

**ΑΤΕΙ ΠΑΤΡΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΣΤΕΦ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**



**«Προτάσεις & εφαρμογές για τη μείωση της  
κατανάλωσης καυσίμου των αυτοκινήτων νέας  
τεχνολογίας»**

**Σπουδαστής : Βόσσος Γεώργιος  
Εισηγητής : Επαμεινώνδας Αλεξόπουλος**

**-ΠΑΤΡΑ 2005-**

ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ	7206
----------------------	------

Θα ήθελα να εκφράσω – ειλικρινώς – τις ευχαριστίες μου για την περάτωση αυτής της πτυχιακής εργασίας, στον Κο Αλεξόπουλο Επαμεινώνδα για την πολύτιμη συμβολή και υποστήριξή του, καθώς και σε όσους φίλους και συναδέλφους συνέβαλλαν στη δημιουργία της με αυτήν την τελική μορφή.  
Τέλος, την πτυχιακή μου εργασία, Θα ήθελα να την αφιερώσω στους γονείς μου, ως μια ελάχιστη απόδειξη αγάπης και εκτίμησης, για την εφόρου ζωής συμπαράσταση και αγάπη τους.

Βόσσος Γεώργιος

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup> – ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ.....</b>	<b>8</b>
1.1 Γενικά – οικονομία καυσίμου.....	8
1.2 Η εξέλιξη των μηχανοκίνητων οχημάτων.....	9
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup> – ΕΓΧΥΣΗ &amp; ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΜΕΣΟΥ ΨΕΚΑΣΜΟΥ.....</b>	<b>15</b>
2.1 Γενικά.....	15
2.2 Η αρχή της έγχυσης.....	16
2.3 ΟΤΤΟ – DIESEL.....	17
2.3.1 Otto.....	17
2.3.2 Diesel.....	18
2.4 Δίχρονος – τετράχρονος κύκλος λειτουργίας.....	18
2.5 Αισθητήρας λ.....	21
2.6 Γενικά χαρακτηριστικά συστημάτων ψεκασμού.....	22
2.7 Μορφές συστημάτων έγχυσης.....	28
2.8 Πλεονεκτήματα έγχυσης με αναφορά στην εξαέρωση.....	29
2.9 Πλεονεκτήματα – μειονεκτήματα απ' ευθείας έγχυσης.....	30
2.10 Ψεκασμός σε βενζινοκινητήρες.....	31
2.10.1 Πλεονεκτήματα του ψεκασμού στους βενζινοκινητήρες.....	31
2.10.2 K – Jetronic.....	32
2.10.3 KE – Jetronic.....	34
2.10.4 L – Jetronic.....	37
2.10.5 LH – Jetronic.....	39
2.10.6 Mono – Jetronic.....	41
2.10.7 Motronic.....	42
2.10.8 Mono – Motronic.....	45
2.10.9 Weber – Marelli I.A.W.....	47

2.11 Κινητήρες Φτωχού Μίγματος (Κ.Φ.Μ).....	48
2.12 Βενζινοκινητήρες άμεσου ψεκασμού.....	50
2.13 Κινητήρες Diesel – common rail.....	53
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup> – ΕΛΑΣΤΙΚΑ.....</b>	<b>58</b>
3.1 Γενικά – εξέλιξη & τεχνολογία.....	58
3.2 Στοιχεία που συμβάλουν στην απόδοση & οικονομία του οχήματος..	60
3.2.1 Δομή του ελαστικού.....	61
3.2.2 Το πέλμα του ελαστικού.....	64
3.2.3 Αντίσταση κύλισης των ελαστικών.....	65
3.2.4 Εξομάλυνση των κραδασμών και αποσβεστική ικανότητα.....	73
3.3 Νέες τεχνολογικές προτάσεις στα ελαστικά.....	75
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup> – ΑΜΑΞΩΜΑΤΑ &amp; ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ.....</b>	<b>79</b>
4.1 Ιστορική εξέλιξη αμαξώματος .....	79
4.2 Δομή των αμαξωμάτων .....	80
4.3 Είδη αμαξωμάτων .....	81
4.4 Αξιολόγηση αμαξωμάτων.....	84
4.4.1 Σασί πλαίσιο.....	84
4.4.2 Αυτοφερόμενο πλαίσιο.....	84
4.4.3 Ημιαυτοφερόμενο πλαίσιο.....	85
4.5 Σχεδίαση αμαξώματος .....	85
4.5.1 Αεροδυναμικός σχεδιασμός.....	86
4.5.2 Αεροδυναμικός συντελεστής.....	89
4.6 Χαρακτηριστικά των αμαξωμάτων.....	90
4.7 Υλικά κατασκευής.....	93
4.7.1 Χάλυβας .....	93
4.7.2 Αλουμίνιο.....	93

4.7.3	Συνθετικά υλικά.....	95
4.8	Αξιολόγηση υλικών αμαξωμάτων.....	96
4.8.1	Αλουμίνιο – χάλυβας .....	96
4.8.2	Μαγνήσιο – τιτάνιο.....	97
4.8.3	Πολυμερή.....	97
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup> – ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ &amp; ΝΕΕΣ</b>		
<b>ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ.....</b>		
5.1	Ενεργειακές κυψέλες.....	99
5.2	Εναλλακτικό καύσιμο – υγραέριο.....	102
5.3	Ηλεκτροκίνηση-Θετικά & αρνητικά στοιχεία.....	105
5.4	Υβριδικά αυτοκίνητα.....	106
5.4.1	Toyota Prius ΙΙ.....	109
5.4.2	Honda Civic IMA.....	111
5.5	Κινητήρες Diesel.....	113
5.5.1	Κινητήρες Diesel άμεσου ψεκασμού.....	114
5.5.2	Common rail τρίτης γενιάς .....	115
5.6	Βενζινοκινητήρες .....	116
5.6.1	Σύστημα “Twinport” Opel Astra.....	116
5.6.2	Toyota (άμεσος ψεκασμός & D - Cat).....	118
5.7	Νέες τεχνολογίες (Εκθεση Φραγκφούρτης – Οκτώβριος 2001).....	119
5.7.1	Προτάσεις με καύσιμο το υδρογόνο.....	119
5.7.2	Υβριδικά αυτοκίνητα παραγωγής από την Toyota.....	119
5.7.3	Προτάσεις ενεργειακών κυψελών.....	120
5.7.4	Προτάσεις για common rail.....	121
5.8	Γενική αποτίμηση – συμπεράσματα.....	121
	Βιβλιογραφία.....	124

## ΣΧΗΜΑΤΑ-ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ

### Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup>

σχήμα 1.1 Το πρώτο ατμοκίνητο όχημα, 1769 από τον Cugnot.....	10
σχήμα 1.2 Πλαίσιο Austin 1920.....	11
σχήμα 1.3 Lancia Lambda του 1922.....	12
σχήμα 1.4 Chevrolet Corvette, 1954.....	13
σχήμα 1.5 Citroen του 1925 και Tourer του 1928.....	14

### Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>

σχήμα 2.1 Τετράχρονος κύκλος λειτουργίας και p-v, p-θ ενδεικτικά διαγράμματα.....	19
σχήμα 2.2 Κύκλος λειτουργίας 2-χρονου κινητήρα και συμπιεστή αέρα....	20
σχήμα 2.3 Ιδανικοί κύκλοι. Otto-Diesel.....	21
σχήμα 2.4 Αντλία έγχυσης Bosch.....	25
σχήμα 2.5 Εγχυτήρας.....	26
σχήμα 2.6 Αντλία διανομής-έγχυσης μηχανικού ρυθμιστή (Bosch).....	27
σχήμα 2.7 K-Jetronic.....	33
σχήμα 2.8 KE-Jetronic.....	36
σχήμα 2.9 Bosch L-Jetronic.....	38
σχήμα 2.10 LH-Jetronic.....	40
σχήμα 2.11 Mono-Jetronic.....	42
σχήμα 2.12 Motronic.....	43
σχήμα 2.13 Mono-motronic.....	46
σχήμα 2.14 Weber-Marelli I.A.W.....	48
σχήμα 2.15 Διάγραμμα για κινητήρα φτωχού μίγματος.....	49
σχήμα 2.16 Βενζινοκινητήρες .....	53

σχήμα 2.17 Κινητήρας Diesel νέας γενιάς .....	54
σχήμα 2.18 Κινητήρας common rail.....	55

### Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup>

σχήμα 3.1 Η κατασκευή ενός σταυρωτού ελαστικού.....	62
σχήμα 3.2 Διάφοροι τύποι πέλματος.....	65
σχήμα 3.3 Η δημιουργία της τριβής κύλισης.....	66
σχήμα 3.4 Μεταβολή της αντίστασης κύλισης σε διάφορες ταχύτητες bias-ply και radial-ply ελαστικών.....	67
σχήμα 3.5 Μεταβολή της αντίστασης κύλισης με την πίεση ελαστικών σε διάφορες επιφάνειες.....	69
σχήμα 3.6 Σχηματισμός στατικού κύματος σε υψηλές ταχύτητες.....	69
σχήμα 3.7 Επίδραση της εσωτερικής θερμοκρασίας ελαστικού στην αντίσταση κύλισης.....	71
σχήμα 3.8 Επίδραση της διαμέτρου ελαστικού στην αντίσταση κύλισης σε διάφορες επιφάνειες.....	72
σχήμα 3.9 Επίδραση της πίεσης ελαστικού στους συντελεστές $f_0$ και $f_s$ ....	73
σχήμα 3.10 (a)Απλό γραμμικό μοντέλο και (b)Βισκοελαστικό μοντέλο....	74
σχήμα 3.11 Το Michelin Energy.....	75
σχήμα 3.12 Το νέο ContiEcoContact 3.....	77

### Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup>

σχήμα 4.1 GM Ultralite, βάρος 700 kg.....	80
σχήμα 4.2 Παραλληλόγραμμα σασί πλαίσιο BRM-V16, (460 HP)-1950...81	81
σχήμα 4.3 Αυτοφερόμενο αμάξωμα Sciroco 1981.....	82
σχήμα 4.4 Ημιαυτοφερόμενο αμάξωμα Peugeot 205 T16.....	83



σχήμα 4.5 Audi Quattro.....	87
σχήμα 4.6 Αυτοκίνητο υπό αεροδυναμικό τεστ.....	88
σχήμα 4.7 Τρισδιάστατη όψη του πρωτότυπου οχήματος.....	89
σχήμα 4.8 Ορισμένοι τύποι αυτοκινήτων της Renault (Clio, Megane, Scenic, Laguna, Kangoo).....	91
σχήμα 4.9 Το πλαίσιο τύπου ASF του Audi A8.....	95

## Κεφάλαιο 5<sup>ο</sup>

σχήμα 5.1 Σχηματικό διάγραμμα του συστήματος LPG.....	102
σχήμα 5.2 Toyota Prius ΙΙ.....	109
σχήμα 5.3 Διάγραμμα p-V (Atkinson, Otto).....	111
σχήμα 5.4 Πίνακας κατανάλωσης Honda Civic IMA.....	112
σχήμα 5.5 Honda Civic IMA.....	113
σχήμα 5.6 VW Lupo με κατανάλωση τα 3 λίτρα /100χλμ.....	113
σχήμα 5.7 Το μονόλιτρο της VW.....	115
σχήμα 5.8 Νεο Opel Astra.....	117
σχήμα 5.9 Σύστημα Twinport.....	117

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>

### ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

#### 1.1 Γενικά – Οικονομία Καυσίμου

Οι θεμελιώδεις αρχές του μηχανοκίνητου οχήματος, λαμβάνουν υπόψη τις επιδόσεις που σχετίζονται άμεσα με την κίνησή του. Εδώ ανήκουν τα δυναμικά χαρακτηριστικά, η δυνατότητα κίνησης κάτω απ'όλες τις συνθήκες, η κατευθυντικότητα, η σταθερότητα, η οικονομία καυσίμου και η ομαλή λειτουργία. Καθένα από αυτά τα χαρακτηριστικά λαμβάνεται υπόψη ξεχωριστά ως θέμα μελέτης, αλλά όλα μαζί είναι αλληλένδετα, έτσι ώστε κάθε αλλαγή στον σχεδιασμό κάποιου απ'αυτά να έχει επίδραση στα υπόλοιπα.

Τα τελευταία χρόνια, είναι μονόδρομος για τις αυτοκινητοβιομηχανίες η ανάγκη αναζήτησης προηγμένων τεχνικών που μπορούν να οδηγήσουν στην αύξηση της αποδοτικότητας της διαδικασίας σχεδίασης οχημάτων. Οι έρευνες αυτές εστιάζονται σε τεχνολογίες οι οποίες ελαττώνουν την ζήτηση ενέργειας από τον κινητήρα και το σύστημα μετάδοσης της κίνησης (νέα υλικά, βελτιωμένη αεροδυναμική, καλύτερα λάστιχα, μείωση των τριβών). Για παράδειγμα η έρευνα θα επικεντρωθεί σε νέους καταλυτικούς μετατροπείς ώστε να γίνει δυνατή η εισαγωγή κινητήρων φτωχού μείγματος.

Σ'αυτήν την προσπάθεια έρχεται να προστεθεί το σημαντικότερο ίσως σύστημα που αποσκοπεί ακριβώς σ'αυτόν τον σκοπό, της δημιουργίας δηλαδή συνθηκών για την όσο το δυνατόν καλύτερη απόδοση του κινητήρα με την λιγότερη κατανάλωση καυσίμου. Το σύστημα αυτό είναι αυτό του άμεσου ψεκασμού (injection).

Η επιστήμη των μηχανοκίνητων οχημάτων έχει ως κύριο σκοπό τη βελτίωση της απόδοσης αυτών και την ελαχιστοποίηση του κόστους κίνησης. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την αύξηση της μέσης ταχύτητας των αυτοκινήτων καθώς και με τη μείωση της κατανάλωσης καυσίμου.

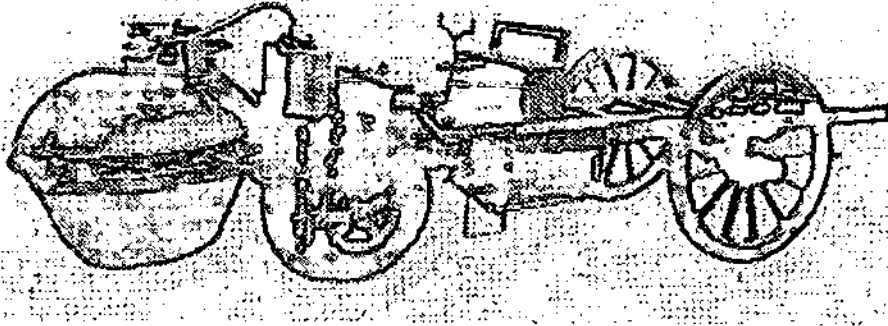
## 1.2 Η εξέλιξη των μηχανοκίνητων οχημάτων

Τα πρώτα οχήματα είχαν ως κινητήρια δύναμη τα ζώα (άλογα). Οι άμαξες αυτές είχαν ανάγκη και από το ανάλογο καύσιμο για να μπορούν να κινούνται. Στις περιπτώσεις αυτές το καύσιμο δεν ήταν άλλο από την τροφή του ζώου. Το άλογο έπρεπε να τραφεί για να αποδώσει.

Αργότερα όμως, με την εισαγωγή της μηχανοκίνησης, το άλογο αντικαταστάθηκε από την μηχανή με καύσιμο το πετρέλαιο και την βενζίνη.

Έτσι, αντιστοιχίζοντας τις κινητήριες δυνάμεις, πρώτα και μετά, καταλήγουμε πως το άλογο, αλλά και η μηχανή, όσο καλύτερης ποιότητας καύσιμο καταναλώνουν, τόσο καλύτερη απόδοση θα έχουν. Η ανάγκη λοιπόν για καλύτερες αποδόσεις στην μηχανοκίνηση, εστιάζει την προσοχή κυρίως στο καύσιμο και στον τρόπο που θα καταναλωθεί, χωρίς να έχουμε άσκοπη σπατάλη, με ταυτόχρονη όμως αύξηση της απόδοσης.

Τα πρώτα μηχανοκίνητα οχήματα που λειτουργούσαν με ατμό εμφανίστηκαν τον 18<sup>ο</sup> αιώνα και ήταν βαριά και δυσκίνητα. Το πρώτο κατασκευάστηκε το 1769 από τον Nicholas Joseph Cugnot, Γάλλο αξιωματικό του πυροβολικού, ήταν ατμοκίνητο και θεωρείται ο πρόγονος του σημερινού αυτοκινήτου. Μετέφερε 4 άτομα με ταχύτητα 2,25 μίλια ανά ώρα.



*σχήμα 1.1 Το πρώτο ατμοκίνητο όχημα, φτιαγμένο το 1769 από τον Cugnot*

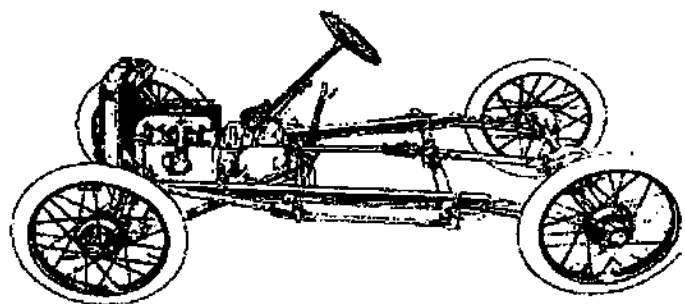
Για έναν αιώνα περίπου, δύο σπουδαία ονόματα, αυτά των Otto και Diesel, έπαιξαν σημαντικό ρόλο στην ραγδαία εξέλιξη των Μηχανών Εσωτερικής Καύσης. Η ζήτηση για μηχανές μεγαλύτερης ισχύος, ώθησε τον Otto στη σχεδίαση μιας μηχανής νέου τύπου, με άμεση σύνδεση εμβόλου στροφαλοφόρου άξονα και εφαρμογή για πρώτη φορά της διαδικασίας λειτουργίας των τεσσάρων χρόνων: α) Αναρρόφηση μίγματος αέρα, β) Συμπύεση μίγματος, γ) Καύση εκτόνωση αερίου, δ) Εξαγωγή αερίων.

Το επαναστατικό σημείο της καινούργιας μηχανής ήταν ο τετράχρονος κύκλος λειτουργίας και η κατασκευή για πρώτη φορά μηχανής στην οποία πριν από την καύση να έχουμε συμπύεση του μίγματος. Ο πρώτος 4-χρονος κινητήρας κατασκευάστηκε το 1876 και απέδιδε 2.2 kW στις 180 στροφές/min. Η μηχανή αυτή αποτελεί την βάση όλων των σημερινών 4-χρονων κινητήρων.

Μερικά χρόνια αργότερα κατασκευάστηκε μια νέα μηχανή, η μηχανή Diesel από τον Rudolf Diesel (1858-1913). Η λειτουργία μηχανών με ατμό υψηλής θερμοκρασίας του έδωσε την ιδέα να κατασκευάσει μια μηχανή που θα λειτουργούσε με υπερσυμπιεσμένο αέρα υψηλής θερμοκρασίας. Ύστερα

από επίμονες προσπάθειες και βελτιώσεις το 1897 ο Diesel μπόρεσε να παρουσιάσει την μηχανή του σε τελική μορφή, να αποδίδει 13.1kW στις 154 στροφές/min. Σήμερα έχει επικρατήσει να χαρακτηρίζονται οι ΜΕΚ με εξωτερική ανάφλεξη σαν μηχανές Otto και οι μηχανές με αυτανάφλεξη ως μηχανές Diesel. Οι θερμικές μηχανές μπορούν να ταξινομηθούν σε μηχανές εξωτερικής καύσης και μηχανές εσωτερικής καύσης. Στις πρώτες το λειτουργούν ρευστό είναι εσωτερικά διαχωρισμένο από το μίγμα καυσίμου-αέρα και η θερμότητα καύσης μεταφέρεται από τα τοιχώματα του περιέχοντος δοχείου ή καζανιού. Στις Μηχανές Εσωτερικής Καύσης το εργαζόμενο ρευστό συνίσταται από τα παράγωγα της καύσης του ίδιου μίγματος καυσίμου-αέρα.

Όσον αφορά στην κατασκευή των **πλαισίων** των αυτοκινήτων μέχρι τον πρώτο παγκόσμιο πόλεμο, η τεχνολογία ελάχιστα είχε αναπτυχθεί και δεν είχε γίνει ακόμα αντιληπτή η μεγάλη σπουδαιότητά τους. Έτσι κατά την διάρκεια της πρώτης δεκαετίας του 1900 παρατηρείται μια τυποποίηση της μηχανικής διάταξης των αυτοκινήτων : Άρχισε να τοποθετείται μπροστά ο κινητήρας, πίσω η κίνηση και στο κέντρο υπήρχαν τα καθίσματα.



*σχήμα 1.2 Πλαίσιο Austin 1920*

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται στα πρώτα αυτά χρόνια για την κατασκευή των πλαισίων, ήταν το ξύλο, το οποίο αντικαταστάθηκε σταδιακά από χάλυβα. Μια πολύ σημαντική εξέλιξη έγινε στην Ιταλία. Η μέχρι τότε αντίληψη όλων των κατασκευαστών ήθελε το πλαίσιο και το αμάξωμα να αποτελούν εντελώς διαφορετικά τμήματα, ανεξάρτητα μεταξύ τους. Η Lancia το 1922, δημιουργεί το μοντέλο Lambda με ενιαία κατασκευή για το αμάξωμα και το πλαίσιο.



*σχήμα 1.3 Lancia Lambda του 1922*

Αντί το αμάξωμα να κατασκευαστεί πάνω στο πλαίσιο, ο κύριος σκελετός του αμαξώματος και το πλαίσιο κατασκευάστηκαν σε μια μονάδα από πρεσσαριστό χάλυβα, στην οποία προστέθηκαν διαμορφωμένα τμήματα μικρού βάρους.

Όσον αφορά τα **αμαξώματα**, τα αυτοκίνητα ξεκίνησαν να αποκτούν κλειστό αμάξωμα από το 1920 περίπου και μετά, με πόρτες και ανεμοθώρακες ασφαλείας και αρχίζουν να γίνονται χαμηλότερα και μακρύτερα με βελτίωση της ευστάθειας. Στο σχήμα 1.27 φαίνεται η Citroen του 1925 με ολόκληρο χαλύβδινο αμάξωμα. Μέχρι τότε τα αμαξώματα ήταν ξύλινα και πολλές φορές επενδεδυμένα με ύφασμα. Παράλληλα με την παραγωγή των χαλύβδινων αμαξωμάτων αναπτύσσεται και η κατασκευή

νέων μηχανών κοπής και διαμόρφωσης των χαλύβδινων τμημάτων των αμαξωμάτων. Το ίδιο συμβαίνει και με τις μεθόδους συγκόλλησης και συναρμολόγησης. Την ίδια στιγμή που γινόταν η διάδοση του μεταλλικού αμαξώματος εμφανίζεται και η ανάπτυξη των υδραυλικών πρεσσών για την διαμόρφωση των τμημάτων του αμαξώματος. Μια σπουδαία πρόοδος στο τέλος της δεκαετίας του '20 είναι η δημιουργία της πρώτης πρέσσας φύλλου λαμαρίνας από τον Artz στην Γερμανία. Το σύστημα αυτό εφαρμόζει υδραυλική πίεση σε καλούπι επί φύλλου λαμαρίνας που συγκρατείται στα άκρα. Η αρχική ιδέα βελτιώθηκε γύρω στα 1930 με χρήση αρσενικού και θηλυκού καλουπιού, όπως γίνεται και σήμερα. Αυτή η ανακάλυψη άνοιξε την πόρτα για την ταχεία παραγωγή χαλύβδινων πανομοιότυπων τμημάτων αμαξωμάτων. Σημαντική εξέλιξη γίνεται με την χρησιμοποίηση στην κατασκευή του αμαξώματος της Chevrolet Corvette του 1953 υαλοβάμβακα ενισχυμένου με ρητίνη.

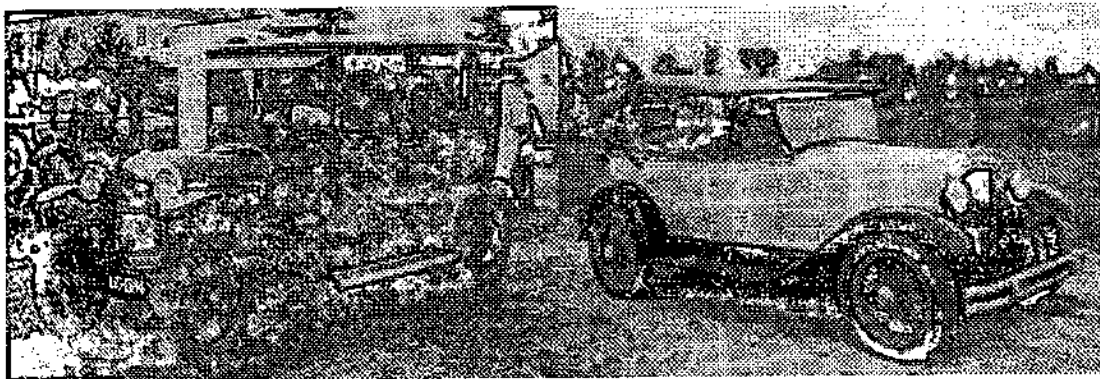


*σχήμα 1.4 Chevrolet Corvette, 1954*

Έτσι ελαττώνεται σημαντικά το βάρος και αυξάνεται η αντοχή σε διάβρωση, συγχρόνως όμως ανοίγει ένα νέο κεφάλαιο στην έρευνα για την χρησιμοποίηση άλλων προηγμένων υλικών στην κατασκευή πλαισίων και αμαξωμάτων. Η βελτίωση των καυσίμων και των συστημάτων τροφοδοσίας και η εξέλιξη των κινητήρων σε συνδιασμό με τα προηγούμενα δίνει

καλύτερο λόγο ισχύος προς βάρος και έτσι βελτιώνονται οι επιδόσεις των αυτοκινήτων : επιτάχυνση, ταχύτητα, κράτημα στο δρόμο και φρενάρισμα.

Ένας από τους τομείς που διαμόρφωσαν ποικίλες εικόνες στη διάρκεια του χρόνου, είναι αυτός που αφορά τα ελαστικά του αυτοκινήτου. Η μορφή του ελαστικού έχει περάσει από ποικίλα στάδια μέχρι να καταλήξει στη σημερινή, από τον 19<sup>ο</sup> αιώνα που ο Μ. Φ. Γκούντρις και ο Τ. Μ. Ντάνλοπ ανακάλυψαν πρώτοι το φουσκωτό λάστιχο. Μέχρι το σημείο εκείνο τα ελαστικά ήταν απόλυτα συμπαγή. Τα ελαστικά μέχρι το 1920 περίπου , ήταν στενά και απαιτούσαν υψηλές πιέσεις αέρα. Σημαντική εξέλιξη στον τομέα των ελαστικών έχουμε μετά το 1920: γίνονται φαρδύτερα και σχεδιάζονται να λειτουργούν σε χαμηλότερες πιέσεις. Έτσι τα οχήματα αποκτούν μεγαλύτερη επαφή με την επιφάνεια του δρόμου, με περισσότερο ομοιόμορφη πίεση, εξασφαλίζοντας έτσι και περισσότερη άνεση.



*σχήμα 1.5 Citroen του 1925 και Tourer του 1928*

Το 1953 καθιερώνονται τα ειδικά ελαστικά τύπου ράντιαλ που χρησιμοποιούνται όμως στην αρχή μόνο στα αυτοκίνητα υψηλών επιδόσεων λόγω του μεγάλου κόστους.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>

### ΕΓΧΥΣΗ & ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΜΕΣΟΥ ΨΕΚΑΣΜΟΥ (INJECTION)

#### 2.1 Γενικά

Τα τελευταία είκοσι και πλέον χρόνια η εξέλιξη των κινητήρων εσωτερικής καύσης ήταν ραγδαία, αφού οι ρυπογόνοι κινητήρες της δεκαετίας του 1970 έδωσαν τη θέση τους σε σαφώς πιο οικονομικούς και οικολογικούς. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα τη σημαντική μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Παρά τις εντυπωσιακές εξελίξεις στον τομέα των εναλλακτικών μορφών ενέργειας, οι «παραδοσιακοί» κινητήρες εσωτερικής καύσης παραμένουν έως και σήμερα η καρδιά του σύγχρονου αυτοκινήτου.

Η εμπειρία των τελευταίων είκοσι χρόνων έχει αποδείξει ότι η μείωση της κατανάλωσής τους, και επομένως των εκπεμπόμενων καυσαερίων τους, έχει ουσιαστικά επέλθει με τη χρήση νέων τεχνολογιών, οι οποίες βελτίωσαν συγχρόνως και τη συνολική λειτουργία και απόδοση του αυτοκινήτου. Ξεκινώντας, λοιπόν, με την αύξηση της μέγιστης ισχύος των κινητήρων εσωτερικής καύσης και συνεχίζοντας με τη μείωση του συνολικού βάρους των αυτοκινήτων, την καλύτερη αεροδυναμική σχεδίασή τους, την εφαρμογή του ηλεκτρονικού ψεκασμού καυσίμου και τη χρήση καλύτερων λιπαντικών, οι μηχανικοί των αυτοκινητοβιομηχανιών πήραν το μέσο αυτοκίνητο του 1975 με κατανάλωση 14.8 λίτρα/100 χλμ. και το έφτασαν το 1985 στα 8.8 λίτρα/100 χλμ. ενώ το 2005 έχει κατεβεί στο εκπληκτικό 3λίτρα/100χλμ. με το Lupo της VW.

Τα τελευταία χρόνια οι αυτοκινητοβιομηχανίες παρουσίασαν νέες μορφές θερμικών κινητήρων, ξεπερνώντας πολλές από τις σημαντικότερες

τεχνικές δυσκολίες του παρελθόντος. Παράλληλα όμως, αυξήθηκαν σημαντικά και οι απαιτήσεις όλων για περιορισμένη κατανάλωση καυσίμου.

## 2.2 Η αρχή της έγχυσης

Στις αρχές του αιώνα υπήρχαν κινητήρες αεροπλάνων με έγχυση στους σωλήνες αναρρόφησης. Η αρχή της έγχυσης υπό υψηλή πίεση απ'ευθείας στον κύλινδρο ανάγεται στο έτος 1930. Στις δοκιμαζόμενες 4-χρονης μηχανές αεροπλάνων συνέβαιναν συχνά ατυχήματα, είτε λόγω της χαμηλής θερμοκρασίας του εξαεριωτήρα (πάγωμα), είτε λόγω υπερχειλίσης του καυσίμου και ανάφλεξης του στον εξαεριωτήρα. Χρησιμοποιούμενες αντλίες έγχυσης ήταν αυτές των κινητήρων Diesel. Η βενζίνη οδηγείται κατά την αρχή του εμβολισμού και εγχύεται μετά το κλείσιμο του αγωγού εξαγωγής, κάθετα στην κίνηση του αέρα από οπές κομβίων ή ακροφυσίων. Η αύξηση της ισχύος του κινητήρα με έγχυση, σε σχέση μ'αυτούς με εξαεριωτήρα, ανέρχεται στο 17% με μια συγχρόνως μείωση της ειδικής κατανάλωσης καυσίμου. Μετά τον Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο το 1949 άρχισαν πάλι δοκιμές με έγχυση βενζίνης στους 2-χρονους κινητήρες. Η βενζίνη εγχυόταν απ'ευθείας στον κύλινδρο μετά το κλείσιμο της θυρίδας εξαγωγής κατά τη διάρκεια της συμπίεσης. Παρ'όλο το καλό ξέπλυμα αποφεύγονταν απώλειες καυσίμου. Η ισχύς εμβολισμού αυξήθηκε και μειώθηκε η ειδική κατανάλωση.

Η αυτοκινητοβιομηχανία στη συνέχεια έδωσε βαρύτητα στην απ'ευθείας έγχυση υπό συνθήκες υψηλής πίεσης. Με μια πίεση 50 έως 100 bar εγχυόταν το καύσιμο από το ακροφύσιο στον κύλινδρο κατά την αναρρόφηση. Για να αποφευχθούν τα προβλήματα μικρής ποσότητας έγχυσης του μηχανισμού των πολλών οπών, αναπτύχθηκε ο μηχανισμός

έγχυσης βαλβίδας. Ο κίνδυνος της απώλειας σάρωσης (ξεπλύματος) του 2-χρονου κινητήρα, στην άμεση έγχυση του καυσίμου στον κύλινδρο, μειώνεται στον 4-χρονο κινητήρα. Επίσης υπάρχει και ο τρόπος της έμμεσης έγχυσης. Στην έμμεση έγχυση το καύσιμο εγχύεται με χαμηλή πίεση στον σωλήνα αναρρόφησης. Το ακροφύσιο κατασκευάζεται έτσι ώστε η εγχυόμενη ποσότητα καυσίμου να φτάνει διά της ανοιχτής βαλβίδας εισαγωγής μέσα στον χώρο του κυλίνδρου.

## **2.3 ΟΤΤΟ-DIESEL (2-χρονος, 4-χρονος κύκλος λειτουργίας-γενικά)**

### **2.3.1 Κινητήρες ΟΤΤΟ**

Η μηχανή με ανάφλεξη τύπου σπινθήρα είναι μια εμβολοφόρος μηχανή με σχηματισμό εξωτερικού ή εσωτερικού ομογενούς μίγματος και ανάφλεξη με σπινθήρα. Σ' αυτόν τον τύπο της μηχανής, το ομογενές μίγμα αέρα-καυσίμου συμπιέζεται μέχρι τα 15-25 bar κατά τη διάρκεια της διαδικασίας συμπίεσης. Η τελική θερμοκρασία συμπίεσης των 400-600 βαθμών Κελσίου η οποία παράγεται, βρίσκεται κάτω από την θερμοκρασία αυτανάφλεξης του μίγματος, έτσι ώστε να μπορεί να αναφλεγεί από τον σπινθήρα αμέσως πριν το άνω νεκρό σημείο. Η καύση και κατ' επέκταση η οικονομία και η ισχύς επηρεάζονται από την ταχύτητα της φλόγας και τη διάρκεια της καύσης.

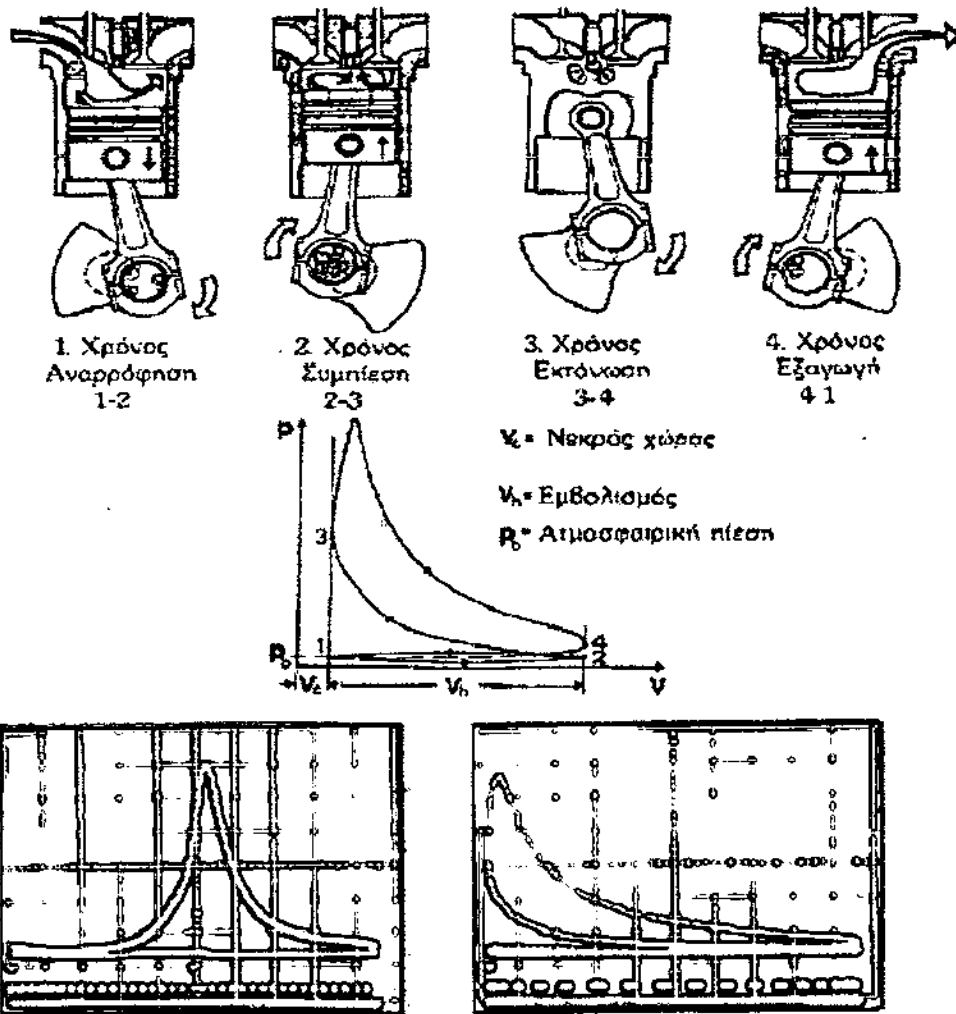
### **2.3.2 Κινητήρες DIESEL**

Ο κινητήρας Diesel είναι μια παλινδρομική εμβολοφόρα μηχανή με σχηματισμό εσωτερικού μίγματος (ετερογενούς μίγματος) και αυτανάφλεξη. Κατά τη διάρκεια συμπίεσης ο εισερχόμενος αέρας συμπιέζεται στα 35 έως 55 bar και η θερμοκρασία του στη φάση αυτή φτάνει τους 700 έως 900 βαθμούς Κελσίου. Αυτή η θερμοκρασία είναι ικανή να προκαλέσει αυτανάφλεξη του καυσίμου το οποίο ψεκάζεται στους κυλίνδρους λίγο πριν το τέλος της φάσης συμπίεσης και πολύ κοντά στο άνω νεκρό σημείο (TDC).

### **2.4 Δίχρονος – τετράχρονος κύκλος λειτουργίας**

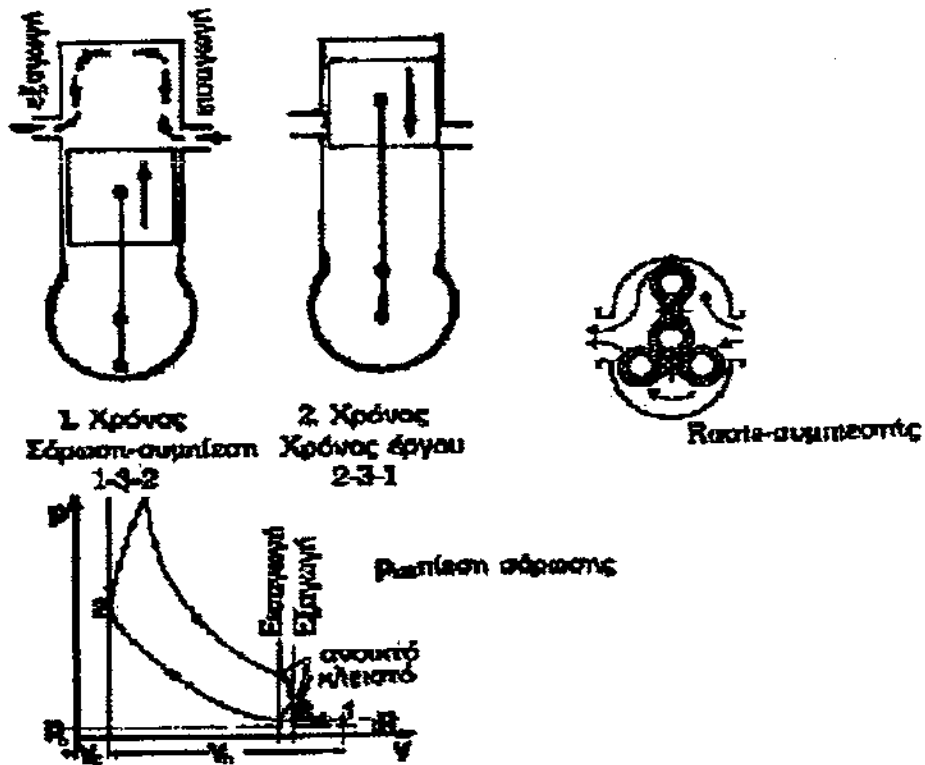
Ο κύκλος λειτουργίας είναι η διαδικασία κατά την οποία η εισαγόμενη στον κινητήρα ενέργεια του καυσίμου μετατρέπεται σε μηχανικό έργο. Διακρίνονται δύο κύκλοι λειτουργίας : ο 2-χρονος και ο 4-χρονος κύκλος λειτουργίας. Σύμφωνα με αυτούς τους κύκλους λειτουργούν τόσο οι κινητήρες Diesel όσο και οι κινητήρες Otto. Όμως ο 2-χρονος κύκλος λειτουργίας καταργείται στην πορεία του χρόνου, διότι αφ' ενός καίει πολύ περισσότερο καύσιμο απ' ότι ο 4-χρονος και αφ' ετέρου ρυπαίνει πιο πολύ. Σήμερα σχεδόν όλες οι Μηχανές Εσωτερικής Καύσης είναι απλής ενέργειας, δηλαδή μόνο η μία πλευρά του εμβόλου έρχεται σε επαφή με τα αέρια καύσης.

Ο 4-χρονος κύκλος λειτουργίας πραγματοποιείται με τέσσερις εμβολισμούς ή δύο περιστροφές του στροφαλοφόρου άξονα (Αναρρόφηση, Συμπίεση, Χρόνος έργου και Εξαγωγή).



σχήμα 2.1 Τετράχρονος κύκλος λειτουργίας και  $p-v$ ,  $p-\theta$  ενδεικτικά διαγράμματα

Ο 2-χρονος κύκλος λειτουργίας πραγματοποιείται μόνο με δύο εμβολισμούς, ή με μια περιστροφή του στροφαλοφόρου άξονα. Οι δύο χρόνοι της αναρρόφησης και της εξαγωγής δεν εξοικονομούνται, αλλά αντικαθίστανται από την λειτουργία ενός άλλου μηχανισμού, του συμπιεστή σάρωσης. Στον δίχρονο κινητήρα Otto η κάτω πλευρά του εμβόλου εργάζεται σαν συμπιεστής σάρωσης. Επειδή ο κινητήρας Diesel χρειάζεται περισσότερη ποσότητα αέρα, απ'αυτήν που μπορεί να προσφέρει η κάτω πλευρά του εμβόλου, κατασκευάζεται ένας ιδιαίτερος συμπιεστής.



σχήμα 2.2 Κύκλος λειτουργίας 2-χρονου κινητήρα και συμπιεστή αέρα

Η μεικτή ιδανική διεργασία είναι η ιδανική διεργασία του κινητήρα Diesel. Γι'αυτήν την διεργασία υποτίθεται ότι ένα μέρος του καυσίμου καίγεται ισόχωρα (ακαριαία) και το υπόλοιπο τροφοδοτείται κατά τέτοιον τρόπο ώστε η καύση να λάβει χώρα υπό σταθερή πίεση. Στην κυκλική διεργασία εμφανίζονται οι εξής αλλαγές της κατάστασης : 1-2 ισεντροπική, 2-3 παροχή θερμότητας υπό σταθερό όγκο, ισόχωρη καύση, 3-4 παροχή θερμότητας υπό σταθερη πίεση, ισοθλιπτική καύση, 4-5 ισεντροπική εκτόνωση και 5-1 απαγωγή θερμότητας υπό σταθερό όγκο.

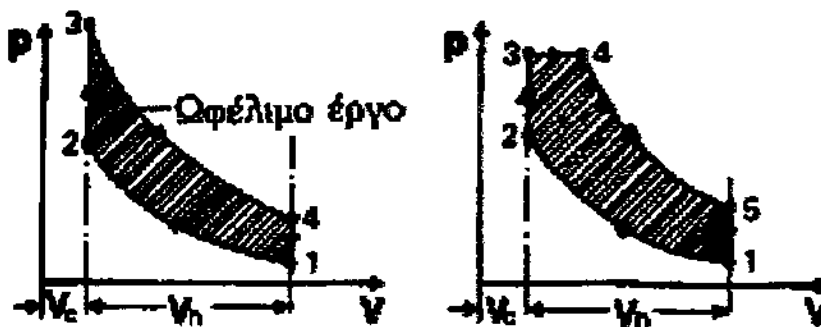
Η ισόχωρη διεργασία είναι η ιδανική διεργασία του κινητήρα Otto. Σ'αυτήν την διεργασία καίγεται το συνολικό καύσιμο ακαριαία, δηλαδή υπό σταθερό όγκο. Η κυκλική διεργασία αποτελείται από τις ακόλουθες αλλαγές κατάστασης : 1-2 ισεντροπική συμπίεση, 2-3 παροχή θερμότητας υπό

σταθερό όγκο, ισόχωρη καύση, 3-4 ισεντροπική εκτόνωση, 4-1 απαγωγή θερμότητας υπό σταθερό όγκο.

Από την σύγκριση των δύο διεργασιών φαίνεται ότι η ισόχωρη διεργασία είναι μια ιδιαίτερη περίπτωση της μεικτής ιδανικής διεργασίας. Παρατηρείται ότι εάν μηδενισθεί η ισοθλιπτική καύση, δηλ. μεταφερθεί το σημείο 4 στο 3, τότε η μεικτή διεργασία μεταπίπτει στην ισόχωρη.

### Κύκλος λειτουργίας Otto

### Μεικτός κύκλος λειτουργίας Diesel



σχήμα 2.3 Ιδανικοί κύκλοι. Otto-Diesel

### 2.5 Αισθητήρας λ

Ο λ είναι ένας αισθητήρας που μετράει την περιεκτικότητα των καυσαερίων σε οξυγόνο και τροφοδοτεί με αυτές τις πληροφορίες το ηλεκτρονικό σύστημα ελέγχου του κινητήρα. Με αυτόν τον τρόπο διατηρείται σταθερός ο λόγος αέρα – καυσίμου και πολύ κοντά στη στοιχειομετρική αναλογία. Ο αισθητήρας λ τοποθετείται στην εξαγωγή, λίγο πριν από τον καταλύτη. Η λειτουργία του έγκειται στο να διορθώνει συνεχώς την ποσότητα μίγματος αέρα-καυσίμου και αναλύει τα καυσαέρια. Δίνει δηλαδή εντολή στον ηλεκτρονικό εγκέφαλο ελέγχου του κινητήρα, για

σωστότερη ποσότητα μίγματος αέρα-καυσίμου κατά την διάρκεια της καύσης.

## **2.6 Γενικά χαρακτηριστικά συστημάτων ψεκασμού**

Για ένα βενζινοκινητήρα, κάθε συγκεκριμένο σημείο λειτουργίας καθορίζεται από τις στροφές ανά λεπτό και το άνοιγμα της "πεταλούδας" (throttle opening). Η κατανάλωση καυσίμου και η σύνθεση των καυσαερίων στο συγκεκριμένο σημείο, καθορίζονται κυρίως από το λόγο αέρα-καυσίμου και το χρονισμό της ανάφλεξης. Η προσπάθεια για επίτευξη καλύτερων συνθηκών λειτουργίας του κινητήρα οδήγησε στην ανάγκη για ακριβέστερο έλεγχο του κινητήρα με μεγαλύτερη ταχύτητα επεξεργασίας δεδομένων για την ανάφλεξη και την αναλογία μίγματος. Σήμερα τα ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου αντικαθιστούν όλο και πιο πολύ τα παλαιότερα, συμβατικής τεχνολογίας μηχανικά-πνευματικά συστήματα.

Σημαντική εξάπλωση των ηλεκτρονικών συστημάτων για την διαχείριση και τον έλεγχο του βενζινοκινητήρα αναμένεται στο μέλλον. Σε ένα τέτοιο σύστημα έχουμε διακοπτόμενη λειτουργία των βαλβίδων ψεκασμού οι οποίες ανοιγοκλείνουν με ηλεκτρομαγνήτες. Σε κάθε σημείο η κατάσταση του κινητήρα καθορίζεται από στιγμιαίες πληροφορίες που προέρχονται από τον μετρητή παροχής αέρα, του αισθητήρα στροφών και του αισθητήρα θερμοκρασίας αέρα και θερμοκρασίας νερού της μηχανής. Η στιγμή ανοίγματος των βαλβίδων ψεκασμού και ο χρονισμός της ανάφλεξης υπολογίζεται από την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου σύμφωνα με πρόγραμμα καθορισμένο από τον κατασκευαστή και σύμφωνα με τις καμπύλες απόδοσης που είναι αποθηκευμένες στην μνήμη του υπολογιστή. Διάφορα υποκυκλώματα ελέγχου αλληλεπιδρούν σ' αυτό το σημείο της διαδικασίας.



Σε περιπτώσεις που χρησιμοποιείται τριοδικός καταλύτης, το μίγμα αέρα-καυσίμου πρέπει να βρίσκεται μεταξύ πολύ μικρών διακυμάνσεων ( $\lambda=1$ ). Οι διακυμάνσεις έχουν σαν αποτέλεσμα αλλαγή στην περιεκτικότητα οξυγόνου στα καυσαέρια το οποίο με τη σειρά του αλλάζει την έξοδο του αισθητήρα  $\lambda$ . Σε ένα από αυτά τα υποκύκλωμα η αλλαγή αυτή επεξεργάζεται στην ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου και μεταφέρεται στον κεντρικό έλεγχο σήματος με αποτέλεσμα την ελάττωση ή την παράταση της περιόδου  $\lambda$  εγχυσης. Ένα άλλο υποκύκλωμα αναλαμβάνει την σταθεροποίηση του ρελαντί καθώς μεταβάλλεται το φορτίο της μηχανής με την σύμπλεξη και αποσύμπλεξη διαφορετικών σχέσεων στο κιβώτιο. Στο σύστημα αυτό μια συσκευή παρακολουθεί τις στροφές και αν πέσουν κάτω από μια καθορισμένη τιμή, μια ηλεκτρονικά ελεγχόμενη βαλβίδα παρέχει πρόσθετο αέρα και καθώς ο μετρητής παροχής το καταγράφει, ο χρονισμός της έγχυσης μεταβάλλεται αυτόματα.

Το τρίτο υποκύκλωμα επηρεάζει το χρονισμό της ανάφλεξης. Ρυθμίζει το χρονισμό, έτσι ώστε η μηχανή να λειτουργεί όσο πιο κοντά γίνεται στο σημείο χτυπήματος (αυτανάφλεξης). Η ρύθμιση του χτυπήματος αποκτά μεγάλη σημασία με την αυξανόμενη χρήση της αμόλυβδης βενζίνης χαμηλού αριθμού οκτανίων. Το χτύπημα αναγνωρίζεται από ένα ακουστικό αισθητήρα στερεωμένο στον κορμό της μηχανής. Τα ηχητικά σήματα που προέρχονται από τα άλλα τμήματα της μηχανής φιλτράρονται, διότι ο αισθητήρας περιορίζεται σε ένα στενό πεδίο συχνοτήτων ή σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα κατά τη διάρκεια μιας στροφής του στροφαλοφόρου άξονα. Αν ανιχνευτεί χτύπημα, ο χρονισμός της ανάφλεξης για τον κύλινδρο που παρουσιάζει το πρόβλημα μεταβάλλεται.

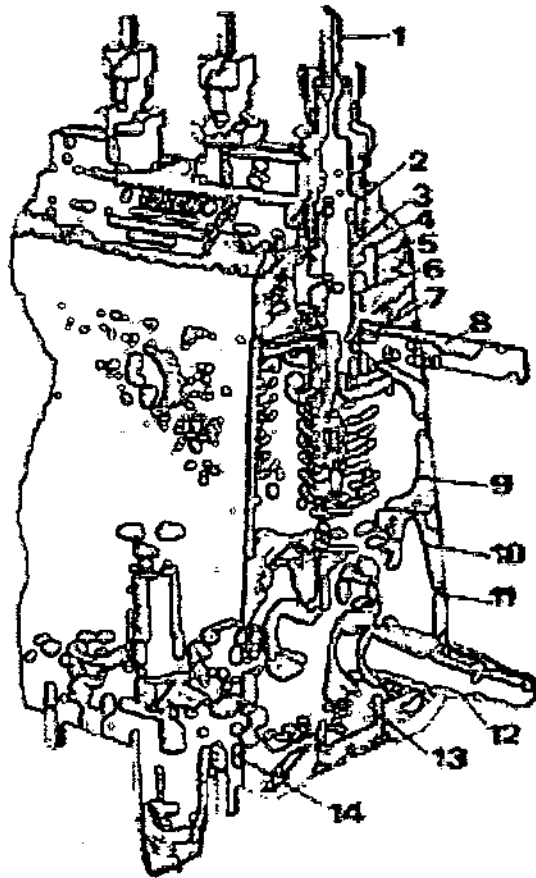
Το σύστημα σχηματισμού μίγματος εκτός από το να προετοιμάζει και να διατηρεί ακριβώς την προκαθορισμένη αναλογία, πρέπει να εξασφαλίζει

ομογενές μίγμα. Σε περιπτώσεις χαμηλών μερικών φορτίων, το καύσιμο δεν μπορεί να εξαερωθεί επαρκώς από τις βαλβίδες έγχυσης όπως έχει περιγραφεί. Για να ξεπερασθεί το πρόβλημα αυτό, αναπτύσσεται ένα σύστημα ελέγχου μίγματος, στο οποίο η προϋπολογισμένη ποσότητα καυσίμου αναμιγνύεται με ένα μέρος του αέρα της καύσης πριν μπει στην πολλαπλή εισαγωγής. Αυτό προσδίδει ενέργεια στο ρεύμα του μίγματος με τη βοήθεια πρόσθετης αντλίας. Το προετοιμασμένο πολύ ζεστό μίγμα αναμιγνύεται περισσότερο με το κύριο τμήμα του αέρα καύσης στην πολλαπλή εισαγωγής. Το σύστημα αυτό απέδωσε καλά αποτελέσματα εξαερίωσης ακόμα και για πολύ χαμηλές ποσότητες έγχυσης. Η διάμετρος των σταγονιδίων ήταν κάτω από τα 30μm, μια τιμή που μπορεί να επιτευχθεί κάτω από πολύ ευνοϊκές συνθήκες με συμβατικά ακροφύσια έγχυσης. Το σύστημα εξασφαλίζει μια καλή προετοιμασία του μίγματος ακόμα και στο ρελαντί.

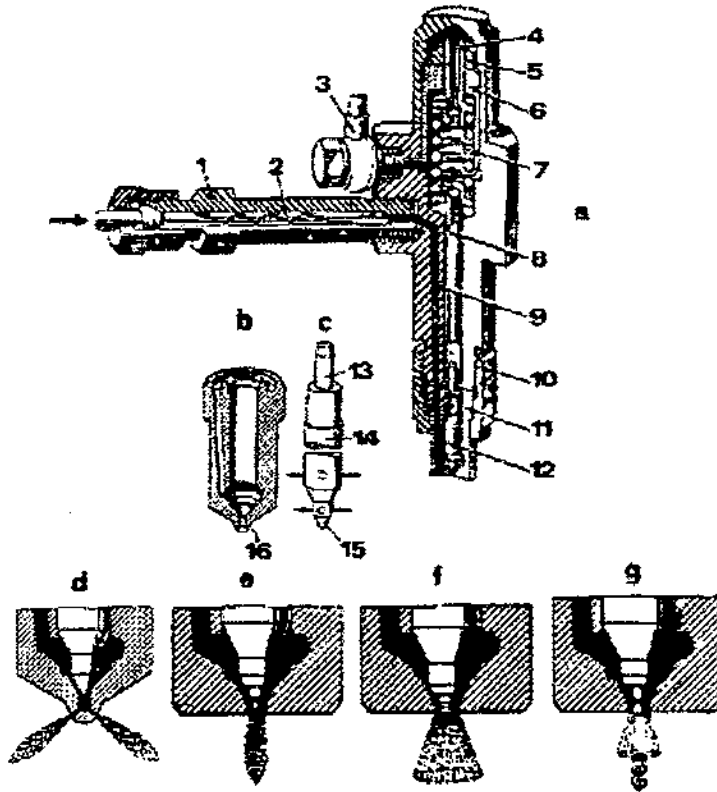
Μερικά από τα βασικά στοιχεία ενός συστήματος ψεκασμού, στην πορεία του καυσίμου προς την έγχυση, είναι η δεξαμενή καυσίμου, η ηλεκτρική αντλία, το φίλτρο καυσίμου, ο εγχυτήρας (μπεκ), μπαταρία και άλλα στοιχεία που προστίθενται στα νέα συστήματα ψεκασμού.

Έτσι λοιπόν, το σύστημα έγχυσης στην πετρελαιομηχανή αποτελείται από την αντλία έγχυσης, τους εγχυτήρες και τις βαλβίδες έγχυσης. Η αντλία έγχυσης πρέπει να παρέχει καύσιμο με υψηλή πίεση (μέχρι 1000 bar), να αποθηκεύει την ποσότητα έγχυσης ανεξάρτητα της φόρτισης του κινητήρα, να εγχύει το καύσιμο στη σωστή χρονική στιγμή και προκαθορισμένα. Στο επόμενο σχήμα δίνεται μια αντλία έγχυσης.

Σε συνεργασία με την αντλία έγχυσης υπάρχει και η αντλία διανομής έγχυσης που τροφοδοτεί το καύσιμο και το διαμοιράζει στις βαλβίδες έγχυσης (σχήμα 2.5).

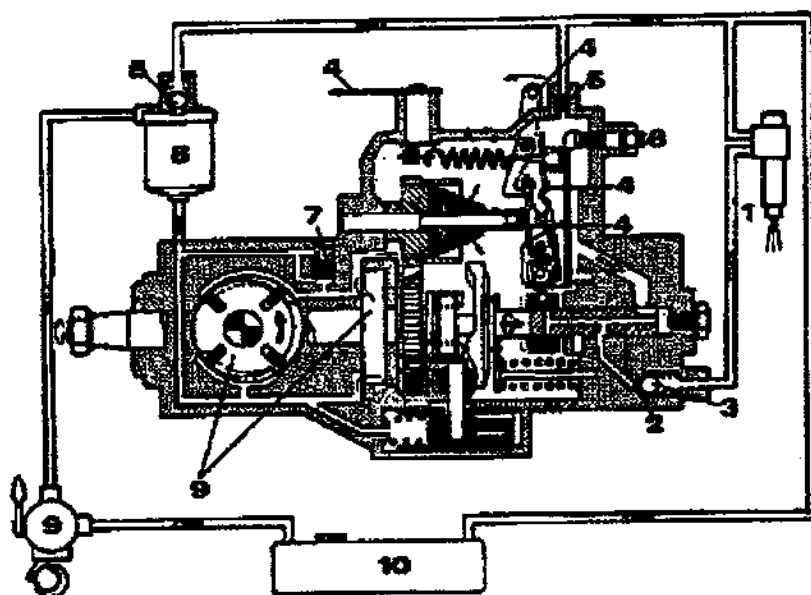


*σχήμα 2.4 Αντλία έγχυσης Bosch, 1 αγωγός πίεσης, 2 βαλβίδα πίεσης, 3 θάλαμος πίεσης, 4 κύλινδρος, 5 θάλαμος αναρρόφησης, 6 έμβολο έγχυσης, 7 οδοντωτή στεφάνη, 8 ρυθμιστικός κανόνας, 9 ελατήριο εμβόλου, 10 ρυθμιστικός κοχλίας, 11 σφαιρικός μηχανισμός μετάδοσης κίνησης, 12 εκκεντροφόρος άξονας, 13 έκκεντρο, 14 αντλία τροφοδοσίας καυσίμου*



*σχήμα 2.5 a. Βαλβίδα έγχυσης Bosch, b. Σώμα, c. Βελόνη, d. Ανοικτό ακροφύσιο οπής, e. Ανοικτό ακροφύσιο κομβίου, f. Κυλινδρικό άκρο κομβίου, g. Κωνικό άκρο κομβίου, 1 σύνδεση παροχής, 2 φίλτρο, 3 έξοδος περιστρεφόμενου καυσίμου, 4 ρυθμιστικό στέλεχος, 5 ρυθμιστικός κοχλίας, 6 κάλυμμα ελατηρίου, 7 ελατήριο, 8 στέλεχος, 9 οπή καυσίμου, 10 σύνδεση ακροφυσίου, 11 ακροφύσιο, 12 βελόνη, 13 κομβίο πίεσης, 14 κορμός βελόνης, 15 επιφάνεια επικάθισης, 16 οπή έγχυσης.*

Η αντλία τροφοδοσίας που είναι ενσωματωμένη στον άξονα λειτουργίας των αντλιών, ωθεί το καύσιμο στον θάλαμο αναρρόφησης της αντλίας. Από εκεί ρέει την υψηλή πίεση όπως επίσης και προς το τμήμα ρύθμισης της αντλίας. (σχήμα 2.6)



*σχήμα 2.6 Αντλία διανομής-έγχυσης μηχανικού ρυθμιστή (Bosch), 1 ακροφύσιο, 2 αντλία διανομής, 3 βαλβίδα διανομής, 4 ρύθμιση επιπέδων λειτουργίας, 5 βαλβίδα υπερχείλισης, 6 κοχλίας ρύθμισης πλήρους φορτίου, 7 βαλβίδα ρύθμισης πίεσης, 8 φίλτρο, 9 αντλία τροφοδοσίας, 10 αποθήκη καυσίμου.*

Τα ακροφύσια έγχυσης είναι ακροφύσια οπής και ακροφύσια κομβίου. Τα ακροφύσια οπής, κατασκευάζονται σε κινητήρες άμεσης έγχυσης και έχουν μέχρι 12 οπές. Η διάμετρος οπής αρχίζει από 0.2 mm. Η πίεση στην οπή του ακροφυσίου είναι μεταξύ 150 και 250 bar. Τα ακροφύσια κομβίου χρησιμοποιούνται στους κινητήρες με θάλαμο. Η πίεση στην οπή του ακροφυσίου είναι μικρότερη και ανέρχεται στα 80 έως 125 bar.

## 2.7 Μορφές συστημάτων έγχυσης

1. Ενός σημείου. Ένας εγχυτήρας τροφοδοτεί πολλούς κυλίνδρους.
2. Πολλών σημείων. Ένας εγχυτήρας τροφοδοτεί κάθε ένα κύλινδρο.
3. Έγχυση ηλεκτρονικής ρύθμισης.
4. Έγχυση μηχανικής ρύθμισης.
5. Έγχυση στην οπή εισαγωγής.
6. Έγχυση κατ'ευθείαν στον κύλινδρο.
7. Έγχυση χαμηλής πίεσης
8. Έγχυση υψηλής πίεσης. Έγχυση κατά το τέλος της συμπίεσης και συνεπώς υψηλής πίεσης (μηχανές Diesel).
9. Έγχυση χρονισμού ή πάλμωσης. Κάθε έγχυση έχει πεπερασμένη διάρκεια, ο έλεγχος της διάρκειας είναι σημαντικό χαρακτηριστικό του τρόπου ρύθμισης μέτρησης. Ο χρονισμός της έγχυσης ξεκινά και τελειώνει σε ορισμένους χρόνους του κύκλου.
10. Συνεχούς ή μόνιμης ροής, όπου το καύσιμο ρέει καθ'όλο το χρόνο του κύκλου της μηχανής και η ροή ρυθμίζεται με έλεγχο της πίεσης του εγχυτήρα.

## 2.8 Πλεονεκτήματα έγχυσης με αναφορά στην εξαέρωση

Με αναφορά την εξαέρωση, η έγχυση προσφέρει μια σειρά από πλεονεκτήματα αλλά με αρκετά υψηλό κόστος κατασκευής. Μερικά απ'αυτά είναι :

1. Αύξηση της ογκομετρικής απόδοσης και συνεπώς αύξηση της ισχύος. Αυτό γίνεται γιατί αποφεύγεται η πτώση πίεσης (ολικής) στο Venturi, εμφανίζονται χαμηλότερες ταχύτητες αερίου στο τμήμα εισαγωγής (λόγω μικρότερων σταγονιδίων) και δεν χρειάζεται θέρμανση των αγωγών προσαγωγής για υποβοήθηση της εξάτμισης.
2. Καλύτερη θερμική απόδοση λόγω καλύτερου ελέγχου του μίγματος καυσίμου-αέρα, άρα και μικρότερες εκπομπές ρύπων. Επιπλέον, κατά την εκκίνηση της μηχανής η σταγονοποίηση-εξάτμιση δεν εξαρτάται από τις στροφές του στροφάλου και κατά την επιβράδυνση η παροχή καυσίμου μπορεί να διακοπεί.
3. Μεγαλύτερη ανεξαρτησία της μηχανής από την πτητικότητα του καυσίμου (δηλαδή από την εξάτμιση των σταγονιδίων).
4. Η χρονισμένη έγχυση υποβοηθάει στη δημιουργία στρωματωμένου μίγματος πριν την έναυση, δηλαδή ένα μίγμα στο οποίο ο λόγος καυσίμου-αέρα μεταβάλλεται από θέση σε θέση. Πλούσιο μίγμα κοντά στο σπινθηριστή και πτωχότερο σε ακραίες θέσεις ελαττώνει την τάση για κρουστική καύση (knock) στις μηχανές Otto με έγχυση.

## 2.9 Πλεονεκτήματα-μειονεκτήματα απ'ευθείας έγχυσης

Η απ'ευθείας έγχυση παρέχει τα εξής πλεονεκτήματα:

1. Καλή εξωτερική ψύξη του κυλίνδρου με την εξάτμιση των σταγονιδίων του καυσίμου.
2. Η πλήρωση του κυλίνδρου μεγαλώνει και τα όρια κτυπήματος του κινητήρα μετατοπίζονται σε μεγαλύτερο λόγο συμπίεσης.
3. Επειδή κατασκευαστικά δεν διακόπτεται το ρεύμα του αέρα στο σωλήνα αναρρόφησης, αυξάνεται η πλήρωση του κυλίνδρου.
4. Δεν μπορεί να υπάρξει επιστροφή καυσίμου στον αγωγό αναρρόφησης.
5. Ο κινητήρας μπορεί να ρυθμίζεται με την εγχυόμενη ποσότητα του καυσίμου μίγματος κατά τέτοιον τρόπο, ώστε στην περιοχή του αναφλεκτήρα να υπάρχει ένα ελαφρώς αναφλέξιμο μίγμα και στον υπόλοιπο χώρο καύσης ένα πιο φτωχό μίγμα.

Τα μειονεκτήματα της απ'ευθείας έγχυσης είναι τα εξής:

1. Υπάρχει κίνδυνος καταστροφής του ακροφυσίου έγχυσης λόγω της υψηλής θερμοκρασίας.
2. Η κατασκευή του ακροφυσίου έγχυσης κάνει πιο σύνθετη την κατασκευή του κινητήρα.
3. Σαν συνέπεια των υψηλών πιέσεων έγχυσης, έχουμε μεγαλύτερων απαιτήσεων αντλίες και ακροφύσια.



Αυτά τα μειονεκτήματα δεν συναντώνται στην έγχυση στον σωλήνα αναρρόφησης. Τα πλεονεκτήματα της καλής εσωτερικής ψύξης μπορούν εν μέρει να επιτευχθούν. Σήμερα οι περισσότεροι κινητήρες έγχυσης εξοπλίζονται με έγχυση στον σωλήνα αναρρόφησης.

## **2.10 Ψεκασμός σε βενζινοκινητήρες**

Τα συστήματα ψεκασμού που χρησιμοποιούνται σήμερα στους βενζινοκινητήρες εισάγουν το καύσιμο στην πολλαπλή εισαγωγής, ή στον αυλό εισαγωγής και όχι κατευθείαν μέσα στον κύλινδρο.

### **2.10.1 Πλεονεκτήματα του ψεκασμού στους βενζινοκινητήρες:**

- Αυξημένη απόδοση ανά μονάδα όγκου
- Χαμηλότερη ειδική κατανάλωση καυσίμου
- Υψηλότερη ροπή σε χαμηλές στροφές
- Καθαρότερη εξάτμιση
- Ομαλότερη διαδικασία θέρμανσης κατά την εκκίνηση του κινητήρα
- Βελτιωμένη επιτάχυνση

## 2.10.2 K-Jetronic

### Αρχές λειτουργίας

- Συνεχής έγχυση
- Άμεση μέτρηση της παροχής αέρα

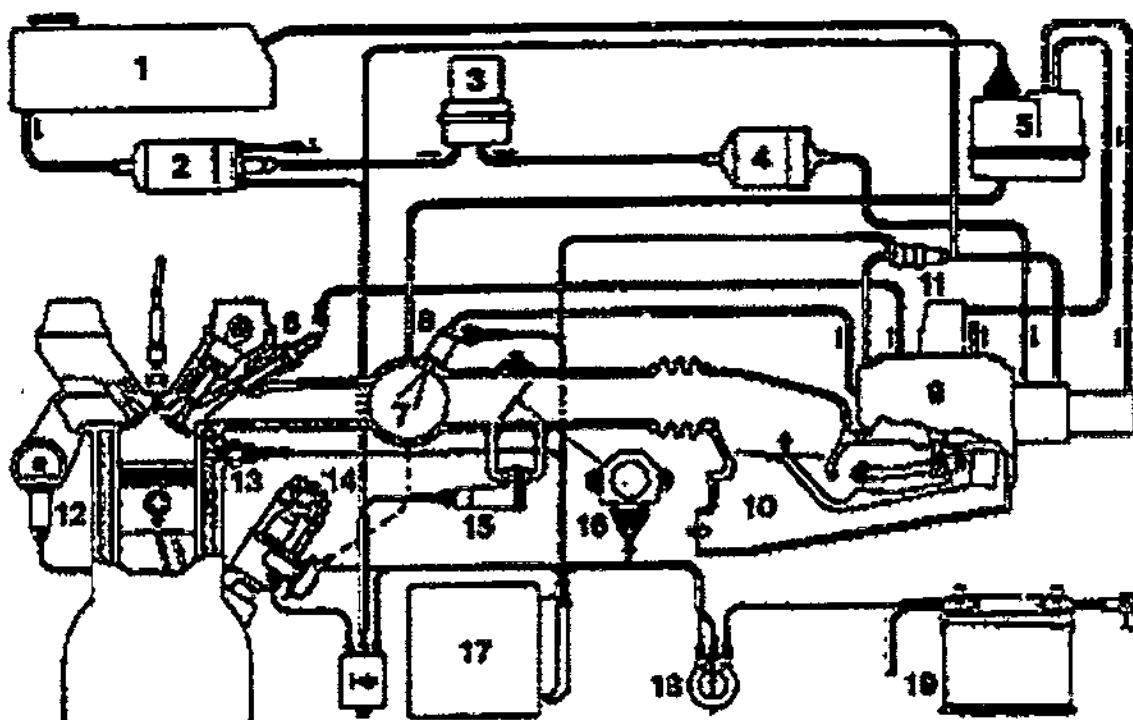
Σε αντίθεση με την αντλία έγχυσης καυσίμου η οποία παίρνει κίνηση από τη μηχανή εσωτερικής καύσης, το σύστημα K-Jetronic είναι ένα αυτοτελές σύστημα στο οποίο το καύσιμο μετρείται συνεχώς σε σχέση με την ποσότητα αέρα που λαμβάνει η μηχανή.

Λόγω του γεγονότος ότι η ποσότητα του αέρα μετρείται απευθείας, το σύστημα K-Jetronic επιτρέπει αλλαγές στη μηχανή καθώς επίσης και τη χρήση συσκευών μέτρησης εκπομπής καυσαερίων, οι οποίες απαιτούν ακριβή μέτρηση του εισερχόμενου αέρα.

### Μέθοδος λειτουργίας

Ο εισερχόμενος αέρας περνά μέσα από το φίλτρο αέρα, τον μετρητή παροχής και δια μέσω της βαλβίδας ρύθμισης καταλήγει στην πολλαπλή εισαγωγής που τροφοδοτεί κάθε κύλινδρο.

Το καύσιμο αντλείται από τη δεξαμενή από μια φυγοκεντρική αντλία και τροφοδοτεί τον διανομέα καυσίμου μέσω ενός συσσωρευτή κι ενός φίλτρου καυσίμου. Ένας ρυθμιστής πρωτεύουσας πίεσης στον διανομέα καυσίμου, διατηρεί συνεχή ροή. Η περίσσεια καυσίμου οδηγείται πίσω στη δεξαμενή καυσίμου.



*σχήμα 2.7 Διάγραμμα ενός K-Jetronic συστήματος, το οποίο αποτελείται από: 1 Δεξαμενή καυσίμου, 2 Ηλεκτρική αντλία καυσίμου, 3 Συσσωρευτής καυσίμου, 4 Φίλτρο καυσίμου, 5 Θερμοστάτη, 6 Εγχυτήρα, 7 Πολλαπλή εισαγωγής, 8 Ηλεκτρική βαλβίδα έναυσης, 9 Διανομέα καυσίμου, 10 Μετρητή παροχής αέρα, 11 Βαλβίδα συχνότητας, 12 Αισθητήρα λ, 13 Χρονοθερμικό διακόπτη, 14 Διανομέα ανάφλεξης, 15 Βοηθητική βαλβίδα αέρα, 16 Διακόπτη παροχής καυσίμου, 17 Μονάδα ελέγχου, 18 Διακόπτη έναυσης ανάφλεξης, 19 Μπαταρία.*

### 2.10.3 KE-Jetronic

#### Αρχές λειτουργίας

Το σύστημα ψεκασμού KE-Jetronic είναι μια εξελιγμένη μορφή του συστήματος K-Jetronic, η οποία περιέχει μια μονάδα ηλεκτρονικού ελέγχου με αυξημένη ελαστικότητα ώστε να επιτρέπει τον έλεγχο πολλών παράλληλων λειτουργιών του κινητήρα. Άλλα στοιχεία του συστήματος είναι :

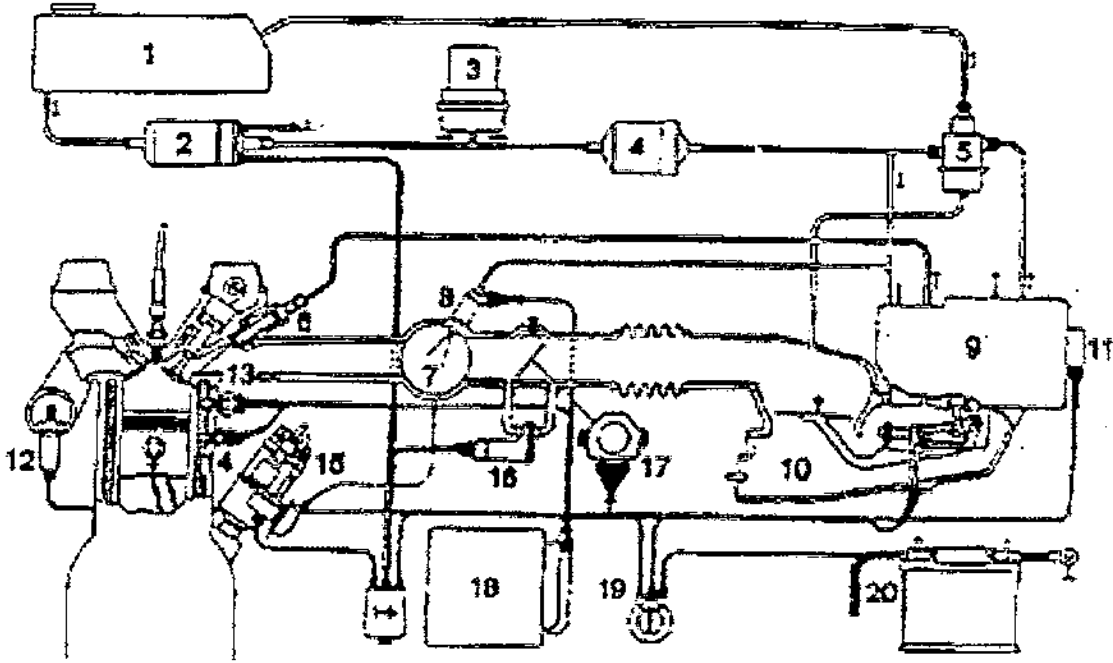
- Ο αισθητήρας ο οποίος προσδιορίζει την ποσότητα του αέρα που πρέπει να εισαχθεί στη μηχανή
- Ο ενεργοποιητής πίεσης που ελέγχει τη σύσταση του μίγματος
- Ο ρυθμιστής πίεσης που διατηρεί σταθερή την πρωτεύουσα πίεση και θέτει σε λειτουργία μια ειδική διαδικασία κλεισίματος όταν σβήνει η μηχανή

#### Μέθοδος λειτουργίας

Η πίεση στο σύστημα δημιουργείται από μια ηλεκτρική αντλία καυσίμου. Το καύσιμο περνά από τον διανομέα καυσίμου, ένας ρυθμιστής πίεσης τύπου διαφράγματος διατηρεί σταθερή την πρωτεύουσα πίεση. Η πρωτεύουσα πίεση ενεργεί κατά την αντίθετη κατεύθυνση στα σημεία μέτρησης στον διανομέα καυσίμου κι ενεργεί σαν αντιπίεση πάνω από το έμβολο ελέγχου. Όπως και στο σύστημα K-Jetronic το έμβολο ελέγχου κινείται από έναν δίσκο μέτρησης παροχής αέρα. Ένα ακροφύσιο απόσβεσης εμποδίζει τους κραδασμούς που είναι αποτέλεσμα των δυνάμεων που αναπτύσσονται από τον δίσκο μέτρησης παροχής αέρα. Το καύσιμο ρέει από την σύνδεση του εμβόλου ελέγχου μέσω του συμπιεστή, των

κατώτερων θαλάμων των διαφορικών βαλβίδων πίεσης, του ακροφυσίου, του ρυθμιστή πίεσης και ξανά πίσω στη δεξαμενή καυσίμου. Το τελικό στοιχείο ελέγχου μαζί με το ακίνητο ακροφύσιο δημιουργούν έναν διαιρέτη πίεσης, η οποία πίεση μπορεί να μεταβληθεί ηλεκτρομαγνητικά. Αυτή η πίεση επικρατεί στους κατώτερους θαλάμους των διαφορικών βαλβίδων πίεσης.

Ανάλογα με την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος στον συμπιεστή, υπάρχει μία αντίστοιχη πτώση πίεσης μεταξύ των συνδέσεών του. Αυτό οδηγεί σε μια μεταβολή της διαφορικής πίεσης διαμέσω των σχισμών μέτρησης δηλαδή μια μεταβολή στην ποσότητα του ψεκαζόμενου καυσίμου. Η τροφοδοσία καυσίμου μπορεί να σταματήσει εντελώς αν αλλαχτεί η πολικότητα του ρεύματος. Αυτή η διαδικασία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παράδειγμα για το σταμάτημα της υπερχειλήσης καυσίμου, ή για τον έλεγχο της διατήρησης του ορίου στροφών του κινητήρα.



**σχήμα 2.8** Διάγραμμα του συστήματος KE-Jetronic: 1 Δεξαμενή καυσίμου, 2 Ηλεκτρική αντλία καυσίμου, 3 Συσσωρευτής κασίμου, 4 Φίλτρο καυσίμου, 5 Ρυθμιστής πίεσης καυσίμου, 6 Εγχυτήρας, 7 Πολλαπλή εισαγωγής, 8 Ηλεκτρική βαλβίδα έναυσης, 9 Διανομέας καυσίμου, 10 Μετρητής παροχής αέρα, 11 Ηλεκτροϋδραυλικός συμπιεστής, 12 Αισθητήρας λ, 13 Χρονοθερμικός διακόπτης, 14 Αισθητήρας θερμοκρασίας της μηχανής, 15 Διανομέας ρεύματος, 16 Βοηθητική βαλβίδα αέρα, 17 Διακόπτης παροχής καυσίμου, 18 Μονάδα ελέγχου, 19 Διακόπτης ανάφλεξης, 20 Ματαρία.

## 2.10.4 L-Jetronic

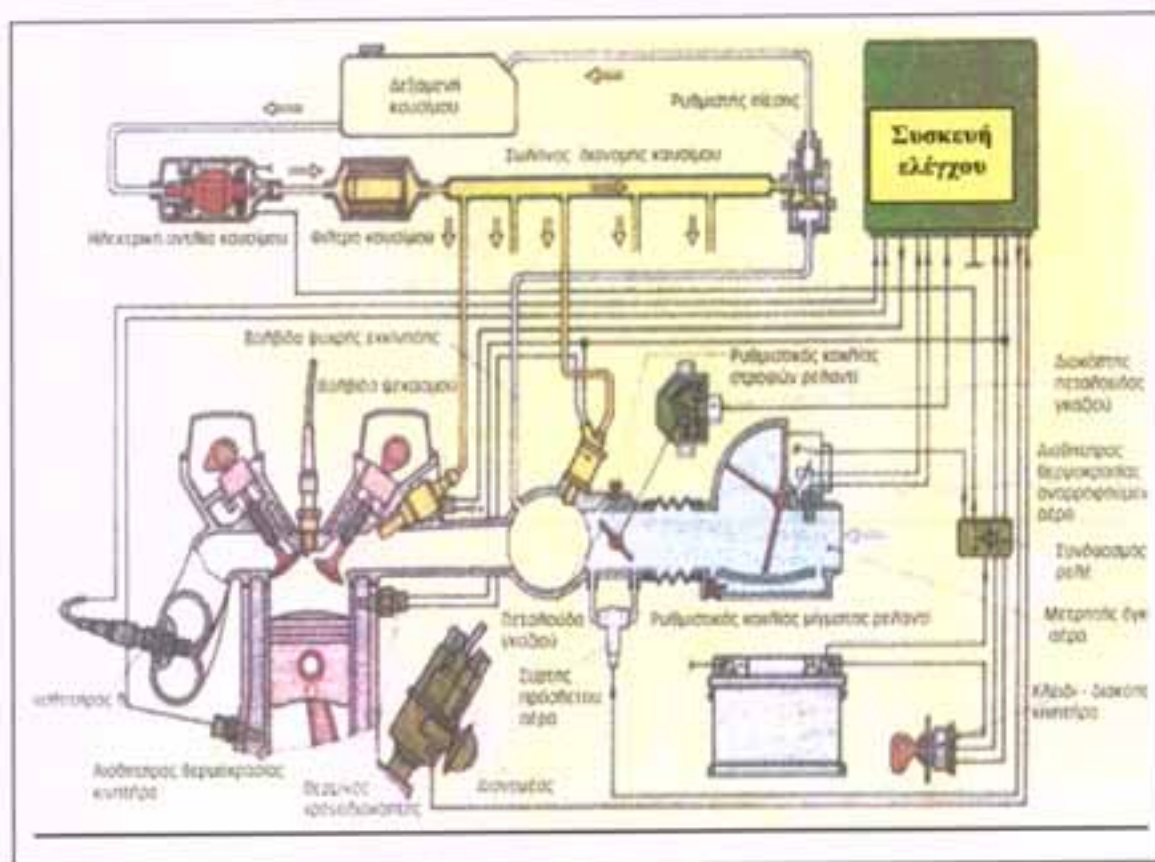
### Αρχές λειτουργίας

- Μέτρηση παροχής αέρα
- Κεντρικός έλεγχος μεταβάλλει την παροχή αέρα και τις στροφές του κινητήρα
- Διακοπτόμενος ψεκασμός

Το σύστημα L-Jetronic έχει το πλεονέκτημα της άμεσης μέτρησης της παροχής αέρα. Όπως και στο σύστημα K-Jetronic, όλες οι συσχετιζόμενες αλλαγές στον κινητήρα (φθορά, κατάλοιπα στον θάλαμο καύσης, αλλαγές στην ρύθμιση των βαλβίδων) εντοπίζονται συνέχεια, εξασφαλίζοντας έτσι υψηλή ποιότητα καυσαερίων.

### Μέθοδος λειτουργίας

Οι ηλεκτρομαγνητικά ενεργοποιούμενοι εγχυτήρες ψεκάζουν καύσιμο στις βαλβίδες εισαγωγής της μηχανής. Κάθε κύλινδρος έχει τον δικό του ξεχωριστό εγχυτήρα ο οποίος ενεργοποιείται μια φορά για κάθε περιστροφή του στροφάλου. Όλοι οι εγχυτήρες είναι συνδεδεμένοι παράλληλα με σκοπό να μειώσουν την πολυπλοκότητα του κυκλώματος ψεκασμού. Η διαφορική πίεση μεταξύ της πίεσης του καυσίμου και της πίεσης στην πολλαπλή εισαγωγή βρίσκεται σταθερή μεταξύ των 2,5-3 bar, κάνοντας την ψεκαζόμενη ποσότητα καυσίμου να εξαρτάται από τον χρόνο ανοίγματος των εγχυτήρων. Οι εγχυτήρες ανοίγουν με την βοήθεια παλμών ελέγχου οι οποίοι μεταδίδονται από την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου. Η διάρκεια αυτών των παλμών εξαρτάται από την ποσότητα του εισερχόμενου αέρα, τις στροφές της μηχανής και από αισθητήρες και αξιοποιούνται απ' την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου.

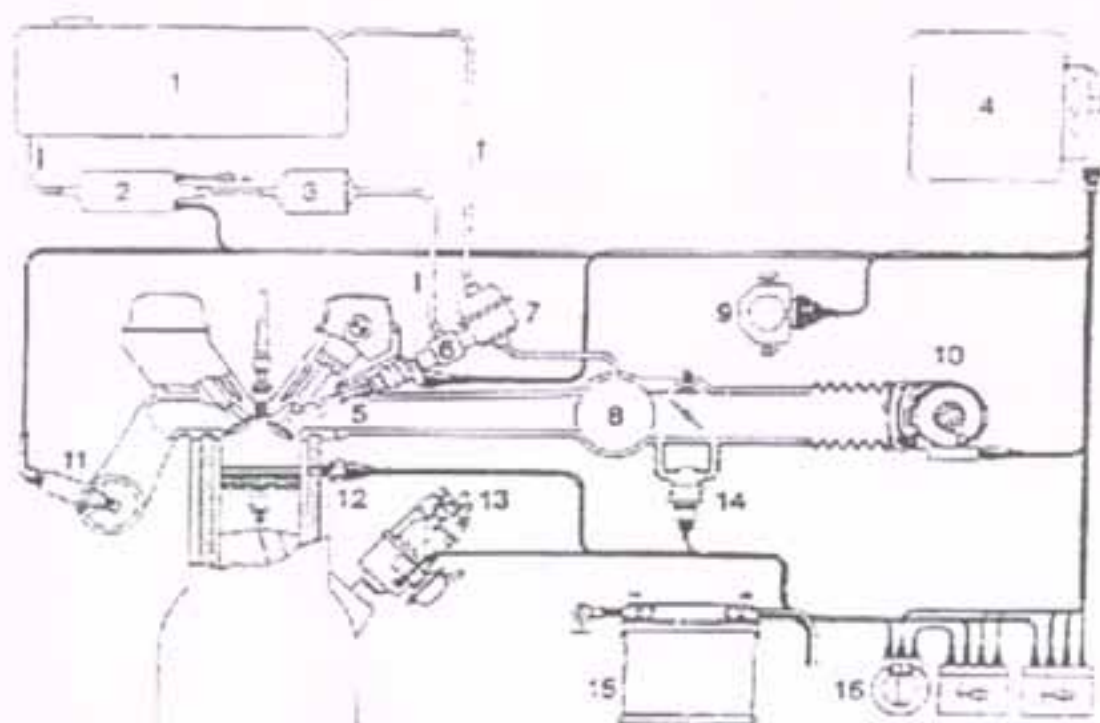


σχήμα 2.9 Bosch L-Jetronic



### 2.10.5 LH-Jetronic

Το LH-Jetronic είναι ένα συγγενικό με το σύστημα L-Jetronic. Διαφέρουν το ένα από το άλλο στον τρόπο μέτρησης της ποσότητας του αέρα που εισάγεται στη μηχανή, η οποία στο LH-Jetronic σύστημα εκτελείται από τον ενεργό μετρητή παροχής αέριας μάζας. Αυτός ο μετρητής μετρά την αέρια μάζα που εισάγεται στον κινητήρα. Το αποτέλεσμα της μέτρησης στην περίπτωση αυτή είναι ανεξάρτητο από την πυκνότητα του αέρα η οποία μεταβάλλεται με την θερμοκρασία και την πίεση. Τα άλλα στοιχεία συστήματος LH-Jetronic και η μέθοδος λειτουργίας του είναι ακριβώς ίδια με το σύστημα L-Jetronic. Επίσης το LH-Jetronic σύστημα, περιέχει μια ψηφιακή μονάδα ελέγχου η οποία τροποποιεί, σε αντίθεση με το σύστημα L-Jetronic, την αναλογία αέρα καυσίμου μέσω του χαρακτηριστικού διαγράμματος φορτίου-στροφών της μηχανής, λαμβάνοντας υπόψη την κατανάλωση καυσίμου και τις εκπομπές των καυσαερίων. Η μονάδα ελέγχου αξιοποιεί τα εισερχόμενα σήματα από τους αισθητήρες και τα χρησιμοποιεί για να υπολογίσει την διάρκεια ψεκασμού σαν μέτρο της ποσότητας της βενζίνης η οποία πρέπει να ψεκαστεί. Η μονάδα ελέγχου περιέχει έναν μικροϋπολογιστή, ένα πρόγραμμα μνήμης, μια βάση δεδομένων και λειτουργεί ως μετατροπέας αναλογικών/ψηφιακών σημάτων. Ο μικροϋπολογιστής λειτουργεί με την βοήθεια μιας αντίστοιχης τροφοδοσίας ισχύος και ενός ακριβούς ρολογιού το οποίο τοποθετεί με τη σωστή αλληλουχία τους υπολογισμούς. Το ρολόι αυτό λειτουργεί με κρύσταλλο quartz.



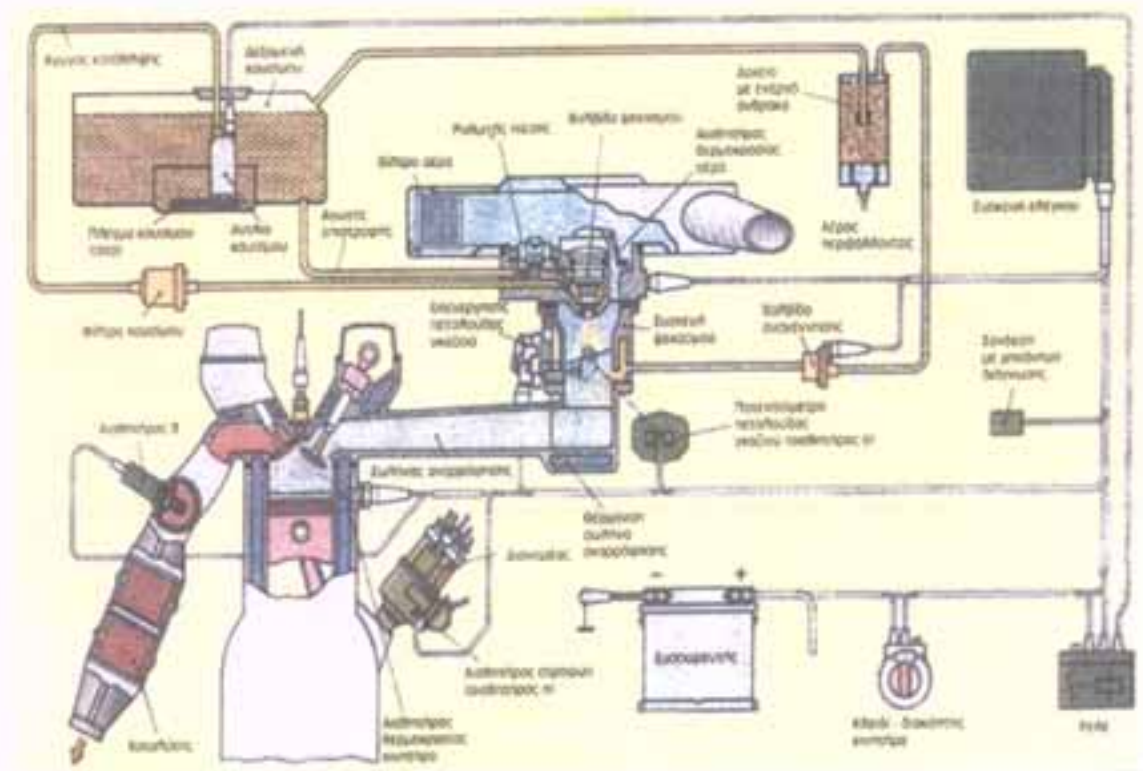
**σχήμα 2.10** Διάγραμμα του LH-Jetronic συστήματος : 1 Δεξαμενή καυσίμου, 2 Ηλεκτρική αντλία, 3 Φίλτρο καυσίμου, 4 Μονάδα ελέγχου, 5 Εγχυτήρας, 6 Αγωγός διανομής καυσίμου, 7 Ρυθμιστής πίεσης καυσίμου, 8 Πολλαπλή εισαγωγής, 9 Διακόπτης παροχής καυσίμου, 10 Ενεργός μετρητής παροχής αέρα, 11 Αισθητήρας λ, 12 Αισθητήρας θερμοκρασίας μηχανής, 13 Διανομέας ρεύματος, 14 Ρυθμιστής ρελαντί, 15 Μπαταρία, 16 Διακόπτης έναυσης-ανάφλεξης.

### 2.10.6 Mono –Jetronic

Το Mono-Jetronic είναι ένα σύστημα ψεκασμού μονού σημείου το οποίο χρησιμοποιεί μόνο έναν ψεκαστήρα (μπεκ), ο οποίος διακοπτόμενα ψεκάζει καύσιμο μέσα στον εισερχόμενο αέρα σε μια τετρακύλινδρη μηχανή. Το κεντρικό σημείο του συστήματος είναι μια μονάδα ψεκασμού μονού σημείου, η οποία εφοδιάζει τη μηχανή με ένα πλήρως ατμοποιημένο σπρέϋ καυσίμου. Η διανομή του καυσίμου μεταξύ των κυλίνδρων επιτυγχάνεται μέσω της πολλαπλής εισαγωγής, όπως ακριβώς και στις μηχανές με καρμπυρατέρ. Η γενική ονομασία ενός τέτοιου συστήματος είναι **Single Point Injection** (μονού σημείου ψεκασμός). Άλλες ονομασίες του συστήματος παράλληλα με την ονομασία Mono-Jetronic της εταιρίας Bosch είναι Central Fuel Injection και Throttle Body Injection.

Τα συστήματα από τα οποία αποτελείται το Mono-Jetronic είναι :

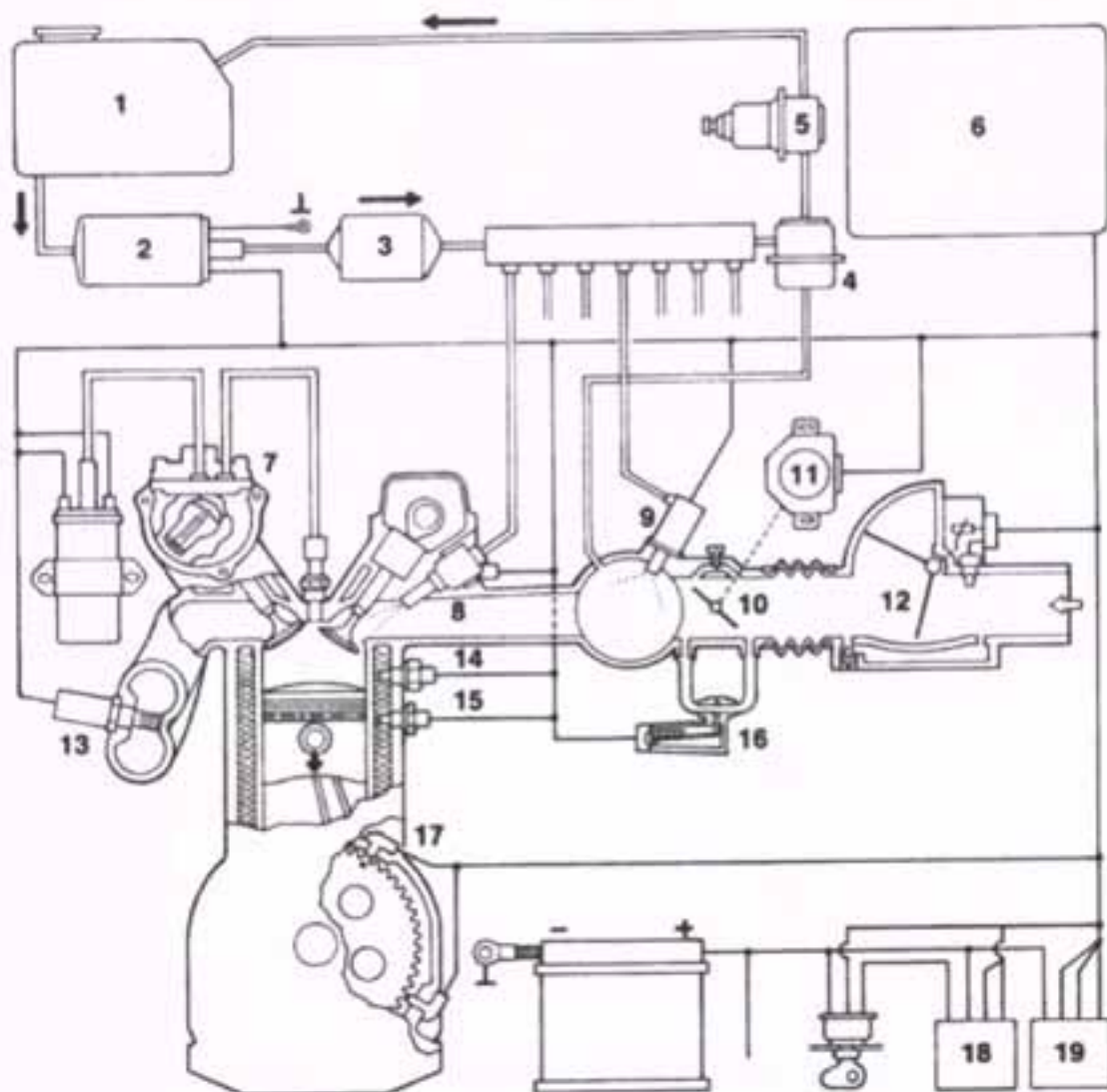
1. Σύστημα παροχής καυσίμου
2. Λήψη στοιχείων για τη λειτουργία του κινητήρα
3. Επεξεργασία στοιχείων για τη λειτουργία



σχήμα 2.11 Mono-Jetronic (σηματική παράσταση του συστήματος)

### 2.10.7 Motronic

Το **Motronic** συνδιάζει το σύστημα της ανάφλεξης με το σύστημα ψεκασμού κι ελέγχει τα δυο συστήματα ηλεκτρονικά. Κατ'αυτόν τον τρόπο, υπολογίζεται με μεγαλύτερη ακρίβεια ο χρόνος ανάφλεξης και η ποσότητα του καυσίμου. Πυρήνας του **Motronic** είναι η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου, μέσα στην οποία λειτουργεί ψηφιακά ένας μικροϋπολογιστής.



*σχήμα 2.12 Motronic: 1 Ρεζερβουαρ, 2 Ηλεκτρική αντλία, 3 Φίλτρο καυσίμου, 4 Ρυθμιστής πίεσης, 5 Διανομέας καυσίμου, 6 Συσκευή ελέγχου, 7 Διανομή ανάφλεξης, 8 Βαλβίδα ψεκασμού, 9 Βαλβίδα κρύας εκκίνησης, 10 Βαλβίδα πεταλούδας, 11 Ποτενσιόμετρο πεταλούδας γκαζιού, 12 Ρυθμιστής ρελαντί, 13 Αισθητήρας λ, 14 Θερμικός χρονοδιακόπτης, 15 Αισθητήρας θερμοκρασίας κινητήρα, 16 Θέρμανση σωλήνα αναρρόφησης, 17 Αισθητήρας στροφών RPM, 18 Κύρια καθυστέρηση, 19 Αντλία καθυστέρησης.*

### Πλεονεκτήματα του Motronic:

- Εξοικονόμηση καυσίμου, ιδιαίτερα έναντι κινητήρων με κοινό καρμπυρατέρ και κοινή ανάφλεξη, καθώς επίσης και έναντι των κινητήρων με ψεκασμό βενζίνης και τρανζίστορ – ανάφλεξη.
- Εξοικονόμηση καυσίμου, μέσω σωστά υπολογισμένης δόσης καυσίμου για τον εμπλουτισμό στη φάση λειτουργίας, «πορεία θέρμανσης του κινητήρα».
- Εξοικονόμηση καυσίμου, μέσω σωστά υπολογισμένης δόσης καυσίμου εξαρτούμενης από τον αριθμό των στροφών, για τον εμπλουτισμό σε λειτουργία με πλήρες φορτίο.
- Μείωση της κατανάλωσης, με διακοπή της ροής του καυσίμου, κατά τη λειτουργία ώθησης μέσω της συνδεσμολογίας ώθησης.
- Ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης, μέσα στα όρια των νομικών προδιαγραφών εκπομπής καυσαερίων.
- Σίγουρη εκκίνηση και συμπεριφορά εν ψυχρώ εκκίνησης, για την κατάλληλη γωνία ανάφλεξης και ακριβώς υπολογισμένη δόση καυσίμου.
- Σταθεροποιεί ρελαντί.
- Κατάλληλη πορεία της ροπής στρέψεως σε χαμηλό αριθμό στροφών, προσδίδει υψηλή ελαστικότητα στον κινητήρα, με αποτελεσματικά πλεονεκτήματα στην οδήγηση.

### 2.10.8 Mono – Motronic

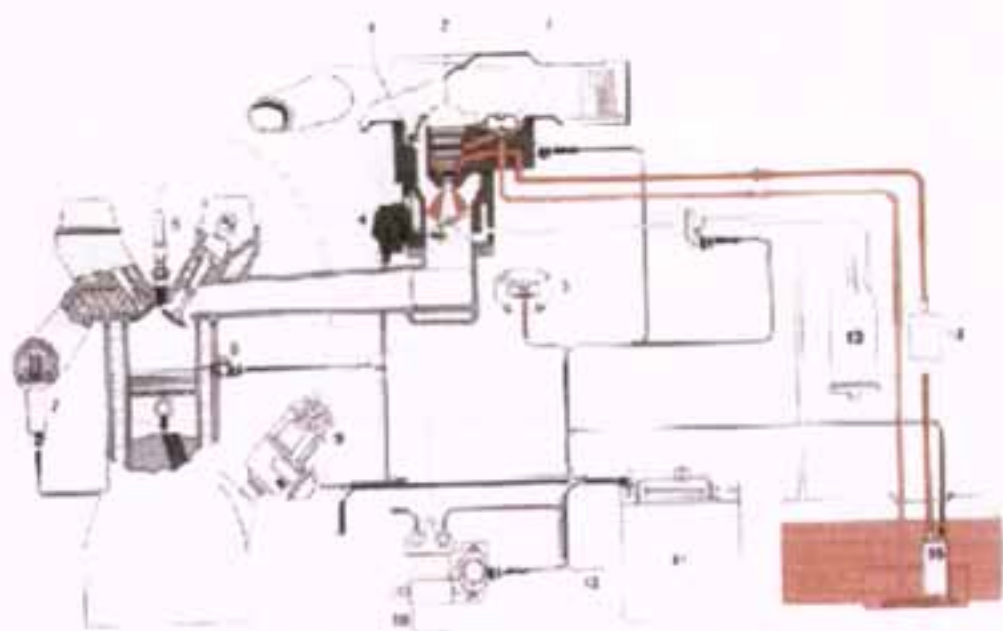
Το mono-motronic είναι ένα σύστημα ηλεκτρονικού ψεκασμού μονού σημείου με ενσωματωμένη ανάφλεξη. Τα σπουδαιότερα χαρακτηριστικά του είναι :

- Υψηλή ακρίβεια μέτρησης με αυτόματη ρύθμιση
- Εύκολο στην τοποθέτηση με στιβαρή κατασκευή
- Καλή συμπεριφορά ψυχρής και θερμής εκκίνησης
- Καλή κατανομή του μίγματος ακόμα και στην πλήρη ισχύ
- Αυτόματη ρύθμιση του ρελαντί
- Ρυθμισμένη ανανέωση του δοχείου ενεργού άνθρακα
- Ρύθμιση αβάνς
- Πρόσθετες ενσωματωμένες λειτουργίες για την μείωση των ρύπων
- Ανάφλεξη με σταθερή ή περιστροφική διανομή της υψηλής τάσης
- Αυτοδιάγνωση

#### Λειτουργία

Η ηλεκτρική αντλία καυσίμου είναι ενσωματωμένη στη δεξαμενή καυσίμου. Η αντλία στέλνει το καύσιμο μέσω του φίλτρου στη μονάδα έγχυσης. Η μονάδα έγχυσης είναι τοποθετημένη ακριβώς πάνω στην πολλαπλή εισαγωγής και τροφοδοτεί τον κινητήρα με καύσιμο που έχει υποστεί την κατάλληλη προετοιμασία. Ο εγχυτήρας για τους λόγους του ομογενούς σχηματισμού του μίγματος και της καλής διανομής του καυσίμου στους κυλίνδρους είναι τοποθετημένος στο ρεύμα εισαγωγής του αέρα πάνω από την πεταλούδα. Η ακίδα ψεκασμού στη βελόνα της βαλβίδας έχει σαν

αποτέλεσμα τον κωνοειδή ψεκάσμο και φροντίζει για τον πολύ καλό ψεκάσμο του καυσίμου. Για να μπορεί να ρυθμίσει με ακρίβεια ακόμα και τις πιο ελέγχιστες ποσότητες του καυσίμου η βελόνα της βαλβίδας και ο οπλισμός της έχουν πολύ μικρή μάζα. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνονται χρόνοι ανοίγματος και κλεισίματος της βαλβίδας, καθαρά μικρότεροι από ένα χιλιοστό του δευτερολέπτου. Για την αποφυγή σχηματισμού φυσαλίδων (λόγω της χαμηλής πίεσης του καυσίμου) στο σημείο μέτρησης της βαλβίδας, η βαλβίδα ψεκάσμου περιβρέχεται διαρκώς με νέο καύσιμο. Αυτή η τεχνική επίλυσης έχει σαν αποτέλεσμα την πολύ καλή συμπεριφορά στη φάση της κρύας εκκίνησης.



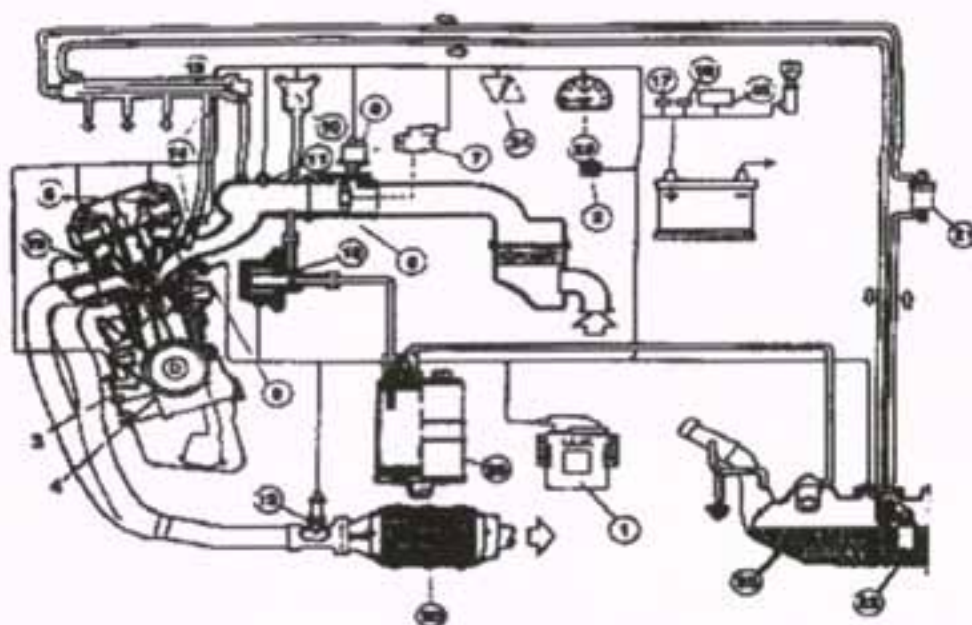
**σχήμα 2.13 Mono-motronic:** 1 Αισθητήρας θερμοκρασίας αέρα, 2 Βαλβίδα ψεκάσμου, 3 Ρυθμιστής πίεσης, 4 Ρυθμιστής πεταλούδας, 5 Ποτενσιόμετρο πεταλούδας, 6 Μπουζί, 7 Αισθητήρας λ, 8 Αισθητήρας θερμοκρασίας κινητήρα, 9 Διανομέας, 10 Πολλαπλασιαστής, 11 Κεντρική μονάδα ελέγχου, 12 Φίσα διάγνωσης, 13 Δοχείο ενεργού άνθρακα, 14 Φίλτρο καυσίμου, 15 Ηλεκτρική αντλία καυσίμου.



## 2.10.9 Weber – Marelli I.A.W

### Αρχή λειτουργίας

Το σύστημα **I.A.W** είναι ένα σύστημα ελέγχου κινητήρα, το οποίο βασίζεται τους υπολογισμούς του στην ποσότητα του εισερχόμενου στον κινητήρα αέρα, στην πίεση που μετράται, στην πολλαπλή εισαγωγής και στον αριθμό στροφών του κινητήρα. Στην πολλαπλή εισαγωγής μετά από την πεταλούδα, που ελέγχει τη ροή του αέρα, δημιουργείται μια πίεση, η οποία μεταβάλλεται σε σχέση με τη θέση της πεταλούδας και τον αριθμό στροφών του κινητήρα. Η τιμή της πίεσης, ο αριθμός των στροφών του κινητήρα, η θερμοκρασία του νερού και του αέρα στέλνονται στην κεντρική μονάδα, η οποία μέσω των ηλεκτρονικών μπεκ ψεκασμού παρέχει την απαραίτητη ποσότητα βενζίνης, για να διατηρηθεί ένας άριστος λόγος αέρος/καυσίμου σε όλο το φάσμα λειτουργίας του κινητήρα: κατά την εκκίνηση το ρελαντί, επιτάχυνση, επιβράδυνση, πλήρη ισχύ και για όλο το φάσμα θερμοκρασιών του νερού και του αέρος. Τα 4 ηλεκτρικά μπεκ ψεκασμού ελέγχονται ταυτόχρονα και ψεκάζουν δυο φορές ανά κύκλο κινητήρα (720°).



- |                                |   |
|--------------------------------|---|
| 1. Ηλεκτρονική κεντρική μονάδα | 2. Φίσα διάγνωσης                         |
| 3. Αισθητήρας ANI/ ΣΑΛ         | 4. Τροχαλία στροφάλου                     |
| 5. Παλλαπλασιαστές             | 6. Σώμα πεταλοόδας                        |
| 7. Ποτενοιάμετρο πεταλοόδας    | 8. Εημησικό μοτέρ                         |
| 9. Αισθητήρας θερμοκρ. Νερού   | 10. Αισθητήρας απόλυτης πίεσης)           |
| 11. Αισθητήρας αέρα εισαγωγής  | 12. Αισθητήρας λάμδα                      |
| 13. Ρυθμιστής πίεσης βενζίνης  | 14. Ψεκαστήρες & Φλογέρα                  |
| 15. Ρελέ συστήματος            | 16. Ασφάλεια                              |
| 17. Ασφάλεια                   | 18. Βαλβίδα κλέγχου αναθυμιάσεων βενζίνης |
| 19. Μπουζί                     | 20. Καταλύτης                             |
| 21. Φίλτρο βενζίνης            | 22. Αντλία βενζίνης                       |
| 23. Ρεζερβουάρ                 | 24. Προειδοποιητικό (στο ταμπλώ)          |
| 25. Στροφόμετρο                |   |

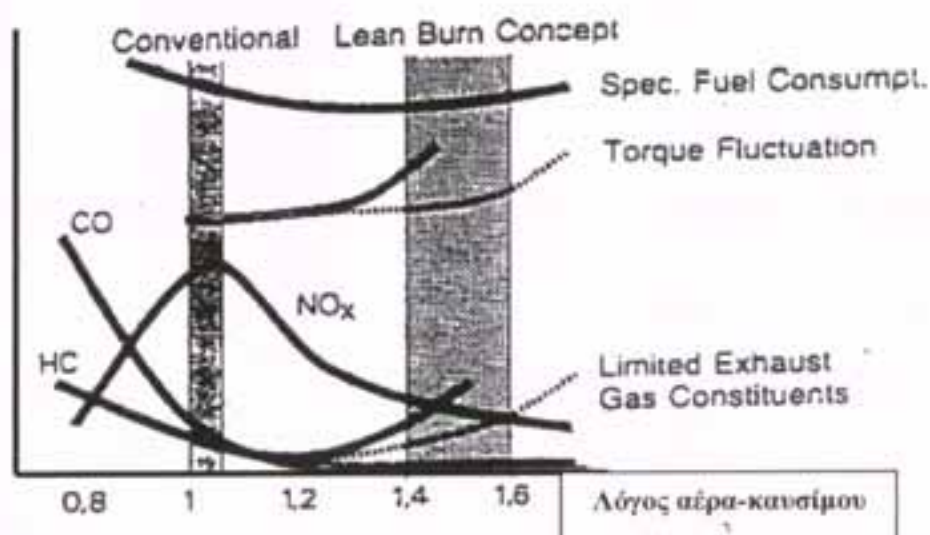
σχήμα 2.14 Weber-Marelli I.A.W

## 2.11 Κινητήρες Φτωχού Μίγματος (Κ.Φ.Μ.)

Το σχήμα 2.15 δείχνει με ποιοτικό τρόπο τη διασύνδεση ανάμεσα στα περιορισμένα συστατικά των καυσαερίων, την ειδική κατανάλωση καυσίμου, τη διακύμανση της ροπής και την αναλογία σε περίσσεια αέρα του μίγματος αέρα-καυσίμου. Όπως και με την ανακύκλωση των καυσαερίων, η περίσσεια αέρα μειώνει τις θερμοκρασίες καύσης κι αυτό με τη σειρά του μειώνει το σχηματισμό NOx. Όπως δείχνει το διάγραμμα, η

ειδική κατανάλωση καυσίμου για φτωχό μείγμα είναι μικρότερη από αυτή για  $\lambda=1$ . Η βελτίωση στην κατανάλωση καυσίμου είναι το πιο σημαντικό πλεονέκτημα των θερμοκινητήρων φτωχού μείγματος, σε αντίθεση μ' αυτούς που χρησιμοποιούν τριοδικό καταλύτη.

Άλλα προβλήματα που συνδέονται με τους κινητήρες φτωχού μείγματος φαίνονται στο διάγραμμα. Ένα από αυτά είναι η σημαντική αύξηση στην αστάθειά της που διαφέρει και ως προς τα δύο. Η ταχύτητα του εγχυόμενου καυσίμου είναι πολύ μεγαλύτερη από την ταχύτητα του αέρα (για να δημιουργηθούν σταγόνες και να εξατμιστούν) κι η παροχή καυσίμου ρυθμίζεται ανάλογα προς την παροχή αέρα, αλλά όχι απ' αυτήν. Μια αντλία δημιουργεί την αναγκαία διαφορά πίεσης για τη ροή του καυσίμου.



σχήμα 2.15 Διάγραμμα ειδικής κατανάλωσης, διακύμανσης ροπής και συστατικών περιορισμένων εκπομπών καυσαερίων, συναρτήσεσι του λόγου αέρα-καυσίμου  $\lambda$ .

## 2.12 Βενζινοκινητήρες άμεσου ψεκασμού

Οι κινητήρες άμεσου ψεκασμού βενζίνης πλεονεκτούν έναντι των συμβατικών κινητήρων. Προσεγγίζοντας το θέμα καθαρά από τεχνική σκοπιά, οι εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα σε ένα «συμβατικό» κινητήρα εσωτερικής καύσης είναι ευθέως ανάλογες με την κατανάλωση καυσίμου. Και αυτή ακριβώς η μείωση είναι που επιτυγχάνεται με την τεχνολογία άμεσου ψεκασμού, λόγω της μεγαλύτερης θερμοδυναμικής απόδοσης. Πιο αναλυτικά, στην περίπτωση αυτή, η πραγματική μείωση της κατανάλωσης γίνεται εφικτή χάρη στην ευελιξία του συνδιασμού των σύγχρονων ηλεκτρονικών συστημάτων ελέγχου της λειτουργίας των κινητήρων με την τεχνολογία του άμεσου ψεκασμού. Αυτή η ευελιξία δίνει τη δυνατότητα στον κινητήρα να λειτουργεί με δυο διαφορετικά προγράμματα ψεκασμού, ανάλογα με τις συνθήκες οδήγησης. Στο ρελαντί, για παράδειγμα, και σε συνηθισμένες συνθήκες οδήγησης, ο κινητήρας λειτουργεί με το «Πρόγραμμα Φτωχού Μίγματος». Εδώ, η λειτουργία του κινητήρα γίνεται με πολύ φτωχό (σε βενζίνη) μίγμα επιτυγχάνοντας πολύ υψηλή θερμοδυναμική απόδοση. Το άλλο πρόγραμμα λειτουργίας του κινητήρα άμεσου ψεκασμού είναι το «Πρόγραμμα Υψηλής Απόδοσης». Χρησιμοποιείται δε κατά την επιτάχυνση και σε συνθήκες πλήρους φορτίου.(π.χ. ανάβαση σε ανηφόρα με φορτωμένο αυτοκίνητο ή οδήγηση με τέρμα γκάζι και ταχύτητα που πλησιάζει την τελική). Το τελικό πάντως, αποτέλεσμα των δυο προγραμμάτων λειτουργίας ενός κινητήρα με σύστημα άμεσου ψεκασμού είναι η μείωση της κατανάλωσης καυσίμου, που ξεκινάει συνήθως από το 20% και φτάνει έως και το 33%, ανάλογα με τις συνθήκες λειτουργίας. Επίσης, οι κινητήρες αυτοί παρουσιάζουν ορισμένα ακόμα

μικρά πλεονεκτήματα, όπως είναι η ευκολότερη εκκίνηση ακόμα και σε πολύ μικρές θερμοκρασίες.

Επιπλέον, τόσο θεωρητικά όσο και πρακτικά, μόλις το 25% του καυσίμου ψεκάζεται κατά το χρόνο εισαγωγής, ενώ το υπόλοιπο στα τελευταία στάδια του χρόνου συμπίεσης. Έτσι, το μίγμα στην αρχή της συμπίεσης είναι πολύ φτωχό και στο τέλος πλούσιο. Με αυτό τον τρόπο αποφεύγεται το φαινόμενο της προανάφλεξης (πιράκια), που συνήθως κάνει την εμφάνισή του σε συνθήκες πλήρους φορτίου.

Οι κινητήρες άμεσου ψεκασμού συγκεντρώνουν πληθώρα εξελιγμένων τεχνολογικών λύσεων. Πιο συγκεκριμένα, το μπεκ ψεκασμού μεταφέρθηκε από την πολλαπλή εισαγωγής στο εσωτερικό του κυλίνδρου. Σε αντίθεση με τα συμβατικά μπεκ, τα συγκεκριμένα ψεκάζουν το καύσιμο με ιδιαίτερα υψηλή πίεση, η οποία παίρνει τιμές από 80 έως 120 bar. Οι τιμές αυτές είναι μέχρι και 40 φορές υψηλότερες σε σχέση με τις αντίστοιχες των συμβατικών μπεκ ψεκασμού. Το αποτέλεσμα στην περίπτωση αυτή είναι η μετατροπή του καυσίμου σε νέφος μικρών σταγονιδίων. Στόχος είναι η δημιουργία στρώματος καυσίμου, τα οποία σταγονίδια είναι πυκνότερα γύρω από το μπουζί και αραιότερα όσο πλησιάζουν προς τα τοιχώματα του κυλίνδρου. Έτσι, η ανάφλεξη του μίγματος επιτυγχάνεται με ευχέρια, ενώ και η φλόγα μεταδίδεται ευκολότερα προς τα πιο αραιά στρώματα, επιτυγχάνοντας την πλήρη καύση της βενζίνης.

Ιδιαίτερη διαμόρφωση έχουν υποστεί και οι διπλοί αυλοί εισαγωγής. Ο ένας από αυτούς περιλαμβάνει μια πεταλούδα η οποία κλείνει στα χαμηλά φορτία, με αποτέλεσμα όλος ο απαραίτητος αέρας να περνάει από τον δεύτερο αυλό και να στροβιλίζεται έντονα, επιτυγχάνοντας την καλύτερη ανάμιξη του μίγματος. Στα υψηλά φορτία, η πεταλούδα ανοίγει και η

αναρρόφηση γίνεται και από τους δυο αυλούς, ώστε να αυξάνεται σημαντικά η ποσότητα του αέρα που εισάγεται στους κυλίνδρους. Ιδιαίτερα αποτελεσματικός είναι και ο σχεδιασμός των εμβόλων, τα οποία είναι σκαμμένα πάνω στην επιφάνεια του κυλίνδρου. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται η συγκέντρωση του καυσίμου μίγματος γύρω από το μπουζί και η ομοιόμορφη διάδοση της φλόγας προς τα τοιχώματα των κυλίνδρων.

Μια από τις πρώτες χρονικά εταιρείες που εφοδίασαν με κινητήρες άμεσου ψεκασμού αυτοκίνητο παραγωγής, στα μοντέλα Galant στην Ιαπωνία και Carisma στην Ευρωπαϊκή αγορά, ήταν η Mitsubishi. Με χωρητικότητα 18,2 χλγμ. σε σχέση με τον αντίστοιχο συμβατικό βενζινοκινητήρα της εποχής παρουσίαζε κατά 35% χαμηλότερη κατανάλωση, προσδίδοντας στο αυτοκίνητο και 5% χαμηλότερο χρόνο για την επιτάχυνση από τα 0 έως τα 100 χλμ/ώρα.

Παρά το γεγονός ότι η τεχνογνωσία στο θέμα των κινητήρων άμεσου ψεκασμού έχει αναπτυχθεί ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια, οι τελευταίοι είναι δύσκολο να βρουν ευρύ πεδίο εφαρμογής, αν δεν ξεπεραστούν προηγουμένως ορισμένα σημαντικά εμπόδια. Το κυριότερο είναι αυτό της επεξεργασίας των οξειδίων του αζώτου, τομέας στον οποίο οι καταλύτες κατακράτησης των ρύπων αυτών είναι η μόνη λύση. Στα μειονεκτήματα συγκαταλέγεται τόσο η λειτουργικότητα όσο και η μακροζωία τους, οι οποίες επηρεάζονται αρνητικά από το θείο που περιέχεται στα καύσιμα. Επιπλέον, υπάρχουν σοβαρά ερωτήματα για την αξιοπιστία και τη μακροβιότητα των συστημάτων τροφοδοσίας, τα οποία χαρακτηρίζονται από πολυπλοκότητα και μεγάλες απαιτήσεις ηλεκτρικής ισχύος στα μπεκ και στην αντλία. Επίσης η αυξημένη ισχύς που αποδίδουν, ενδεχομένως θα επιφέρει και μεγαλύτερη φθορά στους κινητήρες, κάτι όμως που ακόμα δεν μπορεί να εκτιμηθεί με ακρίβεια.



*σχήμα 2.16 Βενζινοκινητήρες*

### 2.13 Κινητήρες DIESEL - Common rail

Περνώντας στους πετρελαιοκινητήρες, θα πρέπει να αναφερθεί μια μικρή επανάσταση η οποία συντελέστηκε με την εφαρμογή της τεχνολογίας **Common rail** (κοινή γραμμή τροφοδοσίας). Μέχρι σήμερα στους συμβατικούς πετρελαιοκινητήρες άμεσου ψεκασμού ή με προθάλαμο, η παροχή του καυσίμου στα μπεκ γινόταν μέσω της αντλίας, η οποία ήταν μηχανική ή ηλεκτρονικά ελεγχόμενη. Τα δε μηχανικά μπεκ ήταν συνδεδεμένα ξεχωριστά το καθένα με την αντλία και ψέκαζαν καύσιμο κάθε φορά που ο διανομέας έστελνε παλμό καυσίμου σε κάποιο από αυτά. Η αντλία ήταν συνδεδεμένη με το στρόφαλο του κινητήρα, με αποτέλεσμα η πίεση του καυσίμου να αυξάνεται ανάλογα με τις στροφές του κινητήρα και να κυμαίνεται μεταξύ των 350 και 1600 bar. Είναι προφανές ότι το σύστημα

αυτό παρουσιάζει περιορισμένες δυνατότητες για τη βελτίωση της απόδοσης του κινητήρα και των εκπεμπόμενων καυσαερίων.



*σχήμα 2.17 Κινητήρας Diesel νέας γενιάς*

Στους νέους κινητήρες το πρόβλημα αυτό λύνεται από τη στιγμή που, πλέον, η αντλία ανεξαρτητοποιείται από τον κινητήρα και δουλεύει αυτόνομα, απλώς δημιουργώντας την πίεση και την παροχή του καυσίμου όπως στους βενζινοκινητήρες. Επίσης, τα μπεκ ψεκασμού δεν είναι πλέον μηχανικά, αλλά ηλεκτρικά και ελέγχονται κατευθείαν από τον κεντρικό υπολογιστή του κινητήρα, τόσο ως προς τη χρονική στιγμή που θα λειτουργήσουν, όσο και ως προς το χρονικό διάστημα που θα παραμείνουν ανοιχτά. Η διανομή του καυσίμου γίνεται μέσω ενός αυλού παροχής καυσίμου στον οποίο είναι συνδεδεμένα όλα μαζί. Τα βασικά πλεονεκτήματα του συστήματος **common rail** είναι η διατήρηση σταθερής και υψηλής πίεσης καυσίμου στον αυλό παροχής, ακόμα και σε χαμηλές τιμές φορτίου. Έτσι υπάρχει η δυνατότητα του ψεκασμού της ακριβούς ποσότητας καυσίμου, η οποία καθορίζεται από την πίεσή του στον αυλό παροχής και από το χρονικό διάστημα που παραμένουν ανοιχτά τα μπεκ.



Το προφανές αποτέλεσμα είναι η επίτευξη μεγαλύτερης οικονομίας, μιας κι έτσι αποφεύγεται ο ψεκασμός παραπανίσιου καυσίμου, το οποίο θα έβγαινε άκαυστο από την εξάτμιση. Παράλληλα, η βελτίωση της απόδοσης του κινητήρα επιφέρει αύξηση της αποδιδόμενης ισχύος και ροπής.



*σχήμα 2.18 Κινητήρας common rail*

Η πραγματική όμως επανάσταση στον τομέα των πετρελαιοκινητήρων έρχεται από την **Fiat**, η οποία παρουσίασε τη δεύτερη γενιά κινητήρων **common rail**. Σε σχέση με τα αντίστοιχα μηχανικά σύνολα της πρώτης γενιάς, ο ολοκαίνουργιος πετρελαιοκινητήρας, ο οποίος εξελίχθηκε σε συνεργασία με την GM και επίσημα φέρει την ονομασία Multijet, διαφέρει σε δυο σημαντικά σημεία: στους εγχυτήρες (μπεκ) και στην ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου του κινητήρα. Πιο συγκεκριμένα, ο κινητήρας Multijet μπορεί να εκτελεί περισσότερες από δύο εγχύσεις καυσίμου σε κάθε έναν κύλινδρο στον ίδιο κύκλο λειτουργίας, με αποτέλεσμα τον ακόμα πιο ακριβή έλεγχο καύσης, που πραγματοποιείται τμηματικά. Για να γίνουν όλα αυτά όμως, έπρεπε να μειωθεί ο χρόνος ανάμεσα στις εγχύσεις καυσίμου, έτσι ώστε να αυξηθεί ο αριθμός τους μέσα

στον ίδιο κύκλο λειτουργίας. Έτσι, ο χρόνος που μεσολαβεί ανάμεσα σε κάθε έγχυση έχει μειωθεί από τα 1500 στα 150 εκατομμυριοστά του δευτερολέπτου. Αντίστοιχα, οι μηχανικοί έπρεπε να μειώσουν και την ελάχιστη εκπεμπόμενη από τα μπεκ ποσότητα καυσίμου από τα δυο κυβικά χιλιοστά σε λιγότερο από ένα. Για όλα αυτά φροντίζει μια εξελιγμένη ηλεκτρονική μονάδα, η οποία είναι ικανή να διαφοροποιεί συνεχώς τη λειτουργία του συστήματος ψεκασμού με βάση τρεις παραμέτρους: τις στροφές του κινητήρα, την εκάστοτε απαιτούμενη ροπή και τη θερμοκρασία λειτουργίας του συνόλου. Σε πρακτικό επίπεδο, κατά τη διάρκεια του κινητήρα, το ηλεκτρονικό σύστημα ελέγχου ρυθμίζει συνεχώς τον αριθμό και την διάταξη των εγχύσεων. Όταν η θερμοκρασία του ψυκτικού υγρού του κινητήρα είναι μικρότερη από 60 βαθμούς και η απαίτηση για ροπή είναι μικρή, εκτελούνται δυο μικρές και μία μεγαλύτερη σε ποσότητα καυσίμου έγχυση με πολύ μικρή χρονική διαφορά μεταξύ τους. Όσο η ροπή αυξάνεται, ο αριθμός των εγχύσεων μειώνεται σε δυο. Όταν ο κινητήρας λειτουργεί σε υψηλές στροφές, πραγματοποιείται μόνο μία μεγάλης διάρκειας έγχυση. Με τη θερμοκρασία λειτουργίας πάνω από τους 60 βαθμούς, τα πράγματα αλλάζουν και πάλι. Προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν οι εκπεμπόμενοι ρύποι, η διάταξη των εγχύσεων διαμορφώνεται σε ένα συνδυασμό μίας μικρής, μίας μεγάλης και μίας μικρής. Ο κινητήρας Multijet ζυγίζει μόλις 130 κιλά και η πίεση στο συλλέκτη του συστήματος ψεκασμού φτάνει τα 1400 bar, ενώ η κατανάλωσή του αναμένεται να είναι μικρότερη από 4,5 λίτρα/100 χλμ. για ένα αυτοκίνητο των κατηγοριών A και B (δηλαδή για μικρά και μικρομεσαία).

Παράλληλα, η Toyota εφάρμοσε τεχνολογικές λύσεις δοκιμασμένες με επιτυχία και σε άλλους κινητήρες παραγωγής. Έτσι, ο D4 περιλαμβάνει και σύστημα μεταβλητού χρονισμού των βαλβίδων εισαγωγής, στοιχείο που

βελτιώνει την απόδοση του κινητήρα σε όλο το φάσμα των στροφών λειτουργίας του.

Ένα από τα πιο σημαντικά μειονεκτήματα των κινητήρων φτωχού μίγματος, που έπρεπε να αντιμετωπίσουν οι τεχνικοί της εταιρείας, ήταν τα υψηλά επίπεδα εκπομπών οξειδίων του αζώτου. Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίστηκε με δυο τρόπους: καταρχήν, σχεδιάστηκε καλύτερα ο μηχανισμός ανακύκλωσης των καυσαερίων, EGR (Exhaust Gas Recirculation), ώστε να μειωθούν οι υψηλές θερμοκρασίες που αναπτύσσονται μέσα στον κύλινδρο κατά την καύση και, άρα, η δημιουργία οξειδίων του αζώτου. Έτσι, στον D4, το 40% των καυσαερίων ανακυκλώνεται και καταλήγει εκ νέου στον κύλινδρο. Αξίζει στο σημείο αυτό να προσθέσουμε πως η χρήση της συγκεκριμένης τεχνολογίας σε αυτοκίνητα της Toyota έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της κατανάλωσης κατά 30% (5,7 λίτρα/ 100 χλμ.), στοιχείο που συνοδεύεται με ταυτόχρονη βελτίωση των επιδόσεων κατά 10%.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>

### ΕΛΑΣΤΙΚΑ



#### 3.1 Γενικά – Εξέλιξη & Τεχνολογία

Το ελαστικό παραμένει ένας από τους βασικότερους παράγοντες ασφάλειας στην κίνηση του οχήματος αφού αυτό τελικά καθορίζει, σε όλες τις περιπτώσεις, τις συνθήκες επαφής του με το έδαφος. Είναι ένα ευαίσθητο αλλά άκρως σημαντικό τμήμα του οχήματος το οποίο απαιτεί εξαιρετικά επισταμένο σχεδιασμό, αλλά και προσεκτική συντήρηση.

Πρέπει να τονιστεί ότι η βελτίωση, από άποψη ασφάλειας αλλά και από άποψη οικονομίας στην γενικότερη λειτουργία του οχήματος ως ζητούμενο, έχει καθοριστεί σε ιδιαίτερο βαθμό από την ταυτόχρονη εξέλιξη του σχεδιασμού και της κατασκευής γενικότερα των ελαστικών που χρησιμοποιούνται. Η χρήση λογισμικού H/Y καθώς και η χρήση νέων υλικών και μηχανών που η σύγχρονη τεχνολογία χάρισε, εξέλιξε σε μεγάλο βαθμό τα ελαστικά τα οποία σήμερα αποτελούν βασικό τομέα βαριάς βιομηχανίας.

Εκτός από τις αεροδυναμικές και βαρυντικές δυνάμεις, σχεδόν όλες οι άλλες δυνάμεις και αδράνεις που επηρεάζουν την κίνηση ενός οχήματος εδάφους εφαρμόζονται μέσω της επαφής του τροχού με το έδαφος. Μια κατανόηση των βασικών χαρακτηριστικών της αλληλεπίδρασης μεταξύ του τροχού και του εδάφους είναι επομένως απαραίτητος στην μελέτη των χαρακτηριστικών απόδοσης, ποιότητας ταξιδιού και συμπεριφοράς των οχημάτων εδάφους.

Οι τροχοί ενός οχήματος εδάφους γενικά καλούνται να επιτελούν τις εξείς λειτουργίες:

1. Να στηρίζουν το βάρος του οχήματος
2. Να απαλύνουν τις συνέπειες των ανωμαλιών του εδάφους στο όχημα
3. Να παρέχουν ικανοποιητική πρόσφυση για την οδήγηση και το φρενάρισμα
4. Να παρέχουν ικανοποιητικό έλεγχο και σταθερότητα οδήγησης.

Τα πνευματικά ελαστικά μπορούν να επιτελέσουν αυτές τις λειτουργίες ικανοποιητικά, αφού έχουν χρησιμοποιηθεί αποκλειστικά σε οχήματα δρόμου. Η μελέτη της μηχανικής των πνευματικών ελαστικών είναι επομένως πρωταρχικής σημασίας στην κατανόηση της απόδοσης και των χαρακτηριστικών των οχημάτων εδάφους. Δυο βασικοί τύποι προβλημάτων στη μηχανική των ελαστικών παρουσιάζουν ενδιαφέρον για τους μηχανικούς οχημάτων. Το ένα είναι η μηχανική των ελαστικών σε σκληρές επιφάνειες, η οποία είναι απαραίτητη για την μελέτη των χαρακτηριστικών των οχημάτων δρόμου. Το άλλο είναι η μηχανική των ελαστικών σε παραμορφώσιμες επιφάνειες (ανώμαλο δρόμο), η οποία είναι πρωταρχικής σημασίας για τη μελέτη της απόδοσης οχήματος εκτός δρόμου.

### 3.2 Στοιχεία που συμβάλουν στην απόδοση & οικονομία του οχήματος

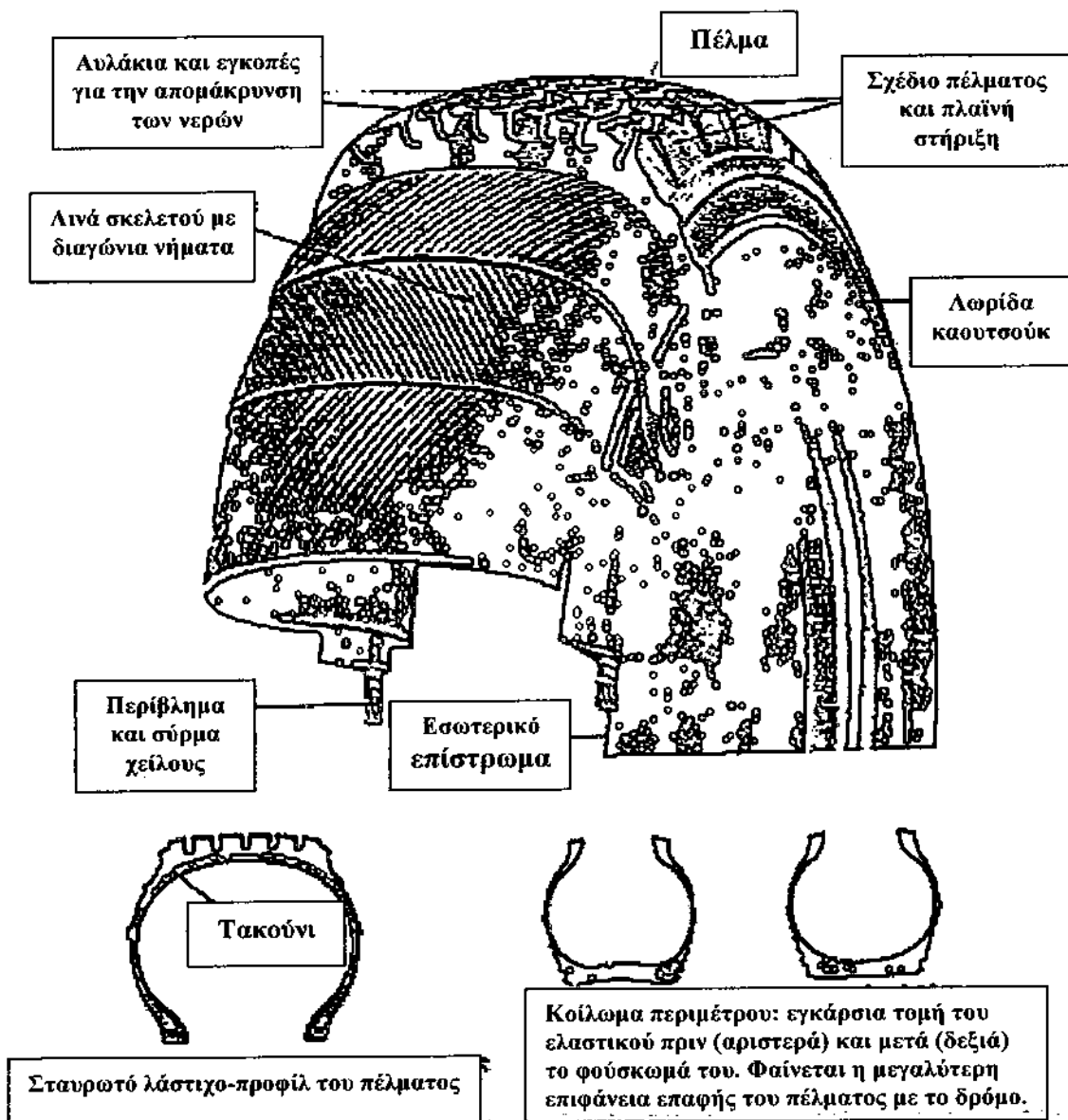
Αναφορικά και σύμφωνα και με τα παραπάνω, τα στοιχεία εκείνα που συμβάλουν στην ποιότητα του ελαστικού και κατ'επέκταση στην απόδοση και στην οικονομία της κίνησης του οχήματος, είναι :

1. Το υλικό κατασκευής
2. Ο τρόπος κατασκευής – δομή του ελαστικού
3. Η αντίσταση κύλισης
4. Η πίεση λειτουργίας του ελαστικού
5. Η γόμωση του ελαστικού (σκληρή-μαλακή)
6. Ταχύτητα ως συνθήκη λειτουργίας και οδηγική συμπεριφορά
7. Θερμοκρασία λειτουργίας
8. Διάμετρος του ελαστικού
9. Κινητήρια δύναμη
10. Αυλακώσεις - χάραξη πέλματος
11. Η εξομάλυνση των κραδασμών και η αποσβεστική ικανότητα του ελαστικού

### 3.2.1 Δομή του ελαστικού

Τα κυριότερα μέρη ενός ελαστικού είναι η στεφάνη, ο σκελετός του, η ζώνη (αν υπάρχει) και το πέλμα. Ο σκελετός αποτελείται από παράλληλα νήματα διαφόρων υλικών ανά περίπτωση, τα οποία και τυλίγονται γύρω από ένα συρμάτινο δακτύλιο (συνήθως πλαστικοποιημένο ατσαλόσυρμα) που διατρέχει το πλάτος του ελαστικού και περιτυλίγεται σε ένα δεύτερο δακτύλιο. Οι δακτύλιοι αυτοί αποτελούν τη στεφάνη του ελαστικού που εφαρμόζει στη στεφάνη του τροχού. Τα ελαστικά ανάλογα με το βασικό τρόπο κατασκευής τους κατατάσσονται σε δύο βασικές κατηγορίες : τα ακτινικά (ράντιαλ) και των διαγώνιων «λινών» με ή χωρίς ζώνη. Οι δύο τελευταίοι τύποι ονομάζονται και συμβατικά ελαστικά και έχουν εκλείψει από τους τροχούς των επιβατικών αυτοκινήτων, ενώ χρησιμοποιούνται σε άλλα είδη οχημάτων (φορτηγά, ρυμουλκούμενα κλπ.). Τα σταυρωτά ελαστικά ή διαγώνιων «λινών ελαστικά» προηγήθηκαν χρονολογικά και βασικό τους χαρακτηριστικό είναι ότι ο σκελετός τους αποτελείται από δύο ή περισσότερες στρώσεις υφαντού- τα γνωστά λινά. Έγινε πια κοινή διαπίστωση ότι η γωνία που σχηματίζουν οι ίνες των στρωμάτων του σκελετού με τη νοητή φορά κύλισης του τροχού καθορίζει τις αντιμαχόμενες παραμέτρους άνεσης- κατευθυντικότητας. Όταν η γωνία αυτή είναι  $90^\circ$  η άνεση και η ελκτική μετάδοση υπερτιμούνται, σε βάρος όμως της αντοχής σε πλευρικά και κάθετα φορτία. Αντίθετα, όσο η γωνία τείνει προς τις  $0^\circ$  βελτιώνεται η κατευθυντικότητα και η πλευρική ακαμψία, ελαττώνονται όμως ταυτόχρονα η ευστάθεια και η άνεση, δηλαδή η μετάδοση των κραδασμών της κίνησης. Πρέπει να σημειωθεί επίσης ότι τα σταυρωτά ελαστικά λόγω της ανυπαρξίας του άκαμπτου πέλματος

παρουσιάζουν αυξημένη τριβή κύλισης και άρα μεγαλύτερη κατανάλωση καυσίμου



σχήμα 3.1 Η κατασκευή ενός σταυρωτού ελαστικού



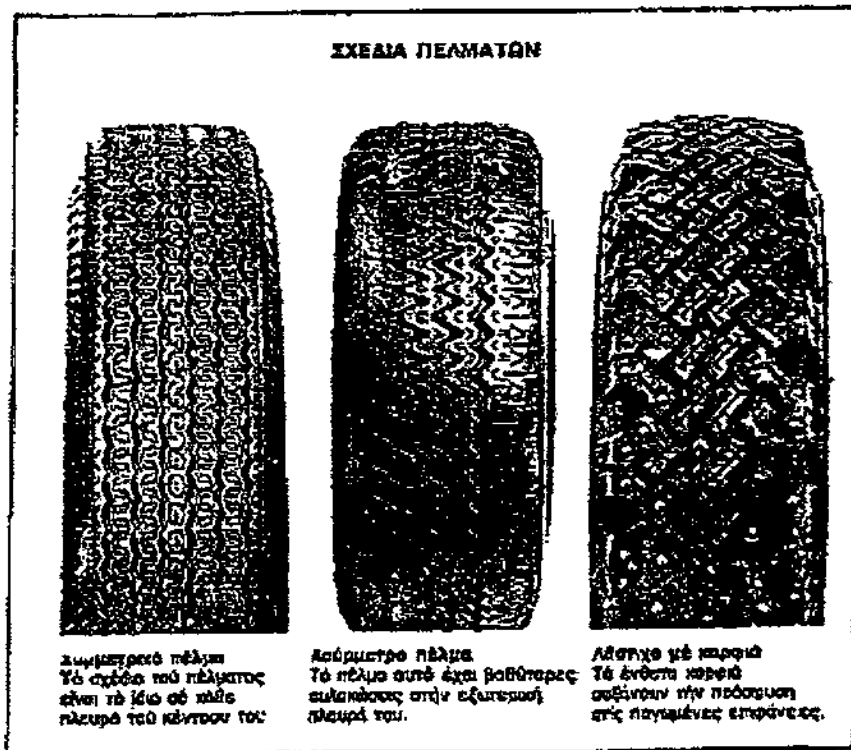
### 3.2.2 Το πέλημα του ελαστικού

Τα πέσματα των ελαστικών είναι βασικά σχεδιασμένα για να βελτιώνουν την πρόσφυσή τους με το οδόστρωμα, καθώς και για να επιτρέπουν στο όχημα να κινείται με τη μεγαλύτερη δυνατή άνεση και οικονομία σε όσο το δυνατόν μεγαλύτερο εύρος συνθηκών. Τα πέσματα όπως και το υπόλοιπο ελαστικό είναι πλέον κατασκευασμένο από συνθετικό καουτσούκ και είναι ενιαία συγκολλημένο με το σκελετό του. Η ποικιλία της διαμόρφωσης των πελμάτων έχει να κάνει με την προσπάθεια προσαρμογής του κάθε τύπου ελαστικού σε ιδιαίτερες απαιτήσεις, καθώς και στην προσπάθεια βελτιστοποίησης της πρόσφυσης του ελαστικού σε βρεγμένο οδόστρωμα. Στο στεγνό δρόμο η καλύτερη πρόσφυση επιτυγχάνεται με ένα σχεδόν λείο ελαστικό, εξασφαλίζοντας τη μέγιστη ενεργή επιφάνεια επαφής του με το οδόστρωμα. Τα πράγματα αρχίζουν και δυσκολεύουν σε περίπτωση που στο οδόστρωμα υπάρχει νερό. Το πέλημα τότε ενός λείου ελαστικού είναι εντελώς επικίνδυνο, αφού δεν μπορεί να διώξει το νερό που παρεμβάλλεται στην επιφάνεια μεταξύ ελαστικού και οδοστρώματος, και σχηματίζεται ένα λεπτό υδάτινο φιλμ το οποίο και δρα σα λιπαντικό και μειώνει στο ελάχιστο το συντελεστή τριβής με το οδόστρωμα, φαινόμενο γνωστό σαν υδρολίσθηση. Η ανάγκη για πρόσφυση στο βρεγμένο οδόστρωμα δημιούργησε στο πέλημα τις γνωστές πια αυλακώσεις, διαμήκειες και εγκάρσιες. Η λειτουργία τους είναι καθαρά αποχετευτική και υπόκειται καθαρά στους νόμους της υδροδυναμικής. Έτσι η διατομή των αυλακιών (κυρίως των διαμήκων), αλλά και ο προσανατολισμός τους είναι υπεύθυνα για την απομάκρυνση ή μη του στρώματος του νερού που βρίσκεται κάθε φορά στην επιφάνεια μεταξύ ελαστικού και οδοστρώματος. Φυσικά η λειτουργία του κάθε είδους

αυλάκωσης είναι διαφορετικό. Οι διαμήκεις αυλακώσεις προσπαθούν να αποχετεύσουν τη μεγαλύτερη ποσότητα του νερού. Οι εγκάρσιες αυλακώσεις βοηθούν σε αρκετό βαθμό αλλά όσο αυξάνεται το πλάτος του πέλματος τόσο γίνονται και πιο ανενεργές αφού η απόσταση που έχει να διανύσει το νερό από την είσοδό του μέχρι την απόρριψη, αυξάνεται. Οι ακμές όμως των αυλακώσεων αυτών διανοίγουν το νερό και προσφέρουν υψηλής ποιότητας μηχανική τριβή με το οδόστρωμα. Υπολογίζεται πάντως ότι με ταχύτητα 100 χλμ./ώρα το πέγμα του ελαστικού καλείται να μετακινήσει περίπου 5 λίτρα νερού το δευτερόλεπτο σε μέτρια βροχόπτωση και περίπου τα 10 λίτρα σε δυνατή βροχόπτωση.

Βασικό ρόλο παίζει επίσης και η ποιότητα της γόμας που χρησιμοποιείται για την κατασκευή του πέλματος. Ένα λάστιχο με σκληρό πέγμα παρουσιάζει αυξημένη πρόσφυση στο στεγνό οδόστρωμα, αυξημένη διάρκεια ζωής, χαμηλό κόστος αγοράς αλλά και μειωμένη τριβή κύλισης, **άρα και οικονομία στην κίνηση**. Στο βρεγμένο όμως οδόστρωμα η συμπεριφορά του υποβαθμίζεται δραματικά. Από την άλλη πλευρά, τα λάστιχα με μαλακότερο πέγμα παρουσιάζουν άριστη συμπεριφορά στο στεγνό, καλή στο βρεγμένο οδόστρωμα αλλά αυξημένη τιμή αγοράς και υψηλά ποσοστά φθοράς.

Το πόσο θα γίνει η χρήση της ασφάλειας που ο κάθε κατασκευαστής προσφέρει έγκειται σε μεγάλο ποσοστό στον οδηγό, ο οποίος θα πρέπει κάθε φορά να επιλέγει το συγκεκριμένο τύπο ελαστικού για τη συγκεκριμένη χρήση που αυτό προδιαγράφεται και μόνο γι' αυτήν. Σε οποιαδήποτε άλλη περίπτωση θα υπάρξει μειωμένη ασφάλεια και αυξημένο κόστος λειτουργίας.

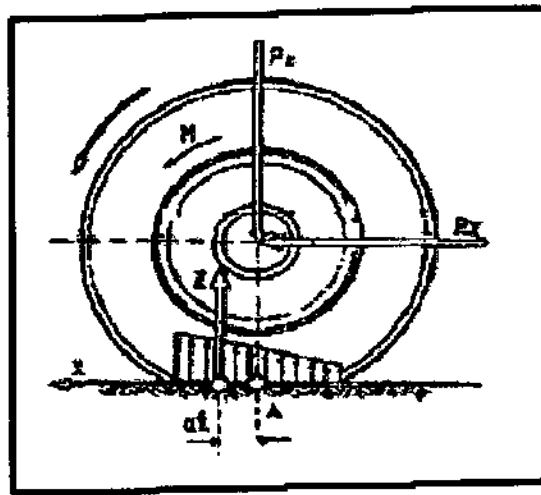


σχῆμα 3.2 Διάφοροι τύποι πέλματος

### 3.2.3 Αντίσταση κύλισης των ελαστικών

Ἡ αντίσταση κύλισης των ελαστικών σε σκληρές ἐπιφάνειες προκαλεῖται πρωταρχικά ἀπὸ τὴν υστέρηση των υλικῶν ἐξαιτίας τῆς παραμόρφωσης τοῦ σώματος τοῦ ελαστικοῦ κατὰ τὴν κύλισή του. Ἡ τριβὴ μεταξύ τοῦ ελαστικοῦ καὶ τοῦ οδοστρώματος προκαλεῖται ἀπὸ τὴν ολίσθηση, ἡ αντίσταση λόγω τῆς κυκλοφορίας τοῦ ἀέρα στο ἐσωτερικὸ τοῦ ελαστικοῦ, καθὼς καὶ τὸ φαινόμενο τῆς ἑλικας ἐξαιτίας τῆς κίνησης τοῦ ελαστικοῦ στον ἐξωτερικὸ ἀέρα αὐξάνουν τὴν αντίσταση κύλισης τοῦ

ελαστικού, αλλά είναι δευτερεύουσας σημασίας. Διαθέσιμα πειραματικά αποτελέσματα δείχνουν την κατανομή των απωλειών του ελαστικού σε ένα εύρος ταχυτήτων από 128-152 km/h σαν 90-95% εξαιτίας εσωτερικής υστέρησης, 2-10% εξαιτίας της τριβής μεταξύ ελαστικού και εδάφους και 1,5-3,5% εξαιτίας της αντίστασης του αέρα.

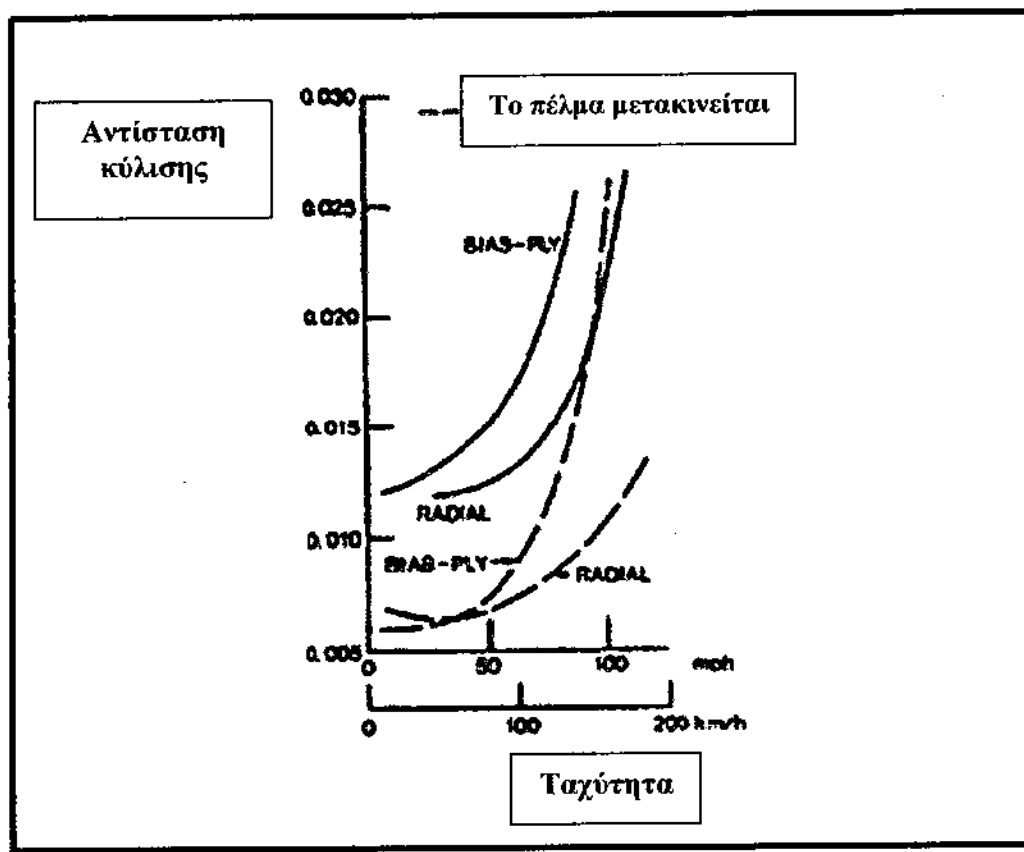


σχήμα 3.3 Η δημιουργία της τριβής κύλισης.

Όταν ένα ελαστικό κυλά το σώμα του, κάμπτεται στο σημείο της επαφής με το έδαφος. Σαν αποτέλεσμα της διαταραχής του ελαστικού, η κάθετη πίεση στο εμπρός μισό κομμάτι της επιφάνειας πρόσφυσης είναι μεγαλύτερη από ότι στο πίσω. Έτσι το κέντρο της κάθετης πίεσης μετακινείται προς τη διεύθυνση της κύλισης. Αυτή η μετατόπιση προκαλεί μια ροπή γύρω από τον άξονα περιστροφής του ελαστικού, η οποία αποτελεί και την ροπή κύλισης του ελαστικού. Σ'ένα ελεύθερα κυλιόμενο ελαστικό, η εφαρμοζόμενη στρέψη είναι μηδέν, επομένως μια οριζόντια δύναμη στο σημείο επαφής του ελαστικού με το έδαφος πρέπει να υπάρχει για να διατηρείται η ισοροπία. Αυτή η προκύπτουσα οριζόντια δύναμη είναι

γνωστή σαν αντίσταση κύλισης. Ο λόγος της αντίστασης κύλισης προς το κάθετο φορτίο πάνω στο ελαστικό ορίζεται σαν συντελεστής αντίστασης κύλισης.

Ένας αριθμός παραγόντων επηρεάζουν την αντίσταση κύλισης ενός πνευματικού ελαστικού. Η κατασκευή του έχει σημαντική επίδραση στην αντίσταση κύλισης. Στο σχήμα 3.3 φαίνεται η διαφορά στην αντίσταση κύλισης μεταξύ ενός συμβατικού bias-ply ελαστικού και ενός radial-ply σε διάφορες ταχύτητες.

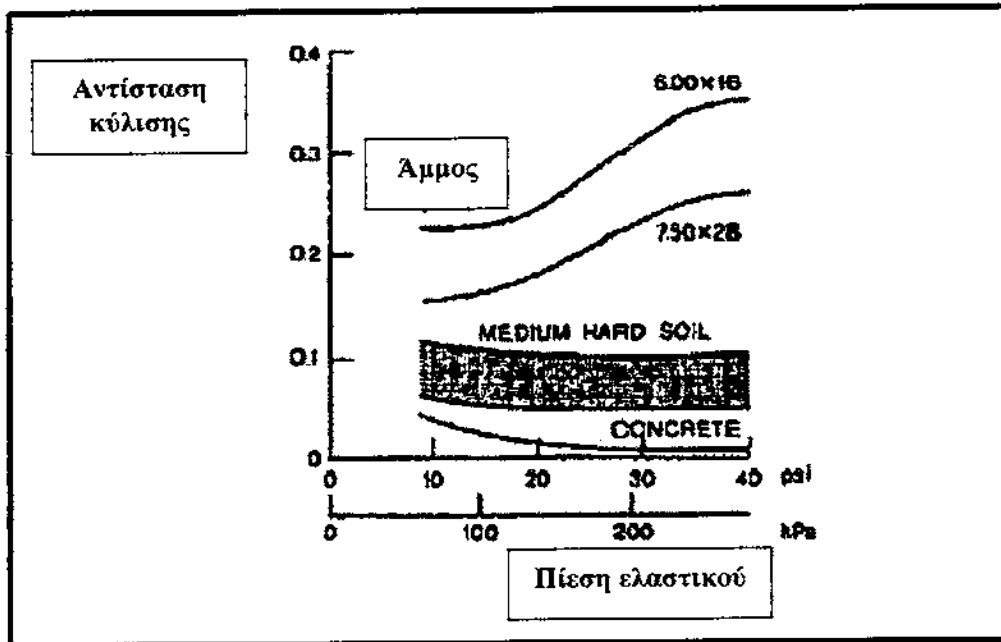


σχήμα 3.4 Μεταβολή της αντίστασης κύλισης σε διάφορες ταχύτητες bias-ply και radial-ply ελαστικών.

Χονδρότερα σύρματα καθώς και αυξημένος αριθμός στρωμάτων στο σώμα τείνουν να αυξήσουν την αντίσταση κύλισης εξαιτίας των μεγαλύτερων απωλειών από υστέρηση. Ελαστικά φτιαγμένα από συνθετικά μίγματα γενικά έχουν ελαφρά μεγαλύτερη αντίσταση κύλισης σε σχέση με αυτά που είναι φτιαγμένα με φυσικό ελαστικό. Ελαστικά με γόμωση βουτυλίου, που φαίνεται ότι έχουν καλύτερη συνοχή με το έδαφος και καλύτερο κράτημα, έχουν ακόμα μεγαλύτερη αντίσταση κύλισης από ότι τα συμβατικά συνθετικά ελαστικά.

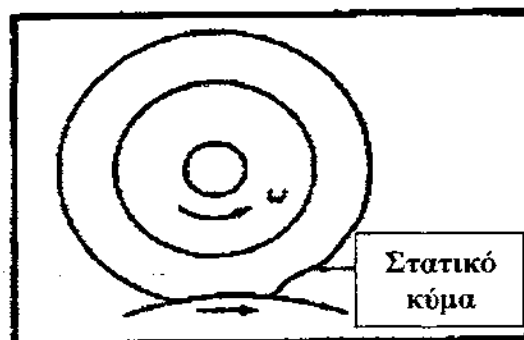
**Η κατάσταση της επιφάνειας** μπορεί επίσης να επηρεάσει την αντίσταση κύλισης. Σε σκληρές, λείες, ξηρές επιφάνειες η αντίσταση κύλισης είναι σημαντικά μικρότερη από ότι σε ένα κακό δρόμο. Σε υγρές επιφάνειες συνήθως έχουμε υψηλότερη αντίσταση κύλισης.

**Η πίεση** επηρεάζει την ευελιξία του ελαστικού. Εξαρτούμενη από την παραμορφωσιμότητα του εδάφους, η πίεση επηρεάζει την αντίσταση κύλισης του ελαστικού με διαφορετικούς τρόπους. Σε σκληρές επιφάνειες η αντίσταση κύλισης αυξάνεται ελαφρά με την αύξηση της πίεσης όπως φαίνεται στο σχήμα 3.5. Σε παραμορφώσιμες επιφάνειες, όπως άμμος, η υψηλή πίεση οδηγεί σε βαθύτερη βύθιση των τροχών, κάτι που με την σειρά του οδηγεί σε μεγαλύτερη αντίσταση κύλισης.



σχήμα 3.5 Μεταβολή της αντίστασης κόλλησης με την πίεση ελαστικών σε διάφορες επιφάνειες.

Όμως, η χαμηλότερη πίεση των ελαστικών, ενώ μειώνει την διείσδυση στο έδαφος, αυξάνει την παραμόρφωση του ελαστικού και κατ'επέκταση τις απώλειες λόγω υστέρησης. Επομένως μια βέλτιστη πίεση υπάρχει για μια συγκεκριμένη κατάσταση εδάφους.



σχήμα 3.6 Σχηματισμός στατικού κύματος ελαστικού σε υψηλές ταχύτητες.

Η αντίσταση κύλισης επηρεάζεται επίσης από την **ταχύτητα οδήγησης**, επειδή έχουμε αύξηση παραμόρφωσης του οπλισμού καθώς και των ταλαντώσεων του σώματος του ελαστικού με την αύξηση της ταχύτητας.

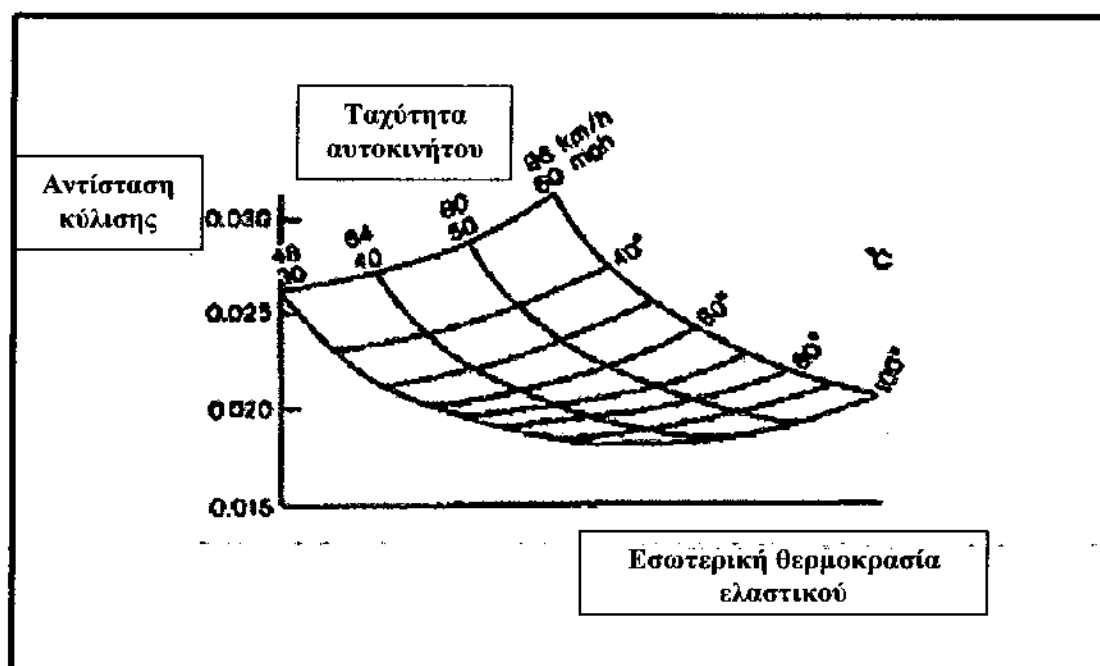
Για ένα δοσμένο ελαστικό κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες λειτουργίας υπάρχει ένα κατώφλι ταχύτητας πάνω από το οποίο ένα φαινόμενο γνωστό σαν στατικό κύμα θα παρατηρηθεί. Η ενδεικτική τιμή αυτής της περιοχής ταχυτήτων  $V_{th}$  δίνεται από τον τύπο:  $V_{th} = \sqrt{F_i / \rho_i}$  όπου  $F_i$  είναι η περιφεριακή τάση στο ελαστικό και  $\rho_i$  η πυκνότητα του υλικού του πέλματος ανά μονάδα επιφανείας. Τα στατικά κύματα σχηματίζονται γιατί, εξαιτίας της υψηλής ταχύτητας, το πέλμα του ελαστικού δεν επανέρχεται αμέσως από την διαταραχή που προέρχεται από την παραμόρφωση του ελαστικού μετά την επαφή του με το έδαφος και η παραμένουσα παραμόρφωση σχηματίζει ένα στάσιμο κύμα. Η μόρφωση στατικού κύματος αυξάνει δραματικά τις απώλειες ενέργειας οι οποίες με τη σειρά τους προκαλούν αυξημένη παραγωγή θερμότητας η οποία τελικά μπορεί να οδηγήσει σε αστοχία του ελαστικού. Το τελευταίο θέτει ένα άνω όριο για τις ταχύτητες ασφαλούς λειτουργίας των ελαστικών.

**Η θερμοκρασία λειτουργίας, η διάμετρος του ελαστικού και η κινητήρια δύναμη** έχουν επίσης επίπτωση στην αντίσταση κύλισης του ελαστικού. Το σχήμα 3.7 δείχνει την εξάρτηση της αντίστασης κύλισης από την εσωτερική θερμοκρασία του ελαστικού. Η επίδραση της διαμέτρου στον συντελεστή αντίστασης κύλισης φαίνεται στο σχήμα 3.8. Μπορεί κανείς να δει ότι η επίδραση της διαμέτρου των ελαστικών είναι ασήμαντη σε σκληρές επιφάνειες (π.χ. τσιμέντο) αλλά είναι σημαντική σε παραμορφώσιμες επιφάνειες ή μαλακό έδαφος. Επίσης η πέδηση επιδρά στην αντίσταση κύλισης. Όταν λάβουμε υπόψη την επίδραση του υλικού της κατασκευής

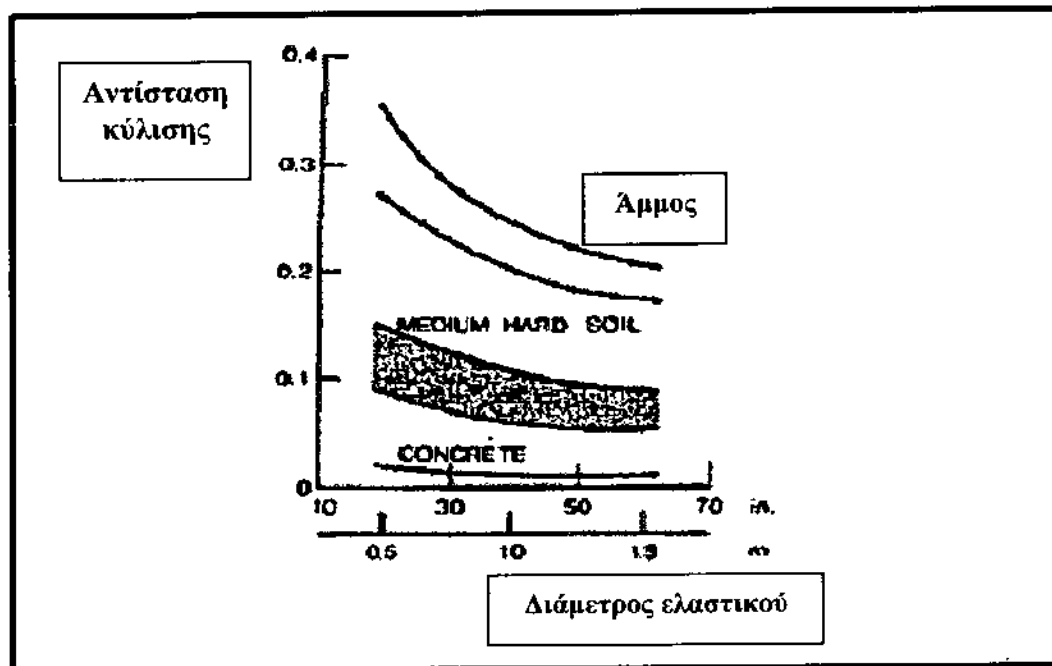


και του σχεδιασμού των παραμέτρων των ελαστικών πάνω στην αντίσταση κύλισης, πρέπει να έχουμε και την κατάλληλη προοπτική της σχέσης μεταξύ των ενεργειακών απωλειών στο ελαστικό και τα χαρακτηριστικά του συστήματος ελαστικού-οχήματος σαν τέτοιο. Παρόλο που είναι επιθυμητό να κρατηθεί η αντίσταση κύλισης όσο χαμηλότερη γίνεται, πρέπει να κριθεί αν αυτό υπερτερεί έναντι των άλλων παραμέτρων της επίδοσης του ελαστικού, όπως αντοχή και διάρκεια ζωής, κράτημα, αίσθηση στο δρόμο κ.τ.λ.

Για παράδειγμα, από την οπτική της αντίστασης κύλισης τα συνθετικά ελαστικά είναι λιγότερο επιθυμητά σε σχέση με αυτά με φυσικό ελαστικό μίγμα, παρ'όλα αυτά εξαιτίας των σημαντικών πλεονεκτημάτων της διάρκειας ζωής του πέλματος, το κράτημα σε βρεγμένο δρόμο και τον μειωμένο θόρυβο, έχουν ουσιαστικά αντικαταστήσει τα μίγματα φυσικών ελαστικών στα ελαστικά των αυτοκινήτων, ειδικά για τα πέλματα.

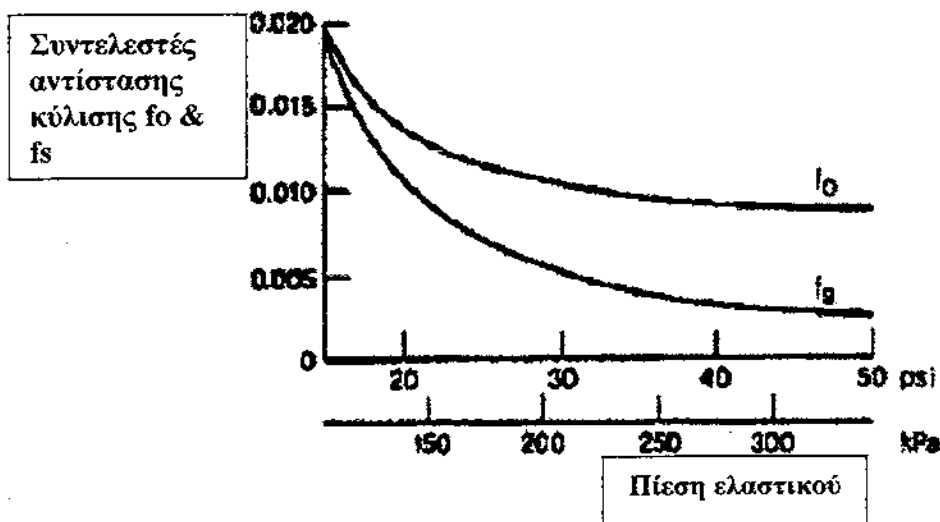


σχήμα 3.7 Επίδραση της εσωτερικής θερμοκρασίας ελαστικού στην αντίσταση κύλισης.



σχήμα 3.8 Επίδραση της διαμέτρου ελαστικού στην αντίσταση κύλισης σε διάφορες επιφάνειες.

Η εξακρίβωση της αντίστασης κύλισης βασίζεται ουσιαστικά μόνο στα πειράματα. Βασισμένες σε πειραματικά δεδομένα, πολλές εμπειρικές φόρμουλες έχουν προταθεί για τον υπολογισμό της αντίστασης κύλισης των ελαστικών πάνω σε σκληρές επιφάνειες. Για παράδειγμα οι τιμές για τους συντελεστές της αντίστασης κύλισης  $f_r$  για τα ελαστικά επιβατικών αυτοκινήτων σε τσιμεντένιο πεζοδρόμιο μπορούν να υπολογιστούν από την ακόλουθη εξίσωση:  $f_r = f_0 + f_s (V/100)^{2.5}$  όπου  $V$  είναι η ταχύτητα σε km/h, και οι συντελεστές  $f_0$  και  $f_s$  εξαρτώνται από την πίεση του ελαστικού και μπορούν να παρθούν από το επόμενο διάγραμμα.

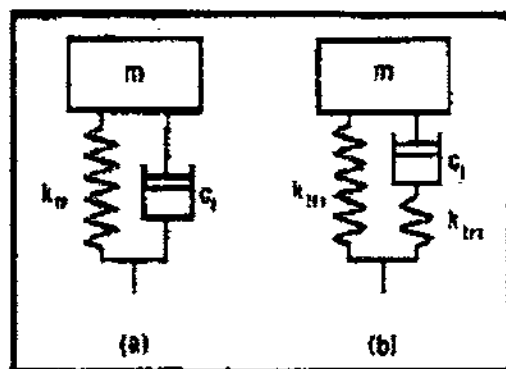


σχήμα 3.9 Επίδραση της πίεσης ελαστικού στους συντελεστές  $f_o$  και  $f_s$

### 3.2.4 Εξομάλυνση των κραδασμών και αποσβεστική ικανότητα.

Όσο μεγαλύτερη είναι η αποσβεστική ικανότητα ενός ελαστικού και η εξομάλυνση των κραδασμών, τόσο καλύτερη είναι η απόδοσή τους σε επίπεδο οδηγικής συμπεριφοράς, επαφής με το οδόστρωμα (πρόσφυση) και κατά συνέπεια θετική συμβολή στην οικονομία καυσίμου του αυτοκινήτου. Η στήριξη του βάρους του οχήματος και η εξομάλυνση των κραδασμών πάνω από τις ανωμαλίες του εδάφους αποτελούν δυο από τις βασικές λειτουργίες πνευματικού ελαστικού. Όταν ένα κάθετο φορτίο εφαρμόζεται σ'ένα ελαστικό, το ελαστικό αυτό προοδευτικά υποχωρεί καθώς το φορτίο αυξάνει. Το κάθε φορτίο σ'ένα ελαστικό στηρίζεται από τον πεπιεσμένο αέρα όσο και από την αντίδραση από το σώμα του ελαστικού. Ανάλογα με τον τύπο του ελαστικού, το ποσοστό του φορτίου που φέρεται από τον πεπιεσμένο αέρα και από την αντίδραση από το σώμα του ελαστικού

ποικίλει. Έχει βρεθεί ότι για ελαστικά αεροπλάνων το σώμα του ελαστικού φέρει το 3 έως 8% του κάθετου φορτίου ενώ στα ελαστικά των αυτοκινήτων μπορεί να φέρει ως και 15% του φορτίου. Στην ανάλυση των ταλαντώσεων οχημάτων και στην εξομείωση πορείας, τα χαρακτηριστικά απόσβεσης ενός πνευματικού ελαστικού μπορούν να αναπαρασταθούν με διάφορα μαθηματικά μοντέλα. Το ευρύτερα χρησιμοποιούμενο και το απλούστερο μοντέλο της βασικής ταλάντωσης ενός ελαστικού είναι αυτό που αποτελείται από μια συγκεντρωμένη μάζα και ένα γραμμικό ελατήριο σε παράλληλη ζεύξη με έναν αποσβεστήρα. Άλλα μοντέλα, όπως τα ονομαζόμενα «βισκοελαστικά» έχουν προταθεί.



*σχήμα 3.10 (α) Απλό γραμμικό μοντέλο και (β) Βισκοελαστικό μοντέλο, προτεινόμενα για την ανάλυση ταλάντωσης ελαστικού.*

Ανάλογα με τις συνθήκες του πειράματος τρεις διακριτοί τύποι δυσκαμψίας των ελαστικών μπορεί να οριστούν : στατική, δυναμική χωρίς κύλιση και δυναμική δυσκαμψία κύλισης. Έχει δειχθεί ότι ανάμεσα στις διάφορες λειτουργικές παραμέτρους η εσωτερική πίεση, η ταχύτητα και το

κάθετο φορτίο έχουν εμφανή επίδραση στην ακαμψία του ελαστικού. Οι σχεδιαστικές παράμετροι των ελαστικών, όπως η γωνία κορώνας των χορδών, το πλάτος του πέλματος, ο αριθμός των στρωμάτων και το υλικό, επίσης επηρεάζουν την δυσκαμψία. Η απόσβεση του πνευματικού ελαστικού οφείλεται κυρίως στην υστέρηση των υλικών σ' αυτό. Έχει επίσης δειχθεί ότι η απόσβεση των πνευματικών ελαστικών από συνθετικό ελαστικό είναι σημαντικά μικρότερη από αυτή που παρέχει ένας αποσβεστήρας.

### 3.3 Νέες τεχνολογίες & προτάσεις στα ελαστικά



*σχήμα 3.11 Το Michelin Energy είναι ικανό να εξασφαλίζει 5% οικονομικότερη κατανάλωση καυσίμου από τον προκάτοχό του*

Η συνεχής εξέλιξη των αυτοκινήτων και οι αυξημένες απαιτήσεις των καταναλωτών για ποιότητα και αξιοπιστία έχουν δημιουργήσει την ανάγκη για συνεχή βελτίωση κι εξέλιξη των ελαστικών. Η **Michelin**, παρουσίασε τα δυο νέα της ελαστικά, **Michelin energy** και **Michelin Pilot Sport**. Το νέο Michelin energy απευθύνεται στην κατηγορία των οχημάτων πόλης, καθώς και σε αυτοκίνητα μεσαίου και μεγάλου κυβισμού. Οι βασικοί στόχοι του νέου energy κατά την περίοδο της εξέλιξής του ήταν η ικανοποίηση των απαιτήσεων των καταναλωτών, αλλά και των κατασκευαστών, για μεγαλύτερη ασφάλεια και περισσότερη **οικονομία**. Το νέο energy, λοιπόν, υπόσχεται καλύτερη οδική συμπεριφορά και μεγαλύτερη ακρίβεια στους χειρισμούς του οδηγού, προσφέροντας μεγαλύτερα περιθώρια πρόσφυσης

σε στεγνό και βρεγμένο οδόστρωμα. Την ίδια στιγμή, επιτυγχάνει μεγαλύτερη οικονομία καυσίμου, λόγω του μικρότερου βάρους και της μειωμένης αντίστασης κύλισης, ενώ έχει επιτευχθεί ακόμα μεγαλύτερη αντοχή στη φθορά και, επομένως μεγαλύτερη χιλιομετρική απόδοση (κέρδος μέχρι και 20% σε σχέση με το προηγούμενο ελαστικό). Τα οφέλη αυτά είναι αποτέλεσμα των σημαντικών τεχνολογικών καινοτομιών που έχουν εφαρμοστεί στο σχεδιασμό και την κατασκευή του νέου ελαστικού.

Βασικό στοιχείο αποτελεί το νέο ασύμμετρο πέλμα, που βελτιστοποιεί τον συμβιβασμό των απαιτήσεων που υπάρχουν στο στεγνό και το βρεγμένο οδόστρωμα. Στο εσωτερικό του ελαστικού το σκάλισμα είναι περισσότερο, ώστε να εξασφαλίζει καλύτερη απαγωγή του νερού και καλύτερη πρόσφυση στο βρεγμένο, ενώ στην εξωτερική πλευρά το πέλμα είναι περισσότερο άκαμπτο και με μεγαλύτερο ποσοστό γόμας, ώστε να προσφέρει καλύτερα χαρακτηριστικά στο στεγνό. Επιπλέον, ο νέος σχεδιασμός του πέλματος βοηθά στη μείωση της απόστασης φρεναρίσματος στο βρεγμένο κατά 3μ. (από ταχύτητα 90 χλμ./ώρα) σε σχέση με το υπό αντικατάσταση **energy**. Από εκεί και πέρα, η ακαμψία του σκελετού έχει ενισχυθεί, από την τοποθέτηση επιπλέον δύο ατσάλινων πλεγμάτων, με αποτέλεσμα τη μείωση της πλευρικής ολίσθησης και, επομένως, της φθοράς του πέλματος. Τέλος, νέα είναι και η σύνθεση της γόμας, η οποία αυξάνει τη διάρκεια της ζωής του ελαστικού.

Ένα νέο ελαστικό παρουσίασε η **Continental**, με κωδικό **ContiEcoContact 3** και απευθύνεται στην κατηγορία των σούπερ μίνι. Η μελέτη των απαιτήσεων αυτής της κατηγορίας οδήγησε τους σχεδιαστές να επικεντρώσουν την προσοχή τους στη μείωση της απόστασης φρεναρίσματος. Ύστερα από ατελείωτες ώρες δοκιμών-μετρήσεων, κατέληξαν στο συνδιασμό μιας καινοτόμου γόμας με βάση το διοξείδιο του

πυριτίου και ενός ασύμμετρου πέλματος, το οποίο προσφέρει καλύτερη αίσθηση στο τιμόνι και μειώνει τις αποστάσεις πέδησης.



*σχήμα 3.12 Το νέο ContiEcoContact 3*

Στο νέο **ContiEcoContact 3**, ο συντελεστής τριβής έχει μειωθεί κατά 12% από το προηγούμενο μοντέλο της, συμβάλλοντας στην **οικονομία καυσίμου**, ενώ όσον αφορά το βάρος, είναι ελάχιστα μειωμένο σε σχέση με του προκατόχου του. Οι σχεδιαστές του πέλματος ισχυρίζονται ότι το φρενάρισμα είναι καλύτερο τόσο σε στεγνό όσο και σε βρεγμένο οδόστρωμα.



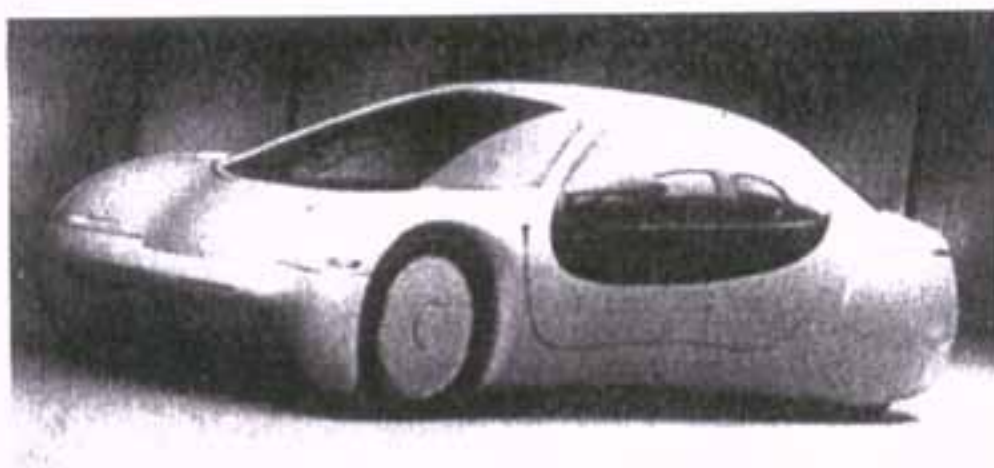
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>

### ΑΜΑΞΩΜΑΤΑ / ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ

#### 4.1 Ιστορική εξέλιξη αμαξώματος

Το αμάξωμα φθάνοντας στη σημερινή εποχή, πέρασε μέσα από πολλά στάδια δοκιμών, μελετών, προβληματισμών αλλά και εφαρμογών γνώσεων και υλικών. Η μορφή του, κάθε τεχνολογική περίοδο, άλλαζε συνεχώς, σύμφωνα με τις ανάγκες, τις απαιτήσεις, τις τεχνικές γνώσεις και τις εξελίξεις της κάθε εποχής. Από την εποχή της ατμοκίνησης μέχρι και σήμερα, το αμάξωμα αλλάζει συνεχώς μορφή και βρίσκει τρόπους να γίνεται ολοένα και πιο λειτουργικό. Τα τελευταία 20 με 25 χρόνια τον τομέα αυτό απασχολεί πλέον και η επίτευξη χαμηλότερης κατανάλωσης καυσίμου δίνοντας βάση στο βάρος του αμαξώματος καθώς στην εφαρμογή της αεροδυναμικής που μπαίνει δυναμικά και καθιερώνεται σιγά σιγά, φθάνοντας στο σήμερα όπου η αεροδυναμική παίζει βασικό ρόλο στο σχεδιασμό των αμαξωμάτων. Πιο συγκεκριμένα κατά την περίοδο 1981-1990 τα αμαξώματα περνούν σε μια νέα φάση όπου οι εφαρμογές της αεροδυναμικής αποτελούν τη βάση για τη σχεδίαση των αμαξωμάτων. Η αεροδυναμική σχεδίαση δημιουργεί αμαξώματα στρογγυλεμένα σ'όλες τις ακμές τους. Η συντριπτική πλειοψηφία των οχημάτων είναι αυτοφερόμενα και με τη βοήθεια της αεροδυναμικής γίνονται προσπάθειες για μείωση στην κατανάλωση καυσίμου. Κατά την περίοδο 1991 μέχρι και σήμερα τεχνολογικές καινοτομίες και λύσεις που εφαρμόζονται σε τομείς όπως αεροπορική, διαστημική τεχνολογία κλπ. περνούν και στη σχεδίαση των αμαξωμάτων. Τα αμαξώματα είναι ελαφρύτερα, αυτοφερόμενα, στρογγυλεμένα και μελετημένα σύμφωνα με τις απαιτήσεις της

αεροδυναμικής. Οι προσπάθειες αυτές έχουν ως στόχο την αύξηση της αποδοτικότητας του οχήματος, μειώνοντας την κατανάλωση καυσίμου στον βαθμό που μπορούν να την επηρεάσουν.



*σχήμα 4.1 GM Ultralite, βάρος 700 kg*

#### **4.2 Δομή των αμαξωμάτων**

Το αμάξωμα αποτελείται από ένα σύνολο μεταλλικών εξαρτημάτων που συνδεδεμένα μεταξύ τους δημιουργούν τους χώρους στήριξης των μηχανικών μερών, καθώς επίσης και τους χώρους χρήσης των επιβατών. Το αυτοκίνητο μπορούμε να το θεωρήσουμε σαν ένα επίπεδο όπου στις τέσσερις άκρες του βρίσκονται οι τροχοί. Το γεγονός αυτό αποτελεί το λόγο όπου το αμάξωμα πρέπει να έχει υψηλή διαμήκη δυσκαμψία (για να μην κάμπτεται στη μέση). Μεγάλη σημασία δίνεται από τους μηχανικούς σχεδιαστές στο υλικό κατασκευής του αμαξώματος, διότι τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο αποτελεσματικά. Γι' αυτό ιδιαίτερη σημασία δίνεται στο βάρος του αμαξώματος, το οποίο επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την απόδοση και την κατανάλωση καυσίμου

ενός αυτοκινήτου, χρησιμοποιώντας όσο το δυνατόν ελαφρύτερα υλικά, συνδιάζοντας παράλληλα την ανθεκτικότητα και την απαραίτητη παρεχόμενη ασφάλεια.

### 4.3 Είδη αμαξωμάτων

Όλα τα εξαρτήματα του αυτοκινήτου για να λειτουργήσουν σωστά και να εκτελέσουν την αποστολή τους θα πρέπει να είναι σταθερά συνδεδεμένα σε κάποια βάση, η οποία να αναλαμβάνει τα φορτία που δημιουργούνται από το βάρος των επιβατών και των αποσκευών, καθώς και από το βάρος των μηχανισμών και του αμαξώματος.

Ανάλογα με την μορφή που έχουν και τον τρόπο κατασκευής τους, τα αμαξώματα ταξινομούνται σε τρεις κατηγορίες:

- α) Σασί πλαίσιο
- β) Αυτοφερόμενο αμάξωμα
- γ) Ημιαυτοφερόμενο αμάξωμα

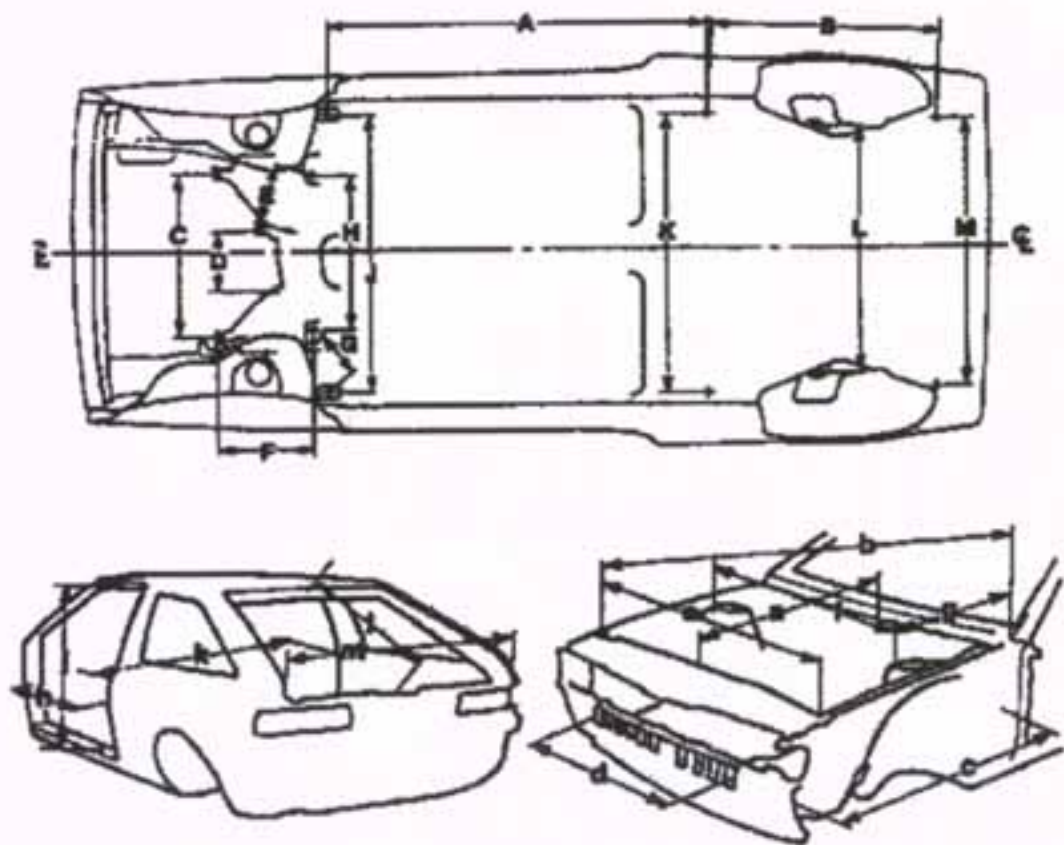
#### α) Σασί πλαίσιο



σχήμα 4.2 Παράλληλόγραμμο σασί πλαίσιο BRM-V16, (460 HP)-1950

Είναι ένα ισχυρό μεταλλικό πλαίσιο που επάνω σ'αυτό συναρμολογείται το υπόλοιπο αυτοκίνητο. Αποτελείται από ένα δικτύωμα μεταλλικών εξαρτημάτων συνδεδεμένα μεταξύ τους είτε με λυόμενες συνδέσεις (βιδωτά ή με ηλώσεις), είτε με μόνιμες συνδέσεις (συγκολλητά). Το πλαίσιο αναλαμβάνει και απορροφά όλα εκείνα τα φορτία και τις δυνάμεις που ασκούνται πάνω του.

### β) Αυτοφερόμενο αμάξωμα

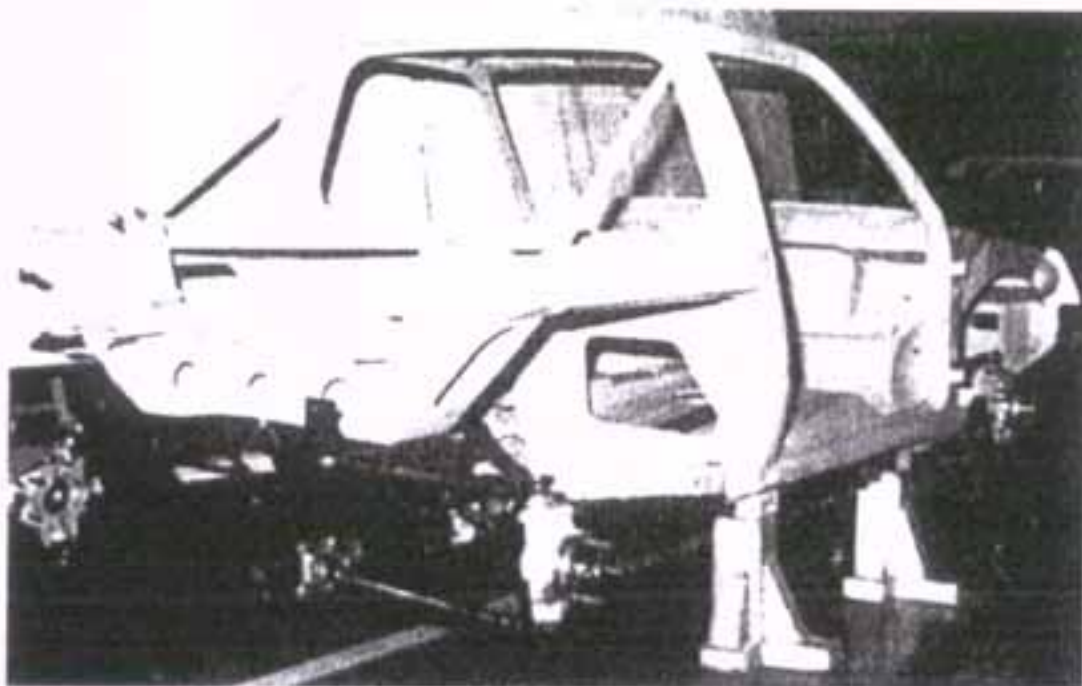


σχήμα 4.3 Αυτοφερόμενο αμάξωμα Sciroco 1981

Το αυτοφερόμενο αμάξωμα είναι μια ενισχυμένη μονοκόμματη κατασκευή όπου όλο το αμάξωμα αναλαμβάνει τη στήριξη των διάφορων μηχανισμών και εξαρτημάτων καθώς και τη φόρτιση όλων των μηχανικών καταπονήσεων.

Στο αυτοφερόμενο αμάξωμα δεν υπάρχει σασί πλαίσιο ή δοκάρια. Υπάρχουν μικρά υποπλαίσια από το ίδιο υλικό κατασκευής και στα σημεία σύνδεσης των εξαρτημάτων του αμαξώματος υπάρχει περισσότερο υλικό γιατί αυτά αναλαμβάνουν τα φορτία και τις δυνάμεις που ασκούνται.

#### γ) Ημιαυτοφερόμενο αμάξωμα



*σχήμα 4.4 Ημιαυτοφερόμενο αμάξωμα Peugeot 205 T16*

Το ημιαυτοφερόμενο αμάξωμα αποτελεί έναν συνδυασμό των δύο παραπάνω κατηγοριών. Έτσι λοιπόν συνδιάζοντας σασί πλαίσιο (ισχυρό)

και αυτοφερόμενο σασί (ελαφρύ) καταφέρνουμε να έχουμε ένα κινητήρα με μεγάλη ισχύς, ενώ διατηρούμε ένα ελαφρύ αμάξωμα δημιουργώντας με αυτόν τον τρόπο ένα ισχυρό σύνολο και τις κατάλληλες προϋποθέσεις για **χαμηλότερη κατανάλωση καυσίμου**. Η αυτοφερόμενη αυτή κατασκευή αναλαμβάνει τα φορτία και τις δυνάμεις που ασκούνται, ενώ για την στήριξη του κινητήρα και των διαφόρων μηχανισμών χρησιμοποιεί ανεξάρτητα πλαίσια.

#### **4.4 Αξιολόγηση αμαξωμάτων**

##### **4.4.1 Σασί πλαίσιο**

Το σασί πλαίσιο έχει πολύ μεγάλη αντοχή λόγω των ισχυρών χυτοσιδηρών προφίλ που χρησιμοποιούνται. Βεβαίως η αντοχή δεν συμβαδίζει με τη συνολική απόδοση του αυτοκινήτου το οποίο αφενός **καταναλώνει περισσότερο καύσιμο**, μια που είναι αναγκασμένο να μεταφέρει μεγάλο ίδιο βάρος, αφετέρου σε περίπτωση σύγκρουσης δεν προφυλάσσει τους επιβάτες χρησιμοποιώντας την παθητική ασφάλεια (δηλαδή τη διαδοχική παραμόρφωση των μεταλλικών τμημάτων του σασί ώστε ο θάλαμος των επιβατών να παραμένει ανεπηρέαστος).

##### **4.4.2 Αυτοφερόμενο πλαίσιο**

Το αυτοφερόμενο πλαίσιο διαθέτει ελαφρύ αμάξωμα, επιτυγχάνοντας οικονομία στο υλικό και στην κατανάλωση καυσίμου. Όμως το γεγονός ότι όλα τα στοιχεία του αποτελούνται από το ίδιο υλικό, καθώς και ότι στα

σημεία σύνδεσης των εξαρτημάτων του αμαξώματος υπάρχει περισσότερο υλικό το καθιστά ένα βήμα πίσω από το ημιαυτοφερόμενο πλαίσιο.

#### **4.4.3 Ημιαυτοφερόμενο πλαίσιο**

Έτσι το ημιαυτοφερόμενο πλαίσιο είναι η καταλληλότερη κατασκευή για οικονομικότερη κίνηση του αυτοκινήτου, συνδιάζοντας το σασί-πλαίσιο με το αυτοφερόμενο πλαίσιο και δημιουργώντας έτσι ένα ελαφρύ αμάξωμα με κινητήρα μεγάλης ισχύς.

#### **4.5 Σχεδίαση αμαξώματος**

Οι απαιτήσεις για καλές επιδόσεις επηρεάζουν την τελική απόφαση των σχεδιαστών για τη μορφή του αμαξώματος. Το αυτοκίνητο συναντά στην κίνησή του αντίσταση από τον αέρα, η οποία μπορεί να περιοριστεί στο ελάχιστο αν δοθεί στο αμάξωμα το σωστό αεροδυναμικό σχήμα. Όμως αυτό στην πράξη είναι αδύνατο επειδή ο χώρος των επιβατών για ένα δεδομένο μήκος αυτοκινήτου θα γινόταν εξαιρετικά περιορισμένος. Έτσι βρέθηκε μια μέση λύση με αλλαγή των κάθετων παρμπρίζ και των εξωτερικών προβολέων που προκαλούν μεγάλη αεροδυναμική αντίσταση. Το ύψος μειώθηκε προοδευτικά, τα παρμπρίζ απέκτησαν κλίση και οι προβολείς ενσωματώθηκαν στο αμάξωμα.

#### 4.5.1 Αεροδυναμικός σχεδιασμός

Ο αεροδυναμικός σχεδιασμός βρισκόταν ανέκαθεν στο λεξιλόγιο των εμπορικών τμημάτων των αυτοκινητοβιομηχανιών τουλάχιστον από την εποχή των μεγάλων κατακτήσεων της αεροναυπηγικής. Μόνο που τα αυτοκίνητα πριν την δεκαετία του '70 και αρκετά χρόνια μετά από αυτήν, ήταν μόνο κατά δήλωση αεροδυναμικά.

Τα εντυπωσιακά, σε ορισμένες περιπτώσεις, σχήματα ήταν αεροδυναμικά μόνο στο μάτι. Η κατάσταση άλλαξε το 1985 όπου το επιβατικό αυτοκίνητο που παρουσίασε η **Audi (Quattro)** δεν έδειχνε καθόλου, αλλά στην πραγματικότητα ήταν αεροδυναμικό. Οι σχεδιαστές του αυτοκινήτου αυτού συνειδητοποίησαν πως η αύξηση της αεροδυναμικής αντίστασης οφείλονταν σε λεπτομέρειες όπως τα λούκια στη σκεπή, οι κακοσχεδιασμένοι εξωτερικοί καθρέπτες, οι νεοκλασικές μάσκες κλπ. Το αυτοκίνητο δεν χρειαζόταν να μοιάζει με πύραυλο. Αρκεί οι πόρτες να αγκαλιάζουν τη σκεπή, οι επιφάνειες των τζαμιών να είναι συνέχεια των πλαισίων τους, το παρμπρίζ να έχει τη σωστή κλίση, οι αρμοί να είναι όσο πιο στενοί γίνεται, τα πόμολα να μην προεξέχουν και οι καθρέπτες να είναι σωστά σχεδιασμένοι. Ακολουθώντας αυτές τις αρχές, το **Audi** πέτυχε συντελεστή αντίστασης 0,30 και εγκαινίασε μια νέα εποχή.





*σχήμα 4.5 Audi Quattro*

Η κίνηση των ρευστών στο χώρο και συνεπώς και του αέρα γύρω από το αυτοκίνητο περιγράφεται μαθηματικά από ένα ιδιαίτερα πολύπλοκο σύστημα διαφορικών εξισώσεων που είναι γνωστές ως εξισώσεις Navier-Stokes. Έτσι, θεωρητικά, είναι δυνατή η αεροδυναμική μελέτη του αμαξώματος ενός αυτοκινήτου χωρίς την ανάγκη πειραματικών δοκιμών, απλώς με την επίλυση αυτών των εξισώσεων.

Τη δυνατότητα για ακριβή (ή μάλλον ακριβέστερη) λύση των εξισώσεων Navier-Stokes μας την δίνουν οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές με τη χρήση αριθμητικών μεθόδων και τον χωρισμό της επιφάνειας του αμαξώματος με πεπερασμένα στοιχεία.

Για τις ανάγκες της εξομοίωσης στον ηλεκτρονικό υπολογιστή, η επιφάνεια του αμαξώματος χωρίζεται με πλέγμα που η ανάλυσή του μπορεί να φτάσει και τα 200.000 στοιχεία. Στα όρια κάθε στοιχείου με τα διπλανά του, ο ηλεκτρονικός υπολογιστής υπολογίζει τις τριβές στον αέρα, τις ταχύτητες ροής και τις αντίστοιχες πιέσεις. Η απεικόνιση των μεγεθών

αυτών στην οθόνη γίνεται εύκολα με κατανοητό τρόπο, όπως για παράδειγμα με κάποιο κώδικα χρωμάτων.

Οι πρώτες δοκιμές γίνονται με μοντέλα υπό κλίμακα, κατασκευασμένα από πυλό. Έτσι, είναι δυνατή η πραγματοποίηση περισσότερων δοκιμών σε σήραγγες μικρότερης διατομής. Με αυτή τη διαδικασία δοκιμάζονται και αξιολογούνται διαφορετικές λύσεις στο σχεδιασμό των λεπτομερειών του αμαξώματος.



*σχήμα 4.6 Αυτοκίνητο υπό αεροδυναμικό τεστ.*

#### 4.5.2 Αεροδυναμικός συντελεστής

Ο αεροδυναμικός συντελεστής είναι ένα μέγεθος που εκφράζει την αντίσταση του αέρα που συναντά ένα όχημα όταν κινείται. Όσο μικρότερη είναι αυτή η τιμή τόσο μικρότερη είναι η αντίσταση του αέρα η οποία σε συνδυασμό με την αντίσταση κύλισης των ελαστικών είναι οι μεγαλύτεροι παράγοντες που διαμορφώνουν την κατανάλωση ενός οχήματος. Ο αεροδυναμικός συντελεστής οπισθέλκουσας συμβολίζεται με το  $C_d$  και για τα σύγχρονα αυτοκίνητα συνήθως κυμαίνεται στο 0,3. Για παράδειγμα το Audi 1.2 TDI έχει έναν από τους μικρότερους μεταξύ των μοντέλων μαζικής παραγωγής (0,25).

Τα αεροδυναμικά χαρακτηριστικά είναι κρίσιμα στο σχεδιασμό και την ευστάθεια των οχημάτων. Η μορφή της ροής, η κατανομή της πίεσης και η αεροδυναμική αντίσταση είναι ζωτικής σημασίας για τις επιδόσεις των αυτοκινήτων. Το σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζει την τρισδιάστατη όψη από ένα πρωτότυπο σπορ αυτοκίνητο, του οποίου ο αεροδυναμικός συντελεστής αντίστασης ( $C_d$ ) μετρήθηκε πειραματικά με τιμή 0,235.



σχήμα 4.7 Τρισδιάστατη όψη του πρωτότυπου οχήματος

#### 4.6 Χαρακτηριστικά των αμαξωμάτων

Τα χαρακτηριστικά των αμαξωμάτων δίνονται από τις κατασκευάστριες εταιρείες τα οποία μας βοηθούν να βγάλουμε ορισμένα συμπεράσματα για τα στοιχεία των αυτοκινήτων (όπως τύπος, διαστάσεις κλπ.)

Τα χαρακτηριστικά αυτά αναφέρονται πιο κάτω:

1. Ο τύπος του αμαξώματος ( sedan, cabrio, coupe, station-wagon, liftback, hatchback, πολυμορφικό)
2. Οι όγκοι του αμαξώματος (3 όγκων: χώρος επιβατών, χώρος κινητήρα, χώρος αποσκευών), (2 όγκων: χώρος επιβατών και αποσκευών, χώρος κινητήρα)
3. Θέσεις (αριθμός επιβατών) και πόρτες αμαξώματος (5θυρο, 3θυρο, 2θυρο), (5θέσεων, 2θέσεων, 4θέσεων)
4. Ο αεροδυναμικός συντελεστής Cd
5. Το βάρος του οχήματος καθαρό και επιτρεπόμενο μικτό
6. Το επιτρεπόμενο φορτίο ρυμούλκισης (ελκτική ικανότητα)
7. Οι εξωτερικές διαστάσεις (μήκος, πλάτος, ύψος)
8. Οι διαστάσεις μεταξύ των τροχών
9. Το σύστημα διεύθυνσης
10. Οι διαστάσεις των ελαστικών
11. Η χωρητικότητα της αποθήκης καυσίμων

Στα επόμενα σχήματα βλέπουμε ορισμένους από τους πιο συνηθισμένους τύπους οχημάτων. Σαν παράδειγμα έχουμε πάρει τύπους από την Renault:



Πολυμορφικό 5-θυρο



Hatchback 3-θυρο



Sedan 4-θυρο



Hatchback 5-θυρο



Μικρό Hatchback 3-θυρο



Cabrio Coupe 2-θυρο



Μικρό πολυμορφικό 5-θυρο



Station-wagon 5-θυρο

σχήμα 4.8 Ορισμένοι τύποι αυτοκινήτων της Renault (Clio, Megane, Scenic, Laguna, Kangoo)

Η ποικιλία που υπάρχει στα αμαξώματα, εξυπηρετεί κάθε είδους ανάγκη. Με σταθερό το αυτοφερόμενο πλαίσιο τα αμαξώματα ποκίλουν, και με ίδιους κινητήρες, παρατηρούμε μικρές διαφορές στον αεροδυναμικό συντελεστή  $C_d$ . Σαφώς τα πιο ελαφριά και με μικρότερο αεροδυναμικό συντελεστή αμαξώματα είναι οικονομικότερα στην κατανάλωση, αλλά οι εταιρείες έχουν φτάσει σε επίπεδα όπου στα περισσότερα αμαξώματα οι διαφορές να μην είναι μεγάλες.

Τα παραπάνω στοιχεία για τα αμαξώματα μας δίνουν πληροφορίες για την μορφή, το μέγεθος, την επιφάνεια, το βάρος, τον όγκο και άλλων χαρακτηριστικών που διαφοροποιούν μεταξύ τους τα οχήματα ως προς την κατανάλωσή τους σε καύσιμο. Έτσι συγκρίνοντας μεταξύ τους τα οχήματα, μπορούμε να καταλήξουμε πως ένα αυτοκίνητο station-wagon με ένα coupe, λόγω διαφορετικής μορφής, μεγέθους, όγκου, αεροδυναμικού συντελεστή, βάρους κ.α. έχουν διαφορά στην κατανάλωση καυσίμου. Αναφερόμενοι καθαρά στα αμαξώματα μπορούμε σε μια αδόκιμη σύγκριση να αναλύσουμε τα παραπάνω στοιχεία. Για παράδειγμα ένα όχημα station-wagon σε σύγκριση με ένα coupe, έχει μεγαλύτερο μέγεθος διαστάσεων (μήκος, πλάτος, ύψος), σαφώς περισσότερο βάρος, μεγαλύτερη επιφάνεια, διαφορετική μορφή – λιγότερο σπορ – και συνεπώς μεγαλύτερο αεροδυναμικό συντελεστή. Στοιχεία που επιβαρύνουν την κατανάλωση καυσίμου.

## 4.7 Υλικά κατασκευής

Σαν υλικό κατασκευής των πρώτων αμαξωμάτων χρησιμοποιήθηκε ο χάλυβας. Το υλικό αυτό συνόδευσε για πολλές δεκαετίες την κατασκευή των αμαξωμάτων. Με την πάροδο του χρόνου προβλήματα όπως η διάβρωση, ασφάλεια και αυξημένο βάρος του οχήματος οδήγησαν τους μηχανικούς στη χρησιμοποίηση υλικών με καλύτερες ιδιότητες. Με τη βοήθεια της τεχνολογίας μπόρεσαν να χρησιμοποιήσουν υλικά όπως: αλουμίνιο, συνθετικά υλικά και γαλβανισμένο χάλυβα.

### 4.7.1 Χάλυβες

Ο χάλυβας (ατσάλι) είναι το κυριότερο υλικό, το οποίο χρησιμοποιείται σε διάφορες ποιότητες (St10, St15, St37, St42, St50) ανάλογα με τη χρησιμότητά του. Ο χάλυβας για να βελτιώσει τις ιδιότητές του εμπλουτίζεται με άλλα μέταλλα, ενώ η συνηθέστερη μορφή του είναι σε ελάσματα διαφόρων παχών. Τα ελάσματα αυτά διαμορφώνονται σε πρέσες, με τα ανάλογα καλούπια, σε εξαρτήματα, που απαρτίζουν το αμάξωμα (π.χ. θόλοι, φτερά, ενισχύσεις, γέφυρες, δοκοί, καπό, ουρανός, κολώνες, πόρτες κλπ.)

#### 4.7.2 Αλουμίνιο

Οι τεχνολογικές εξελίξεις στο χώρο του αυτοκινήτου είναι ραγδαίες και μας οδηγούν σε μια εποχή περισσότερων «οικολογικών» αυτοκινήτων. Εκτός από τη βελτίωση της καύσης στον κινητήρα, τα ηλεκτρονικά που ελέγχουν την κίνηση του αυτοκινήτου, των διαφόρων καταλυτών, κλπ. έφτασε και η σειρά του αμαξώματος να εξελιχθεί αφαιρώντας τα περιττά κιλά, χρησιμοποιώντας νέα υλικά όπως στην περίπτωση μας, το αλουμίνιο. Το αλουμίνιο διαθέτει μερικές μοναδικές ιδιότητες σε σχέση με τους χάλυβες.

1. Είναι ελαφρύτερο, περίπου το 1/3 του βάρους του χάλυβα, άρα επιδρά θετικά στην κατανάλωση καυσίμου
2. Έχει μεγάλη αντοχή στη διάβρωση
3. Κατεργάζεται με μεγάλη ευκολία
4. Είναι ευθερμαγωγό μέταλλο

Το βασικό μειονέκτημα του αλουμινίου είναι το χαμηλό μέτρο ελαστικότητας, ( $E_{\text{χάλ.}}=210.000 \text{ N/mm}^2$ ,  $E_{\text{αλουμ.}}=70.000 \text{ N/mm}^2$ ) και η χαμηλή αντοχή σε τάση θραύσεως σε σχέση με το χάλυβα.

Βεβαίως τα μειονεκτήματα αυτά εξισορροπούνται αφενός με μεγαλύτερο πάχος των εξαρτημάτων και αφετέρου με τη χρήση κραμάτων, όπως είναι το ντουραλουμίνιο. Με τα κράματα αυξάνεται η αντοχή του υλικού σε σχέση με το καθαρό αλουμίνιο, ενώ διατηρούνται τα πλεονεκτήματά του. Ένα άλλο πλεονέκτημα είναι ότι το αλουμίνιο καθίσταται ιδιαίτερα εύκολα ανακυκλούμενο μέταλλο, που απαιτεί το 15 με



20% των ποσών ενέργειας που απαιτούνται για την αντίστοιχη ανακύκλωση του χάλυβα.



*σχήμα 4.9 Το πλαίσιο τύπου ASF του Audi A8 έχει ειδικά σχεδιαστεί, με βάση τις ιδιότητες του αλουμινίου και διαθέτει μεγαλύτερη ακαμψία από τα αντίστοιχα ατσάλινα πλαίσια συμβατικής μορφής.*

#### 4.7.3 Συνθετικά υλικά

Τα υλικά που δεν υπάρχουν στη φύση, αλλά κατασκευάζονται από τον άνθρωπο, αποτελούν τη νεότερη κατηγορία υλικών για ειδικές κατασκευές με μεγαλύτερα πλεονεκτήματα. Τα συνθετικά υλικά έκαναν την εμφάνισή τους στην αυτοκινητοβιομηχανία πριν αρκετά χρόνια. Τα απλούστερα χρησιμοποιούμενα απ'αυτά είναι τα πλαστικά (πολυεστερικά), ενισχυμένα με ίνες υάλου, τα οποία πολλές φορές αντικαθιστούν τα μεταλλικά εξαρτήματα.

## 4.8 Αξιολόγηση υλικών αμαξωμάτων

### 4.8.1 Αλουμίνιο-χάλυβας

Τα τελευταία 30 χρόνια έγιναν πολλές προσπάθειες για την εξέλιξη εναλλακτικών υλικών κατασκευής με κύριο στόχο την εξοικονόμηση βάρους και κατά συνέπεια εξοικονόμηση καυσίμου. Προσπαθώντας να ξεφύγουν από τη μεγάλη χρήση του χάλυβα ένα από τα υλικά που χρησιμοποιήθηκε περισσότερο είναι το αλουμίνιο. Η τελευταία πενταετία χαρακτηρίζεται από την εντυπωσιακή αύξηση της χρήσης του αλουμινίου στην αυτοκινητοβιομηχανία η οποία έφτασε το 80%. Το βασικότερο πρόβλημα του αλουμινίου είναι το υψηλό του κόστος μιας και κοστίζει τέσσερις φορές περισσότερο από τον χάλυβα. Εδώ και χρόνια έχει αποδειχθεί ότι η αίσθηση στιβαρότητας (που δεν είναι άλλο από την ικανότητα απόσβεσης ιδιοσυχνοτήτων του αμαξώματος) δεν είναι απαραίτητο να επιτευχθεί με το φόρτωμα κιλών λαμαρίνας στο αμάξωμα. Γιατί όμως το αλουμίνιο και όχι παραδοσιακό χάλυβα;

Το ειδικό βάρος ενός τυπικού κράματος αλουμινίου είναι περίπου 2,7 gr/cm<sup>3</sup> ενώ του χάλυβα 7,86 gr/cm<sup>3</sup> δηλαδή τρεις φορές πιο βαρύ. Η αντοχή αντίστοιχα του χάλυβα (ανά μονάδα μάζας) είναι 2-2,5 φορές μεγαλύτερη. Το αλουμίνιο όμως υπερτερεί του χάλυβα σε σημαντικότερους τομείς. Για παράδειγμα ο ρόλος του αμαξώματος δεν είναι μόνο να κρατά τους τέσσερις τροχούς σε σταθερές, εμφανίζοντας μια προκαθορισμένη ελαστική (ή όχι) παραμόρφωση σ'ένα συγκεκριμένο φορτίο. Ο ρόλος του αμαξώματος είναι να αποσβένει εσωτερικά τους κραδασμούς από τον δρόμο και τον κινητήρα μ'ένα ορισμένο τρόπο που προσδίδει την αίσθηση της στιβαρότητας. Εδώ το αλουμίνιο υπερτερεί του χάλυβα κατά πολύ. Επίσης οι επιδόσεις και η

**κατανάλωση καυσίμου** με τη μείωση του βάρους είναι φυσικό επόμενο να βελτιωθούν κι αυτές.

#### **4.8.2 Μαγνήσιο-τιτάνιο**

Πέρα από το αλουμίνιο υπάρχουν και άλλα ελαφριά μεταλλικά υλικά τα οποία χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο. Τα κυριότερα απ'αυτά είναι το μαγνήσιο και το τιτάνιο. Το μαγνήσιο παρουσιάζει παραπλήσιες μηχανικές αντοχές με το αλουμίνιο, ενώ είναι κατά 25% πιο ελαφρύ (πυκνότητα 1,74 gr/cm<sup>3</sup>). Παρ'όλα αυτά το υψηλό τους κόστος αλλά και τα προβλήματα της χαμηλής αντοχής στη διάβρωση το καθιστούν ως επιλογή μόνο σε συγκεκριμένα τμήματα ενός οχήματος, όπως για παράδειγμα στην κατασκευή πολλαπλών εισαγωγής ή τροχών. Το τιτάνιο είναι επίσης σχετικά ελαφρύ (4,59 gr/cm<sup>3</sup>) με πολύ μεγάλη μηχανική αντοχή και μεγάλη αντίσταση στη διάβρωση. Έχει όμως ιδιαίτερα υψηλό κόστος λόγω της δύσκολης εξαγωγής του σε καθαρή μορφή από τις ενώσεις του. Χρησιμοποιείται μόνο σε εξειδικευμένες περιπτώσεις, με πιο συχνή την χρήση του για την κατασκευή διωστήρων ενός κινητήρα.

### 4.8.3 Πολυμερή

Το είδος των υλικών το οποίο εισήχθη στην αυτοκινητοβιομηχανία σχετικά πρόσφατα και το οποίο χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο από αυτήν, είναι τα πολυμερή, δηλαδή τα πλαστικά. Στην δεκαετία του '60 η χρήση των πλαστικών ήταν ελάχιστη και το συνολικό τους βάρος σε ένα όχημα δεν ξεπερνούσε τα 10 κιλά. Στην σημερινή εποχή το σύνολο των πλαστικών που χρησιμοποιούνται σε ένα όχημα ξεπερνά σε βάρος τα 100 κιλά, αντικαθιστώντας όμως υλικά τα οποία θα ήταν τρεις φορές βαρύτερα από αυτά. Ουσιαστικά τα πολυμερή είναι φυσικά ή τεχνητά παρασκευασμένα υλικά τα οποία αποτελούνται από μόρια πολύ μεγάλων διαστάσεων, που ενώνονται μεταξύ τους, μέσω διαφόρων κατεργασιών πολυμερισμού. Κύρια πρώτη ύλη των περισσότερων πολυμερών είναι το πετρέλαιο αλλά και φυσικές πρώτες ύλες όπως το καουτσούκ.

Βασικά πλεονεκτήματα είναι :

1. Η ευκολία στην μορφοποίηση και παρασκευή τους
2. Η δυνατότητα δημιουργίας κομματιών πολύπλοκης γεωμετρίας
3. Η διαφάνειά τους
4. Η πολύ χαμηλή τους πυκνότητα
5. Το χαμηλό κόστος παραγωγής τους

Μειονεκτήματά τους :

1. Οι χαμηλές μηχανικές ιδιότητες και αντοχές
2. Η ευαισθησία τους στις υψηλές θερμοκρασίες
3. Η δυσκολία στην ανακύκλωση, η οποία δημιουργεί κινδύνους ρύπανσης του περιβάλλοντος

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup>

### ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ & ΝΕΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ

#### 5.1 Ενεργειακές κυψέλες

Η ανάγκη των τελευταίων χρόνων για λύση στο πρόβλημα των εκπομπόμενων ρύπων αλλά και αναζήτησης νέων εναλλακτικών μορφών ενέργειας, σύμφωνα και με την γνώμη των πιο ειδικών στο χώρο, φέρνει στην επιφάνεια την προσφορότερη και πλέον εφαρμόσιμη στο προσεχές μέλλον λύση-τεχνολογία, που είναι αυτή των **ενεργειακών κυψελών**. Η λειτουργία τους βασίζεται σε μια χημική αντίδραση κατά την οποία υδρογόνο και οξυγόνο παράγουν ενέργεια (ηλεκτρική) και νερό. Με λίγα λόγια, όπως ακριβώς το νερό μπορεί να διασπαστεί στα συστατικά του, δηλαδή σε υδρογόνο και οξυγόνο, με την επιβολή ηλεκτρικού ρεύματος, έτσι ακριβώς μπορεί και να παραχθεί ηλεκτρική ενέργεια από την ένωση υδρογόνου και οξυγόνου προς παραγωγή νερού.

Δυστυχώς, οι πρακτικές εφαρμογές της έως τώρα περιορίζονταν στην τροφοδοσία διαστημικών σταθμών, κυρίως λόγω του μεγάλου βάρους και του αυξημένου κόστους των σχετικών συσκευών. Όπως ήταν φυσικό, τα χαρακτηριστικά αυτά έκαναν στο παρελθόν απίθανη την εφαρμογή τους σε αυτοκίνητα παραγωγής, μιάς και μέχρι πριν από λίγα χρόνια μια συμβατική μονάδα ενεργειακών κυψελών, η οποία θα παρείχε επαρκή ενέργεια για να κινήσει ένα αυτοκίνητο, απαιτούσε όλο το διαθέσιμο χώρο του οχήματος. Σήμερα όμως, η πρόοδος και οι τεχνολογικές εξελίξεις που συντελέστηκαν

ευρύτερα στον τομέα αυτό, έδωσαν την ευκαιρία σε πολλούς μεγάλους κατασκευαστές να παρουσιάσουν τις δικές τους, απόλυτα ρεαλιστικές προτάσεις. Μάλιστα υπολογίζεται ότι μέχρι το 2020 τα αυτοκίνητα περίπου κατά το 20% θα χρησιμοποιούν για την κίνησή τους ενεργειακές κυψέλες, ποσοστό που το 2040 θα ανέλθει, σύμφωνα με τις μέχρι τώρα εκτιμήσεις, στο 38%.

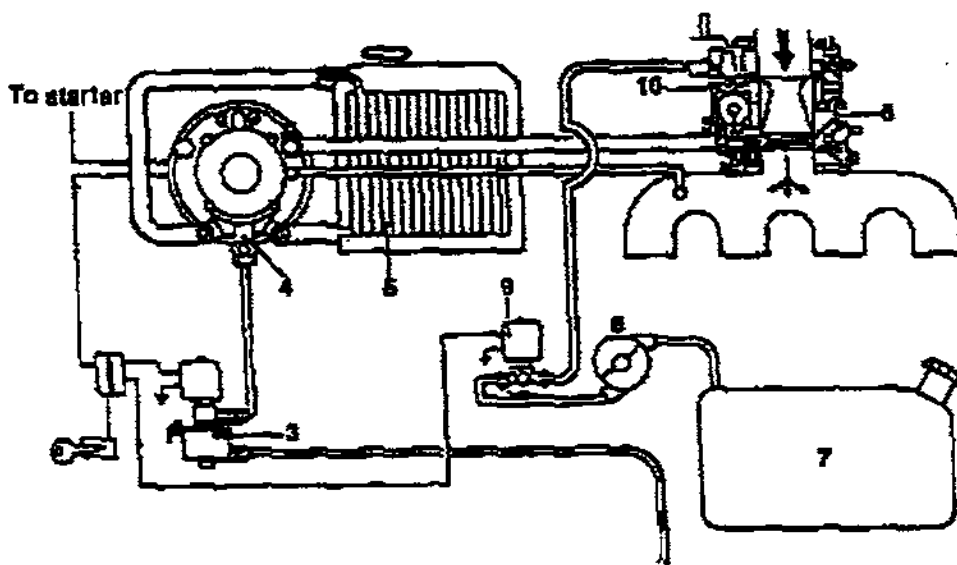
Τα πρώτα βήματα-προσπάθειες της BMW στον τομέα της υδρογονοκίνησης χρονολογούνται ήδη από τις αρχές του 2001, οπότε παρουσίασε ένα πειραματικό αυτοκίνητο, την 750 hL, το οποίο ήταν εφοδιασμένο με κινητήρα εσωτερικής καύσης που είχε υποστεί τις κατάλληλες μετατροπές έτσι ώστε να μπορεί να καταναλώνει, εκτός από βενζίνη, και καθαρό υδρογόνο. Η πρώτη ουσιαστικά απόπειρα βασίστηκε στην προηγούμενη σειρά 7. Ο κινητήρας του αυτοκινήτου, με κατάλληλες πάντα μετατροπές, μπορεί να καίει και υδρογόνο. Πρόκειται για ένα 12κύλινδρο, σε διάταξη V κινητήρα, χωρητικότητας 5.379 κ.εκ., που αποδίδει 200 ίππους με χρήση υδρογόνου και 320 ίππους με χρήση βενζίνης. Η διαφορά αυτή οφείλεται στη μικρότερη θερμογόνο δύναμη του υδρογόνου. Επίσης διαθέτει ειδικά σχεδιασμένη δεξαμενή χωρητικότητας 140 λίτρων υδρογόνου σε υγρή μορφή, καθώς και «κλασσικό ρεζερβουάρ» για τη βενζίνη. Η αυτονομία του οχήματος με υδρογόνο φτάνει τα 350 χιλιόμετρα, ενώ με χρήση και βενζίνης, τα 600 χιλιόμετρα. Η συγκεκριμένη της σειράς 7 είναι εφοδιασμένη και με μια μικρή συστοιχία ενεργειακών κυψελών, ισχύος 5 kW, που χρησιμοποιεί υδρογόνο για να παράγει ηλεκτρικό ρεύμα για τα ηλεκτρικά συστήματα του αυτοκινήτου, όταν ο κινητήρας είναι σβηστός. Η επιτάχυνση 0-100 χλμ./ώρα με καύσιμο το υδρογόνο απαιτεί 9,6 δευτερόλεπτα και η τελική ταχύτητα της 750hL φτάνει τα 226 χλμ/ώρα. Επίσης η BMW παρουσίασε και μια νέα υδρογονοκίνητη

έκδοση, την 745 h, η οποία έχει κινητήρα 184 ίππους. Στη συνέχεια η BMW παρουσίασε και μια υδρογονοκίνητη έκδοση του Mini.

Η Opel παρουσίασε το **Hydrogen 3** ένα πρωτότυπο πολυμορφικό υδρογονοκίνητο αυτοκίνητο τελευταίας τεχνολογίας. Η ανάγκη των αυτοκινητοβιομηχανιών για καθαρές λύσεις τις οδηγεί σε διαρκή αναζήτηση νέων τεχνολογιών. Θα πρέπει να καταλήξει όμως ως προς το ποιά είναι η πιο κατάλληλη, καθώς το κόστος της αλλαγής (τόσο στην εξέλιξη των αυτοκινήτων της νέας τεχνολογίας όσο και στη μετάλλαξη των σταθμών τροφοδοσίας) δεν αφήνει περιθώρια για πειραματισμούς και πιασούρια. Σύμφωνα με την GM, η προσφορότερη λύση είναι αυτή των ενεργειακών κυψελών. Η κεντρική ιδέα αυτής της τεχνολογίας έχει να κάνει με τη χημική αντίδραση του (αποθηκευμένου) υδρογόνου με το οξυγόνο της ατμόσφαιρας, όπου η εκλυόμενη ενέργεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική. Το παραγόμενο ηλεκτρικό ρεύμα, στην περίπτωση του Hydrogen 3, αντί να φορτίζει κάποιους συσσωρευτές, οδηγείται κατευθείαν σε έναν ασύγχρονο ηλεκτροκινητήρα 82 ίππων, του οποίου η μέγιστη ροπή φτάνει τα 215 Nm. Το αμάξωμα, συνολικού βάρους 1590 κιλών, φτάνει τα 100 χλμ./ώρα σε 16 sec., ενώ η τελική του ταχύτητα είναι 160 χλμ./ώρα. Το 90 κιλών ρεζερβουάρ, όπου αποθηκεύεται το υδρογόνο, φέρει εν μέρει την ευθύνη για το αυξημένο βάρος του αυτοκινήτου, αφού είναι έτσι κατασκευασμένο ώστε να αντέχει πίεση 700 bar. Με χωρητικότητα 68 λίτρα, το Hydrogen 3 έχει αυτονομία 270 χλμ.

## 5.2 Εναλλακτικό καύσιμο – υγραέριο

Ως εναλλακτικό καύσιμο το υγραέριο είναι διαθέσιμο σε μεγάλες ποσότητες. Επίσης, σε ότι αφορά στις ωφέλειες σε σχέση με το περιβάλλον από την αύξηση της χρήσης του υγραερίου, όλοι συμφωνούν ότι πρόκειται για ένα καθαρό και αποδοτικό καύσιμο.



*σχήμα 5.1 Σχηματικό διάγραμμα του συστήματος LPG: 1 Φιάλη LPG, 2 Εξωτερική βαλβίδα πλήρωσης, 3 Βαλβίδα κλεισίματος, 4 Αντλία τροφοδοσίας, 5 Σύστημα ψύξης, 6 Μονάδα ψύξης, 7 Δεξαμενή καυσίμου (βενζίνη), 8 Αντλία διοχέτευσης καυσίμου, 9 Βαλβίδα κλεισίματος βενζίνης, 10 Υπάρχον καρμπυρατέρ βενζίνης.*

Με τον όρο υγραέριο (ή LPG στη γλώσσα των ειδικών) αναφερόμαστε σε όλα τα υγροποιημένα αέρια, που προέρχονται από το πετρέλαιο. Το LPG είναι γνωστό από τις φιάλες, που προορίζονται για οικιακή χρήση. Το LPG που χρησιμοποιείται στα αυτοκίνητα είναι μίγμα



προπανίου και βουτανίου. Το καύσιμο αυτό έχει υψηλό αριθμό οκτανίου και επομένως δεν είναι απαραίτητη η προσθήκη μολύβδου ή άλλων προσθέτων. Επίσης δεν περιέχει θείο. Έτσι μπορεί να χρησιμοποιηθεί ελεύθερα και σε συνδιασμό με τριοδικό καταλύτη, επιτυγχάνοντας πολύ χαμηλές εκπομπές ρύπων.

Αντίθετα απ'ότι πιστεύεται, το υγραέριο δεν είναι ένα τοπικά (στα διάφορα διυλιστήρια) παραγόμενο καύσιμο, αλλά αποτελεί αντικείμενο διεθνούς εμπορίου. Το 65% παράγεται κατά τη διαδικασία εξόρυξης του πετρελαίου. Το υπόλοιπο παράγεται κατά την επεξεργασία του φυσικού αερίου και την κλασματική απόσταξη του πετρελαίου.

Στην Ολλανδία και την Ιταλία το υγραέριο είναι εδώ και πολλά χρόνια διαδεδομένο σαν εναλλακτικό καύσιμο για τα αυτοκίνητα, κυρίως λόγω της ανταγωνιστικής τιμής του. Τα αυτοκίνητα που καταναλώνουν υγραέριο, δεν είναι κατασκευασμένα έτσι από την αρχή, αλλά είναι εφοδιασμένα με ειδικές εγκαταστάσεις μετατροπής, διατηρώντας τη δυνατότητα να κινηθούν και με βενζίνη. Την εποχή της μεγάλης διάδοσης του υγραερίου στην Ολλανδία και την Ιταλία αναπτύχθηκε μία ολόκληρη βιομηχανία ανάλογων συστημάτων.

Το πιο απλό σύστημα υγραεριοκίνησης είναι αυτό που τοποθετείται σε αυτοκίνητα με καρμπυρατέρ. Μια βαλβίδα ανοίγει ή κλείνει την παροχή υγραερίου από την δεξαμενή προς έναν εξαεριοτή, που ταυτόχρονα λειτουργεί και σαν ρυθμιστής πίεσης. Λόγω της πτητικότητας του υγραερίου δεν χρειάζεται αντλία καυσίμου. Μετά την εξαέρωση, το υγραέριο περνά από έναν εναλλάκτη θερμότητας και πριν μπει στην εισαγωγή αναμιγνύεται με αέρα. Το σύστημα τροφοδοσίας βενζίνης παραμένει στη θέση του με τη μόνη διαφορά ότι η παροχή της βενζίνης μπορεί να διακόπτεται με μία

βαλβίδα. Η εκκίνηση του κινητήρα γίνεται με βενζίνη και στη συνέχεια με μια κίνηση κλείνει η βαλβίδα της βενζίνης και ανοίγει αυτή του υγραερίου.

Τα πρώτα χρόνια της διάδοσής του έγινε αντιληπτό, εκτός από την οικονομία, ότι το υγραέριο ήταν ένα ιδιαίτερα καθαρό καύσιμο. Με την ολοκληρωτική επικράτηση, όμως, των συστημάτων ψεκασμού βενζίνης στους κινητήρες των αυτοκινήτων έπρεπε να εξελιχθούν αντίστοιχα συστήματα και για το υγραέριο. Τα νέα αυτά συστήματα έχουν ήδη κάνει την εμφάνισή τους στην αγορά και τα αποτελέσματα από τη χρήση τους είναι ενθαρρυντικά.

Σήμερα δύο συστήματα είναι τα πιο σημαντικά. Το ένα ψεκάζει το υγραέριο σε αέρια φάση και το άλλο σε υγρή φάση. Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούν είτε ψεκασμό μονού σημείου είτε πολλαπλού σημείου. Το σύστημα ψεκασμού του υγραερίου σε αέρια φάση ονομάζεται MEGI (Multipoint Electronic Gas Injection) και στην αγορά είναι γνωστότερο ως MEGA. Ένα αυτοκίνητο με σύστημα MEGI κανονικά παίρνει μπροστά με το σύστημα βενζίνης και στη συνέχεια γίνεται μια πολύ ομαλή μετάβαση από το ένα καύσιμο στο άλλο. Όσο για την κατανάλωση, αυτή μπορεί σε λίτρα/100 χλμ. να είναι μεγαλύτερη με το υγραέριο αλλά, αν λάβουμε υπόψη μας το διαφορετικό ενεργειακό περιεχόμενο των δυο καυσίμων και κάνουμε τον υπολογισμό, καταλήγουμε στην ίδια περίπου κατανάλωση ενέργειας. Η κατανάλωση υγραερίου που μετρήθηκε ήταν σε ισοδύναμα λίτρα βενζίνης, περίπου, η ίδια με την αντίστοιχη κατανάλωση βενζίνης.

### 5.3 Ηλεκτροκίνηση-θετικά & αρνητικά στοιχεία

Η χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας είναι μια πολύ τεχνολογικά δυνατή λύση κυρίως για τον περιορισμό των ρύπων των αυτοκινήτων σε μηδενικά επίπεδα, βάζοντας το πρόβλημα της κατανάλωσης καυσίμου στο περιθώριο.

Σήμερα τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα έχουν φτάσει σ' ένα σημείο εξέλιξης που επιτρέπει πλέον τη διάθεσή τους στην αγορά, έστω και με κάποιους περιορισμούς στη χρήση τους. Το σημαντικότερο ωστόσο μειονέκτημά τους είναι αυτό της αυτονομίας, πρόβλημα που βρίσκεται σε άμεση συνάρτηση με την τεχνολογία των συσσωρευτών (μπαταριών) που χρησιμοποιούν. Η εξασφάλιση υψηλής αυτονομίας, όμως, δεν είναι η μοναδική απαίτηση από τους συσσωρευτές. Πρέπει παράλληλα να παρέχουν αρκετή ισχύ για την επιτάχυνση του αυτοκινήτου, να καταλαμβάνουν το μικρότερο δυνατό χώρο και να έχουν μικρό βάρος. Μικρός πρέπει να είναι και ο χρόνος επαναφόρτισής τους και, φυσικά, θα πρέπει να μπορούν να επαναφορτίζονται πάρα πολλές φορές κατά τη διάρκεια της ζωής τους και να μην έχουν άλλες σημαντικές απαιτήσεις συντήρησης. Όμως οι ιδανικοί συσσωρευτές δεν έχουν βρεθεί ακόμα. Στον αντίποδα, σημαντική πρόοδος έχει σημειωθεί όσον αφορά το χρόνο επαναφόρτισης των συσσωρευτών. Έτσι για παράδειγμα, σήμερα υπάρχουν μπαταρίες νικελίου-χλωριούχου νατρίου που μπορούν να επαναφορτίζονται πλήρως σε πέντε ώρες, ενώ, αν έχουν εκφορτιστεί μόνο κατά το ήμισυ, η φόρτισή τους μπορεί να συμπληρωθεί σε πενήντα λεπτά.

Παρά τις εξελίξεις αυτές όμως, τα ηλεκτροκίνητα οχήματα διατηρούν κάποια προβλήματα που δεν έχουν λυθεί μέχρι τώρα, συγκρινόμενα με αυτοκίνητα άλλων τεχνολογιών, καθώς και από τα συμβατικά. Έτσι οι επιδόσεις των ηλεκτρικών αυτοκινήτων είναι ασθενικές και απλώς

επιτρέπουν την χωρίς πρόβλημα ενσωμάτωσή τους στην κυκλοφορία. Επίσης η αυτονομία τους στην καλύτερη περίπτωση φτάνει τα 120-130 χιλιόμετρα, πράγμα που σημαίνει την ανάγκη συχνής επαναφόρτισης των συσσωρευτών τους η οποία στην πράξη διαρκεί πολλές ώρες (οκτώ έως δέκα). Γι'αυτό χρειάζεται η κατάλληλη υποδομή, η οποία δεν υπάρχει, ειδικά στην Ελλάδα. Ακόμα όμως, κι αν υπήρχε η απαραίτητη υποδομή, η χρήση των ηλεκτρικών αυτοκινήτων θα σημάνει αρκετές αλλαγές στις συνήθειές μας. Και εκεί βρίσκεται η μεγαλύτερη δυσκολία, στη διάδοση της χρήσης τους. Τη λύση σ'αυτό το πρόβλημα οι αυτοκινητοβιομηχανίες προσπαθούν να την δώσουν με εναλλακτικές προτάσεις, όπως τα **υβριδικά αυτοκίνητα**.

#### **5.4 Υβριδικά αυτοκίνητα**

Τα υβριδικά αυτοκίνητα είναι η πρόταση της νέας τεχνολογίας για εξασφάλιση οικονομίας και περιορισμό των ρύπων. Τα υβριδικά αυτοκίνητα προσπαθούν να συνδυάσουν τα πλεονεκτήματα των ηλεκτρικών και των συμβατικών αυτοκινήτων, με βενζινοκινητήρα ή Diesel. Ο συνδυασμός δηλαδή των πλεονεκτημάτων της ηλεκτροκίνησης με εκείνα των κινητήρων εσωτερικής καύσης έχει ως στόχο τη μείωση της κατανάλωσης του βενζινοκινητήρα και κατ'επέκταση της εκπομπής ρύπων. Χρησιμοποιούν μηχανή εσωτερικής καύσης και ηλεκτροκινητήρα μαζί με μια συστοιχία μπαταριών. Η μπαταρία φορτίζεται από τον βενζινοκινητήρα και δεν χρειάζεται να συνδέεται το αυτοκίνητο με το ηλεκτρικό δίκτυο, διαδικασία ιδιαίτερα χρονοβόρα και προβληματική όπως δείχνει η πείρα από την χρήση καθαρά ηλεκτροκίνητων αυτοκινήτων. Η λογική πίσω από την λειτουργία των υβριδικών αυτοκινήτων, είναι η χρήση του καθενός από τα συστήματα

κίνησης στον τομέα όπου αυτό είναι καλύτερο. Πρέπει να πούμε πως υπάρχουν διάφορες διατάξεις και η καθεμιά τους έχει διαφορετικούς στόχους και χρήσεις, η γενική αρχή λειτουργίας πάντως είναι η εξής:

Σε χαμηλές ταχύτητες, κυρίως μέσα στην πόλη δηλαδή, λειτουργεί ο ηλεκτροκινητήρας κινώντας το αυτοκίνητο αθόρυβα και χωρίς ρύπους, όταν οι απαιτήσεις σε ισχύ αυξηθούν-ή πέσει η τάση στις μπαταρίες -λειτουργεί και ο βενζινοκινητήρας. Όταν χρειαστεί το μέγιστο της ισχύος του αυτοκινήτου (σε ένα προσπέρασμα για παράδειγμα) συνήθως υπάρχει η δυνατότητα να δουλεύουν ταυτόχρονα και ο ηλεκτροκινητήρας και ο βενζινοκινητήρας. Τα οφέλη είναι πολύ περισσότερα από όσα φαίνονται εκ πρώτης όψεως. Για παράδειγμα αποφεύγεται η λειτουργία του βενζινοκινητήρα κρύου και με μεγάλο φορτίο όπως συμβαίνει στα συμβατικά αυτοκίνητα κατά το ξεκίνημά τους και έτσι αποφεύγεται μεγάλο μέρος της ρύπανσης. Επειδή ο βενζινοκινητήρας δεν είναι υποχρεωμένος να λειτουργεί συνέχεια, μιάς και ο ηλεκτροκινητήρας μπορεί να ξεκινά και να σταματά σχεδόν ακαριαία, η μηχανή σβήνει στα φανάρια και γενικά όποτε το όχημα είναι σε στάση, αποφεύγοντας έτσι την σπατάλη που έχουμε σήμερα. Ακόμα στα υβριδικά αυτοκίνητα είναι δυνατόν να σχεδιαστεί ο βενζινοκινητήρας για να δουλεύει σε μία μικρή περιοχή στροφών με την βέλτιστη απόδοση.

Το πιο εντυπωσιακό χαρακτηριστικό όμως των υβριδικών αυτοκινήτων (και κάτι που το έχουν κληρονομήσει από τα ηλεκτροκίνητα) είναι η δυνατότητα του ηλεκτροκινητήρα να λειτουργεί κατά την διάρκεια του φρεναρίσματος σαν γεννήτρια φορτίζοντας τις μπαταρίες και διευκολύνοντας το έργο των φρένων, εξοικονομώντας έτσι μεγάλα ποσά ενέργειας που αλλιώς θα πήγαιναν χαμένα.

Το δυσκολότερο κομμάτι στη σχεδίαση ενός τέτοιου οχήματος είναι ο τρόπος σύνδεσης του ηλεκτροκινητήρα με τον βενζινοκινητήρα, καθώς επίσης και το σύστημα ελέγχου τους. Εδώ οι κατασκευαστές έχουν να παρουσιάσουν διάφορες διατάξεις ανάλογα το κόστος και το είδος χρήσης.

Η πιο απλή λύση είναι η εκ των υστέρων τοποθέτηση σε ένα δικίνητο αυτοκίνητο ενός (ή καλύτερα δυο) ηλεκτροκινητήρων που να κινούν τους άλλους δυο τροχούς. Η λύση αυτή αν και δεν είναι η καλύτερη από πλευράς ενεργειακής εκμετάλλευσης είναι πολύ καλή από χωροταξική άποψη (σε σχέση με ένα συμβατικό τετρακίνητο όχημα). Μια άλλη λύση είναι η σύνδεση ηλεκτροκινητήρα και βενζινοκινητήρα σε ένα κοινό σύστημα μετάδοσης όπως χρησιμοποιείται στο Toyota Prius με εντυπωσιακά αποτελέσματα όσον αφορά την κατανάλωση και την απόδοση. Ίσως ακόμα πιο εντυπωσιακά όμως είναι τα μηχανικά μέρη του Honda Insight. Εδώ χρησιμοποιείται ένας ηλεκτροκινητήρας ανάμεσα στον βενζινοκινητήρα και το κιβώτιο ταχυτήτων. Αν και έτσι ο βενζινοκινητήρας είναι σε λειτουργία συνεχώς όσο το αυτοκίνητο κινείται, η οικονομία και η απόδοση του συνδυασμού αυτού είναι εντυπωσιακή. Ακόμα λόγω των μικρών διαστάσεών του είναι πολύ εύκολο να ενσωματωθεί σε ήδη υπάρχοντα μοντέλα χωρίς μεγάλες μετατροπές.

#### 5.4.1 Toyota PRIUS II



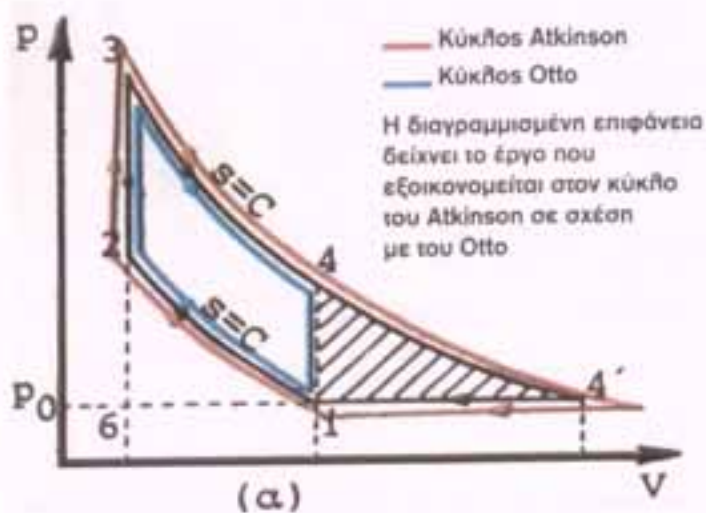
*σχήμα 5.2 Toyota Prius II*

Το πρώτο υβριδικό Prius παρουσιάστηκε το 1997 και μετά από τρία χρόνια κυκλοφόρησε στην Ευρώπη και την Αμερική. Το 2003 ήρθε μια νέα πρόταση με το Prius II. Η νέα αυτή υβριδική πρόταση συγκρητικά και με το προηγούμενο είναι σαφώς βελτιωμένο με μικρότερη κατανάλωση που δεν ξεπερνάει κατά μέσο όρο τα 4,3 λίτρα /100 χλμ., και χαμηλότερη εκπομπή ρύπων. Το στοιχείο που κάνει αυτό το Toyota υβριδικό είναι η τεχνολογία **Hybrid Synergy Drive System** η οποία συνδυάζει έναν συμβατικό 16βάλβιδο 1500άρη βενζινοκινητήρα 78 ίππων και 11,7 kgm ροπής, μ'έναν ηλεκτροκινητήρα 500 V μόνιμου μαγνήτη ο οποίος αποδίδει 50 kw από τις 1200 έως τις 1540 rpm και 40,8 kgm ροπής. Δυο κινητήρες, ένας βενζινοκινητήρας κι ένας ηλεκτρικός, είναι συνδεδεμένοι παράλληλα, ώστε ο ηλεκτροκινητήρας είτε να υποκαθιστά τον θερμικό όπου δεν χρειάζεται

(σε συνθήκες κίνησης) είτε να τον υποβοηθά όταν αυτός έχει αυξημένο φορτίο. Ο θερμικός λειτουργεί μόνο όπου χρειάζεται, στα φανάρια για παράδειγμα σβήνει, και τις στάνταρ λειτουργίες (όπως φώτα, ηχοσύστημα ή τον πρώτο εξ'ολοκλήρου ηλεκτρικό κλιματισμό) τις αναλαμβάνει μοτέρ. Ένας πανίσχυρος υπολογιστής ρυθμίζει την παραγόμενη ισχύ των δύο κινητήρων με γνώμονα τη μέγιστη δυνατή απόδοση ανάλογα με τις συνθήκες. Για παράδειγμα, στο σταμάτα-ξεκίνα της πόλης και εφόσον η μπαταρία είναι καλά φορτισμένη, το Prius μπορεί να κινηθεί μόνον από τον ηλεκτροκινητήρα, αλλά με μικρή ταχύτητα ή σε κατήφορο. Στον ανοιχτό δρόμο και με λογική ταχύτητα ταξιδιού, ο βενζινοκινητήρας κάνει διπλή δουλειά. Κινεί, μέσω ενός ηλεκτρονικά ελεγχόμενου κιβωτίου συνεχώς μεταβαλλόμενης σχέσης (E-CVT), τους μπροστινούς τροχούς και παράλληλα μια γεννήτρια η οποία με τη σειρά της δίνει κίνηση στον ηλεκτροκινητήρα που φορτίζει την καινούργια, μικρότερη και ελαφρύτερη μπαταρία νικελίου-υδριδίου μετάλλου η οποία βρίσκεται κάτω από τα καθίσματα.

Ο θερμικός κινητήρας λειτουργεί περισσότερο πάνω στον κύκλο Atkinson παρά στον Otto. Η διαφορά των δυο κύκλων έχει να κάνει με τη διαφορά που μπορούμε με οποιονδήποτε τρόπο να επιτύχουμε ανάμεσα στη διαδρομή συμπίεσης και στη διαδρομή εκτόνωσης ενός κυλίνδρου. Στην περίπτωση του Prius II αυτή επιτυγχάνεται χάρη στο μεταβλητό χρονισμό των βαλβίδων εισαγωγής. Η διαφορά αυτή έχει ως αποτέλεσμα την εξοικονόμηση έργου, όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα.





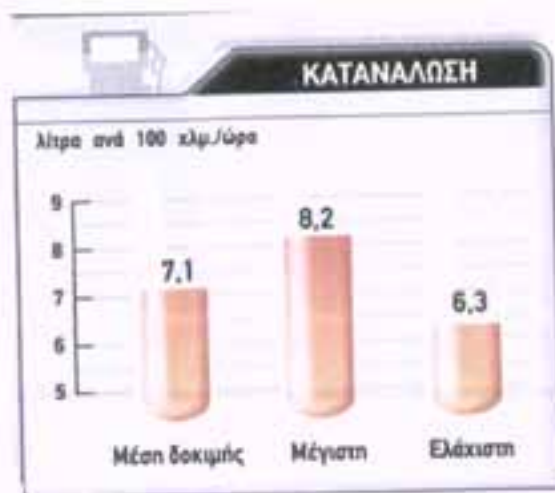
σχήμα 5.3 Διάγραμμα  $p$ - $V$  (Atkinson, Otto)

#### 5.4.2 Honda Civic IMA

Η πρόταση της Honda με υβριδική τεχνολογία είναι το νέο Civic IMA. Το IMA είναι ένα ενσωματωμένο σύστημα υποβοήθησης του κινητήρα, όπως αποκαλύπτει και η αποκρυπτογράφηση των αρχικών – Integrated Motor Assist-.

Ένας 1300αρης κινητήρας εσωτερικής καύσης που με τη βοήθεια ενός ηλεκτροκινητήρα 10 kw επιτυγχάνει επιδόσεις ενός μεγαλύτερης χωρητικότητας συνόλου, με μικρότερη, όμως, κατανάλωση και χαμηλότερη εκπομπή ρύπων. Η υλοποίηση του σχεδίου «υβριδική τεχνολογία στην ευρεία παραγωγή» ξεκίνησε για την Honda πριν από περίπου 4 χρόνια. Το Insight ήταν η πρώτη απόπειρα, κερδίζοντας μάλιστα και τον τίτλο του «κινητήρα της χρονιάς» το 2000. Στη δεύτερη γενιά, το IMA διατηρεί τη βασική διάταξη, με τον ηλεκτροκινητήρα συνδεδεμένο απευθείας στο στροφαλοφόρο του κινητήρα εσωτερικής καύσης να λειτουργεί ως σύστημα εκκίνησης, ως βοηθητική πηγή ισχύος σε συνθήκες υψηλού φορτίου

(επιτάχυνση-ανηφόρες) και ως γεννήτρια για τη φόρτιση των μπαταριών κατά την επιβράδυνση.



σχήμα 5.4 Πίνακας κατανάλωσης Honda Civic IMA

Επίσης η προτροπή για αλλαγή ταχύτητας σε χαμηλό αριθμό στροφών μέσω των αντίστοιχων φωτεινών «εντολών» στον πίνακα οργάνων, αλλά και οι φωτεινές ενδείξεις κατάστασης λειτουργίας του ηλεκτροκινητήρα, βάζουν τον οδηγό σε μία λογική χαμηλής κατανάλωσης, τουλάχιστον κατά την οδήγηση στην πόλη. Αλλά και σε μικτές συνθήκες οδήγησης, υπεραστικές-επαρχιακές διαδρομές, η κατανάλωση δεν αυξάνεται σημαντικά, επιβεβαιώνοντας στην πράξη την αποτελεσματικότητα του συστήματος IMA, αφού κυμαίνεται από 6,8 έως 8,2 λίτρα /100κλμ., τιμές εφάμιλλες του υβριδικού ανταγωνισμού του Prius.



σχήμα 5.5 Honda Civic IMA

## 5.5 Κινητήρες DIESEL

Η εξέλιξη του κινητήρα Diesel τα τελευταία χρόνια μας έχει δώσει αυτοκίνητα με εντυπωσιακές δυνατότητες σε απόδοση και κατανάλωση και κυρίως στον συνδυασμό τους. Την νέα τεχνολογία ακολουθούν αυτοκίνητα στην αγορά όπως το Audi 1,2 Tdi ή VW Lupo 3L. Που καταναλώνουν εξίσου λίγο με τα υβριδικά αυτοκίνητα (κοντά στο «μαγικό» νούμερο των 3λιτρων /100χλμ.) χωρίς την χρήση ηλεκτροκινητήρα.



*σχήμα 5.6 VW Lupo με κατανάλωση τα 3 λίτρα /100χλμ.*

### 5.5.1 Κινητήρες Diesel άμεσου ψεκασμού

Αντίθετα με την βενζίνη, η τεχνολογία άμεσου ψεκασμού στους κινητήρες Diesel δεν είναι και τόσο νέα στην εφαρμογή της, αφού έχει αρχίσει εδώ και πολλά χρόνια να υιοθετείται στα βαρέα οχήματα. Η εξέλιξη της τεχνολογίας των ηλεκτρονικών μικροϋπολογιστών επέτρεψε τον ψεκασμό σε δυο στάδια. Τα κύρια χαρακτηριστικά εδώ είναι η αύξηση της θερμοδυναμικής απόδοσης του κινητήρα, η μείωση της κατανάλωσης, πάνω από 15% σε σχέση με τους κινητήρες Diesel έμμεσου ψεκασμού και πολύ πάνω από 30% σε σχέση με τους κινητήρες βενζίνης, και κατά συνέπεια η μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Για την λειτουργία των κινητήρων άμεσου ψεκασμού χρειάζονται υψηλότερες πιέσεις στην τροφοδοσία του καυσίμου, πολύ υψηλότερες από τις ήδη υψηλές πιέσεις τροφοδοσίας των κινητήρων Diesel παλαιότερης τεχνολογίας.

Στον τομέα αυτό έχουμε το πρώτο όχημα με κατανάλωση μικρότερη του ενός λίτρου. Μια καινοτομία που δείχνει την πρόοδο που έχει σημειώσει η αυτοκινητοβιομηχανία στον τομέα των κινητήρων Diesel άμεσου ψεκασμού.

Στις 16 Απριλίου 2002 λοιπόν, η VW παρουσίασε ένα καινοτόμο μοντέλο το οποίο κατανάλωνε 0,99 λίτρα/100χλμ. Αποτελεί μια τεχνολογική καινοτομία και τα τεχνικά χαρακτηριστικά του, είναι επίσης εντυπωσιακά. Έτσι, το βάρος του έχει περιοριστεί στα 290 κιλά, αφού το αμάξωμα αποτελείται από ανθρακονήματα και συνθετικά υλικά, που καλύπτουν το πλαίσιο, το οποίο όμως δεν είναι αλουμινένιο, αλλά από μαγνήσιο. Το μήκος ανέρχεται στα 3,65 μέτρα, το πλάτος όμως είναι μόλις 1,25 μέτρα, αφού οι δύο θέσεις βρίσκονται η μία πίσω από την άλλη κι όχι δίπλα. Ο πετρελαιοκινητήρας άμεσου ψεκασμού των περίπου 0,3 λίτρα (με έναν κύλινδρο), αποδίδει 8,5 ίππους στις 4000 σ.α.λ., ενώ η χωρητικότητα του

ρεζερβουάρ των 6,5 λίτρων εξασφαλίζει στο όχημα 650 περίπου χιλιόμετρων. Ακόμα και οι ζάντες κατασκευάστηκαν κι αυτές από πανάλαφρο συνθετικό υλικό, ενώ και τα καθίσματα δημιουργήθηκαν με βάση το μαγνήσιο. Επίσης το αυτοκίνητο διαθέτει ένα πολύ αεροδυναμικό σχήμα (συντελεστής  $C_d=0,159$ ).



σχήμα 5.7 Το μονόλιτρο της VW.

### 5.5.2 Common rail τρίτης γενιάς

Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο η τεχνολογία **common rail** ήταν μια καινοτομία στους κινητήρες Diesel με αυτούς πρώτης και δεύτερης γενιάς. Στο τρίτης γενιάς σύστημα **common rail** της γερμανικής Bosch γίνεται εκμετάλλευση του πιεζοηλεκτρικού φαινομένου, της πρόκλησης δηλαδή πόλωσης μέσω πίεσης σε ειδικά μονωτικά υλικά, στα μπεκ καυσίμου. Σύμφωνα με την ίδια την εταιρία, οι μηχανικοί έχουν καταφέρει να μειώσουν ακόμα περισσότερο τους εκπεμπόμενους ρύπους, το θόρυβο λειτουργίας του κινητήρα, καθώς και τη μέση κατανάλωση καυσίμου.

## 5.6 Βενζινοκινητήρες

### 5.6.1 Σύστημα “Twinport” Opel Astra

Ένας από τους πιο απλούς τρόπους εξοικονόμησης είναι το φτωχότερο μίγμα. Αυτό σημαίνει περισσότερο αέρα ανά μονάδα βενζίνης, που συναπάγεται μεγαλύτερη πίεση στο τέλος της φάσης συμπίεσης, υψηλότερη θερμοκρασία και επομένως μεγαλύτερη απόδοση ανά κύκλο με την ίδια ποσότητα βενζίνης. Το πρόβλημα που προκύπτει είναι ότι χρειαζόμαστε πρόσθετους καταλύτες και βενζίνη χωρίς θειάφι, κι αυτό γιατί δεν μπορούμε να έχουμε αέρα χαμηλής περιεκτικότητας σε οξυγόνο όταν κινούμαστε με μισό γκάζι. Μια καλή λύση είναι να αναμιγνύουμε τον φρέσκο αέρα με καυσαέρια του προηγούμενου κύκλου, δηλαδή η τεχνολογία ERG (Exhaust Gas Recirculation) που ουσιαστικά αποτελείται από έναν σωλήνα που ανακυκλώνει μέρος των καυσαερίων, οδηγώντας τα πίσω στον αυλό εισαγωγής. Στην περίπτωση αυτή όμως απαιτείται ομογενοποίηση του μίγματος για να μην έχουμε συμπαγείς περιοχές καυσαερίων μέσα στο θάλαμο. Αυτό ακριβώς κάνει η τεχνολογία **Twinport**. Όσο ο κινητήρας αποδίδει κάτω από το 50% της ισχύος, το μίγμα εμπλουτίζεται με καυσαέρια μέχρι και τα 25%. Μια ηλεκτρονικά ελεγχόμενη πεταλούδα κλείνει τον αυλό της μιάς από τις βαλβίδες εισαγωγής, οδηγώντας έτσι ολόκληρη τη ροή να περάσει από τη μια βαλβίδα και να εισχωρήσει στον κύλινδρο με έντονο στροβιλισμό, άρα και ομογενοποιημένη. Επιπροσθέτως υπάρχει και μεταβλητός χρονισμός του αυλού εισαγωγής, αν και δεν έχει διευκρινιστεί αν λαμβάνεται υπόψη μόνο ο αριθμός στροφών ή και το ποσοστό των ανακυκλωμένων καυσαερίων.



*σχήμα 5.8 Νεο Opel Astra*

Την τεχνολογία αυτή την πρωτοσυναντήσαμε στον κινητήρα 1,4 του Opel Astra που παρουσιάστηκε μαζί με το νέο Corsa. Τώρα, η τεχνολογία Twinport επεκτείνεται και στα 1,6 λίτρα με απόδοση 105 ίππων και υποσχέσεις για μέση κατανάλωση που δεν θα ξεπερνά τα 6,6 λίτρα / 100χλμ.



*σχήμα 5.9 Σύστημα Twinport*

## 5.6.2 TOYOTA (άμεσος ψεκασμός & D-Cat)

Η Toyota, παρουσιάζει δυο νέες εκδόσεις με την τεχνολογία του άμεσου ψεκασμού η οποία κερδίζει συνεχώς έδαφος λόγω των καλύτερων χαρακτηριστικών καύσης. Το αποτέλεσμα είναι η καλύτερη απόδοση, η μικρότερη κατανάλωση και, κατά συνέπεια, οι λιγότερες εκπομπές ρύπων. Ο νέος κινητήρας που μπήκε στο Avensis είναι βασισμένος σε εκείνον του πολυμορφικού Previa, με τις διαφορές να εντοπίζονται στο σύστημα άμεσου ψεκασμού και την κεφαλή. Αυτές οι αλλαγές έχουν αυξήσει την ιπποδύναμη στους 163 ίππους/ 5800 σ.α.λ., ενώ η ροπή πλέον αγγίζει τα 23,4 χλγμ./3800 σ.α.λ. Κύρια χαρακτηριστικά του κινητήρα αποτελούν το πολύ μικρό βάρος και η σχετικά υψηλή πίεση ψεκασμού, που κυμαίνεται από 80 μέχρι 130 bar. Με τον συγκεκριμένο κινητήρα, το Avensis επιταχύνει από στάση στα 100 χλμ./ώρα σε 9,1 sec., επιτυγχάνει τελική ταχύτητα της τάξης των 220 χλμ./ώρα, ενώ η μέση κατανάλωση είναι 9,5 λίτρα /100 χλμ.

Το σύστημα D-Cat συνδιάζει τεχνολογικές καινοτομίες τόσο στον τομέα του κινητήρα όσο και στο σύστημα εξαγωγής, συνθέτοντας έναν από τους «καθαρότερους» κινητήρες εσωτερικής καύσης. Ο 2λιτρος κινητήρας που συνδιάζεται με το σύστημα D-Cat βασίζεται στο γνωστό 2λιτρο D-4D, ο οποίος έχει υποστεί μετατροπές σε τριάντα τμήματα. Την τροφοδοσία του κινητήρα με καύσιμο εξασφαλίζει το δεύτερης γενιάς σύστημα **common rail**. Η πίεση του καυσίμου φτάνει τα 1800 bar, ενώ σε κάθε κύκλο μπορούν να πραγματοποιηθούν συνολικά μέχρι τρεις ψεκασμοί. Η συγκεκριμένη πρακτική μειώνει τις εκπομπές των οξειδίων του αζώτου (NOx), ενώ επιτυγχάνει και αποτελεσματικότερη καύση, κάτι που συνεπάγεται ομαλότερη λειτουργία.



## **5.7 Νέες τεχνολογίες (Εκθεση Φραγκφούρτης) Οκτώβριος 2001**

### **5.7.1 Προτάσεις με καύσιμο το υδρογόνο**

Μαζί με τη νέα σειρά «7» η Βαυαρική φίρμα παρουσίασε και την «745h», μια πειραματική έκδοση που κινείται με υδρογόνο. Η κύρια δυσκολία με το υδρογόνο είναι η μεταφορά του με το αυτοκίνητο. Προκειμένου να είναι ασφαλές το υδρογόνο, πρέπει να μεταφέρεται σε υγρή μορφή. Για να υγροποιηθεί το υδρογόνο, απαιτείται πολύ χαμηλή θερμοκρασία (-253°) σε πολύ υψηλή πίεση (5 bar). Η BMW συνεργάστηκε με την εταιρία βιομηχανικών αερίων Linde για την κατασκευή ρεζερβουαρ που να διατηρούν τόσο χαμηλές θερμοκρασίες και να αντέχουν σε τόσο υψηλές πιέσεις. Οι υπεύθυνοι του ερευνητικού προγράμματος δηλώνουν ότι, με την τεχνολογία που έχουν εξελίξει, η χρήση του υδρογόνου δεν είναι περισσότερο επικίνδυνη από εκείνη της βενζίνης. Η BMW πιστεύει ότι το 2010 θα αρχίσουν οι πωλήσεις των πρώτων αυτοκινήτων παραγωγής που θα χρησιμοποιούν καύσιμο υδρογόνο και ελπίζει ότι το 2020 το 25% των αυτοκινήτων θα κινείται με υδρογόνο.

### **5.7.2 Υβριδικά αυτοκίνητα παραγωγής από την TOYOTA**

Η Ιαπωνική εταιρία ήδη παράγει κανονικά και διαθέτει στην Ευρωπαϊκή αγορά το PRIUS. Το αυτοκίνητο αυτό χρησιμοποιεί το παράλληλο υβριδικό σύστημα THS. Ο κινητήρας εσωτερικής καύσης και ο ηλεκτροκινητήρας είναι συνεχώς συνδεδεμένοι με ένα έξυπνο αυτόματο σύστημα μετάδοσης, με πλανητικούς μηχανισμούς. Χάρη σ'αυτό, το αυτοκίνητο μπορεί να κινείται είτε με τον κάθε κινητήρα ανεξάρτητα είτε με

και με τους δυο ταυτόχρονα. Οι μπαταρίες φορτίζονται αυτόματα κατά την κίνηση του αυτοκινήτου. Με το σύστημα THS το Prius πετυχαίνει μείωση των ρύπων κατά 75% σε σχέση με τα ισχύοντα όρια, ενώ η μέση κατανάλωσή του είναι μειωμένη κατά 20-30% με αντίστοιχη μείωση εκπομπής των αερίων που επιδεινώνουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Στην πυκνή κυκλοφορία, όταν το αυτοκίνητο σταματάει, ο κινητήρας σβήνει αυτόματα. Το A/C συνεχίζει να λειτουργεί χάρη στον ηλεκτροκινητήρα. Όταν ο οδηγός πατήσει γκάζι, ο μάντλας εμπλέκεται, ο ηλεκτροκινητήρας γυρίζει το στροφαλοφόρο και το αυτοκίνητο ξεκινά, ενώ ταυτόχρονα ο κινητήρας εσωτερικής καύσης παίρνει πάλι μπροστά. Με αυτό το σύστημα η κατανάλωση μειώνεται κατά 15%.

### **5.7.3 Προτάσεις ενεργειακών κυψελών**

Στην Φραγκφούρτη η Mercedes παρουσίασε δυο νέα πρωτότυπα ενεργειακών κυψελών, το Necar 4 και το Necar 5. Οι ενεργειακές κυψέλες είναι χημικοί αντιδραστήρες που παράγουν ηλεκτρική ενέργεια από την ελεγχόμενη χημική αντίδραση της ένωσης υδρογόνου και οξυγόνου για το σχηματισμό νερού. Στο Necar 4 το υδρογόνο μεταφέρεται σε υγρή μορφή από το αυτοκίνητο. Στο Necar 5 το υδρογόνο παράγεται κατά την κίνηση του αυτοκινήτου από την μετατροπή μεθανόλης. Έτσι η Mercedes παρουσίασε ένα αυτοκίνητο της σειράς «A» που κινείται με το Necar 5. Στην διαδικασία αυτή των ενεργειακών κυψελών μπήκε και η Ford παρουσιάζοντας ένα Focus που κινείται με αυτόν τον τρόπο. Το ίδιο έκανε και η Hyundai.

#### **5.7.4 Προτάσεις – common rail**

Στον τομέα αυτό η Ford παρουσίασε δυο νέους πετρελαιοκινητήρες άμεσου ψεκασμού που χρησιμοποιούν την τεχνολογία common rail. Ο δίλιτρος TDCi και ο 1,4 TDCi. Την τεχνολογία common rail χρησιμοποιεί και η Toyota στη νέα πετρελαιοκίνητη έκδοση D-4D του Yaris. Ο νέος κινητήρας της Toyota έχει χωρητικότητα 1,4 λίτρων, ισχύ 75 ίππων και ροπή 17,3 χλγμ. Από τις 2000 έως τις 2800 σ.α.λ. η μέση κατανάλωση για το πετρελαιοκίνητο Yaris είναι μόλις 4,2 λίτρα/100 χλμ.

#### **5.8 Γενική αποτίμηση – συμπεράσματα**

Η προσπάθεια που γίνεται από τις αυτοκινητοβιομηχανίες για την κατασκευή του αυτοκινήτου που θα καταναλώνει όσο το δυνατόν λιγότερες ποσότητες καυσίμου, δέχεται συνεχώς την πρόκληση της εξέλιξης της τεχνολογίας σε όλα τα επίπεδα. Ο συνδιασμός λοιπόν των στοιχείων που αναπτύχθηκαν σε αυτήν την εργασία, δημιουργεί ένα σύνολο για οικονομική μετακίνηση, με ταυτόχρονη αύξηση της απόδοσης του οχήματος.

Η τεχνολογία λοιπόν, εξελισσόμενη σε επίπεδα πολύ υψηλά, μας επιτρέπει να έχουμε φτάσει μέχρι το σημείο να συγκρίνουμε βενζινοκινητήρες άμεσου ψεκασμού με πετρελαιοκινητήρες άμεσου ψεκασμού ή ακόμα και με κινητήρες common rail. Πράγμα που θα φάνταζε αδιανόητο παλαιότερα. Τα συστήματα αυτά, όπως προαναφέρθησαν, έχουν εξελιχθεί τόσο, ώστε να ελαχιστοποιούν τις απώλειες καύσης ή ψεκασμού. Έτσι συγκριτικά με οχήματα προηγούμενων δεκαετιών, παρατηρούμε μία οικονομικότερη κατανάλωση, η οποία έχει φτάσει να αγγίζει τα 3

λίτρα/100χλμ. (όπως το Lupo της VW) ή σε πρωτότυπα εταιρειών όπως το μονόλιτρο της VW που αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο.

Επίσης σε αυτό συμβάλλουν και τα ελαστικά του οχήματος, τα οποία κατασκευάζονται με σκοπό εκτός από την αντοχή και την ασφάλεια, να παρέχουν και τις προϋποθέσεις για την οικονομικότερη μετακίνηση του αυτοκινήτου, μειώνοντας πολλές από τις απώλειες που μπορεί να υποστεί ένα ελαστικό. Έτσι δίνεται σημασία στην πρόσφυση που προσφέρει κυρίως το πέλμα, την αντίσταση κύλισης, την πίεση, το υλικό κατασκευής, το σχέδιο των αυλακιών καθώς και άλλα. Παράδειγμα ελαστικού που σχεδιάστηκε κυρίως γι' αυτόν τον σκοπό είναι προς το παρόν το Michelin Energy, το οποίο παρουσιάζει μείωση κατανάλωσης καυσίμου μέχρι και 5% σε σχέση με τον προκάτοχό του, όπως και το ContiEcoContact 3 της Continental.

Όμως η απόδοση του αυτοκινήτου, όπως και η κατανάλωση καυσίμου, εξαρτώνται άμεσα από το βάρος του αμαξώματος, καθώς και από την μορφή του. Γι' αυτό όπως είδαμε, η τεχνολογία έχει να προτείνει μια πληθώρα υλικών για κατασκευή αμαξώματος, όπου τα χαρακτηριστικά τους είναι κατ'εξοχήν το μικρό τους βάρος, όπως το αλουμίνιο, τα πολυμερή, τα συνθετικά υλικά, το μαγνήσιο-τιτάνιο κ.α. Παράλληλα η μορφή των αμαξωμάτων, λόγω της αντίστασης του αέρα στην κίνηση του οχήματος, ολοένα βελτιωνόταν με αποτέλεσμα σήμερα η αεροδυναμική να δεσπόζει στα σύγχρονα αυτοκίνητα, με ανάλογα τεστ, που συμβάλλουν στην τελική μορφή του οχήματος (με περισσότερα καμπύλα τμήματα) και κατ'επέκταση στην οικονομικότερη κατανάλωση καυσίμου, αφού έτσι λιγοστεύει η αντίσταση του αέρα, λόγω μορφής και επιφάνειας. Αυτό καταγράφεται με τον αεροδυναμικό συντελεστή Cd που προαναφέραμε. Η τεχνολογία σε αυτόν τον τομέα έχει φτάσει σε επίπεδα όπου ο αεροδυναμικός συντελεστής

κυμαίνεται αρκετά κάτω από το (0,30), συγκριτικά με παλαιότερα όπου κυμαινόταν σε μεγαλύτερης τάξης νούμερα.

Συνεπώς, όλα τα παραπάνω, με τους κατάλληλους συνδιασμούς και την προσθήκη νέων τεχνολογιών, που συνεχώς εξελίσσονται, βαδίζουμε ολοένα και περισσότερο σε αυτοκίνητα οικονομικότερης κατανάλωσης καυσίμου.

Ως εναλλακτικές μορφές ενέργειες στο καύσιμο, οι αυτοκινητοβιομηχανίες παρουσιάζουν :

- Τα υβριδικά αυτοκίνητα, που αποτελούν συνδιασμό των πλεονεκτημάτων των ηλεκτρικών και των συμβατικών αυτοκινήτων
- Τα ηλεκτρικά, με ηλεκτρική ενέργεια και μπαταρίες
- Τα αυτοκίνητα με υγραέριο (υγροποιημένα αέρια που προέρχονται από το πετρέλαιο)
- Αυτά που χρησιμοποιούν υδρογόνο υγροποιημένο σε χαμηλές θερμοκρασίες
- Τα αυτοκίνητα με ενεργειακές κυψέλες, οι οποίες είναι χημικοί αντιδραστήρες που παράγουν ηλεκτρική ενέργεια από την ελεγχόμενη χημική αντίδραση του υδρογόνου και του οξυγόνου για το σχηματισμό νερού.

Προς το παρόν όμως οι εναλλακτικές αυτές λύσεις βρίσκονται σε προπαρασκευαστικό στάδιο, με ορισμένες μόνο προτάσεις στην παραγωγή, κυρίως της υβριδικής τεχνολογίας.

## **Βιβλιογραφία**

### **Βιβλία**

1. Θωμάς Γ.Χονδρος - «Δυναμική ανάλυση οχημάτων» Παν/μιο Πατρών τμήμα Μηχανολόγων - εκδ. Παν/μιο Πατρών
2. Κωνσταντίνος Π.Μαυρίδης - «Μηχανές Εσωτερικής Καύσης» - εκδόσεις Α.Τ.Ε.Ι Πατρας 1998
3. Ν.Τζιαφέρης Α.Βαρδακας - «Συστήματα ψεκασμού & καταλυτική τεχνολογία – injection – καταλύτες» - εκδόσεις «ΙΩΝ»
4. «Τεχνολογία αυτοκινήτου Ι – κινητήρες » - Βιβλιοθήκη Μηχανικού Αυτοκινήτου – Οχημάτων εκδόσεις «ΙΩΝ»
5. Πασχάλης Ρετζέπης - «Τεχνολογία αυτοκινήτου» - εκδόσεις «ΙΩΝ»
6. Ορφανίδης - «Το δεύτερο αυτοκίνητό σας» - εκδ. Φυτράκης
7. Καβαθάς - «Οδηγώντας» - εκδ. Τεχνικές εκδόσεις Α.Ε
8. Φωτιάδης Παύλος - «Τεχνολογία αμαξωμάτων» - εκδόσεις «ΙΩΝ» 1996
9. Νικόλαος Γ.Ζαραγκούλιας - «Τεχνολογία αμαξωμάτων» 2<sup>ος</sup> τόμος - εκδόσεις Ζήτα

### **Περιοδικά**

1. Αλεξανδρινή Πέτρου – «Συστήματα υγραεριοκίνησης για αυτοκίνητα» - 4Τροχοι – τεύχος 352 – Ιανουάριος 2000
2. Αλεξανδρινή Πέτρου – «Υγραεριοκίνηση» - 4Τροχοι – τεύχος 354 – Μαρτιος 2000
3. «Νέες τεχνολογίες Έκθεσης Φρανκφούρτης» - 4Τροχοι – Οκτώβριος 2001

4. Μιχάλης Σταυρόπουλος – «Καθαρές λύσεις» - 4Τροχοι – τεύχος 388 – Ιανουάριος 2003
5. Γιάννης Χαρπίδης – «Michelin Energy» - 4Τροχοι – τεύχος 390 – Μαρτιος 2003
6. Τάκης Πουρναράκης - «Ασφάλεια για τους ‘μικρούς’» - 4Τροχοι – τεύχος 393 – Ιούνιος 2003
7. Μιχάλης Σταυρόπουλος – «Toyota 2.4 Direct Injection & D-Cat» - 4Τροχοι – τεύχος 399 – Δεκέμβριος 2003
8. Ιωάννης Δερμιτζάκης , Νίκος Κουνίτης – «Κινητήρες Εσωτερικής Καύσης», «Ενεργειακές κυψέλες & υδρογόνο», «Citius, Altius, Prius» - 4Τροχοι – Δεκέμβριος 2003 – «Αυτοκίνητο & περιβάλλον»
9. Μιχάλης Σταυρόπουλος – «Εποχή της ωριμότητας Honda Civic ΙΜΑ» - 4Τροχοι – Μαρτιος 2004
10. Ντίνος Παπαγιαννόπουλος – «Σχήμα πρωθύστερο Toyota Prius 2» - Drive – τευχος 87 - Ιανουάριος 2004
11. Βασίλης Χαρίτος – «Toyota Prius 2» - Drive – τευχος 90 - Απρίλιος 2004
12. Τάσος Στεργιόπουλος – «Audi Quattro A2 Gr.b» - Drive – τεύχος 100 – Φεβρουάριος 2005

### **Internet**

1. «The benefits of Silica in Tyre Design» - <http://www.tyres-online.co.uk/technology/silica.asp> - διαθέσιμο 21 Μαρτίου 2005
2. «Lightweight Materials» - <http://www.fueleconomy.gov/feg/lightweight.shtml> - διαθέσιμο 21 Μαρτίου 2005

3. «VW Lupo GTi» - <http://www.in.gr/auto/frankfurt2001/picture> - διαθέσιμο 21 Μαρτίου 2005
4. «Το όχημα του ενός λίτρου» - <http://www.ams.gr/pages/92002/showarticle> - διαθέσιμο 21 Μαρτίου 2005
5. «Υβριδικά αυτοκίνητα» - <http://www.cars.gr/hybrid/p.htm> - διαθέσιμο 21 Μαρτίου 2005
6. «“Twinport”, Opel plans to reduce the fuel consumption of small gasoline engines» - <http://www.theautochannel.com> – διαθέσιμο 21 Μαρτίου 2005

