

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

# ΜΕΛΕΤΗ ΤΥΠΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΟΥ FORMULA STUDENT



ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ: ΑΓΓΕΛΟΠΟΥΛΟΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ (ΑΜ 5664)

ΚΑΠΟΓΙΑΝΝΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ (ΑΜ 5327)

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΕΥΘΥΜΙΟΥ ΑΝΔΡΕΑΣ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟΣ ΥΠΟΤΡΟΦΟΣ

ΠΑΤΡΑ 2016

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν τεύχος αποτελεί την πτυχιακή εργασία που εκπονήθηκε στο Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε. της Σχολής Τεχνολογικών Εφαρμογών του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Δυτικής Ελλάδας και έχει ως αντικείμενο την συγκριτική αξιολόγηση των κινητήριων συνόλων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ένα μονοθέσιο του διαγωνισμού της Formula SAE. Παρουσιάζονται αναλυτικά τα τεχνικά χαρακτηριστικά των υποψήφιων κινητήρων, συγκρίνονται και επιλέγεται ο καταλληλότερος κινητήρας για τη συμμετοχή στο διαγωνισμό. Επίσης, γίνεται επίσης εκτενής αναφορά στο σύστημα κίνησης των βαλβίδων, το σύστημα λίπανσης και τα λιπαντικά που θα χρησιμοποιηθούν.

Θέλουμε να ευχαριστήσουμε θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μας κ. Ευθυμίου Ανδρέα για την υπόδειξη του θέματος καθώς και για την πολύ σημαντική βοήθεια που μας προσέφερε κατά την διάρκεια εκπόνησης της εργασίας.

Αγγελόπουλος Παναγιώτης  
Καπόγιαννης Δημήτριος  
Μάιος 2016

**Υπεύθυνη Δήλωση Σπουδαστών:** Οι κάτωθι υπογεγραμμένοι σπουδαστές έχουμε επίγνωση των συνεπειών του Νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνουμε υπεύθυνα ότι είμαστε συγγραφείς αυτής της Πτυχιακής Εργασίας, αναλαμβάνοντας την ευθύνη επί ολοκλήρου του κειμένου εξ ίσου, έχουμε δε αναφέρει στην Βιβλιογραφία μας όλες τις πηγές τις οποίες χρησιμοποιήσαμε και λάβαμε ιδέες ή δεδομένα. Δηλώνουμε επίσης ότι, οποιοδήποτε στοιχείο ή κείμενο το οποίο έχουμε ενσωματώσει στην εργασία μας προερχόμενο από Βιβλία ή άλλες εργασίες ή το διαδίκτυο, γραμμένο ακριβώς ή παραφρασμένο, το έχουμε πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα και έχουμε αναφέρει ανελλιπώς το όνομά του και την πηγή προέλευσης.

Οι σπουδαστές

Αγγελόπουλος Παναγιώτης

Καπόγιαννης Δημήτριος

.....  
(Υπογραφή)

.....  
(Υπογραφή)

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να μελετηθούν τα υποψήφια κινητήρια σύνολα που θα μπορούσαν να τοποθετηθούν σε ένα μονοθέσιο του θεσμού της Formula SAE.

Για το λόγο αυτό στο Κεφάλαιο 1 γίνεται μελέτη και παρουσίαση των διαφορετικών ειδών δοκιμασιών που περιλαμβάνονται κατά τη διάρκεια του αγώνα και πως βαθμολογείται η επίδοση του μονοθέσιου σε κάθε ένα από αυτά ώστε να διαμορφωθεί η τελική κατάταξη των υποψήφιων ομάδων.

Στο Κεφάλαιο 2 γίνεται μια παρουσίαση της τεχνολογίας του συστήματος κίνησης των βαλβίδων ενός κινητήρα με πρόσθετες πληροφορίες σχετικά με συστήματα μεταβλητού χρονισμού βαλβίδων σε αυτοκίνητα και μοτοσυκλέτες.

Στο Κεφάλαιο 3 δίνονται πληροφορίες για τα συστήματα λίπανσης ξηρού και υγρού κάρτερ και γίνεται αναφορά στα λιπαντικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ανάλογα με την εκάστοτε εφαρμογή του κινητήρα.

Στη συνέχεια, αφού έγινε εκτενής έρευνα σε ομάδες που έχουν συμμετάσχει στο παρελθόν στο διαγωνισμό με δικά τους μονοθέσια, δημιουργήθηκε η πρώτη ομάδα υποψήφιων κινητήρων. Αυτή η ομάδα, έπειτα από έρευνα αγοράς προκειμένου να συγκεντρωθούν και τα νεότερα μοντέλα κινητήρων που είναι διαθέσιμα στην αγορά, παρουσιάζεται εκτενώς στο Κεφάλαιο 4.

Τέλος, στο κεφάλαιο 5 παρουσιάζονται αναλυτικά τα συμπεράσματα που προέκυψαν από τη σύγκριση των κινητήρων καθώς και η τελική επιλογή κινητήρα,

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. FORMULA SAE-STUDENT .....	1
1.1 ΓΕΝΙΚΑ .....	1
1.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ .....	2
1.3 ΣΚΟΠΟΣ ΤΟΥ ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΟΥ .....	4
14. ΔΟΚΙΜΑΣΙΕΣ .....	6
1.4.1 Γενικά .....	6
1.4.2 Στατικά Αγωνίσματα .....	7
1.4.3 Σχεδιασμός (Design event).....	7
1.4.4 Κόστος (Cost event) .....	8
1.4.5 Παρουσίαση (Presentation event).....	9
1.4.6 Τεχνικός Έλεγχος .....	11
1.4.7 Δυναμικά Αγωνίσματα .....	15
1.4.8 Επιτάχυνση (AccelARATION event) .....	15
1.4.9 Οχτάρια (Skidpad event) .....	15
1.4.10 Γύρος κατάταξης (Sprint-Autocross event).....	17
1.4.11 Αγώνας Αντοχής (Endurance event) .....	19
1.4.12 Οικονομία καυσίμου (Fuel economy) .....	21
1.4.13 Βαθμολογία .....	21
1.5 ΒΑΣΙΚΟΙ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ .....	22
1.6 ΣΤΟΧΟΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ .....	24
2. ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΙΝΗΣΗΣ ΒΑΛΒΙΔΩΝ .....	25
2.1 Μετατροπή παλινδρομικής σε περιστροφική κίνηση .....	25
2.1.1 Σώμα των κυλίνδρων (Μπλοκ).....	26
2.1.2 Έμβολα και εξαρτήματά τους.....	27
2.1.3 Διωστήρας .....	28
2.1.4 Στροφαλοφόρος άξονας.....	29
2.1.5 Σφόνδυλος .....	30
2.2 Εκκεντροφόρος άξονας-βαλβίδες.....	32
2.2.1 Εκκεντροφόρος άξονας .....	32
2.2.2 Βαλβίδες .....	37

2.2.3 Μετάδοση κίνησης στον εκκεντροφόρο.....	42
2.2.4 Μηχανισμός κίνησης.....	45
2.3 Μεταβλητός Χρονισμός Βαλβίδων σε αυτοκίνητα .....	45
2.4 Μεταβλητός Χρονισμός Βαλβίδων σε μοτοσυκλέτες .....	50
3. ΣΥΣΤΗΜΑ ΛΙΠΑΝΣΗΣ .....	57
3.1 Εισαγωγή.....	57
3.2 Τμήματα Συστήματος Λίπανσης .....	57
3.2.1 Δεξαμενές Λαδιού (κάρτερ).....	57
3.2.2 Αντλία λαδιού.....	58
3.2.3 Βαλβίδα ανακούφισης με ελατήριο.....	60
3.2.4 Φίλτρο λαδιού.....	61
3.2.5 Ψυγείο λαδιού.....	62
3.3 Σύστημα υγρού κάρτερ.....	63
3.4 Σύστημα ξηρού κάρτερ .....	64
3.5 Λιπαντικά κινητήρων .....	65
3.5.1 Ιξώδες λιπαντικών .....	66
3.5.2. Κατηγορίες λιπαντικών .....	66
3.5.3. Ιδιότητες-χαρακτηριστικά λιπαντικών .....	68
3.5.4 Συνθετικά λιπαντικά.....	69
4 ΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ .....	71
4.1 HONDA.....	71
4.1.1 CB 500 F .....	71
4.1.2 CBR 600 F.....	72
4.1.3 CBR 600 RR.....	74
4.2 YAMAHA .....	76
4.2.1 WR450F .....	76
4.2.2 YZF-R6.....	77
4.3 KTM.....	79
4.3.1 EXC 500.....	79
4.3.2 450 EXC.....	80
4.3.3 450 SX-F .....	82
4.4 APRILLIA.....	83

4.4.1 SXV 550 .....	83
4.4.2 RXV 450.....	84
4.5 KAWASAKI .....	85
4.5.1 KX 450 F .....	85
4.6 SUZUKI .....	88
4.6.1 GSX-R600 .....	88
4.6.2 RM Z450 .....	89
4.7 Συγκεντρωτικά στοιχεία κινητήρων .....	91
4.8 Σύγκριση κινητήρων.....	93
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	97
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	99

## ΛΙΣΤΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1.1: Λογότυπο διαγωνισμού Formula Student	1
Εικόνα 1.2: Λογότυπο διαγωνισμού Formula SAE	2
Εικόνα 1.3: Συμμετοχές από όλο τον κόσμο σε αγώνα Formula Student.	3
Εικόνα 1.4: Τα μονοθέσια με τα οποία έλαβε μέρος στους αγώνες Formula Student το Πανεπιστήμιο Πατρών τα προηγούμενα χρόνια.	3
Εικόνα 1.5: Το ηλεκτροκίνητο μονοθέσιο UoP4e του Πανεπιστημίου Πατρών	4
Εικόνα 1.6: Τα κύρια χαρακτηριστικά ενός βενζινοκίνητου μονοθέσιου.	5
Εικόνα 1.7: Εξέταση οχήματος από κριτές του διαγωνισμού στο στατικό αγώνισμα Design Event	8
Εικόνα 1.8: Το αγώνισμα της παρουσίασης	10
Εικόνα 1.9: Τεχνικός έλεγχος οχήματος από τους μηχανικούς του διαγωνισμού	12
Εικόνα 1.10: Το tilt test	13
Εικόνα 1.11: Το noise test	14
Εικόνα 1.12: Το Brake test	14
Εικόνα 1.13: Σχεδιάγραμμα αγωνίσματος οχταριών (skidpad)	16
Εικόνα 1.14: Το αγώνισμα των οχταριών	17
Εικόνα 1.15: Το αγώνισμα του γύρου κατάταξης	18
Εικόνα 1.16: Στιγμιότυπο του Endurance Event, του σημαντικότερου δυναμικού αγωνίσματος	20
Εικόνα 2.1: Σχηματική διάταξη κινηματικού μηχανισμού κινητήρα εσωτερικής καύσης.	26
Εικόνα 2.2: Κορμός 2-κύλινδρου σε διάταξη V κινητήρα μοτοσυκλέτας	27
Εικόνα 2.3: Έμβολο με τα ελατήρια συμπίεσης και λαδιού	28
Εικόνα 2.4: Τα επιμέρους τμήματα του διωστήρα	29
Εικόνα 2.5: Τα μέρη του στροφαλοφόρου άξονα	30
Εικόνα 2.6: Ο στροφαλοφόρος άξονας και ο σφόνδυλος	31
Εικόνα 2.7: Παράδειγμα δομής του βολάν.	31
Εικόνα 2.8: Σύστημα διανομής καυσίμου και απαγωγής καυσαερίων	32
Εικόνα 2.9: Μορφή εκκεντροφόρου άξονα.	33
Εικόνα 2.10: Διάταξη με τον εκκεντροφόρο στα πλάγια και τις βαλβίδες επικεφαλής.	34
Εικόνα 2.11: Διάταξη εκκεντροφόρου επικεφαλής με τις βαλβίδες να κινούνται από ζύγωθρα.	35
Εικόνα 2.12: Διάταξη με τον εκκεντροφόρο επικεφαλής με τις βαλβίδες να κινούνται απευθείας από τα έκκεντρα	35
Εικόνα 2.13: Κινητήρας με δύο εκκεντροφόρους επικεφαλής.	36
Εικόνα 2.14: Διάταξη με εκκεντροφόρο και τις βαλβίδες στα πλάγια α) εκκεντροφόρος β) έκκεντρο γ) ωστήριο δ) βίδα ρύθμισης ε) ελατήριο βαλβίδας στ) οδηγός ζ) βαλβίδα.	36
Εικόνα 2.15: Μέρη της βαλβίδας και διάταξη λειτουργίας της	38
Εικόνα 2.16: Διάταξη συγκράτησης της ασφάλειας των ελατηρίων.	38
Εικόνα 2.17: Κύριες διαστάσεις της βαλβίδας.	38
Εικόνα 2.18: α) απλή βαλβίδα β) βαλβίδα ψυχόμενη με νάτριο.	40
Εικόνα 2.19: Δεσμοδρομική βαλβίδα.	40
Εικόνα 2.20: Διάταξη μηχανισμού περιστροφικής βαλβίδας.	41
Εικόνα 2.21: Διάταξη αυτορυθμιζόμενης βαλβίδας με υδραυλικό ωστήριο και εκκεντροφόρο επικεφαλής.	41
Εικόνα 2.22: Τύπος υδραυλικά ρυθμιζόμενου ωστήριου.	42
Εικόνα 2.23: Μετάδοση της κίνησης με γρανάζια.	43
Εικόνα 2.24: Μετάδοση της κίνησης με αλυσίδα σε σύστημα διανομής με εκκεντροφόρο στα πλάγια	43

Εικόνα 2.25: Μετάδοση της κίνησης με αλυσίδα σε σύστημα διανομής με εκκεντροφόρο επικεφαλής	44
Εικόνα 2.26: Μετάδοση της κίνησης με οδοντωτό μάντα.	44
Εικόνα 2.27: Τομή κυλινδροκεφαλής κινητήρα με δύο εκκεντροφόρους επικεφαλής	45
Εικόνα 2.28. Σύστημα VANOS της BMW.	47
Εικόνα 2.29. Σύστημα VTEC της Honda.	47
Εικόνα 2.30. Σύστημα VVT μεταβολής του βυθίσματος των βαλβίδων Variocam Plus της Porsche.	48
Εικόνα 2.31. Σύστημα VVTL-i της Toyota.	49
Εικόνα 2.32. Σύστημα VVEL της Nissan.	50
Εικόνα 2.33. Εκκεντροφόρος εισαγωγής τετρακύλινδρου κινητήρα με περισσότερα έκκετρα από τους συμβατικούς και με δυο διαφορετικά προφίλ για μεταβαλλόμενο βύθισμα και διάρκεια βαλβίδων.	51
Εικόνα 2.34. Σύστημα μεταβαλλόμενου χρονισμού των βαλβίδων σε V2 που κινεί το νεώτερο V-Strom 1000.	52
Εικόνα 2.35. φωτογραφίες υψηλής ανάλυσης από τον λυμένο κινητήρα του νέου GSX-R 1000	53
Εικόνα 2.36. Σύστημα Desmodromic Variable Timing) της Ducati.	55
Εικόνα 2.37. Σύστημα μεταβλητού χρονισμού των βαλβίδων (Variable valve actuation-VVA) του Yamaha NMAX	56
Εικόνα 3.1: Μορφή ελαιολεκάνης.	58
Εικόνα 3.2: Διάταξη ελαιολεκάνης σε κινητήρα.	58
Εικόνα 3.3: Γραναζωτή αντλία λαδιού.	59
Εικόνα 3.4: Οδοντωτή αντλία με κινητήριο τροχό εσωτερικής οδόντωσης.	60
Εικόνα 3.5: Θέση βαλβίδας ανακούφισης στο σύστημα λίπανσης.	61
Εικόνα 3.6: Δομή φίλτρου λαδιού.	62
Εικόνα 3.7: Ψυγείο λαδιού αέρα.	62
Εικόνα 3.8: Διάταξη υγρού κάρτερ.	63
Εικόνα 3.9: Διάταξη ξηρού κάρτερ.	65
Εικόνα 3.10: Δεξαμενή ξηρού κάρτερ.	65
Εικόνα 4.1: Κινητήρας Honda CB 500 F	71
Εικόνα 4.2: Κινητήρας Honda CBR 600 F	72
Εικόνα 4.3 Κινητήρας Honda CBR 600 RR	73
Εικόνα 4.4: Διάγραμμα ροπής και ιπποδύναμης κινητήρα Honda CBR 600 RR	74
Εικόνα 4.5: Κινητήρας Yamaha WR450F	75
Εικόνα 4.6: Κινητήρας Yamaha YZF-R6	76
Εικόνα 4.7: Διάγραμμα ροπής και ιπποδύναμης κινητήρα Yamaha YZF-R6	77
Εικόνα 4.8: Κινητήρας KTM EXC 500	78
Εικόνα 4.9: Διάγραμμα ροπής και ιπποδύναμης κινητήρα KTM EXC 500	79
Εικόνα 4.10: Κινητήρας KTM 450 EXC	79
Εικόνα 4.11: Διάγραμμα ροπής και ιπποδύναμης κινητήρα KTM 450 EXC	80
Εικόνα 4.12: Κινητήρας KTM 450 SX-F	81
Εικόνα 4.13: Διάγραμμα ροπής και ιπποδύναμης κινητήρα KTM 450 SX-F	82
Εικόνα 4.14: Κινητήρας Aprilia SXV 550	82
Εικόνα 4.15: Κινητήρας Aprilia RXV 450	83
Εικόνα 4.16: Κινητήρας Kawasaki KX 450 F	84
Εικόνα 4.17: Διάγραμμα ροπής και ιπποδύναμης κινητήρα Kawasaki KX 450 F	85
Εικόνα 4.18: Κινητήρας Suzuki GSX-R600	86



Εικόνα 4.19: Διάγραμμα ροπής και ιπποδύναμης κινητήρα Suzuki GSX-R600	87
Εικόνα 4.20: Κινητήρας Suzuki RM Z450	88
Εικόνα 4.21: Διάγραμμα ροπής και ιπποδύναμης κινητήρα Suzuki RM Z450	89
Εικόνα 4.22: Συγκριτικό διάγραμμα ιπποδύναμης κινητήρων CBR600RR, ZX-6R, GSX-R600, YZF-R6.	92
Εικόνα 4.23: Συγκριτικό διάγραμμα ροπής κινητήρων CBR600RR, ZX-6R, GSX-R600, YZF-R6.	93
Εικόνα 4.24: Συγκριτικό διάγραμμα βάρους κινητήρων CBR600RR, ZX-6R, GSX-R600, YZF-R6	93
Εικόνα 4.25: Συγκριτικό διάγραμμα ιπποδύναμης κινητήρων 450SX, CRF450R YZ450F	94

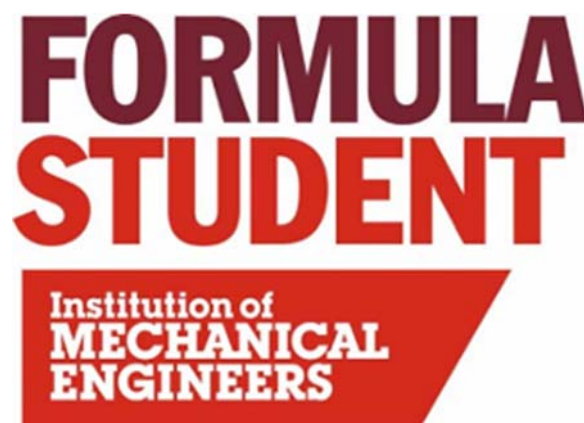
## ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1.1: Βαθμολογία ανά κατηγορία του διαγωνισμού	22
Πίνακας 3.1: Ενδεικτικές κατηγορίες λιπαντικών κατά SAE	67
Πίνακας 3.2: Σχέσεις αριθμών SAE και τιμών ιξώδους	67
Πίνακας 4.1: Τεχνικά χαρακτηριστικά κινητήρα Honda CB 500 F	72
Πίνακας 4.2: Τεχνικά χαρακτηριστικά κινητήρα Honda CBR 600 F	73
Πίνακας 4.3: Τεχνικά χαρακτηριστικά κινητήρα Honda CBR 600 RR	74
Πίνακας 4.4 Τεχνικά χαρακτηριστικά κινητήρα Yamaha WR450F	75
Πίνακας 4.5 Τεχνικά χαρακτηριστικά κινητήρα Yamaha YZF-R6.	76
Πίνακας 4.6 Τεχνικά χαρακτηριστικά κινητήρα KTM EXC 500.	78
Πίνακας 4.7 Τεχνικά χαρακτηριστικά κινητήρα KTM 450 EXC.	80
Πίνακας 4.8 Τεχνικά χαρακτηριστικά κινητήρα KTM 450 SX-F.	81
Πίνακας 4.9 Τεχνικά χαρακτηριστικά κινητήρα Aprillia SXV 550.	83
Πίνακας 4.10 Τεχνικά χαρακτηριστικά κινητήρα Aprillia RXV 450.	84
Πίνακας 4.11 Τεχνικά χαρακτηριστικά κινητήρα Kawasaki KX 450 F.	85
Πίνακας 4.12 Τεχνικά χαρακτηριστικά κινητήρα Suzuki GSX-R600	87
Πίνακας 4.13 Τεχνικά χαρακτηριστικά κινητήρα Suzuki RM Z450	88
Πίνακας 4.14 Συγκεντρωτικός πίνακας τεχνικών χαρακτηριστικών όλων των κινητήρων	89

# 1. FORMULA SAE-STUDENT

## 1.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η Formula Student (FS) και η Formula SAE είναι οι πιο εδραιωμένοι εκπαιδευτικοί διαγωνισμοί του κόσμου που αφορούν τον μηχανοκίνητο αθλητισμό. Η κύρια οργάνωση των περισσότερων διαγωνισμών είναι η SAE International (Society of Automotive Engineers). Ο διαγωνισμός που υποστηρίζεται από τη βιομηχανία και από μηχανικούς υψηλού προφίλ, έχει ως στόχο να εμπνεύσει και να αναπτύξει επιχειρηματικούς και καινοτόμους νέους μηχανικούς.



**Εικόνα 1.1:** Λογότυπο διαγωνισμού Formula Student.

Είναι ένας παγκόσμιος φοιτητικός διαγωνισμός στον οποίο οι φοιτητές έχουν την πρόκληση να σχεδιάσουν και να κατασκευάσουν ένα αγωνιστικό μονοθέσιο αυτοκίνητο με το οποίο πρέπει στη συνέχεια να ανταγωνιστούν εναντίων άλλων ομάδων από όλο τον κόσμο σε ένα από τους διαγωνισμούς Formula Student. Ο διαγωνισμός δεν κερδίζεται μόνο από την ομάδα με το γρηγορότερο αυτοκίνητο, αλλά μάλλον από την ομάδα με το καλύτερο συνολικό πακέτο μηχανολογικού σχεδιασμού, επιδόσεων και σχεδιασμού, οικονομικών και πωλήσεων.



**Εικόνα 1.2:** Λογότυπο διαγωνισμού Formula SAE.

## 1.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Ο πρώτος διαγωνισμός έγινε το 1978 και αρχικά ήταν γνωστός με το όνομα Mini Indy. Το 1981 στις ΗΠΑ άρχισε ο πρώτος διαγωνισμός Formula SAE, στον οποίο 6 ομάδες φοιτητών πήραν μέρος. Για μια δεκαπενταετία ο διαγωνισμός λάμβανε χώρα μια φορά το χρόνο στις ΗΠΑ και γινόταν όλο και περισσότερο γνωστός. Οι ομάδες σταδιακά γίνονταν όλο και πιο πολλές αλλά και ανταγωνιστικές μεταξύ τους. Μόλις το 1987 καταγράφηκε επίδοση πλάγιας επιτάχυνσης στο αγώνισμα του skid pad πάνω από 1 g κατά μέσο όρο. Το 1996 ο αριθμός των συμμετοχών έφτασε τις 99 ομάδες και στο διαγωνισμό εργάστηκαν πάνω από 300 μηχανικοί ως κριτές. Το 1998 πραγματοποιήθηκε ο πρώτος διαγωνισμός εκτός ΗΠΑ, στην Αγγλία με το όνομα Formula Student. Έπειτα, σχεδόν κάθε χρόνο μέχρι και το 2010 έναν καινούριο διαγωνισμό προστίθεται στους διαγωνισμούς FS ανά τον κόσμο. Σήμερα γίνονται αρκετές

διοργανώσεις σε όλον τον κόσμο, και οι ενεργές ομάδες είναι πάνω από 500.



**Εικόνα 1.3:** Συμμετοχές από όλο τον κόσμο σε αγώνα Formula Student.

Στην Εικόνα 1.4 και Εικόνα 1.5 παρουσιάζονται τα αγωνιστικά μονοθέσια που έχουν σχεδιάσει, κατασκευάσει και τρέξει τα μέλη της ομάδας UoP Racing (Ομάδα Πανεπιστημίου Πατρών) από το 2002 έως σήμερα.



**Εικόνα 1.4:** Τα μονοθέσια με τα οποία έλαβε μέρος στους αγώνες Formula Student το Πανεπιστήμιο Πατρών τα προηγούμενα χρόνια.



**Εικόνα 1.5:** Το ηλεκτροκίνητο μονοθέσιο UoP4e του Πανεπιστημίου Πατρών.

### 1.3 ΣΚΟΠΟΣ ΤΟΥ ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΟΥ

Το όλο σκεπτικό πίσω από τον θεσμό του FSAE είναι ότι μία φανταστική κατασκευάστρια εταιρεία έχει δώσει εργολαβία σε μία σχεδιαστική ομάδα να αναπτύξει ένα μικρό αγωνιστικό αυτοκίνητο σε στυλ Formula. Κατόπιν το πρωτότυπο αυτοκίνητο εξετάζεται ως προς τη δυναμική του ως ένα προϊόν που πρέπει να κατασκευαστεί και να πουληθεί. Το αγοραστικό κοινό ενός τέτοιου μονοθέσιου είναι ο ερασιτέχνης οδηγός που τα σαββατοκύριακα αρέσκεται να περνάει την ώρα του ευχάριστα σε πίστες. Κάθε φοιτητική ομάδα σχεδιάζει, κατασκευάζει και εν τέλει δοκιμάζει ένα πρωτότυπο βάσει κάποιων κανόνων των οποίων το πνεύμα είναι η ασφάλεια και το να εξασφαλίσουν και να προωθήσουν έξυπνες λύσεις σε διάφορα προβλήματα.

Σήμερα, ο διαγωνισμός έχει επεκταθεί αρκετά και περιλαμβάνει μια σειρά από δρώμενα. Στις ΗΠΑ μόνο υπάρχουν 3 τοποθεσίες όπου γίνονται τέτοιοι διαγωνισμοί: California, Michigan και Virginia. Διεθνώς, ως μέρος του επίσημου Formula SAE Series και με τους ίδιους κανονισμούς της SAE, κατόπιν συμφωνίας γίνονται οι ακόλουθοι διαγωνισμοί:

- Formula SAE Australasia
- Formula SAE Brazil
- Formula SAE Italy
- Formula Student UK
- Formula Student Germany
- Formula Student Hungary

Ομάδες από τα καλύτερα πανεπιστήμια του κόσμου αναλαμβάνουν να



εξελίξουν ένα μικρό πρωτότυπο αγωνιστικό αυτοκίνητο κατηγορίας μονοθέσιας φόρμουλας κατά τη διάρκεια ενός ακαδημαϊκού έτους. Όπως και σε κάθε αγωνιστική κατηγορία, έτσι και ο θεσμός της Formula Student εμπίπτει σε διάφορους τεχνικούς αλλά και μη-τεχνικούς περιορισμούς. Εντούτοις, καθώς οι περιορισμοί είναι σχετικά χαλαροί, οι φοιτητές μπορούν να κινηθούν σε ένα ευρύ φάσμα σχεδιαστικών φιλοσοφιών και ιδεών, συνεπώς κάθε αυτοκίνητο είναι μοναδικό. Η κορύφωση της όλης προσπάθειας έρχεται με έναν πολυήμερο διαγωνισμό όπου τα αυτοκίνητα συναγωνίζονται σε επίπεδο σχεδιασμού αλλά και επιδόσεων.



**Εικόνα 1.6:** Τα κύρια χαρακτηριστικά ενός βενζινοκίνητου μονοθέσιου.

Αυτοί οι διαγωνισμοί σχεδιασμού και επιδόσεων δεν περιλαμβάνουν μόνο αυτό που θα θεωρούσε κανείς “τυπικό” μηχανοκίνητο αθλητισμό, αντιθέτως είναι έτσι δομημένοι ώστε να δοκιμάζουν κάθε ομάδα σε πολλούς διαφορετικούς τομείς οι οποίοι σχετίζονται με το σχεδιασμό, την κατασκευή αλλά και την ανταγωνιστικότητα, συνδυασμός των οποίων θα κρίνουν τη νικήτρια ομάδα και αυτοκίνητο. Ο θεσμός κάθε χρόνο προσελκύει κριτές με διεθνές κύρος, οι οποίοι όχι μόνο ενδιαφέρονται για το διαγωνισμό αλλά και οι ίδιοι εργάζονται για πολλά χρόνια στο μηχανοκίνητο χώρο, αγωνιστικό και όχι μόνο.

## 1.4 ΔΟΚΙΜΑΣΙΕΣ

### 1.4.1 Γενικά

Ο διαγωνισμός εξετάζει όλους τους τομείς δραστηριότητας ενός μηχανικού, από την αντίληψη και την ανάλυση σε σχεδιαστικό επίπεδο, μέχρι την κατασκευή και την κοστολόγηση σε πραγματικές συνθήκες.

Πιο αναλυτικά, ο κάθε διαγωνισμός αποτελείται από πολλές διαφορετικές δοκιμασίες, στις οποίες οι φοιτητές καλούνται να ανταπεξέλθουν. Αυτές χωρίζονται σε στατικές και δυναμικές, ως ακολούθως:

**Στατικές**  
*Σχεδιασμός*  
*Κόστος*  
*Παρουσίαση*

**Δυναμικές**  
*Τεχνικός Έλεγχος*  
*Επιτάχυνση*  
*Οχτάρια*  
*Γύρος κατάταξης*  
*Αγώνας Αντοχής*  
*Οικονομία καυσίμου*

Για τις στατικές δοκιμασίες δεν είναι απαραίτητη η λειτουργία του οχήματος. Όλες διεξάγονται απέναντι από μια ομάδα κριτών, συνήθως καταξιωμένων ανθρώπων της αυτοκινητοβιομηχανίας. Η κάθε μια έχει διαφορετικά κριτήρια και εξετάζει διαφορετικά πράγματα.

Όλοι οι διαγωνισμοί περιλαμβάνουν έναν ενδεδειγμένο τεχνικό έλεγχο (technical inspection). Ο ενδεδειγμένος έλεγχος έχει αρκετά στάδια και πρέπει να ολοκληρωθεί πλήρως πριν το όχημα μπορέσει να αγωνιστεί στα δυναμικά αγωνίσματα. Είναι μεγάλος σε διάρκεια και εξασφαλίζει ότι κάθε όχημα είναι ασφαλές για τον ίδιο τον οδηγό και για τους υπόλοιπους (κριτές, θεατές, άλλους οδηγούς).



### 1.4.2 Στατικά Αγωνίσματα

Στα στατικά αγωνίσματα, κριτές προερχόμενοι από τη βιομηχανία είτε από διακεκριμένες θέσεις σε αγωνιστικές ομάδες αυτοκινήτου, παρατηρούν το όχημα που κατασκευάστηκε από κάθε ομάδα και μέσα από μία σειρά παρουσιάσεων το βαθμολογούν σε διάφορους τομείς. Συνολικά διατίθενται 325 βαθμοί από τα αγωνίσματα αυτά.

Ιδιαίτερα σημαντικό είναι το γεγονός πως η προετοιμασία για τα στατικά αγωνίσματα ξεκινά πολύ πριν την έλευση της ομάδας στο διαγωνισμό, αφού οι κριτές ενημερώνονται τόσο για τις σχεδιαστικές λύσεις που θα αντικρίσουν, όσο και για το λεπτομερές κοστολόγιο του κάθε οχήματος 2-3 μήνες πριν την τέλεση του κάθε αγώνα. Η ενημέρωση αυτή πραγματοποιείται μέσω συγκεκριμένων εγγράφων που περιλαμβάνονται στους κανονισμούς και αποστέλλονται σε ημερομηνίες που ορίζουν οι διοργανωτές του κάθε αγώνα. Τέτοια έγγραφα είναι τα:

- Αναφορά κόστους
- Αναφορά σχεδίου και τεχνικών προδιαγραφών
- Λίστα δομικών ισοδύναμων
- Έκθεση επιπτώσεων

Η βαθμολογία επηρεάζεται άμεσα από τα έγγραφα αυτά, καθώς και από το κατά πόσο το τελικό προϊόν ανταποκρίνεται στις προδιαγραφές που περιέχονται σ' αυτά. Μάλιστα αξίζει να σημειωθεί ότι υπάρχουν ποινές για τη μη κατάθεση ή την καθυστέρηση στην κατάθεσή τους, πέρα από την ορισμένη ημερομηνία. Παρακάτω παρουσιάζεται αναλυτικά το κάθε αγώνισμα.

### 1.4.3 Σχεδιασμός (Design event)

Στη δοκιμασία του σχεδιασμού η ομάδα κρίνεται για της σχεδιαστικές επιλογές που έχει κάνει. Καλείται να εξηγήσει ποια κριτήρια σχεδιασμού είχαν τεθεί και πως αυτά εκπληρώθηκαν. Δικαιολογεί την επιλογή των διαστάσεων, των υλικών και της μορφής για κάθε εξάρτημα πάνω στο όχημα, σύμφωνα πάντα με τις αρχικές προδιαγραφές. Για να πειστούν οι κριτές, η ομάδες παραθέτουν σχέδια, αναλύσεις, διαγράμματα και υπολογισμούς, ενώ γίνεται εκτενής συζήτηση πάνω σε όλες τις πτυχές του οχήματος.

Κλειδί για την επιτυχία στο συγκεκριμένο αγώνισμα αποτελεί η εμπειριστατωμένη αιτιολόγηση των επιλογών που έχουν υιοθετηθεί στα επιμέρους τμήματα του οχήματος, καθώς δείχνει πως τα μέλη που ήταν

υπεύθυνα για τη σχεδίαση έχουν μελετήσει τις διαθέσιμες εναλλακτικές, τις οποίες παρουσιάζουν στους κριτές.

Όσον αφορά το καθαρά σχεδιαστικό κομμάτι, η βαθμολογία χωρίζεται σε επιμέρους τομείς όπως είναι η αισθητική του τελικού προϊόντος, η σωστή επιλογή διαστάσεων, ο σχεδιασμός του πλαισίου και των αναρτήσεων, η εργονομία, οι λύσεις στον κινητήρα και το σύστημα μετάδοσης κίνησης, η ευκολία στην κατασκευή σε μαζική παραγωγή του οχήματος χωρίς εκτεταμένες αλλαγές στο σχεδιασμό του, η παρουσία καινοτόμων λύσεων και τέλος η ποιότητα κατασκευής.



**Εικόνα 1.7:** Εξέταση οχήματος από κριτές του διαγωνισμού στο στατικό αγώνισμα Design Event.

#### **1.4.4 Κόστος (Cost event)**

Στη δοκιμασία του κόστους το ζητούμενο είναι η ακριβής κοστολόγηση του οχήματος. Αυτό γίνεται βάση της παραδοχής ότι η παραγωγή είναι 1000 μονοθέσια το χρόνο. Αυτό σημαίνει ότι όλα τα κόστη ανάγονται σε σχετικά μεγάλες παρτίδες παραγωγής και δεν αντιπροσωπεύουν το κόστος του πρωτοτύπου που παρουσιάζει η ομάδα.

Στο αγώνισμα αυτό ιδιαίτερη σημασία διαδραματίζει ο φάκελος με το ολοκληρωμένο κόστος του οχήματος που αποστέλλεται 2 μήνες περίπου πριν την

τέλεση του διαγωνισμού και καταλαμβάνει 40 από τους 100 διαθέσιμους βαθμούς. Ο τρόπος σύνταξης του φακέλου περιγράφεται αναλυτικά στους κανονισμούς και περιλαμβάνει όλα τα τμήματα του οχήματος είτε κατασκευάζονται από την ομάδα είτε προέρχονται από εξωτερικούς προμηθευτές.

Στη συνέχεια κατά τη διάρκεια του αγώνισματος οι κριτές μελετούν κατά πόσο ο φάκελος του κόστους ανταποκρίνεται στο μονοθέσιο που παρουσιάζει η ομάδα και απευθύνουν ερωτήσεις για επιλογές που έγιναν και τον τρόπο λήψης αποφάσεων σε συνάρτηση με τη μείωση του συνολικού κόστους.

Τέλος υπάρχει και μία ειδική δοκιμασία (cost special task) που ανακοινώνεται λίγες μέρες πριν το διαγωνισμό και αφορά ειδική ανάλυση ενός τμήματος του οχήματος και εναλλακτικές λύσεις σε περίπτωση ευρείας παραγωγής του συγκεκριμένου τεμαχίου.

Για την επιτυχή διεξαγωγή του συγκεκριμένου αγώνισματος χρειάζεται ιδιαίτερη ακρίβεια στην σύνταξη του φακέλου κόστους, να κρατηθεί το συνολικό κόστος παραγωγής του προϊόντος σε λογικά επίπεδα, καθώς και να υπάρχει σωστή κατάρτιση των ατόμων που αναλαμβάνουν να απαντήσουν στις ερωτήσεις των ειδικών την ημέρα του διαγωνισμού.

#### **1.4.5 Παρουσίαση (Presentation event)**

Το αγώνισμα της παρουσίασης είναι το τελευταίο των στατικών αγωνισμάτων, ωστόσο είναι αρκετά περίπλοκο και εξίσου σημαντικό με τα υπόλοιπα. Σε αυτό συμμετέχουν συνήθως δύο μέλη, τα οποία πρέπει να προετοιμάσουν μία δεκάλεπτη εμπορική παρουσίαση του προϊόντος που έχει σχεδιάσει η ομάδα, προσπαθώντας να πείσουν ενδιαφερόμενους επενδυτές (τους κριτές στην συγκεκριμένη περίπτωση) να επενδύσουν στην παραγωγή του αγωνιστικού αυτοκινήτου που έχουν σχεδιάσει.

Η δοκιμασία της παρουσίασης περιλαμβάνει την κατάστρωση ενός επιχειρηματικού σχεδίου (business plan) που αφορά την επένδυση από εταιρία με σκοπό την παραγωγή μονοθέσιων παρόμοιων με το πρωτότυπο της ομάδας. Το πλάνο πρέπει να περιλαμβάνει όλα τα έξοδα, τα πάγια, σχέδια εργοστασίων, δίκτυα διανομής, πρέπει να δικαιολογεί πωλήσεις, και γενικότερα να πείσει τους κριτές-επενδυτές να παρέχουν τα απαιτούμενα κονδύλια για μια τέτοια επένδυση. Η ομάδα βαθμολογείται για την πληρότητα και τη ρεαλιστικότητα του business plan της.

Σημεία κλειδιά σύμφωνα με τους κριτές στα οποία δίνεται ιδιαίτερη σημασία είναι:

- Το περιεχόμενο της παρουσίασης, σε συνδυασμό με την κατανόηση του αγοραστικού κοινού στο οποίο απευθύνεται.
- Η δομή της παρουσίασης (εισαγωγή, συμπεράσματα).
- Τα οπτικά βοηθήματα που χρησιμοποιούνται (κατανοητές και καθαρές εικόνες, βίντεο που προωθούν το προϊόν).
- Οι ομιλητές (καθαρή φωνή, εμφάνιση, ενθουσιασμός για το προϊόν που προωθείται, κατανόηση τεχνικών λεπτομερειών).
- Ικανότητα απόκρισης των ομιλητών στο τμήμα των ερωτήσεων των κριτών.

Μετά το πέρας της παρουσίασης πρέπει να δίνονται στους κριτές έγγραφα (handouts) με τα στοιχεία που περιείχε η παρουσίαση καθώς και επιπρόσθετα στοιχεία-λεπτομέρειες τα οποία παραλήφθηκαν λόγω του περιορισμένου χρονικού ορίου.



**Εικόνα 1.8:** Το αγώνισμα της παρουσίασης.

#### 1.4.6 Τεχνικός Έλεγχος

Η διαδικασία του τεχνικού ελέγχου παρότι δε βαθμολογείται διαδραματίζει ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο για την καλή πορεία μιας ομάδας στο διαγωνισμό. Χωρίζεται σε τέσσερα βασικά τμήματα και αποτελεί το εισιτήριο για τη συμμετοχή του οχήματος στα δυναμικά αγωνίσματα.

Κατά το πρώτο τμήμα του ελέγχου οι κριτές εξετάζουν ενδελεχώς αν το όχημα που παρουσιάζει η ομάδα συμβαδίζει με τους τεχνικούς κανονισμούς του διαγωνισμού. Η διαδικασία αυτή συνήθως διαρκεί περί τις δύο ώρες και ελέγχονται εξονυχιστικά όλα τα μέτρα ασφάλειας, παράλληλα με τα στοιχεία που έχουν ήδη αποσταλεί στους κριτές πριν το διαγωνισμό με τα έγγραφα SEF (Structural Equivalency Form), στο οποίο αναλύεται η κατασκευή και οι υπολογισμοί αντοχής του πλαισίου του οχήματος και IAD (Impact Attenuator Details), στο οποίο παρουσιάζεται ο σχεδιασμός και η κατασκευή του «προφυλακτήρα» του οχήματος. Τα έγγραφα αυτά πρέπει να είναι σε απόλυτη αρμονία με το όχημα που παρουσιάζεται στους κριτές.

Επιπρόσθετα, ελέγχονται και οι περιορισμοί που έχουν τεθεί από τους κανονισμούς όπως για παράδειγμα η διάμετρος στην εισαγωγή αέρα του κινητήρα, οι διαστάσεις στο χώρο του οδηγού, οι σωληνώσεις του καυσίμου, η ασφάλιση κρίσιμων μερών (π.χ. τροχοί), η τοποθέτηση των διακοπών ασφαλείας καθώς και σχεδόν τα πάντα που περιλαμβάνονται στους κανονισμούς και αφορούν την ασφάλεια του οχήματος.

Σε περίπτωση που διαπιστωθεί οποιαδήποτε παρατυπία από τους κριτές ενημερώνεται η ομάδα που έχει δικαίωμα να τη διορθώσει, αν αυτό είναι εφικτό και να παρουσιαστεί για επανέλεγχο.

Μόλις ολοκληρωθεί επιτυχώς το συγκεκριμένο στάδιο ακολουθεί μία δοκιμασία έκτακτης ανάγκης που αφορά τους οδηγούς των δυναμικών αγωνισμάτων. Σε αυτή τη δοκιμασία θα πρέπει όλοι οι υποψήφιοι οδηγοί να έχουν τη δυνατότητα να εγκαταλείψουν το όχημα μέσα σε χρόνο 5 δευτερολέπτων ενώ φορούν όλο τον εξοπλισμό ασφαλείας (ζώνες, στολή, γάντια κ.τ.λ.).

Στη συνέχεια ακολουθούν τρεις ακόμα δοκιμασίες που ολοκληρώνουν τη διαδικασία του αρχικού τεχνικού ελέγχου. Η πρώτη απ' αυτές είναι το τεστ κλίσης, κατά το οποίο το όχημα με πλήρες δοχείο καυσίμου και με τον οδηγό να επιβαίνει σε αυτό, ανεβαίνει σε μία ράμπα όπου σηκώνεται αρχικά σε κλίση 45 μοιρών ελέγχοντας τυχόν διαρροές από οποιοδήποτε σύστημά του. Μόλις ολοκληρωθεί ο έλεγχος η γωνία γίνεται 60 μοιρών, όπου πρέπει να συνεχίσει να διατηρείται η επαφή όλων των τροχών με το έδαφος, προσομοιώνοντας έτσι συνθήκες στροφής με πλευρική επιτάχυνση της τάξης των 2g.

Ακόμα και αν ολοκληρωθεί επιτυχώς η δοκιμασία αυτή, το όχημα δεν



επιτρέπεται κατά τη διάρκεια των αγωνισμάτων να ανασηκωθεί από το έδαφος (στους 2 τροχούς), για λόγους ασφαλείας. Σε περίπτωση που συμβεί κάτι τέτοιο, λόγω λανθασμένης ρύθμισης των αναρτήσεων ή χειρισμού του οδηγού, υποχρεούται η ομάδα να ξαναπεράσει τη δοκιμασία αυτή. Φυσικά είναι προτιμότερο να αποφευχθούν τέτοιες τάσεις με τις κατάλληλες ρυθμίσεις της ανάρτησης κατά τη διάρκεια των δοκιμών σε πίστα, που προηγούνται του αγώνα.



**Εικόνα 1.9:** Τεχνικός έλεγχος οχήματος από τους μηχανικούς του διαγωνισμού.

Η δεύτερη δοκιμασία ονομάζεται τεστ θορύβου. Εδώ ελέγχεται η τήρηση του μέγιστου ορίου θορύβου των 110 dB. Η μέτρηση γίνεται σε συγκεκριμένο αριθμό στροφών του κινητήρα που αντιστοιχεί σε ταχύτητα εμβόλου 914,4 m/min στρογγυλοποιημένη στις πλησιέστερες 500 rpm. (π.χ. 10.768 rpm αντιστοιχούν σε 11.000 rpm μέτρησης).

Επίσης η συσκευή μέτρησης τοποθετείται σε κλίση 45 μοιρών και απόσταση 0,5 m από την απόληξη του συστήματος εξαγωγής.

Η δυσκολία που παρουσιάζει ο έλεγχος αυτός είναι αρκετά μεγάλη για τις περισσότερες ομάδες. Κύριος λόγος είναι οι τροποποιήσεις που έχει υποστεί ο κάθε κινητήρας, το νέο σύστημα εξαγωγής και το σημείο μέτρησης. Οι κατασκευαστές των κινητήρων και των συστημάτων εξαγωγής μοτοσυκλετών, που αποτελούν τη συνηθέστερη πηγή προμήθειας για τις φοιτητικές ομάδες, πιστοποιούν τα εξαρτήματα αυτά ώστε να λάβουν έγκριση τύπου στις 6-7000 rpm.

Έτσι κρίνεται απαραίτητη και η ηχητική μελέτη του οχήματος πριν το διαγωνισμό. Το μήκος της εξαγωγής, η διάμετρος, η χαρτογράφηση του κινητήρα και η επιλογή του τελικού σιγαστήρα πρέπει να γίνουν με προσοχή, καθώς όλα επηρεάζουν την ηχητική συμπεριφορά. Καλό θα ήταν μάλιστα να υπάρχει και δεύτερος τελικός σιγαστήρας, χωρίς ώρες λειτουργίας κατά τις δοκιμές του οχήματος, ώστε να τοποθετηθεί κατά τη διάρκεια του αγώνα.

Η τρίτη και τελευταία δοκιμασία ονομάζεται τεστ ακινητοποίησης και πραγματοποιείται σε ειδικά διαμορφωμένο χώρο, όπου το όχημα επιταχύνει από στάση και πρέπει κατά την επιβράδυνση στον ενδεικνυόμενο χώρο να μπλοκάρουν ταυτόχρονα και οι τέσσερις τροχοί του. Σ' αυτή τη δοκιμασία είναι ιδιαίτερα χρήσιμη η δυνατότητα ρύθμισης της κατανομής πέδησης μεταξύ των εμπρός και πίσω τροχών από τη θέση του οδηγού, καθώς σε κάθε οδόστρωμα υπάρχουν διαφοροποιήσεις στο συντελεστή τριβής που επιτυγχάνεται και στη θερμοκρασία την ημέρα του αγώνα.

Σ' όλες τις δοκιμασίες υπάρχει δυνατότητα επανελέγχου εφόσον δεν ολοκληρωθούν με επιτυχία, χωρίς να δίνεται περιορισμός στις προσπάθειες που διαθέτει κάθε ομάδα. Μετά την επιτυχή ολοκλήρωση όλων των παραπάνω ελέγχων δίνεται η δυνατότητα συμμετοχής στα δυναμικά αγωνίσματα που πραγματοποιούνται στην πίστα.



**Εικόνα 1.10:** Το τεστ κλίσης (tilt test).



**Εικόνα 1.11:** Το τεστ θορύβου (noise test).



**Εικόνα 1.12:** Το τεστ ακινητοποίησης (brake test).



### 1.4.7 Δυναμικά Αγώνισματα

Τα δυναμικά αγώνισματα πραγματοποιούνται τις τελευταίες 2 ημέρες διεξαγωγής του διαγωνισμού και αποτελούν το μεγαλύτερο μέρος της συνολικής βαθμολογίας με 675/1000 βαθμούς. Χωρίζονται σε 4 βασικές κατηγορίες και απαραίτητη προϋπόθεση για τη συμμετοχή μιας ομάδας σ' αυτά αποτελεί η επιτυχής ολοκλήρωση του τεχνικού ελέγχου.

Τα δυναμικά αγώνισματα απαιτούν τη λειτουργία του μονοθέσιου σε πραγματικές συνθήκες. Αντικειμενικός κριτής σε όλα είναι το χρονόμετρο, και η κάθε ομάδα προσπαθεί να πετύχει καλύτερο χρόνο από τις υπόλοιπες. Τα τέσσερα δυναμικά αγώνισματα αναλύονται στη συνέχεια.

### 1.4.8 Επιτάχυνση (Acceleration event)

Στο αγώνισμα της επιτάχυνσης κρίνεται η δυνατότητα του οχήματος να επιταχύνει. Σημαντικό ρόλο παίζει η ιπποδύναμη του κινητήρα, το συνολικό βάρος του οχήματος, η πρόσφυση των ελαστικών αλλά και το κιβώτιο ταχυτήτων με την τελική σχέση μετάδοσης. Σύμφωνα με τη διαδικασία, το κάθε μονοθέσιο πρέπει να καλύψει 75 μέτρα, με αρχική μηδενική ταχύτητα. Η ομάδα με τον μικρότερο χρόνο κερδίζει τους περισσότερους βαθμούς.

Κάθε ομάδα εκπροσωπείται από δύο οδηγούς, καθένας από τους οποίους έχει δύο διαθέσιμες προσπάθειες. Προσμετράτε η καλύτερη προσπάθεια από τις 4 και η βαθμολογία προκύπτει με βάση τη μαθηματική σχέση:

$$\text{Βαθμολογία} = 71.5 * [((5.8/T_{\text{yours}}) - 1) / (5.8 / (T_{\text{min}} - 1))] + 3.5 \quad (1.1)$$

όπου:

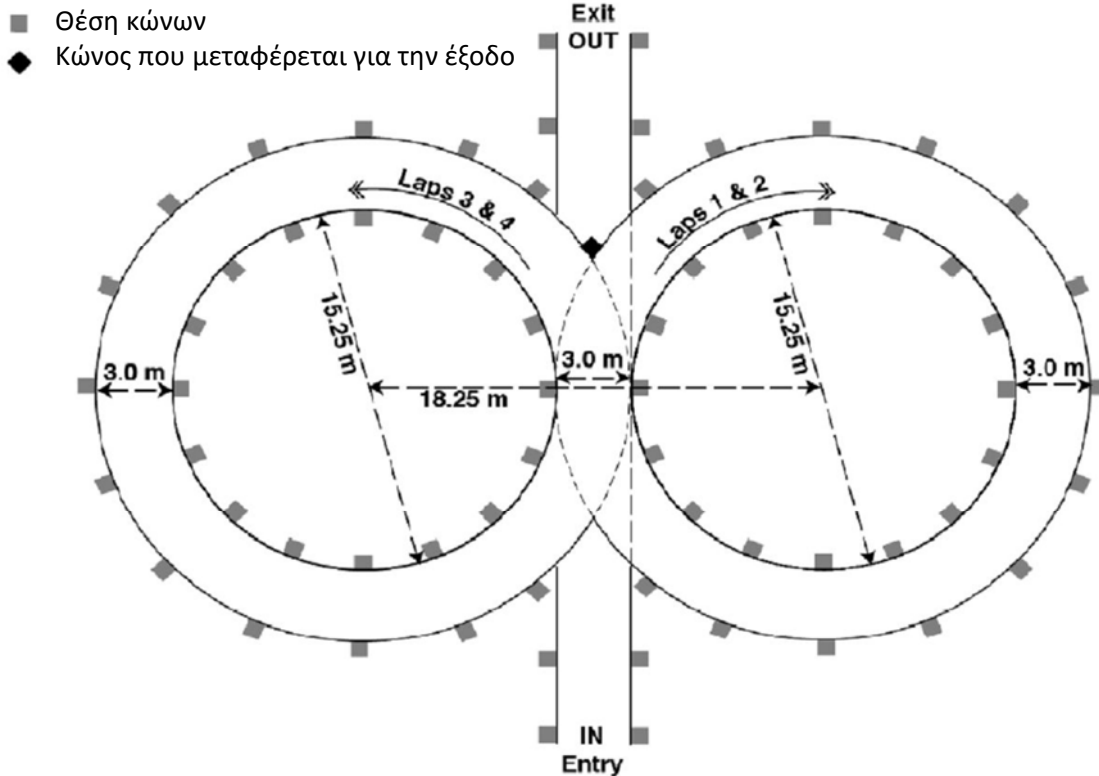
$T_{\text{your}}$ : είναι ο βέλτιστος χρόνος της ομάδας.

$T_{\text{min}}$ : είναι ο βέλτιστος χρόνος από τις ομάδες που συμμετέχουν.

### 1.4.9 Οχτάρια (Skidpad event)

Η δοκιμασία του οχταριού εστιάζεται στην αξιολόγηση του συστήματος ανάρτησης-ελαστικών, υπολογίζοντας τη μέγιστη πλευρική επιτάχυνση που μπορεί να αναπτύξει το όχημα, κάτω από σταθερές συνθήκες (steady state). Καταλυτικό ρόλο παίζουν τα γεωμετρικά στοιχεία της ανάρτησης σε συνδυασμό με τα ελαστικά. Η διαδικασία περιλαμβάνει τη χρονομέτρηση μιας αριστερόστροφης καμπής 360 μοιρών και μιας αντίστοιχης δεξιόστροφης. Στόχος είναι και πάλι ο μικρότερος χρόνος.

Το αγώνισμα αυτό δίνει σχετικά λίγους βαθμούς αλλά αποτελεί κριτήριο για την ικανότητα του οχήματος στην στροφή. Η ομάδα με τον καλύτερο χρόνο κερδίζει. Η κίνηση του οχήματος πραγματοποιείται μέσα στην οριοθετημένη διαδρομή που παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα.



**Εικόνα 1.13:** Σχεδιάγραμμα αγωνίσματος οχταριών (skidpad).

Πραγματοποιείται και πάλι από δύο οδηγούς με δύο προσπάθειες ο καθένας. Μετράει η καλύτερη προσπάθεια και η βαθμολογία εξάγεται από τη μαθηματική σχέση:

$$\text{Βαθμολογία} = 47.5 * [((6.148/T_{\text{yours}}) - 1) / (6.184 / (T_{\text{min}} - 1))] + 2.5 \quad (1.2)$$

όπου:

$T_{\text{your}}$ : είναι ο βέλτιστος μέσος χρόνος της ομάδας από το δεξί και το αριστερό τμήμα της διαδρομής.

$T_{\text{min}}$ : είναι ο βέλτιστος μέσος χρόνος από τις ομάδες που συμμετέχουν.

Στο συγκεκριμένο αγώνισμα απαιτείται αρκετός χρόνος κατά τη διάρκεια των δοκιμών, για την εύρεση της βέλτιστης ρύθμισης του οχήματος. Οι

παράμετροι που μεταβάλλονται έχουν να κάνουν τόσο με στοιχεία της ανάρτησης, όσο και παραμέτρους σχετικές με τα ελαστικά. Επίσης είναι πολύ χρήσιμη η εξοικείωση των οδηγών του αγώνισματος με το συγκεκριμένο στίβο, καθώς η διαδρομή είναι σχετικά στενή και απαιτητική.



**Εικόνα 1.14:** Το αγώνισμα των οχταριών.

Τέλος παίζει ρόλο και η στρατηγική στο αγώνισμα αυτό. Ο λόγος είναι ότι όσο περισσότερα οχήματα έχουν πραγματοποιήσει το αγώνισμα, καθαρίζει ο χώρος της πίστας και παραμένει γόμα από τα ελαστικά τους οπότε όσοι ακολουθούν έχουν μεγαλύτερα περιθώρια πρόσφυσης. Έτσι είναι λογικό τουλάχιστον ο 2ος οδηγός του αγώνισματος να ολοκληρώνει την προσπάθειά του προς το τέλος του χρονικού ορίου, για το βέλτιστο δυνατό αποτέλεσμα.

#### **1.4.10 Γύρος κατάταξης (Sprint-Autocross event)**

Το αγώνισμα του γύρου κατάταξης αξιολογεί την ευκολία χειρισμών του οχήματος. Το μονοθέσιο πρέπει να διανύσει μια απόσταση 800 μέτρων περίπου, σε περιβάλλον πίστας, με διάφορες καμπές και ευθείες. Η διαδρομή οριοθετείται από κώνους.

Ο γύρος κατάταξης είναι ένα είδος προθέρμανσης για το κυριότερο αγώνισμα του διαγωνισμού. Προσφέρει στις ομάδες μέχρι 150 βαθμούς και καθορίζει τη σειρά εκκίνησης στον αγώνα αντοχής. Είναι σημαντική η καλή

πορεία στο συγκεκριμένο αγώνισμα καθώς στον αγώνα αντοχής αν μία ομάδα βρεθεί ανάμεσα σε αργούς συνδυασμούς θα υποχρεωθεί σε απώλεια χρόνου λόγω συνεχών προσπεράσεων.



**Εικόνα 1.15:** Το αγώνισμα του γύρου κατάταξης.

Όπως και στα προηγούμενα αγωνίσματα πραγματοποιείται και αυτό από δύο οδηγούς, οι οποίοι έχουν δύο ευκαιρίες ο καθένας να διανύσουν τη διαδρομή του ενός περίπου χιλιομέτρου στην ειδικά διαμορφωμένη πίστα. Η μαθηματική σχέση που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της βαθμολογίας σε αυτό το αγώνισμα είναι:

$$\text{Βαθμολογία} = 142.5 * [((T_{\max}/T_{\text{yours}})-1)/((T_{\max}/T_{\min})-1))] + 7.5 \quad (1.3)$$

όπου:

$T_{\text{your}}$ : είναι ο βέλτιστος μέσος χρόνος της ομάδας.

$T_{\min}$ : είναι ο βέλτιστος χρόνος από τις ομάδες που συμμετέχουν.

$T_{\max}$ : είναι ο μέγιστος χρόνος για την ολοκλήρωση της διαδρομής.

Αξίζει να σημειωθεί ότι υπάρχουν ποινές για την ρήψη κώνου ίση με 2 δευτερόλεπτα, καθώς και για την έξοδο από την πίστα ίση με 20 δευτερόλεπτα. Επίσης πρέπει να ολοκληρωθεί η προσπάθεια της ομάδας σε χρόνο το πολύ ίσο με 125% του καλύτερου χρόνου που θα σημειωθεί από την γρηγορότερη ομάδα, ώστε να βαθμολογηθεί.

Κατά τη διάρκεια των δοκιμών πριν τον αγώνα δίνεται ιδιαίτερη βαρύτητα και πάλι στην εξοικείωση των οδηγών με το όχημα και την εύρεση των κατάλληλων ρυθμίσεων. Φυσικά είναι απαραίτητη η διαμόρφωση μιας διαδρομής που προσομοιώνει τη διαδρομή του αγώνα και η πλήρης καταγραφή των διαφορετικών ρυθμίσεων και των χρόνων που επιτυγχάνονται με καθεμία απ' αυτές.

Παράλληλα από άποψη στρατηγικής είναι σωστό να χρησιμοποιούνται οι ίδιοι 2 οδηγοί για τα αγωνίσματα του γύρου κατάταξης και του αγώνα αντοχής, καθώς μοιάζει ιδιαίτερα η χάραξη της πίστας σ' αυτά. Τέλος από τις 2 προσπάθειες του κάθε οδηγού, καλό είναι στην πρώτη να εξασφαλίζεται μια καλή επίδοση με κρύα σχετικά ελαστικά και στη δεύτερη να κινείται πιο οριακά για την επίτευξη του βέλτιστου χρόνου.

#### 1.4.11 Αγώνας Αντοχής (Endurance event)

Η δοκιμασία του αγώνα αντοχής κρίνει την αξιοπιστία του οχήματος. Το μονοθέσιο πρέπει να καλύψει μια απόσταση 22 km χωρίς να υποστεί κάποια βλάβη. Στο μισό της απόστασης γίνεται αλλαγή οδηγού και οι κριτές κρίνουν αν το αυτοκίνητο είναι σε καλή λειτουργική κατάσταση για να συνεχίσει τη δοκιμασία. Η διαδρομή είναι παρόμοια με αυτή του Sprint, οπότε το όχημα καταπονείται συνεχώς.

Ο αγώνας αντοχής είναι το μεγαλύτερο και συγχρόνως το αγώνισμα που δίνει τους περισσότερους βαθμούς (το 1/3 από το σύνολο του διαγωνισμού). Πραγματοποιείται σε μία κυκλική διαδρομή συνολικού μήκους 22 χιλιομέτρων, ή περίπου 26 γύρων. Κάθε ομάδα υποχρεούται στο μέσο της απόστασης να σταματήσει και να αλλάξει οδηγό εντός 3 λεπτών. Κατά τη διάρκεια του αγωνίσματος δεν επιτρέπονται οι παρεμβάσεις στο όχημα, και ελέγχεται η αξιοπιστία και η ταχύτητα του κάθε οχήματος.

Ισχύουν και εδώ όπως και στο γύρο κατάταξης οι ποινές των 2 και 20 δευτερολέπτων, όπως και το γεγονός ότι ο μέγιστος χρόνος για την ολοκλήρωση του αγωνίσματος πρέπει να βρίσκεται εντός του 145% του χρόνου του γρηγορότερου οχήματος. Μεταξύ των οχημάτων που κατάφεραν να τερματίσουν, βαθμολογείται ο συνολικός τους χρόνος. Η βαθμολογία υπολογίζεται από τη μαθηματική σχέση:

$$\text{Βαθμολογία} = 250 * [((T_{\max}/T_{\text{yours}}) - 1) / ((T_{\max}/T_{\min}) - 1)] + 50 \quad (1.4)$$

όπου:

$T_{\text{your}}$ : είναι ο συνολικός χρόνος της ομάδας.



$T_{\min}$ : είναι ο βέλτιστος χρόνος από τις ομάδες που συμμετέχουν.

$T_{\max}$ : είναι ο μέγιστος επιτρεπτός χρόνος για την ολοκλήρωση της διαδρομής.

Εάν  $T_{\text{your}} > T_{\max}$  η ομάδα λαμβάνει 0 βαθμούς.



**Εικόνα 16:** Στιγμιότυπο του αγώνα αντοχής, του σημαντικότερου δυναμικού αγωνίσματος.

Ο αγώνας αντοχής αποτελεί το πιο κρίσιμο σημείο όλου του διαγωνισμού. Απαιτείται ιδιαίτερα καλή προετοιμασία τόσο του οχήματος όσο και των οδηγών ώστε να ανταπεξέλθουν με επιτυχία, καθώς χρειάζεται αντοχή και ταχύτητα. Όσο περισσότερες δοκιμές έχουν πραγματοποιηθεί πριν τον αγώνα, τόσο βελτιώνεται η αξιοπιστία του οχήματος, αποκλείοντας δυσάρεστα γεγονότα κατά τη διάρκεια του αγωνίσματος. Επίσης είναι ιδιαίτερα κρίσιμο να γίνεται ένας πλήρης έλεγχος του οχήματος ανάμεσα στο γύρω κατάταξης και τον αγώνα αντοχής, καθώς μπορεί να προληφθεί κάποια δυσλειτουργία.

#### 1.4.12 Οικονομία καυσίμου (Fuel economy)

Η δοκιμασία της οικονομίας καυσίμου αφορά την κατανάλωση καυσίμου κάθε μονοθέσιου. Γίνεται σε συνδυασμό με τον αγώνα αντοχής. Μετά το τέλος του αγώνα αντοχής, μετράται η κατανάλωση κάθε οχήματος που τερμάτισε και έτσι προκύπτει η κατανάλωση ανά χιλιόμετρο. Η ομάδα με το πιο οικονομικό όχημα κερδίζει.

Τα οχήματα εκκινούν τον αγώνα με πλήρες δοχείο καυσίμου το οποίο ανεφοδιάζεται στο τέλος του αγωνίσματος όπου μετράται η ακριβής κατανάλωση καυσίμου. Η βαθμολογία προκύπτει από τη μαθηματική σχέση:

$$\text{Βαθμολογία} = 100 * [(V_{\max}/V_{\text{yours}})/(V_{\max}/V_{\min})] \quad (1.5)$$

όπου:

$V_{\text{your}}$ : είναι η κατανάλωση της βαθμολογούμενης ομάδας.

$V_{\max}$ : είναι ο όγκος καυσίμου που αντιστοιχεί σε μέγιστη κατανάλωση 26 lt/100km, ή 5,72lt για τα 22km του αγωνίσματος.

$V_{\min}$ : η βέλτιστη κατανάλωση που σημειώνεται από τις συμμετέχουσες ομάδες.

Εάν  $V_{\text{your}} > V_{\max}$  για να προσδιοριστεί η ποινή που θα δεχτεί η ομάδα, χρησιμοποιείται η μαθηματική σχέση:

$$\text{Βαθμολογία} = -100 * (V_{\text{yours}}/V_{\max} - 1) 0.33^{1.5} \quad (1.6)$$

### 1.4.13 Βαθμολογία

Όπως γίνεται αντιληπτό ο διαγωνισμός κρίνει την ομάδα σε πολλά επίπεδα και ο σχεδιασμός ενός ανταγωνιστικού μονοθέσιου είναι εξαιρετικά πολύπλοκος, αφού υπάρχουν αντικρουόμενοι στόχοι. Το κάθε αγώνισμα έχει ένα συντελεστή βαρύτητας, οπότε η συνολική βαθμολογία προκύπτει ως εξής:

**Πίνακας 1.1:** Βαθμολογία ανά κατηγορία του διαγωνισμού [1]

<b>Στατικές Δοκιμασίες</b>	<b>Points</b>
<b>Παρουσίαση</b>	75
<b>Μηχανολογικός Σχεδιασμός</b>	150
<b>Ανάλυση Κόστους</b>	100
<b>Δυναμικές Δοκιμασίες</b>	
<b>Επιτάχυνση</b>	75
<b>Οχτάρια</b>	50
<b>Γύρος Κατάταξης</b>	150
<b>Οικονομία Καυσίμου</b>	50
<b>Αγώνας Αντοχής</b>	350
<b>Σύνολο Βαθμών</b>	<b>1000</b>

## 1.5 ΒΑΣΙΚΟΙ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ

Οι κανονισμοί του διαγωνισμού έχουν δυο βασικές κατευθύνσεις. Η μια αφορά το τεχνικό κομμάτι, τις προδιαγραφές δηλαδή του οχήματος που καλούνται οι ομάδες να σχεδιάσουν και να κατασκευάσουν. Η δεύτερη σχετίζεται με τα διαδικαστικά θέματα του διαγωνισμού, τις προθεσμίες για την υποβολή εγγράφων, τις βαθμολογίες, τις ενστάσεις, κ.τ.λ.

Θα περιοριστούμε στη συνέχεια μόνο στους τεχνικούς κανονισμούς. Συνοπτικά αυτοί είναι:

- Το όχημα πρέπει να έχει ακάλυπτους τροχούς, ακάλυπτη θέση οδήγησης, με 4 τροχούς που να μην βρίσκονται σε ευθεία γραμμή.
- Το μεταξόνιο του οχήματος πρέπει να είναι τουλάχιστον 1525mm.
- Η κατασκευή του οχήματος πρέπει να περιλαμβάνει 2 περιοχές ασφαλείας με αντηρίδες, εμπρός ζώνη παραμόρφωσης με κατάλληλη στήριξη και κατασκευή πλαϊνής σύγκρουσης.



- Υπάρχουν δεδομένες διατομές σωλήνων για τις παραπάνω κατασκευές.
- Η ζώνη παραμόρφωσης πρέπει να μπορεί να επιβραδύνει μια μάζα 300 kg, από ταχύτητα κρούσης 7m/s, με μέση επιτάχυνση μικρότερη από 20g και μέγιστη 40 g.
- Στον χώρο του οδηγού πρέπει να μπορεί να χωρέσει μια πλάκα δεδομένων διαστάσεων.
- Πυρίμαχο κάλυμμα πρέπει να χωρίζει τον κινητήρα και τα θερμά μέρη από τον οδηγό.
- Ο οδηγός πρέπει να μπορεί να βγαίνει από το όχημα σε λιγότερο από 5 sec.
- Πρέπει να χρησιμοποιηθούν ζώνες ασφαλείας 5, 6 ή 7 σημείων.
- Πρέπει να υπάρχει σύστημα ανάρτησης σε όλους τους τροχούς με ενεργή διαδρομή τουλάχιστον 50 mm.
- Οι τροχοί πρέπει να έχουν διάμετρο τουλάχιστον 203 mm.
- Πρέπει να υπάρχει μηχανικό σύστημα διεύθυνσης.
- Πρέπει να υπάρχει σύστημα πέδησης, ικανό να ακινητοποιήσει όλους τους τροχούς.
- Ο κυβισμός του κινητήρα πρέπει να είναι το πολύ 610cc.
- Η εισαγωγή του κινητήρα πρέπει να περιορίζεται από μια κυκλική διατομή διαμέτρου 20mm.
- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί οποιοδήποτε είδος μετάδοσης. Το καύσιμο ορίζεται σε αμόλυβδη βενζίνη, με αριθμό οκτανίου 98 RON.
- Το μέγιστο όριο θορύβου ορίζεται στα 110dBA.
- Πρέπει να υπάρχει διακόπτης που να ανοίγει το ηλεκτρικό κύκλωμα και να μην επιτρέπει καμία δημιουργία ρεύματος.
- Κάθε κοχλίας σε κρίσιμη θέση πρέπει να είναι ασφαλισμένος. Οι οδηγοί πρέπει να φέρουν συγκεκριμένο εξοπλισμό ασφαλείας.

Τέλος, επαφίεται στην διακριτική ευχέρεια κάθε κριτή να επισημάνει οποιαδήποτε κακή εφαρμογή μηχανικής (bad engineering practice) και να κρίνει ένα όχημα ανίκανο να συμμετέχει στο διαγωνισμό.

## 1.6 ΣΤΟΧΟΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Ξεκινώντας το σχεδιασμό, είναι πολύ βασικό να θέσουμε ορισμένους γενικούς στόχους για τη συνολική κατασκευή:

- 100% συμμόρφωση με τους κανονισμούς-προδιαγραφές, ώστε το όχημα να είναι ικανό να συμμετέχει στο διαγωνισμό.
- Μονοθέσιο μελετημένο ώστε η ταχύτητά του, η επιτάχυνσή του, το βάρος του και ο χειρισμός του να είναι ανταγωνιστικά στο δύσκολο περιβάλλον του διαγωνισμού.
- Εύκολη κατασκευή, ώστε να μπορεί να υλοποιηθεί με τα μέσα της ομάδας, μέσα στο απαιτούμενο χρονοδιάγραμμα.
- Χαμηλό κόστος, καθώς οι πόροι της ομάδας είναι πολύ περιορισμένοι.
- Απόκτηση εμπειρίας σε ένα ευρύ φάσμα μηχανολογικών εφαρμογών.
- Οι προβλεπόμενες ταχύτητες είναι σχετικά χαμηλές, οπότε δεν θα χρησιμοποιηθεί οποιασδήποτε μορφής αεροδυναμικό βοήθημα.
- Το όχημα πρέπει να είναι εύκολα επισκευάσιμο και φιλικό προς το χρήστη-οδηγό.

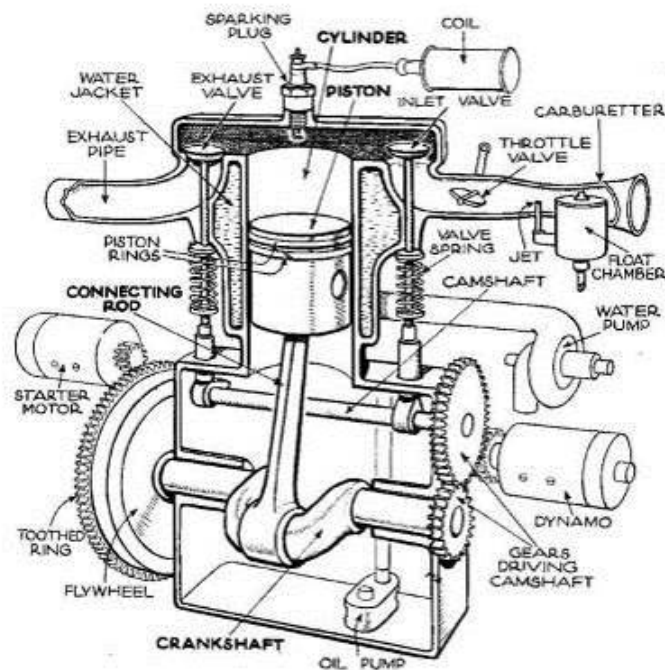
## **2. ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΙΝΗΣΗΣ ΒΑΛΒΙΔΩΝ**

### **2.1 Μετατροπή παλινδρομικής σε περιστροφική κίνηση**

Ο βασικός κινηματικός μηχανισμός εμβόλου–διωστήρα–στροφάλου αναφέρεται και ως σύστημα παραγωγής ευθύγραμμης παλινδρομικής κίνησης στους εμβολοφόρους κινητήρες. Το σύστημα αυτό αποτελείται από το βασικό κινηματικό μηχανισμό του εμβόλου που με το διωστήρα και τον στροφαλοφόρο άξονα παράγουν την κίνηση και τη μετατρέπουν από ευθύγραμμη παλινδρομική σε περιστροφική. Τα κύρια μέρη ενός τέτοιου συστήματος είναι τα ακόλουθα:

- Το σώμα του κυλίνδρου, μπλοκ ή κορμός.
- Τα έμβολά με τα εξαρτήματά τους.
- Οι διωστήρες, μπιέλες.
- Ο στροφαλοφόρος.
- Ο σφόνδυλος, βολάν.

Στην Εικόνα 2.1 φαίνεται μια σχηματική διάταξη των πέντε βασικών τμημάτων αλλά και ο τρόπος που αλληλοσυνδέονται.



**Εικόνα 2.1:** Σχηματική διάταξη κινηματικού μηχανισμού κινητήρα εσωτερικής καύσης.

### 2.1.1 Σώμα των κυλίνδρων (Μπλοκ)

Ονομάζεται γενικά ο σκελετός του κινητήρα όπου διαμορφώνονται οι κύλινδροι και στηρίζονται όλοι οι άλλοι μηχανισμοί του.

Το κομμάτι αυτό της κινητήριας μονάδας είναι μια πολύπλοκη κατασκευή που περιλαμβάνει τους κυλίνδρους, τους θαλάμους κυκλοφορίας του νερού, αν ο κινητήρας είναι υδρόψυκτος, που ονομάζονται υδροχιτώνια, τις βάσεις για τη στήριξη του στροφαλοφόρου άξονα και του εκκεντροφόρου, ένα τμήμα των αγωγών κυκλοφορίας του λαδιού, το χώρο για τα γρανάζια χρονισμού, τις βάσεις για τη στήριξη του καπακιού της ελαιολεκάνης και της αντλίας λαδιού.



**Εικόνα 2.2:** Κορμός 2-κύλινδρου σε διάταξη V κινητήρα μοτοσυκλέτας.

Το σχήμα του σώματος των κυλίνδρων εξαρτάται από τη διάταξη των κυλίνδρων και το σύστημα ψύξης. Αν είναι αερόψυκτος ο κινητήρας, τότε εξωτερικά οι κύλινδροι έχουν πολλές σειρές από πτερύγια που αυξάνουν την επιφάνεια τους προσδίδοντάς τους αεροδυναμικό χαρακτήρα, για καλύτερη ψύξη. Αν ο κινητήρας είναι υδρόψυκτος, σχηματίζονται στο εσωτερικό του, οι θάλαμοι κυκλοφορίας του νερού.

### **2.1.2 Έμβολα και εξαρτήματά τους**

Το έμβολο λόγω της λειτουργίας του εκτίθεται σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες που δημιουργούνται από την καύση του καυσίμου. Με τη σειρά τους τα αέρια της καύσης εξασκούν μεγάλες πιέσεις στην επιφάνεια του εμβόλου με σκοπό τη μετατροπή της θερμικής ενέργειας σε μηχανική. Η τελευταία μεταφέρεται από το διωστήρα (μπιέλα) στο στροφαλοφόρο άξονα. Ταυτόχρονα, δημιουργεί την απαραίτητη υποπίεση για την εισαγωγή του μίγματος στο θάλαμο καύσης και απωθεί τα καυσαέρια για να καθαριστεί ο κύλινδρος. Το εύρος των θερμοκρασιών που εργάζεται το

έμβολο φθάνει τους 2000 με 2500 °C. Τα βασικά μέρη του εμβόλου είναι τα παρακάτω:

- Η κεφαλή, με σχήμα επίπεδο ή άλλης μορφής
- Η ζώνη των ελατηρίων όπου υπάρχουν αυλακώσεις-οδηγοί για την τοποθέτηση των ελατηρίων συμπίεσης και λαδιού. Αυτά στεγανοποιούν το εσωτερικό του κυλίνδρου προκειμένου να μη διαφύγουν αέρια της καύσης προς τον στροφαλοθάλαμο ή λάδι λίπανσης να περάσει στο θάλαμο καύσης.
- Τα έδρανα του πείρου, στα σημεία αυτά στερεώνονται ο πείρος που συνδέει το έμβολο με τη μπιέλα.
- Η ποδιά του εμβόλου.

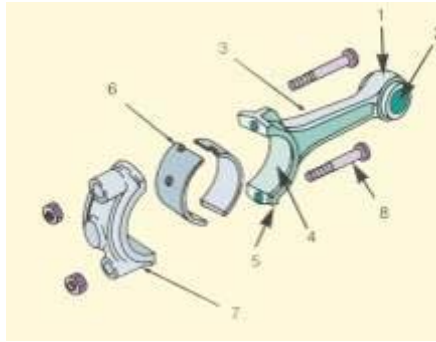


**Εικόνα 2.3:** Έμβολο με τα ελατήρια συμπίεσης και λαδιού.

### 2.1.3 Διωστήρας

Ο προορισμός της μπιέλας είναι να μεταφέρει την κινητική ενέργεια του εμβόλου στο στροφαλοφόρο άξονα αλλά και αντίστροφα να μεταφέρει τη δύναμη που χρειάζεται το έμβολο από το στροφαλοφόρο άξονα κατά τη φάση της συμπίεσης, κατά κύριο λόγο και λιγότερο κατά τη φάση της εξαγωγής.

Το υλικό της κατασκευής του διωστήρα είναι ο σφυρήλατος χάλυβας και κατά γενικό κανόνα το σχήμα της διατομής του είναι διπλό ταυ. Τα επιμέρους τμήματα του διωστήρα όπως το πόδι, ο τριβέας του πείρου, ο κορμός, ο αγωγός του λαδιού, η κεφαλή, ο τριβέας του στροφαλοφόρου, το κάλυμμα του εδράνου, οι βίδες στερέωσης του καλύμματος παρουσιάζονται στην Εικόνα 2.4.



**Εικόνα 2.4:** Τα επιμέρους τμήματα του διωστήρα.

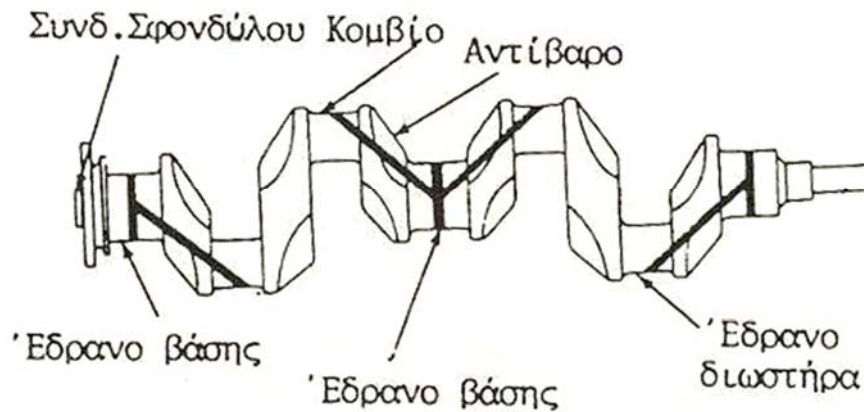
### 2.1.4 Στροφαλοφόρος άξονας

Προορισμός του στροφαλοφόρου άξονα είναι να μετατρέπει την παλινδρομική κίνηση των εμβόλων σε περιστροφική. Αυτό επιτυγχάνεται με τη βοήθεια των στροφάλων με τα οποία είναι διαμορφωμένος ο ίδιος ο στροφαλοφόρος άξονας. Στους περισσότερους κινητήρες είναι μονοκόμματος και κατασκευασμένος από σφυρήλατο χάλυβα για μεγαλύτερη αντοχή. Τα βασικότερα μέρη του στροφαλοφόρου άξονα είναι:

- Τα κομβεία ή στροφείς βάσης, είναι οι στροφείς που αντιστοιχούν στα έδρανα βάσης που βρίσκονται επάνω στο σώμα των κυλίνδρων. Ο άξονας περιστροφής του στροφαλοφόρου συμπίπτει με τον άξονα των στροφέων βάσης. Για τους μονοκύλινδρους και δικύλινδρους κινητήρες οι στροφαλοφόροι έχουν δύο μόνο στροφείς βάσεις
- Τα κομβία διωστήρων, είναι οι στροφείς του στροφαλοφόρου πάνω στους οποίους στερεώνονται οι διωστήρες.
- Οι βραχίονες ή κιθάρες, είναι τα τμήματα που συνδέουν τους στροφείς βάσης με τα κομβία των διωστήρων.
- Οι αγωγοί λαδιού, είναι οι αγωγοί που υπάρχουν εσωτερικά στο στροφαλοφόρο άξονα για τη λίπανση των τριβέων.
- Τα αντίβαρα, είναι πρόσθετα βάρη που έχουν προορισμό τη ζυγοστάθμιση του στροφαλοφόρου άξονα.

Για τη σύνδεση των διωστήρων με το στροφαλοφόρο άξονα στα κομβία διωστήρων υπάρχουν διαιρούμενα έδρανα με το ένα τμήμα τους να σχηματίζεται στο σώμα των κυλίνδρων και το άλλο να είναι κινητό και επιπλέον παρεμβαλλόμενοι τριβείς, που και στην περίπτωση αυτή, είναι

διαιρούμενοι τριβείς ολίσθησης και λιγότεροι ένσφαιροι τριβείς (ρουλεμάν). Η λίπανση των επιφανειών των τριβέων γίνεται με λάδι που φθάνει στα κομβία βάσης από το κύκλωμα λίπανσης του κινητήρα, ενώ μέσω οπών στο σώμα του στροφαλοφόρου άξονα διοχετεύεται λιπαντικό και στους τριβείς των κομβίων των διωστήρων.

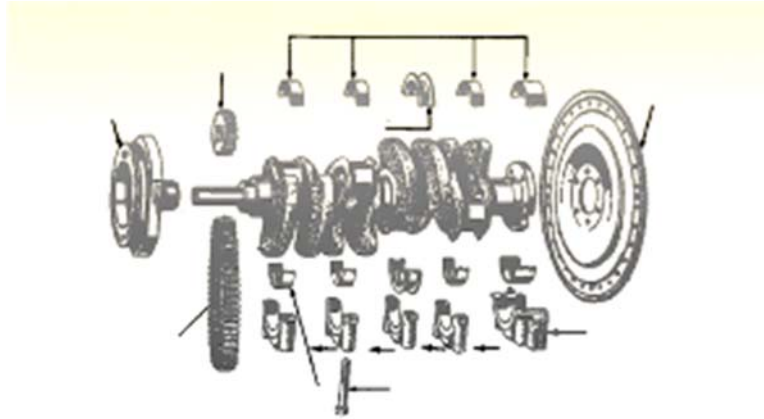


**Εικόνα 2.5:** Τα μέρη του στροφαλοφόρου άξονα.

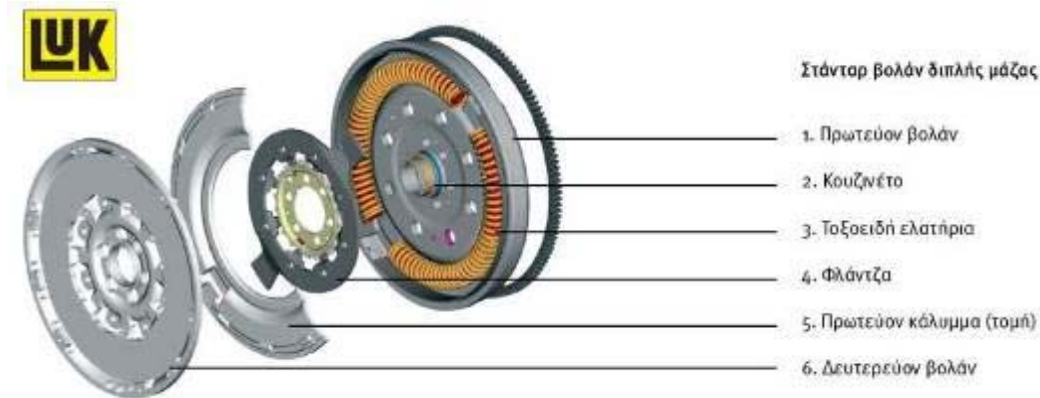
### 2.1.5 Σφόνδυλος

Ο σφόνδυλος ή βολάν είναι ένας αρκετά βαρύς μεταλλικός δίσκος στο ένα άκρο του στροφαλοφόρου, Εικόνα 2.6, που αποθηκεύει ενέργεια από τον ωφέλιμο χρόνο της εκτόνωσης και στη συνέχεια την προσφέρει για να πραγματοποιηθούν οι υπόλοιποι τρεις παθητικοί χρόνοι, δηλ. η εισαγωγή, η συμπίεση και η εξαγωγή.





**Εικόνα 2.6:** Ο στροφαλοφόρος άξονας και ο σφόνδυλος.

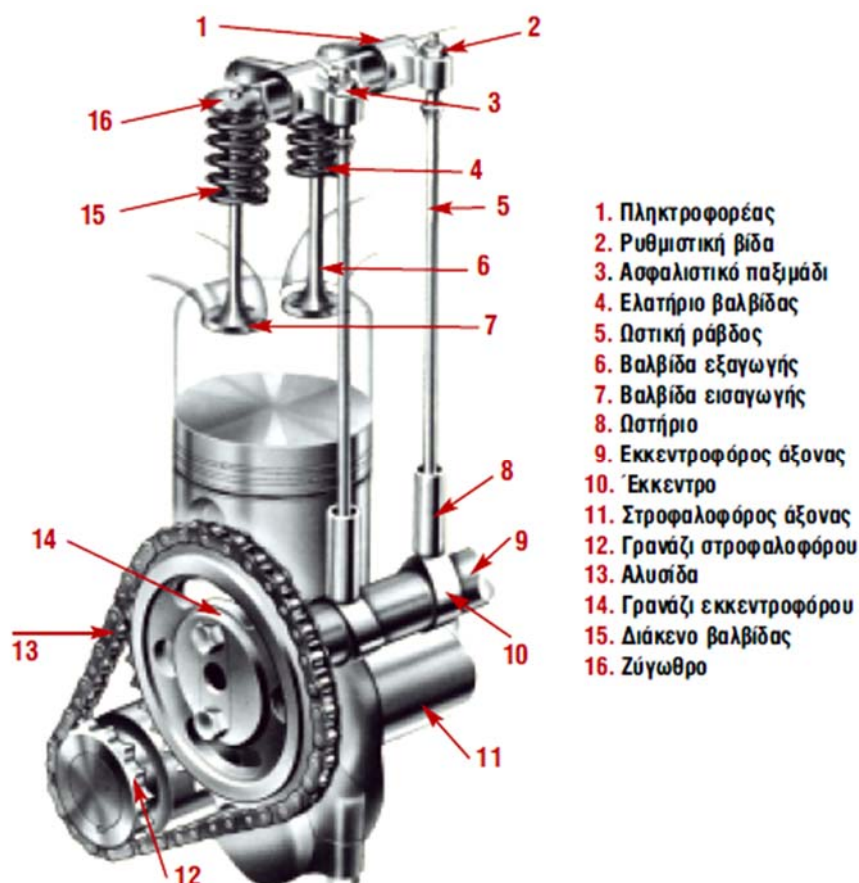


**Εικόνα 2.7:** Παράδειγμα δομής του βολάν.

Ο σφόνδυλος, εξ αιτίας της σχετικά μεγάλης μάζας του, όταν αρχίζει να περιστρέφεται, απορροφά ένα μέρος από την ενέργεια που παράγει ο χρόνος της εκτόνωσης και παρασύρει με την περιστροφή του το έμβολο για να εκτελέσει και τους υπόλοιπους τρεις χρόνους. Όσο περισσότερους κυλίνδρους έχει ένας κινητήρας τόσο μικρότερο βάρος έχει ο σφόνδυλος. Ο σφόνδυλος κατασκευάζεται από χυτοσίδηρο ή χάλυβα. Στην περιφέρεια του σφονδύλου βρίσκεται η οδοντωτή στεφάνη στην οποία εμπλέκεται το γρανάζι της μίζας. Η εξωτερική επιφάνειά του σφονδύλου είναι λεία, γιατί σε αυτήν στηρίζεται ο συμπλέκτης (δίσκος-πλατό), ο οποίος μεταφέρει την κίνηση στο κιβώτιο ταχυτήτων.

## 2.2 Εκκεντροφόρος άξονας-βαλβίδες

Ο εκκεντροφόρος άξονας και οι βαλβίδες αποτελούν τα κύρια μέρη του συστήματος διανομής του καυσίμου και απαγωγής των καυσαερίων προς και από τον κάθε κύλινδρο. Ανάλογα με τον τρόπο σχεδίασης του κινητήρα υπάρχουν και τα δευτερεύοντα τμήματα του συστήματος διανομής του καυσίμου, που είναι οι μηχανισμοί κίνησης των εξαρτημάτων αυτών ( Εικόνα 2.8).



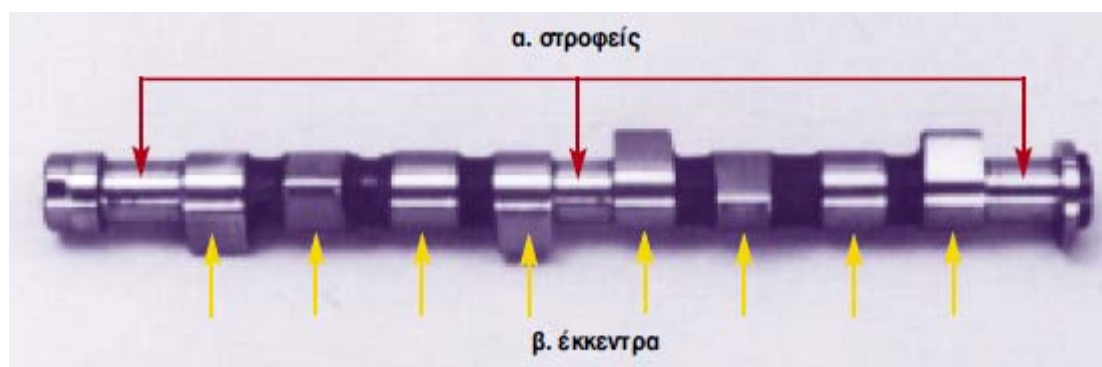
Εικόνα 2.8: Σύστημα διανομής καυσίμου και απαγωγής καυσαερίων.

### 2.2.1 Εκκεντροφόρος άξονας

Ο εκκεντροφόρος άξονας, Εικόνα 2.9, είναι ένας άξονας που στηρίζεται επάνω σε στροφείς, ο αριθμός των οποίων εξαρτάται από τον

αριθμό των κυλίνδρων του κινητήρα. Ο άξονας αυτός φέρει μια σειρά από έκκεντρα, που συνήθως είναι τόσα, όσες και οι βαλβίδες εισαγωγής και εξαγωγής του καυσίμου και των καυσαερίων. Προορισμός του εκκεντροφόρου άξονα είναι να ανοίγει τις βαλβίδες την κατάλληλη στιγμή.

Το υλικό κατασκευής του είναι ο σφυρήλατος χάλυβας υψηλής αντοχής. Σε ορισμένες μάλιστα περιπτώσεις χρησιμοποιούνται και χυτοί εκκεντροφόροι με μεγάλη ακρίβεια και κατάλληλη σκλήρυνση των έκκεντρών τους.



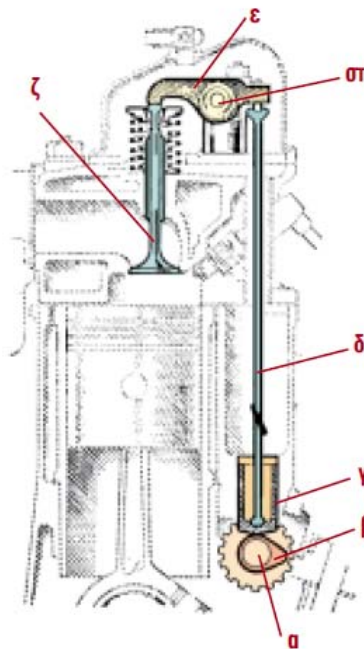
**Εικόνα 2.9:** Μορφή εκκεντροφόρου άξονα.

Η θέση του εκκεντροφόρου άξονα εξαρτάται από τη σχεδίαση του κινητήρα και από τη θέση που έχουν οι βαλβίδες. Βασικές κατηγορίες είναι:

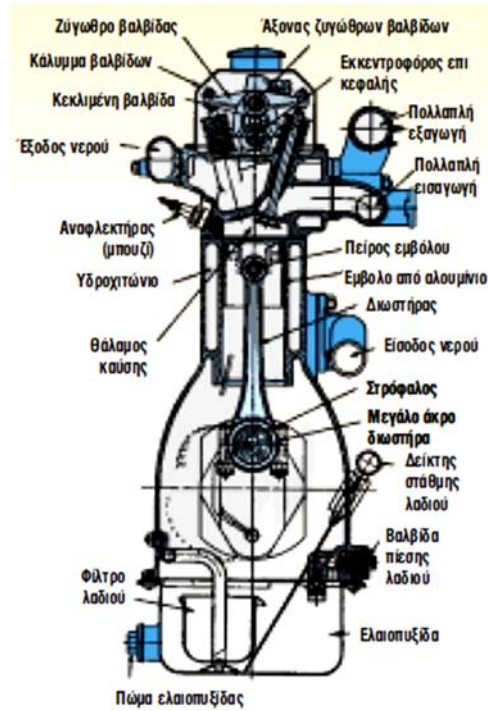
- Κινητήρας με βαλβίδες στην κυλινδροκεφαλή και τον εκκεντροφόρο άξονα στα πλάγια. Οι κινητήρες αυτοί ονομάζονται κινητήρες με επικεφαλής βαλβίδες (OHV). Στην περίπτωση αυτή, Εικόνα 2.10, για να κινηθούν οι βαλβίδες χρησιμοποιούνται ένας μηχανισμός κίνησης που περιλαμβάνει το ωστήριο (ποτηράκι), την ωστική ράβδο (καλάμι), το ζύγωθρο (κοκοράκι) και τον πληκτροφορέα (πιανόλα).
- Κινητήρας με τις βαλβίδες και τον εκκεντροφόρο άξονα στην κυλινδροκεφαλή. Στη διάταξη αυτή ο εκκεντροφόρος άξονας τοποθετείται επάνω από τους κυλίνδρους και οι βαλβίδες για να ανοίγουν και να κλείνουν είτε κινούνται από ζύγωθρα και παίρνουν κίνηση απευθείας από τον εκκεντροφόρο, Εικόνα 2.11, είτε οι βαλβίδες οι ίδιες κινούνται απευθείας από τον εκκεντροφόρο μέσω του ωστήριου (ποτηράκι), Εικόνα 2.12. Στη δεύτερη αυτή περίπτωση, το ωστήριο στο επάνω μέρος του έχει μια κοιλότητα, όπου τοποθετείται ένας μεταλλικός δίσκος (πλακάκι ή καπελότο).

Αν αλλάξει το πάχος του δίσκου αυτού, λόγω φθοράς, θα αλλάξει και η διαδρομή κίνησης της βαλβίδας. Στην περίπτωση αυτή θα πρέπει ο δίσκος να αντικατασταθεί με άλλον ώστε να επιτευχθεί και πάλι το επιθυμητό διάκενο της βαλβίδας. Οι κινητήρες αυτοί ονομάζονται κινητήρες με επικεφαλής εκκεντροφόρο (OHC-Overhead Camshaft) ενώ είναι δυνατό να υπάρχουν και δύο εκκεντροφόροι, Εικόνα 2.13, (DOHC-Double Overhead Camshaft).

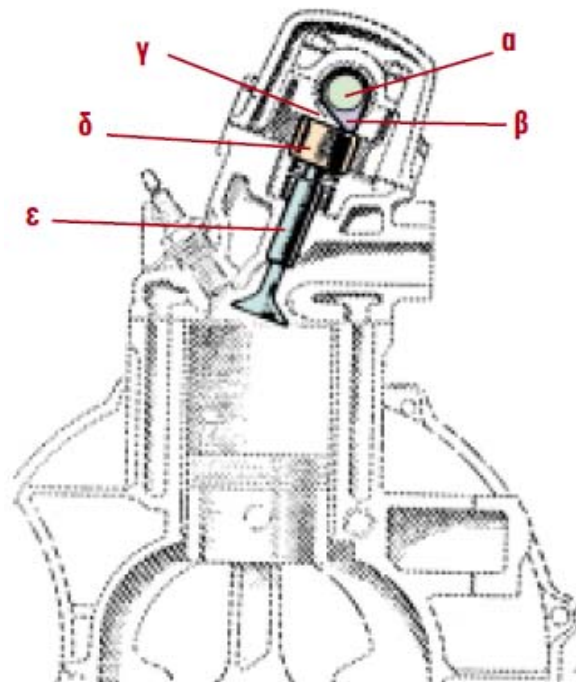
- Κινητήρας με βαλβίδες και εκκεντροφόρο άξονα στα πλάγια. Στην περίπτωση αυτή, Εικόνα, ο εκκεντροφόρος βρίσκεται τοποθετημένος κάτω από τις βαλβίδες. Ο μηχανισμός κίνησης αποτελείται από το ωστήριο (ποτηράκι), τη βίδα ρύθμισης, το ελατήριο της βαλβίδας και τον οδηγό.



**Εικόνα 2.10:** Διάταξη με τον εκκεντροφόρο στα πλάγια και τις βαλβίδες επικεφαλής.

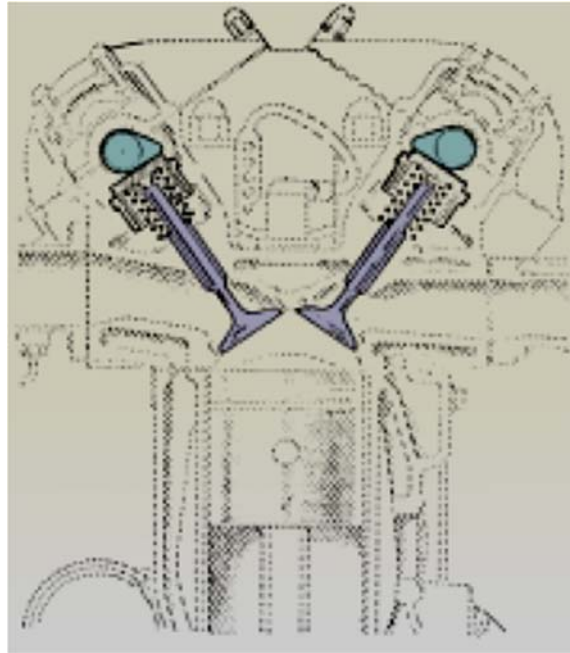


**Εικόνα 2.11:** Διάταξη εκκεντροφόρου επικεφαλής με τις βαλβίδες να κινούνται από ζύγωθρα.

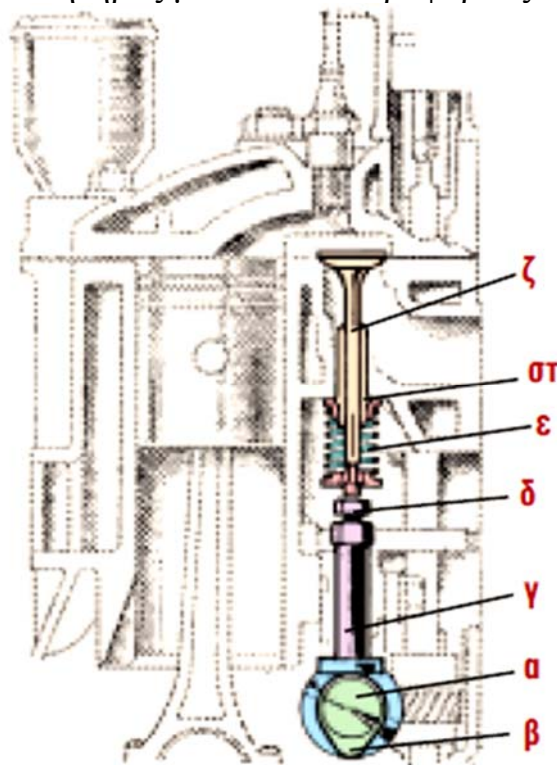


**Εικόνα 2.12:** Διάταξη με τον εκκεντροφόρο επικεφαλής με τις βαλβίδες να κινούνται απευθείας από τα έκκεντρα.





**Εικόνα 2.13:** Κινητήρας με δύο εκκεντροφόρους επικεφαλής.



**Εικόνα 2.14:** Διάταξη με εκκεντροφόρο και τις βαλβίδες στα πλάγια α) εκκεντροφόρος β) έκκεντρο γ) ωστήριο δ) βίδα ρύθμισης ε) ελατήριο βαλβίδας στ) οδηγός ζ) βαλβίδα.

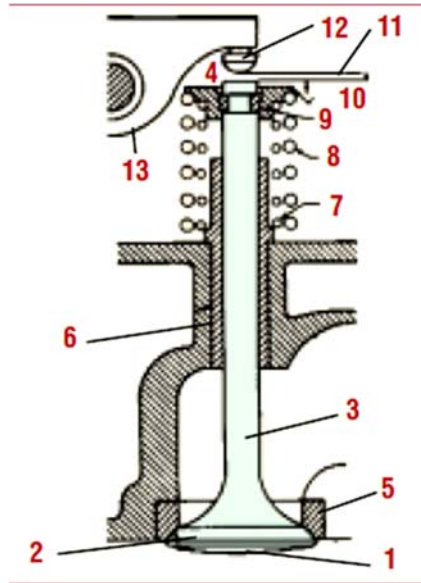
### 2.2.2 Βαλβίδες

Προορισμός των βαλβίδων είναι να ανοίγουν και να κλείνουν την κατάλληλη στιγμή του κύκλου λειτουργίας του κινητήρα, ώστε να εξασφαλίζεται η διαδοχική σειρά των χρόνων εισαγωγής, συμπίεσης, εκτόνωσης και εξαγωγής.

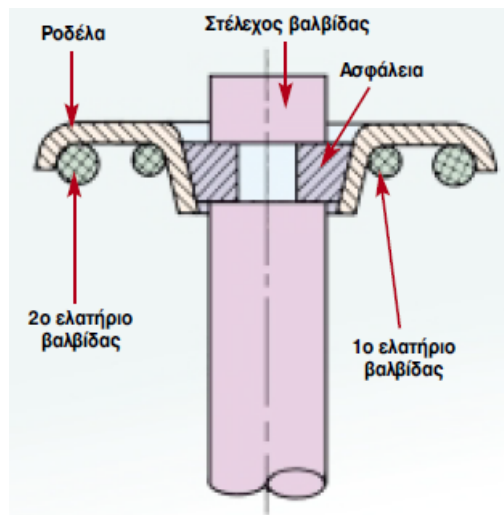
Τα μέρη από τα οποία αποτελείται η βαλβίδα όπως φαίνονται στην Εικόνα 2.15 είναι η κεφαλή, η έδρα, το στέλεχος και η ουρά. Το σύστημα στήριξης, κίνησης και λειτουργίας της βαλβίδας περιλαμβάνει την υποδοχή της έδρας, τον οδηγό, το εσωτερικό ελατήριο, το εξωτερικό ελατήριο, την ασφάλεια, τη ροδέλα, τη βίδα ρύθμισης του διάκενου και το ζύγωθρο. Η ουρά της βαλβίδας μπορεί να έχει διάφορες διαμορφώσεις, ανάλογα με τον τρόπο συγκράτησης της ασφάλειας των ελατηρίων, Εικόνα 2.16.

Η υποδοχή της έδρας και ο οδηγός είναι μέρη της κυλινδροκεφαλής. Έχουν, όμως, άμεση σχέση τόσο με τη βαλβίδα όσο και μεταξύ τους, αφού από τη σωστή σχέση λειτουργίας τους, εξαρτάται η καλή λειτουργία όλου του συστήματος της βαλβίδας. Ο οδηγός έχει προορισμό να εξασφαλίζει την αξονική κίνηση, κατά το άνοιγμα και κλείσιμο της βαλβίδας. Οι υποδοχές της έδρας εξασφαλίζουν καλύτερη στεγανότητα κατά το κλείσιμο της βαλβίδας. Οι οδηγοί και οι υποδοχές των εδρών μπορεί να είναι διαμορφωμένες στην κυλινδροκεφαλή από το ίδιο υλικό ή να έχουν τοποθετηθεί πρόσθετα από διαφορετικό υλικό, για μεγαλύτερη αντοχή. Οι έδρες των βαλβίδων και οι υποδοχές των εδρών στην κυλινδροκεφαλή μπορεί να έχουν την ίδια γωνία κωνικότητας έδρασης, Εικόνα 2.17, ή να έχουν μια διαφορά μέχρι  $2^\circ$ , για καλύτερο πάτημα της βαλβίδας. Οι κύριες διαστάσεις της βαλβίδας είναι α) το ύψος β) η διάμετρος της κεφαλής της βαλβίδας γ) η διάμετρος του στελέχους της βαλβίδας δ) η γωνία έδρασης της βαλβίδας.

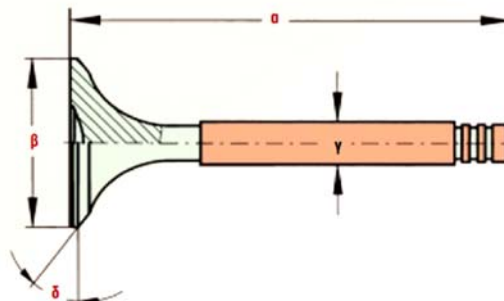




**Εικόνα 2.15:** Μέρη της βαλβίδας και διάταξη λειτουργίας της.



**Εικόνα 2.16:** Διάταξη συγκράτησης της ασφάλειας των ελατηρίων.

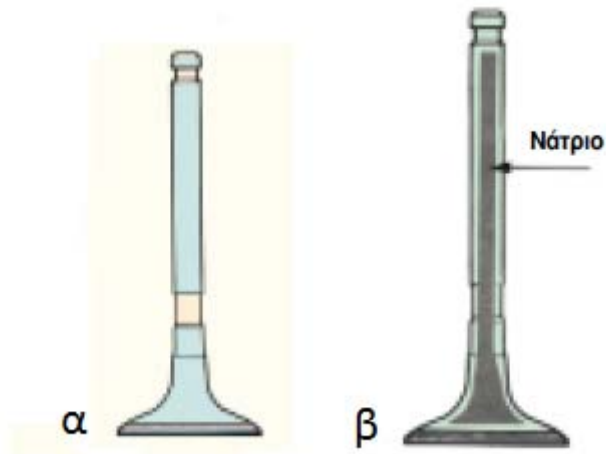


**Εικόνα 2.17:** Κύριες διαστάσεις της βαλβίδας.

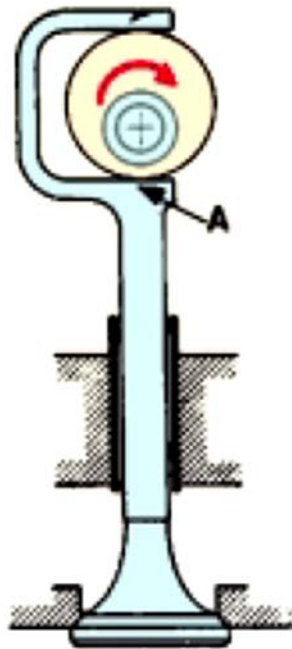
Οι βαλβίδες κατασκευάζονται από διάφορα κράματα χάλυβα. Για τις βαλβίδες εισαγωγής χρησιμοποιούνται νικελιούχα, χρωμιονικελιούχα ή χρωμομολυβδαινιούχα κράματα χάλυβα. Για τις βαλβίδες εξαγωγής χρησιμοποιούνται χάλυβες υψηλής αντοχής, όπως πυριτιοχρωμιούχοι ή κοβαλτιοχρωμιούχοι χάλυβες ή ωστενιτικοί χάλυβες με μεγάλη περιεκτικότητα νικελίου, χρωμίου, κ.τ.λ. Για αύξηση της αντοχής των βαλβίδων από διάβρωση, οι κεφαλές τους επικαλύπτονται, επιπρόσθετα, με ειδικό κράμα μετάλλων (νικέλιο 80% και χρώμιο 20%) ή με κράμα αλουμινίου.

Οι κατασκευαστές προκειμένου να βελτιώσουν τα συστήματα διανομής του καυσίμου έχουν χρησιμοποιήσει αρκετούς τύπους βαλβίδων οι κυριότεροι από τους οποίους είναι:

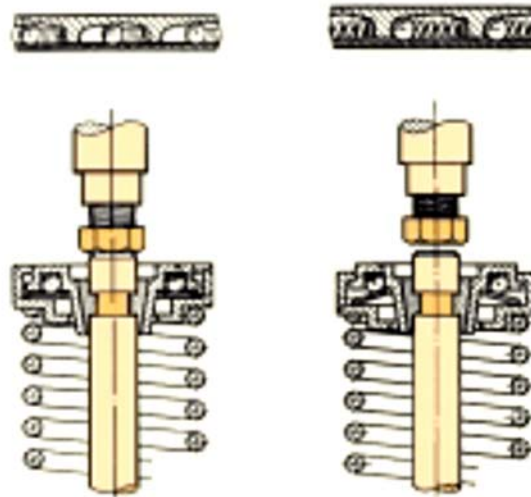
- Οι απλές βαλβίδες, Εικόνα 2.18α.
- Οι βαλβίδες με επικάλυψη.
- Οι βαλβίδες που ψύχονται με νάτριο. Στις βαλβίδες αυτές η κεφαλή και το στέλεχος είναι κοίλα, ενώ ένα μέρος της κοιλότητάς τους είναι γεμάτο με νάτριο ή διάφορα άλατα για την καλύτερη ψύξη τους, Εικόνα 2.18β.
- Οι δεσμοδρομικές βαλβίδες όπου δεν υπάρχουν ελατήρια για το κλείσιμό τους, αλλά κλείνουν με τη βοήθεια των έκκεντρων, Εικόνα 2.19. Χρησιμοποιούνται σε πολύστροφους κινητήρες.
- Οι περιστρεφόμενες βαλβίδες, όπου η περιστροφή κατά μια μικρή γωνία σε κάθε άνοιγμα και κλείσιμο, επιτυγχάνεται με τη χρησιμοποίηση ειδικών ωστήριων, Εικόνα 2.20. Με την περιστροφή της βαλβίδας καθαρίζονται οι έδρες της και επιτυγχάνεται έτσι καλύτερη στεγανοποίηση για μεγαλύτερο χρόνο.
- Οι αυτορυθμιζόμενες βαλβίδες με αυτορυθμιζόμενα υδραυλικά ωστήρια, Εικόνα 2.21. Εξαιτίας της πλήρους επαφής στις αρθρώσεις δεν υπάρχει καθόλου διάκενο μεταξύ ωστήριου και βαλβίδας και οι διαστολές του συστήματος εξουδετερώνονται από το υδραυλικά ρυθμιζόμενο ωστήριο. Τα υδραυλικά ωστήρια είναι διαφόρων τύπων. Συνήθως, το ωστήριο διαμορφώνεται σε κύλινδρο, ενώ στο εσωτερικό του κινείται ένα έμβολο, Εικόνα 2.22.



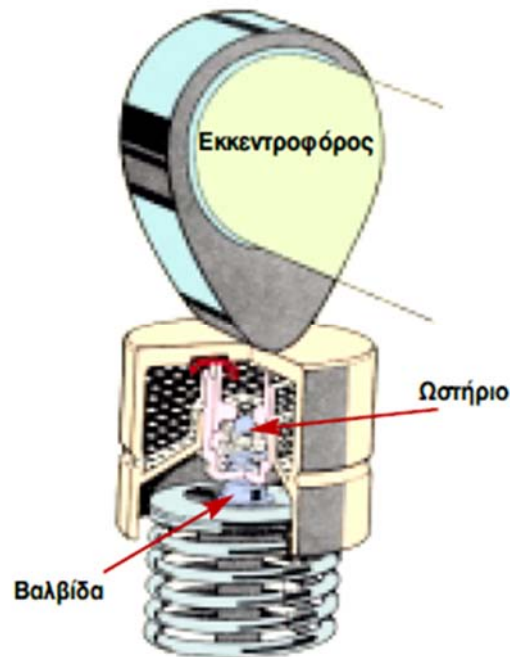
**Εικόνα 2.18:** α) απλή βαλβίδα β) βαλβίδα ψυχόμενη με νάτριο.



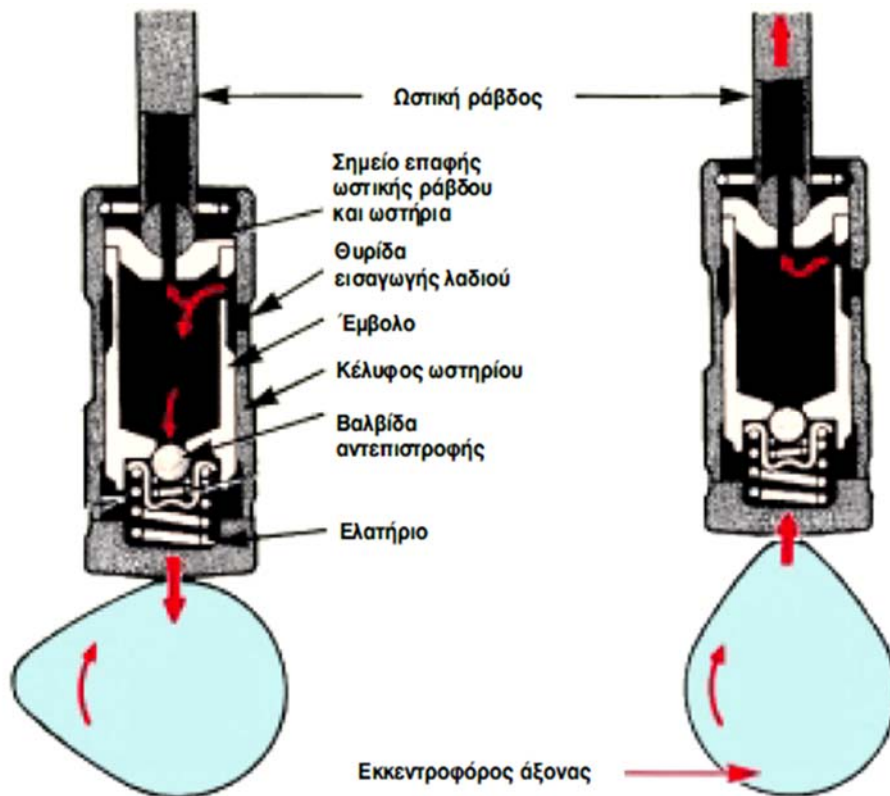
**Εικόνα 2.19:** Δεσμοδρομική βαλβίδα.



**Εικόνα 2.20:** Διάταξη μηχανισμού περιστροφικής βαλβίδας.



**Εικόνα 2.21:** Διάταξη αυτορυθμιζόμενης βαλβίδας με υδραυλικό ωστήριο και εκκεντροφόρο επικεφαλής.



**Εικόνα 2.22:** Τύπος υδραυλικά ρυθμιζόμενου ωστήριου.

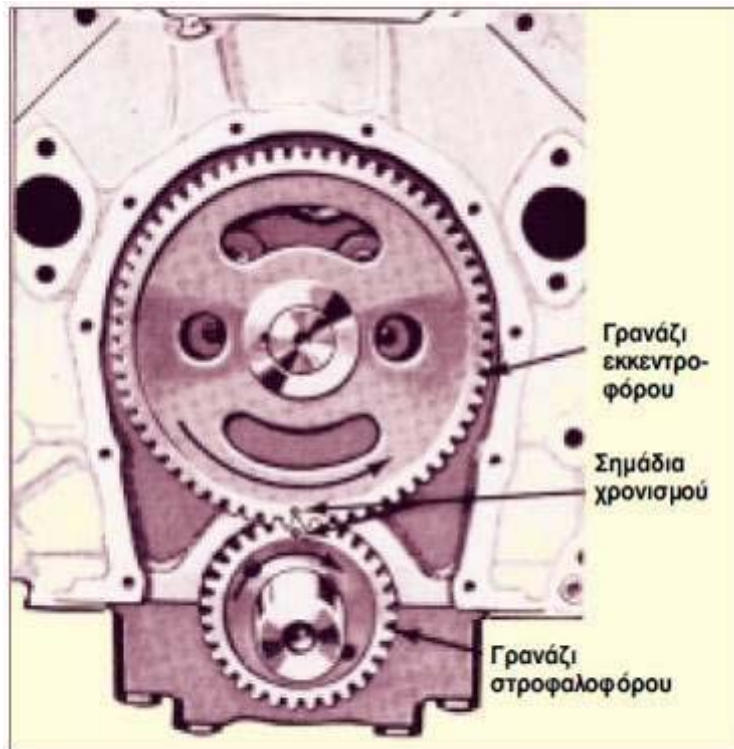
### 2.2.3 Μετάδοση κίνησης στον εκκεντροφόρο

Η κίνηση στον εκκεντροφόρο άξονα μεταδίδεται από το στροφαλοφόρο άξονα. Τρεις είναι οι πλέον διαδεδομένοι τρόποι μετάδοσης της κίνησης.

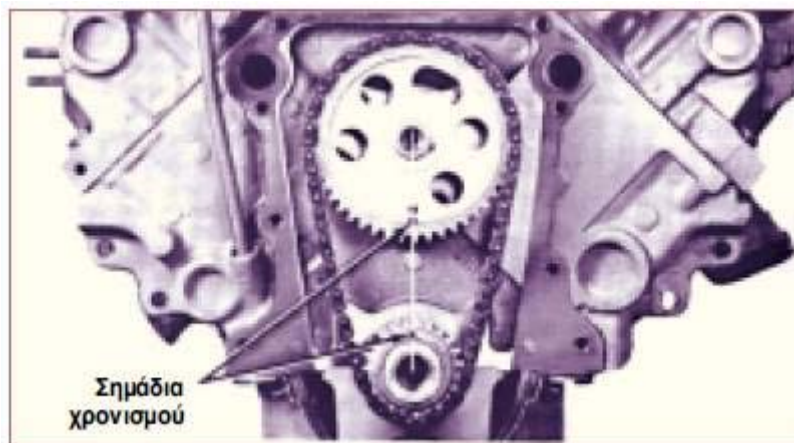
1. Μετάδοση με γρανάζια. Ο τρόπος αυτός χρησιμοποιείται όταν ο εκκεντροφόρος άξονας είναι στα πλάγια του κινητήρα. Έχει υψηλό σχετικά κόστος κατασκευής, χρειάζεται λίπανση, παρέχει, όμως, μεγάλη ασφάλεια μεταφοράς της κίνησης και προσφέρει ήσυχη λειτουργία, Εικόνα 2.23.
2. Μετάδοση με αλυσίδα. Χρησιμοποιείται όταν ο εκκεντροφόρος είναι τοποθετημένος είτε στα πλάγια είτε είναι επικεφαλής. Έχει και αυτός υψηλό σχετικά κόστος κατασκευής, χρειάζεται λίπανση, παρέχει μεγάλη ασφάλεια μεταφοράς της κίνησης, παρουσιάζει

όμως, σχετικά θορυβώδη λειτουργία που γίνεται περισσότερο έντονη μετά από πολλά χιλιόμετρα, Εικόνα 2.24 και Εικόνα 2.25.

3. Μετάδοση με οδοντωτό μάντα. Χρησιμοποιείται όταν ο εκκεντροφόρος είναι είτε στα πλάγια είτε είναι επικεφαλής. Έχει χαμηλό κόστος κατασκευής και συντήρησης και δεν χρειάζεται λίπανση, Εικόνα 2.26.

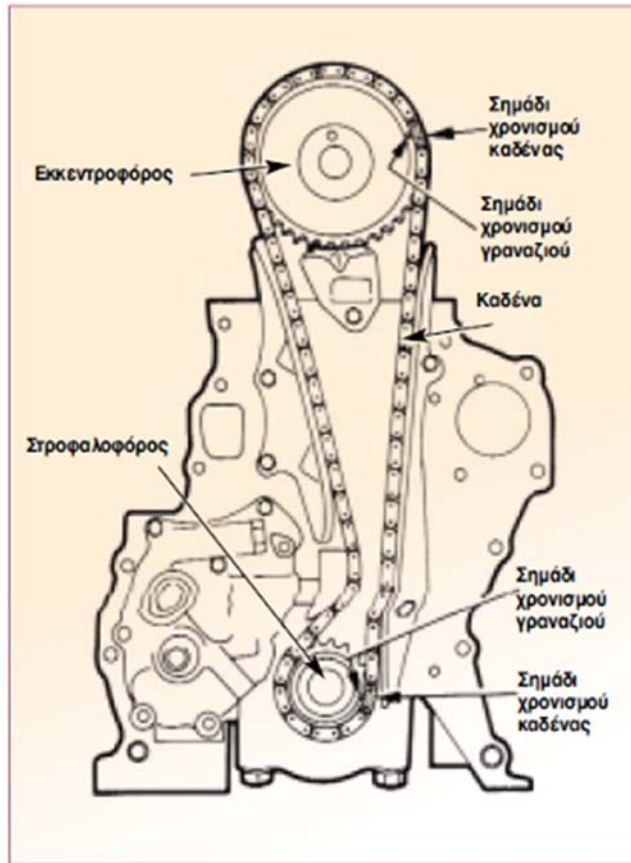


**Εικόνα 2.23:** Μετάδοση της κίνησης με γρανάζια.

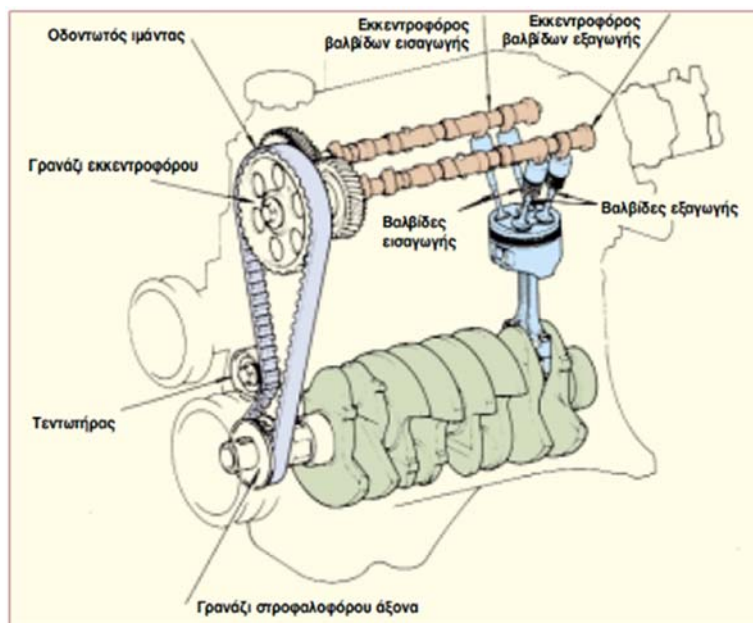


**Εικόνα 2.24:** Μετάδοση της κίνησης με αλυσίδα σε σύστημα διανομής με εκκεντροφόρο στα πλάγια.





**Εικόνα 2.25:** Μετάδοση της κίνησης με αλυσίδα σε σύστημα διανομής με εκκεντροφόρο επικεφαλής.



**Εικόνα 2.26:** Μετάδοση της κίνησης με οδοντωτό μάντα.



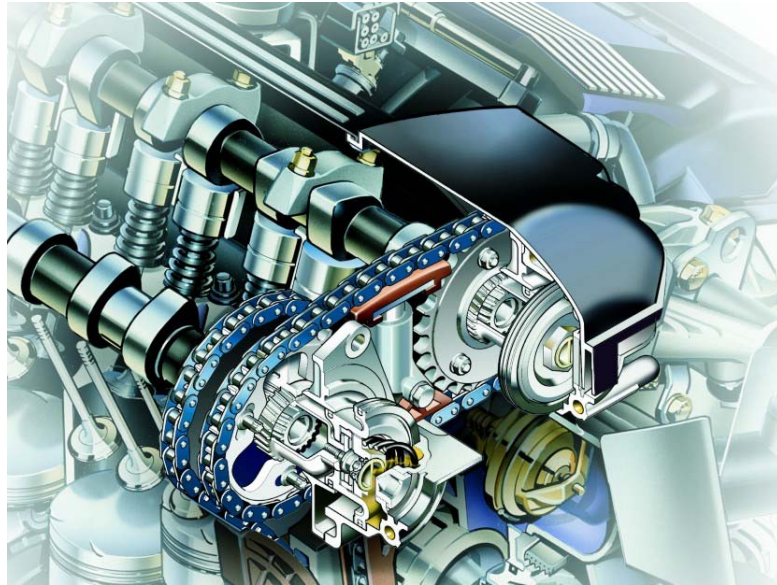


έχουμε μεγαλύτερη επικάλυψη στις υψηλές στροφές με τίμημα την ροπή στις χαμηλές.

Ωστόσο, δεν μπορούν να υπάρξουν οι ίδιοι βαθμοί επικάλυψης στο ίδιο φάσμα στροφών αφού π.χ. μπορεί να παρουσιαστεί εισροή καυσαερίων προς τη πολλαπλή εισαγωγής ή διαφυγή μίγματος από την βαλβίδα εξαγωγής. Εδώ, την κατάσταση βοηθούν τα συστήματα μεταβλητού χρονισμού (Variable Valve Timing) που επιτρέπουν την διαφοροποίηση των επικαλύψεων σε διαφορετικές στροφές λειτουργίας του κινητήρα αυξάνοντας την ισχύ και βελτιώνοντας θεαματικά την ροπή. Έτσι, το άνοιγμα και το κλείσιμο των βαλβίδων μπορεί να μεταβάλλεται καθώς και η μείωση ή η αύξηση της επικάλυψης. Ωστόσο, πως επιτυγχάνεται ο μεταβλητός χρονισμός;

Ο απλούστερος και φτηνότερος κατασκευαστικά τρόπος αφορά στην μεταβολή της φάσης (γωνίας) του εκκεντροφόρου εισαγωγής ως προς τον εισαγωγής κατά μερικές δεκάδες μοίρες, όπως συμβαίνει στο απλό Variocam της Porsche, όπου ένας υδραυλικός μηχανισμός μεταβάλλει τον τεντωτήρα της καδένας.

Στο Vanos της BMW η αλλαγή της γωνίας του εκκεντροφόρου επιτυγχάνεται μέσω μίας συναρμογής γραναζιών που εμπλέκονται υδραυλικά και ελέγχονται ηλεκτρονικά. Στο Double-Vanos έχουμε μεταβλητό χρονισμό σε όλες τις βαλβίδες, Εικόνα 2.28. Παρόμοιο χρονισμό με γρανάζια χρησιμοποιεί και η Mercedes-Benz όπως και η Toyota με το γνωστό VVT-i. Σημειώστε όμως πως ο χρονισμός με μεταβολή της γωνίας του εκκεντροφόρου απλά επιτρέπει το πρόωρο ή το καθυστερημένο άνοιγμα των βαλβίδων αλλά δεν μπορεί να μεταβάλλει και την διάρκεια του ανοίγματος/κλεισίματος. Δηλαδή αν έχουμε πρόωρο άνοιγμα θα έχουμε και πρόωρο κλείσιμο. Ωστόσο, παραμένει ο φτηνότερος κατασκευαστικά τρόπος VVT.



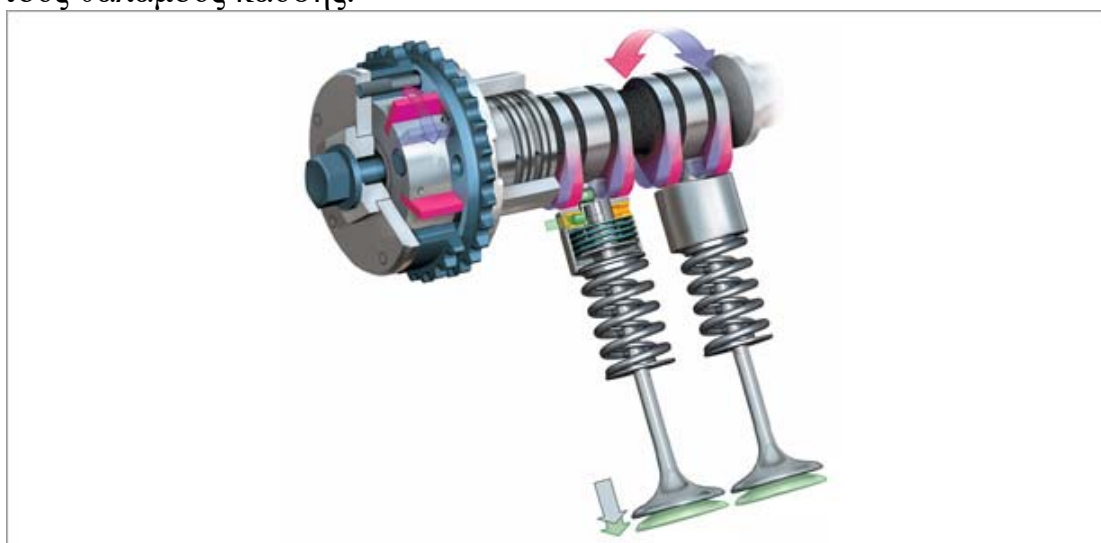
**Εικόνα 2.28:** Σύστημα VANOS της BMW.

Ένας άλλος τρόπος, πιο πολύπλοκος και πιο ακριβός, αφορά σε ένα μηχανισμό που αλλάζει απευθείας τον χρονισμό των βαλβίδων, όπως συμβαίνει στο VTEC της Honda, Εικόνα 2.29. Σε κάθε εκκεντροφόρο υπάρχουν δύο σετ από εκκεντρα με διαφορετικό προφίλ που κινούν ζύγωθρα για να μεταβάλλουν τον χρονισμό των βαλβίδων. Παρόμοιο σύστημα έχει υιοθετήσει και η Mitsubishi με το MIVEC (Mitsubishi Innovative Valve and Lift Electronic Control System). Στο MIVEC υπάρχει ανάλογα με τις στροφές του κινητήρα εναλλαγή δύο εκκεντρων με διαφορετικό προφίλ.



**Εικόνα 2.29:** Σύστημα VTEC της Honda.

Η φυσική εξέλιξη των συστημάτων VVT ήταν η μεταβολή του βυθίσματος των βαλβίδων. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το Variocam Plus της Porsche που εμφανίστηκε το 1991 στην 968, Εικόνα 2.30. Στην Honda μερικές σχεδιαστικές αλλαγές στην γεωμετρία των έκκεντρων σε συνδυασμό με την αλλαγή φάσης του εκκεντροφόρου μας δίνουν το i-VTEC. Στο Variocam Plus της Porsche περιλαμβάνονται δύο διαφορετικού προφίλ έκκεντρα που καθορίζουν την μεταβλητή βύθιση των βαλβίδων. Υπάρχει ένα μικρό στη μέση και δύο μεγαλύτερα στις άκρες. Στο ρελαντί το μεγάλο έκκεντρο απομονώνεται και το μικρό έκκεντρο καθορίζει την βύθιση των βαλβίδων (περίπου στα 3 mm). Στις υψηλές στροφές η μεγαλύτερη βύθιση των βαλβίδων επιτρέπει την γρήγορη εισροή φρέσκου αέρα και την ταχύτερη απαγωγή των καυσαερίων από τους θαλάμους καύσης.

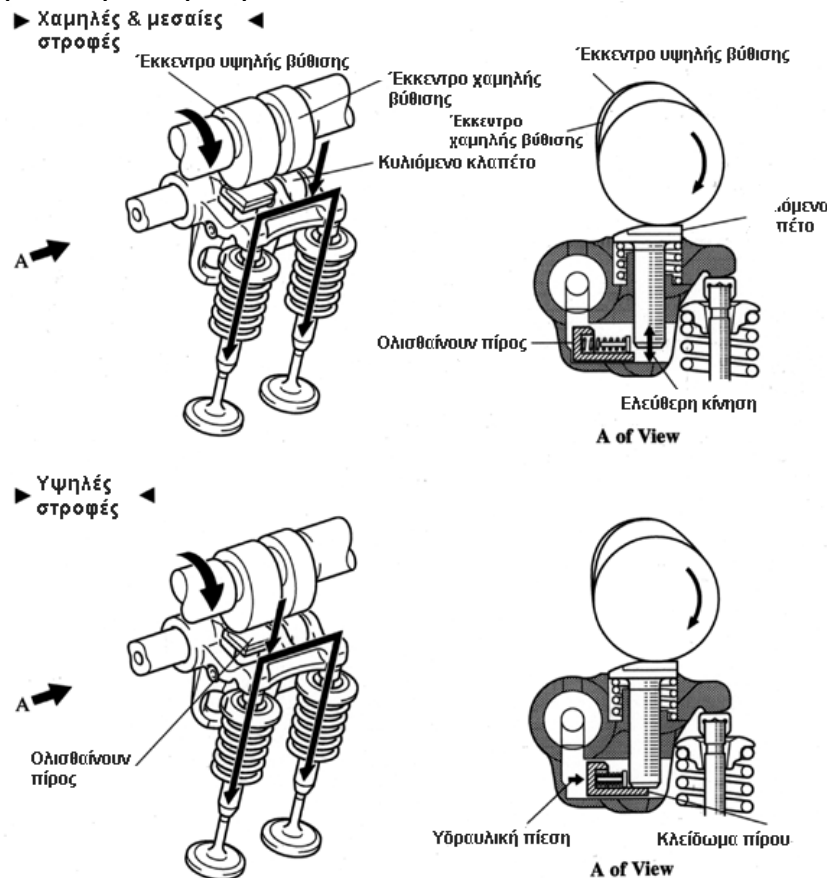


**Εικόνα 2.30:** Σύστημα VVT μεταβολής του βυθίσματος των βαλβίδων Variocam Plus της Porsche.

Στις χαμηλές στροφές κάτι τέτοιο δεν είναι επιθυμητό καθώς οι βαλβίδες αργούν να κλείσουν και τα κατάλοιπα της καύσης ανακατεύονται με το μίγμα (σ.σ. ελάχιστο μέρος των καυσαερίων είναι επιθυμητό να παραμένει στον θάλαμο καθώς ψεκάζεται λιγότερο καύσιμο μίγμα προς όφελος της κατανάλωσης). Για αυτό και το αυξημένο βύθισμα εμφανίζεται κατά κύριο λόγο μόνο ψηλά με τον μεταβλητό χρονισμό να κάνει όλη την δουλειά χαμηλά. Εξαίρεση από τον κανόνα αποτελούν τα συστήματα συνεχούς μεταβαλλόμενης βύθισης όπως τα Valvetronic, VVEL και Valvematic.

Στο σύστημα VVTL-i της Toyota μία σφήνα κλειδώνει το κοκοράκι που αφήνει την βαλβίδα να βυθιστεί πιο ψηλά στις υψηλές στροφές λειτουργίας, Εικόνα 2.31. Το σκαλοπάτι ισχύος γίνεται άμεσα αντιληπτό

από τον οδηγό στις 6.000 σ.α.λ. ακόμη και από τον ήχο που βγάζει ο κινητήρας της Celica με τους 190 ίππους. Ένα σχετικά νεώτερο σύστημα VVT με βύθιση είναι το Valvelift της Audi που είναι απλούστερο από το i-VTEC και από το VVTL-i καθώς δεν χρησιμοποιεί υδραυλικά κόλπα ή σερβό με έκκεντρα. Μεταλλικοί πείροι κατά μία έννοια «κλειδώνουν» τη διαδρομή των ειδικά διαμορφωμένων έκκεντρων και τα υποχρεώνουν να διαγράψουν μεγαλύτερη ή μικρότερη τροχιά, μεταβάλλοντας με αυτό τον τρόπο τη βύθιση των βαλβίδων.

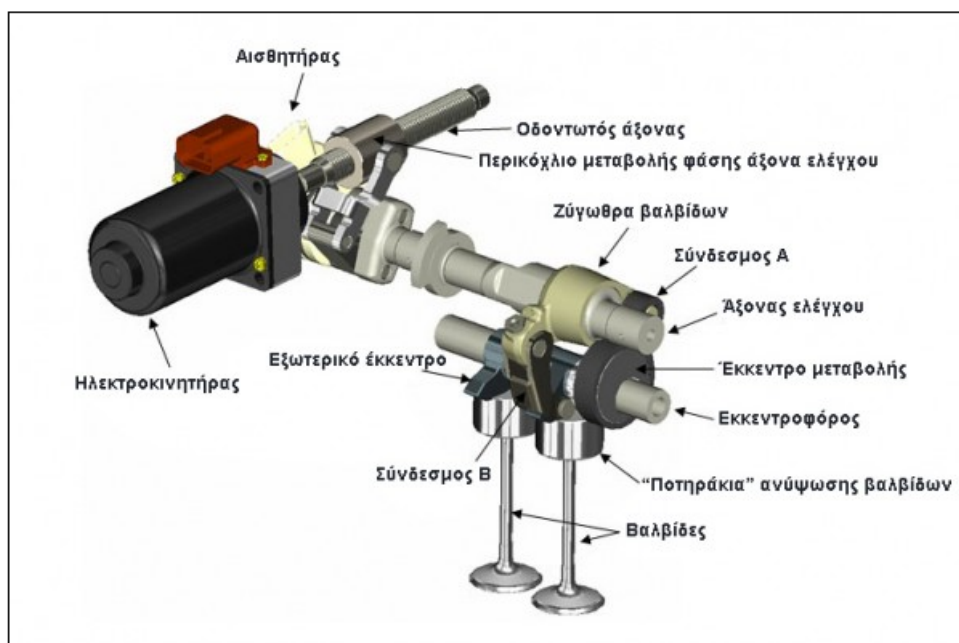


**Εικόνα 2.31:** Σύστημα VVTL-i της Toyota.

Συνεχίζοντας φτάνουμε στα συστήματα CVVL (Continuous Variable Valve Lift (CVVL) που προσφέρουν συνεχώς μεταβαλλόμενη βύθιση των βαλβίδων (και όχι σε ορισμένες στροφές λειτουργίας) προσφέροντας μικρή αύξηση της ισχύος στις υψηλές στροφές αλλά σημαντική μείωση της κατανάλωσης στο μεγαλύτερο εύρος. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το Valvetronic της BMW (βελτίωση της κατανάλωσης) αλλά και το VVEL της Nissan, Εικόνα 2.32, που ταιριάζει γάντι σε κινητήρες σπορ μοντέλων όπως είναι το Infinity G37 ή το Nissan 370Z (βελτίωση της απόδοσης ψηλά). Ακόμη καλύτερο όμως φαίνεται να είναι το Valvematic της Toyota που προσφέρει αύξηση της ισχύος (έως 10%), μείωση της



κατανάλωσης (5-10%) αλλά είναι πιο κόμπακτ και απλό δομικά από ότι τα Valvetronic και VVEL. Στο σύνολο του το Valvematic απαρτίζεται έναν πρόσθετο άξονα που βρίσκεται ανάμεσα στους εκκεντροφόρους εισαγωγής και εξαγωγής, τον μηχανισμό που υποβοηθά στην μεταβολή της βύθισης και βρίσκεται από την μεριά του βολάν καθώς και το διπλό VVTi που «καθαρίζει» κυρίως στις χαμηλές στροφές.



**Εικόνα 2.32:** Σύστημα VVEL της Nissan.

## 2.4 Μεταβλητός Χρονισμός Βαλβίδων σε μοτοσυκλέτες

Στις μοτοσυκλέτες η τεχνολογία του μεταβαλλόμενου χρονισμού βαλβίδων δεν είναι καινούργια μιας και στο παρελθόν κυκλοφόρησαν μοντέλα όπως τα Suzuki GSF 400 Bandit VC και RF 400R VC που έκαναν χρήση παρόμοιων συστημάτων. Τα ανάγλυφα γράμματα VC στην κεφαλή και το κόκκινο καπάκι της, υπογράμμιζαν την διαφορετικότητα του τετρακύλινδρου, Εικόνα 2.33. Κάτω από αυτό, ο εκκεντροφόρος εισαγωγής είχε περισσότερα έκκεντρα από τους συμβατικούς και με δυο διαφορετικά προφίλ. Με ήπιο χρονισμό το πρώτο και με εντονότερο το δεύτερο, που αναλάμβανε να ανοίγει τις βαλβίδες περισσότερο – σε βύθισμα και διάρκεια – μετά τις 7.800 στροφές για να συνεχίσει μέχρι τις 13.000 που ανέβαζε.



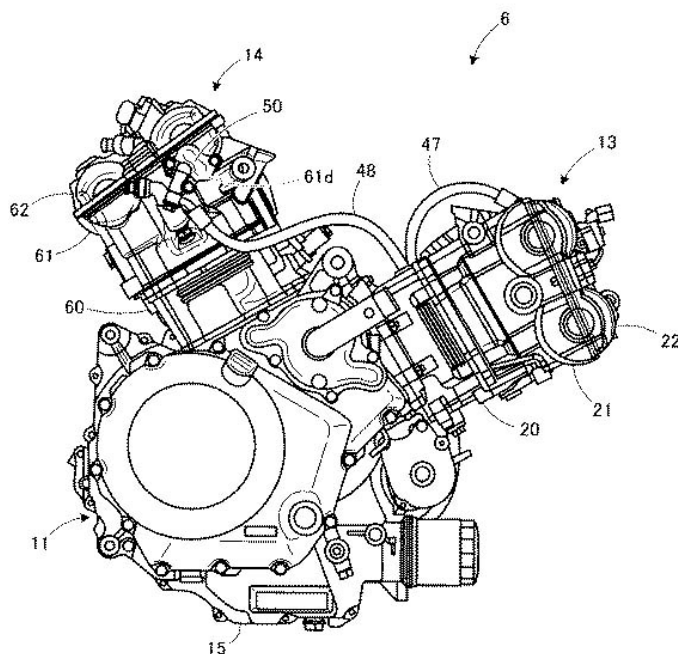
**Εικόνα 2.33:** Εκκεντροφόρος εισαγωγής τετρακύλινδρου κινητήρα δυο διαφορετικά προφίλ για μεταβαλλόμενο βύθισμα και διάρκεια βαλβίδων.

Στις μέρες μας η λύση του μεταβαλλόμενου χρονισμού των βαλβίδων έρχεται ξανά στο προσκήνιο καθώς με την προσθήκη αυτής της διάταξης υπάρχει όφελος τόσο στην κατανάλωση, όσο και στις εκπομπές ρύπων, χωρίς μάλιστα αυτό να γίνεται σε βάρος της μέγιστης απόδοσης. Οι αρχικές εφαρμογές εμφανίζονται σε κινητήρες με βασικά περιθώρια περιστροφής και όχι στους τετρακύλινδρους των supersport των 15.000 στροφών.

Μια εφαρμογή του συστήματος μεταβαλλόμενου χρονισμού των βαλβίδων εμφανίζεται σε σχέδια που απεικονίζουν τον V2 που κινεί το νεώτερο V-Strom 1000, όπου τα όρια περιστροφής του είναι πολύ χαμηλότερα από του παλιού τετρακύλινδρου των 400 κυβικών. Το νέο σύστημα είναι διαφορετικό από αυτό που είχε χρησιμοποιήσει η Suzuki στο παρελθόν, αφού η οδήγηση των βαλβίδων στον V2 γίνεται άμεσα από τους εκκεντροφόρους και όχι με ενδιάμεσα κοκοράκια όπως στον τετρακύλινδρο. Όπως μαρτυρούν οι εξωτερικές σωληνώσεις στον V2 που καταλήγουν στους εκκεντροφόρους εισαγωγής σε κάθε κεφαλή, χρησιμοποιείται η πίεση του λιπαντικού για την λειτουργία του συστήματος, Εικόνα 2.34. Μια βαλβίδα ελέγχου της πίεσης διακρίνεται στην κεφαλή του οριζόντιου κυλίνδρου και είναι αυτή που θα καθορίζει την ροή του λιπαντικού, που σκοπό έχει με την πίεσή του να μετατοπίζει



τους εκκεντροφόρους αλλάζοντας τον χρονισμό των βαλβίδων. Η αλλαγή που θα φέρνει το σύστημα μεταβλητού χρονισμού είναι πολύ δύσκολο να αφορά και το βύθισμα των βαλβίδων, ενώ η δυνατότητα για εναλλαγή στην λειτουργία των βαλβίδων (δυο ή τέσσερις σε κάθε θάλαμο καύσης) είναι κάτι που δεν θα προκαλούσε έκπληξη και θα έδινε ένα βήμα τεχνολογικής πρωτοπορίας στην Suzuki.



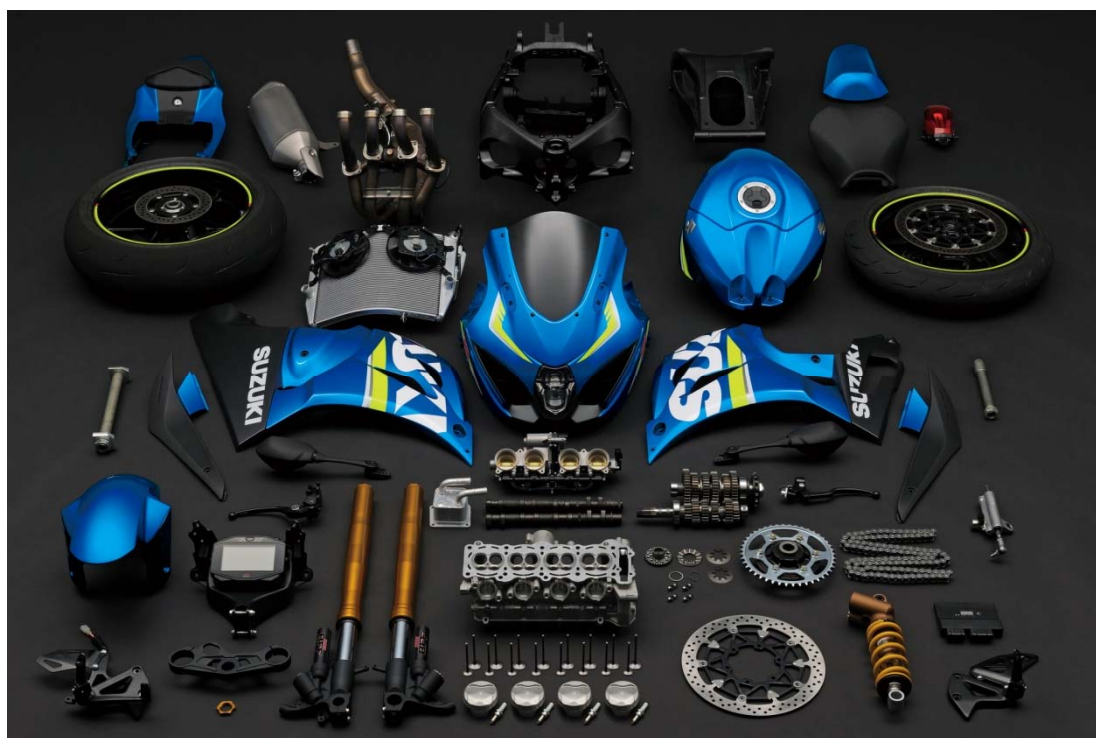
**Εικόνα 2.34:** Σύστημα μεταβαλλόμενου χρονισμού των βαλβίδων σε V2 που κινεί το νεώτερο V-Strom 1000.

Η Suzuki παρουσίασε στην έκθεση του Μιλάνου (EICMA) το νέο GSX-R 1000, Εικόνα 2.35, ονομάζοντάς το «Concept 2017». Μέσα στα εντυπωσιακά χαρακτηριστικά που ανακοίνωσε είναι και το σύστημα μεταβλητού χρονισμού των εκκεντροφόρων (VVT) για το οποίο στη συνέχεια αποκάλυψε πως χρησιμοποιεί τεχνογνωσία που απέκτησε κατά την εξέλιξη της αγωνιστικής της μοτοσυκλέτας (GSX-RR) για το πρωτάθλημα του MotoGP.

Το παράδοξο είναι πως τα σύγχρονα συστήματα VVT είναι υδραυλικά κάτι που απαγορεύεται βάση των κανονισμών στο MotoGP. Για την ακρίβεια στο κορυφαίο πρωτάθλημα ταχύτητας απαγορεύεται «η χρήση συστημάτων μεταβλητού χρονισμού που οδηγούνται υδραυλικά ή/και ηλεκτρονικά». Η Suzuki κατάφερε να ξεπεράσει αυτό το εμπόδιο εξελίσσοντας ένα σύστημα που δεν είναι ούτε υδραυλικό, ούτε ηλεκτρικό, αλλά μηχανικό!

Το γρανάζι του εκκεντροφόρου που συνδέεται με την καδένα και παίρνει κίνηση από τον στροφαλοφόρο άξονα θεωρητικά μπορεί να

περιστραφεί ανεξάρτητα από τον ίδιο τον εκκεντροφόρο. Αυτό που συνδέει τα δύο εξαρτήματα είναι δώδεκα μπίλιες οι οποίες βρίσκονται φωλιασμένες από τη μια μεριά τους μέσα σε έναν δίσκο ο οποίος βρίσκεται σταθερά συνδεδεμένος στο γρανάζι της καδένας, και από την άλλη μεριά τους σε έναν δίσκο που περιστρέφεται ανεξάρτητα (από την καδένα) και δίνει κίνηση στον εκκεντροφόρο. Αν δηλαδή βγάzaμε τις μπίλιες και περιστρέψαμε τον στροφαλοφόρο άξονα, η καδένα θα έπαιρνε κίνηση αλλά όχι και ο εκκεντροφόρος. Αν επιστρέψαμε τις μπίλιες στη θέση τους, οι δύο άξονες θα είχαν και πάλι την ίδια ταχύτητα περιστροφής. Το φοβερό μυστικό είναι πως οι μπίλιες δεν κάθονται σταθερές στο ίδιο σημείο.



**Εικόνα 2.35 :** SUZUKI GSX-R 1000 “Λυμένο” στα εξαρτήματά του.

Κάθε μία μπορεί να κινηθεί σε χαραγμένο αυλάκι με κατεύθυνση από το κέντρο προς την περιφέρεια ή το ανάποδο. Το αυλάκι αυτό έχει δύο βασικά χαρακτηριστικά: α) έχει διαφορετικό πάχος κατά το μήκος του, όντας πιο βαθύ στη μεριά του κέντρου και προοδευτικά γίνεται πιο ρηχό όσο κατευθυνόμαστε προς την περιφέρεια και β) δεν είναι παράλληλο προς την ακτίνα του δίσκου αλλά σχηματίζει μικρή γωνία με αυτή.

Αυτό έχει ως αποτέλεσμα όταν ένα ελατήριο πιέζει τον εκκεντροφόρο προς το γρανάζι της καδένας, οι μπίλιες να κατευθύνονται προς το κέντρο και τα δύο εξαρτήματα να έρχονται πιο κοντά. Όταν όμως οι στροφές του

κινητήρα ανέβουν, η αδράνεια των μπιλιών νικάει τη δύναμη του ελατηρίου και ωθεί τις μπίλιες προς την περιφέρεια. Αυτές, ακολουθώντας το αυλάκι, δίνουν μια μικρή –έξτρα- περιστροφή στον εκκεντροφόρο που δημιουργεί την πολυπόθητη προπορεία του χρονισμού κατά περίπου 15-20 μοίρες.

Η δύναμη του ελατηρίου, η μεταβολή στο πάχος των αυλακιών και το βάρος των μπιλιών επιτρέπουν τον έλεγχο του συστήματος ως προς το σημείο ενεργοποίησης και της διάρκειας που θα έχει η μεταβλητότητα του χρονισμού. Επίσης, θεωρητικά θα μπορούσε να αλλάξει και το βύθισμα των βαλβίδων αφού το σύστημα φαίνεται να αλλάζει και το σημείο στο οποίο εκκεντρο και κοκοράκι (βαλβίδας) έρχονται σε επαφή.

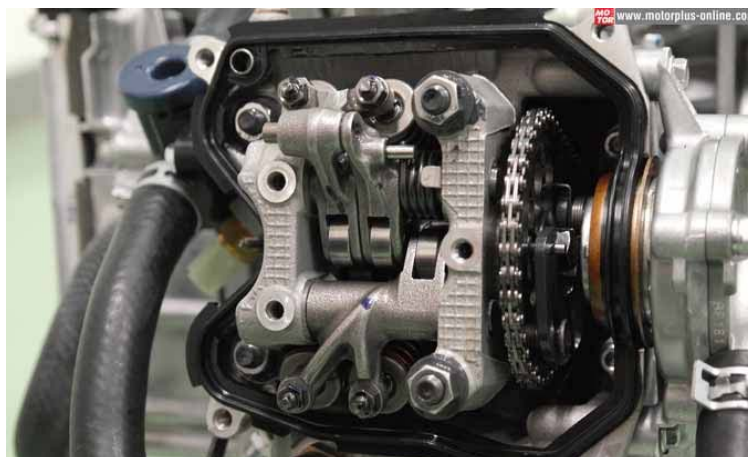
Στον κινητήρα του Ducati Multistrada 1200 συναντάμε το νέο σύστημα DVT (Ducati Variable Timing), σύστημα δηλαδή μεταβλητού χρονισμού των βαλβίδων σύμφωνα με το οποίο η απόδοση της ροπής γίνεται ομαλότερα, με περισσότερο τράβηγμα, υπάρχει αύξηση ισχύος στις υψηλές στροφές και χαμηλότερη κατανάλωση! Αυτό αποτελεί μια σημαντική εξέλιξη για τη Ducati και είναι αποτέλεσμα της συνεργασίας της Ducati με την μηχανική Audi. Ο μηχανισμός αυτός διαφοροποιεί τον χρονισμό των βαλβίδων δίνοντας ανεξαρτησία στις βαλβίδες εισαγωγής και εξαγωγής, Εικόνα 2.36.

Η επιτυχία του συστήματος βασίζεται στην επίτευξη μηδενικού overlap των βαλβίδων (όταν ολοκληρώνεται ο κύκλος της καύσης και ξεκινά ο επόμενος οι βαλβίδες είναι ανοιχτές ταυτόχρονα. Το μέγεθος αυτό εκφράζεται σε μοίρες που μετρούν τη γωνία του στροφάλου που διαγράφεται για όσο διάστημα οι βαλβίδες). Το overlap στο τέλος της φάσης εξαγωγής και στην έναρξη της φάσης εισαγωγής είναι κατά κανόνα σε συμβατικό κινητήρα μια σταθερή παράμετρος. Αυτό έχει αλλάξει στον κινητήρα της DVT (Desmodromic Variable Timing) της Ducati. Ο μηχανισμός αυτός προβλέπει έναν ρυθμιστή χρονισμού που είναι τοποθετημένος στο άκρο του κάθε ένα από τους δύο εκκεντροφόρους. Ο ρυθμιστής αποτελείται από ένα εξωτερικό περίβλημα που είναι σταθερά συνδεδεμένο στην τροχαλία του ιμάντα χρονισμού και έναν εσωτερικό μηχανισμό που συνδέεται με τον εκκεντροφόρο. Ο εκκεντροφόρος είναι ομόκεντρος με τον εσωτερικό μηχανισμό και μπορεί να περιστρέφεται εκ των προτέρων ή με καθυστέρηση σε σχέση με το περίβλημά του, ανάλογα με την πίεση του λαδιού σε ειδικούς θαλάμους. Η πίεση αυτού του λαδιού ρυθμίζεται από ειδικά σχεδιασμένες βαλβίδες και αισθητήρα που έχει τοποθετηθεί στα καπάκια των εκκεντροφόρων.



**Εικόνα 2.36:** Σύστημα Desmodromic Variable Timing της Ducati.

Τον πρώτο κινητήρα σε scooter της Yamaha, με σύστημα μεταβλητού χρονισμού για τις βαλβίδες στο καινούργιο NMAX, Εικόνα 2.37. Ο μονοκύλινδρος κινητήρας με τον ένα εκκεντροφόρο επικεφαλής είναι υδρόψυκτος και φυσικά τετραβάλβιδος με χωρητικότητα 125 κ.εκ. το σύστημα μεταβλητού χρονισμού των βαλβίδων (Variable valve actuation-VVA) είναι αυτό που ξεχωρίζει, το οποίο επεμβαίνει στις βαλβίδες εισαγωγής αλλάζοντας το βύθισμά τους. Η Yamaha αναφέρει πως όλα τα παραπάνω συνεισφέρουν σε μια κατανάλωση της τάξης των 2,2 λίτρων ανά 100 χλμ.



**Εικόνα 2.37:** Σύστημα μεταβλητού χρονισμού των βαλβίδων (Variable valve actuation-VVA) του Yamaha NMAX.

## **3. Σύστημα Λίπανσης**

### **3.1 Εισαγωγή**

Όπως προαναφέρθηκε, ο κινητήρας απαρτίζεται από μεταλλικά κυρίως στοιχεία που έρχονται σε επαφή μεταξύ τους και χρειάζονται λίπανση. Τα βασικά εξαρτήματα του συστήματος λίπανσης είναι τα εξής:

- Το κάρτερ ή ελαιολεκάνη, είναι μια δεξαμενή όπου αποθηκεύεται το λάδι. Η αντλία λαδιού, η οποία αναρροφά το λάδι από το κάρτερ και το μοιράζει στα μπεκ ψεκασμού του και στις σωληνώσεις παροχής. Η αντλία παίρνει κίνηση από τον στροφαλοφόρο άξονα μέσω αλυσίδας.
- Το φίλτρο λαδιού, που κατακρατά τις ακαθαρσίες και τα κατάλοιπα της καύσης.
- Η βαλβίδα ανακύκλωσης αναθυμιάσεων, η οποία χρησιμεύει σε περίπτωση που η πίεση των ατμών του λιπαντικού ξεπεράσει το επιτρεπόμενο όριο.
- Η τάπα πλήρωσης του κινητήρα με λάδι.

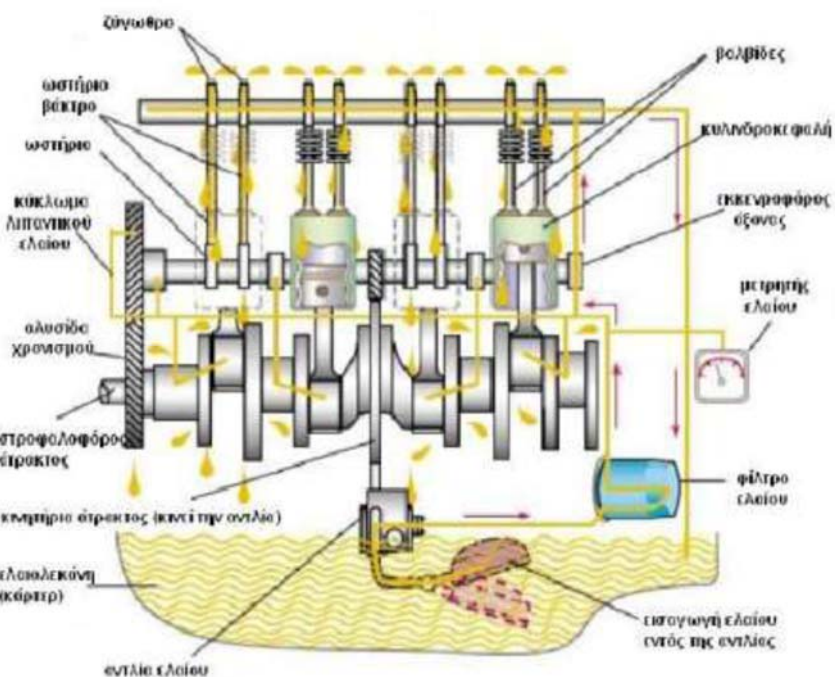
### **3.2 Τμήματα Συστήματος Λίπανσης**

#### **3.2.1 Δεξαμενές Λαδιού (κάρτερ)**

Οι δεξαμενές λαδιού ή κάρτερ, Εικόνα 3.1, όπως λέγονται, είναι κατασκευασμένες από λαμαρίνα ή από κράμα αλουμινίου, οπότε εξωτερικά έχουν πτερυγώσεις για να ψύχεται με το βέλτιστο τρόπο το λάδι της μηχανής. Το κάρτερ δένεται κάτω από τον κορμό της μηχανής, Εικόνα 4.2, και η στεγανότητα μεταξύ κορμού και κάρτερ επιτυγχάνεται με φλάντζα, συνήθως από φελλό.



**Εικόνα 3.1:** Μορφή ελαιολεκάνης.



**Εικόνα 3.2:** Διάταξη ελαιολεκάνης σε κινητήρα.

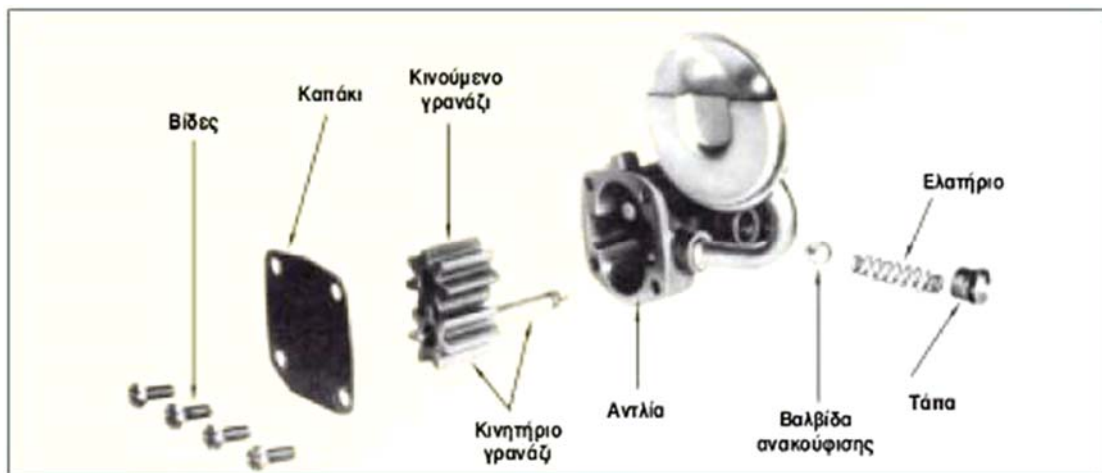
### 3.2.2 Αντλία λαδιού

Η αντλία λαδιού κινείται συνήθως από το στροφαλοφόρο άξονα και αναρροφά λάδι από το κάρτερ του κινητήρα και το καταθλίβει με πίεση συνήθως 3 ως 5  $\text{kr/cm}^2$  στα διάφορα τριβόμενα στοιχεία του κινητήρα. Υπάρχουν διάφοροι τύποι αντλιών οι οποίοι είναι οι εξής:

- Αντλίες οδόντωσης. Ο τύπος αυτός είναι πολύ συνηθισμένος και περιλαμβάνει δυο οδοντωτούς τροχούς, οι οποίοι περιστρέφονται εντός ενός κλειστού περιβλήματος. Ο ένας τροχός κινείται από τον



εκκεντροφόρο άξονα και κινεί τον άλλο τροχό καθώς βρίσκονται σε συνεχή αλληλεπαφή. Το λάδι «τραβιέται» από τη λεκάνη ελαίου από τη μια πλευρά του περιβλήματος και κάθε οδοντωτός τροχός παγιδεύει μια μικρή ποσότητα ελαίου μεταξύ των δοντιών του και του περιβλήματος κατά τη διάρκεια της λειτουργίας. Το λιπαντικό εγκαταλείπει την αντλία από το πέρασμα εξόδου της υπό πίεση αντλίας και οδηγείται στο σύστημα λίπανσης. Αυτός ο τύπος αντλίας είναι απλός και αποτελεσματικός, αλλά επηρεάζεται η λειτουργία του από την πολύ μικρή απόσταση εφαρμογής των οδοντωτών τροχών με το περίβλημα, Εικόνα 3.3.



**Εικόνα 3.3:** Γραναζωτή αντλία λαδιού.

Ένα άλλο είδος αυτού του τύπου αντλίας είναι ένας οδοντωτός τροχός να έχει εσωτερική οδόντωση. Ο τρόπος λειτουργίας της αντλίας και στις δυο περιπτώσεις είναι ο ίδιος.

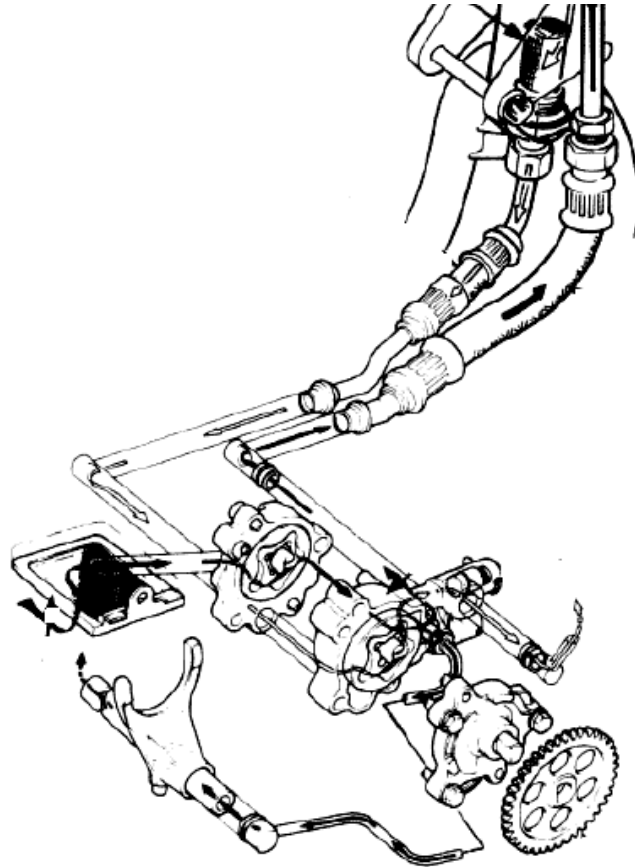
- Αντλία με στροφείς (λοβούς), όπου υπάρχουν δύο στροφείς, ο κεντρικός ο οποίος έχει 4 λοβούς (ημικύκλια) και παίρνει άμεσα κίνηση από τον εκκεντροφόρο άξονα και ο κινούμενος, Εικόνα 4.4.



**Εικόνα 3.4:** Οδοντωτή αντλία με κινητήριο τροχό εσωτερικής οδόντωσης.

### 3.2.3 Βαλβίδα ανακούφισης με ελατήριο

Οι αντλίες λαδιού είναι σχεδιασμένες να παρέχουν μια συγκεκριμένη ποσότητα ελαίου σε προκαθορισμένη πίεση κατά τη διάρκεια λειτουργίας του κινητήρα στο ρελαντί. Σε υψηλότερες, όμως, ταχύτητες, η πίεση παροχής της αντλίας είναι υπερβολικά υψηλή. Σε αυτήν την περίπτωση χρειάζεται ένα μέσο, ώστε να «ανακουφιστεί» από αυτή την πίεση για να αποφευχθεί η υπερβολική κατανάλωση λιπαντικού, αλλά και ζημιές στη στεγανότητα και στα έδρανα. Η ανακούφιση της πίεσης επιτυγχάνεται με τη χρήση της ανακουφιστικής βαλβίδας, η οποία είναι ενσωματωμένη στο σύστημα. Πιο συγκεκριμένα, είτε στο πάνω μέρος της αντλίας είτε στη βάση του φίλτρου, Εικόνα 3.5. Το σύστημα της βαλβίδας αποτελείται από μια μπάλα ή ένα έμβολο το οποίο «κάθεται» επάνω σε ένα ελατήριο, ενώ το όλο σύστημα βρίσκεται μέσα σε ένα περίβλημα το οποίο είναι συνδεδεμένο στον κεντρικό τροφοδότη από την αντλία νερού.



**Εικόνα 3.5:** Θέση βαλβίδας ανακούφισης στο σύστημα λίπανσης.

### 3.2.4 Φίλτρο λαδιού

Το φίλτρο, Εικόνα 3.6, τοποθετείται στο εξωτερικό μέρος του κινητήρα, δηλ. μετά την αντλία στον κεντρικό αγωγό παροχής, για να είναι εύκολη η αντικατάστασή του στο σέρβις. Σκοπός του είναι το φιλτράρισμα μέρους ή ολόκληρης της ποσότητας του λαδιού και η συγκέντρωση και παρακράτηση πάσης φύσεως ξένων σωματιδίων και ακαθαρσιών, καθώς και των υπολοίπων της καύσης που μεταφέρει το λιπαντικό μέσο από τα διάφορα μέρη του κινητήρα.



**Εικόνα 3.6:** Δομή φίλτρου λαδιού.

### 3.2.5 Ψυγείο λαδιού

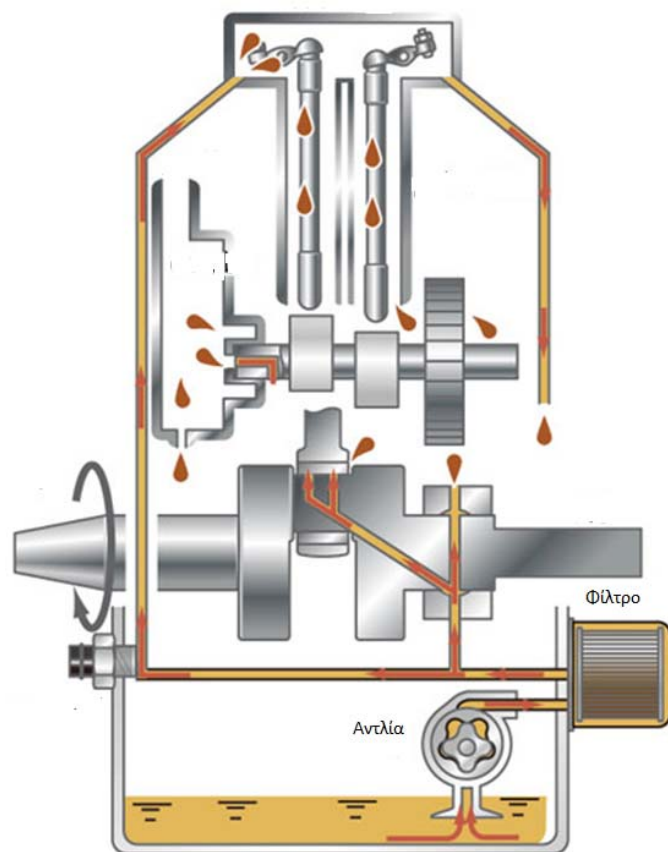
Το ψυγείο λαδιού είναι απαραίτητο για κινητήρες μεγάλης ισχύος ή υψηλών αποδόσεων για να κρυώνει το λάδι κατά τη διάρκεια ακραίων συνθηκών λειτουργίας. Το ψυγείο είναι ξεχωριστό ή ενσωματωμένο στο ψυγείο νερού. Το λάδι συγκεντρώνεται στο ψυγείο μέσα στο οποίο κυκλοφορεί και το ψυκτικό υγρό. Η αρχή λειτουργίας του είναι όπως του ψυγείου νερού. Εξωτερικά δημιουργείται ρεύμα αέρα, ψύχει το ζεστό λάδι και έτσι επιτυγχάνεται και η ψύξη του κινητήρα, Εικόνα 3.7.



**Εικόνα 3.7:** Ψυγείο λαδιού αέρα.

### 3.3 Σύστημα υγρού κάρτερ

Χρησιμοποιείται μια συμβατική κοιλότητα αποθήκευσης ελαίου (oilpan) με μετρητή στάθμης, όπου αποθηκεύεται το λιπαντικό και παρέχεται στην αντλία ελαίου. Το λιπαντικό απορροφάται μέσω ενός σωλήνα από την αντλία ελαίου, όπου φιλτράρεται και παρέχεται στον κινητήρα υπό πίεση, Εικόνα 3.8. Ενώ το σύστημα αυτό είναι επαρκές για καθημερινή χρήση, παρουσιάζει προβλήματα υπό συνθήκες αγώνων. Εκτός από το μέγεθος της κοιλότητας αποθήκευσης ελαίου, το λιπαντικό ωθείται στα τοιχώματα καθώς υφίσταται ισχυρές πλευρικές δυνάμεις και δυνάμεις επιτάχυνσης/επιβράδυνσης, οπότε το λιπαντικό απλά "σέρνεται" στις άκρες και μακριά από το σωλήνα αναρρόφησης. Εκτός από την προφανή απώλεια πίεσης, οδηγούμαστε επίσης και σε μείωση της ιπποδύναμης, καθώς επίσης και στον αερισμό του ελαίου. Αυτοί είναι οι λόγοι που αναπτύχθηκαν τα ξηρά συστήματα λεκάνης ελαίου.



Εικόνα 3.8: Διάταξη υγρού κάρτερ.

### 3.4 Σύστημα ξηρού κάρτερ

Ο κύριος σκοπός του ξηρού συστήματος λεκάνης ελαίου είναι να αποθηκεύεται όλο το λιπαντικό σε μια ξεχωριστή δεξαμενή, Εικόνα 3.9. Αυτή η δεξαμενή είναι συνήθως μακρόστενη και στρογγυλή ή στενή και ειδικά σχεδιασμένη με εσωτερικά διαφράγματα (ελάσματα) και μια έξοδο λιπαντικού (για ανεφοδιασμό) στο κατώτατο σημείο, Εικόνα 3.10. Η αντλία ξηρού συστήματος λεκάνης ελαίου έχει τουλάχιστον 2 στάδια και πολλές φορές ακόμα και 5 ή και 6 στάδια. Το ένα στάδιο είναι για την πίεση και παρέχεται στο λιπαντικό από την κάτω πλευρά της δεξαμενής, και μαζί με ένα ρυθμιστή πίεσης παρέχει το λιπαντικό υπό πίεση μέσω ενός φίλτρου στον κινητήρα. Τα υπόλοιπα στάδια «καθαρίζουν» το λιπαντικό από την κοιλότητα αποθήκευσης ελαίου (oilpan) του ξηρού συστήματος λεκάνης ελαίου και επιστρέφουν το λιπαντικό (και τον αέρα) στη κορυφή της δεξαμενής.

Ο ψυκτήρας λιπαντικού ελαίου τοποθετείται συνήθως ευθύγραμμα μεταξύ των εξόδων των «καθαριστών» και της δεξαμενής. Η αντλία ελαίου οδηγείται συνήθως από έναν ιμάντα χρονισμού με τροχαλίες, από το μέτωπο του στροφαλοφόρου και με τη μισή περίπου ταχύτητα περιστροφής του στροφάλου. Η αντλία ξηρής λεκάνης ελαίου σχεδιάζεται με πολλαπλά στάδια, για να εξασφαλίσει ότι όλο το λιπαντικό «καθαρίζεται» από την κοιλότητα αποθήκευσης ελαίου. Αυτό οδηγεί επίσης και στην αφαίρεση του υπερβολικού αέρα από τον στροφαλοθάλαμο (κάρτερ) και είναι ο λόγος που καλούνται «ξηρά συστήματα λεκάνης ελαίου», επισημαίνοντας ότι η κοιλότητα αποθήκευσης ελαίου είναι ουσιαστικά ξηρή. Η αυξημένη αξιοπιστία του κινητήρα λόγω της διατήρησης της πίεσης ελαίου που παρέχεται από το ξηρό σύστημα λεκάνης ελαίου είναι ο λόγος που εφευρέθηκαν τα ξηρά συστήματα λίπανσης. Εν κατακλείδι τα οφέλη της διάταξης ξηρού κάρτερ είναι:

- Πιο ρηχή κοιλότητα αποθήκευσης ελαίου, που επιτρέπει στον κινητήρα να βρίσκεται χαμηλότερα (χαμηλό κέντρο βάρους).
- Αύξηση ιπποδύναμης λόγω μικρότερου ιξώδους.



- Λιπαντικό χαμηλότερης θερμοκρασίας.



**Εικόνα 3.9:** Διάταξη ξηρού κάρτερ.



**Εικόνα 3.10:** Δεξαμενή ξηρού κάρτερ.

### 3.5 Λιπαντικά κινητήρων

Τα λιπαντικά κατατάσσονται με βάση την χρήση, τις προδιαγραφές των διεθνών οργανισμών που πληρούν (SAE, API, CEA) και τη

τεχνολογία κινητήρων για τους οποίους προορίζονται. Ένα λιπαντικό για να διατεθεί στην αγορά, πρέπει να διαθέτει ένα φάσμα ιδιοτήτων που το χαρακτηρίζουν, όπως η λιπαντική ικανότητά του, το σταθερό ιξώδες κ.τ.λ. Τα πιο απλά λιπαντικά είναι τα ορυκτέλαια, τα οποία κατασκευάζονται από την απόσταξη του αργού πετρελαίου και την προσθήκη ειδικών συστατικών. Η πιο προηγμένη κατηγορία λιπαντικών είναι τα συνθετικά λιπαντικά, τα οποία προορίζονται για κινητήρες υψηλής απόδοσης. Κατασκευάζονται μέσα από μία ειδική εργαστηριακή επεξεργασία και με την προσθήκη ειδικών χημικών, με πολυέξοδες διαδικασίες και πρώτες ύλες. Τέλος, τα ημισυνθετικά λιπαντικά είναι ένας συνδυασμός συνθετικών και ορυκτέλαιων.

### **3.5.1 Ιξώδες λιπαντικών**

Τα λιπαντικά με υψηλό δείκτη ιξώδους ρέουν πιο αργά, σε σύγκριση με εκείνα με χαμηλότερο ιξώδες. Από μικροσκοπικής άποψης, το ιξώδες ενός λιπαντικού αφορά την ευκολία ή δυσκολία με την οποία τα μόριά του κινούνται. Πιο αναλυτικά, ιξώδες είναι ένα μέτρο για την εσωτερική τριβή, που αναπτύσσει αντίσταση κατά τη ροή του λαδιού. Καθορίζει δηλαδή, το πόσο εύκολα μπορεί να περάσει το λάδι από μία λεπτή οπή. Όταν ο κινητήρας ζεσταθεί ύστερα από ορισμένο χρόνο λειτουργίας, το λιπαντικό πρέπει να παραμένει μεταξύ των τριβόμενων επιφανειών για να μην εφάπτονται και φθείρονται στοιχεία που είναι σε επαφή. Σε αυτήν τη φάση λειτουργίας του κινητήρα, το ιξώδες θα πρέπει να είναι υψηλό, ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος εκθλίψεως της λιπαντικής μεμβράνης. Σε περίπτωση κατά την οποία το μέγεθος του ιξώδους υπερβεί το κανονικό, αυτό θα σημαίνει δυσχέρεια στην εκκίνηση του κινητήρα, απώλεια ισχύος και μείωση της απόδοσης. Αντίθετα, το χαμηλό ιξώδες δεν εξασφαλίζει πάντοτε τη μεμβράνη που απαιτείται ανάμεσα στις τριβόμενες επιφάνειες.

### **3.5.2 Κατηγορίες λιπαντικών**

Υπάρχουν δύο βασικές κατηγορίες λαδιών, τα απλά και τα πολλαπλής ρευστότητας. Τα απλά λάδια (SAE 5W, 10W, 20W/20,30,40) είναι λάδια περιορισμένου φάσματος θερμοκρασιών σταθερού ιξώδους. Αντίθετα, τα λάδια πολλαπλής ρευστότητας (SAE 10W/30, 10W/50, 15W/50, 20W/40, 20W/50) είναι λάδια μεγάλου φάσματος θερμοκρασιών σταθερού

ιξώδους. Η κλίμακα SAE αρχίζει από το 5 και καταλήγει στο 250, περιέχει μόνο ακέραια πολλαπλάσια του 10 εκτός από την τιμή SAE 5. Όσο μεγαλύτερο είναι το ιξώδες ενός λιπαντικού, τόσο μεγαλύτερη τιμή έχει στην κλίμακα SAE.

**Πίνακας 3.1: Ενδεικτικές κατηγορίες λιπαντικών κατά SAE.**

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ	ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ
SAE 10	Λεπτόρρευστο	Καθαρισμός και λίπανση
SAE 30	Μέτριο	Λίπανση κινητήρων
SAE 90	Προσκολλητικό	Λίπανση κιβωτ. ταχυτήτων
SAE 140	Πολύ προσκολλητικό	(βαρέων)

**Πίνακας 3.2: Σχέσεις αριθμών SAE και τιμών ιξώδους**

Αριθμός SAE	Cp (max)	Θερμοκρασία (°C)	cSt	Θερμοκρασία (°C)	Ενδείξεις
0 W	3250	-30	3.8 (min)	100	
5 W	3500	-30	3.8 (min)	100	
10 W	3500	-25	4.1 (min)	100	Λιπαντέλαιο
15 W	3500	-15	5.6 (min)	100	M.E.K.
20 W	4500	-10	5.6 (min)	100	
25 W	6000	-5	9.3 (min)	100	

Τα λεγόμενα λιπαντικά πολλαπλού ιξώδους ή πολύτυπα λάδια καλύπτουν τιμές ιξώδους από SAE 10W μέχρι SAE 50. Και αυτό διότι περιέχουν ειδικά χημικά πρόσθετα, γνωστά ως βελτιωτικά δείκτη ιξώδους, τα οποία έχουν την ικανότητα να διατηρούν την τιμή του ιξώδους σχετικά σταθερή σε σχέση με τη θερμοκρασία, διευρύνοντας κατ' αυτόν τον τρόπο σημαντικά το φάσμα τιμής ιξώδους που ένα λιπαντικό μπορεί να καλύψει. Στον πίνακα 3.2 δίνεται η αντιστοιχία της κλίμακας SAE προς τις τιμές του ιξώδους.

Στην κατηγοριοποίηση API (American Petroleum Institute) τα λιπαντικά έχουν χωριστεί σε κατηγορίες με βάση με την ικανότητά τους να προστατεύουν τον κινητήρα σύμφωνα με τις προδιαγραφές του οργανισμού αυτού. Δίπλα στην ένδειξη API υπάρχουν δύο γράμματα του λατινικού αλφαβήτου. Το πρώτο γράμμα είναι S (βενζινοκινητήρες) ή C (πετρελαιοκινητήρες). Το δεύτερο γράμμα δείχνει το βαθμό προστασίας του λιπαντικού όπου A είναι η χαμηλότερη και Z η υψηλότερη. Έτσι προδιαγραφή π.χ. API SC, σημαίνει λιπαντικό για βενζινοκινητήρες κατηγορίας C, δηλαδή σχετικά χαμηλής προστασίας.

Ο ACEA είναι ο αντίστοιχος του API Ευρωπαϊκός οργανισμός. Στην κατηγοριοποίηση του ACEA υπάρχουν οι κατηγορίες: A/B (για βενζινοκινητήρες και μικρούς πετρελαιοκινητήρες), C (για βενζινοκινητήρες και μικρούς πετρελαιοκινητήρες με κατακράτηση σωματιδίων), E (για πετρελαιοκινητήρες βαρέως τύπου). Ακολουθεί ένας αριθμός ο οποίος καθορίζει το επίπεδο απόδοσης. Τέλος υπάρχει ένας διψήφιος αριθμός που είναι η χρονολογία που εισήχθη η κατηγορία αυτή. Έτσι προδιαγραφή π.χ. ACEA E4-07, σημαίνει λιπαντικό για πετρελαιοκινητήρες βαρέως τύπου επιπέδου απόδοσης 4 και επίσης ότι η κατηγορία αυτή αναθεωρήθηκε το 2007.

### **3.5.3 Ιδιότητες-χαρακτηριστικά λιπαντικών**

Το λιπαντικό ενός κινητήρα χαρακτηρίζεται από:

- Σταθερό ιξώδες, ανεπηρέαστο δηλαδή στις μεταβολές της θερμοκρασίας.
- Αντοχή στην οξείδωση, για να μην αλλοιώνεται η χημική του σύσταση
- Αντίσταση στην ανάφλεξη, για να αντέχει σε σχετικά ψηλές θερμοκρασίες. Πρέπει δηλ. μέχρι τουλάχιστον τους 120 °C να μην εξατμίζονται τα διάφορα πτητικά του συστατικά και βέβαια να μην αναφλέγονται.
- Αντιδιαβρωτική ικανότητα, για να προστατεύονται οι επιφάνειες των στοιχείων του κινητήρα που έρχονται σε επαφή μαζί του, ακόμα και όταν ο κινητήρας βρίσκεται εκτός λειτουργίας.
- Απορρυπαντική ικανότητα, για να καθαρίζει τα στοιχεία του κινητήρα και να συμπαρασύρει και διασκορπίζει μέσα του τις

ακαθαρσίες και τα ρινίσματα των τριβόμενων επιφανειών μέχρι την αποβολή τους στο φίλτρο λαδιού.

- Λίγα στερεά κατάλοιπα, για να μην υπάρξουν, σε περίπτωση που θα καεί μέρος του, εμφράξεις στοιχείων κλπ.
- Ειδικό βάρος περί τα 0,9 kg/lit, για να μην αλλοιωθεί η σύστασή του με προσθήκες λαδιών κακής ποιότητας κλπ.
- Μεγάλη σχετικά ειδική θερμότητα, για να μπορεί να παίζει ρόλο και ψυκτικού μέσου και να μεταφέρει τη θερμότητα από τα τριβόμενα στοιχεία στην ελαιολεκάνη (κάρτερ) του κινητήρα.
- Αντιαφριστική ικανότητα. Παρεμποδίζει τη δημιουργία αφρού στο λάδι και τη μείωση της λιπαντικής ικανότητας του με την αύξηση της θερμοκρασίας.

### 3.5.4 Συνθετικά λιπαντικά

Τα λιπαντικά αυτής της κατηγορίας δεν προέρχονται από το φυσικό πετρέλαιο, αλλά παράγονται συνθετικά. Εφαρμόζονται σε περίπτωση που τα ορυκτέλαια δεν μπορούν να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις των συνθηκών για τις οποίες προορίζονται. Η επιλογή των πρώτων υλών, αλλά και της διαδικασίας παραγωγής τους, επιτρέπουν την εξασφάλιση εκείνων των ιδιοτήτων, που μπορούν να ικανοποιούν τις ειδικές απαιτήσεις για κάθε περίπτωση λίπανσης. Παρά το υψηλό κόστος τους, η χρήση τους επεκτείνεται όλο και περισσότερο, καθώς προσδίδουν κέρδος στη συντήρηση του κινητήρα και παρατείνουν τη διάρκεια ζωής του.

Τα βασικότερα είδη συνθετικών λιπαντικών είναι:

*Εστέρες διβασικών οξέων:* Σπουδαιότερο προσόν τους αποτελεί η σταθερότητα του ιξώδους απέναντι στις μεταβολές της θερμοκρασίας, δηλαδή η πολύ μεγάλη τιμή του δείκτη ιξώδους. Χαρακτηρίζονται επίσης από ικανοποιητική σταθερότητα, μικρή πτητικότητα και λόγω των πρόσθετων που περιέχουν δεν προκαλούν διαβρώσεις στα μέταλλα. Το μειονέκτημά τους είναι ότι προσβάλλουν χρώματα και πλαστικά ή εξαρτήματα από λάστιχο, με τα οποία έρχονται σε επαφή. Χρησιμοποιούνται σε αεριοθούμενα αεροπλάνα καθώς και για τη λίπανση ορισμένων οργάνων.

*Οργανοφωσφορικοί εστέρες:* Έχουν εξαιρετική λιπαρότητα και ικανοποιητικές τιμές του δείκτη ιξώδους. Το σημαντικότερο μειονέκτημά τους είναι η ευπάθειά τους ως προς την υδρόλυση, από την οποία παράγεται το εξαιρετικά διαβρωτικό φωσφορικό οξύ. Έχουν καλή χημική σταθερότητα ως τους 150° C. Χρησιμοποιούνται ως υδραυλικά έλαια.

*Εστέρες του πυριτικού οξέος:* Έχουν τη καλύτερη τιμή δείκτη ιξώδους, δηλαδή τη μικρότερη μεταβολή ιξώδους ανάλογα με τη θερμοκρασία, από όλα τα συνθετικά λιπαντικά. Υστερούν και αυτά ως προς την ευπάθεια στην υδρόλυση, από την οποία παράγεται πυριτικό οξύ που μπορεί να προκαλέσει σοβαρές φθορές στους τριβείς τους οποίους λιπαίνουν. Χρησιμοποιούνται κυρίως στην παραγωγή λιπαντικών λιπών (γράσα) με μικρά πτητικότητα.

*Σιλκόνες:* Είναι ένα από τα γνωστά είδη συνθετικών λιπαντικών. Διακρίνονται από εξαιρετικά υψηλές τιμές του δείκτη ιξώδους, πολύ καλή αντοχή στην οξείδωση και σταθερότητα στις υψηλές θερμοκρασίες. Ένα από τα μειονεκτήματά τους είναι ότι δεν αντέχουν σε μεγάλες πιέσεις που αναπτύσσονται από υψηλά φορτία τριβέων και που μπορούν να προκαλέσουν τη ζελατινοποίηση τους.



## **4. ΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ**

### **4.1 HONDA**

#### **4.1.1 CB 500 F**

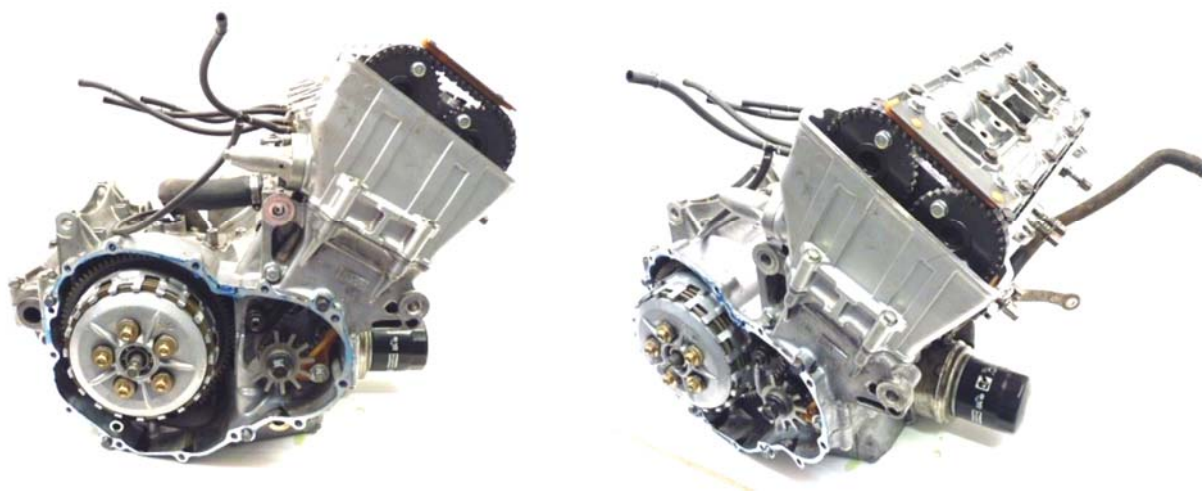


**Εικόνα 4.1:** Κινητήρας Honda CB 500 F.

**Πίνακας 4.1:** Τεχνικά χαρακτηριστικά κινητήρα Honda CB 500 F.

ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	
Κινητήρας	Υδροψυκτος 4-χρονος DOHC, 2-κυλινδρος
Κυβισμός	471 κ.εκ.
Διάμετρος χ Διαδρομή	67 x 66,8 χιλ.
Συμπίεση	10,7:1
Ισχύς	35 kW / 8.500 σ.α.λ
Ροπή	43 Nm / 7.000 σ.α.λ.
Τροφοδοσία	Ηλεκτρονικός ψεκασμός PGM-FI
Εκκίνηση	Μίζα
Συμπλέκτης	Υγρός, πολύδισκος
Λειτουργία συμπλέκτη	Μηχανική
Τελική Μετάδοση	Αλυσίδα

#### 4.1.2 CBR 600 F



**Εικόνα 4.2:** Κινητήρας Honda CBR 600 F.

**Πίνακας 4.2:** Τεχνικά χαρακτηριστικά κινητήρα Honda CBR 600 F.

ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	
Κινητήρας	Υδρόψυκτος 4-χρονος 16 βαλβιδος DOHC, 2-κυλινδρος σε σειρά
Κυβισμός	599 κ.εκ.
Διάμετρος χ Διαδρομή	67 x 66,8 χιλ.
Συμπίεση	12:1
Ισχύς	102 HP / 12.000σ.α.λ
Ροπή	64 Nm / 10.500 σ.α.λ.
Τροφοδοσία	Ηλεκτρονικός ψεκασμός PGM-FI
Εκκίνηση	Μίζα
Συμπλέκτης	Υγρός, πολύδισκος
Λειτουργία συμπλέκτη	Μηχανική
Τελική Μετάδοση	Αλυσίδα

#### 4.1.3 CBR 600 RR





**Εικόνα 4.3:** Κινητήρας Honda CBR 600 RR.

**Πίνακας 4.3:** Τεχνικά χαρακτηριστικά κινητήρας Honda CBR 600 RR.

ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	
Κινητήρας	Υδρόψυκτος 4-χρονος 16 βαλβιδος DOHC, 2-κυλινδρος σε σειρά
Κυβισμός	599 κ.εκ.
Διάμετρος χ Διαδρομή	67 x 42,5 χιλ.
Συμπίεση	12,2:1
Ισχύς	118 HP / 13.500σ.α.λ
Ροπή	66 Nm / 11.250 σ.α.λ.
Τροφοδοσία	Ψεκασμός 2 σταδίων DSFI
Εκκίνηση	Μίζα
Συμπλέκτης	Υγρός, πολύδισκος
Λειτουργία συμπλέκτη	Μηχανική
Τελική Μετάδοση	Αλυσίδα
Λιπαντικό	Synthetic, 10W/40



Εικόνα 4.4: Διάγραμμα ροπής και ιπποδύναμης κινητήρα Honda CBR 600 RR.

## 4.2 YAMAHA

### 4.2.1 WR450F



Εικόνα 4.5: Κινητήρας Yamaha WR450F.

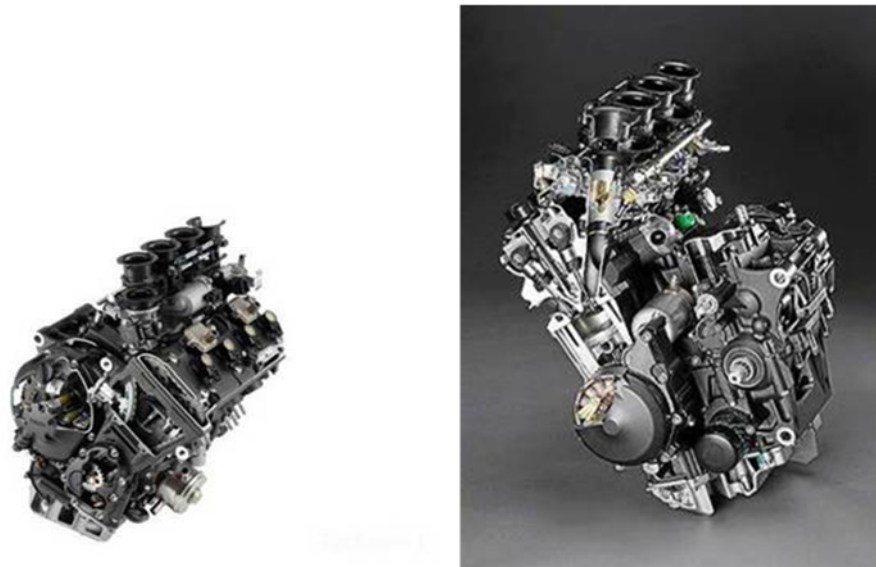
Πίνακας 4.4: Τεχνικά χαρακτηριστικά κινητήρας Yamaha WR450F.

ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	
Κινητήρας	Υδρόψυκτος 4-χρονος 4 βαλβιδος DOHC
Κυβισμός	449 κ.εκ.
Διάμετρος χ Διαδρομή	95 x 63,4 χιλ.
Συμπίεση	12,3:1
Ισχύς	118 HP / 13.500σ.α.λ
Ροπή	66 Nm / 11.250 σ.α.λ.
Τροφοδοσία	ΥΦΙ
Εκκίνηση	Μίζα



Συμπλέκτης	Υγρός
Λειτουργία συμπλέκτη	Μηχανική
Τελική Μετάδοση	Αλυσίδα
Λίπανση	Ξηρό κάρτερ

#### 4.2.2 YZF-R6

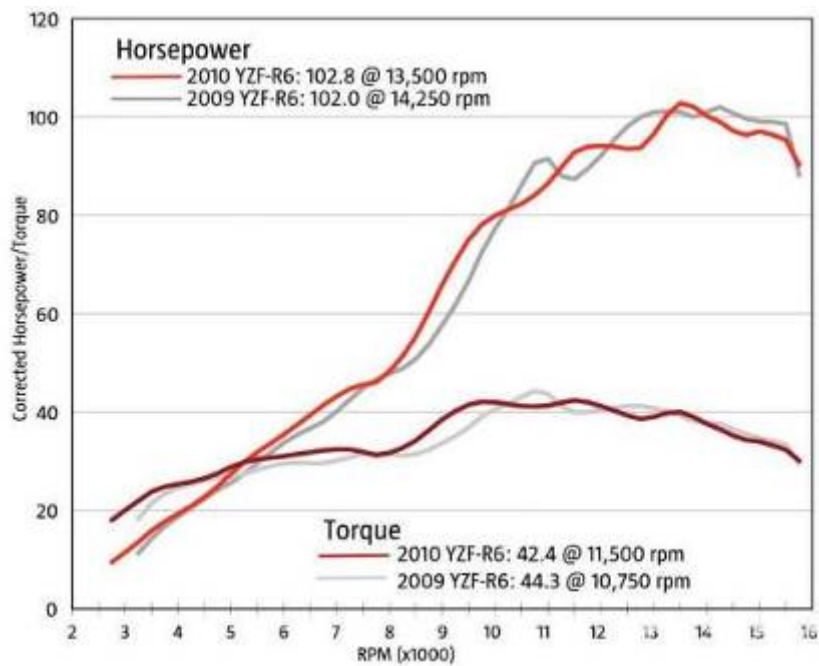


**Εικόνα 4.6:** Κινητήρας Yamaha YZF-R6.

**Πίνακας 4.5:** Τεχνικά χαρακτηριστικά κινητήρα Yamaha YZF-R6.

ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	
Κινητήρας	Υδρόψυκτος 4-χρονος 16 βαλβιδος 4 κύλινδρος σε σειρά DOHC
Κυβισμός	599 κ.εκ.
Διάμετρος x Διαδρομή	67 x 42,5 χιλ.
Συμπίεση	13,1:1
Ισχύς	- HP / 14.500 σ.α.λ
Ροπή	- Nm / 10.500 σ.α.λ.

Τροφοδοσία	ΥCCT & ΥCCI
Εκκίνηση	Μίζα
Συμπλέκτης	Υγρός, πολύδισκος με σπειροειδές ελατήριο
Λειτουργία συμπλέκτη	Μηχανική
Τελική Μετάδοση	Αλυσίδα
Λίπανση	Υγρό κάρτερ



**Εικόνα 4.7:** Διάγραμμα ροπής και ιπποδύναμης κινητήρα Yamaha YZF-R6.

## 4.3 KTM

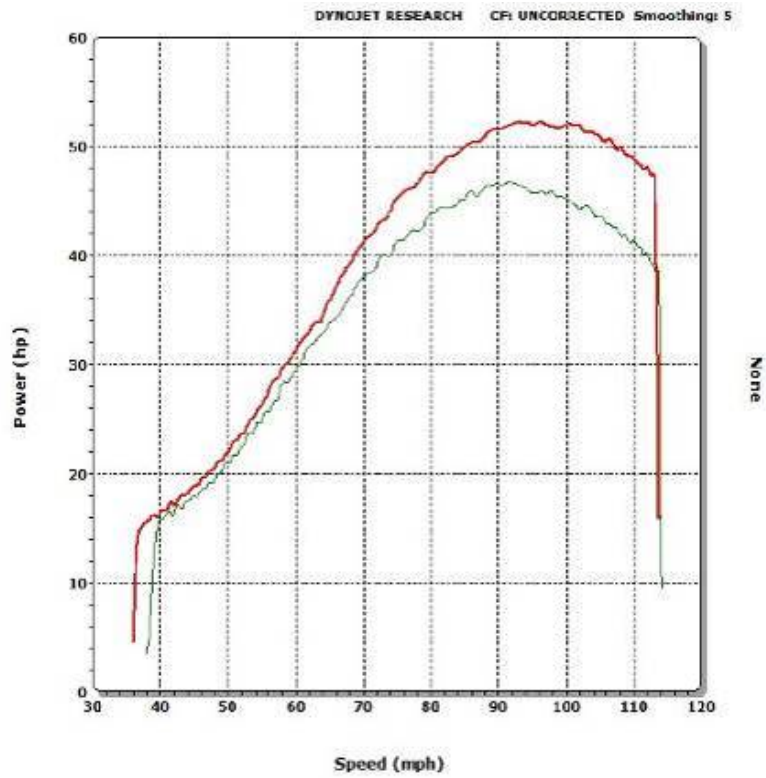
### 4.3.1 EXC 500



**Εικόνα 4.8:** Κινητήρας KTM EXC 500.

**Πίνακας 4.6:** Τεχνικά χαρακτηριστικά κινητήρα KTM EXC 500.

ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	
Κινητήρας	Υδρόψυκτος 4-χρονος 4 βαλβιδος 1 κύλινδρος SOHC
Κυβισμός	510,4 κ.εκ.
Διάμετρος χ Διαδρομή	72 x 95 χιλ.
Συμπίεση	13,1:1
Ισχύς	123,7 HP / 14.500 σ.α.λ
Ροπή	65,7 Nm / 10.500 σ.α.λ.
Τροφοδοσία	ΥCCT & ΥCCI
Εκκίνηση	Μίζα
Συμπλέκτης	Υγρός, πολύδισκος DDS
Λειτουργία συμπλέκτη	Μηχανική
Τελική Μετάδοση	Αλυσίδα
Λίπανση	Υγρό κάρτερ



**Εικόνα 4.9:** Διάγραμμα ροπής και ιπποδύναμης κινητήρα KTM EXC 500.

### 4.3.2 450 EXC



**Εικόνα 4.10:** Κινητήρας KTM 450 EXC.

**Πίνακας 4.7:** Τεχνικά χαρακτηριστικά κινητήρα KTM 450 EXC.

ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	
Κινητήρας	Υδρόψυκτος 4-χρονος 4 βαλβιδος 1 κύλινδρος DOHC
Κυβισμός	449,3 κ.εκ.
Διάμετρος x Διαδρομή	63,4 x 95 χιλ.
Συμπίεση	-
Ισχύς	45 HP / 9,500 σ.α.λ
Ροπή	- Nm / 7,250 σ.α.λ.
Τροφοδοσία	ΥCCT & ΥCCI
Εκκίνηση	Μίζα
Συμπλέκτης	DDS υγρός πολύδισκος
Λειτουργία συμπλέκτη	Μηχανική
Τελική Μετάδοση	Αλυσίδα
Λίπανση	Υγρό κάρτερ

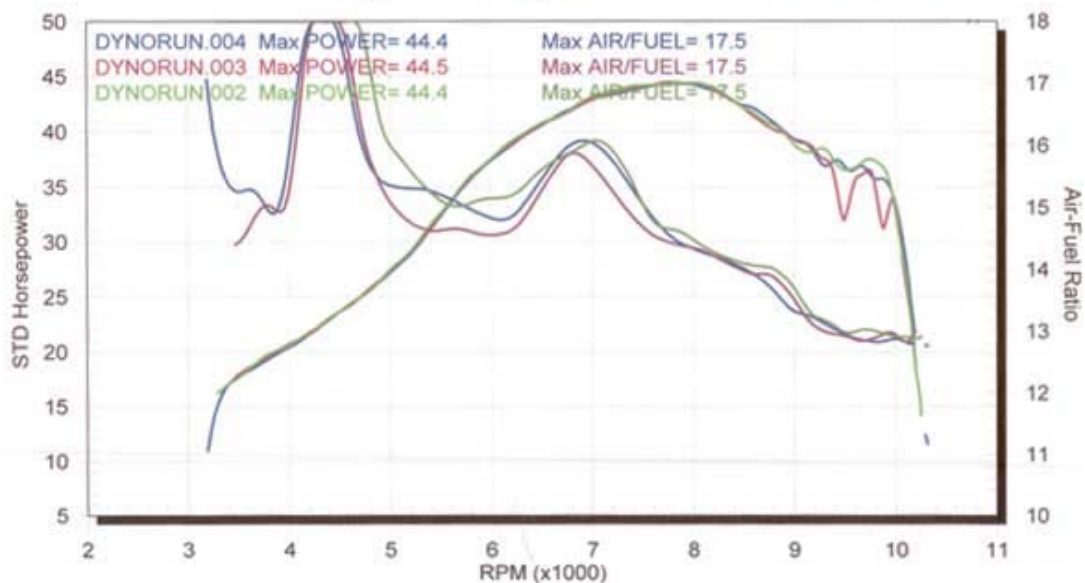


**Valley-Pro Racing**  
Mobile Dyno Service  
(604) 889-0775



■ DYNORUN.004RO 9/7/08 4:59:06 PM  
■ DYNORUN.003RO 9/7/08 4:58:12 PM  
■ DYNORUN.002RO 9/7/08 4:57:24 PM

**Valley-Pro Racing Ltd. 2006 KTM 450EXC**



**Εικόνα 4.11:** Διάγραμμα ιπποδύναμης και κατανάλωσης καυσίμου κινητήρα KTM 450 EXC.

### 4.3.3 450 SX-F



**Εικόνα 4.12:** Κινητήρας KTM 450 SX-F.

**Πίνακας 4.8:** Τεχνικά χαρακτηριστικά κινητήρα KTM 450 SX-F.

ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	
Κινητήρας	Υδροψυκτος 4-χρονος 4 βαλβιδος 1 κύλινδρος SOHC
Κυβισμός	449,3 κ.εκ.
Διάμετρος x Διαδρομή	63,4 x 95 χιλ.
Συμπίεση	-
Ισχύς	50 HP / 8,500 σ.α.λ
Ροπή	45,42 Nm / 7,500 σ.α.λ.
Τροφοδοσία	ΥCCT & ΥCCI
Εκκίνηση	Μίζα
Συμπλέκτης	DDS υγρός πολύδισκος
Λειτουργία συμπλέκτη	Μηχανική
Τελική Μετάδοση	Αλυσίδα
Λίπανση	Υγρό κάρτερ

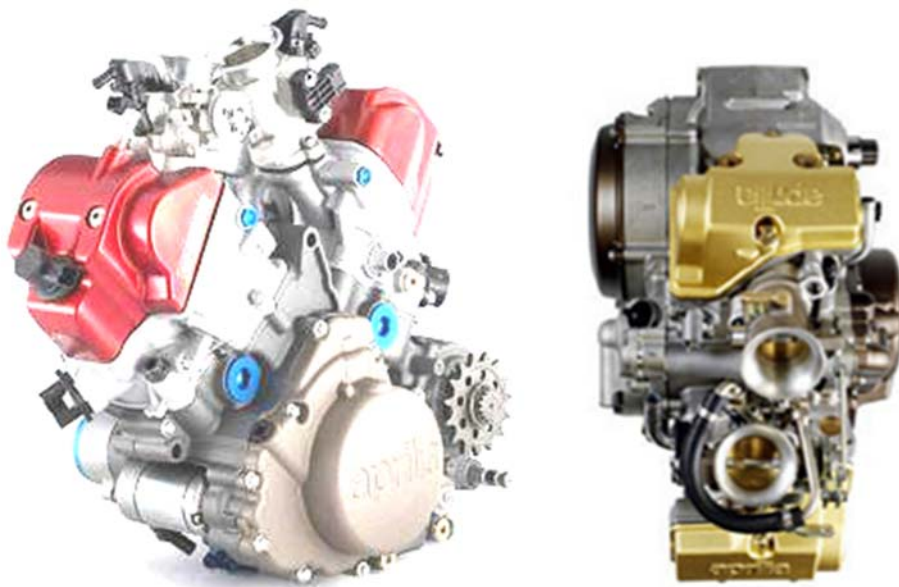




**Εικόνα 4.13:** Διάγραμμα ροπής και ιπποδύναμης κινητήρα KTM 450 SX-F.

## 4.4 APRILLIA

### 4.4.1 SXV 550

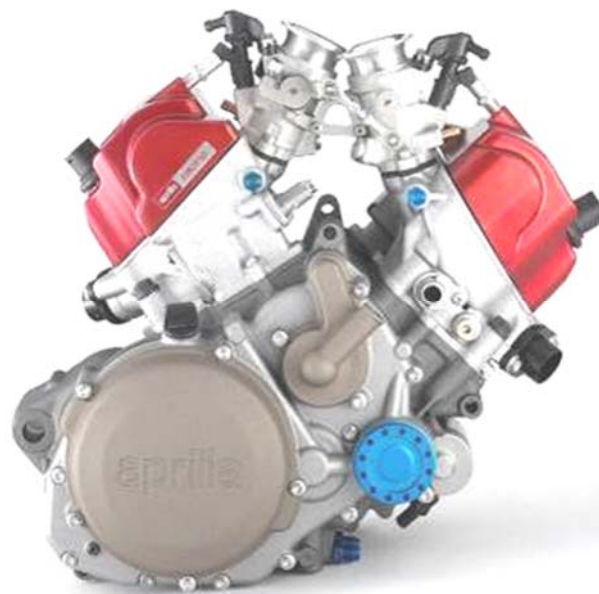


**Εικόνα 4.14:** Κινητήρας Aprilia SXV 550.

**Πίνακας 4.9:** Τεχνικά χαρακτηριστικά κινητήρα Aprilia SXV 550.

ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	
Κινητήρας	Υδρόψυκτος διαμήκης V2 4- χρονος 4 βαλβιδος DOHC
Κυβισμός	553 κ.εκ.
Διάμετρος x Διαδρομή	80 x 55 χιλ.
Συμπίεση	12,5:1
Ισχύς	17,4 HP / 4,500 σ.α.λ
Ροπή	29 Nm / 4,000 σ.α.λ.
Τροφοδοσία	ΥCCT & ΥCCI
Εκκίνηση	Μίζα
Συμπλέκτης	Πολύδισκος σε μπάνιο λαδιού
Λειτουργία συμπλέκτη	Μηχανική
Τελική Μετάδοση	Αλυσίδα
Λίπανση	Ξηρό κάρτερ. Χωριστή λίπανση κιβωτίου

#### 4.4.2 RXV 450



**Εικόνα 4.15:** Κινητήρας Aprilia RXV 450.

**Πίνακας 4.10:** Τεχνικά χαρακτηριστικά κινητήρα Aprilia RXV 450.

ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	
Κινητήρας	Υδρόψυκτος διαμήκης V2 4- χρονος 4 βαλβιδος DOHC
Κυβισμός	449 κ.εκ.
Διάμετρος x Διαδρομή	76 x 49,5 χιλ.
Συμπίεση	13,0:1
Ισχύς	24,4 HP / 8,250 σ.α.λ
Ροπή	30 Nm / 4,000 σ.α.λ.
Τροφοδοσία	ΥCCT & ΥCCI
Εκκίνηση	Μίζα
Συμπλέκτης	Πολύδισκος σε μπάνιο λαδιού
Λειτουργία συμπλέκτη	Μηχανική
Τελική Μετάδοση	Αλυσίδα
Λίπανση	Ξηρό κάρτερ. Χωριστή λίπανση κιβωτίου

## 4.5 KAWASAKI

### 4.5.1 KX 450 F

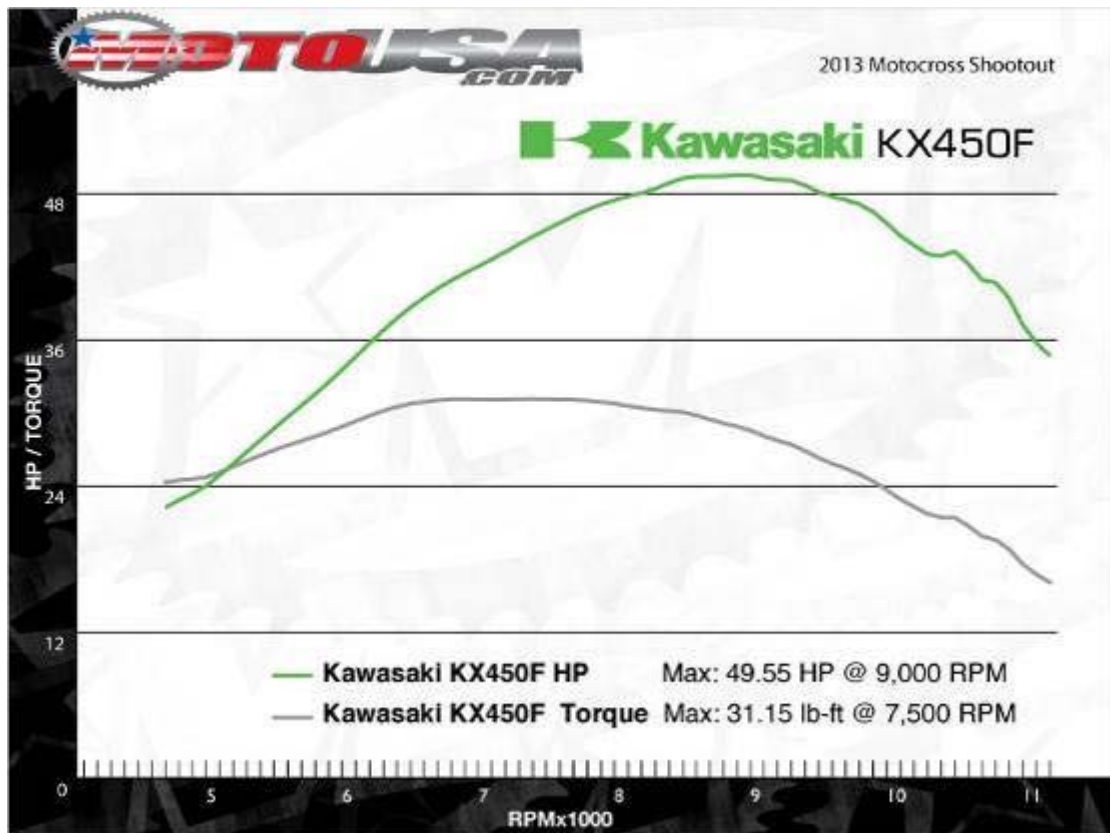


**Εικόνα 4.16:** Κινητήρας Kawasaki KX 450 F.

**Πίνακας 4.11:** Τεχνικά χαρακτηριστικά κινητήρα Kawasaki KX 450 F.

ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	
Κινητήρας	Υδρόψυκτος 4-χρονος 4 βαλβιδος SOHC
Κυβισμός	449 κ.εκ.
Διάμετρος x Διαδρομή	96 x 62,1 χιλ.
Συμπίεση	12,8:1
Ισχύς	51 HP / 8,250 σ.α.λ
Ροπή	35,4 Nm / 4,000 σ.α.λ.
Τροφοδοσία	
Εκκίνηση	Μίζα
Συμπλέκτης	Πολύδισκος σε μπάνιο λαδιού
Λειτουργία συμπλέκτη	Μηχανική
Τελική Μετάδοση	Αλυσίδα

Λίπανση	Ξηρό κάρτερ. Χωριστή λίπανση κιβωτίου
---------	---------------------------------------



**Εικόνα 4.17:** Διάγραμμα ροπής και ιπποδύναμης κινητήρα Kawasaki KX 450 F.

## 4.6 SUZUKI

### 4.6.1 GSX-R600



**Εικόνα 4.18:** Κινητήρας Suzuki GSX-R600.

**Πίνακας 4.12:** Τεχνικά χαρακτηριστικά κινητήρα Suzuki GSX-R600.

ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ
------------------------

Κινητήρας	Υδρόψυκτος 4-χρονος 4-κύλινδρος DOHC
Κυβισμός	599 κ.εκ.
Διάμετρος x Διαδρομή	67 x 42,5 χιλ.
Συμπίεση	12,9:1
Ισχύς	102,2 HP / 8,250 σ.α.λ
Ροπή	60,4 Nm / 4,000 σ.α.λ.
Τροφοδοσία	SFI
Εκκίνηση	Μίζα
Συμπλέκτης	Πολύδισκος σε μπάνιο λαδιού
Λειτουργία συμπλέκτη	Μηχανική
Τελική Μετάδοση	Αλυσίδα
Λίπανση	Υγρό κάρτερ



**Εικόνα 4.19:** Διάγραμμα ροπής και ιπποδύναμης κινητήρα Suzuki GSX-R600.

#### 4.6.2 RM Z450

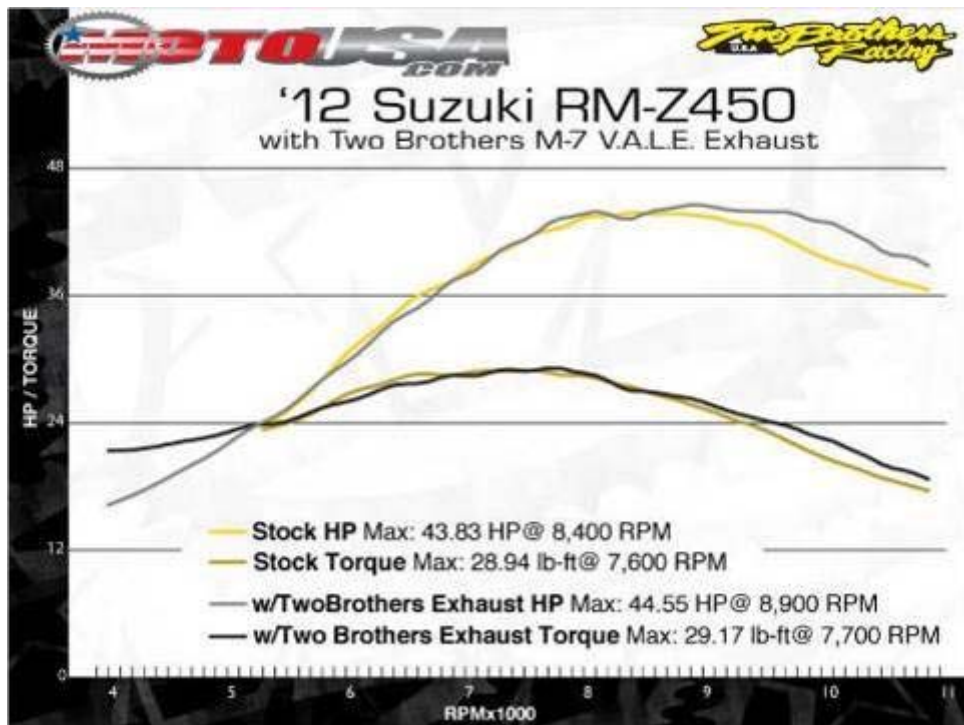




**Εικόνα 4.20:** Κινητήρας Suzuki RM Z450.

**Πίνακας 4.13:** Τεχνικά χαρακτηριστικά κινητήρα Suzuki RM Z450.

ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	
Κινητήρας	Υδροψυκτος 4-χρονος 1-κύλινδρος DOHC
Κυβισμός	449 κ.εκ.
Διάμετρος χ Διαδρομή	96 x 62,1 χιλ.
Συμπίεση	12,5:1
Ισχύς	44 HP / 8,250 σ.α.λ
Ροπή	39,3 Nm / 4,000 σ.α.λ.
Τροφοδοσία	SFI
Εκκίνηση	Μίζα
Συμπλέκτης	Πολύδισκος σε μπάνιο λαδιού
Λειτουργία συμπλέκτη	Μηχανική
Τελική Μετάδοση	Αλυσίδα
Λίπανση	Ημί-ξηρο κάρτερ



**Εικόνα 4.21:** Διάγραμμα ροπής και ιπποδύναμης κινητήρα Suzuki RM Z450.

#### 4.7 Συγκεντρωτικά στοιχεία κινητήρων

Στον Πίνακα 4.18 έχουν συγκεντρωθεί τα τεχνικά χαρακτηριστικά όλων των κινητήρων που παρουσιάστηκαν στις προηγούμενες σελίδες της εργασίας προκειμένου να διευκολυνθεί η επιλογή της καλύτερης κινητήριας μονάδας.

**Πίνακας 4.14:** Συγκεντρωτικός πίνακας τεχνικών χαρακτηριστικών όλων των κινητήρων.

	Κινητήρας	Κυβισμός	Διάμετρος x Διαδρομή	Συμπίεση	Ισχύς	Ροπή
Honda CB 500 F	Υδρόψυκτος 4-χρονος DOHC, 2- κύλινδρος	471 κ.εκ	67 x 66.8 χιλ.	10,7:1	35 kW/8.500 σ.α.λ.	43 Nm/7000 σ.α.λ.
Honda CBR 600 F	Υδρόψυκτος 4-χρονος DOHC, 4- κύλινδρος	599 κ.εκ.	67 x 66.8 χιλ.	12:1	102 HP/12.000 σ.α.λ.	64 Nm/10.500 σ.α.λ.

Honda CBR 600 RR	Υδρόψυκτος 4-χρονος DOHC, 4- κύλινδρος	599 κ.εκ.	67 x 42.5 χιλ.	12.2:1	118 HP/13.500 σ.α.λ.	66 Nm/11.250 σ.α.λ.
Yamaha WR450F	Υδρόψυκτος 4-χρονος, 16- βάλβιδος DOHC	449 κ.εκ.	95 x 63.4 χιλ	12.3:1	118HP/13. 500 σ.α.λ.	66Nm/11.2 50 σ.α.λ.
Yamaha YZF-R6	Υδρόψυκτος 4-χρονος, 16- βάλβιδος DOHC	599 κ.εκ.	67 x 42.5 χιλ	13.1:1	102HP/14. 500 σ.α.λ.	44.3Nm/10 .500 σ.α.λ.
KTM EXC 500	Υδρόψυκτος 4-χρονος, 1- κύλινδρος SOHC	510.4 κ.εκ	72 x 95 χιλ	13.1:1	123.7HP/14 .500 σ.α.λ.	65.7Nm/10 .500 σ.α.λ.
KTM EXC 450	Υδρόψυκτος 4-χρονος, 1- κύλινδρος DOHC	449.3 κ.εκ.	63.4 x 95 χιλ	-	45HP/9.500 σ.α.λ.	-Nm/7.250 σ.α.λ.
KTM 450 SX- F	Υδρόψυκτος 4-χρονος, 1- κύλινδρος SOHC	449.3 κ.εκ	63.4 x 95 χιλ		50HP/8.500 σ.α.λ.	45.42Nm/7 .500 σ.α.λ.
Aprilia SXV 550	Υδρόψυκτος διαμήκης V2 4-χρονος, 4- βάλβιδος DOHC	553 κ.εκ.	80 x 55 χιλ	12.5:1	17.4HP/4.5 00 σ.α.λ.	29Nm/4.00 0 σ.α.λ.
Aprilia RXV 450	Υδρόψυκτος διαμήκης V2 4-χρονος, 4- βάλβιδος DOHC	449 κ.εκ.	76 x 49.5 χιλ	13:1	24.4HP/8.2 50 σ.α.λ.	30Nm/4.00 0 σ.α.λ.
Kawasak i KX 450 F	Υδρόψυκτος 4-χρονος, 4- βάλβιδος SOHC	449 κ.εκ.	96 x 62.1 χιλ	12.8:1	51HP/8.250 σ.α.λ.	35.4Nm/4. 000 σ.α.λ.
Suzuki GSX- R600	Υδρόψυκτος 4-χρονος, 4- βάλβιδος DOHC	599 κ.εκ.	67 x 42.5 χιλ	12.9:1	102.2HP/8. 250 σ.α.λ.	60.4Nm/4. 000 σ.α.λ.
Suzuki RM Z450	Υδρόψυκτος 4-χρονος, 1- κύλινδρος DOHC	449 κ.εκ.	96 x 62.1 χιλ	12.5:1	44HP/8.250 σ.α.λ.	39.3Nm/4. 000 σ.α.λ.

## 4.8 Σύγκριση κινητήρων

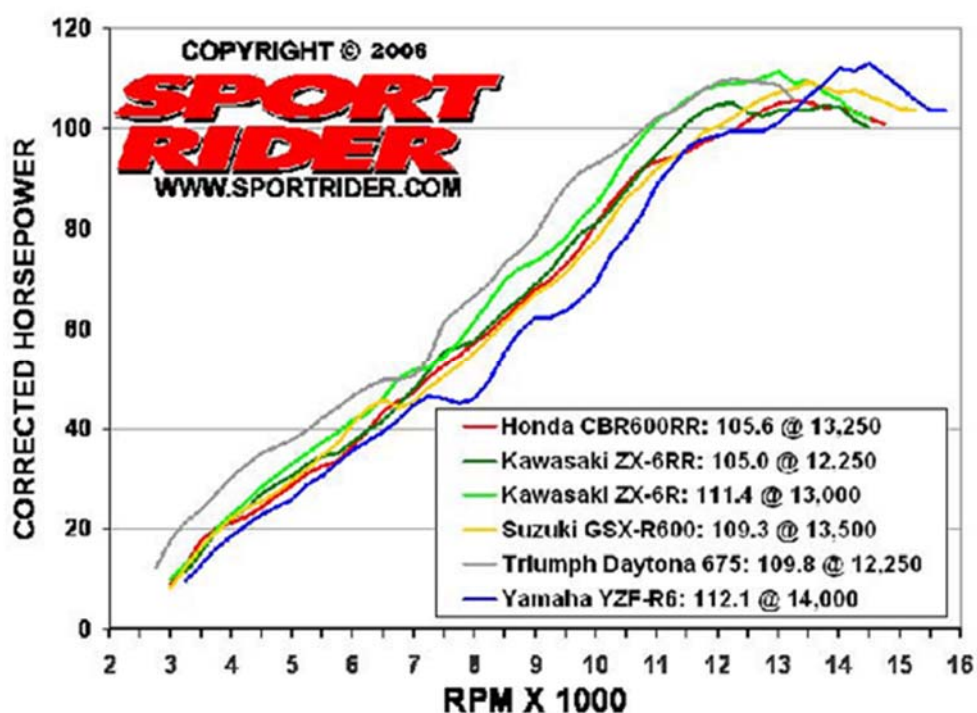
Λαμβάνοντας υπόψη τα συγκριτικά διαγράμματα ιπποδύναμης, Εικόνα 4.27, και ροπής, Εικόνα 4.28, που δίνονται στη συνέχεια παρατηρούμε ότι ο κινητήρας του Yamaha YZF-R6 στις χαμηλές και μεσαίες στροφές υστερεί σε ιπποδύναμη. Αυτό είναι πιο αισθητό από 7,000 έως 11,000 σ.α.λ. Στο ίδιο εύρος στροφών μεγαλύτερη ιπποδύναμη καταγράφεται για τον κινητήρα του Kawasaki ZX-6R. Οι υπόλοιποι κινητήρες δεν υπολείπονται σημαντικά. Πρέπει να ανέβουν πολύ οι στροφές προκειμένου να αποδώσει τη μέγιστη ισχύ του ο κινητήρας του YZF-R6, στις 14,000 σ.α.λ., ενώ ο κινητήρας του ZX-6R αποδίδει τη μέγιστη ισχύ 1,000 σ.α.λ. νωρίτερα, δηλ. στις 13,000 σ.α.λ. Ο κινητήρας του CBR600RR αποδίδει 105.6 HP, περίπου 6 HP λιγότερο από τους ανταγωνιστές του, στις 13,250 σ.α.λ.

Από το διάγραμμα ροπής, Εικόνα 4.28, παρατηρούμε ότι οι δυνατότητες των κινητήρων διαφοροποιούνται σε μεγάλο βαθμό στις χαμηλές και μεσαίες στροφές. Γενικά, ο κινητήρας του CBR600RR έχει καλύτερη ροπή σε όλο το φάσμα μέχρι τις 11,000 σ.α.λ. σε σχέση με τον κινητήρα του YZF-R6. Ο κινητήρας του ZX-6R έχει αποδίδει ελαφρά περισσότερη ροπή μόνο στο διάστημα 6,500-7,500 σ.α.λ. Ο κινητήρας του GSX-R600 εμφανίζει ένα ξέσπασμα από 5,500 έως 6,500 σ.α.λ. αλλά μετά η καμπύλη ροπής είναι πανομοιότυπη με αυτή του CBR600RR.

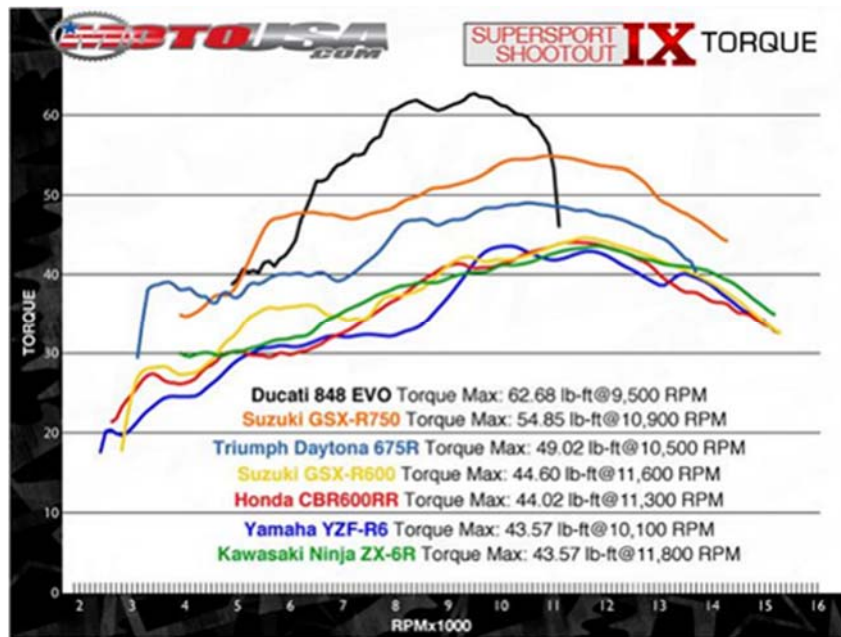
Από την Εικόνα 4.30 που αφορά κυρίως μονοκύλινδρους κινητήρες παρατηρούμε ότι υπολείπονται σημαντικά σε ιπποδύναμη και ροπή σε σχέση με τους 2-κύλινδρους και 4-κύλινδρους ανταγωνιστικούς κινητήρες. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να μην αποτελούν την πρώτη επιλογή μας για τον υποψήφιο κινητήρα του μονοθεσίου μας. Βέβαια, θα μπορούσαν να είναι μια επιλογή χαμηλότερου ρίσκου και λιγότερων απαιτήσεων υποστήριξης ώστε να κερδηθεί εμπειρία και τεχνογνωσία στο σχεδιασμό ενός μονοθέσιου στα πλαίσια αυτής της διοργάνωσης.

Το βασικότερο πλεονέκτημα του κινητήρα του CBR600RR έχει να κάνει με το σημαντικά χαμηλότερο βάρος σε σχέση με τους ανταγωνιστές. Ζυγίζει κενός από τα αναγκαία υγρά για την λειτουργία του μόλις 156 kg τη στιγμή που οι υπόλοιποι από 7 έως 10 kg περισσότερο. Το πλεονέκτημα του βάρους παραμένει και με το σύνολο των αναγκαίων υγρών για τη λειτουργία του. Χαρακτηριστικά ζυγίζει 187 kg παραμένοντας από 2 έως 5 kg ελαφρύτερος από τους υπόλοιπους κινητήρες.

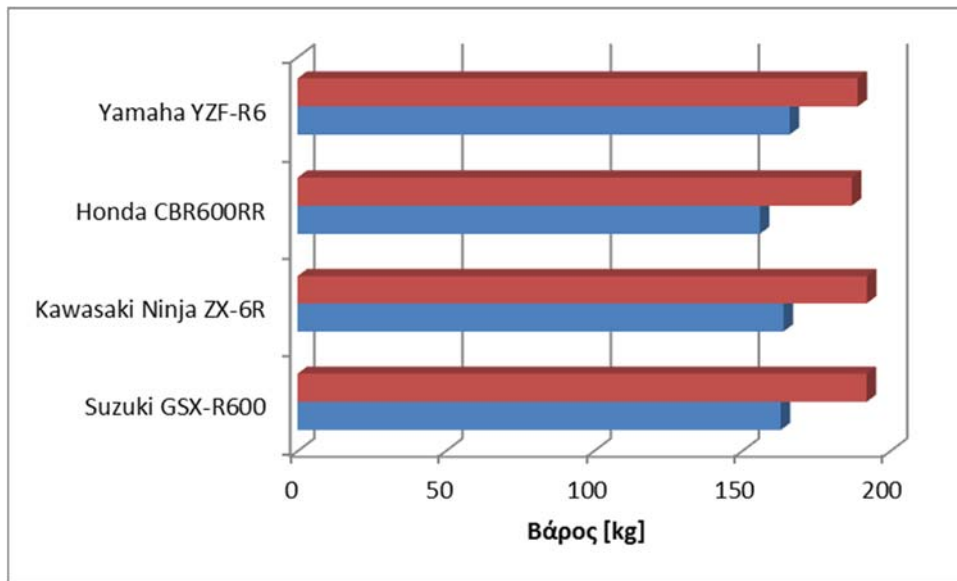
Λαμβάνοντας υπόψη τη φύση του διαγωνισμού, το γεγονός ότι η μέγιστη ισχύ δεν είναι το μόνο ζητούμενο στα αγωνίσματα του θεσμού αλλά ότι περισσότερο θα ευνοηθεί η συμπεριφορά και η απόδοση του αγωνιστικού από τη γραμμικότητα που αποδίδει ο κινητήρας τη διαθέσιμη ροπή σε όλο το φάσμα των στροφών λειτουργίας του και το γεγονός ότι καθοριστικός παράγοντας σε τέτοιου είδους οχήματα είναι ο περιορισμός του βάρους προσδίδοντας στο μονοθέσιο μεγαλύτερη ευελιξία, ταχύτερη αλλαγή κατεύθυνσης, μικρότερες αποστάσεις φρεναρίσματος και γρηγορότερη επιτάχυνση τόσο από στάση όσο και εν κίνηση επιλέγουμε τον κινητήρα του CBR600RR.



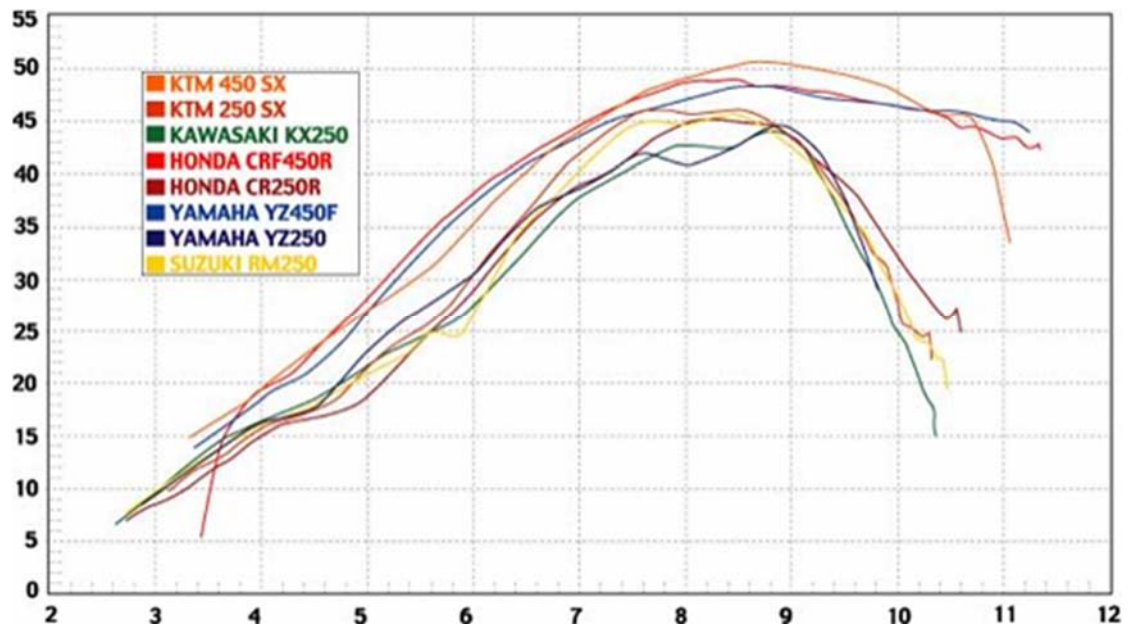
**Εικόνα 4.22:** Συγκριτικό διάγραμμα ιπποδύναμης κινητήρων CBR600RR, ZX-6R, GSX-R600, YZF-R6.



**Εικόνα 4.23:** Συγκριτικό διάγραμμα ροπής κινητήρων CBR600RR, ZX-6R, GSX-R600, YZF-R6.



**Εικόνα 4.24:** Συγκριτικό διάγραμμα βάρους κινητήρων CBR600RR, ZX-6R, GSX-R600, YZF-R6.



Εικόνα 4.25: Συγκριτικό διάγραμμα ιπποδύναμης κινητήρων 450SX, CRF450R YZ450F.



## 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι μονοκύλινδροι κινητήρες υπολείπονται σημαντικά σε ιπποδύναμη και ροπή σε σχέση με τους 2-κύλινδρους και 4-κύλινδρους ανταγωνιστικούς κινητήρες. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να μην αποτελούν την πρώτη επιλογή για τον υποψήφιο κινητήρα του μονοθέσιου. Βέβαια, θα μπορούσαν να είναι μια επιλογή χαμηλότερου ρίσκου και λιγότερων απαιτήσεων υποστήριξης ώστε να αποκτηθεί εμπειρία και τεχνογνωσία στο σχεδιασμό ενός μονοθέσιου στα πλαίσια αυτής της διοργάνωσης.

Από τους υπόλοιπους κινητήρες το βασικότερο πλεονέκτημα του κινητήρα του CBR600RR έχει να κάνει με το σημαντικά χαμηλότερο βάρος σε σχέση με τους ανταγωνιστές. Ζυγίζει από 7 έως 10 kg λιγότερο στεγνός σε σχέση με τους ανταγωνιστικούς κινητήρες, ενώ είναι ελαφρύτερος και με το σύνολο των αναγκαίων υγρών για τη λειτουργία του. Χαρακτηριστικά ζυγίζει 187 kg παραμένοντας από 2 έως 5 kg ελαφρύτερος από τους υπόλοιπους κινητήρες.

Από το συγκριτικό διάγραμμα ροπής (Εικόνα 4.28), παρατηρούμε ότι οι δυνατότητες των κινητήρων διαφοροποιούνται σε μεγάλο βαθμό στις χαμηλές και μεσαίες στροφές. Η ικανότητα του κινητήρα να ανεβάζει στροφές σε αυτό το εύρος θα καθορίσει και την ικανότητα του μονοθέσιου να επιτύχει ένα γρήγορο γύρο, λαμβάνοντας υπόψη ότι αρκετό χρόνο θα κινείται σε καμπές και όχι σε ευθείες, οι οποίες ευνοούν κινητήρες με περισσότερη ιπποδύναμη. Γενικά, ο κινητήρας του CBR600RR έχει καλύτερη ροπή σε όλο το φάσμα μέχρι τις 11,000 σ.α.λ. σε σχέση με τους κινητήρες των YZF-R6, ZX-6R και GSX-R600.

Λαμβάνοντας υπόψη:

1. τη φύση του διαγωνισμού,
2. το γεγονός ότι η μέγιστη ισχύ δεν είναι το μόνο ζητούμενο στα αγωνίσματα του θεσμού αλλά ότι περισσότερο θα αξιολογηθεί η συμπεριφορά και η απόδοση του αγωνιστικού από τη γραμμικότητα που αποδίδει ο κινητήρας τη διαθέσιμη ροπή σε όλο το φάσμα των στροφών λειτουργίας του και,

3. το γεγονός ότι καθοριστικός παράγοντας σε τέτοιου είδους οχήματα είναι ο περιορισμός του βάρους προσδίδοντας στο μονοθέσιο μεγαλύτερη ευελιξία, ταχύτερη αλλαγή κατεύθυνσης, μικρότερες αποστάσεις φρεναρίσματος και γρηγορότερη επιτάχυνση τόσο από στάση όσο και εν κίνηση.

Επιλέγουμε ως πιο κατάλληλο για το μονοθέσιό μας, τον κινητήρα του CBR600RR.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1 Μηχανές Εσωτερικής Καύσης, Τζιφάκις Α., Ευγενείδιο Ίδρυμα
- 2 Μηχανές Εσωτερικής Καύσης, Κλιάνης Λ., Νικολός Ι.Σιδέρης Ι., Ευγενείδιο Ίδρυμα , 2002.
- 3 Καύσιμα-Λιπαντικά, Παπαευαγγέλου Τ., Ευγενείδιο Ίδρυμα, 1995.
- 4 <http://www.yamaha-motor.eu/gr/products/offroad-motorcycles/competition/wr450f.aspx?view=featurestechspecs>
- 5 <http://www.honda-motorcycles.gr/model.php?model=cb500f>
- 6 [https://www.google.gr/search?q=cb+500+f+specs&biw=1600&bih=775&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjluZm6wfTKAhXCORoKHch\\_B9cQ\\_AUIBigB#imgdii=x\\_XTI2CIZQ4QfM%3A%3Bx\\_XTI2CIZQ4QfM%3A%3BoGYIsbyAcd9JiM%3A&imgrc=x\\_XTI2CIZQ4QfM%3A](https://www.google.gr/search?q=cb+500+f+specs&biw=1600&bih=775&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjluZm6wfTKAhXCORoKHch_B9cQ_AUIBigB#imgdii=x_XTI2CIZQ4QfM%3A%3Bx_XTI2CIZQ4QfM%3A%3BoGYIsbyAcd9JiM%3A&imgrc=x_XTI2CIZQ4QfM%3A)
- 7 <http://www.honda-motorcycles.gr/model.php?model=cbr600f>
- 8 [https://de.wikipedia.org/wiki/Honda\\_CBR600](https://de.wikipedia.org/wiki/Honda_CBR600)
- 9 <http://powersports.honda.com/2015/cbr600rr/specifications.aspx>
- 10 [http://www.bikez.com/motorcycles/honda\\_cbr\\_600\\_rr\\_2007.php](http://www.bikez.com/motorcycles/honda_cbr_600_rr_2007.php)
- 11 [http://www.motorcyclespecs.co.za/model/Honda/honda\\_cbr600rr%2007.htm](http://www.motorcyclespecs.co.za/model/Honda/honda_cbr600rr%2007.htm)
- 12 [https://www.google.gr/search?q=yamaha+yzf-r6+engine+specifications&biw=1600&bih=775&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwif7cSipfTKAhUIlxoKHSIkAaoQ\\_AUIBigB#imgdii=MXKJxMlz-1iLnM%3A%3BMXKJxMlz-1iLnM%3A%3BE-aq4NPbuBvTxM%3A&imgrc=MXKJxMlz-1iLnM%3A](https://www.google.gr/search?q=yamaha+yzf-r6+engine+specifications&biw=1600&bih=775&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwif7cSipfTKAhUIlxoKHSIkAaoQ_AUIBigB#imgdii=MXKJxMlz-1iLnM%3A%3BMXKJxMlz-1iLnM%3A%3BE-aq4NPbuBvTxM%3A&imgrc=MXKJxMlz-1iLnM%3A)
- 13 <https://www.yamahamotorsports.com/sport/models/2016/wr450f>
- 14 <https://www.yamahamotorsports.com/sport/models/yzf-r6>
- 15 <http://www.yamaha-motor.eu/gr/products/motorcycles/supersport/yzf-r6.aspx?view=featurestechspecs>
- 16 [https://www.google.gr/search?q=yamaha+yzf-r6+engine+specifications&biw=1600&bih=775&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwif7cSipfTKAhUIlxoKHSIkAaoQ\\_AUIBigB#imgrc=MXKJxMlz-1iLnM%3A](https://www.google.gr/search?q=yamaha+yzf-r6+engine+specifications&biw=1600&bih=775&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwif7cSipfTKAhUIlxoKHSIkAaoQ_AUIBigB#imgrc=MXKJxMlz-1iLnM%3A)
- 17 <https://www.yamahamotorsports.com/sport/models/yzf-r3>
- 18 [http://www.yamaha-motor.eu/gr/products/motorcycles/supersport/yzf-r3.aspx?view=featurestechspecs#gallery=features|image=http://cdn.yamaha-motor.eu/product\\_assets/2016/YZF-R320/950-75/2016-Yamaha-YZF-R320-EU-Race-Blu-Detail-003.jpg](http://www.yamaha-motor.eu/gr/products/motorcycles/supersport/yzf-r3.aspx?view=featurestechspecs#gallery=features|image=http://cdn.yamaha-motor.eu/product_assets/2016/YZF-R320/950-75/2016-Yamaha-YZF-R320-EU-Race-Blu-Detail-003.jpg)
- 19 <http://autos.maxabout.com/bikes/yamaha/r3/yzf-r3>
- 20 <http://www.ktm.com/gr/enduro/500-exc/>
- 21 [http://www.pbase.com/jdjetting1/ktm\\_efi\\_models&page=all](http://www.pbase.com/jdjetting1/ktm_efi_models&page=all)
- 22 <http://www.ktm.com/gr/supersport/rc-3903/>

- 23 <http://www.peterverdone.com/superbike-300/>
- 24 [https://www.google.gr/search?q=ktm+RC+390+specs&biw=1600&bih=775&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ved=0ahUKEwiV3d7sqfTKAhXKhh0KHZe dBzAQsAQIGQ#imgrc=QzWZen9jPNOY\\_M%3A](https://www.google.gr/search?q=ktm+RC+390+specs&biw=1600&bih=775&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ved=0ahUKEwiV3d7sqfTKAhXKhh0KHZe dBzAQsAQIGQ#imgrc=QzWZen9jPNOY_M%3A)
- 25 <http://www.ktm.com/gr/naked-bike/390-duke1/>
- 26 <http://www.ktm.com/gr/enduro/450-exc/>
- 27 <http://www.ktm.com/gr/mx/450-sx-f/>
- 28 [http://www.aprilia.com.gr/mediaObject/aprilia/models/moto/offroad/SXV-5.5/tech-specs/gr\\_SXV-550/original/gr\\_SXV+550.pdf](http://www.aprilia.com.gr/mediaObject/aprilia/models/moto/offroad/SXV-5.5/tech-specs/gr_SXV-550/original/gr_SXV+550.pdf)
- 29 <http://www.off-road.gr/article811-mode=thread.html>
- 30 <http://slorider.com/aprilia/manuals/specifications.pdf>
- 31 [https://www.google.gr/search?q=sxv+550+specs&biw=1600&bih=775&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiAgaKKrfTKAhXFPxoKHTY3CboQ\\_AUIBigB#imgrc=xZwOZJnN2d-K6M%3A](https://www.google.gr/search?q=sxv+550+specs&biw=1600&bih=775&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiAgaKKrfTKAhXFPxoKHTY3CboQ_AUIBigB#imgrc=xZwOZJnN2d-K6M%3A)
- 32 [http://www.aprilia.com.gr/mediaObject/aprilia/models/moto/offroad/RXV-4.5/tech-specs/gr\\_RXV-450/original/gr\\_RXV+450.pdf](http://www.aprilia.com.gr/mediaObject/aprilia/models/moto/offroad/RXV-4.5/tech-specs/gr_RXV-450/original/gr_RXV+450.pdf)
- 33 <http://www.aprilia.com.gr/gr/el/index/e%CE%BB%CE%BB%CE%B7%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CE%AC/m%CE%BF%CF%84%CE%BF%CF%83%CE%B9%CE%BA%CE%BB%CE%AD%CF%84%CE%B5%CF%82/offroad/MXV-4.5.html>
- 34 <https://www.kawasaki.com/Products/2016-Ninja-300-ABS-KRT-Edition>
- 35 [https://www.google.gr/search?q=ninja+300+specs&biw=1600&bih=775&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiM25C2r\\_TKAhWLOxoKHcLoB3UQ\\_AUIBigB#imgrc=fTViwJn1IR-mHM%3A](https://www.google.gr/search?q=ninja+300+specs&biw=1600&bih=775&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiM25C2r_TKAhWLOxoKHcLoB3UQ_AUIBigB#imgrc=fTViwJn1IR-mHM%3A)
- 36 <https://www.kawasaki.com/Products/2016-KX450F>
- 37 <https://www.kawasaki.com/Press/Release/2016-KX450F>
- 38 [https://www.google.gr/search?q=kx450f+specs&biw=1600&bih=775&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjm2NXXrvTKAhVJVhoKHV3NBBwQ\\_AUIBigB#imgrc=bpAl\\_pPsbzu2uM%3A](https://www.google.gr/search?q=kx450f+specs&biw=1600&bih=775&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjm2NXXrvTKAhVJVhoKHV3NBBwQ_AUIBigB#imgrc=bpAl_pPsbzu2uM%3A)
- 39 [https://www.google.gr/search?q=kx450f+specs&biw=1600&bih=775&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjm2NXXrvTKAhVJVhoKHV3NBBwQ\\_AUIBigB#imgdii=bpAl\\_pPsbzu2uM%3A%3BbpAl\\_pPsbzu2uM%3A%3BOWlmMwMhHItB8M%3A&imgrc=bpAl\\_pPsbzu2uM%3A](https://www.google.gr/search?q=kx450f+specs&biw=1600&bih=775&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjm2NXXrvTKAhVJVhoKHV3NBBwQ_AUIBigB#imgdii=bpAl_pPsbzu2uM%3A%3BbpAl_pPsbzu2uM%3A%3BOWlmMwMhHItB8M%3A&imgrc=bpAl_pPsbzu2uM%3A)
- 40 <http://www.suzukicycles.com/Product%20Lines/Cycles/Products/GSX-R600/2016/GSXR600.aspx#Specs>
- 41 [https://www.google.gr/search?q=GSX-R600+specs&biw=1600&bih=775&noj=1&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiF14apsfTKAhXKWxoKHRShAkIQ\\_AUIBygB#imgrc=3i9LJpk6qiOnEM%3A](https://www.google.gr/search?q=GSX-R600+specs&biw=1600&bih=775&noj=1&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiF14apsfTKAhXKWxoKHRShAkIQ_AUIBygB#imgrc=3i9LJpk6qiOnEM%3A)
- 42 <https://www.google.gr/search?q=GSX-R600+specs&biw=1600&bih=775&noj=1&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=>

- 0ahUKEwiF14apsfTKAhXKWxoKHRShAkIQ\_AUIBygB#imgdii=bUwUynTP25XX3M%3A%3BbUwUynTP25XX3M%3A%3B3GNQ3bkDJbYRCM%3A&imgrc=bUwUynTP25XX3M%3A
- 43 <http://www.suzukicycles.com/Product%20Lines/Cycles/Products/DR-Z400/2016/DRZ400SM.aspx#Specs>
  - 44 <http://www.suzukicycles.com/Product%20Lines/Cycles/Products/RM-Z450/2016/RMZ450.aspx>
  - 45 [https://www.google.gr/search?q=kx450f+specs&biw=1600&bih=775&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwj2NXXrvTKAhVJVhoKHV3NBBwQ\\_AUIBigB#imgdii=bpAl\\_pPsbzu2uM%3A%3BbpAl\\_pPsbzu2uM%3A%3BX4xQ5TZs2onijM%3A&imgrc=bpAl\\_pPsbzu2uM%3A](https://www.google.gr/search?q=kx450f+specs&biw=1600&bih=775&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwj2NXXrvTKAhVJVhoKHV3NBBwQ_AUIBigB#imgdii=bpAl_pPsbzu2uM%3A%3BbpAl_pPsbzu2uM%3A%3BX4xQ5TZs2onijM%3A&imgrc=bpAl_pPsbzu2uM%3A)
  - 46 [https://www.google.gr/search?q=RM+Z450+specs&biw=1600&bih=775&noj=1&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjVgv7dsfTKAhXKPRoKHVbxA5EQ\\_AUIBygB#imgrc=lbQZJVeUQTebCM%3A](https://www.google.gr/search?q=RM+Z450+specs&biw=1600&bih=775&noj=1&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjVgv7dsfTKAhXKPRoKHVbxA5EQ_AUIBygB#imgrc=lbQZJVeUQTebCM%3A)
  - 47 <http://www.suzukicycles.com/Product%20Lines/ATVs/Products/QuadSport%20Z400/2014/LTZ400.aspx#Specs>
  - 48 [https://en.wikipedia.org/wiki/Overhead\\_camshaft](https://en.wikipedia.org/wiki/Overhead_camshaft)
  - 49 <http://www.bikesindia.org/reviews/sohc-vs-dohc-motorcycle-engines.html>
  - 50 [https://www.google.gr/search?q=dohc+honda+engines+cbr&biw=1600&bih=775&tbn=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ved=0ahUKEwiSoYDwsvTKAhXCXRoKHZ\\_dAO0QsAQIRw](https://www.google.gr/search?q=dohc+honda+engines+cbr&biw=1600&bih=775&tbn=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ved=0ahUKEwiSoYDwsvTKAhXCXRoKHZ_dAO0QsAQIRw)
  - 51 <http://world.honda.com/CBR250R/engine/page02.html>
  - 52 <http://paultan.org/2005/06/22/sohc-vs-dohc-valvetrains/>
  - 53 <http://www.samarins.com/glossary/dohc.html>
  - 54 <https://www.shopyamaha.com/yamalube/default.aspx>
  - 55 Μηχανές εσωτερικής καύσης, Μαυρίδης Κ., εκδόσεις Ίων 2004.
  - 56 Εργαστήριο μηχανών εσωτερικής καύσης, Καλογήρου Ι., Γεωργουδάκης Ι, και Μαυρίδης Κ., εκδόσεις Ίων 2004.