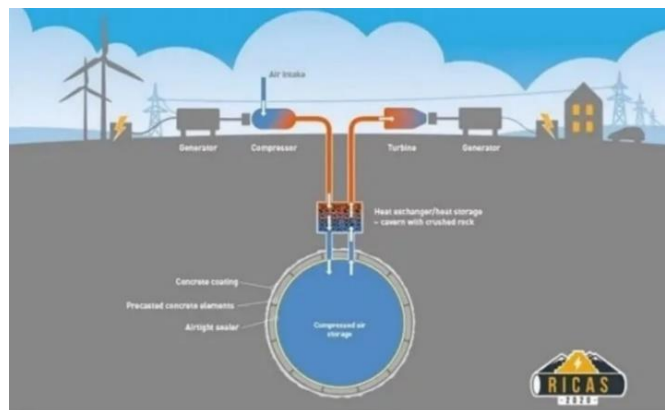
Μονάδα αποθήκευσης ενέργειας στο Huntorf της Γερμανίας (Πηγή: Βιβλιογραφία 1.3).

Νέες έρευνες με θέμα την αποθήκευση πεπιεσμένου αέρα έχουμε στην Ευρώπη, και συγκεκριμένα θα αναλύσουμε την έρευνα που ονομάζεται ως «RICH 2020» (Βιβλιογραφία 1.1), στην οποία αναφέρονται σφραγισμένα σπήλαια που έχουν εντοπιστεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση, για την αποθήκευση πεπιεσμένου αέρα, ο οποίος θα παράγεται με χρήση ηλεκτρικών

συμπιεστών, όταν υπάρχει παραπάνω παραγωγή, και θα καταναλώνεται από γεννήτρια αέρα (στρόβιλο) όταν υπάρχει ανάγκη. Εδώ, αν και τα αεροστεγή σπήλαια μπορούν να κρατήσουν μεγάλες ποσότητες αέρα κάτω από πίεση, δεν είναι σχεδιασμένα να συγκρατούν τη θερμική ενέργεια που παράγεται κατά τη διαδικασία συμπίεσης, με αποτέλεσμα την απώλεια θερμικής ενέργειας.

Οι ερευνητές του RICAS 2020, προτείνουν μια λύση για τα υπόγεια σπήλαια αποθήκευσης, η οποία αποσκοπεί στην ελαχιστοποίηση των απωλειών ενέργειας με τη διοχέτευση του θερμού πεπιεσμένου αέρα μέσω ενός ξεχωριστού σπηλαίου γεμάτου με θρυμματισμένο βράχο. Αυτό γίνεται για να συγκρατηθεί μεγάλο μέρος της θερμότητας που παράγεται κατά τη διαδικασία συμπίεσης από το πέτρωμα. Έτσι όταν περνάει ο θερμός αέρας από τον συμπιεστή, ζεσταίνεται το πέτρωμα, έπειτα οδηγείται στη δεξαμενή όπου και κρυώνει. Όταν υπάρχει ζήτηση για αέρα, τότε ο κρύος αέρας από τη δεξαμενή περνάει πάλι μέσα από το πέτρωμα όπου ζεσταίνεται και κατευθύνεται στη συνέχεια στον κινητήρα που παράγει ηλεκτρική ενέργεια.

Θεωρείται, ότι αυτή η καινοτομία θα μπορούσε ενδεχομένως να αυξήσει την απόδοση του συστήματος κατά περίπου 70-80%. Ωστόσο, για τα περισσότερα ανακαλυφθέντα σπήλαια, τα ποσοστά δεν ξεπερνούν το 45-55%. Αυτό σημαίνει ότι η ενέργεια που παράγεται με αυτή τη διαδικασία είναι η μισή από αυτή που αρχικά χρησιμοποιήθηκε για τη συμπίεση του αέρα. Στην εικόνα φαίνεται σχηματικά η λειτουργία της μονάδας:



(Πηγή: Βιβλιογραφία 1.1)

Στα περισσότερα συστήματα αποθήκευσης ενέργειας με πεπιεσμένο αέρα (CAES), τα εξαρτήματα που αποτελούνται έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής (Βιβλιογραφία 1.2). Για παράδειγμα, ένα σπήλαιο κατασκευασμένο ως αποθήκη αλατιού μπορεί να λειτουργήσει αποτελεσματικά για πάνω από 100 χρόνια. Ομοίως, οι μηχανές υψηλής ισχύος που χρησιμοποιούνται για τη συμπίεση και τη μεταφορά αέρα μπορούν συνήθως να αντέξουν για πενήντα ή παραπάνω χρόνια.

Ένα νέο έργο που εξελίσσεται από την εταιρεία Hydrostor, στην Καλιφόρνια των ΗΠΑ, σχεδιάζει να κατασκευαστούν δύο νέες εγκαταστάσεις αποθήκευσης ενέργειας, οι οποίες θα είναι το μεγαλύτερο σύστημα αποθήκευσης ενέργειας με πεπιεσμένο αέρα στον κόσμο (Βιβλιογραφία 1.5). Οι εγκαταστάσεις, θα έχουν δυναμικότητα 500 MW και θα μπορούν να αποθηκεύουν 4 GWh ενέργειας. Καθώς ο κόσμος στρέφεται προς τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, η αποθήκευση σε κλίμακα δικτύου αποκτά ολοένα και μεγαλύτερη σημασία.

Οι νέες εγκαταστάσεις θα χρησιμοποιούν μια νέα μέθοδο προηγμένης, «αδιαβατικής» αποθήκευσης ενέργειας σε πεπιεσμένο αέρα, η A-CAES. Εδώ, όπως και στα υπάρχοντα συστήματα αποθήκευσης πεπιεσμένου αέρα, η πλεονάζουσα ηλεκτρική ενέργεια από το δίκτυο ή από ανανεώσιμες πηγές χρησιμοποιείται για τη λειτουργία ενός αεροσυμπιεστή, ο οποίος γεμίζει συμπιεσμένο αέρα μια μεγάλη υπόγεια δεξαμενή μέχρι να απαιτηθεί ενέργεια. Όταν

απαιτηθεί, ο αέρας απελευθερώνεται μέσω ενός στροβίλου, για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας που διοχετεύεται πίσω στο δίκτυο. Εδώ η καινοτομία είναι πως η δεξαμενή αποθήκευσης αέρα είναι μερικώς γεμάτη με νερό. Έτσι όταν οι συμπιεστές γεμίζουν τις δεξαμενές με συμπιεσμένο αέρα, το νερό ωθείται σε ξεχωριστή δεξαμενή αντιστάθμισης. Όταν ο αέρας χρειαστεί, κι έχουμε κατανάλωση για τη λειτουργία του στροβίλου, το νερό αντλείται πίσω στη σπηλιά αποθήκευσης αέρα, ωθώντας τον αέρα προς τον στρόβιλο. Για ένα σύστημα A-CAES η απόδοση μπορεί να φτάσει στο 70% (Βιβλιογραφία 1.7).

Στην Καλιφόρνια πρόκειται να κατασκευαστούν δύο νέες εγκαταστάσεις αποθήκευσης ενέργειας, για την αποθήκευση έως και 10 GWh ενέργειας. Οι εγκαταστάσεις θα έχουν δυναμικότητα 500 MW και θα έχουν διάρκεια ζωής άνω των 50 ετών, σύμφωνα με την Hydrostor. Η εταιρεία αναφέρει πως η πρώτη μονάδα θα κατασκευαστεί στο Rosamond της Καλιφόρνιας και θα λειτουργήσει το 2026, και για την δεύτερη μονάδα δεν έχει ανακοινώσει τοποθεσία (Βιβλιογραφία 1.5). Επίσης, θα ήταν πολύ χρήσιμο, για την κατανόηση λειτουργίας της εγκατάστασης που πρόκειται να υλοποιηθεί στην Καλιφόρνια το βίντεο – animation που περιέχεται στο άρθρο στη Βιβλιογραφία 1.5.

Με το τελευταίο παράδειγμα, και τη μελλοντική εγκατάσταση δύο καινούριων μονάδων μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι η συμπίεση του αέρα σε υπόγεια σπήλαια αποτελεί μελέτη επιστημόνων από την δεκαετία του '70, κι έχουν ανακοινωθεί νέα έργα σε παγκόσμια κλίμακα. Με μικρότερο κόστος από την εγκατάσταση μπαταριών λιθίου, μπορούμε να έχουμε μια «μπαταρία» την οποία να γεμίζουμε όταν έχουμε παραπάνω, πλεονάζουσα ενέργεια στο δίκτυο και να τη χρησιμοποιούμε όταν υπάρχει ανάγκη, όταν η παραγωγή ενέργειας είναι μικρότερη από την ζήτηση.

Τη δεκαετία του '70, ο βαθμός απόδοσης των εγκαταστάσεων αποθήκευσης ενέργειας με πεπιεσμένο αέρα έφτανε στο 45%, δηλαδή εάν χρησιμοποιήσουμε 100w παραπάνω ενέργειας για να αποθηκεύσουμε αέρα, τότε μόνο 45w θα παίρναμε πίσω. Με την πιο σύγχρονη μέθοδο A-CAES, η απόδοση φτάνει το 70%, που είναι σαφώς πολύ μεγαλύτερο και πολύ πιο βιώσιμο. Έτσι, αν λάβουμε υπόψιν και τη μεγάλη διάρκεια ζωής αυτών των υποδομών, μπορούμε να πούμε, να στηρίζουμε πως με χρήση του πιεσμένου αέρα γίνεται να κατασκευάσουμε αποθήκες ενέργειας, πολύ χρήσιμο εργαλείο στη μετάβαση στις ΑΠΕ, στις ανανεώσιμες πηγές που η παραγωγή τους την κάθε χρονική στιγμή μπορεί να διαφέρει από τις ανάγκες μας.

Στις επόμενες παραγράφους αυτού του κεφαλαίου, θα αναφερθούμε σε κατασκευές που χρησιμοποιούν πεπιεσμένο αέρα για να λειτουργήσουν ή και με τη χρήση αυτού μπορούν να έχουν απόδοση μεγαλύτερη από την κατανάλωσή τους, επιστρέφοντας έτσι κάποιο κέρδος, ή “Free Energy”, όπως αναφέρεται.

Air Car

Αρχικά θα αναφερθούμε στην παραγωγή ενός αυτοκινήτου γαλλικής σχεδίασης, (Βιβλιογραφία 2.1) που σχεδιάστηκε για να κινείται με πεπιεσμένο αέρα, και υποστηρίζεται ότι θα μπορούσε να αναπτύσσει ταχύτητες άνω των 100 χιλιομέτρων την ώρα. Η παραγωγή, ενώ είχε σχεδιαστεί να ξεκινήσει το 2008, η ικανότητα της τεχνολογίας αμφισβητήθηκε από τους επιστήμονες, και δεν ολοκληρώθηκε ποτέ. Αυτοί υποστηρίζουν ότι αν και ο πεπιεσμένος αέρας παράγει μηδενικές εκπομπές ρύπων, δεν θα προσφέρει αρκετή εμβέλεια ή ταχύτητα για να απευθυνθεί στο ευρύ κοινό.

Η εταιρία, Motor Development International (MDI) εργάστηκε πολλά χρόνια για να φέρει αυτό το αυτοκίνητο στην αγορά, συνεργάστηκε με την εταιρία Tata, με έδρα την Ινδία, η οποία επένδυσε 30 εκατομμύρια δολάρια για την ανάπτυξη του αυτοκινήτου. Το 2010, τα πρώτα σχέδια του αυτοκινήτου περιελάμβαναν έναν τετραπίστονο κινητήρα, που τροφοδοτείται με πεπιεσμένο αέρα, ο οποίος αποθηκεύεται σε δεξαμενές με πίεση 788 N/mm.

Οι δεξαμενές είναι ελαφριές και κατασκευασμένες από ένα θερμοπλαστικό δοχείο που περιβάλλεται σε ένα κέλυφος από ανθρακονήματα. Η χωρητικότητα του έφτανε σχεδόν τα 90 κυβικά μέτρα αέρα.

Για την κίνηση του οχήματος, ο συμπιεσμένος αέρας διοχετεύεται από τις δεξαμενές σε έναν μικρό θάλαμο, όπου διαστέλλεται και ψύχεται. Αυτή η διαστολή οδηγεί το έμβολο να κινηθεί προς τα κάτω. Καθώς όμως η θερμοκρασία του περιβάλλοντος αρχίζει να θερμαίνει εκ νέου τον αέρα στον θάλαμο, ο αέρας αυτός θα διοχετευθεί σε έναν δεύτερο γειτονικό θάλαμο, όπου θα διασταλεί και πάλι για να οδηγήσει το έμβολο να κινηθεί προς τα πάνω. Η χρήση της θερμότητας του περιβάλλοντος συμβάλλει στην απόδοση και επεκτείνει την εμβέλεια του αυτοκινήτου.

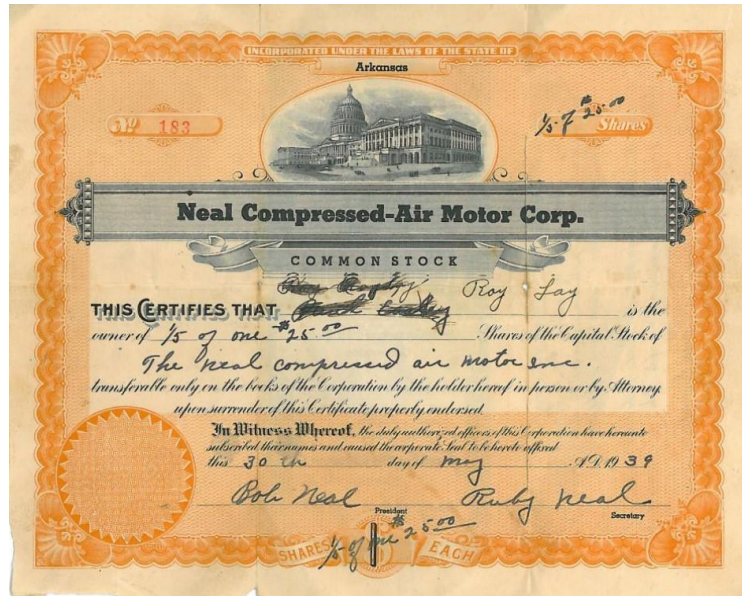
Το κύριο πρόβλημα της τεχνολογίας αυτής είναι ότι ο αέρας θερμαίνεται όταν τον συμπιέξεις, οπότε μεγάλο μέρος της ενέργειας που καταναλώνεται πηγαίνει στην αύξηση της θερμοκρασίας του. Έπειτα, αν και η αυτονομία του οχήματος θα μπορούσε να φτάνει τα 200 χιλιόμετρα όταν κινείται σε αστικό περιβάλλον, η εμβέλεια αυτή μειώνεται στα 80 χιλιόμετρα όταν το αυτοκίνητο κινείται με υψηλότερες ταχύτητες από 100 χλμ/ώρα. Έπειτα είναι και η δυσκολία κατασκευής σταθμών συμπίεσης, καθώς τα σημερινά βενζινάδικα δεν είναι ικανά να τροφοδοτήσουν τέτοιες ποσότητες αέρα. Βέβαια εάν οι συμπιεστές στα πρατήρια ήταν σε θέση να συμπιέζουν και να αποθηκεύουν αέρα μόνο κατά τις ώρες που δεν έχουμε αιχμή ή όταν η ηλιακή και η αιολική ενέργεια είναι σε αφθονία, τότε θα είχαμε βιώσιμη μετακίνηση, χωρίς ανάγκη για ορυκτά καύσιμα.

Το αυτοκίνητο με αέρα, ή Air Car, μπορεί να έχει προοπτικές μόνον ως όχημα μικρών αποστάσεων, λόγω της χαμηλής του εμβέλειας, για χρήση μόνο στο κέντρο της πόλης. Θα μπορούσε να απευθύνεται σε ιδιοκτήτες με περιβαλλοντική ευαισθησία, αλλά όχι στο ευρύ κοινό. Επίσης, οι μεγάλοι κατασκευαστές αυτοκινήτων, δεν έδειξαν ενδιαφέρον για να το κατασκευάσουν. Έτσι, τα σχέδια για να έχουμε αυτοκίνητο λειτουργίας με αέρα δεν πραγματοποιήθηκαν ποτέ (Βιβλιογραφία 2.1).

Compressed Air Engines

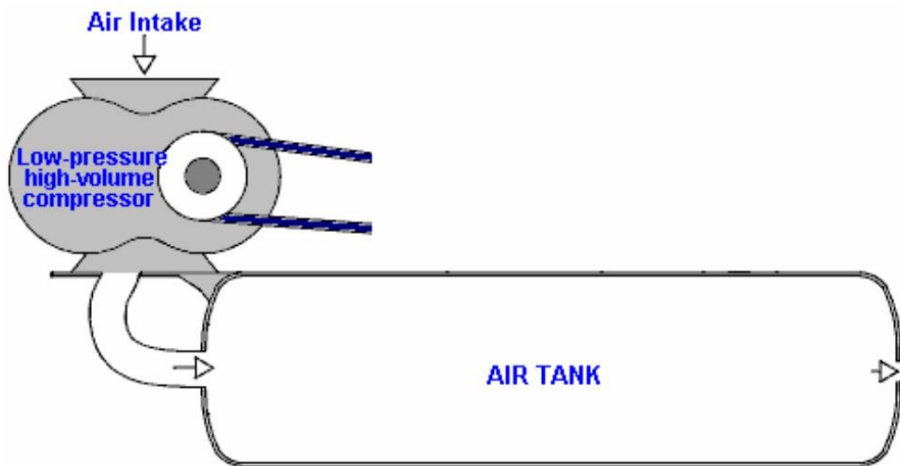
Το επόμενο θέμα που θα μας απασχολήσει, είναι μηχανές που λειτουργούν με αέρα και έχουν μεγαλύτερη απόδοση από την κατανάλωσή τους, χρησιμοποιώντας έτσι την ενέργεια που παράγουν για να λειτουργήσουν, επιστρέφοντας ένα κέρδος. Έτσι στο κεφάλαιο 8 του βιβλίου «A Practical Guide to Free-Energy Devices» (Βιβλιογραφία 2.2) έχουμε μία εφεύρεση από τον Bob Neal, η οποία περιγράφει μια εμβολοφόρα μηχανή που μπορεί να περιστρέφεται, ενώ διατηρεί συνεχώς τη δική της δεξαμενή πεπιεσμένου αέρα σε πλήρη χωρητικότητα. Η πατέντα αυτή πήρε βραβείο ευρεσιτεχνίας, ωστόσο σύμφωνα με τη (Βιβλιογραφία 2.3), εξαιτίας παρενοχλήσεων από ανθρώπους που δεν ήθελαν τον κινητήρα του, συμφώνησε απρόθυμα να αποσυναρμολογήσει τον κινητήρα και να μη δημιουργήσει άλλες μηχανές. Έτσι δεν γνωρίζουμε πολλά για αυτή τη μηχανή.

Ενώ η πατέντα είχε κατοχυρωθεί το 1936, και λόγω απειλών από αντίπαλα συμφέροντα, αναγκάστηκε να την εγκαταλείψει. Ακόμα και μετά από 75 χρόνια, το 2009 πλέον, δεν γνωρίζαμε τη λειτουργία του συγκεκριμένου κινητήρα. Τότε ένας επιστήμονας με το όνομα Scott Robertson, χρησιμοποιώντας πλέον σύγχρονα υλικά και τεχνολογίες, κατασκεύασε αυτό που δημιούργησε με πολύ πιο πρωτόγονα εργαλεία πριν από πολύ καιρό ο Bob Neil. Ο κινητήρας λειτουργεί ως εναλλάκτης θερμότητας. Ο Neil ανέπτυξε μια βαλβίδα που του επέτρεπε να βάζει αέρα χαμηλής πίεσης σε μια δεξαμενή υψηλής πίεσης, και σχεδίασε τον κινητήρα του με τέτοιο τρόπο ώστε ο κάθε προηγούμενος αέρας που θα έμπαινε μέσα να συμπιέζεται εκ νέου σε υψηλότερη πίεση. Η δεξαμενή στην οποία συσσωρεύει την πίεση σχεδιάστηκε έτσι ώστε να μπορεί να συγκρατεί τη θερμότητα της επανασυμπίεσης.



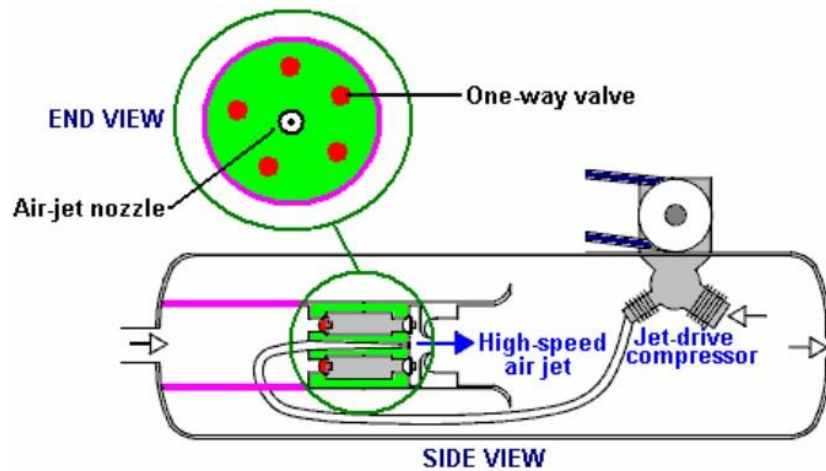
Δίπλωμα ευρεσιτεχνίας Neal (Βιβλιογραφία 2.4).

Η εγκατάσταση αρχικά περιλαμβάνει έναν τυπικό κινητήρα αέρα που λειτουργεί με πεπιεσμένο αέρα από μια δεξαμενή πίεσης. Ο κινητήρας εκτοξεύει τον ψυχρό, διογκωμένο αέρα στην ατμόσφαιρα καθώς λειτουργεί. Ο κινητήρας τροφοδοτεί δύο συμπιεστές, οι οποίοι συνεργάζονται για να διατηρήσουν την παροχή πεπιεσμένου αέρα από τη δεξαμενή. Το σχήμα φαίνεται στην επόμενη εικόνα.



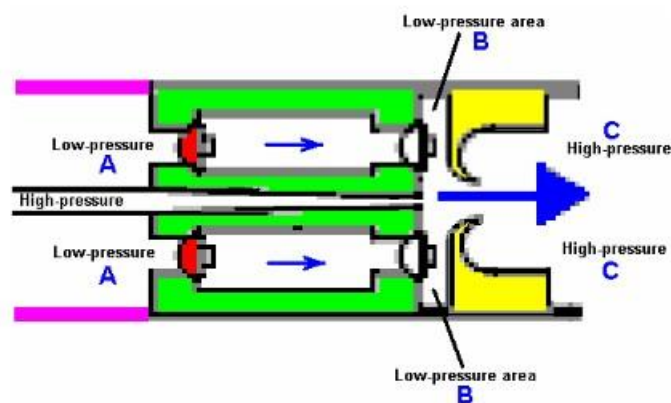
Πηγή: Βιβλιογραφία 2.2

Εδώ βλέπουμε τον αρχικό συμπιεστή που είναι σαν ένας φυσητήρας φύλλων, ο οποίος παράγει μεγάλο όγκο αέρα χαμηλής πίεσης. Στη συνέχεια βλέπουμε πώς μπορούμε να βάλουμε αέρα χαμηλής πίεσης, σε δεξαμενή υψηλής πίεσης:



Πηγή: Βιβλιογραφία 2.2

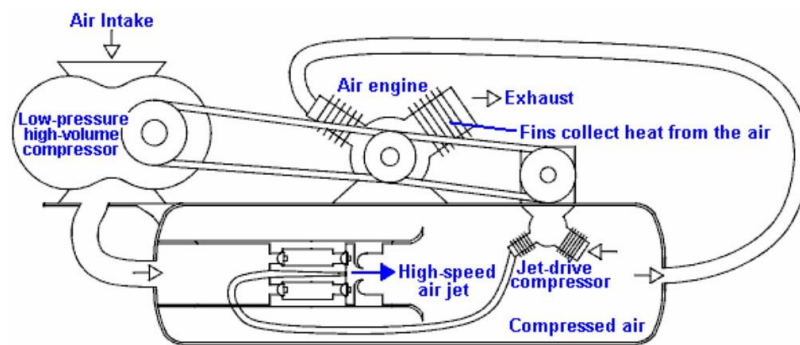
Εδώ, ο αέρας χαμηλής πίεσης κατευθύνεται στην περιοχή χαμηλής πίεσης με ροζ χρώμα. Το πράσινο μεταλλικό πόμα τον διαχωρίζει από την περιοχή υψηλής πίεσης. Αυτό το πόμα διαθέτει έναν δακτύλιο πέντε μονόδρομων βαλβίδων αέρα με κόκκινο χρώμα, οι οποίες επιτρέπουν στον αέρα χαμηλής πίεσης να εισέλθει στην περιοχή υψηλής πίεσης λόγω της δημιουργίας - εκτόξευσης αέρα υψηλής ταχύτητας που παράγεται από τον συμπιεστή «jet-drive», που φαίνεται στην εικόνα. Ο υψηλής ταχύτητας αέρας διοχετεύεται μέσω ενός ειδικά σχεδιασμένου ακροφυσίου «High speed air jet», για να δημιουργήσει μια ζώνη χαμηλής πίεσης γύρω από το ακροφύσιο. Στην επόμενη εικόνα περιγράφεται η λειτουργία της βαλβίδας που επιτρέπει στον αέρα χαμηλής πίεσης να περάσει στην περιοχή αέρα υψηλής πίεσης:



Εδώ οι μονόδρομες, ανεπίστροφες βαλβίδες στο σημείο “A” επιτρέπουν στον αέρα χαμηλής πίεσης να περάσει στη περιοχή χαμηλής πίεσης “B”. Ο υψηλής ταχύτητας αέρας που παράγεται από τον συμπιεστή “jet-drive” πιέζει στη συνέχεια τον αέρα στην περιοχή υψηλής πίεσης “C”. Η γρήγορη κίνηση του εκτοξευόμενου αέρα δημιουργεί μια δίνη, έναν στροβιλισμό στον δακτύλιο που επισημαίνεται με κίτρινο χρώμα, προκαλώντας τον σχηματισμό ενός κυκλώματος χαμηλής πίεσης στο “B”. Έτσι μπορούμε να επιτύχουμε

μεταφορά μεγάλων ποσοτήτων αέρα χαμηλής πίεσης σε μια δεξαμενή που περιέχει αέρα υψηλής πίεσης.

Έτσι έχουμε την κατασκευή μιας μηχανής με εισαγωγή αέρα 100 psi στον κινητήρα με 0.56 m³/λεπτό, όπου η πίεση αυτή αυξάνεται κατά τέτοιο βαθμό που του επιτρέπει να αξιοποιήσει τον ίδιο όγκο εισόδου, αλλά με αυτοτροφοδοτούμενη πίεση, που είναι 8-12 φορές υψηλότερη από την αρχική τιμή της εισόδου (Βιβλιογραφία 2.3). Έτσι, με την βαλβίδα που επιτρέπει στον αέρα χαμηλής πίεσης να περάσει στον αέρα υψηλής πίεσης, η δεξαμενή μπορεί να γεμίζει και ο κινητήρας να περιστρέφεται παράλληλα. Σύμφωνα πάλι με την Βιβλιογραφία 2.3, για να κατασκευαστεί η μηχανή κόστισε 7.500 δολάρια και κατάφερε να έχει συνεχόμενη παραγωγή περίπου 45-48 κιλοβάτ ισχύος, σε λειτουργία κλειστού βρόχου, χωρίς κάποια είσοδο από τον χρήστη. Στην επόμενη εικόνα φαίνεται η συνολική κατασκευή του κινητήρα:



Πηγή: Βιβλιογραφία 2.2

Ως τελευταία εφαρμογή, θα αναλύσουμε μια μηχανή η οποία συμπιέζει αέρα, ενώ χρησιμοποιεί τον αέρα που συμπίεσε για να λειτουργήσει, επιστρέφοντας ένα κέρδος. Διαφέρει από το προηγούμενο παράδειγμα καθώς δεν διαθέτει δεξαμενή. Εδώ ο ερευνητής Felix Russell, μας περιγράφει μια μηχανή με δύο αεροθάλαμους που ο αέρας απελευθερώνεται από τον έναν στον άλλο (Βιβλιογραφία 2.5).

Αναφέρει ότι για να ξεκινήσει η μηχανή, πρέπει να διοχετευθεί αέρας σε έναν θάλαμο, και στη συνέχεια η μηχανή θα λειτουργήσει αυτόνομα και θα παράγει όχι μόνον αρκετή ενέργεια για να αυτό-συντηρηθεί, αλλά και πλεόνασμα μέχρι κάποια στιγμή να φθαρεί.

Η ρύθμιση του εξαγόμενου αέρα για την αποφυγή συσσώρευσής του στη δεξαμενή εξαγωγής είναι μία από τις μεθόδους που δεν αποκαλύπτεται, καθώς μάλιστα κατέστρεψε το μοντέλο, από φόβο μήπως κάποιος κλέψει το μυστικό, καθώς χρειάστηκε εννέα χρόνια έρευνας για να το κατασκευάσει (Βιβλιογραφία 2.5, άρθρο εφημερίδας του 1904). Επίσης η εφημερίδα αναφέρει πως ο κινητήρας ήταν σε λειτουργία για δύο εβδομάδες, όπου και τον είδαν πολλοί από τους κατοίκους της περιοχής.

Μπορεί ως μηχανή να μην γνωρίζουμε τη λειτουργία της, όμως γνωρίζουμε ότι υπάρχουν μηχανές, όπως το παράδειγμα του Rotoverter στον ηλεκτρισμό, στον οποίο η γεννήτρια παράγει περισσότερο ρεύμα από αυτό που χρειάζεται ο κινητήρας που γυρίζει τη γεννήτρια. Αν και ακούγεται υποσχόμενο, η απόδοσή τους δεν ξεπερνά το 1.1 ή 1.2, δηλαδή για 100w γεννήτρια-κινητήρα, θα έχουμε 10w ή 20w κέρδος. Έτσι για το τελευταίο παράδειγμα μας έχουμε μια παρόμοια υλοποίηση σαν τον Rotoverter, αλλά σαν ενέργεια χρησιμοποιούμε τον πεπιεσμένο αέρα, και όχι το ηλεκτρικό ρεύμα. Επίσης, μπορούμε να υποθέσουμε πως η μηχανή, αν και ίσως εντυπωσίασε τους ανθρώπους της εποχής, ότι γυρίζει χωρίς να δέχεται κάποια είσοδο, η απόδοσή της εκτιμάται ότι δεν είναι μεγάλη.

Στην επόμενη εικόνα φαίνεται ένα άρθρο που αναφέρεται στη μηχανή, ενώ στη βιβλιογραφία βρίσκονται ακόμα περισσότερα από εφημερίδες της εποχής.

THINKS HE HAS IT.

Larimore Photographer Believes He Has Discovered Theory of Perpetual Motion.

The latest thing in the way of perpetual motion machines is the invention of a Larimore photographer named Russell. Mr. Russell claims to have a "motor that will mote." A few days ago the statement was sent out from Larimore that he had invented a machine that would go without outside power being supplied. Since then he has visited Grand Forks and made some statements regarding the nature of his invention, which are startling, if true.

According to his account, he has devised a machine which is operated by means of compressed air, and it compresses its own air. He has been at work on the problem for nine years, and says he has been subjected to ridicule and abuse of all sorts, his neighbors treating him as a visionary crank. He came to Larimore some-

thing over a year ago, and, remembering his former experiments when the fierce light of publicity beat upon him, he kept his investigations and experiments to himself.

Trial after trial was made, some without any success whatever and others with partial success. At last he was satisfied that he had overcome all obstacles and a working model was made.

Mr Russell is reticent about the exact manner in which his machine works, but he explains that he has two air chambers and that the air from one is exhausted into the other. How he takes care of it after it is exhausted, so as to prevent an accumulation in his exhaust reservoir, is one of his secrets. In starting the machine, he says, it is necessary to pump air into one chamber, and after that the machine will take care of itself, and will run until it wears out, not only furnishing power sufficient to operate itself, but creating a surplus, which may be used for any purpose where the use of power is required.

Mr. Russell says the model has been in operation for nearly two weeks, and during that time it was seen by many of the people of Larimore, who are satisfied that it is all right. He claims to have been offered \$100,000 for his invention, but he scorns the offer.

He is willing to consider an offer of

\$25,000,000, but nothing less.

After he had convinced himself and all the people who saw the model that it was all right he destroyed the model, for fear some one might steal the secret. He says he is ready to make another one as soon as any one is ready to talk business. To demonstrate that he is not trying to secure money under false pretenses, he says he will not take a cent from any one until he has shown that his machine will do all that he claims, and that he will put what property he owns himself into the invention.

Mr. Russell is a young man tall and slender, very dark, with inky black hair. He knows little of physics except what knowledge he has gathered by experiments, and he is not familiar with the methods of reasoning by which philosophers have reached the conclusion that such a thing as perpetual motion is impossible. When the elementary doctrines of this philosophy are repeated to him he does not attempt to argue the question, but simply says that he has done what the philosophers say cannot be done.

Mr. Russell has read so little of the literature of perpetual motion that he has never heard of the Keeley motor. He insists that this differs from that, and that it will go.

3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Σε αυτό το κεφάλαιο θα μελετήσουμε τον κινητήρα που χρησιμοποιήσαμε για να τον μετατρέψουμε από κινητήρα που σχεδιάστηκε να λειτουργεί με βενζίνη, σε λειτουργία με πεπιεσμένο αέρα. Εδώ αξίζει να αναφέρουμε πως τις αρχές λειτουργίας που περιγράφουμε για τον δίχρονο κινητήρα, τις αναγράφουμε βάσει της εμπειρίας μας κι έπειτα από διαδοχικές παρεμβάσεις σε αυτόν, ενώ επαληθεύουμε τη γνώση αυτή βάση του άρθρου στην Βιβλιογραφία 3.4. Οι εικόνες που χρησιμοποιούμε προέρχονται από το υλικό που έχουμε φωτογραφίσει κατά τη διάρκεια της μετατροπής.

Ο κινητήρας αυτός είναι δίχρονος, 60cc, από ένα μοτοποδήλατο. Για να τον μετατρέψουμε από βενζίνη σε αέρα, και να μεταβάλουμε τη λειτουργία του, θα πρέπει πρώτα να κατανοήσουμε πλήρως τη λειτουργία του, ως κινητήρα βενζίνης.

Ο δίχρονος κινητήρας, έχει ένα ή περισσότερα έμβολα τα οποία κινούνται πάνω και κάτω και περιστρέφουν έναν στρόφαλο. Στην περίπτωση μας έναν. Οι χρόνοι είναι δύο, καθώς έχουμε τον χρόνο που ανεβαίνει το έμβολο, και τον χρόνο που κατεβαίνει. Όλη του η λειτουργία περιλαμβάνεται σε αυτούς τους δύο χρόνους, ωστόσο στη λειτουργία του κάθε χρόνου, όταν ανεβαίνει ή κατεβαίνει το έμβολο, συμβαίνουν παραπάνω από μία διαδικασίες.

Για τον 1^ο χρόνο, όταν το έμβολο κατεβαίνει, έχουμε την ενέργεια της κίνησης, καθώς έχει περάσει από το άνω νεκρό σημείο στο οποίο συμβαίνει η ανάφλεξη. Όπως κατεβαίνει δημιουργεί πίεση στον στροφαλοθάλαμο, διότι καταλαμβάνει τον χώρο του κυλίνδρου που βρίσκεται κάτω από το πιστόνι. Ο αέρας αυτός θα πρέπει ή να συμπιεστεί, ή να πάει κάπου. Στην περίπτωση μας δεν έχουμε συμπίεση, καθώς ο κύλινδρός μας έχει θυρίδες σάρωσης-πλήρωσης, αυλούς δηλαδή που οδηγούν τον αέρα από τον στροφαλοθάλαμο απευθείας στον θάλαμο καύσης.

Εδώ ο νέος αέρας που εισέρχεται στον κύλινδρο αναγκάζει τον υπάρχοντα αέρα να φύγει, τα καυσαέρια δηλαδή, τα οποία ωθούνται από τις θυρίδες εξαγωγής του κυλίνδρου στην εξάτμιση. Επίσης ο αέρας που εισέρχεται στον κινητήρα περιέχει βενζίνη και λάδι, με την μέθοδο που περιγράφεται στον 2^ο χρόνο.

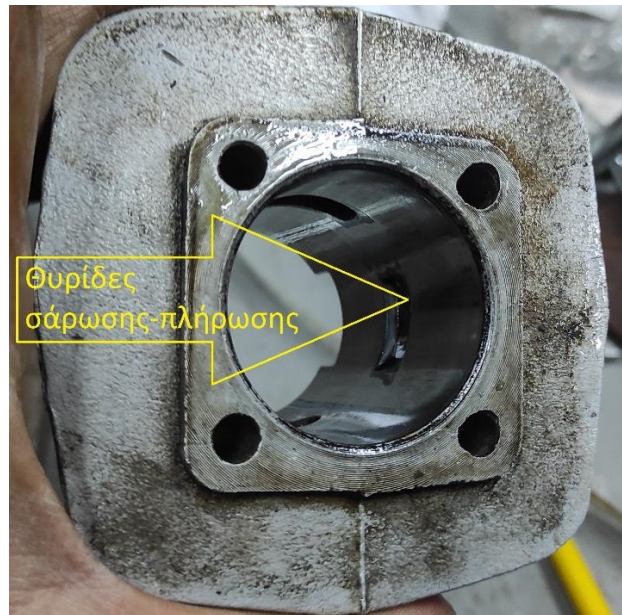
Αξίζει να σημειωθεί ότι η πίεση που δημιουργείται στον στρόφαλο, από την κάθοδο του εμβόλου, στην περίπτωση του κινητήρα μας, επιστρέφει και στο καρμπυρατέρ, πράγμα που μάς μειώνει την απόδοση, ενώ στους πιο προηγμένους κινητήρες χρησιμοποιείται ανεπίστροφη βαλβίδα, ώστε ο αέρας από την πίεση να πηγαίνει μόνο στις θυρίδες σάρωσης-πλήρωσης και όχι πίσω στο καρμπυρατέρ.

Στον δεύτερο χρόνο έχουμε τη συμπίεση του νέου μίγματος. Καθώς το έμβολο κινείται προς τα πάνω, και αφού έχει περάσει το σημείο που βρίσκονται οι θυρίδες σάρωσης-πλήρωσης και της εξάτμισης, συμπιέζει πλέον τον αέρα που βρίσκεται στον θάλαμο καύσης.

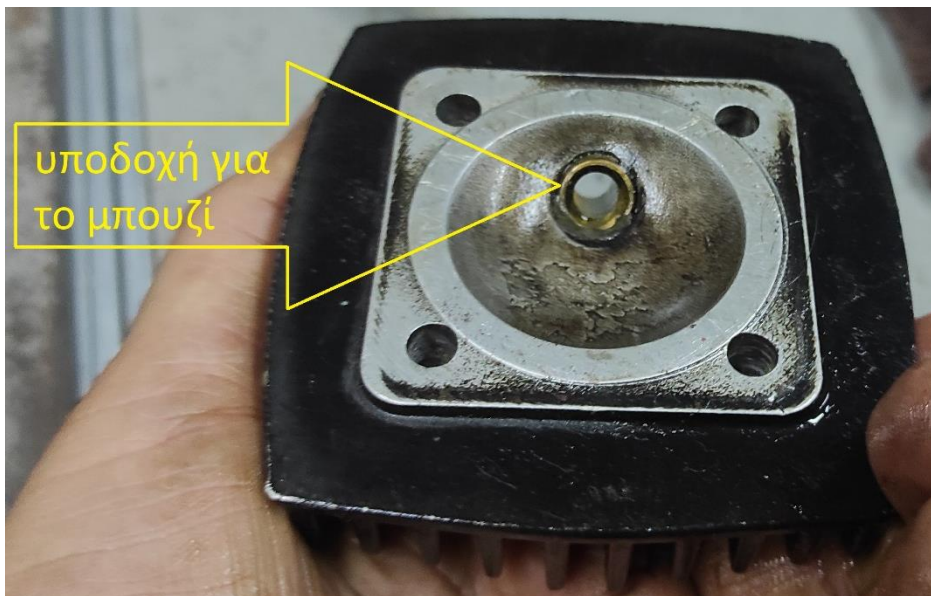
Όταν φτάσει στο υψηλότερο σημείο, το «άνω νεκρό σημείο», συμβαίνει η ανάφλεξη που οδηγεί το έμβολο προς τα κάτω, και παράγει ενέργεια. Επίσης όταν το έμβολο ανεβαίνει προς τα πάνω δημιουργεί υπό-πίεση στον στροφαλοθάλαμο, καθώς δημιουργείται νέος χώρος κάτω από το πιστόνι. Εφόσον έχουν κλείσει η θυρίδες στον κύλινδρο (σάρωσης-πλήρωσης ή εξάτμισης), ο μόνος τρόπος που καλύπτεται η νέα ανάγκη για αέρα είναι από τη βαλβίδα του καρμπυρατέρ, από το οποίο περνάει ο νέος αέρας, και ανακατεύεται με την ιδανική θεωρητικά, στην περίπτωση μας λειτουργική, ποσότητα μίγματος αέρα-βενζίνης.

Ο λόγος που αναφέρουμε λειτουργική είναι ότι, αν και μπορεί να περιστρέφεται ο κινητήρας και να παράγει ισχύ, έχουμε μεγάλη απόκλιση από την ιδανική ποσότητα βενζίνης ως προς τον αέρα, στον συγκεκριμένο κινητήρα, λόγω της παλαιότητας σχεδιασμού του καρμπυρατέρ.

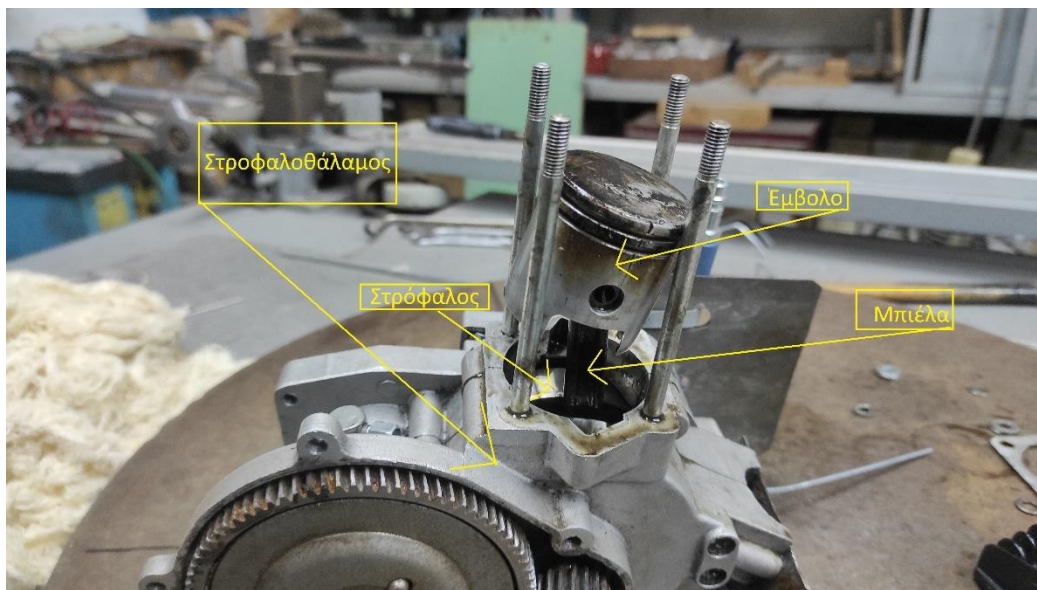
Στην επόμενη εικόνα φαίνονται οι θυρίδες στον κύλινδρο, όπως τον αφαιρέσαμε προσωρινά για τις ανάγκες της κατασκευής:



Εδώ βλέπουμε τους αλούς, που οδηγούν στον στροφαλοθάλαμο, από τους οποίους περνάει το νέο μίγμα αέρα-βενζίνης, το οποίο σπρώχνει τα καυσαέρια, το μίγμα που έχει καεί, στην εξάτμιση. Στο πάνω σημείο του βρίσκεται η κεφαλή, στην οποία βρίσκεται η υποδοχή που βιδώνει το μπουζί. Για τις ανάγκες της κατασκευής το αντικαταστήσαμε με ρακόρ αέρα, και φαίνεται στην παρακάτω φωτογραφία:

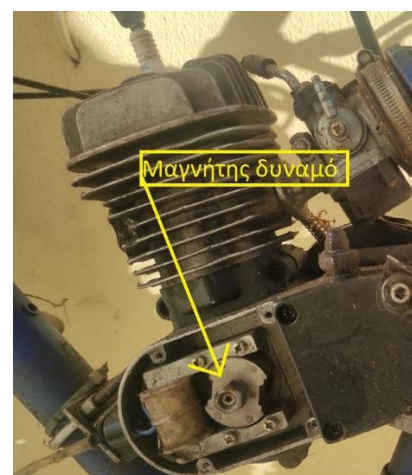
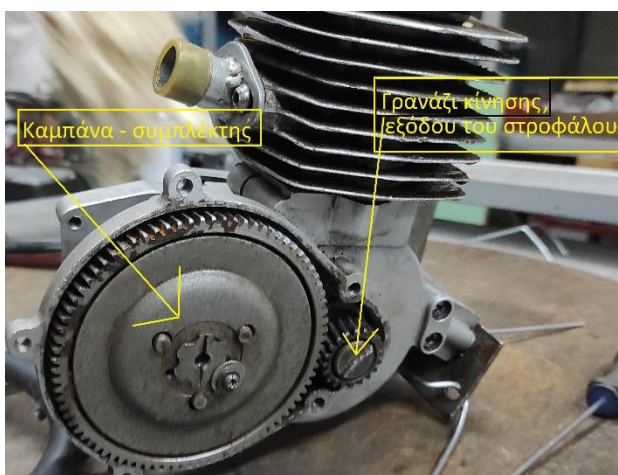


Θα ήταν πολύ χρήσιμο να έχουμε και εικόνα από τον στροφαλοθάλαμο για να κατανοήσουμε καλύτερα τη λειτουργία, καθώς όμως δεν διαθέτουμε αρκετά εργαλεία για την από-συναρμολόγησή του, η φωτογραφία δείχνει από την πάνω πλευρά:

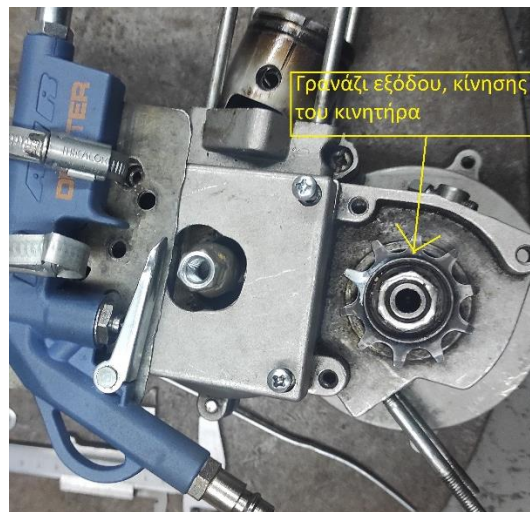


Εδώ βλέπουμε το έμβολο, το οποίο μπορεί να περιστρέφεται στον άξονά του, δηλαδή στο σημείο που ενώνεται με τη μπιέλα, καθώς και στον άξονα που ενώνει τη μπιέλα με τον στρόφαλο. Και στις δυο περιπτώσεις έχουμε βελονοειδή ρουλεμάν, για να αποφεύγονται οι τριβές. Ο στροφαλοθάλαμος αποτελείται από δύο κομμάτια αλουμινίου, στα οποία εφαρμόζει ο στρόφαλος, με χρήση κυλινδρικών ρουλεμάν, τύπου 6202, όπου μπορεί και περιστρέφεται.

Στην προέκταση του στροφάλου από τον στροφαλοθάλαμο, έχουμε από τη μία πλευρά το γρανάζι που δίνει κίνηση στην καμπάνα ή συμπλέκτη, ενώ από την άλλη περιστρέφει ένα μαγνήτη, που χρησιμοποιεί το δυναμό, στο οποίο παράγεται η απαιτούμενη για το μπουζί ηλεκτρική ενέργεια του κινητήρα. Στις επόμενες φωτογραφίες φαίνεται το γρανάζι της κίνησης του στροφάλου και η καμπάνα, ενώ στη άλλη πλευρά, ο μαγνήτης και το δυναμό:



Έτσι όπως κινείται το έμβολο διαδοχικά πάνω ή κάτω, περιστρέφει τον στρόφαλο, από τον οποίο προεκτείνεται το γρανάζι κίνησης του στροφάλου, το οποίο περιστρέφει την καμπάνα συμπλέκτη, η οποία δίνει κίνηση στο γρανάζι που βρίσκεται η αλυσίδα που κινεί το μοτοποδήλατο. Η σχέση μετάδοσης είναι $\frac{1}{4}$, δηλαδή τέσσερις στροφές του κινητήρα, είναι μία στροφή για την καμπάνα. Στην επόμενη φωτογραφία φαίνεται το γρανάζι που κινεί την αλυσίδα, όπως φωτογραφήθηκε κατά την διάρκεια της μετατροπής. Στη συγκεκριμένη φωτογραφία έχουμε αφαιρέσει το δυναμό, καθώς δεν χρειάζεται ηλεκτρική ενέργεια για τη λειτουργία του κινητήρα με αέρα:



Στο πάνω μέρος του κινητήρα έχουμε το έμβολο, το οποίο εφαρμόζει στα τοιχώματα του κυλίνδρου, με ένα μικρό, ορισμένο από τον κατασκευαστή, διάκενο, θεωρητικά ιδανικό, για να μπορεί να κινείται στον κύλινδρο με όσο το δυνατόν μικρότερη τριβή, αλλά ταυτόχρονα να μην περιστρέφεται ελεύθερα, χτυπώντας σε αυτόν. Για να μην περνάει η καύση στον στροφαλοθάλαμο, το πιστόνι έχει δύο ελατήρια, για να κρατάνε-στεγανοποιούν την καύση στο θάλαμο καύσης. Στις επόμενες φωτογραφίες, βλέπουμε την υποδοχή των ελατηρίων του πιστονιού, καθώς και τον κύλινδρο, όπως τον τοποθετήσαμε περνώντας από μέσα του το πιστόνι:



Στις τέσσερις μακριές βίδες που βλέπουμε στις φωτογραφίες βιδώνει η κεφαλή, που στην περίπτωση του δίχρονου έχει μόνο την υποδοχή που βιδώνει το μπουζί, και σφίγγεται μαζί με τον κύλινδρο, και μία φλάντζα ανάμεσα σε κύλινδρο και κεφαλή. Στις επόμενες φωτογραφίες βλέπουμε την τοποθέτηση της φλάντζας, καθώς και τις σφιγμένες πλέον βίδες της κεφαλής:



Έτσι έχουμε ολοκληρώσει το κεφάλαιο αυτό, στο οποίο έχουμε κατανοήσει πλήρως τη λειτουργία του κινητήρα μας, για να μπορούμε να τον μετατρέψουμε σε λειτουργία με αέρα. Καθώς η συγγραφή του παρόντος κειμένου προέκυψε μετά την κατασκευή, δεν μπορούμε να δείξουμε ή να έχουμε φωτογραφίες κάποιων εξαρτημάτων πριν τη μετατροπή. Επίσης αξίζει να σημειωθεί ότι για τον συγκεκριμένο κινητήρα, δεν έχουμε επίσημα τα χαρακτηριστικά του, καθώς προέρχεται από μη επώνυμο κατασκευαστή, και όσα χαρακτηριστικά γνωρίζουμε προέρχονται από τους εν λόγω πωλητές.

Από ισχύ, απ' όσο γνωρίζουμε, έχει ισχύ περίπου τέσσερις ίππους, ενώ από την εμπειρία χρήσης του ξέρουμε ότι μπορεί να μεταφέρει έναν αναβάτη με 55 km/h σε ευθεία και με 40 km/h σε ανηφόρα. Εάν συγκρίνουμε με μία μοτοσυκλέτα της εποχής, τη Honda c50, στο οποίο έχουμε επίσημα τα χαρακτηριστικά (Βιβλιογραφία 3.1 και 3.2), θα δούμε ότι ο κινητήρας μας, έχει πολλές ομοιότητες στην απόδοση και στην τελική ταχύτητα που προσφέρει, κι επιβεβαιώνει τους ισχυρισμούς των πωλητών, για ισχύ τεσσάρων ίπων.

Η λίπανση του κινητήρα γίνεται με την προσθήκη λαδιού στη βενζίνη, τα οποία περνάνε μαζί στον θάλαμο καύσης και καίγονται. Ως αποτέλεσμα προκαλεί περεταίρω ρύπανση, έντονα αποπνιχτική μυρωδιά, και μειωμένη ορατότητα λόγω του άσπρου καπνού που παράγεται από την καύση του λαδιού, κι εξάγεται από την εξάτμιση.

Επίσης γνωρίζουμε ότι ο κινητήρας ζυγίζει περίπου 8 με 9 κιλά, έχει ικανοποιητική ισχύ για το βάρος του, ίσως είναι και το πλεονέκτημα του δίχρονου κινητήρα, αλλά χαρακτηρίζεται από τη μεγάλη κατανάλωσή του σε σχέση με την ιπποδύναμή του. Στο άρθρο (Βιβλιογραφία 3.3) αναφέρεται στη μεγαλύτερη κατά 50% κατανάλωση του δίχρονου, αλλά στην περίπτωσή μας, η διαφορά είναι ακόμη μεγαλύτερη, λόγω του παλαιότερου σχεδιασμού και της απώλειας της ανεπίστροφης που οδηγεί την μη καμένη, την όχι χρησιμοποιημένη βενζίνη, πίσω στην ατμόσφαιρα.

Έχοντας λοιπόν περιγράψει τον κινητήρα που διαθέτουμε για να τον μετατρέψουμε, κι έχοντας κατανοήσει την αρχή λειτουργίας του, και με την εμπειρία τόσο στη χρήση όσο και τη συντήρησή του, μπορούμε να σκεφτούμε έναν τρόπο, μία μέθοδο, που θα μπορούσε ο συγκεκριμένος κινητήρας να λειτουργήσει με πεπιεσμένο αέρα.

Αξίζει να αναφερθεί, ότι αν και υπάρχουν διάφορες εφαρμογές στο διαδίκτυο που μπορεί να αναφέρονται σε παρόμοιες μετατροπές, καμία δεν αφορά τον συγκεκριμένο κινητήρα. Η επιλογή του έγινε καθαρά λόγω της προ-υπάρχουσας χρήσης του, της εμπειρίας επισκευής και λειτουργίας του, ως μέσου μετακίνησης.

Η μέθοδος που ακολουθήθηκε ανακαλύφθηκε έπειτα από πειραματισμό και αντιμετώπιση εμφανιζόμενων δυσκολιών, καθώς δεν υπήρχαν βήματα ή οδηγοί για την κατασκευή. Ωστόσο, στο παρόν κείμενο θα περιγράψουμε τα βήματα που ακολουθήσαμε για να μετατρέψουμε έναν κινητήρα που σχεδιάστηκε να λειτουργεί με βενζίνη, ώστε να λειτουργεί με πεπιεσμένο αέρα, καθώς θα αναφερθούμε και στις δυσκολίες που αντιμετωπίσαμε, και πώς τελικά τις ξεπεράσαμε. Έτσι το επόμενο κεφάλαιο αφορά τη μετατροπή του κινητήρα.

4. ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ – ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

Για να μπορέσει να λειτουργήσει ένας εμβολοφόρος κινητήρας, θα πρέπει να έχουμε διαδοχική άνοδο και κάθοδο του εμβόλου (Βιβλιογραφία 3.5). Για να το επιτύχουμε, πρέπει πλέον να σχεδιάσουμε τους νέους χρόνους, τις νέες διαδικασίες που θα οδηγούν το έμβολο πάνω ή κάτω.

Με τη βενζίνη είχαμε την ανάφλεξη που οδηγούσε το πιστόνι να κατεβαίνει με αρκετή δύναμη ώστε να παράγει έργο, να περιστρέφει τον στρόφαλο, και να μπορεί να συμπίεσει το καινούργιο μίγμα ώστε να αναφλεγεί ξανά στο άνω νεκρό σημείο. Στην περίπτωση μας δεν υπάρχει ανάφλεξη, αλλά όπως η ανάφλεξη δίνει ενέργεια στο άνω νεκρό σημείο, έτσι κι εμείς θα πρέπει να δώσουμε αέρα υπό πίεση για να αναγκάσουμε το έμβολο να κατέβει, παράγοντας ενέργεια, ενώ θα πρέπει να σταματήσουμε να τροφοδοτούμε με αέρα, όταν το έμβολο έχει κατέβει, διότι θα σταματήσει στο κάτω νεκρό σημείο, και δεν θα έχουμε περιστροφή του κινητήρα. Μάλιστα, στις πρώτες δοκιμές που κάναμε δίνοντας πεπιεσμένο αέρα στον κινητήρα, παρατηρήσαμε ακριβώς αυτό. Το έμβολο κατέβαινε προς τα κάτω κι έμενε εκεί, καθώς ο αέρας συνεχίζει να το πιέζει, όπως προσπαθούσε να ανέβει, και να αποτρέπει τον στρόφαλο να περιστρέφεται. Έτσι, η λύση στο πρόβλημά μας είναι μία κατασκευή, η οποία θα επιτρέπει στον πεπιεσμένο αέρα να μπει στον κύλινδρο και να σπρώξει το έμβολο προς τα κάτω, αλλά θα διακόψει την τροφοδοσία αέρα, όταν το έμβολο κατέβει, ώστε να μπορεί πλέον να κινηθεί προς τα πάνω και να ολοκληρώσει την περιστροφή του.

Οι δύο, καινούριοι χρόνοι λοιπόν είναι ο πρώτος, όταν το έμβολο κατεβαίνει κι έχουμε την παραγωγή ενέργειας, η οποία θα περιστρέφει τον στρόφαλο, αναγκάζοντας το έμβολο να ανέβει στον δεύτερο χρόνο από την περιστροφή του στροφάλου. Συγκεκριμένα στον πρώτο χρόνο, και καθώς το έμβολο περνάει το άνω νεκρό σημείο και κατεβαίνει, η βαλβίδα αέρα θα ανοίξει οδηγώντας το έμβολο προς τα κάτω. Καθώς κατεβαίνει το έμβολο, θα περάσει από τις θυρίδες σάρωσης-πλήρωσης κι εξάτμισης, ανοίγοντάς τες. Εφόσον ανοίξουν αυτές οι θυρίδες, ο αέρας θα βγει από αυτές. Σε αυτό το σημείο είναι που σταματά να ασκείται δύναμη στο έμβολο, καθώς θα έχουμε εκτόνωση της πίεσης που οδηγεί το έμβολο προς τα κάτω, διότι ο συμπιεσμένος αέρας θα περάσει στην ατμόσφαιρα, μέσω είτε της βαλβίδας της εξάτμισης, είτε μέσω των θυρίδων σάρωσης-πλήρωσης που οδηγούν στον στροφαλοθάλαμο, στον οποίο θα έχουμε έξοδο από τη θυρίδα του καρμπυρατέρ.

Από τον πρώτο χρόνο μπορούμε να διαπιστώσουμε πως η κατασκευή μας πρέπει να τροφοδοτεί με αέρα από το σημείο που το έμβολο θα περάσει το άνω νεκρό σημείο, μέχρι το σημείο που θα ανοίξουν οι θυρίδες που βρίσκονται στον κύλινδρο.

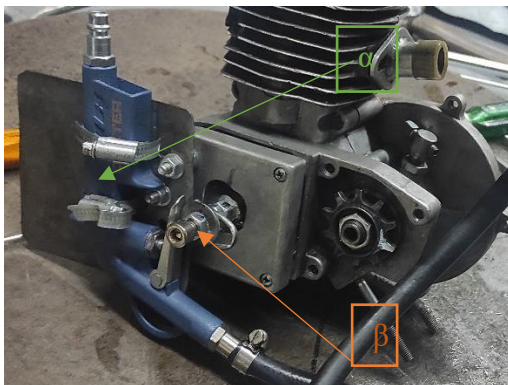
Στον δεύτερο χρόνο, δηλαδή από το σημείο που θα περάσει το έμβολο το κάτω νεκρό σημείο, μέχρι να ανέβει, η ενέργεια που του ασκείται προέρχεται από τον πρώτο χρόνο, δηλαδή τη δύναμη που ασκήθηκε στο έμβολο για να κατέβει. Όμως, και καθώς ανεβαίνει, θα περάσει πάλι από τις θυρίδες του κυλίνδρου, κλείνοντάς τες. Σε αυτό το σημείο ο αέρας που βρίσκεται μέσα στον κύλινδρο και στον σωλήνα που οδηγεί από την κεφαλή στο πιστόλι αέρος θα συμπίεστεί ελαφρά, καθώς ο διαθέσιμος χώρος μειώνεται, λόγω της ανόδου του πιστονιού, και η βαλβίδα του πιστολιού αέρα και οι θυρίδες του κυλίνδρου έχουν κλείσει. Έτσι ο αέρας δεν έχει έξοδο, δεν μπορεί να διοχετευθεί από/προς κάπου, και θα υποστεί ελαφρά συμπίεση, προσθέτοντας ένα μικρό, αρνητικό έργο στον κινητήρα. Ο λόγος που αναφέρουμε μικρό αρνητικό έργο είναι λόγω της επιλογής μεγάλου μήκους σωλήνα που συνδέει την κεφαλή με το πιστόλι αέρα, δίνοντας έτσι αρκετό χώρο στον αέρα για να συμπίεστεί, πράγμα που σημαίνει χαμηλότερος βαθμός συμπίεσης, άρα μικρότερο αρνητικό έργο και μικρότερη απώλεια ισχύος.

Η λογική κατασκευής που χρησιμοποιήσαμε, έπειτα από πειραματισμό, πάνω στον συγκεκριμένο κινητήρα είναι ότι στερεώσαμε πάνω στο σώμα του κινητήρα ένα πιστόλι αέρα, σε σημείο που η βαλβίδα του πιστολιού να μπορεί να πιέζεται μηχανικά από ένα «αμύγδαλο»,

τοποθετημένο στην προέκταση του στροφάλου. Το αμύγδαλο είναι σχεδιασμένο να πιέζει τη βαλβίδα του πιστολιού να ανοίξει, μόλις το έμβολο περάσει το άνω νεκρό σημείο, και να την κλείσει μόλις το έμβολο περάσει το σημείο που βρίσκονται οι θυρίδες σάρωσης-πλήρωσης κι εξάτμισης του κινητήρα.

Στους εμβολοφόρους κινητήρες, η θέση του στροφάλου καθορίζει τη θέση του εμβόλου στον κύλινδρο και αντίστροφα, καθώς υπάρχει μηχανική εμπλοκή αυτών μέσω συνδέσμων (Βιβλιογραφία 3.5). Στη δική μας κατασκευή, θα σημειώσουμε τη θέση του στροφάλου που βρίσκεται αμέσως μετά το άνω νεκρό σημείο, και τη θέση του στροφάλου που το έμβολο περνάει τις θυρίδες σάρωσης-πλήρωσης κι εξάτμισης του κυλίνδρου. Γνωρίζοντας αυτές τις θέσεις, μπορούμε να τοποθετήσουμε και σχεδιάσουμε κατάλληλα το αμύγδαλο, ώστε να πιέζει και να αφήνει την βαλβίδα του πιστολιού στον σωστό χρόνο.

Έτσι λοιπόν στα πρώτα στάδια της κατασκευής, περιγράφονται τα βήματα που ακολουθήσαμε για να στερεώσουμε το πιστόλι του αέρα, κοντά στην προέκταση του στροφάλου, με σκοπό το αμύγδαλο που θα τοποθετήσουμε στην προέκταση του στροφάλου να είναι σε θέση να ανοίξει τη βαλβίδα του πιστολιού αέρα. Έπειτα από πολλές παραμετροποιήσεις και αλλαγές, το αποτέλεσμα φαίνεται στις παρακάτω εικόνες:



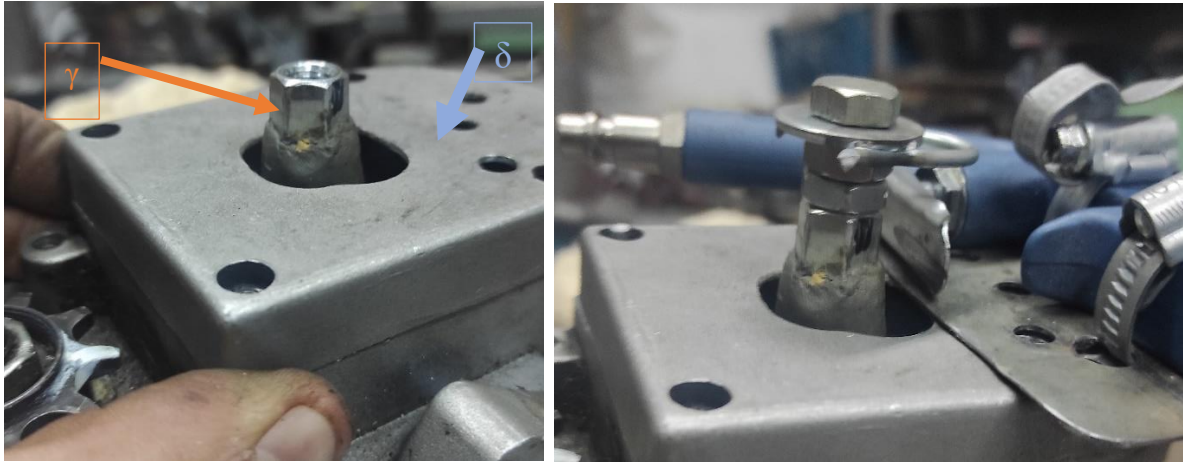
Εδώ, με το πορτοκαλί βέλος, στο (β), βλέπουμε το αμύγδαλο που είναι βιδωμένο πάνω στην προέκταση του στροφάλου, ενώ στο πράσινο βέλος (α), βλέπουμε το πιστόλι αέρα, όπως είναι στερεωμένο στο σώμα του κινητήρα. Για να επιτύχουμε το αποτέλεσμα αυτό, όσον αφορά τον τρόπο που στερεώσαμε το πιστόλι αέρα επάνω στο σώμα του κινητήρα ακολουθήσαμε τα εξής βήματα:

Έτσι αρχικά, τρυπήσαμε το καπάκι του κινητήρα, από την πλευρά που βρίσκεται το δυναμό, για να περάσει από μέσα η προέκταση του στροφάλου, όπως φαίνεται στη διπλανή φωτογραφία:

Εδώ τρυπάμε το καπάκι, με χρήση κατακόρυφου δράπανου. Για να μπορεί το αμύγδαλο να πατήσει τη βαλβίδα στο πιστόλι του αέρα, θα πρέπει να είναι ευθυγραμμισμένο το αμύγδαλο με τη βαλβίδα του πιστολιού.



Για να το επιτύχουμε, διαπιστώσαμε ότι εάν στερεώναμε το πιστόλι απευθείας στο καπάκι του κίνητρα που μόλις τρυπήσαμε, θα ήταν πολύ χαμηλά για να μπορεί το αμύγδαλο να πατήσει την βαλβίδα. Το αμύγδαλο με την υπάρχουσα δομή και την μετέπειτα ανάγκη για χρονισμό μας έβγαине ψηλότερα. Το πρόβλημα φαίνεται στις παρακάτω φωτογραφίες:



Αν παρατηρήσουμε, το σημείο «γ», όπου βρίσκεται η βάση που θα τοποθετήσουμε το αμύγδαλο, είναι πολύ ψηλότερα από το «δ», στο οποίο βρίσκεται το καπάκι που έχουμε τρυπήσει. Ομοίως, από τη δεύτερη φωτογραφία, η προέκταση του στροφάλου που βιδώνουμε το αμύγδαλο είναι αρκετά ψηλότερα από τη βάση που βρίσκεται το πιστόλι αέρα.

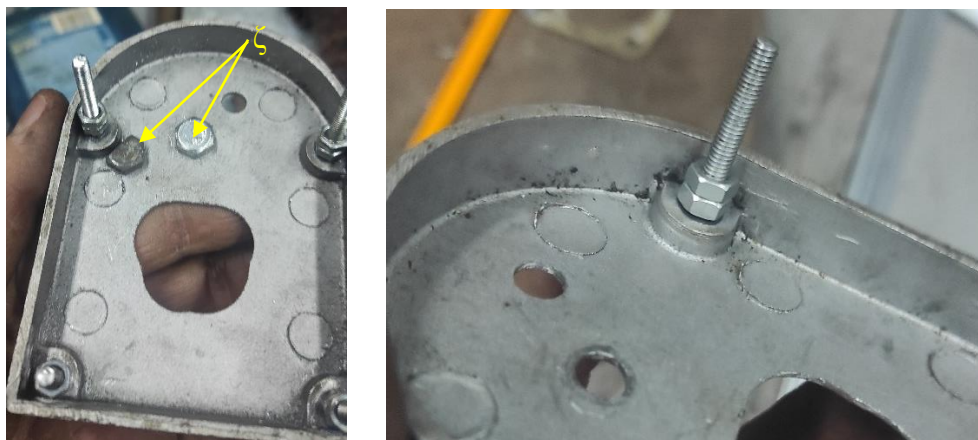
Έτσι για να τα ευθυγραμμίσουμε, το αμύγδαλο δηλαδή να είναι στην ίδια ευθεία για να πατάει τη βαλβίδα από το πιστόλι αέρα, έπρεπε να τοποθετήσουμε το καπάκι ψηλότερα. Για να το επιτύχουμε, ακολουθήσαμε τα εξής βήματα:

1. Δημιουργήσαμε αυτές τις τρεις τρύπες, όπως φαίνονται στον μαρκαρισμένο μπλε κύκλο με το γράμμα «ε», στην παρακάτω φωτογραφία, με χρήση σταθερού κολονάτου δράπανου, για να υψώσουμε περεταίρω το καπάκι, σε επόμενο στάδιο:



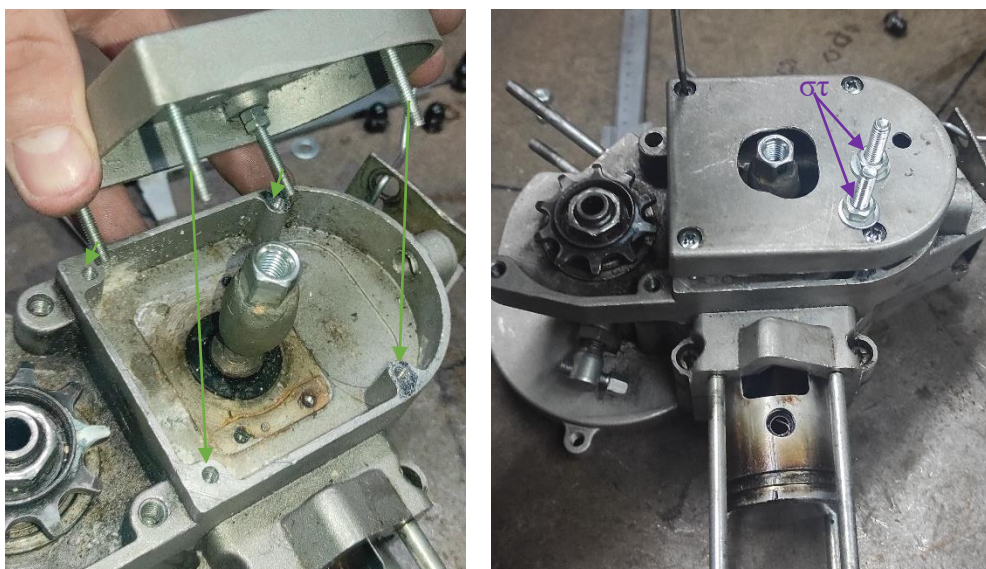
2. Κατασκευάσαμε με βίδες τη βάση για να υψωθεί το καπάκι. Πήραμε μακριές βίδες, πολύ μακρύτερες από αυτές που χρησιμοποιούνταν στη λειτουργία με βενζίνη, και τις περάσαμε στο πάνω μέρος του καπακιού.

Για να στερεώσουμε το καπάκι ώστε να μην κινείται πάνω κάτω σε αυτές, σφίξαμε δύο παξιμάδια κόντρα στο κάτω μέρος του καπακιού. Έτσι τοποθετήσαμε το καπάκι σε μεγαλύτερο ύψος. Το αποτέλεσμα φαίνεται στις παρακάτω φωτογραφίες με το «ζ», όπως εξηγείται παρακάτω:



Εδώ, στην πρώτη φωτογραφία, μπορούμε να δούμε τις βίδες που περάσαμε μέσα από το καπάκι, και στη δεύτερη φωτογραφία βλέπουμε τα διπλά κόντρα παξιμάδια, που δεν επιτρέπουν στο καπάκι να κινείται στο μήκος των βιδών.

Στην επόμενη φωτογραφία, φαίνεται το καπάκι, πώς σχεδιάζεται να τοποθετηθεί στον κινητήρα, με τα πράσινα βέλη να υποδεικνύουν για κάθε βίδα το αντίστοιχο σπείρωμα, ενώ στην δεύτερη εικόνα είναι πλέον βιδωμένο και υπερυψωμένο το καπάκι του κινητήρα.



Εδώ στη δεύτερη φωτογραφία, παρατηρούμε δύο μακριές βίδες που βγαίνουν από το καπάκι, με τα μοβ βέλη και το γράμμα «στ». Οι βίδες αυτές περάσανε μέσα από τις τρύπες που περιγράφονται στο βήμα «1» της προηγούμενης σελίδας, και χρησιμοποιούνται για να στερεωθεί η βάση, στην οποία έχουμε τοποθετήσει το πιστόλι αέρα.

Για να τοποθετήσουμε αυτές τις βίδες, έχουμε περάσει από την κάτω πλευρά του καπακιού τις κεφαλές τους, όπως φαίνεται στο «ζ» που περιγράφεται στην προηγούμενη

σελίδα, κι έχουμε σφίξει από την πλευρά που φαίνεται το «στ» κάθε βίδα με ροδέλα και παξιμάδι.

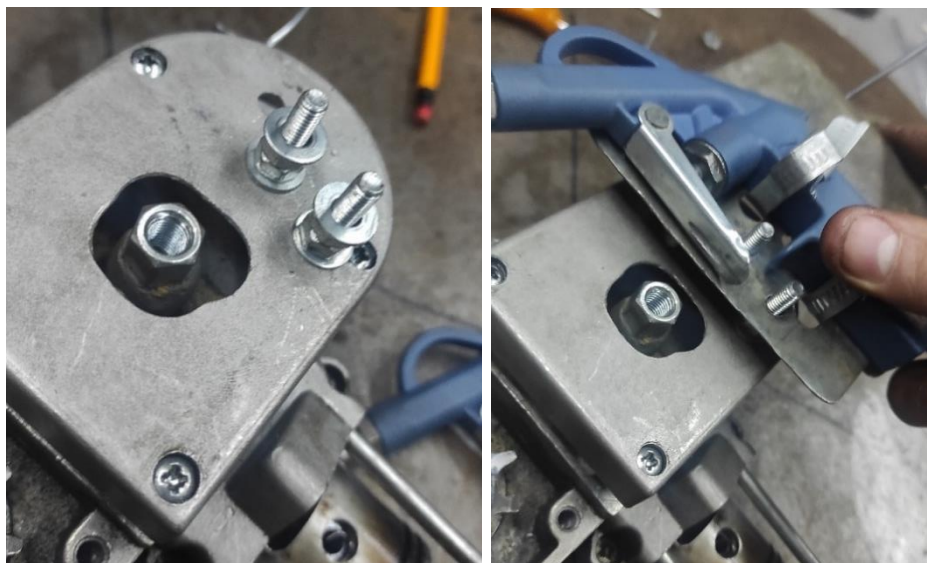
Εδώ αξίζει να αναφερθεί μια δυσκολία που ξεπεράσαμε, καθώς τρυπήσαμε το καπάκι πολύ κοντά στο κέλυφος που περνάνε οι βίδες του καπακιού, με αποτέλεσμα μία από τις δύο βίδες να βρίσκεται υπό κλίση, όπως φαίνεται στην πρώτη και δεύτερη φωτογραφία παρακάτω.

Η λύση που επιλέξαμε λόγω έλλειψης χώρου είναι να τροχίσουμε τη βίδα σε τριβείο. Στο «ζ», στην προηγούμενη σελίδα, μπορούμε να διακρίνουμε την αριστερή βίδα τροχισμένη, ενώ στην τρίτη και τέταρτη φωτογραφία, βλέπουμε τη διαμόρφωση της βίδας με τη χρήση του τριβείου.



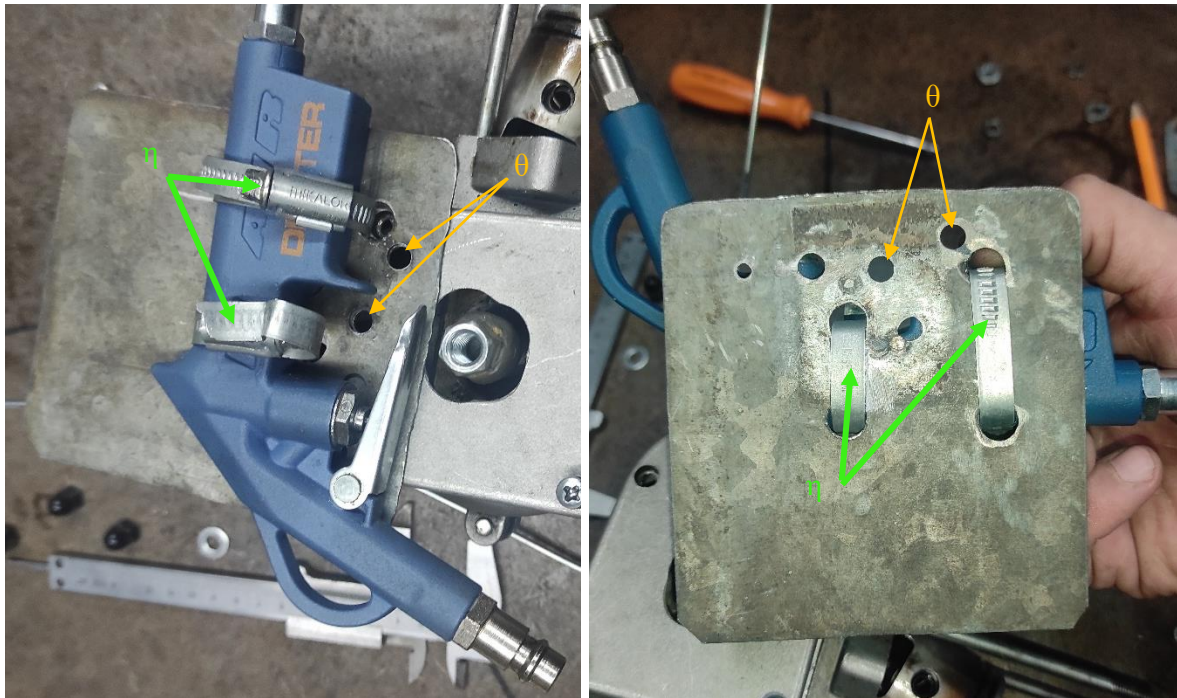
Αξίζει να σημειωθεί, ότι το τρόχισμα της βίδας δεν ήταν μέσα στο πλάνο για την κατασκευή του κινητήρα που να λειτουργεί με αέρα. Καθώς όμως γίνονται πειράματα και προσπαθούμε να ανακαλύψουμε τον τρόπο και τη μέθοδο στην πορεία, δοκιμάζουμε κάθε ιδέα στην πράξη. Εδώ υπάρχει μία διαφορά. Όταν δοκιμάζουμε, για παράδειγμα, να βιδώσουμε κάτι, και αυτό δεν λειτουργήσει, τότε έχουμε τη δυνατότητα να το ξε-βιδώσουμε και να δοκιμάσουμε από την αρχή. Όταν όμως διαμορφώνουμε μέταλα ή εξαρτήματα, ανοίγουμε τρύπες κλπ., και το πείραμα που κάνουμε αποτύχει, συνεπάγεται κίνδυνος καταστροφής υλικών, ή πάγωμα της διαδικασίας, λόγω φθοράς, ή λάθος διαμόρφωσης των εξαρτημάτων.

Στο επόμενο στάδιο, τοποθετήσαμε άλλα δύο παξιμάδια στις βίδες στο «στ» που αναφέρεται στην προηγούμενη σελίδα, για να τοποθετήσουμε την βάση του πιστολιού αέρα, όπως φαίνεται στην πρώτη φωτογραφία αριστερά. Στη δεύτερη φωτογραφία βλέπουμε τη βάση με το πιστόλι αέρα, όπως το περάσαμε μέσα από αυτές τις βίδες της πρώτης φωτογραφίας.



Έπειτα βιδώνουμε την βάση του πιστολιού, με ροδέλα και παξιμάδι, σφίγγοντάς τα, έτσι ώστε να ολοκληρωθεί η τοποθέτηση της βάσης.

Στην επόμενη φάση θα αναλύσουμε την κατασκευή της βάσης του πιστολιού αέρα. Όπως φαίνεται και στην παραπάνω φωτογραφία, το πιστόλι είναι πάνω σε μία πλάκα μετάλλου, και είναι σφιγμένο και ακινητοποιημένο σε αυτή με δύο μεταλλικούς σφιχτήρες που το αγγαλιάζουν και το ακινητοποιούν. Στην παρακάτω φωτογραφία φαίνεται η πάνω (αριστερά) και η κάτω (δεξιά) πλευρά της βάσης:



Εδώ στο σημείο «η», που μαρκάρεται με πράσινο χρώμα, φαίνονται οι μεταλλικοί σφιχτήρες που δένουν και σφίγγουν το πιστόλι με τη βάση, ενώ στο σημείο «θ», με πορτοκαλί χρώμα, μπορούμε να διακρίνουμε τις βίδες που περνάνε μέσα από τις βίδες στο «στ», στην προηγούμενη σελίδα. Για να κατασκευάσουμε την βάση, χρησιμοποιήσαμε ένα ψαλίδι για κοπή μετάλλου, όπως φαίνεται στις φωτογραφίες παρακάτω:

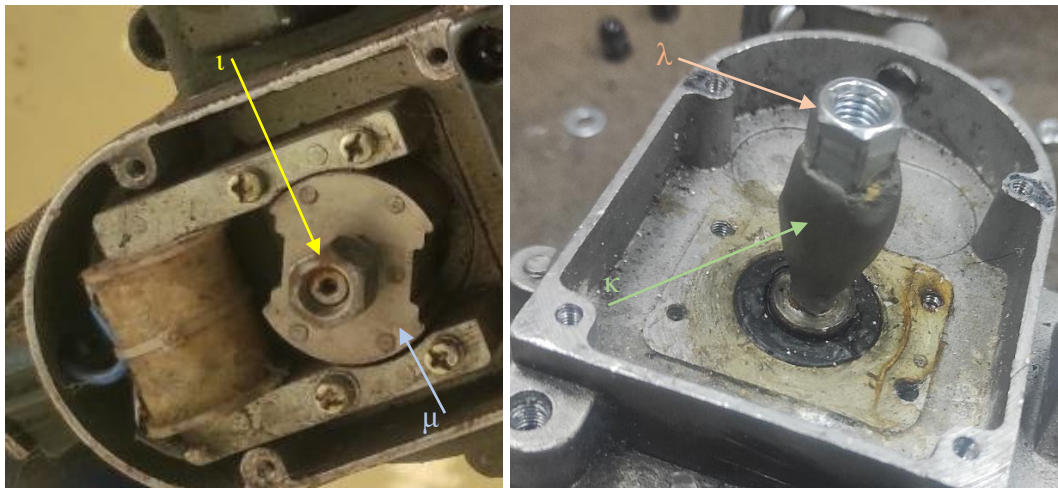


Έπειτα τοποθετήσαμε τη βάση κοντά στον κινητήρα, τρυπήσαμε τις θέσεις που θα περάσουν οι μεταλλικοί σφιχτήρες, όπως φαίνονται στο «η», στην προηγούμενη σελίδα. Εφόσον ακινητοποιήσαμε πλέον το πιστόλι αέρα με τους μεταλλικούς σφιχτήρες, μαρκάραμε τις θέσεις για να τρυπήσουμε τις θέσεις στο «θ», τοποθετώντας την πλάκα πάνω από τις βίδες στο «στ», και μαρκάρωντας τα σημεία με μολύβι.

Εδώ βέβαια, δίπλα στο «θ», μπορούμε να παρατηρήσουμε παραπάνω τρύπες από αυτές που χρησιμοποιούμε, αλλά αυτό οφείλεται σε προηγούμενες προσπάθειες για τοποθέτηση της βάσης, που στην πορεία ανακαλύψαμε ότι δεν είναι λειτουργικές ή δεν εξυπηρετούν. Επίσης, λόγω των πολλών προσπαθειών που πραγματοποιήθηκαν για την εύρεση κι εντοπισμό του καλύτερου δυνατού σημείου για να τοποθετήσουμε τη βάση, σε σχέση με τις βίδες στο «στ», δεν έχουμε φωτογραφίες από τη διαδικασία. Ωστόσο, οι τρύπες δημιουργήθηκαν με το κολωνάτο δράπανο που τρυπήσαμε και σε προηγούμενο στάδιο το καπάκι του κινητήρα.

Στο επόμενο στάδιο, θα αναλύσουμε τη μέθοδο που χρησιμοποιήσαμε για να κατασκευάσουμε το αμύγδαλο, και να το τοποθετήσουμε στην προέκταση του στροφάλου.

Αρχικά, στην προέκταση του στροφάλου, αν αφαιρέσουμε τον μαγνήτη και το παξιμάδι που φαίνεται στην πρώτη φωτογραφία (κάτω αριστερά), μένει ένα αρσενικό σπείρωμα. Εμείς αντικαταστήσαμε το παξιμάδι με ένα ίδου σπειρώματος αλλά μεγαλύτερου μήκους. Αν και το παξιμάδι είναι πολύ καλά σφιγμένο με την προέκταση του στροφάλου, για να μην μπορεί να λυθεί, τοποθετήσαμε γύρω του κόλλα δύο συστατικών. Το αποτέλεσμα φαίνεται στη δεύτερη φωτογραφία (κάτω δεξιά).



Αναλυτικά, στο σημείο «ι», της πρώτης φωτογραφίας βλέπουμε το παξιμάδι που λύσαμε για να το αντικαταστήσουμε με το μακρύτερου μήκους παξιμάδι που φαίνεται στο «λ». Στο «κ» βλέπουμε την κόλλα δύο συστατικών, που έχουμε χρησιμοποιήσει για να ακινητοποιήσουμε το παξιμάδι, να μην μπορεί να λυθεί σε σχέση με την προέκταση του στροφάλου. Φυσικά έχουμε αφαιρέσει τον μαγνήτη που φαίνεται στο «μ», διότι δεν χρειαζόμαστε ηλεκτρική ισχύ στη λειτουργία με αέρα.

Έπειτα κατασκευάσαμε το αμύγδαλο ως εξής:

- Πήραμε μία ροδέλα κι ένα σύρμα, όπως φαίνεται στην πρώτη παρακάτω φωτογραφία από αριστερά.
- Στη συνέχεια λυγίσαμε το σύρμα, ώστε οι δύο λιγισμένες πλευρές να εφάπτονται με τα άκρα της ροδέλας, όπως φαίνεται στη δεύτερη φωτογραφία.
- Με τη χρήση ηλεκτροπόνας, κολλήσαμε τα δύο μέταλλα, το σύρμα και τη ροδέλα, όπως φαίνεται στην τρίτη και τέταρτη φωτογραφία.

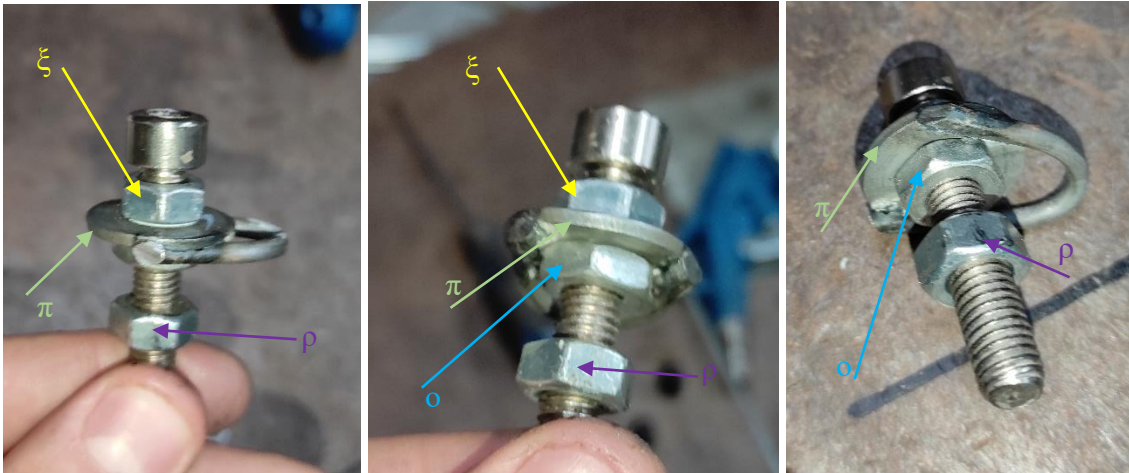


Για να ολοκληρώσουμε το αμύγδαλο, έπρεπε να κόψουμε τις προεκτάσεις στο «v», που φαίνονται στην παραπάνω τελευταία δεξιά εικόνα. Για να το πραγματοποιήσουμε, χρησιμοποιήσαμε και πάλι το ψαλίδι μετάλλου, όπως φαίνεται στην πρώτη και δεύτερη παρακάτω φωτογραφία από αριστερά, ενώ στην τρίτη φωτογραφία διακρίνουμε την τελική εικόνα που έχει το αμύγδαλο:



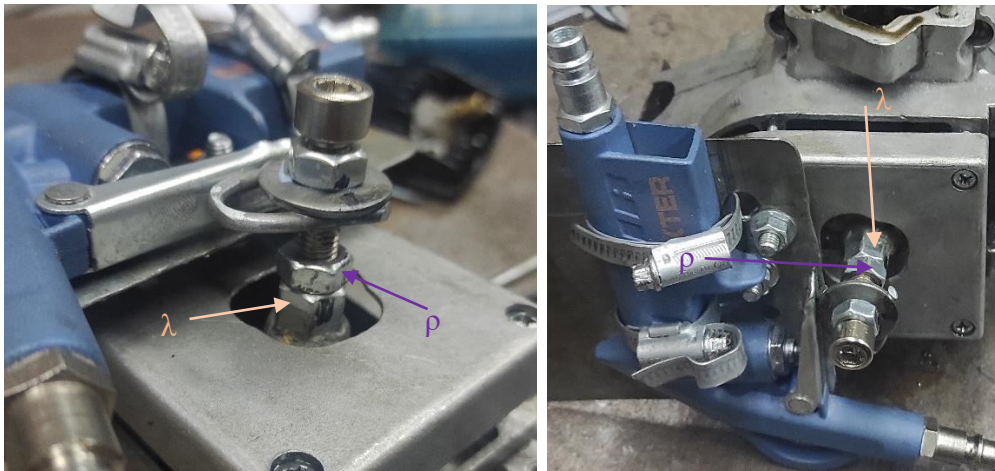
Έτσι έχουμε ολοκληρώσει την κατασκευή του αμυγδάλου, όμως μένει η τοποθέτηση του στην προέκταση του στροφάλου.

Για να το τοποθετήσουμε πήραμε μία μακρυνά βίδα και σφίξαμε το αμύγδαλο ανάμεσα σε δύο παξιμάδια κοντραρισμένα, όπως φαίνεται στις επόμενες φωτογραφίες:



Εδώ έχουμε το αμύγδαλο σφιγμένο πάνω στη βίδα. Στο «ξ» έχουμε το πάνω παξιμάδι, στο «ο», έχουμε το κάτω, ενώ στο «π» έχουμε το αμύγδαλο, όπως το κατασκευάσαμε νωρίτερα. Τα δύο παξιμάδια «ξ» και «ο» είναι σφιγμένα κόντρα, για να είναι ακινητοποιημένο το αμύγδαλο, ώστε να μην περιστρέφεται στη βίδα.

Στο «ρ» έχουμε το παξιμάδι που θα σφιχτεί κόντρα με την προέκταση του στροφάλου, όπως φαίνεται στις επόμενες φωτογραφίες:



Εδώ έχουμε σφίξει τη βίδα που βρίσκεται το αμύγδαλο, στην προέκταση του στροφάλου. Έτσι στο σημείο «λ», που αναφέρεται και παραπάνω, βρίσκεται το παξιμάδι της προέκτασης του στροφάλου, στο οποίο βιδώνουμε τη βίδα που έχει το αμύγδαλο. Στη συνέχεια αφού βιδώσουμε την βίδα στο σωστό σημείο, σφίγγουμε κόντρα τα παξιμάδια «ρ» και «λ».

Εδώ ο όρος «σωστό σημείο», αναφέρεται στον χρονισμό του κινητήρα. Σε επόμενο βήμα, θα εξηγήσουμε πώς τον χρονίσαμε, δηλαδή πώς το αμύγδαλο πατάει τη βαλβίδα του πιστονιού στον σωστό χρόνο. Ωστόσο, καθώς ο χρονισμός γίνεται κατά την ολοκλήρωση της κατασκευής, θα συνεχίσουμε με τη δρομολόγηση του αέρα από το πιστόλι αέρα στην κεφαλή, και τη διαμόρφωση της κεφαλής του κινητήρα, έτσι ώστε να αντικαταστήσουμε το ηλεκτρικό μπουζί, με ρακόρ που θα δέχεται αέρα. Ίσως το πιο δύσκολο σημείο στη μετατροπή μας, και το ξεπεράσαμε σχετικά εύκολα, ήταν να τοποθετήσουμε ρακόρ, δηλαδή υποδοχή για σύστημα με πίεση αέρα, στο σπείρωμα που βιδώνει το μπουζί.

Το μπουζί που αφαιρέσαμε, το οποίο σε λειτουργία βενζίνης ήταν το NGK br8hs, έχει χαρακτηριστικά στο σπείρωμα M14, με βήμα 1.25 (Βιβλιογραφία 3.6). Έτσι ξέρουμε ότι αν βρήκαμε ένα ρακόρ με αυτά τα χαρακτηριστικά, θα βιδώνε στην κεφαλή μας χωρίς κανένα πρόβλημα, και θα συνδέαμε τον αέρα εκεί.

Δυστυχώς όμως δεν καταφέραμε να βρούμε ρακόρ με αυτό το σπείρωμα, δυστυχώς για εμάς τα εξαρτήματα του αέρα που βρήκαμε στην αγορά, έχουν αγγλοσαξωνικά σπειρώματα, δηλαδή με βάση την ίντσα και όχι τα μετρικά που έχουμε στον κινητήρα μας. Το μόνο μετρικό σε αυτό το μέγεθος που καταφέραμε να βρούμε στις διεθνείς αγορές είναι το μέγεθος M14 με βήμα 2.0, που όπως είναι λογικό, δεν βιδώνει στην κεφαλή μας.

Η λύση που αρχικά επιχειρήσαμε, λόγω διαθέσιμου εξοπλισμού, είναι με κολαούζο να ανοίξουμε το σπείρωμα της κεφαλής από M14, σε 3/4 της ίντσας. Δηλαδή να ανοίξουμε ένα σπείρωμα 1,4 εκατοστών σε ένα 1,905 εκατοστών. Η διαδικασία, αν και ολοκληρώθηκε με επιτυχία, όπου το νέο σπείρωμα 19 χιλιοστών φαίνεται ότι μπορεί να σφίξει το ρακόρ σε αυτό, η διαφορά σε μέγεθος ήταν τόσο μεγάλη που το ρακόρ δεν χώραγε στην κεφαλή όπως είναι διαμορφωμένη, με τα πτερύγια του κινητήρα που έχει για ψύξη να βρίσκουν στο ρακόρ.

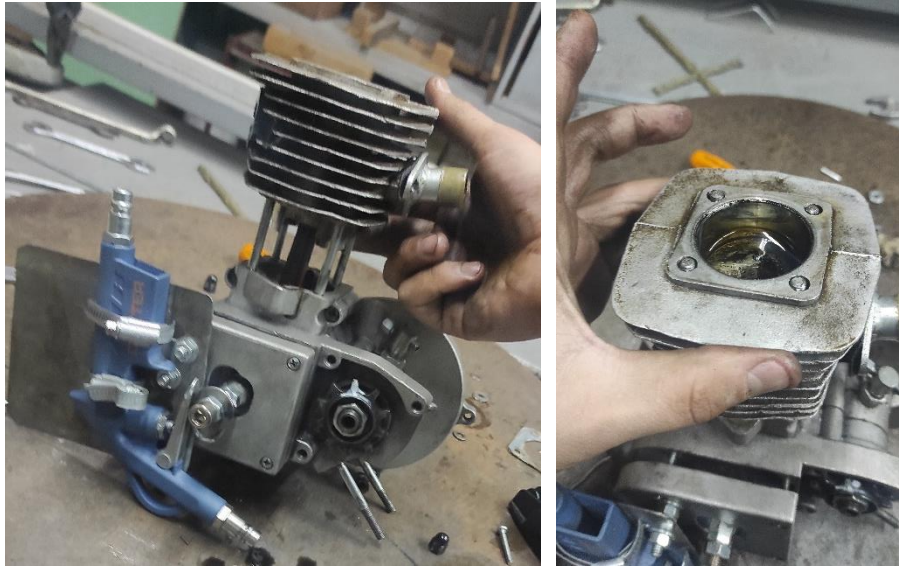
Έτσι απορρίψαμε αυτή την κεφαλή, καθώς όμως διαθέτουμε αρκετά ανταλλακτικά, λόγω της μακροχρόνιας χρήσης του κινητήρα ως μέσου μετακίνησης, διαθέσαμε δεύτερη κεφαλή και τη διαμορφώσαμε, όπως φαίνεται στις παρακάτω φωτογραφίες:



Όπως μπορούμε να δούμε, έχουμε τοποθετήσει ρακόρ και το έχουμε κολλήσει με κόλλα δύο συστατικών. Το ρακόρ που βρήκαμε είναι του 1/4 της ίντσας, δηλαδή 1,27 εκατοστά. Η κεφαλή μας έχει σπείρωμα M14, δηλαδή 1,4 εκατοστά. Έτσι το ρακόρ δεν βιδώνει στο σπείρωμα της κεφαλής μας, είναι μικρότερο, ωστόσο εφαρμόζει πολύ καλά, δεν παρουσιάζει διαρροή αέρα, και με την προσθήκη της κόλλας δύο συστατικών, για να προσθέτει επιπλέον ενίσχυση, δεν παρουσιάστηκε κανένα θέμα διαρροής κατά τη διάρκεια των δοκιμών, αλλά ούτε εμφανίστηκαν ρωγμές ή αδύνατα σημεία στα εξαρτήματα ή στην κόλλα.

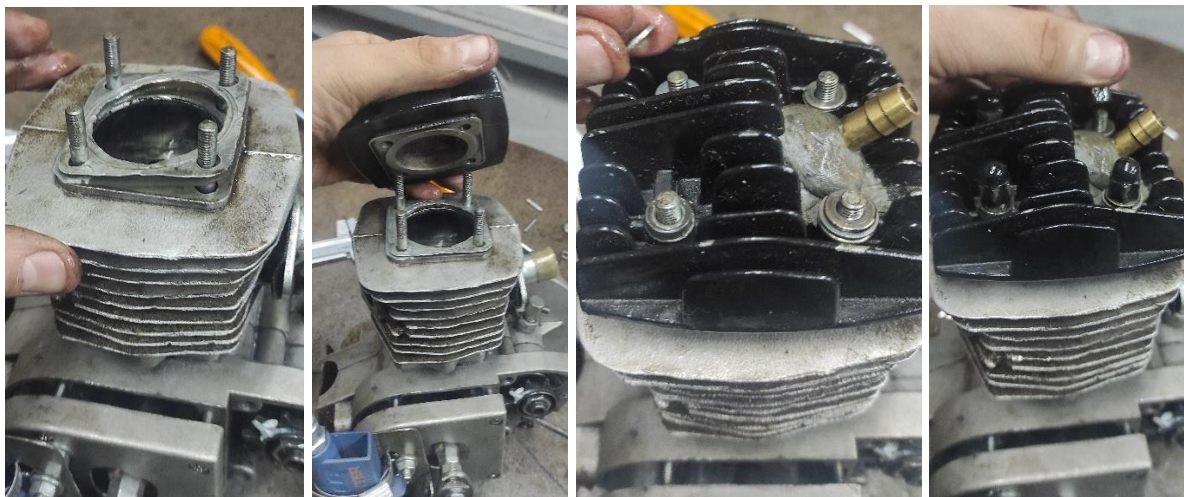
Στο επόμενο κομμάτι, καθώς έχουμε ξεπεράσει το πρόβλημα με την κεφαλή, θα συναρμολογήσουμε τον κινητήρα μας, και στη συνέχεια θα τον χρονίσουμε. Έτσι, στο επόμενο βήμα θα περάσουμε τον κύλινδρο μέσα από το έμβολο και τις μακριές βίδες που βρίσκονται στο σώμα του κινητήρα, ενώ ταυτόχρονα θα προσθέσουμε λάδι, για να ελαττώσουμε τις τριβές στα νέα μέρη που συναρμολογούμε. Αξίζει να αναφερθεί ότι αφαιρέσαμε την κεφαλή σε πρώτο στάδιο για να την παραμετροποιήσουμε, τοποθετώντας ρακόρ αέρα σε αυτήν, όπως περιγράφεται στα προηγούμενα βήματα, ενώ αφαιρέσαμε τον κύλινδρο για να αφαιρέσουμε τα ελατήρια που στεγανοποιούν το έμβολο, διότι παρατηρήσαμε μεγαλύτερη ισχύ στον κινητήρα, έπειτα από την αφαίρεση τους, σε λειτουργία με αέρα.

Στις επόμενες φωτογραφίες φαίνεται η τοποθέτηση του κυλίνδρου, όπως πέρασε μέσα από το έμβολο, και τις μακριές βίδες του σώματος του κινητήρα:



Στην πρώτη φωτογραφία (πάνω αριστερά), βλέπουμε τον κύλινδρο να περνά μέσα από τις μακριές βίδες και το έμβολο, ενώ στην δεύτερη φωτογραφία (πάνω δεξιά), βλέπουμε το έμβολο να εφαρμόζει στον κύλινδρο, και τη μικρή ποσότητα λαδιού που τοποθετήσαμε στον κύλινδρο για να αποφύγουμε τριβές στην εφαρμογή των μετάλλων.

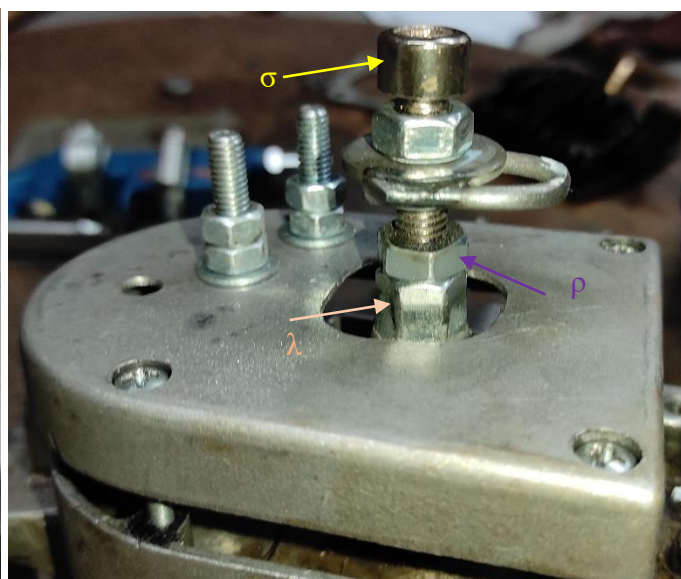
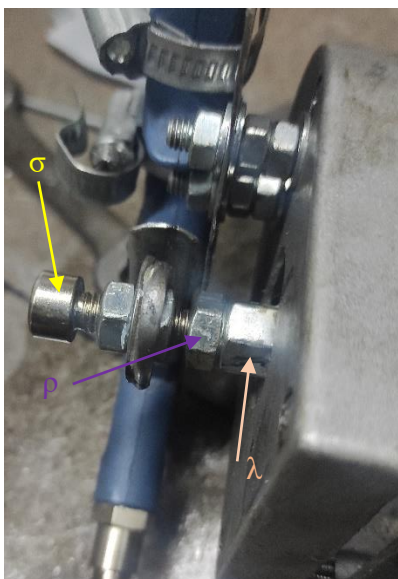
Στο επόμενο στάδιο τοποθετούμε μία φλάντζα ανάμεσα στον κύλινδρο και την κεφαλή. Αναφορικά, στον συγκεκριμένο κινητήρα δεν έχουμε οδηγούς ανάμεσα στον κύλινδρο και στην κεφαλή, όπως έχουμε παρατηρήσει στο παρελθόν σε άλλους κινητήρες. Έτσι, στην πρώτη φωτογραφία (από αριστερά) έχουμε την τοποθέτηση της φλάντζας, στη δεύτερη την τοποθέτηση της κεφαλής, ενώ στην τρίτη βλέπουμε την τοποθετημένη κεφαλή. Στην τρίτη φωτογραφία μπορούμε να δούμε και τις ροδέλες που έχουμε τοποθετήσει, ώστε να ρυθμίσουμε το κενό ανάμεσα στην κεφαλή και στη κορυφή της βίδας, όπου τοποθετούμε το παξιμάδι αργότερα. Στην τέταρτη φωτογραφία βλέπουμε την τοποθέτηση των παξιμαδιών που σφίγγουν την κεφαλή, τα οποία σφίγγουμε σταυρωτά, προσθέτοντας σταδιακά ροπή με την κασάνια. Σταματάμε να σφίγγουμε τις βίδες όταν το ροτόκλειδο μας δείξει ένδειξη για 57nm, (Βιβλιογραφία 3.7), όπου η κεφαλή μας είναι πλέον σφιγμένη. Έτσι μπορούμε να αποφύγουμε την πλαστική παραμόρφωση στο σπείρωμα των μακρυνών βιδών ή των παξιμαδιών που σφίγγουν την κεφαλή.



Στο τελευταίο στάδιο για την ολοκλήρωση της μηχανικής κατασκευής και την τοποθέτηση του αέρα, περνάμε έναν σωλήνα, με μαύρο χρώμα, όπως φαίνεται στις διπλανές φωτογραφίες, για να συνδέσουμε το πιστόλι αέρα με την κεφαλή. Στη δεύτερη φωτογραφία δεξιά βλέπουμε τον μαύρο σωλήνα συνδεδεμένο, καθώς και τον σωλήνα με γκρί χρώμα που έχουμε συνδέσει με τον συμπιεστή, τον οποίο έχουμε ρυθμίσει στα 100 psi, και τροφοδοτούμε το πιστόλι αέρα.



Τέλος, για να ολοκληρώσουμε τη μετατροπή του κινητήρα, θα πρέπει να τον χρονίσουμε. Για να το επιτύχουμε, θα πρέπει να αφήσουμε τον πεπιεσμένο αέρα να περάσει στον κύλινδρο, μόλις το έμβολο περάσει από το άνω νεκρό σημείο, και να σταματήσουμε να τροφοδοτούμε με αέρα, όταν το έμβολο περάσει από τις θυρίδες σάρωσης-πλήρωσης του κυλίνδρου και τις ανοίξει. Για να το επιτύχουμε αυτό, θα πρέπει να περιστρέψουμε το αμύγδαλο σε σχέση με την προέκταση του στροφάλου. Όπως είδαμε στην κατασκευή παραπάνω, η βίδα που σφίγγει το αμύγδαλο βιδώνει στο μεγάλο μήκος παξιμάδι «λ», ενώ το παξιμάδι «ρ» έρχεται και σφίγγει πάνω στο «λ», ακινητοποιώντας και μη επιτρέποντας στη βίδα να περιστραφεί. Στις φωτογραφίες φαίνεται πως αν λύσουμε το «ρ» παξιμάδι από το «λ», η βίδα «σ» περιστρέφεται ελεύθερα, περιστρέφοντας μαζί της και τη θέση του αμυγδαλού, ενώ σφίγγοντας πάλι το «ρ», μπορούμε να ακινητοποιήσουμε και πάλι τη βίδα «σ». Έτσι ακριβώς μπορούμε να τοποθετήσουμε το αμύγδαλο σε όποια γωνία θέσης του στροφάλου επιθυμούμε.



Εφόσον έχουμε πλέον δέσει τον κινητήρα, δεν έχουμε οπτική επαφή με το έμβολο, για να γνωρίζουμε το άνω νεκρό σημείο. Για να το βρούμε, θα προσθέσουμε ένα μακρύ λεπτό πλαστικό ή ξύλινο καλάμι, από την υποδοχή του ρακόρ στην κεφαλή, αφαιρώντας προσωρινά τον μαύρο σωλήνα του αέρα. Εάν πιέσουμε το καλάμι για να ακουμπήσει το έμβολο, και περιστρέψουμε παράλληλα τον κινητήρα, θα παρατηρήσουμε ότι το βύθισμα στο καλάμι μεταβάλλεται ανάλογα με τη θέση του εμβόλου. Όταν το καλάμι έχει το μικρότερο βύθισμα, τότε γνωρίζουμε ότι το έμβολο βρίσκεται στο άνω νεκρό σημείο.

Τώρα θα λύσουμε το παξιμάδι «ρ» από το παξιμάδι «λ», και θα γυρίσουμε τη βίδα «σ», χωρίς να περιστρέψουμε τον κινητήρα, στο σημείο που το αμύγδαλο θα πατάει τη βαλβίδα από το πιστόλι αέρα, αλλά δεν θα είναι ακόμα ανοιχτή, δηλαδή δεν θα περνάει ακόμη αέρας στον κύλινδρο. Εδώ είναι ένα αρχικό σημείο για να προσπαθήσουμε να βούμε το ιδανικό σημείο για να τοποθετήσουμε το αμύγδαλο, σε σχέση με τη βαλβίδα του πιστολιού αέρα.

Αν και με βάση τη μέθοδο που χρησιμοποιήσαμε επιτύχαμε τις πρώτες στροφές του κινητήρα, γνωρίζουμε ότι η θέση που επιλέξαμε να τοποθετήσουμε το αμύγδαλο ίσως να μην είναι η κατάλληλη ή να μην προσφέρει τη μεγαλύτερη απόδοση. Έτσι δοκιμάσαμε να περιστρέψουμε ελάχιστα το αμύγδαλο σε σχέση με τον στρόφαλο, και παρατηρήσαμε πως όταν το περιστρέψαμε δεξιόστροφα, ώστε να πατάει το αμύγδαλο τη βαλβίδα νωρίτερα, παρατηρήσαμε μεγαλύτερη απόδοση. Εκεί το δοκιμάσαμε αρκετές φορές, περιστρέφοντας κάθε φορά το αμύγδαλο με πολύ μικρό βήμα, έως ότου καταλήξουμε σε σημείο που είτε αριστερόστροφα είτε δεξιόστροφα να περιστρέψαμε το αμύγδαλο, η απόδοση του κινητήρα θα ήταν λιγότερη.

Σε αυτό το σημείο, έχουμε ολοκληρώσει κι επίσημα τη μετατροπή του κινητήρα μας, τον αφήνουμε να περιστρέφεται αρκετή ώρα για να εντοπίσουμε τυχόν βλάβες ή προβλήματα στη λειτουργία του. Ο κινητήρας φαίνεται να λειτουργεί κανονικά, οπότε είμαστε έτοιμοι να συνεχίσουμε στο επόμενο κεφάλαιο, που είναι η μέτρηση ισχύος, δηλαδή να μετρήσουμε την απόδοσή του στη λειτουργία αέρα.

5. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Σε αυτό το κεφάλαιο θα εξηγήσουμε τον τρόπο που δυναμομετρήσαμε τον κινητήρα σε λειτουργία αέρα. Σαφώς δεν τον έχουμε τοποθετήσει σε όχημα για να γνωρίζουμε τελική ταχύτητα ή επιτάχυνση, αλλά θα κάνουμε μετρήσεις ροπής στις αντίστοιχες στροφές, για να βρούμε την ισχύ σε ίππους ή kw.

Σύμφωνα με τη Βιβλιογραφία (4.2), για να βρούμε την ισχύ σε ίππους για έναν κινητήρα, θα πρέπει να γνωρίζουμε τις στροφές που περιστρέφεται και τη ροπή που έχει σε αυτές τις στροφές. Έπειτα βρίσκουμε την ισχύ, χρησιμοποιώντας τον τύπο:

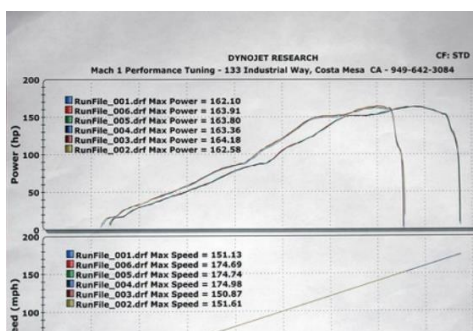
$$H = (T \times \text{RPM})/5252$$

όπου «H» είναι η ιπποδύναμη, «T» είναι η ροπή σε μονάδα round-feet, (lb-ft), «RPM» είναι οι στροφές ανά λεπτό του κινητήρα και «5252» είναι μια σταθερά που χρησιμοποιείται στην εξίσωση («τύπος H»).

Στη Βιβλιογραφία (5.1), μπορούμε να διακρίνουμε ότι οι κατασκευαστές οχημάτων δηλώνουν τη μέγιστη ιπποδύναμη στον στρόφαλο, πράγμα που, σύμφωνα και με τη Βιβλιογραφία (5.3), δεν είναι αντικειμενικό, και στη δυναμομέτρηση του οχήματος καταγράφεται η ισχύ στον τροχό. Με τον όρο μέγιστη ιπποδύναμη, όπως μπορούμε να συμπεράνουμε και από τα γραφήματα στη Βιβλιογραφία (5.2), εννοούμε τη μέγιστη τιμή που διακρίνεται στο γράφημα ροπής ισχύος, η οποία προκύπτει από τη δυναμομέτρηση του οχήματος. Στην πρώτη παρακάτω φωτογραφία αριστερά διακρίνουμε όχημα τοποθετημένο σε βάση για δυναμομέτρηση, ενώ στη δεύτερη και τρίτη φωτογραφία, διακρίνουμε ενδεικτικά διαγράμματα που προκύπτουν από αυτή.



Βιβλιογραφία 5.1



Βιβλιογραφία 5.1



Βιβλιογραφία 5.2

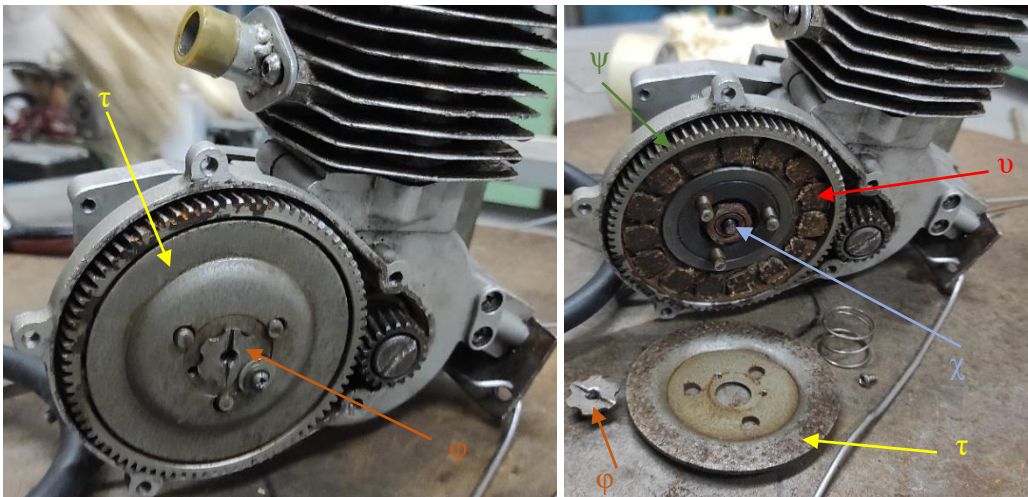
Σύμφωνα με τη Βιβλιογραφία (5.1), ο τροχός του οχήματος γυρίζει έναν μεγάλο κύλινδρο, όπως βλέπουμε στην πρώτη παραπάνω φωτογραφία. Ο κύλινδρος αντιστέκεται στην περιστροφή του τροχού, καθώς «φρενάρει» ελεγχόμενα από έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή. Διάφοροι αισθητήρες τοποθετούνται πάνω στο όχημα κι ένας οδηγός πιέζει το γκάτσι ωστόσο το όχημα φτάσει τη μέγιστη απόδοσή του. Έπειτα εφόσον με τη δυναμομέτρηση έχουμε καταγράψει την ροπή και τις στροφές του οχήματος, η ισχύ υπολογίζεται από τον προηγούμενο τύπο H, με κάποιον συντελεστή διόρθωσης που αφορά τη θερμοκρασία ή την υγρασία του περιβάλλοντος.

Έτσι λοιπόν θα πρέπει να μετρήσουμε ροπή και στροφές. Για τις στροφές, η λύση που σκεφτήκαμε είναι να βιντεοσκοπήσουμε τον κινητήρα καθώς περιστρέφεται και να αναπαράγουμε έπειτα αυτό το βίντεο σε χαμηλότερη ταχύτητα αναπαραγωγής, για να μπορούμε να μετρήσουμε και να καταγράψουμε τις στροφές σε συγκεκριμένο χρόνο.

Για να καταγράψουμε τη ροπή ήταν σαφώς δυσκολότερο. Έπρεπε να χρησιμοποιήσουμε μια συσκευή που θα «φρενάρει» ελεγχόμενα τον κινητήρα, αναγκάζοντας τον να παράγει έργο, ενώ παράλληλα θα καταγράφαμε το έργο αυτό, χωρίς να ακινητοποιούμε τον κινητήρα. Η λύση που αρχικά προσπαθήσαμε ήταν να χρησιμοποιήσουμε ένα εργαλείο μέτρησης ροπής, ένα ροπόκλειδο, το οποίο να είχε κάποιας μορφής συμπλέκτη, ώστε να μπορεί να μετρήσει ροπή στον κινητήρα, αλλά παράλληλα να μην ακινητοποιεί τον άξονα περιστροφής του, σταματώντας τη λειτουργία του. Έτσι, το αρχικό σχέδιο ήταν η κατασκευή ενός τέτοιου συστήματος που να αντιστέκεται στην ελεύθερη περιστροφή του κινητήρα, αναγκάζοντάς τον να παράγει έργο, αλλά παράλληλα να επιτρέπει την περιστροφή του.

Στη συνέχεια, ανακαλύψαμε ότι αυτή η μορφή συμπλέκτη που θέλουμε να κατασκευάσουμε υπάρχει είδη στον κινητήρα. Είναι ο συμπλέκτης, ο οποίος σε λειτουργία βενζίνης επέτρεπε να απομονώνουμε τη λειτουργία του κινητήρα, ώστε να μη μεταφέρεται η λειτουργία του στους τροχούς.

Ο συμπλέκτης, όπως φαίνεται στις επόμενες φωτογραφίες, αποτελείται από έναν μεταλλικό δίσκο «τ» και κάποια κεραμικά επιθεμάτα «υ», τα οποία, όταν είναι σε επαφή, έχουμε μεταφορά ισχύος στο γρανάζι του κινητήρα «ω» (βλ. πρώτη φωτογραφία της επόμενης σελίδας) κι έπειτα στους τροχούς, ενώ εάν ενεργοποιηθεί ο συμπλέκτης, απομακρύνεται ο δίσκος από το «υ» και σταματά η μεταφορά ισχύος.



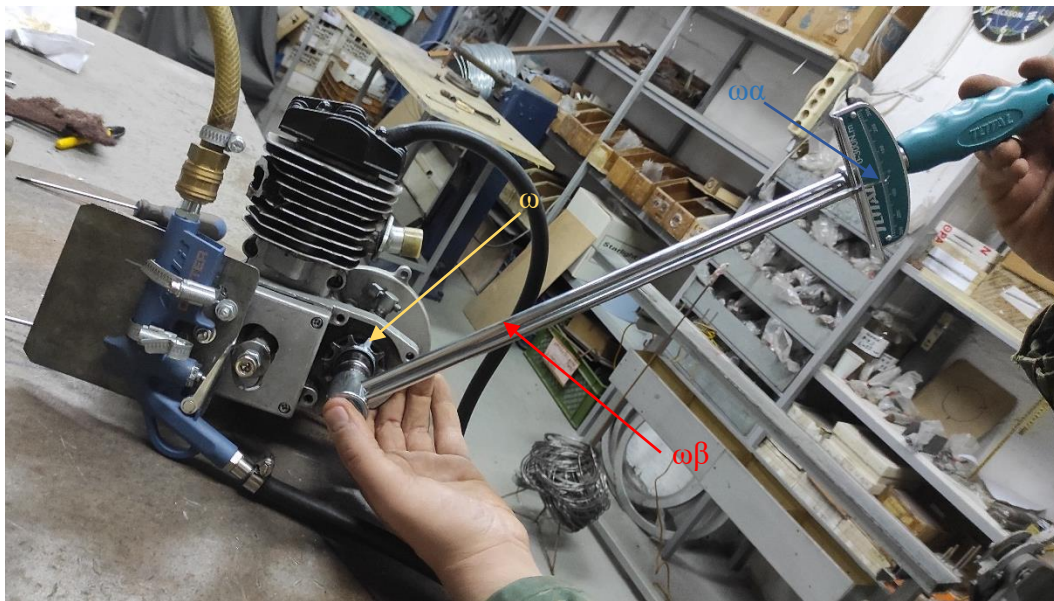
Στο σπείρωμα «χ» βιδώνει το παξιμάδι «φ», το οποίο ρυθμίζει την απόσταση μεταξύ του δίσκου «τ» και των κεραμικών επιθεμάτων «υ» που βρίσκονται πάνω στο γρανάζι «ψ», το οποίο περιστρέφει ο στρόφαλος του κινητήρα. Όσο πιο πολύ σφίγγεται το παξιμάδι «φ», τόσο περισσότερο αυξάνεται η πίεση μεταξύ του δίσκου «τ» και των κεραμικών επιθεμάτων «υ», άρα του δίσκου «ψ».

Εάν θέλουμε να μειώσουμε την επαφή:

- του δίσκου «τ» που συνδέεται με το γρανάζι κίνησης και τους τροχούς, και
 - του δίσκου «ψ» που συνδέεται με την περιστροφή του στρόφαλου,
- μπορούμε να λύσουμε το παξιμάδι «φ».

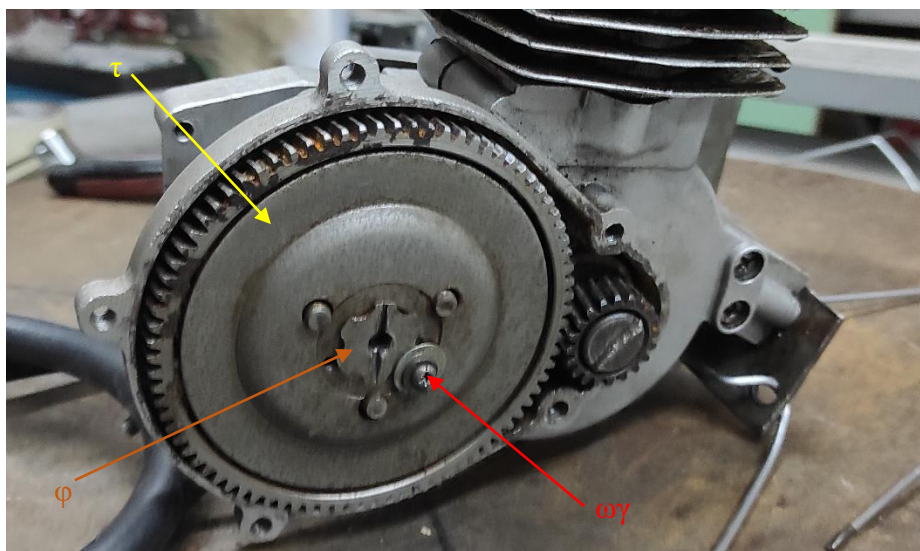
Έτσι, αναλύοντας τη λειτουργία του συμπλέκτη (Βιβλιογραφία 4.3), εφαρμόσαμε μία τεχνική που μάς επιτρέπει να λάβουμε ένδειξη ροπής στον κινητήρα.

Αρχικά, πήραμε ένα ροπόκλειδο, ένα εργαλείο δηλαδή που μπορεί να μετράει ροπή, και το τοποθετήσαμε στο γρανάζι κίνησης του κινητήρα, όπως φαίνεται στην επόμενη φωτογραφία:



Εδώ, όταν ο κινητήρας ασκήσει ροπή περιστροφής στο γρανάζι εξόδου κίνησης του «ω», τότε το ροπόκλειδο θα είναι σε θέση να καταγράψει αυτή τη ροπή, στη διαβάθμιση που φαίνεται στο σημείο «ωα».

Έπειτα, ρυθμίσαμε τον συμπλέκτη κατά τέτοιο τρόπο που η περιστροφή του τροφάλου να μεταδίδεται στο γρανάζι κίνησης, αλλά θα έχουμε λύσει αρκετά το παξιμάδι «φ», για να επιτρέπουμε στα κεραμικά επιθέματα «υ» να γλυστράνε αρκετά με τον δίσκο «τ», ώστε να έχουμε ένδειξη στο ροπόκλειδο και να επιτρέπουμε στον κινητήρα να περιστρέφεται.



Όσο σφίγγουμε το παξιμάδι «φ», τόσο ο δίσκος «τ» θα πιέζει τα κεραμικά επιθέματα «υ», και θα έχουμε καλύτερη σύμπλεξη, δηλαδή περισσότερη ισχύ μπορεί να μεταφερθεί στο γρανάζι «ω». Αν όμως ακινητοποιήσουμε το γρανάζι «ω» με ένα δυναμόκλειδο, τότε ο κινητήρας θα σταματήσει. Το ροπόκλειδο δεν περιστρέφεται στον αξονά του, καθώς αποτελείται από μία μεγάλη μπάρα, στο σημείο «ωβ», και μια μικρή που μας δίνει την ένδειξη

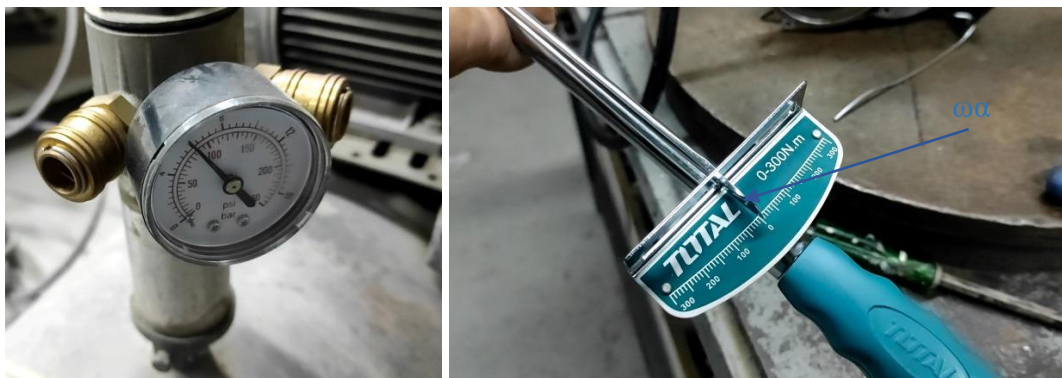
στο «ωα». Γι' αυτό, θέλοντας να καταγράψουμε τη μέγιστη ισχύ, τους περισσότερους ίππους που μπορεί να βγάλει ο κινητήρας, θα πρέπει να λύσουμε το παξιμάδι «φ» αρκετά ώστε το ροπόκλειδο να καταγράφει τη μέγιστη δυνατή ροπή που μπορεί να παράγει ο κινητήρας, χωρίς όμως να έχουμε μεγάλη πτώση στις στροφές του κινητήρα, κάτι που προκύπτει από την προσθήκη έργου σε αυτόν. Όσο ο κινητήρας περιστρέφεται ελεύθερος, χωρίς φορτίο, μπορεί να κρατάει το μέγιστο των στροφών του, αλλά όταν του ζητηθεί να παράγει έργο (ροπή), θα παρατηρήσουμε πτώση στις στροφές του, καθώς το έργο αντιστέκεται στην ελεύθερη περιστροφή του, όπως κι ένα όχημα χρειάζεται περισσότερη ενέργεια για να ανέβει μια ανηφόρα απ' ότι μια ευθεία (Βιβλιογραφία 5.5).

Έτσι υπάρχει η απαίτηση για λήψη πολλών μετρήσεων. Μπορούμε να λάβουμε για παράδειγμα ένδειξη με πολλές στροφές αλλά μικρή ροπή, ή ένδειξη με περισσότερη ροπή αλλά λίγες στροφές. Το προσδόκιμο αποτέλεσμα είναι να έχουμε όσο το δυνατόν περισσότερη ροπή στις περισσότερες στροφές, αλλά επειδή, όσο αυξάνουμε το έργο που ζητάμε από τον κινητήρα να παράγει τόσο δυσκολεύουμε την περιστροφή του, θα πρέπει βάση με τον τύπο Η να έχουμε την μέγιστη ιπποδύναμη.

Άρα λοιπόν καταγράψαμε πολλές διαδοχικές μετρήσεις. Ξεκινήσαμε με λυμένο το παξιμάδι «φ», όπου ο κινητήρας διατηρεί μέγιστες τις στροφές του, αλλά η ενέργεια δεν μεταφέρεται στο γρανάτζι «ω», οπότε δεν καταγράψαμε ροπή, και με πολύ μικρά βήματα σφίγγουμε το παξιμάδι «φ», ώστε να μεταφέρουμε σε κάθε μικρό βήμα ολοένα και περισσότερο έργο στο γρανάτζι «ω», άρα και στο δυναμόκλειδο.

Για κάθε φορά που σφίγγουμε το παξιμάδι «φ», σφίγγουμε επίσης και τη βίδα στο «ωγ», για να βεβαιωθούμε πως το παξιμάδι «φ» δεν θα λυθεί από τις δονήσεις του κινητήρα. Επίσης, κάθε μέτρηση βιντεοσκοπείται, ώστε να μπορούμε να δούμε καθαρά στο βίντεο την ένδειξη στο «ωα», όπου είναι η κλίμακα που έχει το ροπόκλειδο από τον κατασκευαστή του, αλλά και να μπορούμε αργότερα να αναπαράγουμε το βίντεο σε αργή ταχύτητα, για να μετρήσουμε τις στροφές του.

Με τη δυνατότητα που μάς δίνει η σύγχρονη τεχνολογία μπορούμε να καταγράψουμε βίντεο με πολλά καρέ το δευτερόλεπτο (Βιβλιογραφία 5.4), ώστε όταν αναπαράγουμε το βίντεο σε χαμηλότερη ταχύτητα, να μπορούμε να δούμε καθαρά τις περιστροφές του στροφάλου και να τις καταγράψουμε με ακρίβεια. Αξίζει να σημειωθεί ότι σε όλες τις μετρήσεις που καταγράψαμε, η δεξαμενή είναι ρυθμισμένη στα 100 psi, όπως φαίνεται στην πρώτη επόμενη φωτογραφία αριστερά, ενώ στη δεύτερη φωτογραφία βλέπουμε τη βαθμονόμηση στο ροπόκλειδο, όπως την έχει ορίσει ο κατασκευαστής του.



Έτσι, για κάθε μικρό βήμα που σφίγγουμε το παξιμάδι «φ», ξεκινάμε εκ νέου τη λειτουργία του κινητήρα, την περιστροφή του, κι έπειτα βιντεοσκοπούμε τη διαδικασία, καταγράφοντας τον στρόφαλο και το γρανάτζι του κινητήρα για περισσότερο από ένα λεπτό, για να μπορούμε μετά να αναπαράγουμε το βίντεο σε αργή κίνηση, και καταγράφουμε σταθερά

για μερικά δευτερόλεπτα το δυναμόκλειδο στο «ωα», ώστε να μπορούμε και από το βίντεο να διακρίνουμε την ακριβή ένδειξη που καταγράφεται σε αυτό.

Πιο συγκεκριμένα, για να καταγράψουμε ροπή και στροφές στον κινητήρα, ακολουθούμε τα εξής βήματα:

1. **Λύνουμε τη βίδα στο «ωγ».** Για να μπορούμε να λύσουμε ή να σφίξουμε το παξιμάδι «φ», θα πρέπει να λύσουμε τη βίδα στο «ωγ». Εάν η βίδα είναι σφιγμένη και προσπαθήσουμε να σφίξουμε ή να λύσουμε το παξιμάδι «φ», τότε θα παρατηρήσουμε πως περιστρέφουμε τον κινητήρα και όχι το παξιμάδι «φ».
2. **Σφίγγουμε με μικρό βήμα το παξιμάδι «φ».** Στην πρώτη μέτρηση, έχουμε σφίξει το παξιμάδι «φ», σε σημείο που να υπάρχει πολύ μικρή μεταφορά ισχύος μεταξύ του δίσκου «τ» και των κεραμικών επιθεμάτων «υ» που βρίσκονται στο γρανάζι «ψ». Σε κάθε επόμενη μέτρηση σφίγγουμε με πολύ μικρό βήμα το παξιμάδι «φ», ώστε να μεταφέρουμε ολοένα και περισσότερη από την ροπή που παράγει ο κινητήρας στο γρανάζι της κίνησης.
3. **Ξανασφίγγουμε τη βίδα στο «ωγ».** Για να μη μπορεί να περιστραφεί από τις δονήσεις του κινητήρα και να μεταβληθεί η μεταφορά ισχύος από τον κινητήρα στο γρανάζι της κίνησης, ξαναβιδώνουμε τη βίδα στο «ωγ».
4. **Ξεκινάμε τη λειτουργία του κινητήρα.** Εφόσον έχουμε σφίξει τη βίδα στο «ωγ», το παξιμάδι «φ» δεν μπορεί να λυθεί ή να σφίξει. Αν επιχειρήσουμε να το σφίξουμε, θα παρατηρήσουμε ότι περιστρέφουμε τον κινητήρα. Έτσι λοιπόν, κι εφόσον έχουμε συνδέσει τον αέρα, εάν σφίξουμε το παξιμάδι «ω», ο κινητήρας ξεκινά να περιστρέφεται.
5. **Τοποθετούμε το ροπόκλειδο στο γρανάζι του κινητήρα «ω», ενώ περιστρέφεται.** Το ροπόκλειδο εδώ ακινητοποιεί το γρανάζι «ω», και στο «ωα» (στο ροπόκλειδο) βλέπουμε ένδειξη ροπής. Επίσης παρατηρούμε πως μόλις ακινητοποιήσαμε το γρανάζι «ω», έχουμε πτώση στις στροφές του κινητήρα. Στα πρώτα βήματα, που το παξιμάδι «φ» δεν είναι ακόμα σφιγμένο, παρατηρούμε μικρή πτώση στις στροφές του κινητήρα και μικρή μέτρηση ροπής στο «ωα», ενώ σταματάμε να λαμβάνουμε μετρήσεις όταν το παξιμάδι «φ» είναι σφιγμένο αρκετά, ώστε να σταματά η λειτουργία του κινητήρα. Σε αυτό το σημείο, η ροπή που παράγει ο κινητήρας δεν είναι αρκετή για να ξεπεράσει την τριβή μεταξύ του δίσκου «τ» και των κεραμικών επιθεμάτων «υ», και μόλις ακινητοποιηθεί το γρανάζι «ω» σταματά η περιστροφή του κινητήρα.
6. Εφόσον ο κινητήρας περιστρέφεται, βιντεοσκοπούμε τη λειτουργία του, καταγράφοντας την περιστροφή του στροφάλου για παραπάνω από ένα λεπτό, κι έπειτα καταγράφουμε το σημείο «ωα», που βρίσκεται η βαθμονόμηση στο ροπόκλειδο, για αρκετό χρόνο, ώστε να έχουμε καθαρή εικόνα για τη ροπή που παράγεται.
7. Για κάθε βίντεο που καταγράψαμε, το αναπαράγουμε σε χαμηλή ταχύτητα και μετράμε τις στροφές. Σαφώς ένα βίντεο με διάρκεια ενός λεπτού θα έχει πολύ μεγαλύτερη διάρκεια σε χαμηλή ταχύτητα αναπαραγωγής, αλλά σε χαμηλή ταχύτητα μπορούμε να διακρίνουμε και να μετρήσουμε τις περιστροφές του στροφάλου, για συγκεκριμένο χρόνο. Έπειτα σταματάμε το βίντεο στο σημείο που φαίνεται η μέγιστη ροπή του κινητήρα στο «ωα» και καταγράφουμε την ένδειξη αυτή.
8. Έπειτα, για κάθε βίντεο που καταγράψαμε, εφόσον έχουμε τις στροφές για συγκεκριμένο χρόνο (για ένα λεπτό) και γνωρίζουμε και τη ροπή, μπορούμε να εφρμόσουμε τον τύπο H, για να βρούμε για κάθε βίντεο την ισχύ του κινητήρα. Εδώ στον τύπο H, ο όρος «RPM» αναφέρεται στις στροφές ανά δευτερόλεπτο, το

οποίο το έχουμε μετρήσει ενώ στον όρο «T» αναφέρεται η ροπή σε «lb-ft» (Βιβλιογραφία 4.2), ενώ το ροπόκλειδο μετράει ροπή σε «N.m», όπως μπορούμε να διακρίνουμε στο «ωα». Για να μετατρέψουμε τα N.m (newton επί μέτρα) σε lb-ft (λίβρες επί πόδια), θα πρέπει να πολλαπλασιάσουμε τα N.m που καταγράψαμε με τον αριθμό 0.73756214927727 (Βιβλιογραφία 4.1). Έπειτα λύνουμε την εξίσωση και καταγράφουμε την ιπποδύναμη «H».

9. Τέλος, επιλέγουμε από τους υπολογισμούς μας το μεγαλύτερο από τα «H» που έχουμε υπολογίσει, και το αναφέρουμε ως μέγιστη ιπποδύναμη του κινητήρα.

Αξίζει να σημειωθεί ότι οι στροφές που μετράμε στο βίντεο είναι του στροφάλου, ενώ τη ροπή τη μετράμε στο γρανάζι «ω». Για να βρούμε τις στροφές στο γρανάζι σε σχέση με τον στρόφαλο, και να βρούμε το «RPM» που εφαρμόσαμε στον τύπο H, καταγράψαμε με το βίντεο την περιστροφή του κινητήρα για ένα λεπτό, το κάναμε αναπαραγωγή σε χαμηλότερη ταχύτητα για να μετρήσουμε τις στροφές του στροφάλου κι έπειτα το κάναμε ξανά αναπαραγωγή για να μετρήσουμε τις στροφές στο γρανάζι. Διαιρώντας τις στροφές του στροφάλου με τις στροφές του γραναζιού βρήκαμε ότι για τέσσερις περιστροφές του στροφάλου έχουμε μία στο γρανάζι. Οι κατασκευαστές μετράνε τις στροφές και τη ροπή στον στρόφαλο, ενώ στη δυναμομέτρηση καταγράφεται η δύναμη στους τροχούς του οχήματος (Βιβλιογραφία 5.1). Στον συγκεκριμένο κινητήρα, η ροπή και οι στροφές αναφέρονται στο γρανάζι «ω», καθώς ο κινητήρας δεν βρίσκεται σε κάποιο όχημα για να μετρήσουμε την ισχύ του στους τροχούς.

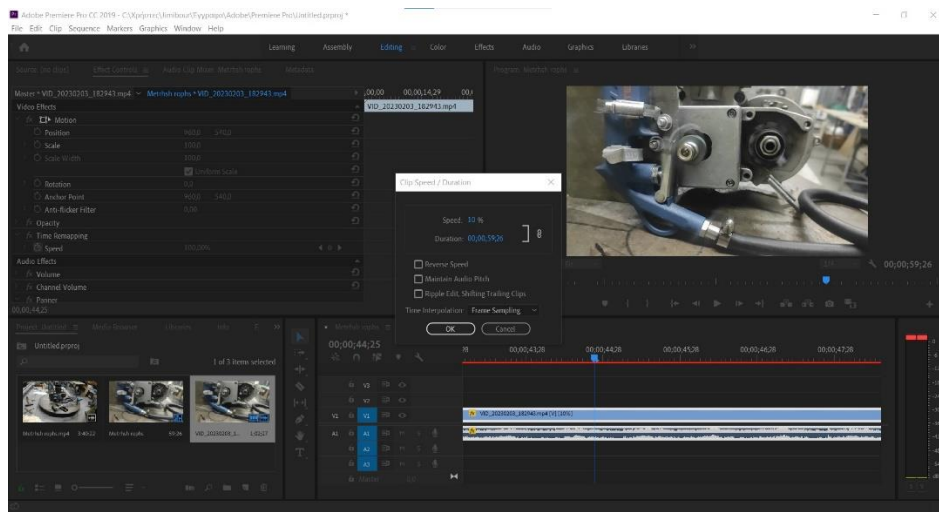
Η καλύτερη λοιπόν μέτρηση που καταγράψαμε για τον κινητήρα σε λειτουργία αέρα είναι με 564 στροφές ανά λεπτό στον στρόφαλο, ενώ στο γρανάζι είναι:

$$564/4=141.$$

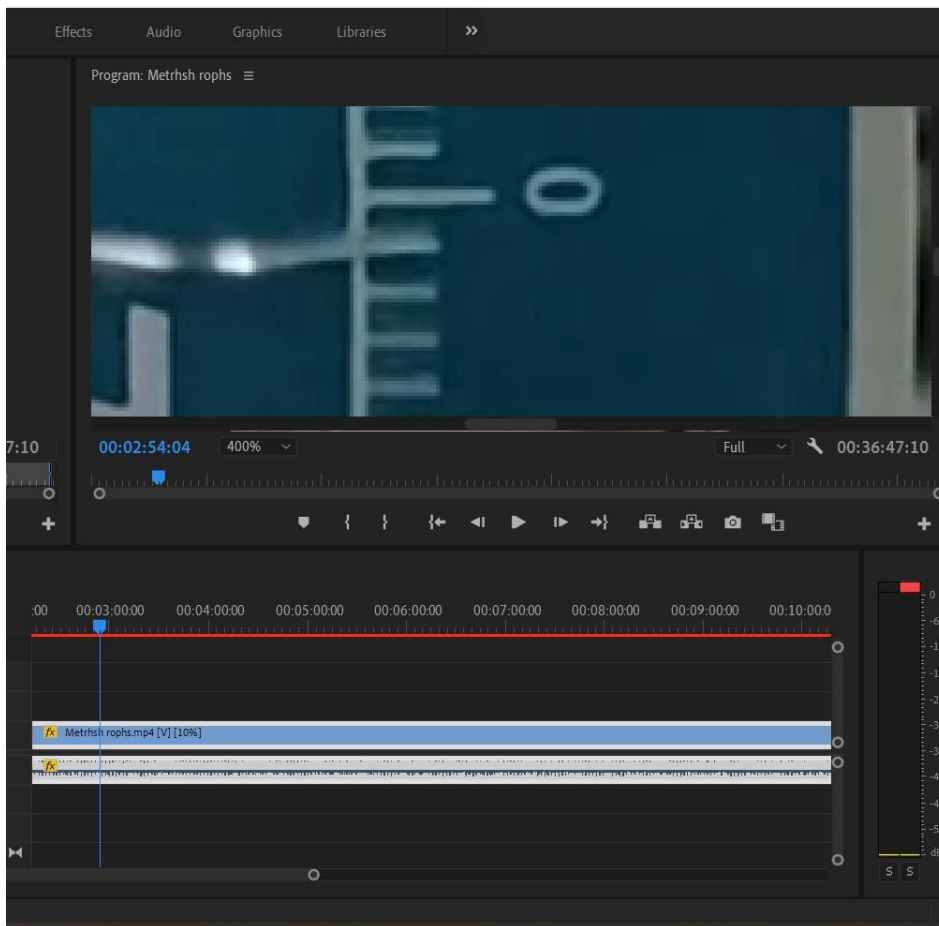
Η μέγιστη ροπή που καταγράψαμε, εάν κάνουμε μεγέθυνση 400% στο βίντεο, είναι κοντά στα 10N.m, ενώ αν παρατηρήσουμε το βίντεο θα διαπιστώσουμε ότι η ροπή στιγμιαία αγγίζει τα 10N.m. Στην πρώτη επόμενη φωτογραφία αριστερά φαίνεται στιγμιότυπο του βίντεο που καταγράφουμε τις στροφές του κινητήρα, ενώ στη δεύτερη (δεξιά) βλέπουμε στιγμιότυπο από το ίδιο βίντεο που καταγράφουμε τη ροπή στο ροπόκλειδο.



Για να αναπαράγουμε το βίντεο σε χαμηλότερη ταχύτητα, χρησιμοποιήσαμε λογισμικό επεξεργασίας βίντεο και κατεβάσαμε την ταχύτητα στο 10%, όπως φαίνεται στην επόμενη φωτογραφία:



Εδώ έχουμε εφαρμόσει ταχύτητα αναπαραγωγής 10% κι έχουμε μετρήσει στο βίντεο τις στροφές του στροφάλου, καταγράφοντας τις φορές που το αμύγδαλο πιέζει τη βαλβίδα στο πιστόλι αέρα. Στην επόμενη φωτογραφία έχουμε κάνει μεγέθυνση 400% στη βαθμονόμηση στο ροπόκλειδο στο «ωα», για να καταγράψουμε τη ροπή:



Βλέπουμε πως ο δείκτης μας βρίσκεται πολύ κοντά στην πρώτη γραμμή στη βαθμονόμηση που έχει το ροπόκλειδο, κι εφόσον το ροπόκλειδο, όπως φαίνεται στην παρακάτω φωτογραφία, έχει ένδειξη από 0 έως 300N.m, και ανά 10 γραμμές μετράμε 100N.m, μπορούμε να διαπιστώσουμε πως η ροπή που καταγράφουμε είναι κοντά στα 10N.m.



Για να βρούμε την ισχύ θα εφαρμόσουμε τον τύπο Η. Αρχικά έχουμε καταγράψει 141 στροφές στο γρανάζι ανά λεπτό και 10N.m ροπή. Εφόσον ο τύπος αναφέρεται σε μονάδα lb-ft, θα πρέπει να κάνουμε τη μετατροπή. Άρα για την ροπή θα έχουμε:

$$T = 10 \times 0,73756214927727 = 7,3756214927727.$$

Η δύναμη σε ίππους που μπορεί να παράγει ο κινητήρας μετά την μετατροπή είναι:

$$H = (7,3756214927727 \times 141)/5252 = 0,198012686687157$$

δηλαδή ισχύ 0,2 ίππων.

Για να βρούμε επίσης την ισχύ σε kW, κι εφόσον έχουμε την ισχύ σε ίππους, θα πολλαπλασιάσουμε αυτή την ισχύ με τον συντελεστή 0,73549875 (Βιβλιογραφία 5.7). Άρα η ισχύ σε

$$kW = 0,2 * 0,73549875 = 0,14709975.$$

Επομένως, ο κινητήρας παράγει ισχύ 0,2 ίππους ή 0,15kW.

Αξίζει να σημειωθεί ότι τα αποτελέσματα που λάβαμε από τη μέτρηση ήταν αναμενόμενα, με βάση την αρχική ισχύ τεσσάρων ίπων που μπορούσε να παράγει ο κινητήρας σε λειτουργία βενζίνης. Σε λειτουργία αέρα, μετρήσαμε ισχύ 0,2 ίππων, ενώ παρατηρήσαμε κατά τη διάρκεια των δοκιμών πως αν ασκήσουμε ροπή ή αντίσταση, ο κινητήρας είναι εύκολο να σταματήσει, κι εφόσον μπορεί με μικρή αντίσταση να σταματήσει, είναι αδύνατο, αν τοποθετηθεί σε όχημα, να μεταφέρει κάποιον αναβάτη.

Επίσης, εκτελέσαμε μία ακόμα δοκιμή στον κινητήρα μετά τη μετατροπή. Αφήσαμε τη δεξαμενή να γεμίσει στα 100 psi, και αφήσαμε τον κινητήρα να περιστρέφεται, χωρίς να είναι ενεργός ο συμπιεστής για να γεμίζει εκ νέου τη δεξαμενή, και μετρήσαμε τον χρόνο που λειτούργησε ο κινητήρας, ώσπου να αδειάσει η δεξαμενή και να σταματήσει. Το μέγεθος της δεξαμενής αέρα που χρησιμοποιούμε είναι 150 λίτρα, ρυθμισμένη στα 100 psi. Έτσι συνδέσαμε τον κινητήρα σε γεμάτη δεξαμενή, και μετρήσαμε επτά λεπτά λειτουργίας μέχρι να σταματήσει. Η περιστροφή του σταμάτησε όταν η πίεση στη δεξαμενή έφτασε τα 40 psi, που δεν αρκούν για την περιστροφή του.

Με αυτή τη μέτρηση μπορούμε να γνωρίζουμε με μία γεμάτη δεξαμενή, πόση ώρα μπορεί ο κινητήρας να λειτουργεί, ενώ μάς δίνεται και μια πληροφόρηση για την αυτονομία του, το έργο που μπορεί να παράγει με μια ποσότητα πεπιεσμένου αέρα, μέχρι να χρειάζεται ξανά γέμισμα η δεξαμενή.

Εφόσον γνωρίζουμε πλέον την ισχύ που παράγει ο κινητήρας μας, μπορούμε να συνεχίσουμε την αξιολόγηση της κατασκευής μας, της μετατροπής ενός κινητήρα που σχεδιάστηκε να λειτουργεί με βενζίνη, ώστε να λειτουργεί με πεπιεσμένο αέρα. Έτσι στο επόμενο κεφάλαιο θα αναλύσουμε τα συμπεράσματά μας, θα αξιολογήσουμε την κατασκευή μας, και θα διατυπώσουμε τις γνώσεις που αποκομίσαμε, μέσα από την διαδικασία που ακολουθήσαμε.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Για την παρούσα πτυχιακή εργασία, τη μετατροπή κινητήρα λειτουργίας βενζίνης ώστε να λειτουργεί με πεπιεσμένο αέρα, χρησιμοποιήσαμε έναν κινητήρα που γνωρίζουμε και χρησιμοποιούσαμε ως μέσο μετακίνησης για μεγάλο χρονικό διάστημα. Εδώ το πρώτο συμπέρασμα που διατυπώνουμε είναι πως για να μετατρέψουμε κάτι, να το παραμετροποιήσουμε, διαπιστώσαμε πως πρώτα πρέπει να το γνωρίζουμε καλά. Αυτό ήταν το αρχικό κριτήριο για την επιλογή του συγκεκριμένου κινητήρα, καθώς μάς βοήθησε να σχεδιάσουμε τα βήματα που ακολουθήσαμε και τελικά να επιτύχουμε τη λειτουργία του με πεπιεσμένο αέρα.

Η δεύτερη διαπίστωση που διατυπώνουμε είναι πως για να μετατραπεί η λειτουργία ενός κινητήρα ή να μεταβληθεί η λειτουργία του χρειάζεται προσθήκη ή διαμόρφωση τμημάτων σε αυτόν. Για να διαμορφώσουμε τμήματα και να προσθέσουμε εξαρτήματα χρειάστηκε πλήθος εργαλείων, όπως κολωνάτο δράπανο, ηλεκτροπόντα, ψαλίδι μετάλλου και τριβείο, τα οποία απαιτούν μέτρα προστασίας κι εμπειρία για να επιχειρήσουμε τη μετατροπή στον συγκεκριμένο κινητήρα. Επίσης χρειάστηκαν και μέταλλα, τα οποία μπορεί να περίσσεψαν από άλλες εργασίες, για να διαμορφωθούν εκ νέου και να τοποθετηθούν στον κινητήρα. Το συμπέρασμα λοιπόν είναι πως χρειάστηκε μηχανουργείο για την ολοκλήρωση της κατασκευής, της διαμόρφωσης και προσθήκης τμημάτων στον κινητήρα, και χωρίς τα εργαλεία αυτά θα έπρεπε να αναθέσουμε τη διαμόρφωση των τμημάτων αυτών σε επιχειρήσεις που πραγματοποιούν διαμόρφωση μετάλλων, πράγμα που θα μπορούσε να αυξήσει το κόστος της κατασκευής, ή τον χρόνο για την ολοκλήρωσή της.

Το τρίτο συμπέρασμα που θα καταγράψουμε αναφέρεται σε ένα σύστημα παραγωγής ενέργειας, όπως ένα φωτοβολταϊκό ή μία ανεμογεννήτρια, που μπορεί σε συγκεκριμένες ώρες η ενέργεια που παράγεται να είναι σε περίσσεια σε σχέση με τη ζήτηση. Την ενέργεια αυτή μπορούμε να την αποθηκεύσουμε σε πεπιεσμένο αέρα, με τη χρήση ενός αεροσυμπιεστή που θα γεμίζει μία δεξαμενή αέρα. Όταν έχουμε ανάγκη για ενέργεια, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τον αέρα που βρίσκεται στη δεξαμενή, για να περιστρέψουμε τον κινητήρα μας, και συνδέοντας το γρανάζι του κινητήρα με μια γεννήτρια, μπορούμε να παράγουμε ηλεκτρική ισχύ.

Για τη μετατροπή διαλέξαμε αυτό τον κινητήρα λόγω της προηγούμενης χρήσης κι εμπειρίας μας με αυτόν, σε λειτουργία βενζίνης, χωρίς να είμαστε σε θέση, κατά την επιλογή του, να εκτιμήσουμε τη λειτουργικότητα ή την απόδοσή του με χρήση πεπιεσμένου αέρα. Έτσι μπορούμε να υποθέσουμε πως η μετατροπή είναι εφικτή και σε άλλους κινητήρες βενζίνης, με μεγαλύτερο κυβισμό ή απόδοση. Επίσης, παρόλο που χρειάστηκαν εξειδικευμένα και ακριβά εργαλεία για τη μετατροπή του κινητήρα, το κόστος των εξαρτημάτων που χρησιμοποιήθηκαν για τη μετατροπή της λειτουργίας του υπήρξε εξαιρετικά μικρό.

Λαμβάνοντας υπόψη αυτούς τους παράγοντες, μπορούμε να υποστηρίξουμε ότι σε ένα σύστημα αποθήκευσης ενέργειας, που η περίσσεια ενέργεια θα χρησιμοποιείται στη συμπίεση του αέρα, μπορούμε να τοποθετήσουμε έναν κινητήρα βενζίνης, μετατρέποντας τον να λειτουργεί με πεπιεσμένο αέρα. Ο άξονας του κινητήρα συνδέεται σε μια γεννήτρια, και όταν υπάρχει ζήτηση, ο αέρας ενεργοποιεί τον κινητήρα και παράγεται ηλεκτρική ενέργεια. Το πλεονέκτημα εδώ είναι πως εάν διαθέτουμε έναν κινητήρα βενζίνης, όπως για παράδειγμα από ένα παλιό αυτοκίνητο, μπορούμε να μειώσουμε το κόστος της εγκατάστασης αποθήκευσης ενέργειας, καθώς δεν θα χρειαστεί η αγορά ενός νέου κινητήρα που λειτουργεί με αέρα.

Το τέταρτο συμπέρασμα που θα καταγράψουμε αφορά τη μετατροπή. Εδώ είχαμε ως σκοπό να αλλάξουμε τη λειτουργία ενός κινητήρα που σχεδιάστηκε να λειτουργεί με βενζίνη, ώστε να λειτουργεί με πεπιεσμένο αέρα. Επομένως ο κινητήρας δεν σχεδιάστηκε για να μετατραπεί στο μέλλον, και δεν παρέχονται οδηγίες για την αλλαγή της λειτουργίας του. Εδώ

για να οργανώσουμε κάποιο σχέδιο για τη μετατροπή του χρησιμοποιήσαμε γνώση που προέρχεται από άλλες παλαιότερες κατασκευές. Παραδείγματα αφορούν το ροπόκλειδο, το οποίο είχαμε χρησιμοποιήσει παλαιότερα για τη συναρμολόγηση ενός κινητήρα που λειτουργεί σε πολύ υψηλές στροφές, και οι μηχανικοί συμβούλεψαν τη χρήση του, ή τα κόντρα παξιμάδια, που χρησιμοποιήθηκαν ως λύση για όχημα που είχε αυξηθεί πολύ η ισχύς του, και οι παραπάνω δονήσεις του προκαλούσαν το λύσιμο των παξιμαδιών από τις βίδες. Έτσι λοιπόν, όπως μάθαμε από την προηγούμενη εμπειρία, π.χ. τα κόντρα παξιμάδια τα χρησιμοποιήσαμε και σε αυτή την κατασκευή, έτσι και την εμπειρία που αποκομίσαμε από αυτή την κατασκευή μπορούμε να την χρησιμοποιήσουμε σε άλλες μελλοντικές κατασκευές ή να επιλύσουμε θέματα που μπορεί να παρουσιαστούν.

Με βάση τα παραπάνω, μπορούμε να συμπεράνουμε πως κάθε κατασκευή ή έργο που ολοκληρώνουμε, κάθε εμπόδιο που ξεπερνάμε, μάς παρέχει, με νέα γνώση κι εμπειρία, εργαλεία χρήσιμα στην ολοκλήρωση μεγαλύτερων ή διαφορετικών κατασκευών κι εφαρμογών στο μέλλον.

Τέλος, ως πέμπτο συμπέρασμα αναφέρουμε τη γνώση που αποκομίσαμε κατά τη συγγραφή του θεωρητικού μέρους. Εδώ μελετήσαμε τα συστήματα αποθήκευσης ενέργειας με χρήση πεπιεσμένου αέρα, τη λειτουργία τους και την απόδοσή τους, η οποία μπορεί να φτάσει το 70%. Επίσης αναφερθήκαμε σε διάφορες κατασκευές με χρήση πεπιεσμένου αέρα που είναι λειτουργικές και παρέχουν επιλογές, είτε ως μηχανές που λειτουργούν με αέρα, είτε ως αυτοτροφοδοτούμενα συστήματα, όπου η παραγωγή ισχύος είναι μεγαλύτερη από την κατανάλωσή τους. Επομένως, με βάση τα παραπάνω, μπορούμε να συμπεράνουμε πως η χρήση του πεπιεσμένου αέρα μπορεί να δώσει λύσεις, και να συμβάλλει στη μετάβαση σε καθαρότερες, μη ρυπογόνες μορφές ενέργειας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1.1 <https://www.renovablesverdes.com/el/almacenamiento-aire-comprimido-generar-electricidad/>
- 1.2 <https://energypress.gr/news/apothikeyysi-iliakis-kai-aiolikis-energeias-hrisimopointas-pepiesmeno-aera>
- 1.3 http://www.fze.uni-saarland.de/AKE_Archiv/AKE2003H/AKE2003H_Vortraege/AKE2003H03c_Crotogino_ea_HuntorfCAES_CompresedAirEnergyStorage.pdf
Η εικόνα βρίσκεται στη σελίδα 2, στο PDF.
- 1.4 http://archive.eclass.uth.gr/eclass/modules/document/file.php/MHXB122/Enotita_5.pdf
Ν. Ανδρίτσος: «Ενέργεια και Περιβάλλον», σελίδα 291 (ενότητα 5).
- 1.5 <https://www.worldenergynews.gr/energeia/articles/524237/55>
- 1.6 <https://www.power-technology.com/marketdata/kraftwerk-huntorf-compressed-air-energy-storage-system-germany/>
- 1.7 https://ease-storage.eu/wp-content/uploads/2016/03/EASE_TD_ACAES.pdf
Στη σελίδα 1, στο PDF, αναγράφεται η απόδοση για τα A-CAES.

- 2.1 <https://www.technologyreview.com/2008/01/16/222340/the-air-car-preps-for-market/>
- 2.2 https://www.researchgate.net/publication/358710193_Practical_Guide_to_%27Free-Energy%27_Devices_Version_348
A Practical Guide to Free-Energy Devices, Chapter 8, σελίδα 682. Συγγραφέας: Patrick J. Kelly.
- 2.3 <http://www.rexresearch.com/neal/neal.htm>
- 2.4 https://www.aircaraccess.com/pdf/neal/bob_neal_technical.pdf
- 2.5 <https://www.aircaraccess.com/pdf/russell/Edward%20Felix%20Russell%201882-1949%20Air%20Engine%20&%20Compressor%20Unit.pdf>

- 3.1 https://www.autoevolution.com/moto/honda-c50-super-cub-1966.html#aeng_honda-c50-super-cub-1966-49
- 3.2 <https://www.evoke-classics.com/buyers-guides/honda-cub-c50-c70-c90/>
- 3.3 <https://www.boats.net/blog/2-stroke-vs-4-stroke-outboards-pros-cons>
- 3.4 https://energyeducation.ca/encyclopedia/Two_stroke_engine
- 3.5 <https://www.howacarworks.com/pistons>
- 3.6 <https://marineengineparts.com/ngk-6729-bp8hs-15-standard-spark-plug/>
- 3.7 <http://www.nightrider.com/biketech/hdheadtorquevalues.htm>

- 4.1 <https://www.convertunits.com/from/lb-ft/to/N-m>
- 4.2 <https://www.caranddriver.com/news/a15347872/horsepower-vs-torque-whats-the-difference/>
- 4.3 <https://power-bicycle.com/tuning/clutch/>

- 5.1 <https://www.rideapart.com/news/257915/how-a-dyno-measures-horsepower/>
- 5.2 <https://www.dundonmotorsports.com/blogs/articles/how-to-read-a-dyno-graph>
- 5.3 <https://www.edmunds.com/car-technology/horsepower-gross-vs-real-world.html>
- 5.4 <https://www.digitalcitizen.life/30-60-fps-best-for-smartphone-video-recording/>
- 5.5 <https://simplecarguides.com/how-can-you-save-fuel-while-driving-on-hills/>
- 5.6 <https://www.onlyrevo.com/blog/rolling-roads-dynos-explained/>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ - ΛΙΣΤΑ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ

Ο κινητήρας που επιλέξαμε για μετατροπή αναγράφεται ως:

- Κινητήρας 60cc, από πακέτο για μετατροπή ποδηλάτου σε μοτοποδήλατο.

Για τη μετατροπή της λειτουργίας του κινητήρα χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω εξαρτήματα:

- Πιστόλι αέρα, με μέγιστη δύναμη 12 bar.
- Ρακόρ με σπείρωμα 1/4 της ίντσας.
- Τέσσερις βίδες M4 με μακρύ μήκος και οκτώ κόντρα παξιμάδια.
- Ένας μικρός και δύο μεγάλοι μεταλλικοί σφικτήρες.
- Δύο βίδες M6 με τέσσερις ροδέλες κι έξι κόντρα παξιμάδια.
- Σωληνάκι μαύρο μεγάλου μήκους.
- Απόκομμα μεταλλικής πλάκας.
- Βίδα M8 με κεφαλή άλλεν και με τρία παξιμάδια κόντρα.
- Σύρμα μεγάλου μήκους και ροδέλα, συγκολλημένα.
- Παξιμάδι με μακρύ μήκος M8.
- Ταχυσύνδεσμος αέρα με σπείρωμα 1/4 της ίντσας.
- Λεπτό, πλαστικό ή ξύλινο καλάμι.
- Κόλλα δύο συστατικών.
- Λάδι μηχανής για τη λίπανση του κινητήρα.

Για τη λειτουργία του κινητήρα χρησιμοποιούμε:

- Αεροσυμπιεστή με δεξαμενή συμπίεσης αέρα 150 λίτρων, με σύνδεση στο πιστόλι αέρα.

Για τη μέτρηση της ισχύος του κινητήρα χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω εξαρτήματα:

- Ροπόκλειδο με κλίμακα 0 έως 300 N.m (Νιούτον επί μέτρο).
- Καρυδάκι διαμέτρου 22mm, για εφαρμογή στο ροπόκλειδο.
- Ροδέλα και γκρόβερ για βίδα M4.
- Έξυπνη κινητή συσκευή με κάμερα, για βιντεοσκόπηση της λειτουργίας του κινητήρα.
- Λογισμικό Adobe Premiere για την επιβράδυνση της ταχύτητας αναπαραγωγής στο βίντεο.

Ως εργαλεία για την κατασκευή χρησιμοποιήσαμε:

- Σταυρωτό και ίσιο κατσαβίδι.
- Ηλεκτροπόντα.
- Τριβείο.
- Ψαλίδι κοπής μετάλλου.
- Κολωνάτο δράπανο.
- Πένσα και μυτοτσίμπιδο.
- Γερμανικό κλειδί με μέγεθος 10mm.