

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ  
ΑΜΕΣΗΣ  
ΕΓΧΥΣΗΣ  
ΚΑΥΣΙΜΟΥ  
BENZINOKΗΤΗΡΩΝ

**GDI**

**FSI**

**TSI**



ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ  
ΚΟΥΔΟΥΜΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ  
ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ  
ΜΥΛΩΝΑΚΗΣ ΑΠΟΣΤΟΛΟΣ

A.T.E.I ΚΡΗΤΗΣ  
Σχολή Τεχνολογικών εφαρμογών  
Τμήμα Μηχανολογίας

Πτυχιακή εργασία με θέμα :

Συστήματα Άμεσης Έγχυσης Καυσίμου Βενζινοκινητήρων  
GDI, FSI. TSI

Σπουδαστής : Μυλωνάκης Απόστολος

Επιβλέπων καθηγητής : Κουδουμάς Γεώργιος

ΙΟΥΝΙΟΣ 2013

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η συγγραφή της πτυχιακής , δηλώνει και την ολοκλήρωση της φοίτησής μου στο Α.Τ.Ε.Ι. Κρήτης. Ένα από τα σημαντικότερα κεφάλαια της ζωής μου κλείνει και ανοίγει ένα νέο ακόμη πιο ενδιαφέρον σε μέρες γεμάτες εκπλήξεις. Έχοντας αρκετά εφόδια και δύναμη για να συνεχίσω παραπέρα, μπορώ να πω με σιγουριά ότι εδώ και αρκετό καιρό παρατηρώ ότι έχω διδαχθεί ακόμη και στην καθημερινή μου ζωή. Για όλα αυτά τα εφόδια και για όλες τις ευκαιρίες που είχα μέσα σε αυτά τα όμορφα φοιτητικά χρόνια ,θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές ανεξαιρέτως για ότι γνώση και συμβουλή μου παρείχαν. Ένα θερμό ευχαριστώ στον εξαιρετικό κ.ΚΟΥΔΟΥΜΑ ΓΕΩΡΓΙΟ που ήταν και ο καθηγητής που με τις πολύτιμες οδηγίες του με βοήθησε στην εκπόνηση της πτυχιακή εργασίας μου , δίνοντας μου κατατοπιστικές πληροφορίες σε ότι και αν χρειάστηκα σε αυτό το πολύπλοκο αλλά αρκετά ενδιαφέρον θέμα. Ευχαριστώ πολύ ακόμη όλους τους φίλους και συναδέλφους που γνώρισα μέσα από αυτόν το χώρο(ιδιαίτερα τους, Σενκ-Καμπουράκη Ηλία , Καλπατζόγλου Γεώργιο ,Κωνσταντοπούλου Μαρία,Στεφανάκη Βασίλη ) για την πολύτιμη στήριξή τους. Ένα ακόμη ευχαριστώ στους εργαζόμενους του συνεργείου της VW ,AUDI στα Χανιά και κυρίως τον κ. Βάμβουκα για την βοήθεια του στην επίλυση κάποιων λεπτομερειών πάνω σε τεχνικά θέματα που αντιμετώπισα.

Ευχαριστώ ακόμη την Βλάχου Αικατερίνη για την πολύτιμη βοήθειά της.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένεια μου ,για την στήριξη όλων αυτών των χρόνων και για την τεράστια υπομονή τους σε ότι δυσκολίες και αν αντιμετώπισα και φυσικά για τις πολύτιμες συμβουλές και την στήριξή τους.

Χαίρομαι πολύ που είχα την τιμή να γνωρίσω ξεχωριστούς ανθρώπους όπως αυτούς του γραφείου Διεθνών Σχέσεων και της γραμματείας μας που με βοήθησαν πάρα πολύ ειδικά κατά το διάστημα της φοίτησης μου στο εξωτερικό. Χαίρομαι πάρα πολύ και φεύγω με ένα μεγάλο χαμόγελο, γερές βάσεις και πολλές γνωριμίες που με κάνουν να αισθάνομαι πιο σίγουρος σε κάθε μου βήμα.

Σας ευχαριστώ όλους.

Περιεχόμενα .....	1
Κινητήρες Εσωτερικής Καύσης .....	3
Εξέλιξη των Μ.Ε.Κ. ....	4
Κινητήρας LENOIR .....	6
Βενζινοκινητήρας ΟΤΤΟ .....	7
Ο κύκλος του ΟΤΤΟ .....	8
Δίχρονος κινητήρας .....	10
Βενζίνη.....	11
Κλασματική απόσταξη .....	11
Η χρησιμότητα της βενζίνης .....	11
Με πυρόλυση .....	11
Μέθοδος Μπέργκιους .....	11
Μέθοδος Φίσερ Τροπς .....	11
Οκτάνια .....	12
Καθορισμού Καυσίμου .....	13
Γεωμετρική σχέση συμπίεσης .....	13
Ηλεκτρονική διαχείριση καυσίμου & ανάφλεξης .....	13
Υπερτοφοδότηση .....	14
Αμόλυβδη Βενζίνη .....	15
Ρύποι.....	16
Επικύνδινι ρύποι .....	16
Φθορές που προκαλεί η βενζίνη.....	20
Βασικοί αισθητήρες κινητήρων.....	21
Αισθητήρας οξυγόνου O <sub>2</sub> ή αισθητήρας λ .....	21
Προϋποθέσεις .....	23
Στρατηγική ψεκασμού καυσίμων .....	24
Αισθητήρας Λάμδα .....	25
Αισθητήρας Windband .....	26
Αισθητήρας MAF .....	27
Κινητήρας GDI .....	28
Χαρακτηριστικά του GDI σε σχέση με τον PFI .....	30
Απόδοση και εκπομπές καυσαερίων της βενζίνης με το σύστημα GDI .....	31
Εκπομπές καυσαερίων του κινητήρα GDI .....	33
Έλεγχος των εκπομπών στον GDI κινητήρα .....	34
Σχηματισμός μίγματος και τρόποι λειτουργίας μηχανής GDI .....	35
Σχηματισμός μίγματος .....	35
Wall guided σύστημα καύσης .....	37
Air guided σύστημα καύσης .....	37
Spray guided σύστημα καύσης .....	38
Τρόποι λειτουργίας .....	38
Στρωματοποιημένη λειτουργία (Stratified charge mode) .....	39
Ομοιογενής λειτουργία (Homogenous mode) .....	39

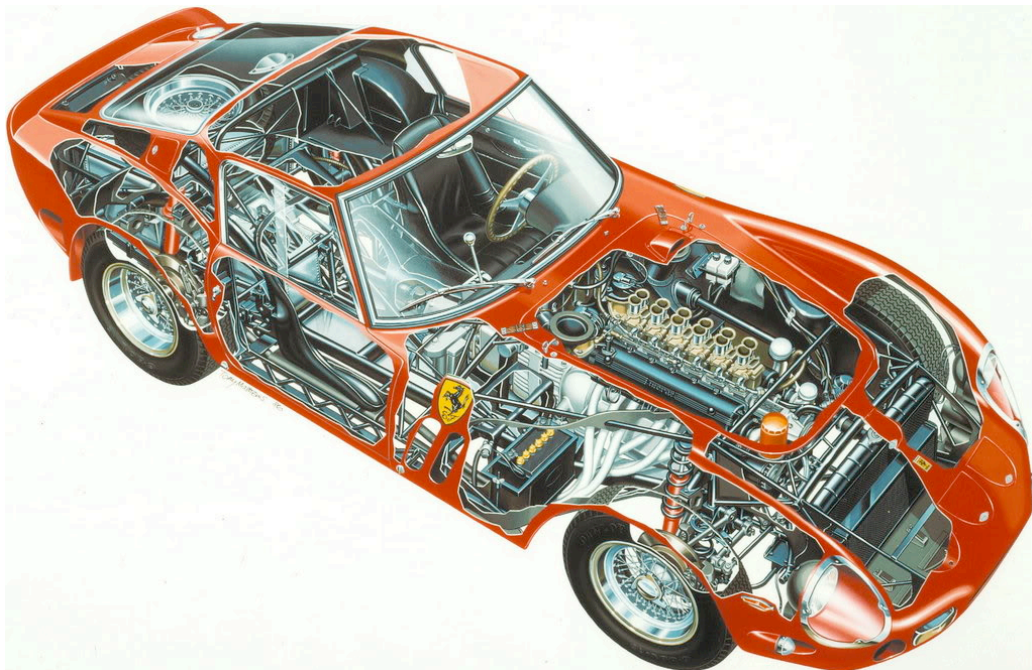


Ανεφοδιασμός καυσίμων και σύστημα διαχείρισης του κινητήρα GDI .....	40
Ανεφοδιασμός καυσίμων .....	40
Σύστημα διαχείρισης του κινητήρα .....	41
Σένσορες .....	42
Ενεργοποιητές .....	42
Σύγχρονες τάσεις και μελλοντικές προκλήσεις .....	43
<b>Κινητήρας FSI .....</b>	<b>45</b>
Ηλεκτρονικό σύστημα άμεσου ψεκασμού FSI .....	46
Τεχνική ανάλυση .....	46
Ο πρώτος κινητήρας FSI παραγωγής & βασικά χαρακτηριστικά του .....	47
Πλεονεκτήματα .....	48
Λειτουργία στρωματοποιημένης καύσης .....	49
Συστήματα παροχής καυσίμου .....	51
Σύστημα ελεγχόμενης ζήτησης καυσίμου .....	52
Σύστημα χαμηλής πίεσης .....	52
Σύστημα υψηλής πίεσης .....	53
Σύστημα λειτουργίας .....	54
Αντλία υψηλής πίεσης καυσίμου με βαλβίδα ρύθμισης πίεσης καυσίμου N276 .....	55
Χαρακτηριστικά .....	55
Λειτουργία αντλίας υψηλής πίεσης .....	56
Φάσεις εισαγωγής .....	57
Φάση συμπίεσης .....	57
Φάση εκτόνωσης .....	58
Αισθητήρας πίεσης καυσίμων G247 .....	59
Εξαρτήματα συστήματος καυσίμων .....	60
Τρόποι λειτουργίας .....	61
Ψυχρή εκκίνηση .....	61
Κανονική λειτουργία .....	61
Συστήματα χαμηλής πίεσης λειτουργίας προανάφλεξης .....	61
<b>Κινητήρας TSI .....</b>	<b>62</b>
Ανάλυση & επεξήγηση στον τρόπο λειτουργίας των βενζινοκινητήρων .....	62
Λειτουργία υπερπλήρωσης του κινητήρα .....	62
Τεχνική ανάλυση .....	63
Πίεση υπερπλήρωσης .....	67
<b>Οι Ρύποι των Αυτοκινήτων σήμερα.....</b>	<b>68</b>
Ο ρόλος του καταλύτη.....	69
Θέματα νομοθεσίας Ε.Ε. για τους ρυπογόνους παράγοντες.....	70
<b>Πηγές .....</b>	<b>71</b>

## Κινητήρες Εσωτερικής Καύσης Μ.Ε.Κ.

Οι κινητήρες εσωτερικής καύσης είναι οι κινητήριες μηχανές που μετατρέπουν την χημική ενέργεια που βρίσκεται μέσα στα καύσιμα υλικά σε κινητική, σε αντίθεση με τις λεγόμενες ατμομηχανές που ξέραμε, οι οποίες περιέχουν μέσα στον ατμό θερμική ενέργεια υψηλής θερμοκρασίας από καύση κάρβουνου, ξύλου κλπ. Η ιδέα του Μ.Ε.Κ. είναι να αναφλέγεται ένα μίγμα εύφλεκτων αερίων ή υγρών. Το μίγμα αυτό θα αναφλέγεται μέσα στον κύλινδρο και θα κινεί έτσι το έμβολο.

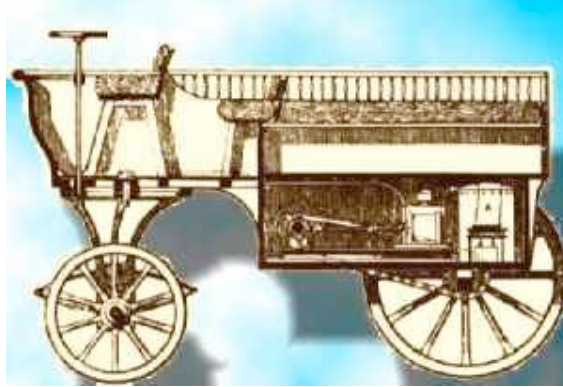
Οι κινητήρες εσωτερικής καύσης άλλαξαν προς το καλύτερο φυσικά σύντομα σε συμπαγείς και ευέλικτους. Οι Μ.Ε.Κ. αντικατέστησαν μέσα στο πέρασμα των χρόνων τις ατμομηχανές που τις βρísκαμε σε μονάδες παραγωγής και στις ηλεκτροπαραγωγικές μονάδες, αλλά κυρίως στα μέσα μεταφοράς. Το σημαντικό πλεονέκτημα των Μ.Ε.Κ. είναι ο βαθμός αποδόσεως που κυμαίνεται από 20% έως 50% αντί αυτών των ηλεκτροκινητήρων που έχουν βαθμός απόδοσης από 60% έως και 98% που μας κάνει να μπορούμε να μεταφέρουμε εύκολα τη δεξαμενή καυσίμου, μαζί με το όχημα. Σε αντίθεση οι ηλεκτροκινητήρες δεν μπορούν να τροφοδοτηθούν μικρά και μεσαία οχήματα με ικανοποιητικές δύναμη-ισχύ, αφού τα συσσωρευτές της ηλεκτρικής ενέργειας έχουν χαμηλή ενεργειακή πυκνότητα δηλαδή χαμηλή αποθηκευμένη ενέργεια προς τη μονάδα βάρους. Γι' αυτό τον λόγο και οι ηλεκτροκινητήρες που έχουν ικανή ισχύ χρησιμοποιούνται κυρίως σε παραγωγικές μονάδες ή σε μεγάλα οχήματα.



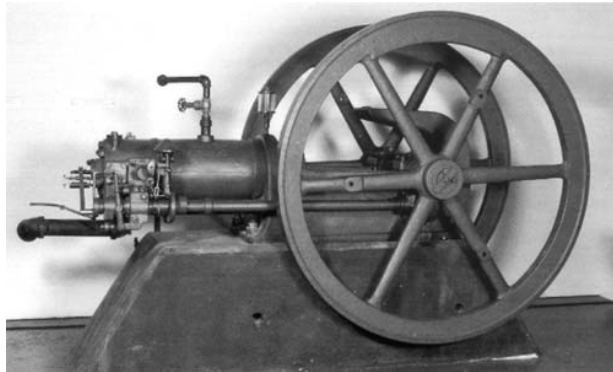
Η Εξέλιξη των Μ.Ε.Κ.

Η εξέλιξη των Μ.Ε.Κ. που χρησιμοποιούν υγρά καύσιμα, έγινε σε τρία βήματα:

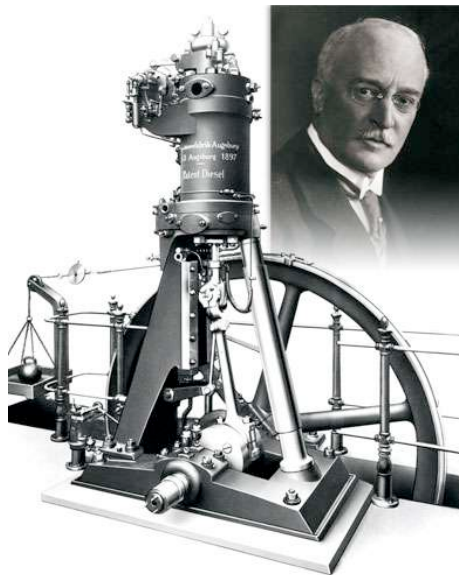
1. Με τον Jean-Josef Lenoir.



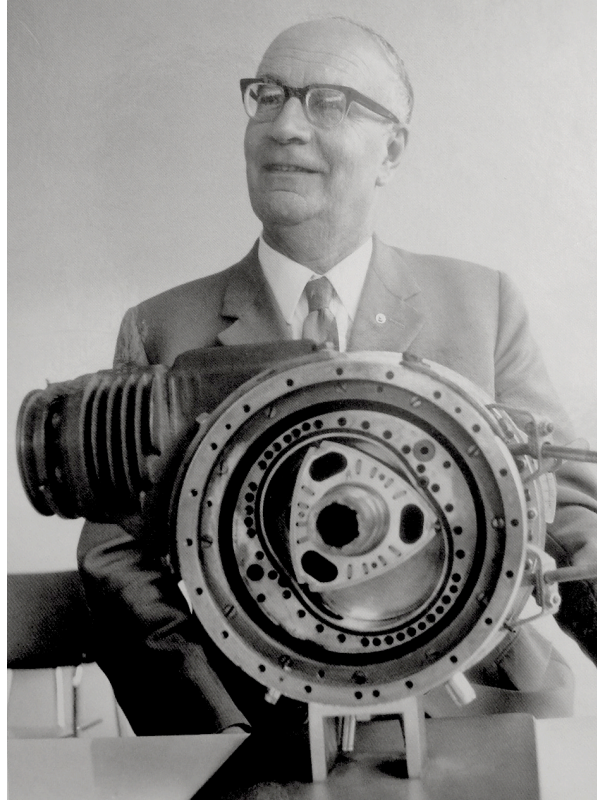
2. Με τον Nicolaus Otto



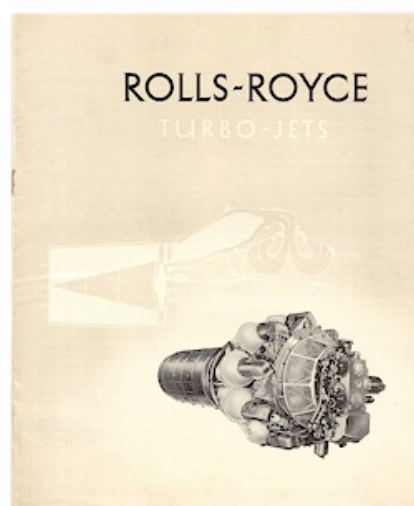
3. Με τον Rudolf Diesel



Στη δεκαετία του 1930 ο F.Wankel ανακάλυψε ένα νέο βενζινοκινητήρα για οχήματα, λίγο διαφορετικό από τους προηγούμενους. Ο κινητήρας αυτός λειτουργούσε με διαφορετική κινητικότητα. Αυτός ο διαφορετικός κινητήρας θα είναι και ο τελευταίος αυτού του κύκλου.



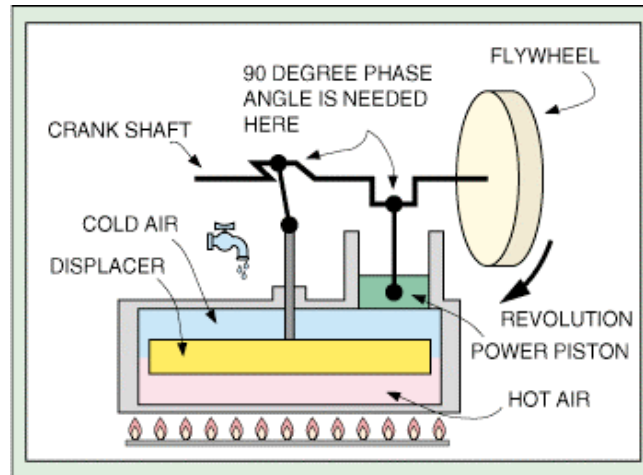
Κατά το 1940 περίπου αναπτύχθηκε μια νέα τεχνολογία για την εποχή αεροστρόβιλοι εσωτερικής καύσης τύπου jet.



Κινητήρες με εντελώς διαφορετική αρχή λειτουργίας, τους οποίους βρίσκουμε κυρίως σε αεροπλάνα. Είναι γνωστό ότι οι βενζινοκινητήρες μπορούν να λειτουργήσουν και με αέριο καύσιμο από τα τέλη του 20ου αιώνα.

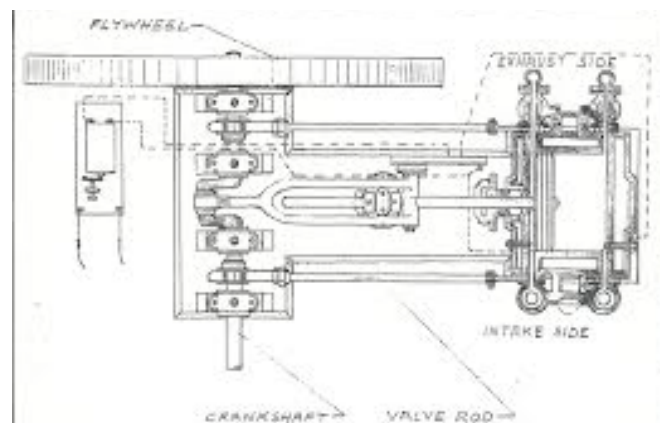


Ένα άλλο είδος κινητήρα που παρουσιάστηκε κατά το 1816, είναι από τους πρώτους κινητήρες εσωτερικής καύσης, αλλά εξελίχθηκε με πολύ αργά βήματα, είναι ένας κινητήρας που λειτουργεί με υπέρθερμο αέρα, κινητήρας του Stirling ο οποίος είναι και ο πιο οικολογικός. Το καλό είναι ότι μπορεί να αξιοποιηθεί οποιοδήποτε καύσιμο, ακόμη και η ηλιακή ενέργεια, αλλά είναι υποδιέστερος από τους γνωστούς κινητήρες και οι λόγοι είναι τεχνικοί και οικονομικοί.



### Κινητήρας Lenoir

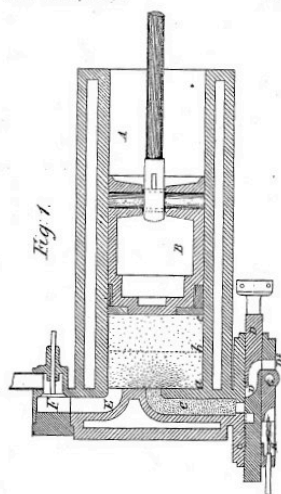
Ο κινητήρας Λενουάρ είναι η πρώτη επιτυχής προσπάθεια που γίνονταν για την κατασκευή μιας Μ.Ε.Κ. και ήταν αυτή του Γάλλο-Βέλγου Lenoire Λενουάρ, 1822-1900. Ο Λενουάρ πρωτοπαρουσίασε το 1860 ένα μικρό όχημα, το οποίο κινούνταν ικανοποιητικά την εποχή, με μια μικρή Μ.Ε.Κ. Έως τότε υπήρχαν μόνο οχήματα με μεγάλη ατμομηχανή, η οποία τα έκανε δυσκίνητα. Πως λειτουργούσε όμως ο κινητήρας του Λενουάρ; Ο κινητήρας του Λενουάρ χρησιμοποιούσε ως κινητήριο καύσιμο το φωταέριο, το οποίο μπαίνει στον κύλινδρο ως μίγμα με αέρα στο πρώτο στάδιο λειτουργίας (εισαγωγή), στο πρώτο μισό της διαδρομής του εμβόλου. Το μίγμα αυτό αναφλέγεται με ηλεκτρικό σπινθήρα και σπρώχνει το έμβολο στο υπόλοιπο μισό της διαδρομής του. Όταν το έμβολο επέστρεφε στην αρχική του μορφή, στη μία πλευρά του απωθούνται τα καυσαέρια, ενώ στην άλλη επαναλαμβάνεται η διαδικασία εισαγωγής του μίγματος φωταέριο και αέρας. Ο βαθμός αποδόσεως του κινητήρα Λενουάρ ήταν πολύ χαμηλός με αποτέλεσμα να δυσκολεύει την οικονομική αξιοποίησή του κινητήρα.



## Βενζινοκινητήρας Otto

Ο Γερμανός Όττο, 1832-1891 ξεκίνησε από τη μηχανή του Λεουάρ. Ας αναφέρουμε όμως μερικά πράγματα στο πως ξεκίνησε. Είχε σπουδάσει σε εμπορικά θέματα, Αρχικά ο Όττο κατασκεύασε ένα ατμοσφαιρικό κινητήρα με ελεύθερο έμβολο. Αυτό έγινε με την οικονομική υποστήριξη του Λανγκεν. Το 1876 κατασκεύασε ένα τετράχρονο βενζινοκινητήρα. Ο Όττο τον παρουσίασε στην παγκόσμια έκθεση που έγινε το 1867 στο Παρίσι. Ο κινητήρας ήταν πολύ θορυβώδης κατά τη λειτουργία του ,αλλά παρόλα αυτά κέρδισε το χρυσό βραβείο επειδή είχε 60% λιγότερη κατανάλωση καυσίμου. Έτσι ο Όττο απέκτησε τη φήμη αφού είχε κατασκευάσει τον πρώτο κινητήρα με καλό βαθμό απόδοσης. Μετά από αυτό παρουσιάζει την πρώτη τετράχρονη Μ.Ε.Κ και τον κύκλο Όττο.

N. A. OTTO.  
GAS-MOTOR ENGINES.  
No. 194,047. Patented Aug. 14, 1877.



Ίσχυε όμως για άλλη μια φορά όπως και με την ατμομηχανή κ.ά., ότι ένας Γάλλος βρίσκει μία μηχανή, και η βελτίωση και τελειοποίηση της να γίνεται από 'Αγγλους ή Γερμανούς .

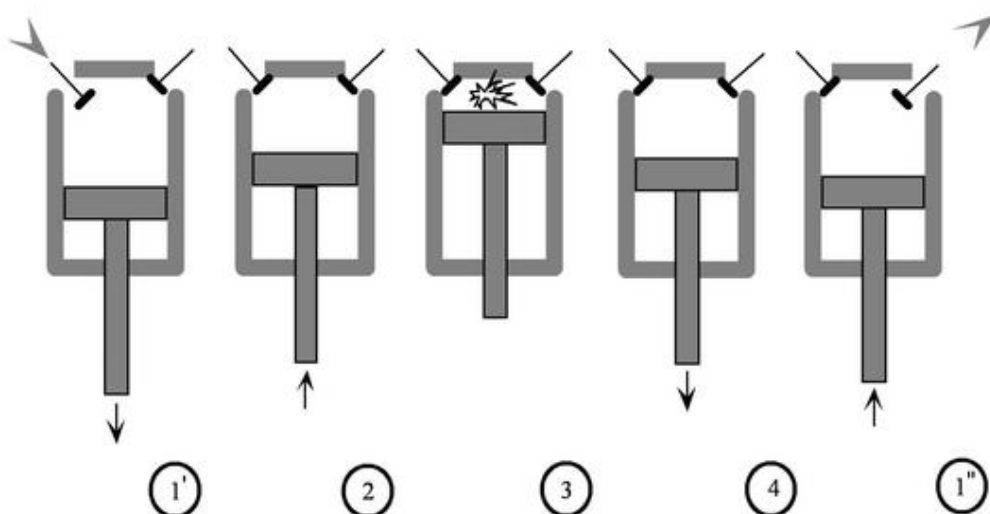
Το 1872 λόγω της μεγάλης ζήτησης των κινητήρων του Όττο οδήγησε στην ίδρυση από τον Λάνγκεν (χορηγό του Όττο) της ανώνυμης εταιρίας Deutz AG στην Κολωνία, η οποία είχε στόχο τη μαζική παραγωγή κινητήρων. Έως και Σήμερα αυτή η εταιρία εξελίσσεται σε πρωτοπόρο κατασκευαστή μηχανών κάθε μεγέθους και λειτουργικής αρχής. Κατά την δημιουργία του εργοστασίου Υπεύθυνος για τη σχεδίαση ήταν ο Maybach και για την παραγωγή ο Daimler ( 1834-1900). Η μηνιαία παραγωγή το 1874 ήταν στους 80 Μ.Ε.Κ.,στο τέλος όμως του ίδιου έτους προέκυψε πρόβλημα κάλυψης των αναγκών των βιοτεχνιών και μικρών βιομηχανιών: αυτοί οι κινητήρες με ισχύ περί τα 2.8 Ps δεν μπορούσαν να καλύψουν τις ανάγκες των παραπάνω .

Παράλληλα κυκλοφορούσαν και οι κινητήρες Στερλινγκ, υπέρθερμου αέρα, οι οποίοι, είχαν μικρότερο βαθμό απόδοσης, από τους κινητήρες του Όττο αλλά είχαν υψηλότερη ισχύ. Οι κινητήρες του Στέρλινγκ χρησιμοποιούσαν ως καύσιμο τα ξύλα, τύρφη, ακόμη και κάρβουνο και δεν εξαρτούνταν από το φωταέριο.

Για την αντιμετώπιση όμως αυτών των προβλημάτων έπρεπε να δοθεί μια λύση. Ο Όττο πάλι έδωσε την απάντηση. Όπως είπε έπρεπε να βελτιωθεί ο κινητήρας του εργοστασίου Deutz και για το σκοπό αυτό δημιούργησε ένα researching department του οποίου τη λειτουργία ανέλαβε ο ίδιος. Από το 1862 που είχαν παγώσει οι μελέτες για νέους κινητήρες, έτσι ιδρύοντας το ερευνητικό τμήμα ξαναμπήκαν σε εφαρμογή οι μελέτες. Το 1876 παρουσίασε ο Όττο το ένα καινούργιο κινητήρα, τετράχρονο βενζινοκινητήρας, με τον οποίο έκλεισε οριστικά η εποχή των πρώιμων κινητήρων. Ένα από τα πλεονέκτημα αυτού του κινητήρα ήταν:  
η συμπίεση του μίγματος καύσιμης ύλης -αέρα, η οποία επικρατεί έως και τις μέρες μας, παρά τις άπειρες προσπάθειες για τροποποίηση και βελτίωση.

Ο κύκλος λοιπόν του Όττο που είναι και επαναλαμβανόμενος είναι ο εξής:

1. ο κύλινδρος γεμίζει μέσα με μίγμα (καύσιμο + αέρα).
2. Γίνεται η συμπίεση του μίγματος.
3. Όταν είναι ήδη συμπιεσμένο το μίγμα γίνεται η ανάφλεξη του από ένα ηλεκτρικό σπινθηριστή, το λεγόμενο μπουζί και παράγεται έργο με αποτέλεσμα να «σπρώχνει» προς τα κάτω το έμβολο.
4. Τα καυσαέρια που έχουν παραχθεί από την καύση του μίγματος απωθούνται από το εσωτερικό του κυλίνδρου.



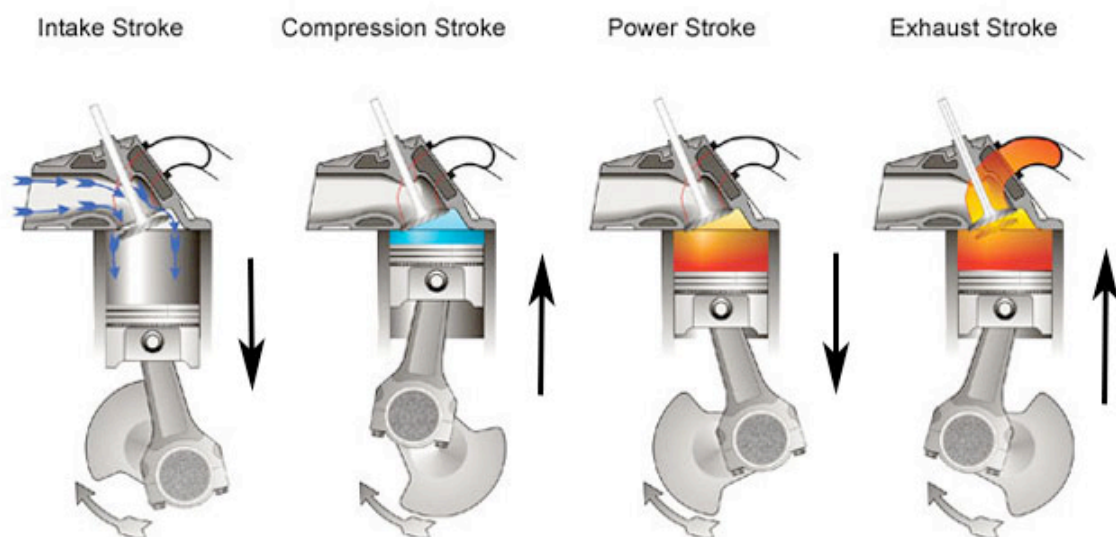
Ο κινητήρας λοιπόν αυτός ονομάζεται τετράχρονος επειδή οι λειτουργίες που περιγράψαμε γίνονται σε 4 χρόνους.

Ο Μάιμπαχ που ήταν υπεύθυνος για το σχεδιασμό των κινητήρων στο εργοστάσιο Deutz, βελτίωσε διάφορες τεχνικές λεπτομέρειες αυτού του κινητήρα και ήδη το έτος 1876 τον παρουσίασε στην αγορά με το όνομα Deutz-A-Motor. Η ισχύς του ήταν πάλι περί τα 2 kW, αλλά με καλύτερο βαθμό αποδόσεως. Το αμέσως επόμενο έτος αυξήθηκε η ισχύς στα 3,5 kW (~5 PS) και η εμπορική επιτυχία του έδωσε τη δυνατότητα για περισσότερες βελτιώσεις. Διάφορες εταιρίες στη Γερμανία και το εξωτερικό έλαβαν άδεια κατασκευής του τετράχρονου κινητήρα κι έτσι διαδόθηκε ταχύτατα η χρήση του σε διάφορες παραγωγικές μηχανές.

Όπως συμβαίνει συχνά με τις μεγάλες ανατροπές, το εργοστάσιο Deutz δεν μπόρεσε να προσαρμοστεί εύκολα στην παραγωγή της νέας μηχανής, γιατί οι εγκαταστάσεις παραγωγής του παλιού κινητήρα Όττο δεν είχαν ακόμα αποσβεστεί. Ο Ντάιμλερ και ο Μάιμπαχ αποχώρησαν κατόπιν αυτού και ίδρυσαν το έτος 1882 μια νέα εταιρία στο Cannstatt, κοντά στη Στουτγκάρδη, όπου άρχισε να παράγεται ο νέος ελαφρύς και πολύστροφος βενζινοκινητήρας με ικανοποιητική ισχύ που ήταν κατάλληλος για οχήματα.

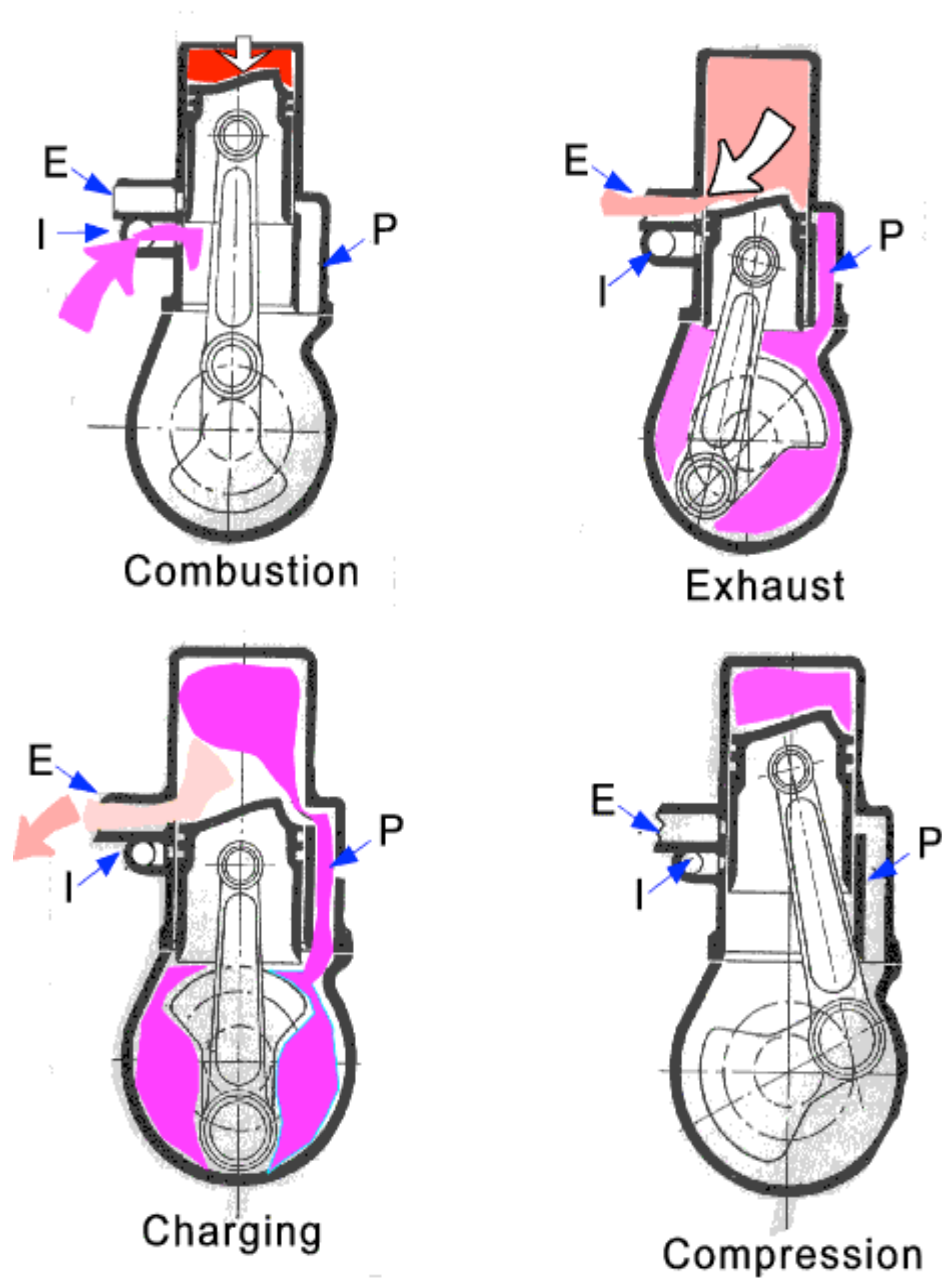
Δύο χρόνια μετά, το έτος 1885, κυκλοφόρησε ένα δίτροχο με τον κινητήρα Όττο και το έτος 1886 κυκλοφόρησαν τα πρώτα οχήματα με κινητήρα με υγρό καύσιμο. Με αυτή την επιτυχία άρχισε να μειώνεται το ενδιαφέρον για τα ατμοκίνητα οχήματα και άρχισε η εποχή των βενζινοκίνητων που διαρκεί, με ένα πλήθος βελτιώσεων και τροποποιήσεων, μέχρι των ημερών μας.

Οι σημερινοί βενζινοκινητήρες για οχήματα έχουν βαθμό αποδόσεως (χημική σε μηχανική ενέργεια) στην περιοχή τιμών 20-30%. Με τις τριβές στα μηχανικά μέρη του οχήματος και των ελαστικών στο έδαφος ο συνολικός βαθμός αποδόσεως ενός οχήματος είναι ακόμα μικρότερος.





Έναν άλλο ενδιαφέρον κινητήρα που είναι ευρύ διαδεδομένος ,μετά την ανακάλυψη του κύκλου του Όττο είναι ο **δίχρονος** κινητήρας από τον **Dugald Clerk**,ο οποίος χρησιμοποιείται σε πολύ μικρά οχήματα και άλλες μονάδες μικρής ισχύος . Παρακάτω βλέπουμε τον κύκλο λειτουργίας του δίχρονου κινητήρα.



## BENZINH

Η βενζίνη που προέρχεται από την κλασματική απόσταξη του πετρελαίου είναι ελαφριά πτητική και εύφλεκτη. Είναι υγρό, άχρωμο ή κάπως ελαφριά χρωματισμένο, έχει έντονη οσμή και αποστάζει μεταξύ 40° και 210° C.

**Κλασματική απόσταξη** είναι η ίδια μέθοδος με τη διαφορά ότι σε αυτή επιχειρείται απόσταξη υγρών αλλά έχουμε άλλα σημεία βρασμού, όπου βρίσκονται στο ίδιο μίγμα. Όταν λοιπόν έχουμε κλασματική απόσταξη, κάθε υγρό που βράζει είναι σε διαφορετική θερμοκρασία. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να επιτρέπει τη συγκέντρωση και τη συμπύκνωση των ατμών ξεχωριστά. Η απομόνωση των υγρών στην κλασματική απόσταξη αρχίζει από το υγρό που έχει χαμηλότερο σημείο βρασμού.

**Χημικά** η βενζίνη είναι μίγμα 3 κυρίως υδρογονανθράκων(κορεσμένων):

- A) του εξανίου
- B) του επτανίου
- Γ) του οκτανίου

### Η χρησιμότητα της βενζίνης

Την χρησιμοποιούμε ως καύσιμο υλικό σε κινητήρες αυτοκινήτων, αεροσκαφών, μότο, γεννήτριες κλπ., στη βιομηχανία για την επεξεργασία ινών (ρούχα) για Παρασκευή κόλλας ως διαλύτης .

Λόγω της αυξημένης ζήτησης της, την παρασκευάζουμε και τεχνητά με 3 βασικές μεθόδους:

**1. Με πυρόλυση** (την πυρόλυση την χρησιμοποιούν κυρίως στα διυλιστήρια του πετρελαίου, για την παραγωγή υδρογονανθράκων της βενζίνης και κηροζίνης ). Με την τεχνική αυτή παράγονται πολλά υπό-προϊόντα και ανάλογα κατατάσσονται σε 2 κατηγορίες : σε α) θερμική πυρόλυση και σε β)καταλυτική πυρόλυση.

α) Στη **θερμική πυρόλυση** παράγονται ελαφριοί υδρογονάνθρακες δηλαδή τα λεγόμενα έλαια στις στήλες απόσταξης που θερμαίνονται σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες.

β) Στην **Καταλυτική** γίνεται το ίδιο με τη θερμική αλλά με τη διαφορά ότι τα έλαια που παράγονται επεξεργάζονται με κάποιο καταλύτη.

**2. Μέθοδος Μπέργκιους** ή με υγροποίηση του άνθρακα

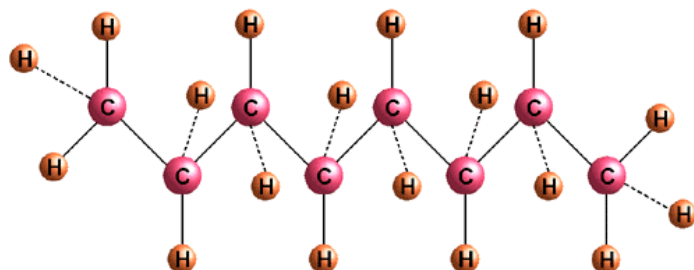
**3. Μέθοδος Φίσερ Τροπς**

Μετά όμως από τις παραπάνω κατεργασίες βλέπουμε ότι τα είδη της βενζίνης που παράγονται δεν έχουν την ίδια σύσταση άρα και την ίδια αξία. Για να συγκρίνουμε λοιπόν τις διάφορες βενζίνες χρησιμοποιούμε τη λεγόμενη **κλίμακα οκτανίου** από 0 έως 100 όπου η βενζίνη χαρακτηρίζεται από τον **αριθμό οκτανίων**.

## Οκτάνια

Όσο μεγαλύτερος είναι ο της βενζίνης, τόσο μεγαλύτερη είναι η απόδοσή της.

Όταν μία βενζίνη συμπεριφέρεται όπως το επτάνιο θεωρείται ότι είναι **αριθμού οκτανίου 0**, που δεν είναι καλό καύσιμο για βενζινοκινητήρες .



*Απεικόνιση οκτανίων*

Όταν όμως είναι **αριθμού οκτανίου 100** συμπεριφέρεται όπως ένα παράγωγο του κανονικού οκτανίου το **ισοοκτάνιο** (2, 2, 4 - τριμεθυλο- πεντάνιο) και θεωρείται άριστο καύσιμο για βενζινοκινητήρες.

Παραθέτω ένα παράδειγμα. Έχουμε βενζίνη με αριθμό οκτανίου 95. Η βενζίνη στη συγκεκριμένη περίπτωση συμπεριφέρεται όπως ένα μείγμα με 95% ισοοκτάνιο και 5% επτάνιο.

Άμα θέλουμε να αυξήσουμε τον αριθμό οκτανίου της βενζίνης, την υποβάλλουμε σε ειδικές κατεργασίες. Προσθέτουμε διάφορες ουσίες, που είναι γνωστές ως αντικτυπικά ή αντικροτικά τα λεγόμενα anti knocks. Παλαιότερα προσέθεταν στη βενζίνη τετραμεθυλιούχο μόλυβδο και τετρααιθυλιούχο μόλυβδο, αλλά στις μέρες μας προσθέτουν αλκοόλες αιθέρες κ.α.(κατά βάση όμως μόνο τα 2 προηγούμενα). Αποφεύγεται ο μόλυβδος επειδή είναι τοξικός. Επειδή όμως δεν προστίθεται μόλυβδος την βενζίνη στις μέρες μας την ονομάζουμε **αμόλυβδη βενζίνη**.

Ο αριθμός των οκτανίων στην απλή αμόλυβδη βενζίνη φτάνει τα 95 οκτάνια, σε αντίθεση με τη σούπερ αμόλυβδη βενζίνη που έχει αριθμό οκτανίου από 99 και 100 οκτάνια. Σε κάποια κράτη υπάρχει και 98 οκτανίων.(π.χ. αυτή της v-power & v-power racing από την shell ,κλπ)

**Μια χρήσιμη πληροφορία:** κάποιες φορές γίνονται προσμίξεις με **μεθανόλη** και **αιθανόλη** αντίστοιχα αλλά δεν μπορεί αυτή η βενζίνη να αναμιχθεί με λάδι που χρειάζεται για την καύση των 2χρονων κινητήρων με αποτέλεσμα να μην μπορούμε να την χρησιμοποιήσουμε στους κινητήρες που αναφέραμε.

## Καθορισμός Καυσίμου

Τρία είναι τα στοιχεία που καθορίζουν το καύσιμο που είναι κατάλληλο για τους κινητήρες:

1. Η γεωμετρική σχέση συμπίεσης
2. Η ηλεκτρονική διαχείριση του καυσίμου και της ανάφλεξης
3. Η ύπαρξη υπερτροφοδότησης.

### 1. Η γεωμετρική σχέση συμπίεσης:

είναι ο λόγος του όγκου του κυλίνδρου όταν το έμβολο βρίσκεται στο ΑΝΣ προς τον όγκο του κυλίνδρου στο ΚΝΣ . Η γεωμετρική σχέση συμπίεσης είναι σταθερή για τον κάθε κινητήρα ξεχωριστά. Υπάρχει όμως η δυνατότητα να αλλάξει αν τον «πειράξουμε» αυτόν τον κινητήρα. Για παράδειγμα αλλαγή εμβόλων, άνοιγμα κυλίνδρων κλπ. Δεν αλλάζει όμως η σχέση συμπίεσης όσο ο κινητήρας λειτουργεί.

### 2. Η ηλεκτρονική διαχείριση καυσίμου και ανάφλεξης

αν δούμε το θεωρητικό κομμάτι σε έναν εμβολοφόρο κινητήρα, η ανάφλεξη θα γίνει την χρονική στιγμή που το έμβολο είναι στο Α.Ν.Σ. ουσιαστικά, λίγο πριν. Τα καυσαέρια λοιπόν θα εμποδίζουν το έμβολο όσο βρίσκεται πιο κοντά στο Α.Ν.Σ. Αμέσως μετά θα διανύσει μέρος της προς τα κάτω διαδρομής του εμβόλου χωρίς να έχει παραχθεί έργο.

Αναφέραμε τη λέξη θεωρητικά. Ας δούμε όμως και την πραγματικότητα. Παραπάνω είδαμε πως η ανάφλεξη δημιουργείται στιγμιαία, αυτό όμως πραγματικά μπορεί να ισχύει σε βραδύστροφους κινητήρες αλλά έχει μεγάλη διαφορά από την πραγματικότητα. Οι περισσότεροι κινητήρες Μ.Ε.Κ. είτε είναι αυτοκινήτων είτε είναι Μότο, στην πράξη θέλουν η ανάφλεξη να γίνει την σωστή χρονική στιγμή ώστε να μην υπάρχει επιβράδυνση στο ανερχόμενο έμβολο πριν φτάσει στο Α.Ν.Σ. και να μη χάσουμε ωφέλιμη διαδρομή του εμβόλου όταν θα πηγαίνει προς τα κάτω, δηλαδή μετά που θα έχει απομακρυνθεί από το Α.Ν.Σ. Ας έχουμε στο μυαλό μας ότι το καύσιμο μίγμα (βενζίνης-αέρα) χρειάζεται συγκεκριμένο χρόνο για να καεί. Όσο τώρα ο κινητήρας δουλεύει με υψηλές rpm/min ο χρόνος αυτός μειώνεται. Η κατάλληλη στιγμή για να γίνει η ανάφλεξη είναι, δημιουργώντας τη μέγιστη δυνατή πίεση των καυσαερίων την δεδομένη στιγμή που το έμβολο είναι στο Α.Ν.Σ. με αποτέλεσμα στις πολλές στροφές λειτουργίας ο σπινθήρας να δημιουργείται όταν το έμβολο ακόμη ανεβαίνει προς τα πάνω, για να μπορέσει μέχρι το Α.Ν.Σ. να έχει σχηματιστεί η μεγαλύτερη δυνατή πίεση των καυσαερίων. Το χρονικό αυτό διάστημα που περιγράψαμε, από το σπινθήρα μέχρι το Α.Ν.Σ. ονομάζεται μηχανισμός προπορείας σπινθήρα, το λεγόμενο Avance. Στους σύγχρονους Μ.Ε.Κ. αυτοκινήτων και μοτοσικλετών ρυθμίζεται από την ηλεκτρονική ανάφλεξη.

Όταν η ηλεκτρονική ανάφλεξη είναι πολύ εξελιγμένη και έχουμε και αισθητήρα προανάφλεξης τότε ο κινητήρας μπορεί να κάνει και κατώτερο καύσιμο αν και ίσως είναι ρυθμισμένος να καίει βενζίνη 98 οκτανίων. Στη συγκεκριμένη περίπτωση ο σπινθήρας που δημιουργείται από το μπουζί και η ανάφλεξη

δημιουργούνται πολύ νωρίτερα από το ιδανικό χρονικό σημείο όταν το έμβολο είναι ήδη στην άνοδο. Αυτό βέβαια μπορεί να μειώσει την απόδοση του κινητήρα αλλά δεν αφήνει το καύσιμο (βενζίνη-αέρα) να συμπιεστεί πιο πολύ από την αντοχή του και έτσι αποτρέπονται τα φαινόμενα κρουστικής ανάφλεξης. Οι σύγχρονοι κινητήρες μπορούν να εκμεταλλευτούν καύσιμο περισσότερων οκτανίων από αυτό που δίνει ο κατασκευαστής και να αντέξουν διακυμάνσεις στην ποιότητα του καυσίμου ως προς την αντοχή του σε προανάφλεξη και ως ένα βαθμό. Ουσιαστικά όμως, όταν το δούμε στην πράξη, οι δυνατότητες που έχουν τα συστήματα ανάφλεξης είναι περιορισμένες.

Σε οχήματα όπως αυτά των αυτοκινήτων έμμεσου ψεκασμού δεν θα δούμε διαφορές από τη χρήση βενζίνης υψηλών οκτανίων είναι σχεδόν μη υπαρκτές. Στις μοτοσυκλέτες όμως που έχουν μεγαλύτερη γεωμετρική σχέση συμπίεσης αλλά και κινητήρες πολύ πιο πολύστροφους οι διαφορές ίσως να είναι λίγο μεγαλύτερες αλλά και πάλι είναι ελάχιστες.

Αν για παράδειγμα βάλουμε ένα κινητήρα να δουλεύει με βενζίνες υψηλών οκτανίων τότε θα τον περιορίζαμε στο συγκεκριμένο καύσιμο και μάλλον θα είχε πρόβλημα να λειτουργεί σωστά με βενζίνες κατώτερων οκτανίων, όπως η απλή αμόλυβδη των 95 οκτανίων.

Οι κινητήρες όμως με τον άμεσο ψεκασμό βενζίνης έχουν πιο εξελιγμένη ηλεκτρονική διαχείριση ανάφλεξης και χρησιμοποιούν προέγχυση καυσίμου, ψεκασμό πολλαπλών φάσεων και στρωματική καύση με αποτέλεσμα να μπορούν να εκμεταλλευτούν τα καύσιμα καλύτερα ενώ μπορούν να δουλεύουν απροβλημάτιστα και με απλή 95αα αμόλυβδη βενζίνη. Αν γίνει μια δυναμομέτρηση τέτοιου κινητήρα βλέπουμε πως υπάρχει πολύ καλύτερη βελτίωση από την χρήση βενζίνης υψηλών οκτανίων σε σχέση με τους απλούς κινητήρες.

### 3. Υπερτροφοδότηση

Το σύστημα υπερπλήρωσης παίζει το σημαντικότερο ρόλο στους κινητήρες με υπερτροφοδότηση λόγω του ότι αλλάζει τη μέγιστη συμπίεση του καυσίμου. Αυτό εξαρτάται από την παροχή του όποιου συμπιεστή επειδή το μίγμα που εισάγεται μέσα στον κύλινδρο είναι περισσότερο από αυτό που θα έμπαινε αν δούλευε μόνο με ατμοσφαιρική πίεση. Λόγω όμως ότι αλλάζουμε την πίεση το καύσιμο συμπιέζεται πολύ παραπάνω. Αν και η γεωμετρική σχέση συμπίεσης είναι συγκεκριμένη και σταθερή, στην πραγματικότητα η πραγματική σχέση συμπίεσης αυξάνεται ανάλογα με την επιπλέον παροχή καυσίμου μίγματος του συμπιεστή.

Οι κινητήρες αυτοί μπορούν να έχουν σημαντικά οφέλη από βενζίνες υψηλών οκτανίων μιας και μπορούν να επηρεάζουν σε πολύ μεγαλύτερο βαθμό από τους ατμοσφαιρικούς το ποσοστό συμπίεσης του καυσίμου μίγματος και αυτό συμβαίνει ανάλογα με το πόσο εξελιγμένη είναι η διαχείριση του υπερτροφοδοτούμενου κινητήρα, σε συνδυασμό πάντα με την ηλεκτρονική διαχείριση της ανάφλεξης και του ψεκασμού. Τα συστήματα αυτά μπορεί να είναι μέσω βαλβίδων ανακούφισης ή παρακαμπτήριων.

Άρα αν τοποθετήσουμε καλύτερη ποιότητα καυσίμων, για παράδειγμα αμόλυβδη βενζίνη 100 οκτανίων σε σύγχρονα υπερτροφοδοτούμενα αυτοκίνητα μπορούμε να δούμε ουσιαστική διαφορά σε θέμα απόδοσης.

## Αμόλυβδη Βενζίνη

Η αμόλυβδη βενζίνη περιέχει κυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες, εξαιρετικά επιβλαβείς ουσίες. Τα οχήματα με καταλύτη δεν αφήνουν τις περισσότερες από αυτές να διαφύγουν στο περιβάλλον μιας και γίνεται διάσπαση σε απλούστερες και σχετικά ακίνδυνες ουσίες. Αν όμως δεν υπάρχει καταλύτης, ρυπαίνει με αυτές τις επικίνδυνες ουσίες το περιβάλλον αφού ένα μέρος τους διαφεύγει μέσα από τα καυσαέρια. Όταν λοιπόν πρωτοεμφανίστηκε η super με μόλυβδο δεν περιείχε τις επιβλαβείς αυτές ουσίες αφού χρησιμοποιούσε μόλυβδο στην θέση τους, επικράτησε η άποψη πως είναι έως πάρα πολύ κακό για το περιβάλλον και την υγεία μας να χρησιμοποιεί κάποιος αμόλυβδη στη θέση της σούπερ σε όχημα χωρίς καταλύτη.

Όταν άρχισε να πρωτοεμφανίζεται η αμόλυβδη το ποσοστό του μόλυβδου στην super άρχισε να μειώνεται σταδιακά έως που ο ρόλος του περιορίστηκε στην λίπανση, αλλά κι εκεί χρειάζεται πολύ λίγη ποσότητα μόλυβδου και δεν χρησιμεύει σαν αντικροτικό μέσο. Για να έχουμε όμως τον ίδιο αριθμό οκτανίου (σταθερό) προστέθηκαν κάποιες ουσίες (αρωματικοί υδρογονάνθρακες) που προτίθενται στην αμόλυβδη. Άρα το αποτέλεσμα είναι ότι ένα αυτοκίνητο χωρίς καταλύτη προς το τέλος της κατάργησης της super καίγοντας την παραπάνω απελευθέρωνε στο περιβάλλον σχεδόν ίσα ποσοστά βενζολίου και άλλων βλαβερών ουσιών στην ατμόσφαιρα με όσα θα εξέπεμπε καίγοντας αμόλυβδη. Με την κατάργηση όμως της super και την διάθεση της LRP οι εκπομπές κυκλικών αρωματικών υδρογονανθράκων και γενικότερα επιβλαβών ουσιών στο περιβάλλον είναι ίδιες μια και η LRP δεν είναι παρά κανονική αμόλυβδη με κάποια πρόσθετα(κυρίως λιπαντικά).

Δυστυχώς πολλοί είναι που πιστεύουν ότι είναι επικίνδυνο να χρησιμοποιούν αμόλυβδη αντί L.R.P. Ακόμη όμως και τώρα που τείνει να καταργηθεί εντελώς. Μια άλλη παρεξήγηση που έχει δημιουργηθεί είναι ότι ο μόλυβδος ίσως να ήταν και να είναι πολύ πιο επικίνδυνος από τους κυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες(αυτό μας παρουσίασαν τουλάχιστον κάποιες έρευνες). Ίσως να ήταν καλύτερο για την υγεία όλων να μην είχε χρησιμοποιηθεί καθόλου ο μόλυβδος. Ακόμα όμως και πριν την κατάργηση της σούπερ βενζίνης με μόλυβδο μέσα, πολλές μοτοσικλέτες που δεν είχαν καταλύτη έβγαιναν από τα εργοστάσια με ρύθμιση αλλά και ώθηση του κατασκευαστή για να καίνε αμόλυβδη.



## Ρύποι

Παρακάτω μπορούμε να δούμε μια αναπαράσταση των συστατικών που εισάγονται και εξάγονται κατά την διάρκεια της καύσης.

### **Το Άζωτο**

N<sub>2</sub> είναι άκαυστο, άχρωμο, άοσμο, μη δηλητηριώδες αέριο. Είναι το κύριο συστατικό του ατμοσφαιρικού αέρα (N<sub>2</sub>=78%, O<sub>2</sub>=21%, υπόλοιπα αέρια=1%). Το άζωτο εισέρχεται μέσα στον κινητήρα κατά την διάρκεια της εισαγωγής του από τον ατμοσφαιρικό αέρα. Το μεγαλύτερο μέρος του αζώτου όμως εξέρχεται σε καθαρή μορφή πάλι με τα καυσαέρια. Ένα μικρό μέρος ενώνεται με το οξυγόνο και σχηματίζει τα οξείδια του αζώτου NO<sub>x</sub>.

### **Το Οξυγόνο**

O<sub>2</sub> είναι άχρωμο, άοσμο άγευστο, μη δηλητηριώδες αέριο. Θεωρείται το σημαντικότερο συστατικό του ατμοσφαιρικού μας αέρα. Εισέρχεται μέσα στον κινητήρα από το φίλτρο αέρα και είναι απαραίτητο για την καύση του μίγματος.

### **Το Νερό**

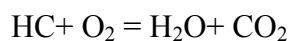
H<sub>2</sub>O εισέρχεται με τον ατμοσφαιρικό αέρα, δηλαδή με την υγρασία που υπάρχει στον αέρα μέσω του φίλτρου του αέρα. Δημιουργείται κατά την διαδικασία της καύσης και αποβάλλεται από την εξάτμιση ως σταγόνες νερού λόγω συμπύκνωσης κατά την ψυχρή εκκίνηση και καύση στην φάση της προθέρμανσης. Είναι ακίνδυνο συστατικό των καυσαερίων.

## Επικίνδυνοι ρύποι

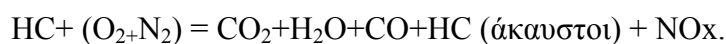
### **1. Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)**

### **2. Άκαυστοι υδρογονάνθρακες (HC)**

### **3. Οξείδια του αζώτου (NO<sub>x</sub>)**



Το CO<sub>2</sub> και το H<sub>2</sub>O δεν θεωρούνται ρύποι αφού στην πραγματικότητα είναι προϊόντα τέλει καύσης. Αυτή η χημική αντίδραση που είδαμε θα έπρεπε να πραγματοποιείται κάθε φορά που γίνεται καύση μέσα στον βενζινοκινητήρα. Αλλά επειδή απέχουμε πολύ από το πραγματικό κομμάτι η καύση αυτή δεν είναι σχεδόν ποτέ τέλεια, αφού οι συνθήκες δεν είναι ιδανικές. Ο λόγος που δεν μπορεί να γίνει τέλεια καύση μέσα σε έναν βενζινοκινητήρα είναι επειδή ο εισερχόμενος αέρας δεν περιέχει μόνο το οξυγόνο που θέλουμε αλλά και άζωτο (N<sub>2</sub>) σε μεγάλο ποσοστό, το οποίο δεν δημιουργεί χημική ένωση με το οξυγόνο. Άρα όταν εισάγεται το άζωτο στο χώρο καύσης μας δίνει την παρακάτω χημική αντίδραση ατελούς καύσης:



#### 4. Διοξείδιο του άνθρακα

Είναι άχρωμο

Άκαυστο

Μη δηλητηριώδες αέριο.

Προέρχεται από την καύση κάποιων στοιχείων που περιέχουν άνθρακα όπως η βενζίνη και το πετρέλαιο. Όταν πραγματοποιείται η καύση μέσα στον κύλινδρο ενώνεται ο άνθρακας με το οξυγόνο.

#### **Ποιός είναι ο ρόλος όμως του άνθρακα στο φαινόμενο του θερμοκηπίου;**

Το CO<sub>2</sub> δεν αφήνει το στρώμα του όζοντος να προστατεύσει από την υπεριώδη ακτινοβολία του ηλίου. Είναι προϊόν πλήρους καύσης του άνθρακα. Επομένως της ταχείας ένωσης αυτού με οξυγόνο.

Το CO<sub>2</sub> από μόνο του δεν θεωρείται ρύπος επειδή βρίσκεται στην ατμόσφαιρα από μόνο του. Όταν όμως σε κλειστό χώρο αυξηθεί πολύ η περιεκτικότητά του, το οξυγόνο μειώνεται και εμφανίζονται φαινόμενα ασφυξίας.

Η περιεκτικότητά του στα καυσαέρια μαζί με την περιεκτικότητά του οξυγόνου, προσδιορίζουν τη σωστή λειτουργία του συστήματος τροφοδοσίας του καυσίμου και γενικότερα τη σωστή καύση στους Μ.Ε.Κ.

Το CO<sub>2</sub> προέρχεται από φυσικές πηγές όπως ηφαιστεια. Εξίσου όμως μεγάλες ποσότητες παράγονται από τις καθημερινές δραστηριότητες του ανθρώπου.

Μερικές από τις δραστηριότητες που κάνει ο άνθρωπος και παράγονται μεγάλες ποσότητες είναι:

οι πυρκαγιές δασών

Οι καύσεις στις κεντρικές θερμάνσεις των κατοικιών και των γραφείων

Οι θερμικοί σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας

Οι καύσεις στις βιομηχανίες

Η καύση πετρελαίου

Η καύση της βενζίνης, του υγραερίου στις μεταφορές (οχήματα, πλοία, τρένα, αεροπλάνα) και πολλοί άλλοι παράγοντες,

Το καλό είναι ότι ένα μεγάλο ποσοστό του CO<sub>2</sub> που παράγεται απορροφάται από τα φυτά, τα οποία με τα φύλλα τους και τη βοήθεια του ηλιακού φωτός απορροφούν και αποθηκεύουν τον άνθρακα C, σε μορφή κυτταρίνης στους κορμούς, στις ρίζες και στους βλαστούς τους.

Ένα ακόμη μεγάλο ποσοστό δεσμεύεται στις θάλασσες για την παραγωγή μικροοργανισμών και κοραλλιών. Το πρόβλημα όμως όπως υποστηρίζουν οι επιστήμονες θα συνεχίσει να αυξάνεται με δραματικά αποτελέσματα αν οι ανθρώπινες δραστηριότητες δεν μειωθούν ή δεν δοθεί μια λύση για την μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα.



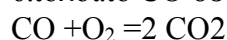
## 5. Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)

Το CO είναι πρωτογενής ρύπος. Η παραγωγή του CO προέρχεται από την ατελή καύση καυσίμου λόγω της έλλειψης O<sub>2</sub> στο θάλαμο καύσης. Αν δούμε το θεωρητικό κομμάτι δεν πρέπει να παράγεται CO, αν υπάρχει περισσότερο οξυγόνο από αυτό που απαιτείται στη σχέση αέρα-καυσίμου αν δηλαδή το μίγμα είναι πολύ φτωχό. Στην πραγματικότητα όμως παράγεται CO.

Λόγοι που παράγεται:

1. Το CO μετατρέπεται σε CO<sub>2</sub> αλλά με παραπάνω οξείδωση.

Ο διαθέσιμος χρόνος αντίδρασης είναι μικρός και δεν μπορεί να μετατρέψει όλο το υπόλοιπο CO σε CO<sub>2</sub>.



2. Το CO παράγεται ακόμη και όταν το μίγμα του καυσίμου είναι πολύ φτωχό.

3. Ένας άλλος λόγος είναι, επειδή το γίνεται ανομοιόμορφη καύση του αέρα-καυσίμου μέσα στο θάλαμο καύσης. (το καύσιμο φεύγει άκαυστο από τα τοιχώματα, ή αλλιώς ζώνες ψύξης.)

Αυτό που αναφέρθηκε παραπάνω είναι ότι η θερμοκρασία γύρω από τα τοιχώματα των κυλίνδρων είναι χαμηλή οδηγώντας σε ψύξη, που σημαίνει ότι η θερμοκρασία είναι πολύ χαμηλή για να πραγματοποιηθεί καύση.

Η θερμοκρασία της φλόγας πέφτει χαμηλά σε αυτές στα τοιχώματα με αποτέλεσμα η φλόγα να ψύχεται. Οι περιοχές αυτές ονομάζονται ζώνες ψύξης. Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας έχουμε διακοπή της καύσης με αποτέλεσμα να δημιουργείται CO. Για να μειωθεί η συγκέντρωση του CO στα καυσαέρια, θα πρέπει να γίνει η **τέλεια καύση**. Αυτό όμως μπορεί να γίνει μόνο αν το μείγμα είναι πάρα πολύ φτωχό ώστε να δημιουργηθούν μη αναφλέξιμα μίγματα.

## 6. Υδρογονάνθρακες (HC)

Οι άκαυστοι υδρογονάνθρακες ουσιαστικά είναι άκαυστη βενζίνη που εξέρχεται από την εξάτμιση του οχήματος και δεν έχει καεί κατά τη διαδικασία της καύσης του μείγματος. Υπάρχει όμως τρόπος, θεωρητικά για να μην εκπέμπονται οι άκαυστοι υδρογονάνθρακες από τα καυσαέρια. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί μόνο αν καεί το μείγμα πλήρως στον θάλαμο καύσης. Αλλά στην πραγματικότητα εξέρχονται άκαυστοι HC ακόμη και με την τέλεια καύση και αυτό μπορεί να οφείλεται σε διάφορους λόγους.

1. Όταν υπάρχει παλάντζο στις βαλβίδες εισαγωγής και εξαγωγής φεύγει μια μικρή ποσότητα καυσίμου.

2. Σε μια κακή ανάφλεξη.

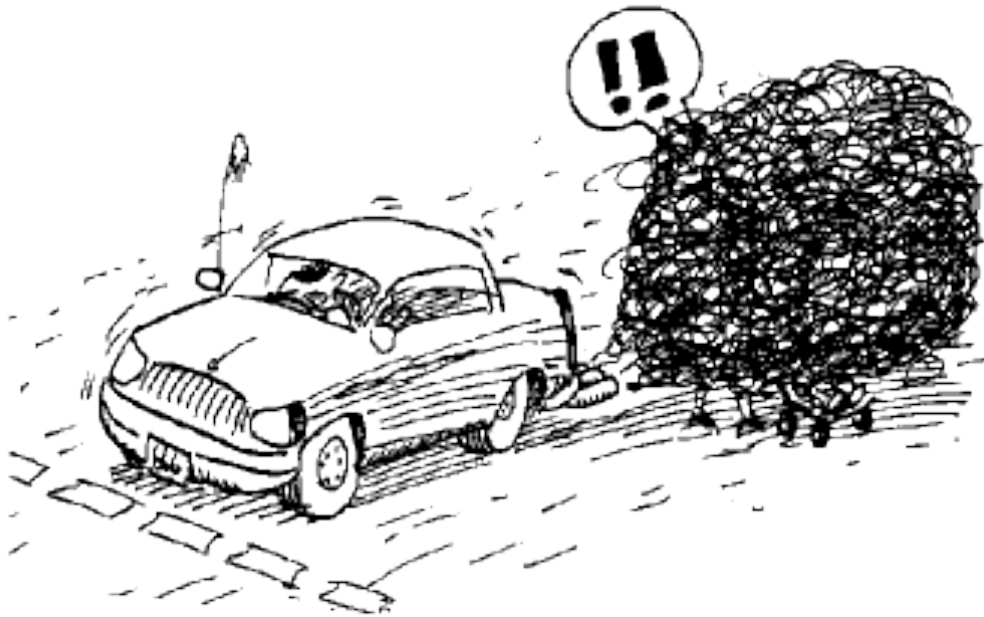
Αυτό συμβαίνει όταν έχουμε πλούσιο μείγμα μέσα στο χώρο καύσης λόγω ρολλαρίσματος ή φρεναρίσματος του κινητήρα.

3. Λανθασμένη αναλογία μίγματος αέρα - καυσίμου

## 7. Οξείδια του αζώτου (NO<sub>x</sub>)

Τα οξείδια του αζώτου εμφανίζονται κυρίως λόγω των υψηλών θερμοκρασιών και της πίεσης που υπάρχει στο εσωτερικό των μηχανών. Ένα από τα πιο συνηθισμένα οξείδια που παράγεται είναι το νιτρικό οξύ NO. Σε μικρότερες ποσότητες παράγεται και διοξείδιο του αζώτου NO<sub>2</sub>. Το διοξείδιο του αζώτου είναι υπεύθυνο για τη δημιουργία της αιθαλομίχλης, η οποία σε συνδυασμό με βροχή οδηγεί στο φαινόμενο της όξινη βροχή.

Ένα φαινόμενο που επηρεάζει τα δέντρα και το μάρμαρο των μνημείων. Το διοξείδιο του αζώτου προκαλεί πνευμονολογικά προβλήματα ακόμη και το θάνατο σε υψηλές συγκεντρώσεις. Μακροπρόθεσμα προκαλεί ελάττωση του ρυθμού ανάπτυξης και προβλήματα στην αναπαραγωγή και τέλος επιδράσεις στο νευρικό σύστημα. Το μονοξείδιο του αζώτου παράγεται από την ατελή καύση των υδρογονανθράκων εξαιτίας έλλειψης O<sub>2</sub>. Το μονοξείδιο του αζώτου είναι δηλητήριο τόσο για τον άνθρωπο όσο και για τα ζώα. Όταν εισέλθει στο αίμα περιορίζει το οξυγόνο που φτάνει στα όργανα και μειώνει έτσι τις σωματικές και πνευματικές ικανότητες του ατόμου. Σε υψηλές συγκεντρώσεις μπορεί να προκαλέσει το θάνατο. Είναι εξαιρετικά τοξικό.



## Οι φθορές που προκαλεί η βενζίνη

Το μόλυβδο τον προσθέτανε σαν αντικροτικό αλλά χρησίμευε και σαν λιπαντικό στα έδρανα των βαλβίδων. Εξ αυτού παρέμεινε μια μικρή ποσότητα ακόμα και όταν η super χρησιμοποιούσε σαν αντικροτικό κυρίως το βενζόλιο. Σε αυτό ακριβώς οφείλεται και η ύπαρξη της LRP. Η βενζίνη αυτή δημιουργήθηκε σαν καύσιμο για αυτοκίνητα παλιάς τεχνολογίας που είχαν ανάγκη την λίπανση στις έδρες των βαλβίδων. Η αμόλυβδη όμως κάνει το ίδιο ακριβώς πράγμα προσθέτοντας όμως κάποια λιπαντικά μέσα σε αυτήν για το συγκεκριμένο σκοπό. Στις μέρες μας όμως τα περισσότερα αυτοκίνητα και οι περισσότερες μοτο που κυκλοφορούν χωρίς καταλύτη δεν έχουν ανάγκη τα πρόσθετα αυτά ή τέτοιου είδους επειδή οι κεφαλές και οι βαλβίδες είναι φτιαγμένα από ανθεκτικά κράματα. Πολλοί πιστεύουν πως η αμόλυβδη θα προξενούσε λιγότερες ζημιές από αυτές της super και τις επικαθήσεις του μολύβδου παρά το λιπαντικό όφελός της. Αν παρόλα αυτά οι εναπομείναντες κινητήρες έχουν ανάγκη τα λιπαντικά πρόσθετα της LRP ακόμα και όταν την καταργήσουν πλήρως, μέσα σε κάποια χρόνια, αφού στις περισσότερες χώρες την χρησιμοποιεί πολύ μικρό ποσοστό οχημάτων, θα υπάρχει η δυνατότητα να την προμηθευόμαστε ξεχωριστά και να βάζουμε κάποια πρόσθετα σε μικρές δόσεις στο ντεπόζιτο κάθε λίγα γεμίσματα χωρίς να δημιουργείτε πρόβλημα στον κινητήρα. Ένας άλλος παράγοντας είναι ο αριθμός των οκτανίων. Η super ή για παράδειγμα ήταν 98 οκτανίων, η παλιά απλή που περιείχε μόλυβδο ήταν στα 93 οκτάνια και στις μέρες μας η αμόλυβδη και LRP στα 95 οκτάνια. Ίσως κάποια παλιά αυτοκίνητα να έχουν ανάγκη τα 98 οκτάνια και να μην δουλεύουν σωστά με 95 οκτάνια αν και αυτό είναι σχετικά σπάνιο. Σε αυτές τις περιπτώσεις μπορεί να χρησιμοποιηθεί βενζίνη που περιέχει 99 ή ακόμη και 100+ οκτάνια χωρίς πρόβλημα ακόμα και σε συνδυασμό με αμόλυβδη ή LRP.

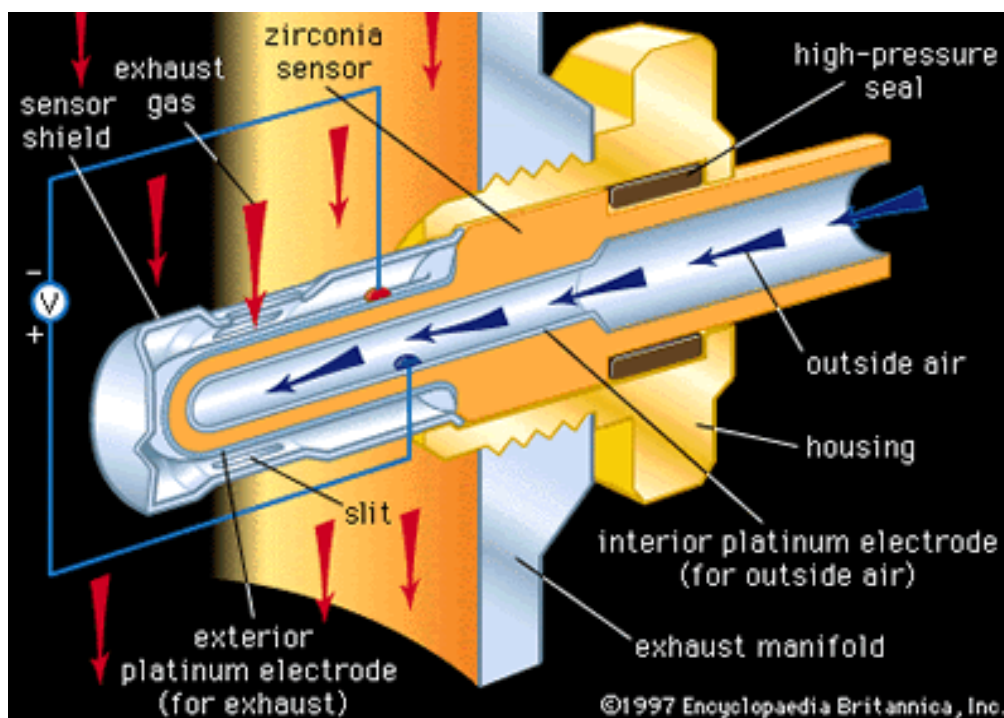


## Βασικοί Αισθητήρες Κινητήρων

### Πως λειτουργούν...

#### Ο αισθητήρας οξυγόνου O<sub>2</sub> ή αισθητήρας λ

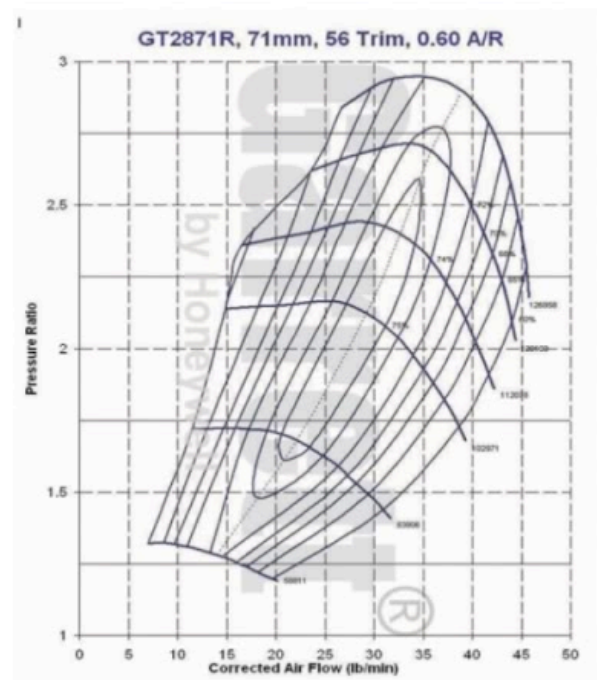
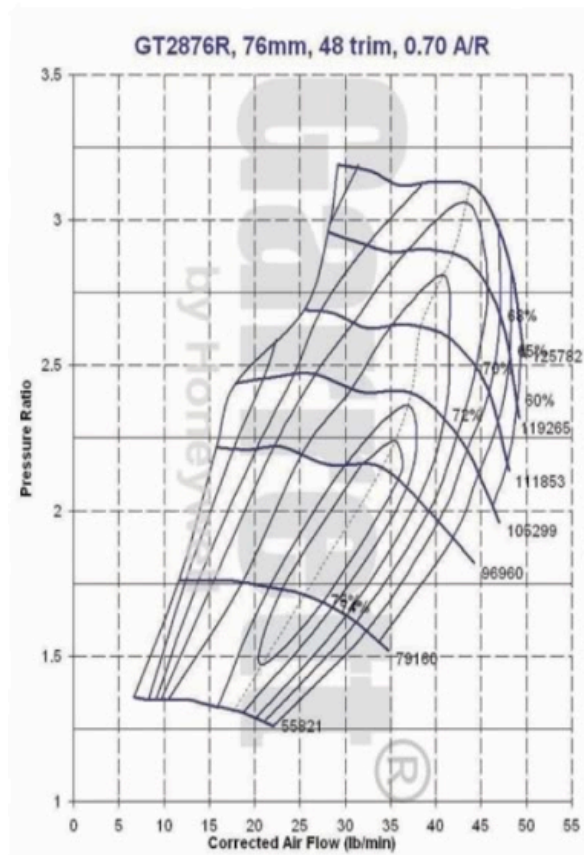
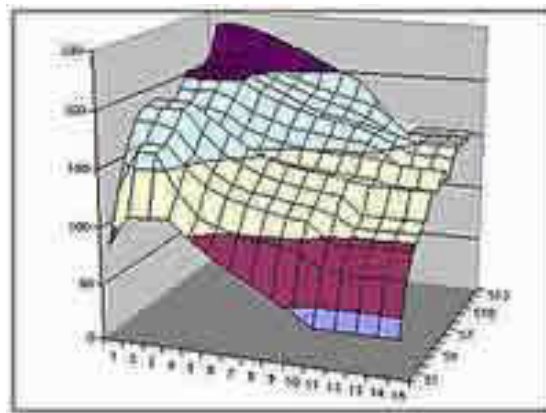
Ο αισθητήρας λ μπορεί να παράγει μια τάση, με εύρος 0-1 volt κατά τη λειτουργία της μηχανής σε θερμοκρασίες περίπου 315°C ή 600 °F. Η τάση του αισθητήρα εξαρτάται από την περιεκτικότητα σε οξυγόνο, στο ρεύμα των καυσαερίων.



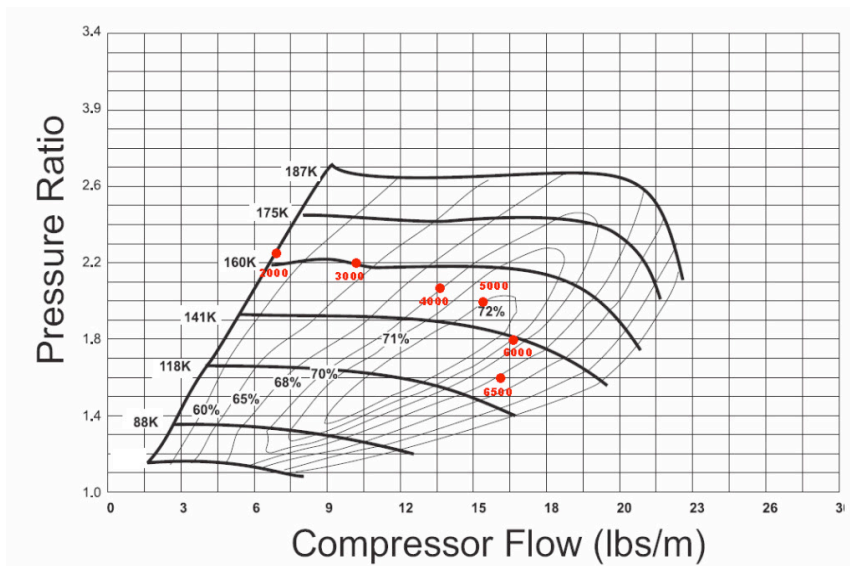
Όλοι οι αισθητήρες O<sub>2</sub> είναι ανοικτοί στον ατμοσφαιρικό αέρα, με περιεκτικότητα περίπου 21 % O<sub>2</sub>. Η εξάτμιση των κινητήρων βενζίνης περιλαμβάνει έως 2 % οξυγόνο. Η τάση εξόδου του αισθητήρα εξαρτάται από το ποσοστό του οξυγόνου στο ρεύμα των καυσαερίων. Αυτό σημαίνει ότι αν το καυσαέριο περιέχει 2 % οξυγόνο, είναι χαμηλή. Αυτός παράγει χαμηλής τάσεως ρεύμα, περίπου στα 0,3 βολτ (300 χιλιοστοβόλτ). Αν το καυσαέριο έχει σχεδόν 0% οξυγόνο, είναι υψηλή. Αυτό δημιουργεί ένα υψηλής τάσης ρεύμα κατά 0,6 βολτ (600 χιλιοστοβόλτ). Αυτές οι τάσεις αποστέλλονται στον εγκέφαλο του κινητήρα και αυτός καθορίζει το μίγμα αέρα-βενζίνης που θα εγχυθεί. Αυτό είναι γνωστό ως ρυθμιζόμενο σύστημα. Όταν το σύστημα λειτουργεί τότε λέμε ότι είναι ένα κλειστό κύκλωμα. Αν για κάποιο λόγο δεν λειτουργεί ο εγκέφαλος επεξεργάζεται τα δεδομένα που έρχονται και δεν αντιδρά με τον αισθητήρα O<sub>2</sub>. Τότε λέμε ότι αυτό το κύκλωμα είναι ανοικτού βρόγχου. Ο εγκέφαλος χρησιμοποιεί τους αισθητήρες του κινητήρα (όλους) για τον έλεγχο χρονισμού ανάφλεξης των καυσίμων και των συστημάτων εκπομπής. Ο εγκέφαλος χρησιμοποιεί τον αισθητήρα λ όσο το γίνεται περισσότερο για να κρατήσει τη ρύθμιση του μίγματος. Αν η αναλογία του μίγματος βενζίνης- αέρα αποτελείται από 14,7 μέρη από το βάρος του αέρα και 1 μέρος κατά βάρος της βενζίνης τότε το λάμδα = 1. Αυτό σημαίνει ότι κάθε χιλιόγραμμο βενζίνης που καίει ο κινητήρας χρειάζεται 14,7 KG αέρα. Ας έχουμε κατά νου ότι το οξυγόνο που βρίσκεται στον αέρα είναι μόνο το 21 % του συνολικού όγκου του αέρα από το οποίο χρειάζεται ο κινητήρας.

Αυτή ονομάζεται στοιχειομετρική αναλογία καυσίμου μίγματος. Ο όρος στοιχειομετρική περιλαμβάνει το σημείο στο οποίο ο καταλύτης αποδίδει το μέγιστο της απόδοσής του. Μετατρέπει λοιπόν 3 κύριους ρύπους (CO, HC, NOx) σε αβλαβείς εκπομπές αερίων (CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, N, H).

Πάει να πει όμως ότι τα ηλεκτρονικά του κινητήρα θα συμμορφώνονται πάντα. Κατά την διάρκεια που υπάρχει επιτάχυνση ένα πλούσιο μείγμα πρέπει να είναι καθορισμένο, ενώ από την άλλη, ένα πολύ φτωχό μείγμα μπορεί να βλάψει τον κινητήρα. Η αλληλεπίδραση των αναγκών στις μέρες μας αισθητήρων παρέχει στοιχεία τα οποία συγκρίνονται από τις διάφορες χαρτογραφήσεις ( πίνακες ελέγχου) που είναι αποθηκευμένοι στη μνήμη του προγράμματος ελέγχου του κινητήρα. Για να γίνει αυτό πρέπει να ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα ελέγχου. Παρακάτω βλέπουμε γραφικές παραστάσεις. Αυτοί οι πίνακες είναι η χαρτογράφηση του τσιπ του εγκεφάλου.



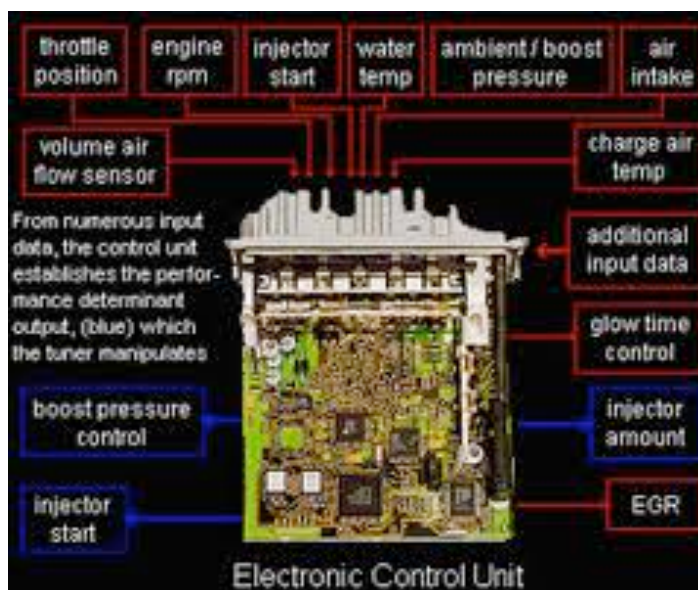




Για να χρησιμοποιήσει ο εγκέφαλος τα δεδομένα εξόδου του αισθητήρα λ χρειάζονται κάποιες **προϋποθέσεις**.

1. Ο αισθητήρας πρέπει να έχει ζεσταθεί τουλάχιστον στους 315°C ή 600 °F, για να μπορέσει να δώσει κανονικό σήμα. Για αυτό και οι αισθητήρες σήμερα έχουν σύστημα θέρμανσης για την αντιμετώπιση των αποτελεσμάτων σε λειτουργία ψύξης κατά τη διάρκεια της μακράς λειτουργίας σε στροφές βραδυπορίας του κινητήρα για την πρόληψη και την διάρκεια του κλειστού κυκλώματος στη φάση προθέρμανσης. Γενικότερα όταν είναι ικανοποιητική η θερμοκρασία και υπάρχει θερμότητα κρατά επίσης, τον αισθητήρα καθαρό και παρατείνει τη διάρκεια ζωής του σημαντικά. Για να θερμανθεί, συνήθως τροφοδοτείται από μια πηγή τάσης, σαν το ρελέ της αντλίας καυσίμου. Αυτοί οι αισθητήρες έχουν από 2-4 καλώδια σύνδεσης. Τα 4 αυτά καλώδια είναι τα εξής:

1. Του αισθητήρα
2. Γείωσης αισθητήρα
3. 12-volt θέρμανση συν
4. 12-volt θέρμανσης-μείον.



Εγκέφαλος

2. Ο εγκέφαλος έχει προγραμματιστεί έτσι ώστε να μην μπει σε κλειστό κύκλωμα, αν ο αισθητήρας θερμοκρασίας ψυκτικού δίνει θερμοκρασία χαμηλή. Εάν το σύστημα μπαίνει πολύ νωρίς στο κλειστό κύκλωμα, αυξάνονται οι εκπομπές ρύπων.

3. Ο εγκέφαλος πάλι, έχει προγραμματιστεί έτσι ώστε να μην λαμβάνει υπόψη του τον αισθητήρα λ με σχεδόν πλήρη ανοικτή πεταλούδα. Για να έχουμε λοιπόν πολύ μεγάλη ισχύ απαιτείται μέγιστος εμπλουτισμός. Κάποιοι κατασκευαστές χρησιμοποιούν ένα στοιχείο καθυστέρησης χρόνου. Παραθέτω ένα παράδειγμα.

Υπάρχουν ορισμένα μοντέλα της GM, με μια καθυστέρηση 1-2 min πριν από τη συμπλήρωση του κλειστού βρόχου σε κάθε εκκίνηση του κινητήρα. Άρα ο κινητήρας σταθεροποιείται πριν πάει σε κλειστό βρόχο. Για να διαβάσουν τον αισθητήρα λ, οι περισσότεροι εγκέφαλοι στέλνουν μια συγκεκριμένη τάση στο το καλώδιο εξόδου του αισθητήρα. Αυτή η τάση είναι στα 450 χιλιοστοβόλτ. Όπως Ξέρουμε, η τάση του αισθητήρα είναι κάτω των 300 mV, σε συνθήκες φτωχού μίγματος. Όταν όμως είναι σε συνθήκες πλούσιου μίγματος τότε έχουμε υψηλή , γύρω στα 600 mV και ο εγκέφαλος μπορεί να υπολογίζει τον χρόνο που ο αισθητήρας διασχίζει το σήμα των 450 χιλιοστοβόλτ.



*Αισθητήρας Οξυγόνου*

### Στρατηγική ψεκασμού καυσίμου

Για την αντιστάθμιση των αποκλίσεων που προκαλούνται από τη φθορά και τη «γήρανση» του συστήματος ψεκασμού καυσίμου χρησιμοποιούνται πίνακες διαγωγής. Αν κατά τη διάρκεια της λειτουργίας στο κλειστό κύκλωμα το σύστημα ψεκασμού πάει προς το φτωχό ή πλούσιο μίγμα, ο ψεκασμός διαγωγής από τον πίνακα ελέγχου τείνει προς το αντίθετο για τον υπολογισμό της εισφοράς. Το σύστημα αποτελείται από 2 πίνακες. Τον βραχυπρόθεσμο και τον μακροπρόθεσμο.

Στη **βραχυπρόθεσμη διαχείριση ψεκασμού** η κωδική ονομασία του είναι: SHRTFT (Short Term Fuel Trim) και τη βλέπουμε συνήθως ως ποσοστό ελέγχου. Υπολογίζεται σύμφωνα με τις αξίες

Lambda. Όταν έχουμε αρνητική τιμή σημαίνει ότι ο αισθητήρας O<sub>2</sub> ανιχνεύει πολύ πλούσιο μίγμα και ο ecu αντιδρά για την αποτροπή στρέβλωσης και διορθώνει την κατάσταση. Η ιδανική περίπτωση είναι η τιμή να είναι 0% αλλά η λειτουργία του μπορεί να γίνει και μεταξύ -25% και +35%.

Επίσης μπορούμε να δούμε από μια συσκευή σάρωσης τη **μακροπρόθεσμη ισοστάθμιση καυσίμου** σε ποσοστό. Κωδικό όνομα Long Term Fuel Trim (LONGFT). Ο πίνακας αυτός έχει ως σκοπό τη συμμόρφωση με την ιδανική αναλογία μίγματος του 14,7:1. Το εύρος λειτουργίας του είναι από -35% μέχρι και

+35% αλλά θα πρέπει να είναι στο 0%. Οι διακυμάνσεις είναι αποδεκτές από + / - 20%.

Οι LONGFT πίνακες δημιουργούνται όταν η διαφορά SHRTFT παραμένει για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα στο σύστημα. Με την απόκτηση των αξιών SHRTFT στις τιμές LONGFT. Οι SHRTFT τιμές αποθηκεύονται στη συνέχεια στη μνήμη του ecu. Αυτός που τις επεξεργάζεται, μαθαίνει να προσαρμόζει τη λειτουργία του κινητήρα ανάλογα με την ταχύτητα του οχήματος και του φορτίου συνεχώς και ανάλογα με την κατάσταση του όλου συστήματος. Εάν τα άνω ή κάτω όρια των δύο πινάκων διαγωγής ξεπεραστούν στη μονάδα ελέγχου, παρουσιάζεται ένας κωδικός σφάλματος και ανάβει η λυχνία MIL (Ενδειξη κωδικού βλάβης).

Σε ορισμένες μονάδες ελέγχου η μακροπρόθεσμη αντιστάθμιση καυσίμου του πίνακα δεν διαγράφεται, όταν διαγράφετε ένα κωδικό βλάβης με ένα εργαλείο σάρωσης.

Κατά την αντικατάσταση των εγχυτήρων καυσίμου ή του ρυθμιστή πίεσης πρέπει να είναι αποσυνδεδεμένη η μπαταρία του οχήματος, για να μπορεί ο πίνακας να αναπαραχθεί και πάλι. Ακόμη και αν ο αριθμός των μετρήσεων δεν μπορεί να δοθεί χωρίς το διαγνωστικό εργαλείο, μπορούμε να παρακολουθήσουμε με ψηφιακό βολτόμετρο την ανοικτή ή κλειστή κατάσταση του συστήματος βρόγχου, συνδέοντας το βολτόμετρο στο παραπάνω σύστημα.

Ο αισθητήρας θα είναι συνδεδεμένος και θα λειτουργεί ο κινητήρας. Κατά την εκκίνηση του κινητήρα εν ψυχρώ θα πρέπει να βλέπουμε 0.450 βολτ στην έξοδο του αισθητήρα O2. Αυτή η τιμή μπορεί να έχει μια μικρή απόκλιση. Αυτό γίνεται όταν το σύστημα βρίσκεται σε ανοικτό βρόγχο. Μετά από λίγο, όταν ο αισθητήρας ζεσταθεί, η τιμή θα πρέπει να αρχίσει να παίζει αλλά θα πρέπει να είναι οι τιμές του γύρω στα 0 Volt ή κοντά στο 1 volt. Αν έχουμε τις παραπάνω τιμές τότε πάει να πει ότι όλα λειτουργούν καλά. Οι τιμές όμως παραγωγής του αισθητήρα αλλάζουν γρήγορα.

Ένας αργός αισθητήρας O2 με αργά μεταβαλλόμενες τιμές μπορεί να προσδιοριστεί. Αν οι τιμές δεν αρχίσουν να αλλάζουν στη διαμονή του ανοικτού βρόγχου τότε μπορούμε να αρχίσουμε να ψάχνουμε το πρόβλημα, που μπορεί να είναι κομμένα καλώδια, ελαττωματική σύνδεση ή ακόμη και στη χειρότερη περίπτωση αντικατάσταση του αισθητήρα λ.

#### Αισθητήρες Λάμδα (η χρησιμότητά τους)

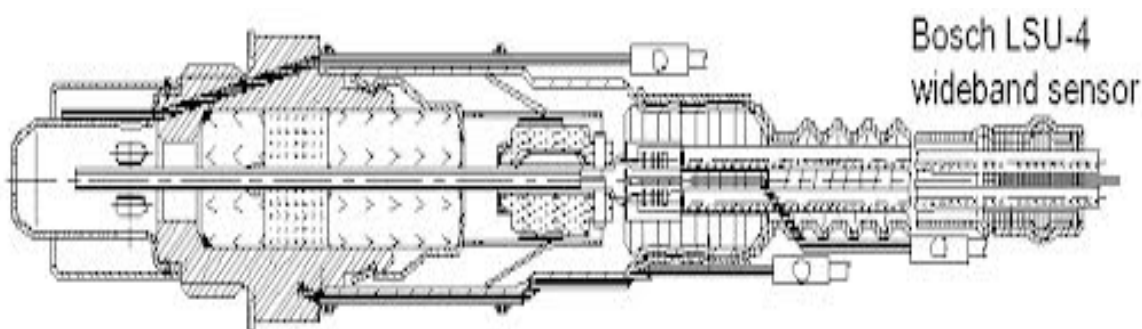
Όλα σχεδόν τα εργοστασιακά αυτοκίνητα των τελευταίων 20 ετών είναι εξοπλισμένα με αισθητήρες που διαβάζουν την περιεκτικότητα των καυσαερίων σε O2. Αυτό γίνεται μόνο και μόνο για λογούς οικονομίας, όταν το όχημα κινείται με σταθερό γκάζι και χαμηλές ή μεσαίες στροφές, ακόμη και στο ρελαντί για καλύτερη καύση.

Οι αισθητήρες αυτοί που τοποθετούνται από το εργοστάσιο είναι τύπου narrowband. Έχουν δηλαδή από 1-4 καλώδια όπως αναφέραμε και παραπάνω και δίνουν στον εγκέφαλο ρεύμα από 0 έως 1 volt.

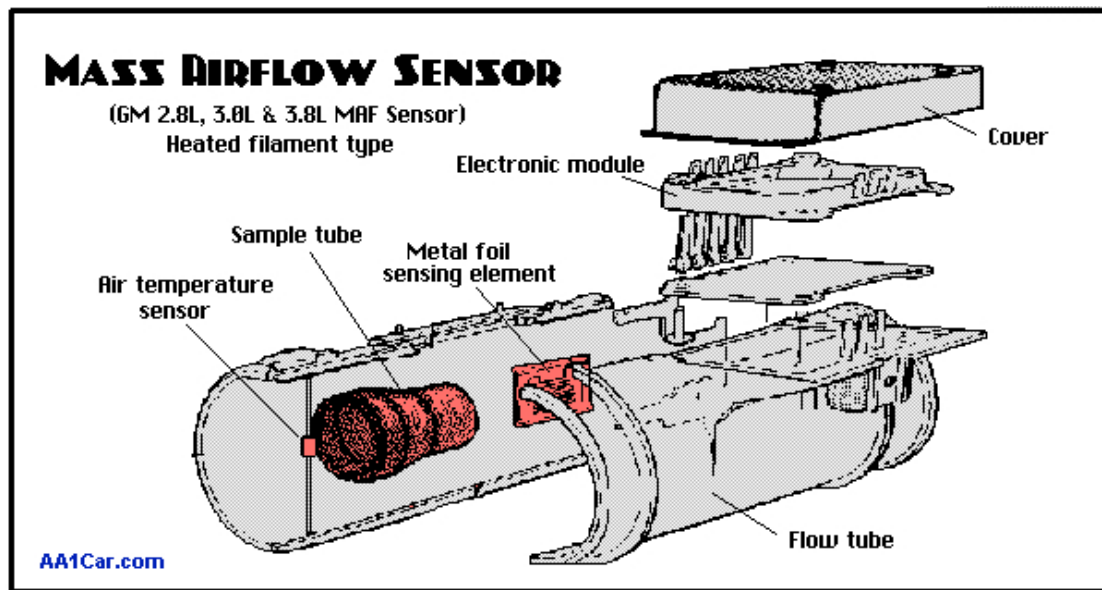


## Οι αισθητήρες Wideband και η χρησιμότητά τους

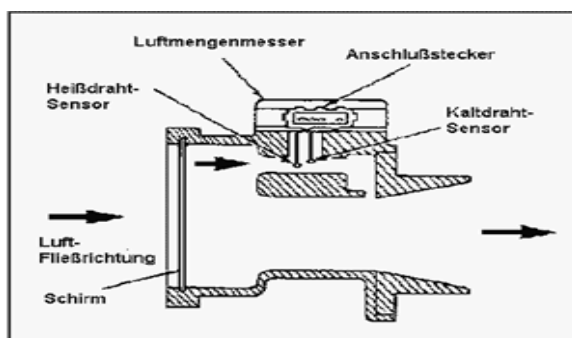
Οι παραπάνω αισθητήρες είναι αισθητήρες οξυγόνου που όμως έχουν μεγαλύτερο εύρος ακρίβειας (όπως μας λέει και το όνομά τους). Ξεχωρίζουν εύκολα επειδή αποτελούνται από 5-6 καλώδια. Το ρεύμα που δίνουν είναι από 0 έως 5 volt. Οι narrowband σένσορες έχουν μεγάλη ακρίβεια μόνο κοντά στο μείγμα 14 - 15 :1 αλλά ο εργοστασιακός εγκέφαλος αυτό θέλει ώστε να ρυθμίζει το ρελαντί και τη βενζίνη στην πορεία. Στην περίπτωση όμως που ο κινητήρας δουλεύει σε υψηλές στροφές και το μείγμα είναι πιο πλούσιο από 13:1 τότε δεν παίζει κανένα ρόλο. Το τι διαβάζει αυτός ο αισθητήρας αλλάζει πολύ ανάλογα με τη θερμοκρασία των καυσαερίων, άρα αξίζουν μόνο για αυτό που τους προόρισε ο κατασκευαστής. Όταν θέλουμε να ρυθμίσουμε ένα αυτοκίνητο turbo που το μείγμα είναι αρκετά πιο πλούσιο και πλησιάζει το 10:1 είναι χρήσιμο να έχουμε ένα αισθητήρα που να έχει τη δυνατότητα να διαβάζει μεγάλο φάσμα και να μην επηρεάζεται από θερμοκρασίες. Οι wideband έχουν τη δυνατότητα να διαβάσουν από 9:1 έως 21:1. Άρα άμα θέλουμε να ρυθμίσουμε ακόμη και ένα τουρμπάτο κινητήρα από 10:1 έως 15:1 θα είναι αρκετός.

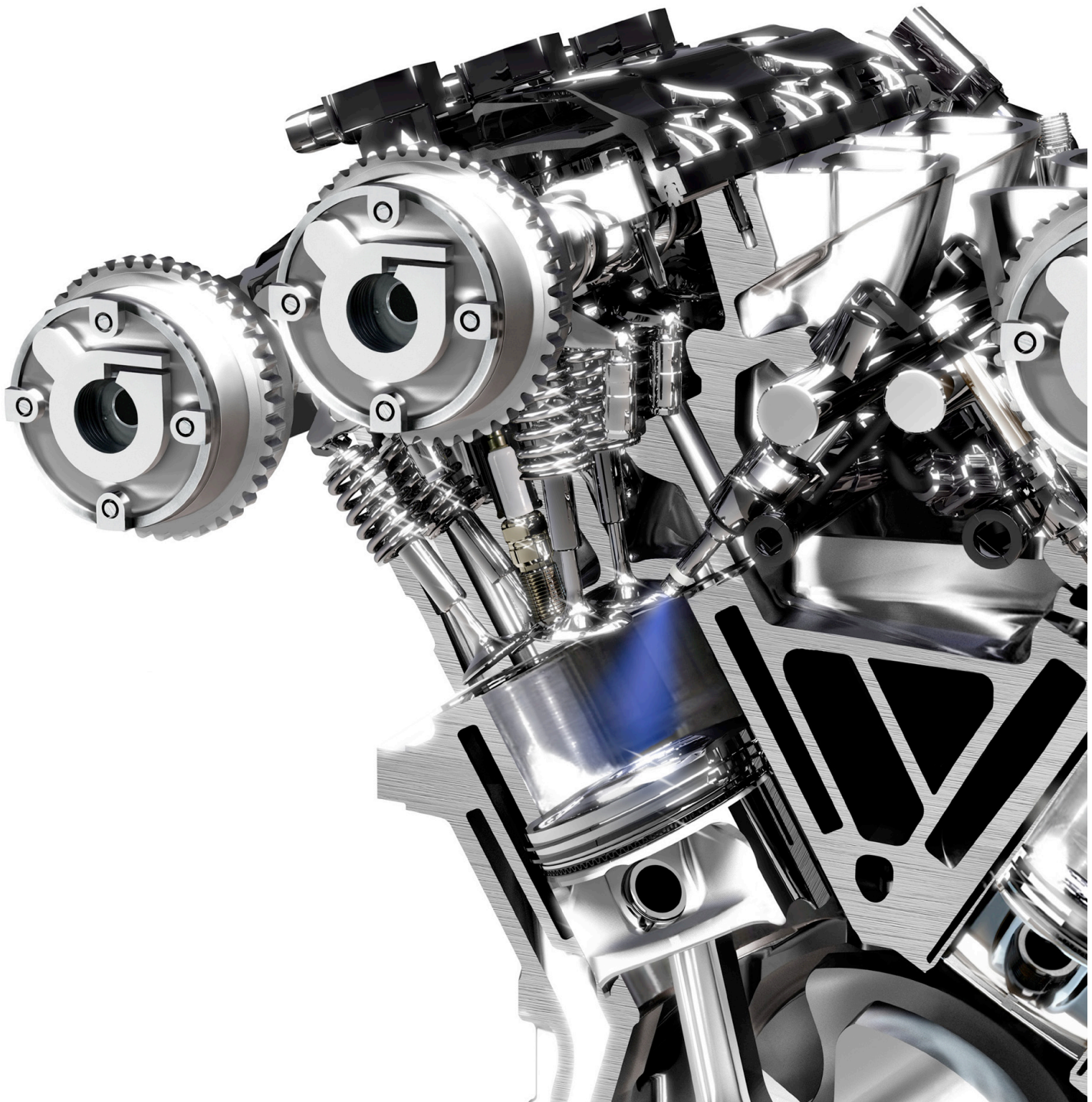


## MAF sensor (mass airflow sensor)



Το MAF προέρχεται από τα αρχικά των λέξεων mass airflow σημαίνει μετρητής μάζα αέρα ο οποίος αποτελείται από 2 καλώδια αντίστασης δηλαδή 2 αισθητήρες που εφαρμόζονται σε ένα ακροφύσιο τύπου venturi που βρίσκεται στην παράκαμψη της ροής του αέρα στο σύστημα εισαγωγής. Πάνω σε αυτούς τους αισθητήρες το ένα στοιχείο αισθητήρα ανεβάζει θερμοκρασία στους 200 °C και βρίσκεται πάνω από το στοιχείο του αισθητήρα που μετράει το κρύο σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Η ψύξη του θερμού στοιχείου του αισθητήρα επιτυγχάνεται με την ροή του αέρα. Απαιτείται ηλεκτρική ενέργεια για τη διατήρηση της θερμοκρασίας του θερμού στοιχείου αισθητήρα που θα είναι σε 200 °C. Θα είναι λοιπόν ανάλογη με τη μάζα της ροής του αέρα. Ο αισθητήρας MAF στέλνει αναλογικό σήμα τάσης στον ecu του κινητήρα που είναι ανάλογο με τη μάζα του αέρα εισαγωγής. Ο ecu του κινητήρα ρυθμίζει την απαιτούμενη έγχυση για την έναρξη του κινητήρα σύμφωνα με το μίγμα αέρος-βενζίνης που θέλουμε.





## GDI Gasoline direct Injection

Οι βασικοί στόχοι της αυτοκινητοβιομηχανίας είναι οι παρακάτω:

Η υψηλή ισχύς, η χαμηλή κατανάλωση, οι χαμηλές εκπομπές, χαμηλός θόρυβος και καλύτερη οδηγική άνεση. Αυξάνοντας των αριθμό των οχημάτων μέρα με τη μέρα ,αυξήθηκαν οι εκπομπές ρύπων με αποτέλεσμα να παίξει σημαντικό ρόλο στην ατμοσφαιρική ρύπανση που έχει αυξηθεί σημαντικά στις μέρες μας.

Οι οργανισμοί προστασίας περιβάλλοντος προσπαθούν να κατεβάσουν το όριο εκπομπών ετησίως. Έτσι πιέζουν τις αυτοκινητοβιομηχανίες καθημερινά. Ένας ακόμη σημαντικός παράγοντας για τη βελτίωση της απόδοσης των κινητήρων είναι η συνεχώς αυξανόμενη τιμή των καυσίμων . Δεδομένου ότι οι κινητήρες με καρμπυρατέρ δεν κρατούν την αναλογία αέρα καυσίμου κοντά στο στιχομετρικό σε διαφορετικές συνθήκες εργασίας, ο καταλυτικός μετατροπέας δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε αυτές τις μηχανές. Ως εκ τούτου, αυτές οι μηχανές έχουν υψηλές τιμές εκπομπής ρύπων και χαμηλή απόδοση. Ηλεκτρονικά ελεγχόμενα συστήματα Port Fuel Injection (PFI) έχουν χρησιμοποιηθεί από τη δεκαετία του 1980, αντί του συστήματος καυσίμου με καρμπυρατέρ.

Στα συστήματα εγχύσεων καυσίμων, ο ψεκασμός του μίγματος γίνεται με μπεκ 6 σημείων είτε στον προθάλαμο είτε απευθείας μέσα στον κύλινδρο με αποτέλεσμα την καλύτερη στρωματοποίηση του καυσίμου. Χρησιμοποιώντας τον αισθητήρα λάμδα στο σύστημα εξάτμισης, η αναλογία αέρα-καυσίμου παραμένει σταθερή. Συστήματα καυσίμων χωρίς ηλεκτρονικό έλεγχο είναι αδύνατο να συμμορφωθούν με τη νομοθεσία περί καυσαερίων η οποία όλο και αυξάνεται.

Εάν συγκρίνουμε το σύστημα Port Fuel Injection (PFI) με το σύστημα καρμπυρατέρ, φαίνεται ότι έχει κάποια πλεονεκτήματα. Μερικά από αυτά βλέπουμε παρακάτω:

1. Μείωση των εκπομπών καυσαερίων.
2. Αυξημένη ογκομετρική αποδοτικότητα και επομένως αύξηση της παραγωγής ισχύος και ροπής.  
Το καρμπυρατέρ αποτρέπει τον αέρα και στη συνέχεια μειώνει την ογκομετρική αποδοτικότητα.
3. Χαμηλή ειδική κατανάλωση καυσίμου. Στη μηχανή με καρμπυρατέρ, τα καύσιμα δεν μπορούν να αποδώσουν το ίδιο ποσό και την ίδια αναλογία αέρα/καυσίμων ανά κύκλο, για κάθε κύλινδρο.
4. Κατά την πίεση του πεντάλ του γκαζιού υπάρχει πιο γρήγορη απόκριση του κινητήρα. Αυτό αυξάνει την οδηγική άνεση.
5. Όσο λιγότερα είναι τα στοιχεία περιστροφής στο σύστημα έγχυσης καυσίμων τόσο μειώνεται και ο θόρυβος.

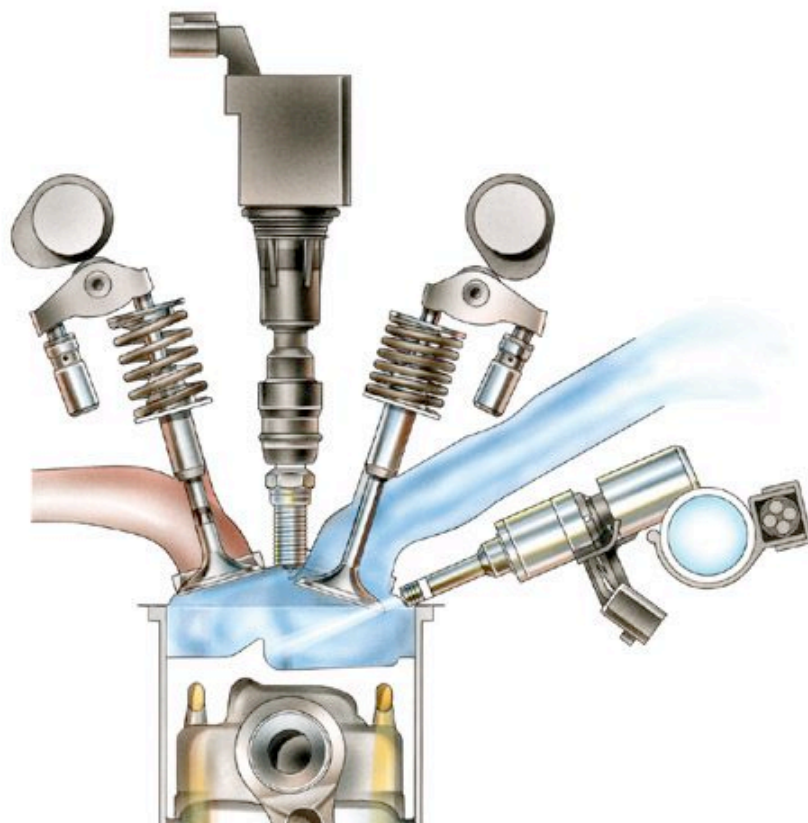
Αν και το σύστημα Port Fuel Injection (PFI) έχει κάποια πλεονεκτήματα, δεν μπορεί να πληρεί συνεχώς τις αυξανόμενες απαιτήσεις σχετικά με την απόδοση, την νομοθεσία εκπομπών καυσίμων και την οικονομία καυσίμου, σήμερα. Τα ηλεκτρονικά συστήματα **Gasoline Direct Injection (GDI)** ξεκίνησαν να χρησιμοποιούνται αντί των Port Fuel Injection (PFI) συστημάτων από το 1990.



## Χαρακτηριστικά του GDI σε σχέση με τον PFI

Το σύστημα GDI μας δίνει μια σειρά από χαρακτηριστικά, τα οποία δεν γίνεται να πραγματοποιηθούν με το σύστημα PFI. όπως:

1. Αποφυγή της μεμβράνης που δημιουργείτε από το καύσιμο στην πολλαπλή εισαγωγής.
2. Βελτιωμένη ακρίβεια του ψεκασμού της αναλογίας αέρα-καυσίμου κατά την διάρκεια της εισαγωγής του μείγματος.
3. Μείωση των απωλειών επιτάχυνσης της ανταλλαγής αερίων από στρωματοποιημένη και ομοιογενή λειτουργία.
4. Υψηλότερη θερμική αποδοτικότητα από στρωματοποιημένη λειτουργία
5. Αυξημένη αναλογία συμπίεσης, μειώνοντας την κατανάλωση καυσίμου και τις εκπομπές CO<sub>2</sub>
6. Μικρότερες απώλειες θερμότητας
7. Γρήγορη θέρμανση του καταλύτη με έγχυση κατά τη φάση διαστολής του αερίου.
8. Αυξημένη απόδοση και ογκομετρική δραστηριότητα λόγω ψύξης αέρα.
9. Καλύτερη απόδοση ψυχρής εκκίνησης .
10. Καλύτερη οδηγική άνεση.



## Απόδοση και εκπομπές καυσαερίων της βενζίνης με το σύστημα GDI

### **Απόδοση του GDI**

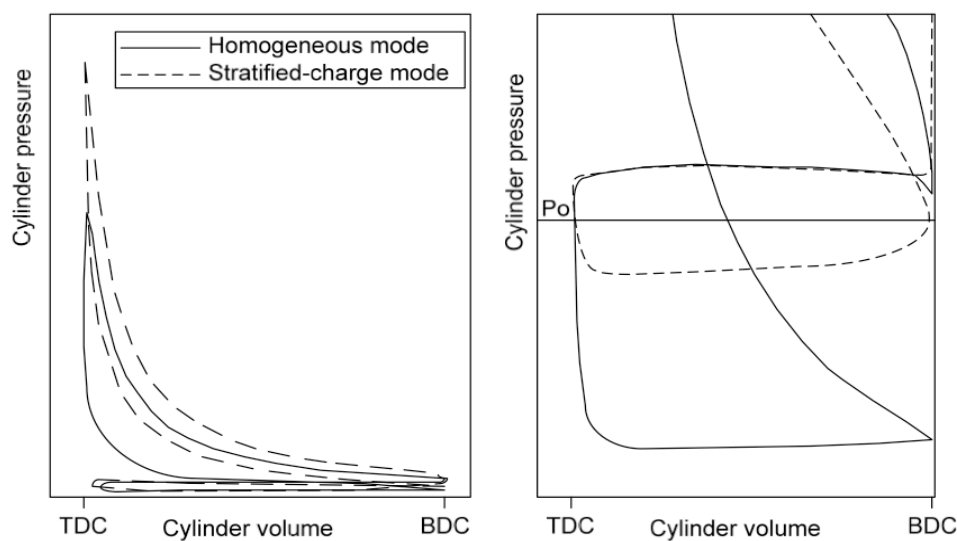
Οι παράμετροι που έχουν τη μεγαλύτερη επιρροή στην απόδοση του κινητήρα είναι η αναλογία συμπίεσης και η αναλογία αέρα-καυσίμου. Η επίδραση αύξησης της αναλογίας συμπίεσης είναι να αυξηθεί η ισχύς εξόδου και να μειωθεί η κατανάλωση καυσίμων. Η μέγιστη αποδοτικότητα (ή ελάχιστη κατανάλωση) εμφανίζεται με ένα μείγμα που είναι φτωχότερο από το στοιχειομετρικό. Επειδή το σύστημα PFI λειτουργεί στην αναλογία του στοιχειομετρικού αέρα-καυσίμου, είναι αδύνατο να δούμε περισσότερες βελτιώσεις στην οικονομία καυσίμου. Σε αυτές τις μηχανές, η αναλογία συμπίεσης είναι περίπου 9:1-10:1. Για να αποφευχθούν οι απώλειες, η αναλογία συμπίεσης δεν μπορεί να αυξηθεί περισσότερο. Για τον ίδιο όγκο του κινητήρα, η αυξανόμενη ογκομετρική αποδοτικότητα αυξάνει επίσης τη μέγιστη ισχύ του κινητήρα.

Τα συστήματα GDI λειτουργούν με φτωχό καύσιμο μείγμα και στις χαμηλές στροφές μπορούμε να δούμε σημαντικές βελτιώσεις στην οικονομία καυσίμου.

Στις υψηλές στροφές, ο GDI λειτουργεί με ομοιογενή φόρτωση και στοιχειομετρικό ή ελαφρώς πλούσιο μίγμα έτσι έχουμε την αύξηση της παραγωγικής δύναμης. Στον GDI η έγχυση του καυσίμου γίνεται στον κύλινδρο πριν το μπουζί αναφλέξει στις χαμηλές και μεσαίες στροφές. Σε αυτή την περίπτωση, η αναλογία αέρα-καυσίμων ποικίλει σε κάθε κύλινδρο, δηλαδή το μείγμα μπροστά από το μπουζί είναι πλούσιο και σε άλλα μέρη είναι φτωχό. Σε κάθε κύλινδρο η αναλογία του μείγματος είναι φτωχή και μπορεί να φτάσει μέχρι ακόμη και 40:1. Σε ομοιογενή λειτουργία, ξεκινά η έγχυση καυσίμου στον κύλινδρο στο χρόνο της εισαγωγής σε υψηλές στροφές. Το καύσιμο, το οποίο εγχέεται στην εισαγωγή, εξατμίζεται στον κύλινδρο. Η εξατμίσια του καυσίμου ρίχνει την θερμοκρασία στην εισαγωγή. Η επίδραση της ψύξης επιτρέπει μεγαλύτερη αναλογία συμπίεσης και αύξηση της ογκομετρικής αποδοτικότητας και έτσι επιτυγχάνεται η υψηλότερη ροπή. Στις μηχανές GDI, η αναλογία συμπίεσης μπορεί να φτάσει μέχρι και 12:1. Εδώ δεν παρουσιάζεται το λεγόμενο knock μόνο και μόνο επειδή συμπίεζεται ο αέρας σε χαμηλές και μεσαίες στροφές. Δεδομένου ότι τα καύσιμα εγχέονται στις υψηλές στροφές μέσα στον κύλινδρο, μειώνεται η πτώση της θερμοκρασίας του αέρα με αποτέλεσμα να μειώνεται η ροπή.

Τα περισσότερα οχήματα χρησιμοποιούνται συνήθως στην αστική κυκλοφορία, για αυτό τον λόγο έχουν αυξηθεί και οι μελέτες για τη βελτίωση της οικονομίας καυσίμων στην αστική οδήγηση. Στην αστική οδήγηση οι μηχανές συνήθως χρησιμοποιούνται σε χαμηλές και μεσαίες στροφές. Η ογκομετρική απόδοση είναι μικρότερη σε χαμηλές και μεσαίες στροφές με αποτέλεσμα να μειώνεται η αναλογική συμπίεση του κινητήρα από 8:1 σε 3:1-4:1 (αυτό ήταν παράδειγμα). Η συνέπεια αυτού είναι η μειωμένη αποδοτικότητα των μηχανών και η αυξανόμενη κατανάλωση καυσίμου. Η οικονομία καυσίμου στην αστική οδήγηση των οχημάτων δεν επιτυγχάνεται τόσο εύκολα. Η οδήγηση όμως σε αυτοκινητόδρομους με σταθερό το γκάζι στις μεσαίες στροφές μας μειώνει την κατανάλωση κατά πολύ σε σχέση με την αστική οδήγηση. Αυτό γίνεται λόγω της στρωματοποιημένης ροής καυσίμου που ψεκάζεται μέσα στον κύλινδρο. Με το πέρασμα των χρόνων βλέπουμε ότι οι οδηγοί προτιμούν αυτά τα οχήματα που έχουν καλύτερη οικονομία καυσίμου στην αστική οδήγηση, για αυτονόητους λόγους.

Σε υψηλές στροφές, όπως ο GDI κινητήρας λειτουργεί με βαλβίδα ρύθμισης καυσίμου, μόνο μια μικρή μείωση της κατανάλωσης καυσίμου μπορεί να επιτευχθεί στον κινητήρα PFI. Υπάρχει μεγαλύτερη οικονομία καυσίμου σε μεσαίες και χαμηλές στροφές. Στο στάδιο της συμπίεσης, ο αέρας μπαίνει στους κυλίνδρους χωρίς βαλβίδα για στρωματοποιημένη ροή, οι απώλειες κατά την άντληση του καυσίμου στους GDI κινητήρες είναι ελάχιστες στις χαμηλές και μεσαίες στροφές (Εικ1). Οι βελτιώσεις στη θερμική απόδοση έρχονται ως αποτέλεσμα της μειωμένης άντλησης, των υψηλότερων αναλογιών συμπίεσης και περαιτέρω επέκταση της λειτουργίας με φτωχό καύσιμο μείγμα, αυτό επιτυγχάνεται με στρωματοποιημένη καύση στις χαμηλές στροφές. Στους κινητήρες DI η κατανάλωση καυσίμων μπορεί να μειωθεί έως και 20%, με αποτέλεσμα να δούμε μια δύναμη της τάξεως του 10% παραπάνω. Σε σχέση με τους κινητήρες PFI.



Το CO<sub>2</sub> είναι ένα από τα αέρια, που επιφέρει την παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας (φαινόμενο του θερμοκηπίου). Για να μειωθεί το CO<sub>2</sub> που εκπέμπεται από τα οχήματα, απαιτείται να μειωθεί η κατανάλωση καυσίμου ή να γίνεται τέλεια καύση όπως αυτή σε εργατηριακές συνθήκες. Με τη συρρίκνωση (μείωση του μεγέθους του κινητήρα) επιτυγχάνεται ως ένα σημαντικό βαθμό, η βελτίωση της κατανάλωσης καυσίμου και η μείωση των εκπομπών του θερμοκηπίου. Με το ίδιο βάρος και μέγεθος, επιτυγχάνονται σημαντικές μειώσεις των εκπομπών CO<sub>2</sub> και αύξηση της δύναμης κινητήρα. Η αύξηση της δύναμης του κινητήρα μπορεί να επιτευχθεί με υπερπλήρωση και αντοχές σε μεγαλύτερες πιέσεις μέσα στον κινητήρα. Οι GDI κινητήρες είναι πολύ κατάλληλοι για εφαρμογές στροβιλοσυμπιεστή.

Η χρήση του GDI κινητήρα με στροβιλοσυμπιεστή παρέχει επίσης υψηλή αντοχή (δεν σπάει η μηχανή) στις υψηλές στροφές και στην χαμηλή ταχύτητα όπου ο κινητήρας PFI με στροβιλοσυμπιεστή έχουν ακόμα κάποιους περιορισμούς. Οι κινητήρες turbo GDI έχουν δείξει ότι μπορούν να δουλεύουν με χαμηλή κατανάλωση καυσίμου και να έχουν υψηλή ροπή και ισχύ.

Στο GDI κινητήρα, χρησιμοποιώντας διπλό σύστημα υπερτροφοδοσίας (twin charging system), η ροπή του κινητήρα και η δύναμη μπορεί να αυξηθεί για το ίδιο μέγεθος κινητήρα. Για παράδειγμα, η Volkswagen (VW) χρησιμοποίησε το διπλό σύστημα υπερτροφοδοσίας στον TFI κινητήρα (twin charged στρωματοποιημένης έγχυσης). Το σύστημα περιλαμβάνει έναν υπερτροφοδότη (supercharger), καθώς και έναν στροβιλοσυμπιεστή (turbocharger). Ο υπερσυμπιεστής (supercharger), είναι βασικά ένας συμπιεστής αέρα. Μια μηχανική συσκευή που οδηγείται από τη μηχανή

του στροφαλοφόρου άξονα, και με τη βοήθεια δύο πτερυγίων που γυρνάνε σε αντίθετες κατευθύνσεις για να συμπιεστεί αέρας στο σύστημα εισαγωγής αεραγωγού της μηχανής. Η υψηλή και σταθερή ροπή επιτυγχάνεται σε ευρύ φάσμα ταχύτητας ενεργοποιώντας τον υπερτροφοδότη (supercharger) σε χαμηλές ταχύτητες και το turbocharger σε υψηλές ταχύτητες.

Παρακάτω δίνονται οι προδιαγραφές δύο διαφορετικών μηχανών που ανήκουν στο μοντέλο του 2009, VW Passat. Ο TSI κινητήρας έχει οικονομία καυσίμου σε αστική οδήγηση περίπου 18% χαμηλότερη από εκείνο του PFI κινητήρα. Οι εκπομπές CO<sub>2</sub> είναι 12% χαμηλότερες από εκείνες του κινητήρα PFI. Παρά το γεγονός ότι ο TSI κινητήρας έχει χαμηλότερο όγκο σάρωσης από τον PFI κινητήρα, η ισχύς και η ροπή είναι υψηλότερη κατά 20% και 35%, αντίστοιχα. Όπως η ροπή του κινητήρα είναι μέγιστη στο διάστημα 1500-4000 rpm/min, η μετατόπιση δεν είναι απαραίτητη στην επιτάχυνση και έτσι αυξάνεται η οδηγική άνεση.

Engine Type	Swept volume	Max. Power	Max. Torque	Mixture formation system	Fuel economy (urban driving) L/100km	Fuel economy (highway driving) L/100km	CO <sub>2</sub> emission g/km
Gasoline engine	1.6 L	75 kW 5600 1/min	148 Nm 3800 1/min	PFI (port fuel injection)	10,5	6,0	179
TSI gasoline engine	1.4 L	90 kW 5000 - 5500 1/min	200 Nm 1500 - 4000 1/min	GDI (Gasoline direct injection)	8,6	5,5	157

### Εκπομπές καυσαερίων του κινητήρα GDI

Οι εκπομπές CO<sub>2</sub> είναι πολύ χαμηλές σε περιεκτικότητα στον κινητήρα GDI. Το CO<sub>2</sub> ποικίλλει ανάλογα με την αναλογία αέρα-καυσίμου. Το CO<sub>2</sub> είναι υψηλό στα πλούσια μείγματα. Δεδομένου ότι οι GDI μηχανές λειτουργούν με φτωχό μίγμα σε χαμηλές και μεσαίες στροφές και το στοιχειομετρικό μίγμα με υψηλές στροφές, το CO<sub>2</sub> δεν είναι ένα πρόβλημα για αυτούς τους κινητήρες. Στο GDI κινητήρα, λόγω του ότι βρέχονται τα έμβολα και τα τοιχώματα των κυλίνδρων με υγρά καύσιμα, οι εκπομπές HC μπορεί να αυξηθούν. Οι εκπομπές υδρογονανθράκων (HC) είναι μια συνάρτηση της θερμοκρασίας των μηχανών και επομένως μπορεί να αυξηθεί κατά τη διάρκεια εκκίνησης με ψυχρό κινητήρα. Τα χαρακτηριστικά της κρύας εκκίνησης ποικίλλουν ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της διανομής καυσίμων, την κίνηση του αέρα μέσα στους κυλίνδρους, την εξάτμιση καυσίμων και την ανάμειξη καυσίμου-αέρα.

Κατά τη διάρκεια μιας κρύας εκκίνησης του GDI λόγω υψηλότερης θερμοκρασίας καυσαερίων, ο καταλύτης σταματά να λειτουργεί για λίγο χρόνο με αποτέλεσμα να έχουμε χαμηλότερες εκπομπές HC. Οι κινητήρες βενζίνης δεν εκπέμπουν αιθάλη κανονικά. Η εκπομπή αιθάλης όμως μπορεί να εμφανιστεί σε πολύ πλούσια μείγματα. Ωστόσο, οι GDI κινητήρες εκπέμπουν αιθάλη σε στρωματοποιημένη λειτουργία όπως στις περιοχές με πολύ πλούσια μείγματα. Σε κινητήρες λοιπόν GDI εάν δεν πετύχει ο σχηματισμός πλούσιου μείγματος σε υψηλές στροφές, η εκπομπή αιθάλης μπορεί να αυξηθεί. Οι εκπομπές NO<sub>x</sub> είναι μέγιστες σε υψηλές θερμοκρασίες κύλινδρου και  $\lambda = 1.1$ . Όσο η ροπή παραγωγής αυξάνεται, αυξάνεται και η θερμοκρασία και επομένως οι εκπομπές NO<sub>x</sub> στην έξοδο του κινητήρα αυξάνονται, κυρίως όταν δουλεύει σε υψηλές στροφές.



## Έλεγχος των εκπομπών στο GDI κινητήρα

Η περιβαλλοντική νομοθεσία καθορίζει τα όρια για τις εκπομπές στους κινητήρες ανάφλεξης με σπινθήρα καυσαερίων. Απαιτούνται να πληρούνται κάποια όρια για τις εκπομπές καυσαερίων. Ο τριοδικός καταλυτικός μετατροπέας εμφανίζει υψηλή απόδοση για τη μετατροπή του CO, HC και NOx στις μηχανές με λειτουργία  $\lambda = 1.0$ . Αλλά, το NOx δεν μπορεί να μετατραπεί εντελώς σε ακίνδυνο αέριο σε φτωχή λειτουργία μίγματος. Ως εκ τούτου, οι μηχανές με το φτωχό μίγμα απαιτούν έναν χώρο αποθήκευσης του NOx στον καταλυτικό μετατροπέα για να μετατρέψει το NOx.

Οι δύο καταλυτικοί μετατροπέες χρησιμοποιούνται διαδοχικά στο σύστημα εξάτμισης του GDI κινητήρα. Το ένα είναι Pre-catalytic μετατροπέας (τρεις τρόποι μετατροπής - TWC). Αυτός ο μετατροπέας έχει μικρό όγκο και συνδέεται κοντά στην μηχανή. Ο άλλος είναι κυρίως καταλυτικός μετατροπέας που συνδυάζει NOx καταλύτη και TWC. Αυτός ο μετατροπέας έχει μεγαλύτερο όγκο από το pre-catalytic μετατροπέα και δεν συνδέεται κοντά στον κινητήρα. Ο Pre-catalytic μετατροπέας, μετατρέπει το CO, HC και NOx σε αβλαβείς αέρια (CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O και N<sub>2</sub>)  $\lambda = 1.0$ . Ωστόσο, όταν ο κινητήρας δουλεύει σε στρωματοποιημένη λειτουργία με φτωχό μίγμα, το NOx δεν μπορεί να μετατραπεί σε άζωτο. Σε τέτοιες περιπτώσεις, το NOx αποστέλλεται στον κύριο καταλυτικό μετατροπέα.

Για την μετατροπή του NOx στον καταλυτικό μετατροπέα, χρησιμοποιούνται τα στοιχεία, όπως Ba και Ca σε φτωχά μείγματα. Αυτά τα στοιχεία προσφέρονται για την αποθήκευση του NOx. Σε  $\lambda = 1,0$ , ο NOx μετατρέπεται στον τριοδικό καταλύτη. Όταν έχουμε φτωχό μίγμα, η μετατροπή του NOx πραγματοποιείται σε τρία στάδια: συσσώρευση των οξειδίων του αζώτου (NOx), απελευθέρωση των NOx και μετατροπή.

Τα οξείδια του αζώτου αντιδρούν χημικά με οξείδιο βαρίου (BaO) και κατά συνέπεια δημιουργείται νιτρικό βάριο (Ba (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> (NOx storage stage)). Στη συνέχεια, για την μετατροπή, η μηχανή χρησιμοποιεί προς στιγμήν μια πλούσια ομοιογενή λειτουργία. Χάρη στο πλούσιο μίγμα, υπάρχει CO στο σύστημα εξάτμισης. Το νιτρικό βάριο αντιδρά χημικά με CO και ως αποτέλεσμα τα CO<sub>2</sub>, BaO και NO προκύπτουν (στάδιο απελευθέρωσης NOx). Και στη συνέχεια το NO αντιδρά χημικά με το CO και N<sub>2</sub>, και δημιουργείται CO<sub>2</sub> (στάδιο μετατροπής). Ο καταλύτης μπορεί να αποθήκευσει το NOx σε θερμοκρασίες 250-500<sup>0</sup>C. Ένα σύστημα επανακυκλοφορίας αερίου εξάτμισης είναι απαραίτητο, μιας και τα συστήματα μετεπεξεργασίας NOx δεν φτάνουν τις ισοτιμίες του  $\lambda = 1$ . Με εξαίρεση τα μεγαλύτερα φορτία, η επανακυκλοφορία των καυσαερίων (exhaust gas recirculation EGR) χρησιμοποιείται ευρέως για τον έλεγχο των εκπομπών NOx.

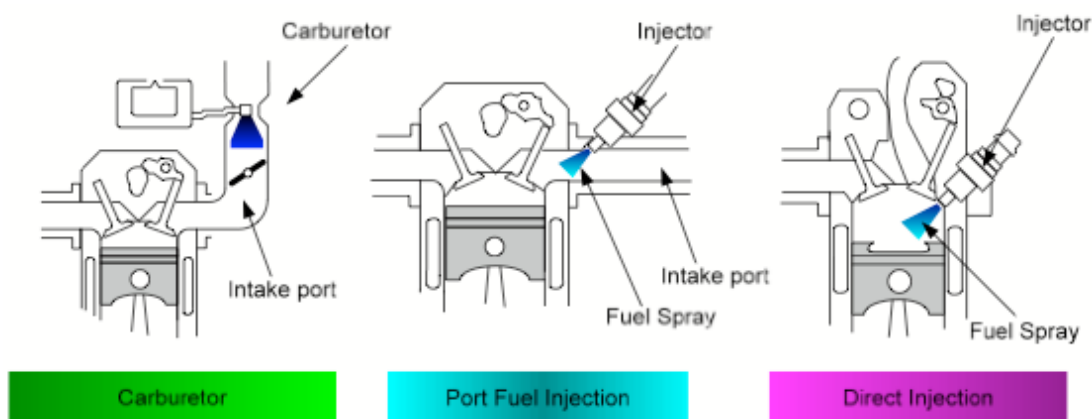
Για να πληρούν τα όρια εκπομπών που ισχύουν για τους pre και main catalyst και για να παρέχεται η βέλτιστη λειτουργία χρησιμοποιούνται 4 αισθητήρες (3 αισθητήρες  $\lambda$  και 1 πυρόμετρο) στο σύστημα εξάτμισης.

Ο ευρυζωνικός αισθητήρας λάμδα που βρίσκεται στον προ-καταλύτη καθορίζει τα ποσά οξυγόνου στα καυσαέρια. Το απαιτούμενο  $\lambda$  για ομοιογενή φτωχή λειτουργία μπορεί να ελεγχθεί από αυτόν τον αισθητήρα. Για κάθε καταλύτη χρησιμοποιούνται δύο αισθητήρες Λάμδα (upstream και downstream αισθητήρα). Οι αστοχίες των pre και main converter μπορούν να διαγνωσθούν από το σήμα των διπλών αισθητήρων. Η θερμοκρασία του αισθητήρα χρησιμοποιείται για να καθοριστεί η θερμοκρασία του καταλύτη NOx.

## Σχηματισμός μίγματος και τρόποι λειτουργίας μηχανής GDI

### Σχηματισμός μίγματος

Η προετοιμασία του μίγματος αέρα - καυσίμου στις μηχανές βενζίνης γίνεται μέσα και έξω από τους κυλίνδρους. Το μίγμα στη μηχανή με καρμπυρατέρ και στον PFI γίνεται έξω από τον κύλινδρο, ενώ το μίγμα στις μηχανές GDI γίνεται μέσα στον κύλινδρο, το βλέπουμε και στην εικόνα παρακάτω. Ο εγχυτήρας είναι το πιο σημαντικό στοιχείο του όλου συστήματος, έχοντας ηγετικό ρόλο στη διαδικασία προετοιμασίας μίγμα.

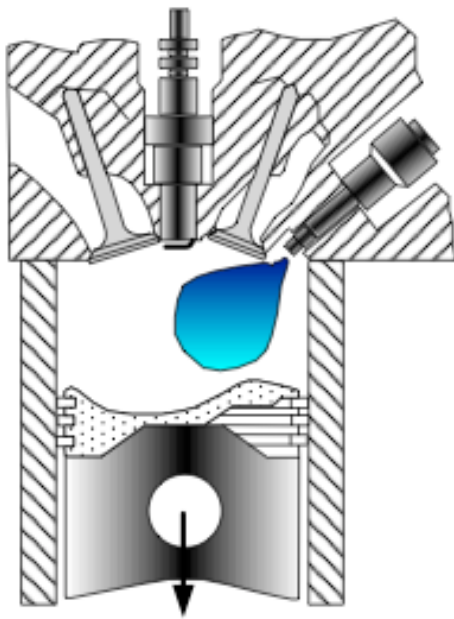


Σε αντίθεση με τις PFI μηχανές όπου τα καύσιμα εγχέονται μέσω της εισόδου, στις μηχανές GDI, τα καύσιμα εγχέονται άμεσα στους κυλίνδρους σε υψηλή πίεση. Κατά τη διάρκεια εισαγωγής, μόνο ο αέρας μπαίνει από τη ανοικτή βαλβίδα και εισέρχεται στον κύλινδρο. Αυτό εξασφαλίζει καλύτερο έλεγχο της διαδικασίας εισαγωγής και χορηγεί την έγχυση καυσίμων αργά κατά τη διάρκεια της συμπίεσης, όταν είναι κλειστές οι βαλβίδες εισαγωγής. Η λειτουργία εισαγωγής του συστήματος ως pre-*varorizing* θάλαμος είναι ένα πλεονέκτημα για τις μηχανές PFI. Στους κινητήρες GDI λόγω έλλειψης χρόνου εξάτμισης καυσίμου, τα καύσιμα εγχέονται απευθείας στον κύλινδρο σε πολύ υψηλή πίεση για να βοηθήσει τη διαδικασία ψεκασμού και εξάτμιση. Η διάρκεια έγχυσης είναι μικρή και για αυτό το λόγο η έγχυση γίνεται με διαβροχή του εμβόλου, ώστε να υπάρχει αρκετός χρόνος ανάμειξης του μίγματος αέρα - καυσίμου. Στον κινητήρα PFI, ένα υγρό film σχηματίζεται στην εισαγωγή της βαλβίδας, που προκαλεί καθυστέρηση στην εξάτμιση καυσίμων. Ιδιαίτερα κατά την εκκίνηση με ψυχρό κινητήρα, είναι απαραίτητο να αυξηθεί το ποσό καυσίμων για το ιδανικό στοιχειομετρικό μίγμα. Το γεγονός αυτό, οδηγεί σε αύξηση των εκπομπών HC κατά την εκκίνηση με ψυχρό κινητήρα. Εναλλακτικά, η άμεση έγχυση καυσίμου στον θάλαμο καύσης μειώνει τους κινδύνους όπως η αύξηση HC και δίνει το περιττό καύσιμο στη μηχανή.

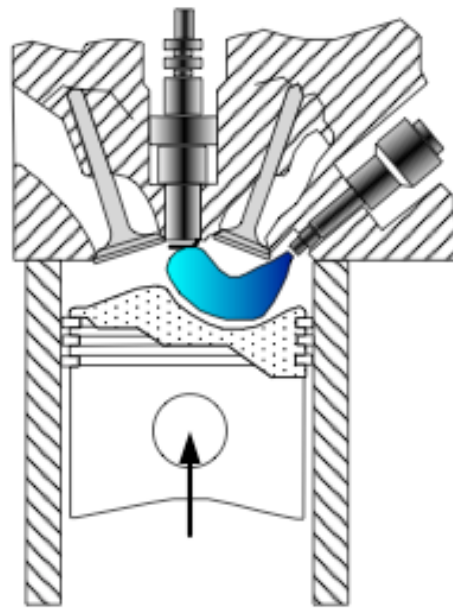
Με τις μηχανές GDI, υλοποιείται με δύο τρόπους η είσοδος καυσίμου. Με την διαστρωματοποιημένη (*late injection*) και την ομοιογενή (*early injection*) είσοδο. Στις χαμηλές και μεσαίες στροφές, χρησιμοποιείται η διαστρωματοποιημένη είσοδος (*late injection*), δηλαδή καύσιμα εγχέονται κατά τη διάρκεια της συμπίεσης.

Η μηχανή μπορεί να λειτουργεί σε μια αναλογία αέρα - καυσίμου που υπερβαίνει τα 100 bar κατά την πλήρη επιτάχυνση.

Μια ομοιογενή έγχυση (early injection) προτιμάται για τις συνθήκες υψηλότερων στροφών, δηλαδή, καύσιμα εγχέονται κατά την διάρκεια εισαγωγής έτσι ώστε να παρέχουν ένα ομοιογενές μίγμα. Στο μεγαλύτερο μέρος αυτού του τρόπου, ο κινητήρας λειτουργεί σύμφωνα με την στοιχειομετρική ή μια ελαφρώς πλούσια κατάσταση σε υψηλές στροφές. Σε χαμηλότερες στροφές σε αυτή τη λειτουργία, ο κινητήρας λειτουργεί σε ομοιογενή φτωχό μίγμα με συνθήκες καλές συνθήκες αέρα-καυσίμου με αποτέλεσμα να έχουμε 20 με 25% περαιτέρω βελτίωση της οικονομίας καυσίμου. Η παρακάτω εικόνα δείχνει την ομοιογενή (early injection) και την διαστρωματοποιημένη είσοδο(late injection) καυσίμων.

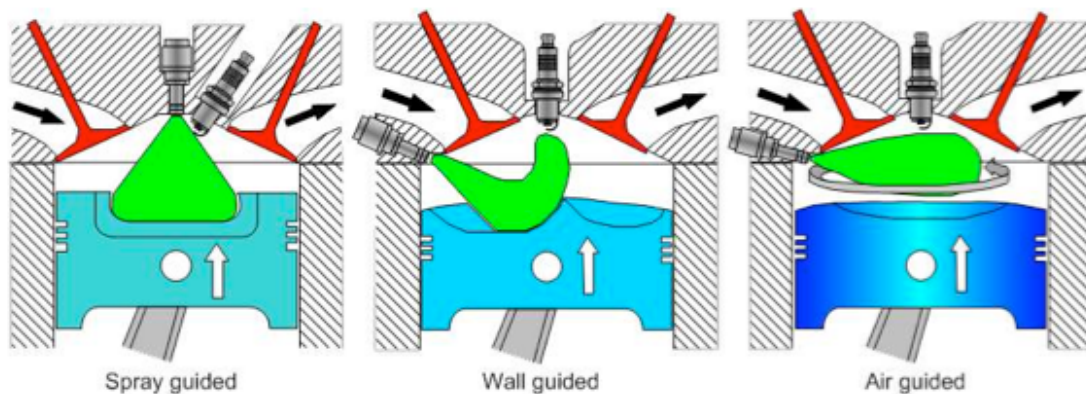


Ομοιογενής λειτουργία (early injection)



Διαστρωματομένη λειτουργία (late injection)

Στη διαστρωματοποιημένη λειτουργία χρησιμοποιούνται τρία συστήματα καύσης για να σχηματίσουν εύφλεκτο μείγμα κοντά στο μπουζί για άμεση ανάφλεξη. Αυτά είναι τα wall-guided, air-guided και spray-guided συστήματα καύσης, που τα βλέπουμε στην εικόνα της επόμενης σελίδας. Η διάκριση μεταξύ αυτών είναι η συνήθης μέθοδος με την οποία μεταφέρεται ο ψεκασμός καυσίμου κοντά στον σπινθήρα.



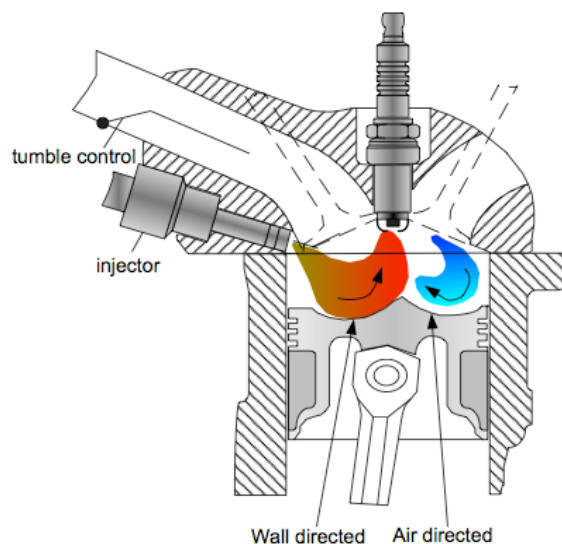
### Wall-guided σύστημα καύσης:

Τα καύσιμα μεταφέρονται προς το βούλωμα του σπινθήρα χρησιμοποιώντας ένα ειδικά διαμορφωμένο επιφάνεια εμβόλου. Όπως τα καύσιμα εγχέονται στην επιφάνεια των εμβόλων, αυτό δεν μπορεί να εξατμιστεί εντελώς και, με τη σειρά του, αυξάνει τις εκπομπές HC και CO, και την κατανάλωση καυσίμου. Δεν είναι αποτελεσματική η χρησιμοποίηση αυτού του εμβόλου.

### Air-guided σύστημα καύσης:

Τα καύσιμα εγχέονται στη ροή του αέρα, η οποία κινεί τον ψεκασμό καυσίμου κοντά στον σπινθήρα. Η ροή του αέρα επιτυγχάνεται με τις θύρες εισόδου με ειδικό σχήμα και η ταχύτητα του αέρα ελέγχεται με διαφράγματα αέρα σε στην πολλαπλή. Σε αυτήν την τεχνική, τα υγρά καύσιμα δεν πάνε απευθείας πάνω στο έμβολο και στον κύλινδρο. Οι Περισσότερες GDI μηχανές χρησιμοποιούν τη στρωματοποιημένη μέθοδο με μια κίνηση μεγάλης κλίμακας αέρα (στροβιλισμού ή στεγνωτήρια) καθώς και ειδικά διαμορφωμένη επιφάνεια εμβόλου, προκειμένου να διατηρηθεί ο ψεκασμός καυσίμου συμπαγής και να προχωρήσει κατευθείαν μπροστά από τον σπινθηριστή. Στα συστήματα καύσης αέρα η καθοδήγηση γίνεται με την μέθοδο wallguided και η τοποθέτηση του εγχυτήρα γίνεται μακριά από το μπουζί για να αποφευχθεί το βούλωμα του σπινθήριστή.

Η VW έχει υιοθετήσει την άμεση έγχυση στα σύστημα καύσης και είναι ένας συνδυασμός δύο συστημάτων. Του wall guided και του air guided. Αυτά τα συστήματα είναι λιγότερο ευαίσθητα κατά τις κυκλικές διακυμάνσεις της ροής του αέρα. Αυτό το σύστημα καύσης δείχνει πλεονεκτήματα κατά τη στρωματοποιημένη και την ομοιογενή λειτουργία. Η έγχυση γίνεται από την πλαγια πλευρά που είναι και τοποθετημένος ο εγχυτήρας. (βλέπουμε παρακάτω την εικόνα). Τα καύσιμα εγχέονται στο πλαίσιο της δεδομένης γωνίας πάνω στο έμβολο. Το έμβολο έχει δύο κύπελλα. Το Κύπελλο του καυσίμου είναι στην μια πλευρά που δέχεται το καύσιμο και το το κύπελλο του αέρα είναι στην πλευρά της εξάτμισης. Η ροή επιτυγχάνεται με το ειδικά διαμορφωμένο αυλό εισαγωγής. Τα καύσιμα καθοδηγούνται ταυτόχρονα μέσω του αέρα και πάνε στην περιοχή της ανάφλεξης χωρίς το βούλωμα του σπινθήριστή, με αποτέλεσμα την ομαλή ανάφλεξη όλου του μίγματος.

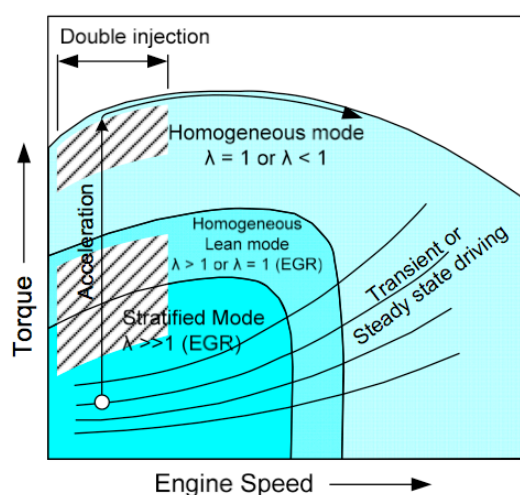


## Spray-Guided σύστημα:

Στην τεχνική spray guided τα καύσιμα κατευθύνονται και εγχέονται κοντά μπουζί, όπου γίνεται η ανάφλεξη. Θεωρητικά, το σύστημα ψεκασμού του σπρέι που κατευθύνεται με τεχνική και έχει την υψηλότερη απόδοση. Η διαδικασία της καύσης με την παραπάνω μέθοδο καθοδηγείται από προηγμένο εγχυτήρα όπως τα πιεζοηλεκτρικά μπεκ. Αυτή η τεχνική έχει κάποια πλεονεκτήματα: μειωμένη ύγρανση τοίχο, αυξημένη στρωματοποιημένη περιοχή κατά τη λειτουργία και λιγότερες ευαισθησίες στη ροή αέρα μέσα στον κύλινδρο. Άρα καλύτερη καύση ,με αποτέλεσμα στην καλύτερη διακύμανση μέσα στον κύλινδρο και μειωμένες εκπομπές HC. Κάποια από τα μειονεκτήματα είναι η αξιοπιστία των σπινθήρων (επίστρωση) και υψηλή ευαισθησία σε συστατικά ανάφλεξης των σύγχρονων εγχύσεων. Η Mercedes-Benz ανέπτυξε ένα νέο σύστημα καύσης spray-guided. Αυτό το σύστημα χρησιμοποιεί την τεχνολογία έγχυσης βενζίνης Piezo με τη μέθοδο έ Stratified-Charged (CGI). Αυτό το σύστημα επιτυγχάνει καλύτερη οικονομία καυσίμου από τα συμβατικά wall-guided συστήματα άμεσης έγχυσης. Το κύριο πλεονέκτημα του κινητήρα CGI φαίνεται στο διαστρωματοποιημένο τρόπο λειτουργίας. Κατά την διάρκεια αυτής της διαδικασίας, ο κινητήρας λειτουργεί με υψηλά επίπεδα εισαγωγής αέρα και έτσι παρέχεται εξαιρετική οικονομία καυσίμου. Οι πολλαπλές εγχύσεις επεκτείνουν αυτόν τον τρόπο λειτουργίας σε υψηλότερες στροφές. Κατά τη διάρκεια της συμπίεσης, μια σειρά εγχύσεων γίνεται κατά διαστήματα με διαφορά κλάσματα του δευτερολέπτου. Αυτό επιτρέπει τον καλύτερο σχηματισμό μείγματος και καύσης, και χαμηλότερη κατανάλωση καυσίμου.

## Οι τρόποι λειτουργίας

Ο GDI κινητήρας αποδίδει με διαφορετικούς τρόπους. Ανάλογα με το φορτίο και την ταχύτητα της μηχανής για μια σταθερή και αποδοτική λειτουργία. Αυτές οι μηχανές έχουν τρεις βασικούς τρόπους λειτουργίας, στρωματοποιημένο με σχετικά φτωχό μίγμα, ομοιογενή με φτωχό μείγμα και ομοιογενή με στοιχειομετρικό μείγμα. Ο κινητήρας λειτουργεί με τη στρωματοποιημένη, ομοιογενής με φτωχό μίγμα και ομοιογενής με στοιχειομετρικό, σε χαμηλές στροφές και ταχύτητα καθώς επίσης και σε μεσαίες στροφές και ταχύτητα και σε υψηλές στροφές και ταχύτητα, αντίστοιχα. (το βλέουμε στο διάγραμμα παρακάτω). Δείχνει ένα παράδειγμα για τους τρόπους λειτουργίας του GDI ανάλογα με τις στροφές του κινητήρα και τη ταχύτητα.



Η μονάδα ελέγχου του κινητήρα συνεχώς επιλέγει κάθε φορά έναν από τους τρόπους λειτουργίας. Κάθε λειτουργία του καθορίζεται από την αναλογία καυσίμου-αέρα. Η στοιχειομετρική αναλογία αέρα-καυσίμου για την βενζίνη είναι 14.7:1, αλλά η εξαιρετικά φτωχή λειτουργία (stratified-charge) μπορεί να περιλαμβάνει τόσο υψηλές αναλογίες όσο 65:1. Αυτά τα μείγματα είναι πολύ πιο φτωχά από τα συμβατικά μείγματα και μειώνεται η κατανάλωση καυσίμων σημαντικά.

#### **(Stratified-charge mode)**

Η στρωματοποιημένη λειτουργία χρησιμοποιείται στις χαμηλές στροφές, σε σταθερή ή χαμηλή ταχύτητα, όταν η επιτάχυνση δεν είναι απαραίτητη. Τα καύσιμα πρέπει να εγχυθούν λίγο πριν την ανάφλεξη, έτσι ώστε η μικρή ποσότητα μίγματος αέρα-καυσίμου να τοποθετείται κοντά στον σπινθήρα. Η τεχνική αυτή επιτρέπει τη χρήση πολύ φτωχού μίγματος με πολύ υψηλή αναλογία αέρα-καυσίμου, πράγμα αδύνατο να γίνει με κλασικούς εξαερωτήρες ή ακόμη και με τον PFI. Κατά την καύση του φτωχού μίγματος αυξάνονται οι εκπομπές NOx. Σε αυτή τη λειτουργία, ενεργοποιείται το σύστημα EGR για να μειωθούν τα NOx.

Η περιοχή της στρωματοποιημένης λειτουργίας περιορίζεται από τις στροφές και την ταχύτητα. Σε υψηλές στροφές, το μίγμα στη διαστρωματοποιημένη λειτουργία μπορεί να είναι πολύ πλούσιο, και έτσι μπορεί να σχηματιστεί η αιθάλη. Στις υψηλές ταχύτητες, είναι αδύνατον να παρασχεθούν επαρκείς διαστρωμάτωσης λόγω στροβιλισμών στον κύλινδρο. Γι' αυτό στις υψηλές στροφές και ταχύτητες, ο κινητήρας λειτουργεί σε ομοιογενή λειτουργία για να έχει χαμηλές εκπομπές ρύπων και την υψηλή ροπή.

#### **Homogeneous mode**

Η ομοιογενή λειτουργία χρησιμοποιείται για επιτάχυνση, υψηλές στροφές και υψηλή ταχύτητα του κινητήρα. Το μίγμα αέρα - καυσίμου είναι ομοιογενές και η αναλογία είναι στοιχειομετρική ή ελαφρώς πιο πλούσια από ό, τι η στοιχειομετρική. Όσο τα καύσιμα εγχέονται κατά την διάρκεια της εισαγωγής, υπάρχει αρκετός χρόνος για το σχηματισμό μίγματος αέρα-καυσίμου. Σε αυτή τη λειτουργία, ενώ ο κινητήρας λειτουργεί με το στοιχειομετρικό μίγμα, μειώνονται οι εκπομπές NOx και ως επομένως δεν ενεργοποιείται EGR.

Στις μεταβατικές περιπτώσεις, ο κινητήρας μπορεί να λειτουργήσει σε ομοιογενή φτωχή λειτουργία για τη βελτιστοποίηση της κατανάλωσης καυσίμων. Η Ομοιογενής φτωχή λειτουργία ενεργοποιείται για μεσαίες στροφές και ταχύτητες. Σε αυτή τη λειτουργία, τα καύσιμα εγχέονται κατά την διάρκεια εισόδου. Το μίγμα αέρα - καυσίμου είναι ομοιογενές και ο λόγος αέρα - καυσίμου είναι φτωχός ή στοιχειομετρικός. Όσο ο κινητήρας λειτουργεί με το φτωχό μίγμα, αυξάνονται οι εκπομπές NOx και ως επομένως ενεργοποιείται το EGR. Ένας άλλος τρόπος λειτουργίας είναι η ομοιογενείς-στρωματοποιημένη λειτουργία. Αυτή η λειτουργία χρησιμοποιείται σε συνθήκες επιτάχυνσης κατά το πέρασμα από στρωματοποιημένη σε ομοιογενή λειτουργία. Υλοποιείται η έγχυση δύο σταδίων (διπλή έγχυση). Η πρώτη έγχυση γίνεται κατά τη διάρκεια του χρόνου της εισαγωγής και η μεγαλύτερη ποσότητα του καυσίμου ψεκάζεται τότε. Η δεύτερη έγχυση γίνεται κατά το στάδιο της συμπίεσης και ψεκάζεται το υπόλοιπο καύσιμο. Διπλή έγχυση γίνεται για τη μείωση των εκπομπών αιθάλης και για να μειωθεί η κατανάλωση καυσίμου στις χαμηλές στροφές στην φάση μετάβασης μεταξύ στρωματοποιημένης και ομοιογενής λειτουργίας. Η διπλή έγχυση μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για να θερμάνει γρήγορα τον καταλύτη στη φτωχή στρωματοποιημένη λειτουργία.



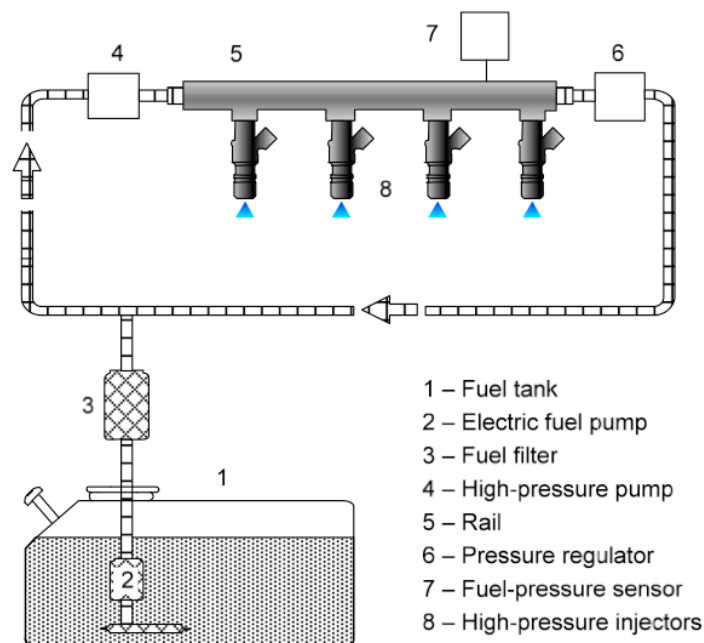
Σε χαμηλή ταχύτητα και μεγάλες στροφές, η διάρκεια καύσης είναι μεγάλη και η θερμοκρασία είναι υψηλή. Ως εκ τούτου, η μηχανή τείνει να χτυπήσει. Σε αυτήν την ομοιογενή λειτουργία, χρησιμοποιώντας διπλή έγχυση σε υψηλές στροφές και με τη μείωση του χρόνου ανάφλεξης, μπορεί να προληφθεί το χτύπημα.

## Ανεφοδιασμός καυσίμων και Σύστημα Διαχείρισης του κινητήρα GDI

### **Ανεφοδιασμός καυσίμων**

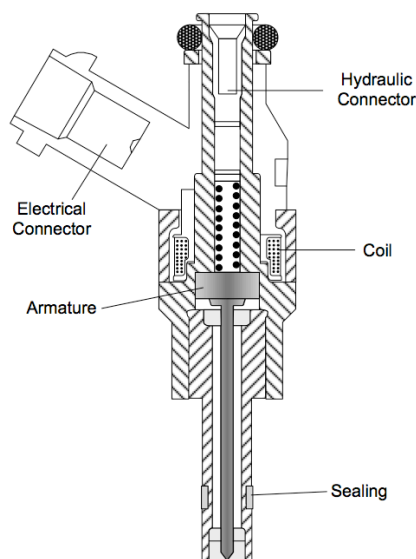
Τα συστήματα καυσίμων για GDI κινητήρες, απαιτούν καύσιμα υψηλής πίεσης. Η πίεση εγχύσεων καυσίμων είναι μεταξύ 4 - 13 MPa. (η πραγματική τάση είναι να αυξηθεί το επίπεδο της πίεσης). Αυτή η πίεση είναι υψηλότερη από τον PFI κινητήρα που οι τιμές πίεσης κυμαίνονται από 0,25 - 0,45 MPa. Οι υψηλότερες πιέσεις οδηγούν σε μια μεγαλύτερη ακρίβεια και ένα καλύτερο ψεκασμό. Παρόλο που οι υψηλές πιέσεις εγχύσεων αυξάνουν τον ψεκασμό, η υπερβολική πίεση μπορεί να προκαλέσει προβλήματα στον τοίχο διαβροχής.

Στις μηχανές GDI, το σύστημα παροχής καυσίμου αποτελείται από το ρεζερβουάρ, αντλία χαμηλής πίεσης, φίλτρο καυσίμων, αντλία υψηλής πίεσης, συλλέκτη καυσίμων, αισθητήρα υψηλής πίεσης, βαλβίδα έγχυσης καυσίμου και βαλβίδα ελέγχου πίεσης Εικ.7. Το σύστημα καυσίμων χωρίζεται σε: χαμηλής πίεσης και υψηλής πίεσης. Η πίεση στο σύστημα χαμηλής πίεσης είναι περίπου 0-5 bar ενώ η πίεση στο σύστημα υψηλής πίεσης είναι περίπου 4-13 MPa.



Το ρεζερβουάρ χρησιμοποιείται για την αποθήκευση των καυσίμων. Το καύσιμο πάει με μια πίεση των 0,35 MPa από το ρεζερβουάρ στην αντλία υψηλής πίεσης με μια ηλεκτρική αντλία καυσίμου (χαμηλή πίεση αντλίας). Η ηλεκτρική αντλία βρίσκεται συνήθως μέσα ή κοντά στη δεξαμενή καυσίμων. Οι μολυσματικοί παράγοντες φιλτράρονται από ένα φίλτρο καυσίμων υψηλής χωρητικότητας. Η αντλία υψηλής πίεσης που οδηγείται από τον κεντροφόρο άξονα, αυξάνει την πίεση καυσίμου, και

στέλνει τα καύσιμα στον σωλήνα καυσίμων. Η αντλία υψηλής πίεσης αυξάνει την πίεση έως και 13 MPa. Η πίεση του καυσίμου μπορεί να ρυθμιστεί από την εφαρμογή των δεδομένων ανάλογα με το σημείο λειτουργίας, μεταξύ από 4 MPa έως 13 MPa. Η πίεση στον σωλήνα καυσίμων καθορίζεται από τον αισθητήρα πίεσης. Είναι πολύ σημαντικό να κρατηθεί η πίεση καυσίμου σταθερή στον σωλήνα, όσον αφορά την ισχύ του κινητήρα, τις εκπομπές καυσίμων και τον θόρυβο. Η πίεση καυσίμου ελέγχεται σε έναν ειδικό βρόχο ελέγχου. Οι αποκλίσεις από την καθορισμένη τιμή που είναι χαρτογραφημένη ρυθμίζονται από μια βαλβίδα ελέγχου πίεσης open-loop ή closed loop pressure control valve. Σε ένα κλειστό βρόχο ελέγχου, η περίσσια ποσότητα καυσίμων επιστρέφεται με τη βαλβίδα ελέγχου πίεσης. Αυτή η βαλβίδα επιτρέπει ακριβώς τα καύσιμα που πρέπει να επιστρέψουν στη δεξαμενή. Ο σωλήνας καυσίμων χρησιμεύει και ως συσσωρευτής καυσίμων. Οι εγχυτήρες, η βαλβίδα ελέγχου πίεσης και ο αισθητήρας υψηλής πίεσης στερεώνονται στο σωλήνα καυσίμων. Ο εγχυτήρας είναι το κεντρικό στοιχείο του συστήματος έγχυσης. Στην παραπάνω εικόνα βλέπουμε μια σχηματική προβολή του συστήματος καυσίμων και τα βασικά στοιχεία του. Το Μπεκ υψηλής πίεσης βρίσκεται μεταξύ του σωλήνα και του θαλάμου καύσης. Οι εγχυτήρες που είναι τοποθετημένοι στον σωλήνα ανοίγουν από την μονάδα ελέγχου κινητήρα (ECU) και, εισάγουν καύσιμα στον κύλινδρο.



### **Το σύστημα διαχείρισης του κινητήρα**

Το σύστημα διαχείρισης του κινητήρα αποτελείται από την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου, αισθητήρες και ενεργοποιητές. Η μονάδα ελέγχου του κινητήρα συνεχώς επιλέγει έναν μεταξύ των τρόπων λειτουργίας ανάλογα με το σημείο λειτουργίας του κινητήρα και τα δεδομένα του αισθητήρα. Το ECU ελέγχει τους ενεργοποιητές. Όλοι οι ενεργοποιητές της μηχανής ελέγχονται από τον ECU, ο οποίος ρυθμίζει τις λειτουργίες έγχυσης καυσίμου και χρόνου ανάφλεξης, κατάσταση αδράνειας (ρελαντί), το σύστημα EGR, το σύστημα συγκράτησης καυσίμων-ατμού, την ηλεκτρική αντλία καυσίμου και τη λειτουργία των άλλων συστημάτων. Προσθέτοντας αυτή τη λειτουργία στο ECU, απαιτείται σημαντικός εμπλουτισμός επεξεργασίας και μνήμης στο σύστημα διαχείρισης του κινητήρα και πρέπει να υπάρχουν ακριβή δεδομένα για την καλύτερη απόδοση και ικανότητα του αυτοκινήτου.



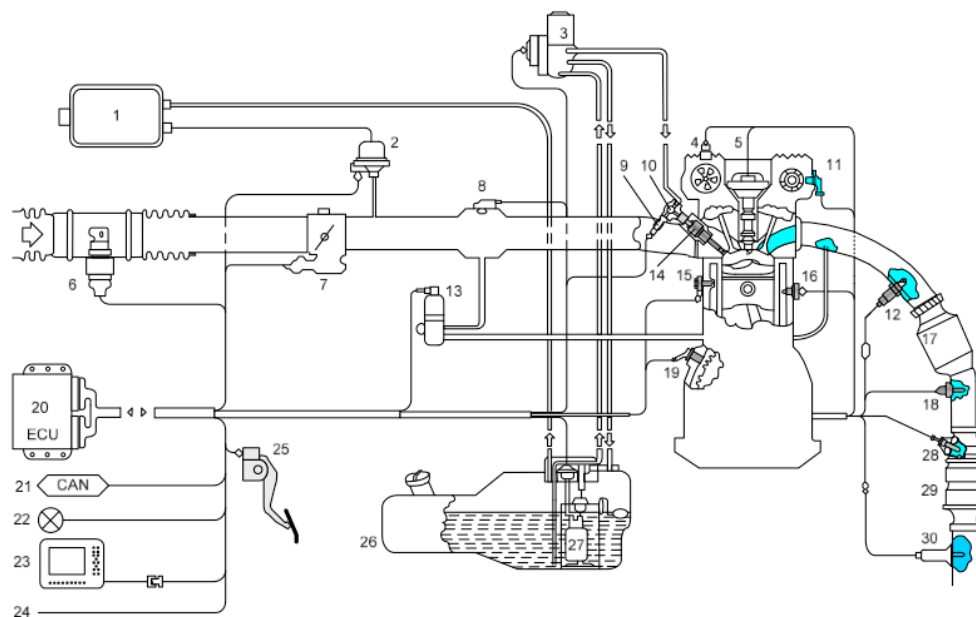
## Σένσορες

Αισθητήρας ροής μάζας αέρα, αισθητήρας θερμοκρασίας εισαγωγής αέρα, αισθητήρας θερμοκρασίας του κινητήρα, αισθητήρας πολλαπλής πίεσης εισαγωγής, αισθητήρα ταχύτητας του κινητήρα, αισθητήρας θέσης κεντροφόρου, αισθητήρα θέσης γκαζιού, αισθητήρας θέσης πεντάλ, αισθητήρα πίεσης καυσίμου, νοκ αισθητήρας, αισθητήρας λάμδα upstream του πρωτοβάθμιου καταλυτικού μετατροπέα, αισθητήρας λάμδα downstream του πρωτοβάθμιου καταλυτικού μετατροπέα, αισθητήρας θερμοκρασίας καυσαερίων, αισθητήρας λάμδα downstream του κύριου καταλυτικού μετατροπέα.

## Ενεργοποιητές (actuators)

Εγχυτήρες καυσίμου, πηνία ανάφλεξης, τοποθέτηση ρυθμιστικής βαλβίδας, ηλεκτρική αντλία καυσίμων, βαλβίδα ελέγχου πίεσης καυσίμου, βαλβίδα EGR, βαλβίδα συγκράτησης καύσιμου-ατμού του συστήματος και έλεγχος ανεμιστήρα.

Οι στροφές του κινητήρα καθορίζονται κυρίως από έναν αισθητήρα ροής μάζας αέρα θερμού νήματος ή λεπτού φιλμ, όπως ήδη γνωρίζουμε από τον PSI. Τον προσδιορισμό της τιμής EGR και η διάγνωση του συστήματος EGR, ολοκληρώνονται με την χρήση ενός αισθητήρα πίεσης. Η αναλογία αέρα - καυσίμου ελέγχεται με τη βοήθεια ενός αισθητήρα λάμδα upstream του πρωτογενή καταλυτικού μετατροπέα. Η διάγνωση στο σύστημα του καταλύτη, γίνεται με αισθητήρα λάμδα δύο σημείων και έναν αισθητήρα θερμοκρασίας καυσαερίων. Για τη διαχείριση των διαφορετικών λειτουργιών, απαραίτητο συστατικό στοιχείο είναι η συσκευή του ηλεκτρονικού γκαζιού. Ένα παράδειγμα του GDI συστήματος διαχείρισης του κινητήρα, δίνεται στην παρακάτω εικόνα με το σύστημα Bosch MED-Motronic.



- 1 Activated charcoal canister
- 2 Regeneration valve
- 3 Type HDP2 high-pressure pump with integrated fuel-quantity control valve
- 4 Actuators and sensors for variable valve timing
- 5 Ignition coil and spark plug
- 6 Hot-film air-mass meter with integrated temperature sensor
- 7 Throttle device (electronic throttle control EGAS with position sensor)
- 8 Intake-manifold pressure sensor
- 9 Fuel-pressure sensor

- 10 High-pressure fuel rail
- 11 Camshaft phase sensor
- 12 Lambda sensor upstream of primary catalytic converter
- 13 Exhaust-gas recirculation valve
- 14 High-pressure fuel injector
- 15 Knock sensor
- 16 Engine-temperature sensor
- 17 Primary catalytic converter (three-way catalytic converter)
- 18 Lambda sensor downstream of primary catalytic converter (optional)
- 19 Speed sensor
- 20 Engine ECU

- 21 CAN interface
- 22 Fault indicator lamp
- 23 Diagnostics interface
- 24 Interface with immobilizer ECU
- 25 Accelerator-pedal module with pedal-travel sensor
- 26 Fuel tank
- 27 In-tank unit comprising electric fuel pump, fuel filter and fuel-pressure regulator
- 28 Exhaust-gas temperature sensor
- 29 Main catalytic converter (Nox accumulator plus three-way catalytic converter)
- 30 Lambda sensor downstream of main catalytic converter

## Σύγχρονες τάσεις και μελλοντικές προκλήσεις

Σήμερα, σε κάποιους βενζινοκινητήρες είναι συνηθισμένο το σύστημα PSI. Αυτή η τεχνική έχει επιτύχει ένα υψηλό σημείο ανάπτυξης. Δεδομένου ότι αυτές οι μηχανές λειτουργούν με το στοιχειομετρικό μίγμα, η οικονομία καυσίμου και οι εκπομπές ρύπων των κινητήρων αυτών δεν μπορεί να βελτιωθεί περαιτέρω. Ωστόσο, οι GDI μηχανές είναι πιο δημοφιλής δεδομένου ότι αυτές οι μηχανές έχουν δυνατότητα για μείωση τοξικών εκπομπών CO<sub>2</sub> και κατανάλωσης καυσίμων και συμμορφώνονται με τα αυστηρά πρότυπα της Υπηρεσίας Προστασίας Περιβάλλοντος (Environmental Protection Agency EPA). Για την επίτευξη αυτή καλείται η χρήση του GDI στις μηχανές με υπερτροφοδότησης ή και turbo . Οι GDI κινητήρες με turbo επιτρέπουν την παραγωγή σε μικρότερες μηχανές, υψηλότερη απόδοση, χαμηλότερη εκπομπή καυσίμων και ανώτερη δύναμη.

Το κύριο μειονέκτημα των κινητήρων άμεσου ψεκασμού είναι το κόστος τους. Συστήματα άμεσου ψεκασμού είναι πιο ακριβά, επειδή τα συστατικά τους πρέπει να είναι καλοφτιαγμένα και αυτό οδηγεί σε υψηλό προϋπολογισμό κατασκευής. Το κόστος των μηχανών GDI μπορεί να είναι υψηλό σήμερα, αλλά οι GDI κινητήρες με στροβιλοσυμπιεστή που έχουν περισσότερη οικονομία καυσίμου αναμένεται να είναι φθηνότεροι από κινητήρες ντίζελ ή υβριδικά στο μέλλον. Χάρη στη μαζική παραγωγή, εάν μειωθεί το αρχικό κόστος των GDI κινητήρων, τα οχήματα που τον χρησιμοποιούν και έχουν turbo, μπορεί να φτάσουν στην πρώτη θέση σε παγκόσμιο επίπεδο όσον αφορά το μερίδιο αγοράς. Αρκετοί κατασκευαστές όπως η Volkswagen, Mitsubishi, , Porsche, BMW, Mercedes-Benz, Mazda, Ford, Audi, General Motors, Ferrari, Hyundai και Fiat προτιμούν να χρησιμοποιούν το GDI κινητήρα στα οχήματά τους.

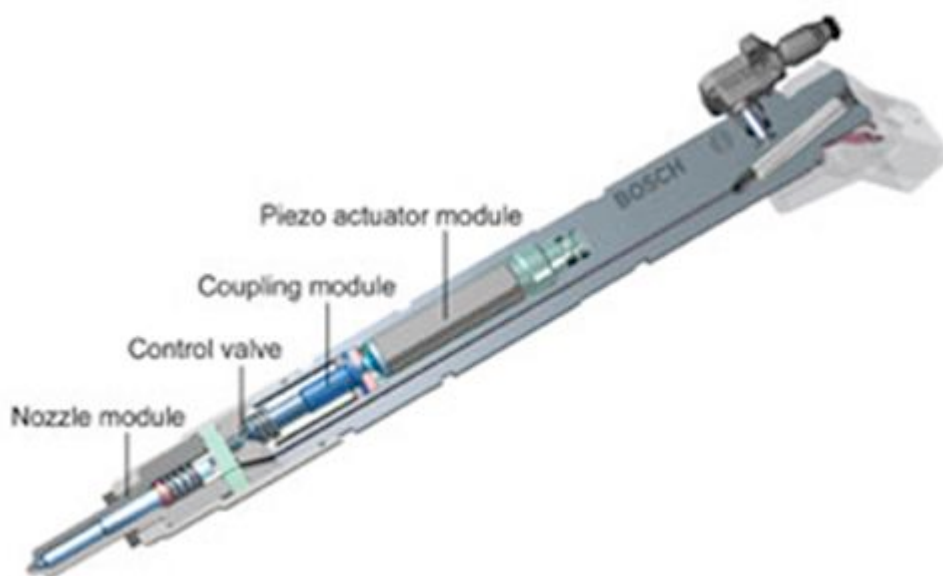
Αν και διαφορετικά οχήματα με εναλλακτικά καύσιμα έχουν βγει, είναι ακόμη απίθανο να αντικαταστήσουν τα συμβατικά οχήματα βενζίνης και ντίζελ, επειδή ο εφοδιασμός, η συντήρησή τους, το κόστος και την οδηγική τους άνεση δεν είναι ικανοποιητικά. Από τα επόμενης γενιάς οχήματα, μόνο υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα (HEV) μπορεί να θεωρηθούν ως εναλλακτικής πηγής ενέργειας οχήματα. Μπορεί το κόστος εφοδιασμού τους να είναι πολύ πιο χαμηλό, αλλά η κατασκευή τους κοστίζει πολύ περισσότερο από τα συμβατικά οχήματα. Φαίνεται ότι μεγάλη παραγωγή των HEVs δεν θα πραγματοποιηθεί αν δεν κατέβει το κόστος τους δραματικά. Οι GDI κινητήρες δεν αναγκάζουν τον ιδιοκτήτη του οχήματος να αφαιρέσει χώρο από τις αποσκευές του λόγω μπαταριών, και δεν κάνει το αυτοκίνητο βαρύτερο. Επίσης δίνει στον οδηγό την ευχαρίστηση να οδηγεί με υψηλές ροπές.

Η μηχανή με σύστημα Spray-Guided Gasoline Direct Injection (SGDI), η οποία έχει πιεζοηλεκτρικά μπεκ έχει παρουσιάσει μια καλή δυνατότητα όσον αφορά την οικονομία καυσίμου και την απόδοση. Αρκετές μηχανές GDI χρησιμοποιούν πιεζοηλεκτρικά μπεκ σήμερα. Τα πιεζοηλεκτρικά χρησιμοποιούνται για να παρέχουν το άνοιγμα και το κλείσιμο του εγχυτήρα στα συστήματα άμεσου ψεκασμού. Τα πιεζοηλεκτρικά μπεκ είναι τέσσερις με πέντε φορές πιο γρήγορα από τα συμβατικά μπεκ. Μπορούν να μετρήσουν το καύσιμο με μεγαλύτερη ακρίβεια. Επιπλέον, μπορούν να εγχέουν καύσιμα από έξι έως και δέκα φορές στη διάρκεια ενός κύκλου καύσης. Με την ακρίβεια έγχυσης αυτών, μειώνονται οι ρύποι, επομένως μπορούν και να καλύψουν τις αυστηρές αλλαγές στα όρια εκπομπών. Η κατανάλωση καυσίμων μπορεί να μειωθεί μέχρι και 15% και να αυξηθεί η απόδοση των κινητήρων μέχρι και 5%.

Χάρη στις πολλαπλές εγχύσεις, είναι για πρώτη φορά δυνατό να επεκτείνετε η διάρκεια καύσης φτωχού μίγματος σε υψηλότερες στροφές. Κατά τη διάρκεια κάθε κύκλου, πραγματοποιείται μια σειρά εγχύσεων. Αυτό βελτιώνει τον σχηματισμό μείγματος, καύσης και της κατανάλωσης καυσίμων. Οι εγχυτήρες που χρησιμοποιούνται στο σύστημα DI έχουν ειδικά σχεδιασμένα ακροφύσια που ανοίγουν προς τα έξω για να δημιουργήσετε ένα δακτυλιοειδές ευρύ κενό μόλις μερικά μικρόμετρα.

Η μέγιστη πίεση καυσίμου σε αυτό το σύστημα είναι μέχρι 200 bar, περίπου 50 φορές την πίεση καυσίμου που είναι σε ένα σύστημα εγχύσεων βενζίνης για τα συμβατικά οχήματα. Εταιρίες όπως Bosch, Delphi και Siemens έχουν αναπτύξει ένα σύστημα εγχύσεων με πιεζοηλεκτρικά μπεκ, για κινητήρες βενζίνης σε αυτοκινητοβιομηχανίες. Ο στόχος είναι να βελτιώσει την απόδοση των συστημάτων άμεσου ψεκασμού. Η έγχυση Piezo με σπρέι σύστημα, χρησιμοποιείται στο πρότυπο όχημα Mercedes - Benz CLS 350 CGI.

Σε GDI κινητήρα, όπως τα βουλώματα σπινθήρων που λειτουργούν κάτω από υψηλές θερμοκρασίες, το λέρωμα τους μπορεί να προκαλέσει διαλείψεις. Για να αυξηθεί η διάρκεια ζωής του μπουζί και η αποδοτικότητα των μηχανών, μπορεί να εφαρμοστεί το σύστημα laser- induced ignition. Κατά συνέπεια, η αποδοτικότητα μηχανών μπορεί να αυξηθεί. Οι κινητήρες GDI είναι κατάλληλοι για οδήγηση με εναλλακτικό καύσιμο. Οι μελέτες για GDI κινητήρα με εναλλακτικά καύσιμα όπως το φυσικό αέριο, αιθανόλη, LPG συνεχώς αυξάνονται στις μέρες μας. Αν οι GDI κινητήρες με turbo χρησιμοποιούν σύστημα spray guided combustion που έχει πιεζοηλεκτρικά μπεκ και σύστημα ανάφλεξης υψηλής ενέργειας, θα αυξηθεί η χρήση αυτών ακόμα περισσότερο.





## Ηλεκτρονικό σύστημα άμεσου ψεκασμού ,FSI

Θέλοντας να κατασκευάσουμε πιο οικονομικά σε καύσιμα οχήματα, με αποτέλεσμα τη λιγότερη παραγωγή ρύπων μας οδήγησε στην κατασκευή κινητήρων με πολύ φτωχό μίγμα. Η πραγματική διαφορά των κινητήρων FSI από τους συμβατικούς κινητήρες είναι τα συστήματα ψεκασμού. Το καύσιμο μείγμα ψεκάζεται υπό υψηλή πίεση με μεγάλη ακρίβεια μέσα στο θάλαμο καύσης από ένα μπεκ, το οποίο βρίσκεται μετά τη βαλβίδα εισαγωγής. Το μπεκ το οποίο είναι τοποθετημένο στο πλάι της βαλβίδας εισαγωγής, ψεκάζει το καύσιμο ανα τακτά διαστήματα. (ms), με πίεση υψηλότερη των 100 bar. Η πίεση λοιπόν αυτή είναι 32 φορές μεγαλύτερη από αυτήν των συστημάτων πολλαπλών σημείων (MPI). Οι κινητήρες άμεσου ψεκασμού όπως αντίστοιχα και οι FSI συνεργάζονται με το σύστημα επανακυκλοφορίας καυσαερίων. Το λεγόμενο E.G.R. = Electronic Gas Recirculation. Οι κινητήρες άμεσου ψεκασμού έχουν πολλά πλεονεκτήματα σε σχέση με τους συμβατικούς. Μερικά από αυτά είναι :

1. Καλύτερη απόδοση ισχύος και ροπής
2. Ομαλότερη απόδοση ισχύος
3. Καλύτερη απόκριση στην επιτάχυνση
4. Μείωση της κατανάλωσης από 15%-35%(σημαντικότερο)
5. Αρκετά χαμηλότερο επίπεδο εκπομπής ρύπων

Ένα ακόμη πλεονέκτημα είναι η χαμηλή φορολογία σε κάποιες χώρες. Αυτό καθιστά τους κινητήρες άμεσου ψεκασμού οικονομικότερους και πιο φιλικούς προς το περιβάλλον.

### Τεχνική Ανάλυση

Η πραγματική ώθηση στους κινητήρες άμεσου ψεκασμού δόθηκε από τον όμιλο της VW και από τους κινητήρες FSI. Όπως και σε πολλές άλλες περιπτώσεις, στον τομέα του άμεσου ψεκασμού ο όμιλος της VW δεν ήταν ο πρώτος που κατασκεύασε μια τέτοια τεχνολογία αλλά παρουσίασε τους πρώτους πραγματικά λειτουργικούς κινητήρες οι οποίοι εκμεταλλεύονταν στο έπακρο τις δυνατότητες της τεχνολογίας και δεν αντιμετώπιζον προβλήματα με τις διάφορες ποιότητες του καυσίμου.

### **Πως άρχισαν να εμφανίζονται οι κινητήρες με σύστημα FSI**

Ο πρώτος τρικύλινδρος κινητήρας FSI παρουσιάστηκε στο πρωτότυπο AI2 το 1997, που ήταν και ο προπομπός Audi A2. Η αρχή έγινε το έτος 2001 που παρουσιάστηκε το πρώτο αυτοκίνητο παραγωγής με άμεσο ψεκασμό. Ήταν το A2 1.6 λίτρων FSI με 110Ps. Αργότερα ο ίδιος ακριβώς κινητήρας τοποθετήθηκε και σε μοντέλα της VW όπως το Golf 6 και λίγο καιρό αργότερα η απόδοσή του συγκεκριμένου κινητήρα ανέβηκε στα 115Ps. Μετά από μικρές αλλαγές παρουσιάστηκαν κινητήρες FSI με κυβισμούς που άρχιζαν από 1,4 λίτρα και έφταναν μέχρι και τα 5,2 λίτρα. Οι κινητήρες που αναφέραμε παραπάνω τις βρίσκουμε στα περισσότερα μοντέλα VW από το μικρό VW Lupo μέχρι το Audi S6. Γενικότερα όμως η τεχνολογία FSI δοκιμάστηκε με μεγάλη επιτυχία τα Audi R8 με τα οποία η Audi έχει κατακτήσει 5 νίκες στον 24ωρο αγώνα του Le Mans, το 2000 , 2001 , 2002 , 2004 ,2005. Το 2003 δεν πήρε τον αγώνα η Audi αλλά η Bentley EXP Speed 8 η οποία Bentley είναι



θυγατρική της VW (όπως και η Audi ,Porsche). Όπως είπαμε η νίκη οφείλεται στη χαμηλή κατανάλωση του κινητήρα FSI, που του δίνει πλεονέκτημα σε σχέση με τα υπόλοιπα του ανταγωνισμού.

### Ο πρώτος FSI παραγωγής βασικά χαρακτηριστικά του

Το μοτέρ αυτό βασίζεται στο μπλοκ του δεκαεξαβάλβιδου κινητήρα ίδιου κυβισμού που μας έδινε 105Ps και είχε πάνω δύο εκκεντροφόρους επι κεφαλή. Το μπεκ είχε μια πίεση ψεκασμού του καυσίμου στα 110bar και τα μπεκ ήταν τοποθετημένα στην πλευρά των βαλβίδων εισαγωγής με μεγάλη κλίση. Δούλευε με στοιχειομετρικό ή φτωχό μίγμα και ο λόγος λ ήταν μικρότερος από 4. Η σχέση συμπίεσής του ήταν στο 12,1:1.

Ήθελαν όμως να μειώσουν τα οξείδια του αζώτου και για τη μείωση τους βασίστηκαν κατά ένα πολύ μεγάλο μέρος στην ανακυκλοφορία των καυσαερίων εσωτερικού και εξωτερικού τύπου.

Ανάλογα με τις συνθήκες ακόμη και 35% των καυσαερίων μπορούσε να αναπροωθηθεί στους θαλάμους καύσης με αποτέλεσμα να ρίχνει τη θερμοκρασία τους. Ρίχνοντας τη θερμοκρασία μειωνόταν και οι ρύποι.

Σύμφωνα με τον όμιλο αυτό μπορούσε να επιφέρει μείωση των NOx μέχρι και 70%.

Για επιμέρους μείωση των Nox φρόντιζε ο καταλύτης συγκράτησης. Επειδή οι **καταλύτες** αυτού του τύπου λειτουργούν βέλτιστα μεταξύ 250 °C και 500°C υπήρχε και ένας επιπλέον εναλλάκτης θερμότητας που έριχνε τη θερμοκρασία των καυσαερίων στα επιθυμητά επίπεδα. Η σταδιακή πρόοδος στην τεχνολογία των υλικών και η βελτίωση στην ποιότητα των καυσίμων βοήθησαν αρκετά ώστε να περιοριστούν τα φαινόμενα δηλητηρίασης των καταλυτών.

Όμως, ακόμα και σε περιπτώσεις βενζίνης με μεγάλες συγκεντρώσεις θείου, ο καταλύτης μπορούσε να καθαριστεί με το πέρασμα σε μια ειδική κατάσταση λειτουργίας παρόμοια με την κατάσταση της ταχείας προθέρμανσης του καταλύτη.

Πως γίνεται αυτό; Μια ποσότητα καυσίμου ψεκάζεται στο θάλαμο καύσης με retard, και έτσι η θερμοκρασία των καυσαερίων ανεβαίνει στους 650 °C. Σε αυτή τη θερμοκρασία, τα θειικά άλατα του βαρίου που έχουν σχηματιστεί στον καταλύτη διασπώνται, τα οξείδια του θείου απελευθερώνονται και η ικανότητα κατακράτησης NOx του καταλύτη επανέρχεται.

Η Vw ανακοίνωνε αύξηση της ισχύς για τον FSI και μείωση κατανάλωσης κατά 15% σε σχέση με τον ίδιο κινητήρα έμμεσου ψεκασμού. Έγιναν αρκετές μετρήσεις από ανεξάρτητους φορείς και την επιβεβαίωσαν.





## Πλεονεκτήματα

Το σημαντικότερο πλεονέκτημα του άμεσου ψεκασμού σε σχέση με τον έμμεσο είναι ο καλύτερος διασκορπισμός του καυσίμου μέσα στο θάλαμο καύσης που επιταχύνει την ατμοποίηση και τελικά την καύση του. Το κλειδί είναι να καεί η διαθέσιμη βενζίνη όσο το δυνατόν καλύτερα και αποδοτικότερα. Ένα άλλο πλεονέκτημα είναι ο νέος σχεδιασμός του πιστονιού. Λόγω της σχεδίασης του καταφέρνει να στέλνει το μείγμα, κατευθείαν μπροστά από το σπινθήρα με αποτέλεσμα την σχεδόν τέλεια καύση του μείγματος.

Θέλοντας να μειωθούν οι καταναλώσεις στις μέρες μας αυξήσανε τον βαθμό απόδοσης σε αντίθεση με το παρελθόν που αυτό το επιδίωκαν παράγοντας μέγιστη δύναμη από ένα κινητήρα δεδομένου κυβισμού. Άρα με το νέο σχεδιασμό των σύγχρονων συστημάτων επιτεύχθηκε το επιθυμητό κατά ένα βαθμό. Ένα ακόμη πλεονέκτημα είναι ότι ο άμεσος ψεκασμός προσφέρει μεγαλύτερη ακρίβεια κατά πολύ στον έλεγχο της ποσότητας καυσίμου που ψεκάζεται, καθώς η βενζίνη ψεκάζεται απευθείας στο θάλαμο καύσης και δεν υπάρχουν φαινόμενα συμπύκνωσης και συσσώρευσης της στην εισαγωγή ή στις βαλβίδες. Η ακρίβεια που έχει επιτευχθεί είναι απαραίτητη για την καλύτερη καύση, η οποία έχει όλα τα οφέλη που αναφέρθηκαν. Ένα άλλο σημαντικό πλεονέκτημα των κινητήρων άμεσου ψεκασμού είναι η οικονομία τους όταν δουλεύουν με φτωχό μίγμα.

Ένας κινητήρας άμεσου ψεκασμού μπορεί να λειτουργήσει σε απόλυτη αναλογία με έναν κινητήρα έμμεσου ψεκασμού, δηλαδή με ομοιογενές μίγμα σύστασης κοντά στη στοιχειομετρική. Όταν έχουμε  $\lambda=0,85$  έως  $\lambda=0,95$  για συνθήκες μέγιστης ισχύος, καθώς το λίγο πλούσιο μίγμα αυξάνει την ταχύτητα διάδοσης της φλόγας και το ρυθμό παραγωγής ενέργειας και  $\lambda=1,1$  έως  $\lambda=1,3$  για μέγιστη οικονομία, καθώς έτσι ανεβαίνει η θερμοκρασία της καύσης και ο βαθμός απόδοσης του κινητήρα.

Οι σύγχρονοι κινητήρες άμεσου ψεκασμού μπορούν να λειτουργήσουν και με πολύ φτωχό μίγμα όπως για παράδειγμα μπορεί ο λόγος  $\lambda$  να φτάσει σε τιμές ακόμα και κοντά στο 10 όταν το μίγμα θεωρείται φτωχό με  $\lambda > 1,5$  και είναι μη αναφλέξιμο για  $\lambda > 1,7$  έως  $\lambda = 2$  κάνοντας στρωματοποιημένο ψεκασμό ή στρωματοποιημένη καύση.

Η λειτουργία ενός τέτοιου κινητήρα (που δούλευε με φτωχό μίγμα) έγινε πολύ πιο αποδοτική στις μέρες μας λόγω της χρήσης της τεχνολογίας. Ακόμη και στο παρελθόν έχουμε αναφορές ότι οι κινητήρες δούλευαν με φτωχό μίγμα αλλά δεν τους βοηθούσαν τα συστήματα τότε.

Το ερώτημα είναι, πώς γίνεται ένας κινητήρας να δουλεύει με  $\lambda=10$ ;

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω χρησιμοποιήθηκε η ανισομερής κατανομή του καυσίμου στο θάλαμο καύσης έτσι ώστε το μίγμα κοντά να πηγαίνει κοντά στην ακίδα του μπουζί και το μίγμα να είναι στοιχειομετρικό και να φτωχαίνει προοδευτικά καθώς απομακρυνόμαστε από αυτή. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα στην περιοχή που βρίσκεται κοντά στα τοιχώματα του κυλίνδρου, να υπάρχει μόνο αέρας ή καυσαέρια, αν γίνεται και ανακυκλοφορία καυσαερίων. Όταν ο σπινθηριστής δώσει σπινθήρα το στοιχειομετρικό μίγμα θα πυροδοτηθεί με αποτέλεσμα και η φλόγα να μεταδίδεται και στις φτωχότερες σε καύσιμο περιοχές του θαλάμου καύσης. Αυτό θα ήταν σχεδόν αδύνατο (ανάφλεξη) με άλλο τρόπο. Τα αδρανή αέρια που βρίσκονται κοντά στα τοιχώματα δρουν ως μονωτικό και έχουν την δυνατότητα να μειώνουν τις θερμικές απώλειες και να αυξάνουν το βαθμό απόδοσης. Ο κινητήρας δουλεύει με φτωχό μίγμα στο ρελαντί καθώς και στις περιπτώσεις μερικού φορτίου όπου δεν

απαιτείται μεγάλη ισχύς και υπάρχει μια μείωση της κατανάλωσης ακόμη και 40%, με τα ποσοστά 25%-30% να είναι συνηθισμένα. Αν σε για κάποιο λόγο απαιτηθεί μέγιστη ισχύς, ο κινητήρας επιστρέφει στην κατάσταση λειτουργίας του ομοιογενούς μίγματος.



#### Η λειτουργία στρωματοποιημένης καύσης

Η παραπάνω λειτουργία είναι και η πιο ενδιαφέρον σε ένα κινητήρα άμεσου ψεκασμού. Λέγεται ότι είναι ενδιαφέρον αφού ουσιαστικά σε αυτήν ο βενζινοκινητήρας μοιάζει σε κάποια σημεία στη λειτουργία του με diesel. Οι κινητήρες άμεσου ψεκασμού όμως εκτός των άλλων είναι ανθεκτικοί στο φαινόμενο της προανάφλεξης είτε δουλεύουν με φτωχό μίγμα είτε με στοιχειομετρικό. Αυτός είναι και ένας από τους λόγους που επιτρέπουν την αύξηση της σχέσης συμπίεσης των βενζινοκινητήρων άμεσου ψεκασμού, η οποία βοηθά στην αύξηση του θερμοδυναμικού βαθμού απόδοσης του κινητήρα και αυτό από τη μεριά του τη μείωση της κατανάλωσης. Όταν υπάρχει μειωμένος κίνδυνος προανάφλεξης, η ECU του κινητήρα έχει την ελευθερία να δώσει μεγαλύτερη προπορεία ανάφλεξης κάτι που ωφελεί την απόδοση.

Οι κινητήρες άμεσου ψεκασμού είναι πιο ανθεκτικοί στα πειράκια μια από τις αιτίες της προανάφλεξης είναι η θέρμανση του καύσιμου μίγματος κατά τη συμπίεση. Στο στάδιο της συμπίεσης παρατηρείται το φαινόμενο της αυτόματης ανάφλεξης του καυσίμου χωρίς όμως τη σπίθα του σπινθηριστή. Για να ανατραπεί όμως αυτό το φαινόμενο χρειάζεται να ψύξουμε το θάλαμο καύσης. Αυτό επιτυγχάνουν οι κινητήρες άμεσου ψεκασμού. Υπάρχουν διαφορετικές περιπτώσεις, ανάλογα αν ο κινητήρας λειτουργεί με φτωχό ή με στοιχειομετρικό μίγμα:

1. Αν ο κινητήρας δουλεύει με φτωχό μίγμα δεν είναι δυνατό να χτυπήσει πειράκια, αφού το καύσιμο ψεκάζεται αργά στη φάση της συμπίεσης και το μπουζί δίνει σπίθα σχεδόν αμέσως μετά τον ψεκασμό.

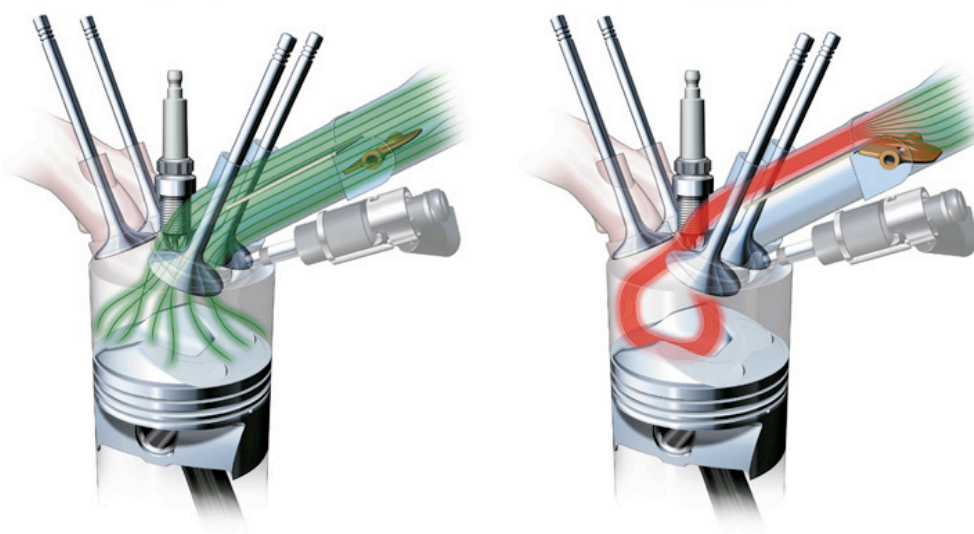
Ο κινητήρας σε όλη σχεδόν τη φάση της συμπίεσης συμπιέζει ουσιαστικά αέρα ή/και καυσαέρια, που είναι μη αναφλέξιμα.

2. Όταν ψεκάζεται το καύσιμο, δημιουργείται μια ισχυρή ψύξη στην περιοχή του στοιχειομετρικού μίγματος γύρω από το μπουζί, η οποία αποτρέπει τον κίνδυνο τοπικής προανάφλεξης. Αναφέραμε παραπάνω ότι η περιοχή πέρα κοντά στα τοιχώματα του κυλίνδρου περιέχει τόσο φτωχό μίγμα, το οποίο είναι πρακτικά αδύνατο να αυταναφλεγεί.

Υπάρχει όμως και ατμοποίηση του καυσίμου μέσα στο θάλαμο όσο λειτουργεί ο κινητήρας με στοιχειομετρικό μείγμα με αποτέλεσμα να απορροφάει τη θερμότητα και να μην υπάρχει το φαινόμενο των πειρακιών. Τέτοιο φαινόμενο συναντάμε και στους κινητήρες έμμεσου ψεκασμού. Το βλέπουμε όμως στην μικρότερή του μορφή αφού το καύσιμο ψεκάζεται στην εισαγωγή και απορροφά πιο πολύ θερμότητα από εκεί με αποτέλεσμα η συνολική ψύξη του θαλάμου καύσης να είναι λιγότερη.

Στους παραπάνω κινητήρες, όταν μειώνεται η παροχή του αέρα μειώνονται και τα φορτία με αποτέλεσμα το πλουσιότερο μίγμα να οδηγείτε κάτω από τον σπινθηριστή σε αντίθεση με τις υψηλές στροφές που η κλίση της πεταλούδας επιτρέπει την πλήρη παροχή του αέρα, λίγο πριν από τη συμπίεση. Οι κινητήρες της οικογένειας FSI είναι εφοδιασμένοι με μεταβλητή πολλαπλή εισαγωγής δύο σταδίων:

1. Η λειτουργία ισχύος με μικρό μήκος αγωγού, σε υψηλές στροφές του κινητήρα. Αυτό συμβάλλει στην μεγάλη ειδική ισχύς εξόδου των κινητήρων.
2. Στις χαμηλές στροφές, επιλέγεται το μακρύ μήκος του αγωγού για να αυξήσει τη μέγιστη ροπή κατά περισσότερο από 15%.



## Σύστημα παροχής καυσίμου

Το σύστημα παροχής καυσίμου χρησιμοποιεί δύο αντλίες καυσίμου. Μια συμβατική ηλεκτρική αντλία πίεσης καυσίμου η οποία στο παρελθόν ήταν γνωστή ως αντλία υψηλής πίεσης αλλά τώρα που τη χρησιμοποιούμε σε αυτό το σύστημα είναι αντλία χαμηλής πίεσης) και έχουμε και μια μηχανοκίνητη αντλία υψηλής πίεσης. Η αντλία χαμηλής πίεσης λειτουργεί σε πιέσεις 0,3 - 0,5 MPa, ενώ η αντλία υψηλής πίεσης στα 5 με 12 MPa.

Η αντλία υψηλής πίεσης καυσίμου αποθηκεύει στο συλλέκτη καυσίμου το καύσιμο που τροφοδοτεί τα μπεκ ψεκασμού. Το σύστημα που βρίσκεται πάνω από την κεφαλή είναι αρκετά μεγάλο με αποτέλεσμα να υπάρχουν διακυμάνσεις της πίεσης όπου μέσα σε αυτό ελαχιστοποιούνται όπως ανοίγει το κάθε μπεκ. Η πίεση του καυσίμου στο rail injection ελέγχεται από μια ηλεκτρονικά ελεγχόμενη βαλβίδα παράκαμψης που μπορεί να εκτρέψει το καύσιμο από την αντλία υψηλής πίεσης εξόδου πίσω στην είσοδο του. Η βαλβίδα παράκαμψης των καυσίμων μεταβάλλει τη ροή ανάλογα με το εύρος παλμού που δίνει ο ECU. Αυτό γίνεται με ένα αισθητήρα πίεσης καυσίμου που χρησιμοποιείται για την παρακολούθηση της πίεσης του συλλέκτη του καυσίμου.

Τα μπεκ ψεκασμού καυσίμου θα πρέπει να είναι σε θέση να ψεκάζουν το καύσιμο με τεράστιες πιέσεις σε σχέση με το συμβατικό σύστημα ψεκασμού αλλά και τον ψεκασμό μεγάλων ποσοτήτων καυσίμων σε πολύ μικρό χρονικό διαστήματα. Ο λόγος για τον πολύ μειωμένο χρόνο στον οποίο ο ψεκασμός μπορεί να ολοκληρωθεί οφείλεται στο γεγονός ότι όλη η ένχυση μερικές φορές μέσα σε μόνο ένα τμήμα της διαδρομής επαγωγής. Τα συμβατικά μπεκ ψεκασμού καυσίμου χρειάζονται δύο πλήρεις περιστροφές του στροφαλοφόρου άξονα για να βάλουν το καύσιμο μέσα με ταχύτητα κινητήρα στις 6000 rpm. Αυτό μας δίνει ένα χρόνο έχυσης της τάξεως των 20 χιλιοστών του δευτερολέπτου. Σε ορισμένες όμως λειτουργίες τα μπεκ άμεσου ψεκασμού καυσίμου έχουν μόνο 5 χιλιοστά του δευτερολέπτου για να εισφέρουν το πλήρες φορτίο καυσίμου. Όταν το σύστημα δουλεύει στο ρελαντί μπορεί να μειωθεί ο χρόνος ανοίγματος σε μόλις 0,4 χιλιοστά του δευτερολέπτου. Τα σταγονίδια ψεκασμού του καυσίμου είναι κατά μέσο όρο μόνο το ένα πέμπτο του μεγέθους των σταγονιδίων των παραδοσιακών μπεκ και το ένα τρίτο της διαμέτρου μιας ανθρώπινης τρίχας.

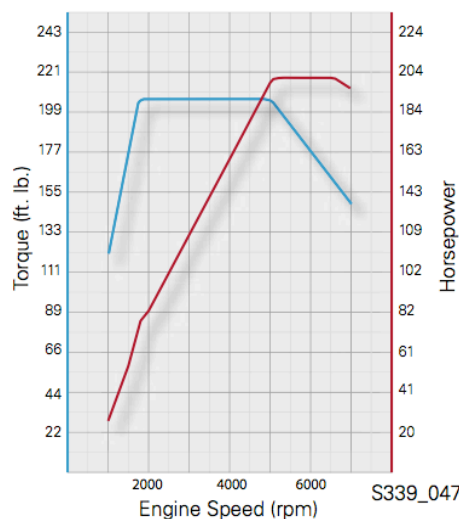
## Σύστημα Ελεγχόμενης Ζήτησης Καυσίμου

Το σύστημα ελεγχόμενης ζήτησης καυσίμου συνδυάζει τα πλεονεκτήματα της ηλεκτρικής αντλίας καυσίμων χαμηλής πίεσης με την αντλία καυσίμου υψηλής πίεσης παρέχοντας μόνο όσο καύσιμο χρειάζεται η μηχανή σε κάθε δεδομένη στιγμή. Αυτό μειώνει τις απαιτήσεις ηλεκτρικής και μηχανικής ισχύος των αντλιών καυσίμων και εξοικονομεί καύσιμα.

Το σύστημα καυσίμων χωρίζεται σε συστήματα χαμηλής πίεσης και υψηλής πίεσης.

Type	4 cylinder, inline
Displacement	121 cu. in. (1984 cc)
Bore	3.2 in. (82.5mm)
Stroke	3.7 in. (92.8mm)
Valves per cylinder	4
Compression ratio	10.5:1
Maximum power	200 HP (147 kW) at 5,100–6,600 rpm
Maximum torque	207 ft. lb. (280 Nm) at 1,800–4,700 rpm
Engine management	Bosch Motronic MED 9.1
Camshaft adjustment	42° crank angle
Fuel	Premium Plus unleaded, Premium unleaded, Regular unleaded with slight reduction in power
Exhaust gas treatment	Two three-way catalytic converters with oxygen sensor regulation

Τεχνικά χαρακτηριστικά



Ροπή & Δύναμη

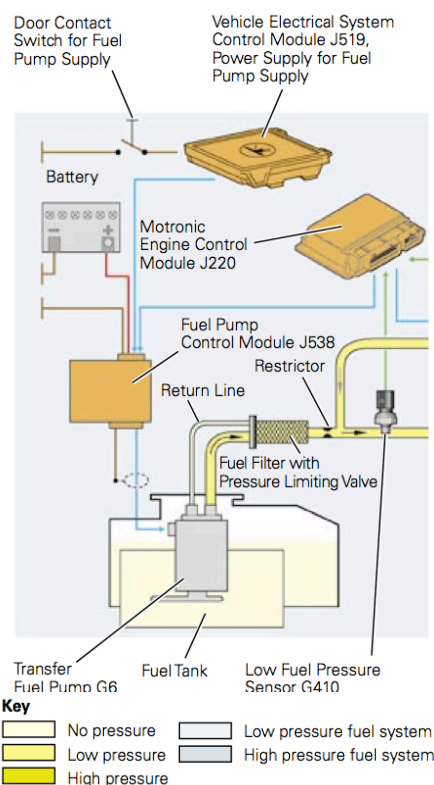
## Σύστημα Χαμηλής Πίεσης

Το σύστημα χαμηλής πίεσης διατηρεί πίεση καυσίμου μεταξύ 7.3–72.5 psi (0.5–5 bar).

Η πίεση αυξάνεται σε 94,3 psi (6,5 bar) για ζεστή και κρύα εκκίνηση του κινητήρα. Αυξάνοντας τη χαμηλή πίεση σε υψηλότερη πίεση στο σύστημα υψηλής πίεσης για την κρύα εκκίνηση, επιτυγχάνουμε καλύτερη προετοιμασία μιγμάτων και μια ταχύτερη έναρξη. Η αύξηση της πίεσης, αποτρέπει το σχηματισμό φυσαλίδων ατμού στην αντλία καυσίμου υψηλής πίεσης για ζεστή εκκίνηση.

Εξαρτήματα συστήματος χαμηλής πίεσης:

- Αντλία ελέγχου καυσίμου μοντέλο J538
- Δεξαμενή καυσίμου,
- Αντλία μεταφοράς καυσίμου G6
- Φίλτρο καυσίμου με βαλβίδα περιορισμού πίεσης (ανοίγει περίπου στα 98,6 psi [6,8bar])
- Αισθητήρας χαμηλής πίεσης καυσίμου G410



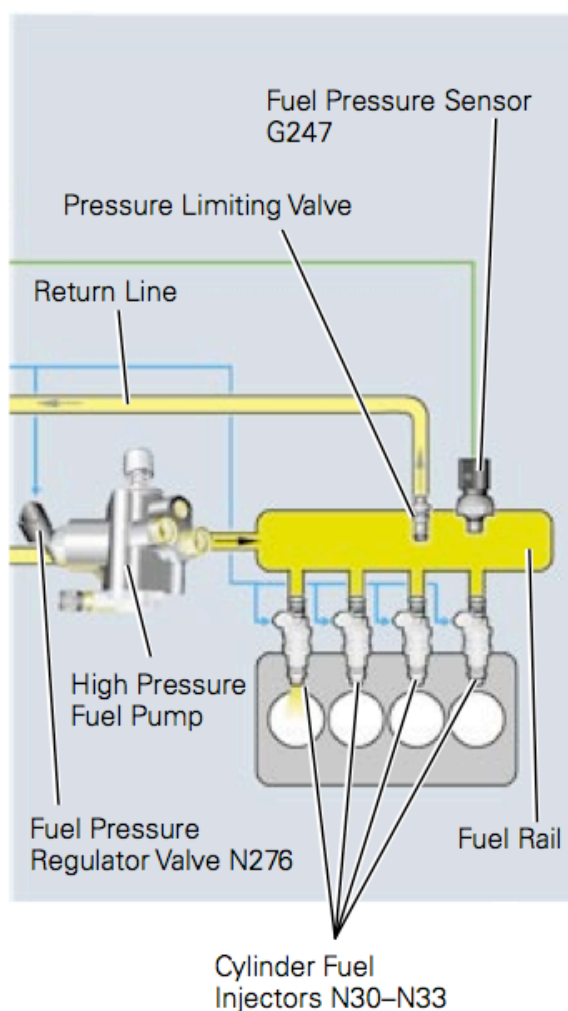
## Σύστημα Υψηλής Πίεσης

Το σύστημα υψηλής πίεσης διατηρεί πίεση καυσίμου στην το 435–1, 595 psi (30–110 bar) σειρά εκ των οποίων η κλίμακα πίεσης μπορεί να ποικίλλει.

Σημαντικό είναι ότι πριν από το άνοιγμα του συστήματος, οι υπερπιέσεις πρέπει να μείνουν μακριά. Οι υψηλές πιέσεις αυτού του συστήματος καυσίμου μπορεί να προκαλέσουν τραυματισμό ή θάνατο.

Εξαρτήματα συστήματος υψηλής πίεσης:

- Αντλία υψηλής πίεσης καυσίμου
- Βαλβίδα ρύθμισης πίεσης καυσίμων N276
- Ράγα καυσίμου (Fuel rail)
- Βαλβίδα περιορισμού πίεσης (ανοίγει περίπου στα 1.740 psi [120 γραμ])
- Αισθητήρας πίεσης καυσίμου
- Κύλινδροι ψεκασμού καυσίμου





## Σύστημα Λειτουργίας

Η αντλία μεταφοράς καυσίμου G6 παρέχει μόνο την απαιτούμενη ποσότητα καυσίμου στον κινητήρα.

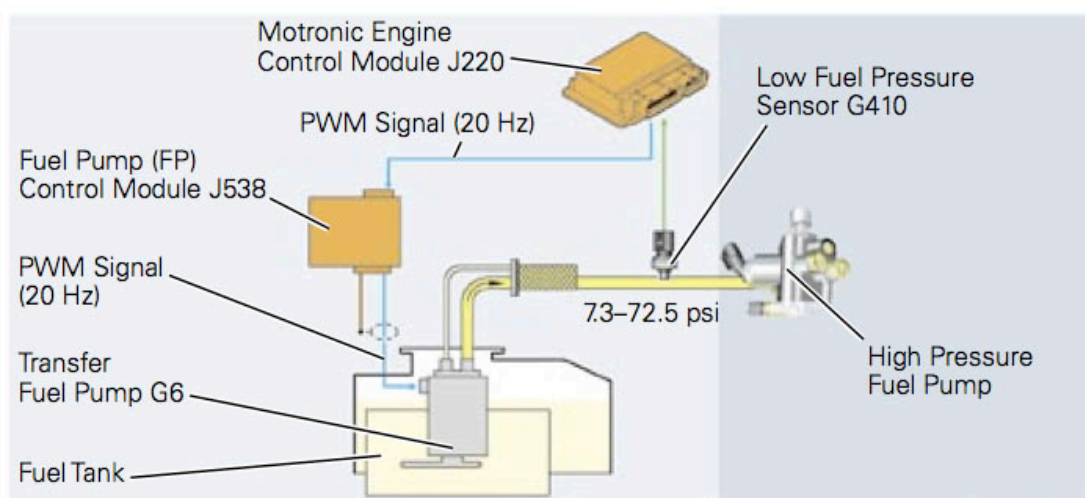
Η πλευρά χαμηλής πίεσης καυσίμων συνεχώς μετριέται από τον αισθητήρα χαμηλής πίεσης καυσίμων G410 και τα δεδομένα στέλνονται στην Motronic Engine Control Module (ECM) J220. Αν αυτή η πίεση αποκλίνει από την πίεση αναφοράς, η μηχανή J220 στέλνει ένα σήμα PWM (20 Hz) στην αντλία ελέγχου καυσίμου J538 (Fuel Pump Control Module). Η αντλία J538 στη συνέχεια, στέλνει ένα σήμα PWM (20 kHz) στην Αντλία μεταφορά καυσίμου G6 (Transfer Fuel Pump G6) μέχρι να επιτευχθεί η επιθυμητή πίεση καυσίμων.

### Πλεονεκτήματα

- Λιγότερη ενέργεια χρησιμοποιείται γιατί η αντλία καυσίμου παρέχει μόνο το ποσό καυσίμων που απαιτούνται.
- Χαμηλότερη θερμοκρασία καυσίμου, επειδή συμπιέζεται μόνο τόσο καύσιμο όσο απαιτείται από τον κινητήρα.
- Χαμηλότερα επίπεδα θορύβου, ιδίως στο ρελαντί.

### Μειονεκτήματα

- Εάν αποτύχει η μεταφορά καυσίμου Αντλία G6, ο κινητήρας δεν θα δουλέψει.

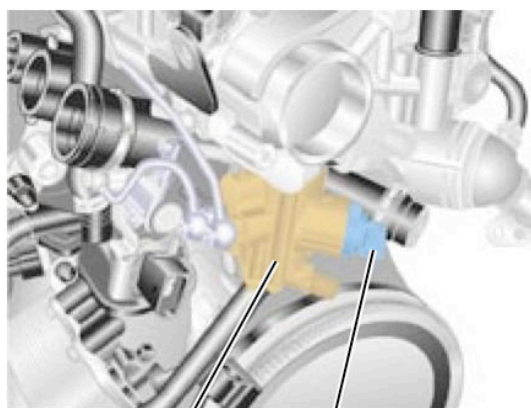


## Αντλία Υψηλής Πίεσης Καυσίμου με Βαλβίδα Ρύθμισης Πίεσης Καυσίμου N276

Η αντλία βενζίνης υψηλής πίεσης είναι τοποθετημένη στην κορυφή των κυλίνδρων. Αυτή η αντλία παρέχει μεταξύ 450 και 1.595 psi (31 και 110 bar) στη ράγα καυσίμων.

### Χαρακτηριστικά

- Η αντλία είναι μια όγκο-ελεγχόμενη, μονοκύλινδρη αντλία βενζίνης υψηλής πίεσης που αντλεί από την ράγα καυσίμων μόνο τόσα καύσιμα όσα απαιτείται για την έγχυση καυσίμων. Αυτό μειώνει τις απαιτήσεις παραγωγής και εξοικονομεί καύσιμα.
- Δεν υπάρχει γραμμή επιστροφής στην αντλία υψηλής πίεσης καυσίμου. Βενζίνη ρέει ξανά προς την πλευρά της σωλήνωσης της χαμηλής πίεσης.



High Pressure  
Fuel Pump

Fuel Pressure  
Regulator Valve  
N276

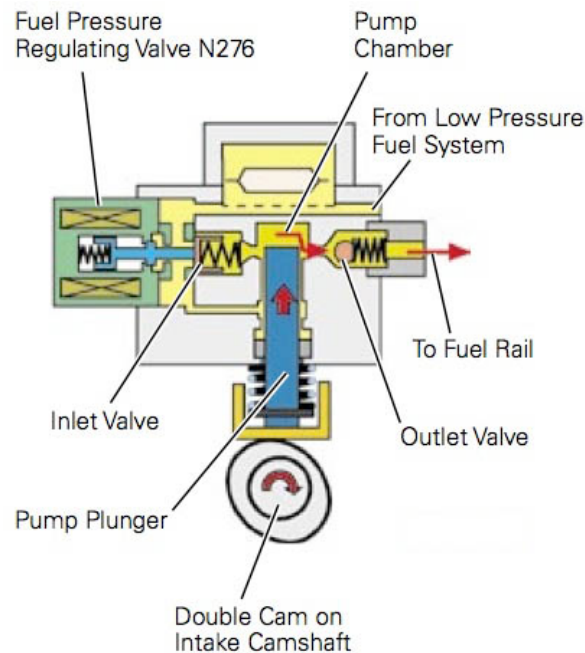
Και οι δύο γραμμές καυσίμου είναι μεταλλικές και διασχίζουν την αντλία. Το καπάκι περιλαμβάνει μια βαλβίδα διεξόδου που απαιτείται μόνο στην παραγωγή. Το σύστημα καυσίμων αερίζεται κατά τη λειτουργία από τους εγχυτήρες. Εάν η αντλία υψηλής πίεσης καυσίμου χαλάσει, πρέπει να αντικατασταθεί εξολοκλήρου.

## Λειτουργία Αντλίας Υψηλής Πίεσης

Η αντλία βενζίνης υψηλής πίεσης είναι μια ογκομετρική, μονοκύλινδρη αντλία υψηλής πίεσης. Είναι χαρτογραφημένη, και αντλεί μόνο όσο καύσιμο απαιτείται για την έγχυση.

Η μονάδα ελέγχου του κινητήρα υπολογίζει την έναρξη της εισαγωγής από το ποσό έγχυσης που απαιτείται.

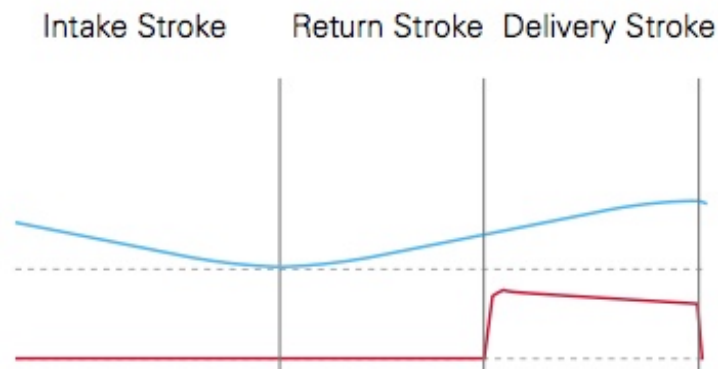
Όταν είναι η κατάλληλη στιγμή, η βαλβίδα ρύθμισης πίεσης καυσίμου, κλείνει τη βαλβίδα στο σημείο εισαγωγής και αρχίζει η λειτουργία.



Το σχεδιάγραμμα χωρίζεται σε τρία μέρη, που αντιπροσωπεύουν τη φάση πρόσληψης, τη φάση συμπίεσης και τη φάση εκτόνωσης.

Η κατάλληλη ενότητα του γραφήματος είναι σκιασμένη.

- Μπλε γραμμή δείχνει την καμπύλη του cam κατά την άνοδο ή την πτώση του εμβόλου αντλίας.
- η κόκκινη γραμμή δηλώνει την πίεση στο έμβολο της αντλία

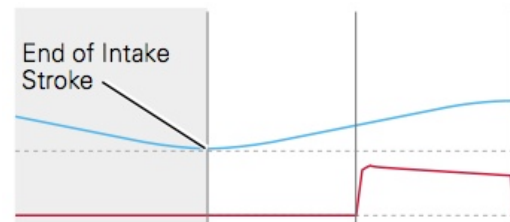
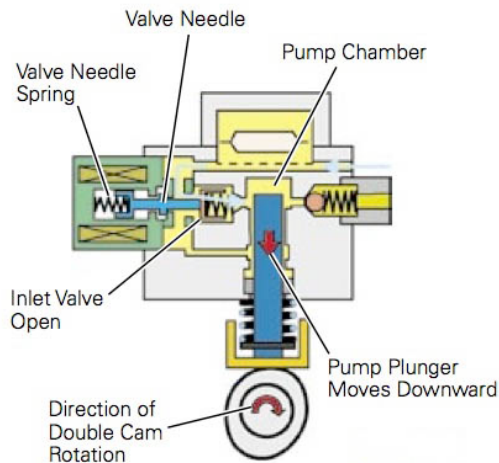


## Φάση Εισαγωγής (Intake Stroke)

Κατά τη διάρκεια της φάσης εισαγωγής, η valve needle spring σπρώχνει την valve needle για να ανοίξει η inlet valve.

Καύσιμα εισέρχονται στο θάλαμο αντλίας (pump chamber) από η πτωτική πορεία του εμβόλου της αντλίας (pump plunger).

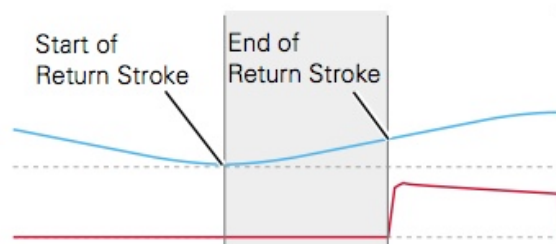
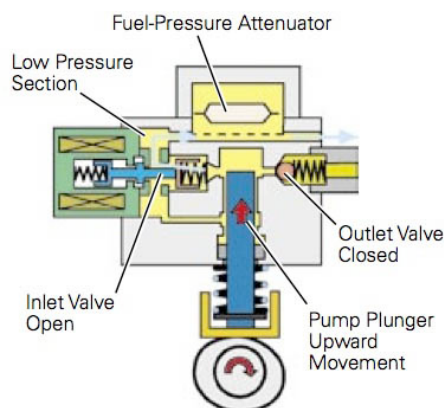
Ενώ το έμβολο (pump plunger) κατεβαίνει προς τα κάτω, η πίεση μέσα στο θάλαμο της αντλίας (pump chamber) είναι σχεδόν ίδια με την πίεση στο σύστημα χαμηλής πίεσης καυσίμων.



## Φάση Συμπίεσης (Return Stroke)

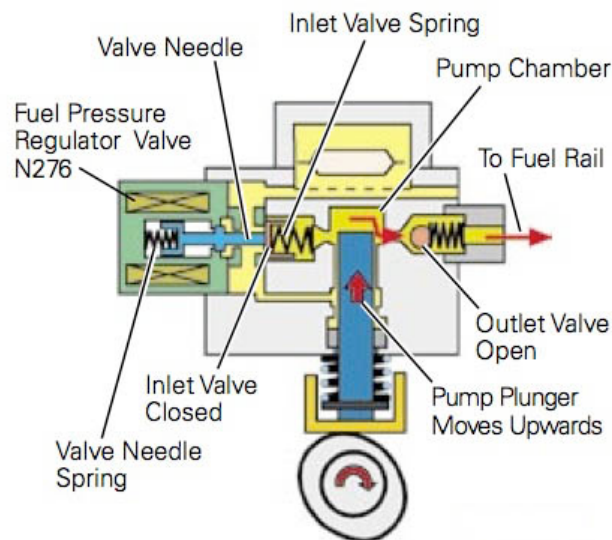
Η βαλβίδα εισαγωγής παραμένει ανοιχτή, όσο το έμβολο της αντλίας αρχίζει να κινείται προς τα πάνω. Αυτό επιτρέπει στην ποσότητα καυσίμου να προσαρμοστεί σε πραγματική κατανάλωση. Το έμβολο αντλίας (pump plunger) σπρώχνει το καύσιμο πίσω προς το σύστημα χαμηλής πίεσης.

Το έμβολο της αντλίας (pump plunger) αρχίζει με τη βαλβίδα εισαγωγής ανοικτή η κατά την ανοδική πορεία. Η πίεση στον θάλαμο αντλίας (pump chamber) είναι περίπου η ίδια πίεση όπως το σύστημα καυσίμων χαμηλής πίεσης.

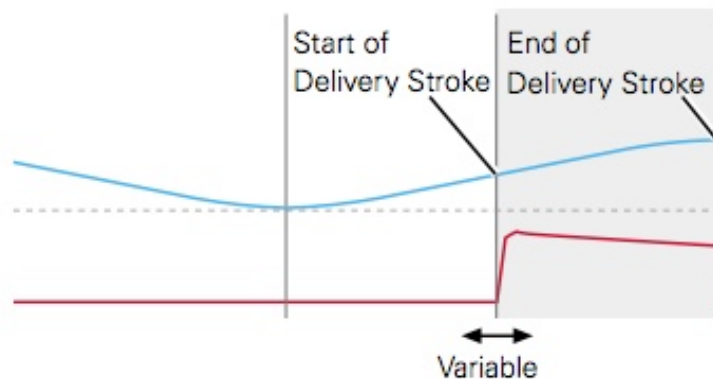


## Φάση Εκτόνωσης (Delivery Stroke)

Στην αρχή της φάσης εκτόνωσης, η βαλβίδα πίεσης καυσίμων (fuel pressure regulating valve) ενεργοποιείται στιγμιαία να σπρώξει τη valve needle κόντρα στην φορά valve needle spring, επιτρέποντας στην inlet valve να κλείσει από την δύναμη της inlet valve spring. Πίεση δημιουργείται στον θάλαμο της αντλίας καθώς το έμβολο κινείται προς τα πάνω. Όταν η πίεση στο θάλαμο είναι μεγαλύτερη από την πίεση στη ράγα καυσίμων, ανοίγει η βαλβίδα εξόδου και τα καυσίμα σπρόχνονται στη ράγα καυσίμων.



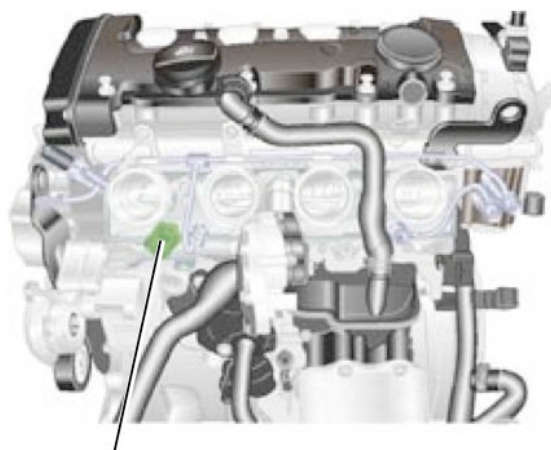
Το έμβολο συνεχίζει την ανοδική του πορεία και η πίεση αυξάνεται στο θάλαμο αντλίας. Η αντλία πίεσης αρχίζει να πέφτει όταν το έμβολο φθάνει στο υψηλότερο σημείο. Αυτό είναι το τέλος της φάσης εκτόνωσης. Η έναρξη της φάσης αυτής ποικίλλει ανάλογα με το ποσό καυσίμων που απαιτούνται.



## Αισθητήρας πίεσης καυσίμων G247

Ο αισθητήρας πίεσης G247 για το σύστημα υψηλής πίεσης, βρίσκεται στο κάτω μέρος της πολλαπλής εισαγωγής στη ράγα καυσίμων.

Ο αισθητήρας μετρά πίεση καυσίμων στη ράγα καυσίμων και στέλνει μήνυμα προς τη λειτουργική μονάδα ελέγχου του κινητήρα.

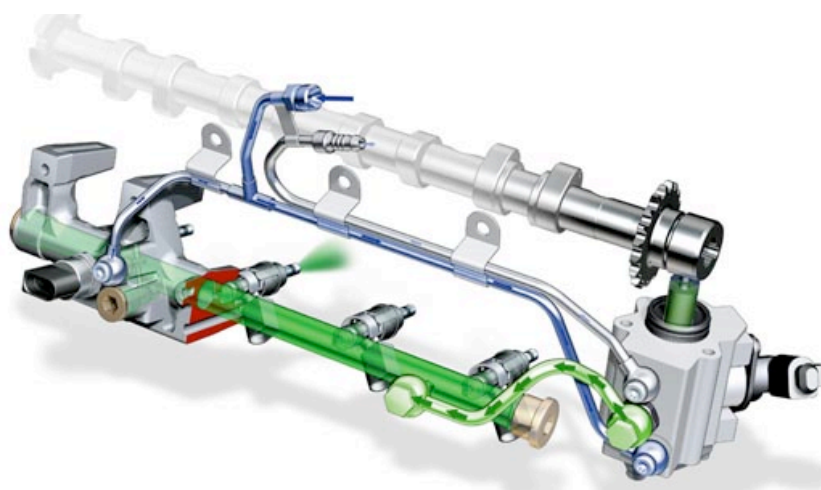


Fuel Pressure Sensor G247,  
High Pressure System

### Λειτουργία σήμανσης

Η μονάδα ελέγχου του κινητήρα χρησιμοποιεί το σήμα από το G247 αισθητήρα πίεσης καυσίμων για να ρυθμίσει την πίεση στη ράγα καυσίμων μέσω της ρυθμιστικής βαλβίδας πίεσης καυσίμων. Η πίεση του καυσίμου μπορεί να κυμαίνεται από 435–1, 595 psi (30-110 bar) ανάλογα με τον κινητήρα.

Εάν ο αισθητήρας πίεσης καυσίμου G247 αποτύχει, η λειτουργική μονάδα ελέγχου κινητήρα (Engine Control Module J220) θέτει την βαλβίδα (Fuel Pressure Regulating Valve N276) σε μια προκαθορισμένη σταθερή πίεση.



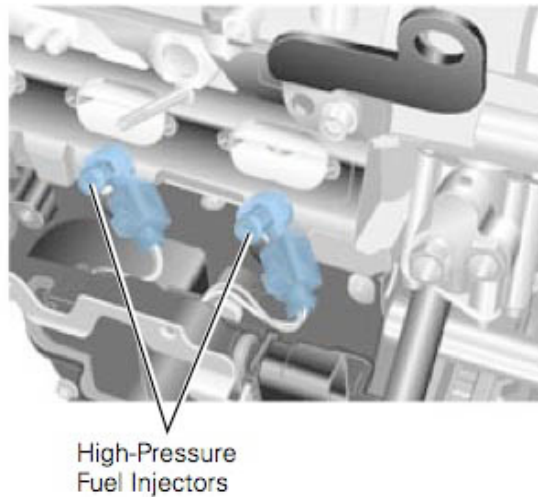


## Εξαρτήματα Συστήματος Καυσίμων

### Κυλινδρικοί εγχυτήρες καυσίμου N30-N33

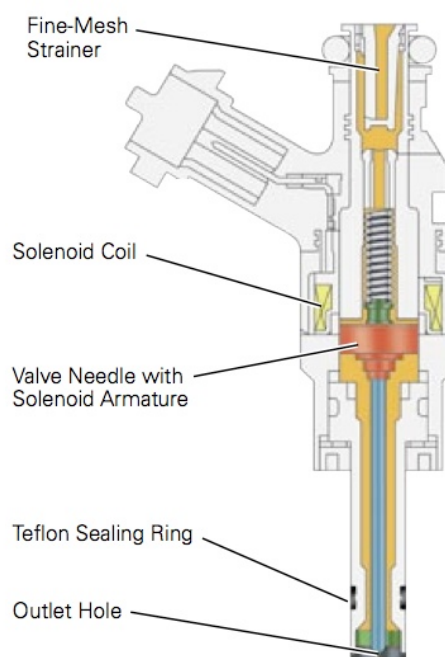
Οι υψηλής πίεσης εγχυτήρες ψεκασμού καυσίμου είναι τοποθετημένο στην κορυφή του κυλίνδρου και εγχύνουν με υψηλή πίεση καυσίμο, απευθείας σε κάθε θάλαμο καύσης.

Η λειτουργία του εγχυτήρα καυσίμου είναι να ψεκάζει κονιορτοποιημένο καυσίμο απευθείας στο θάλαμο καύσης.



Κατά την διάρκεια έγχυσης καυσίμου, το πηνίο του εγχυτήρα ενεργοποιείται και παράγει ένα μαγνητικό πεδίο. Αυτό ενεργοποιεί τον ηλεκτρομαγνητικό οπλισμό της valve needle για το άνοιγμα της βαλβίδας και την έγχυση καυσίμου.

Εάν ένα ελαττωματικό μπεκ ψεκασμού καυσίμου ανιχνευτεί από το κύκλωμα ανίχνευσης, τότε αυτό το μπεκ ψεκασμού καυσίμου θα απενεργοποιηθεί.



## Τρόποι λειτουργίας

Ο 2.0L υπερτροφοδοτούμενος (turbocharged) κινητήρας λειτουργεί με δύο τρόπους.  
Ψυχρή εκκίνηση Διπλή Έγχυση

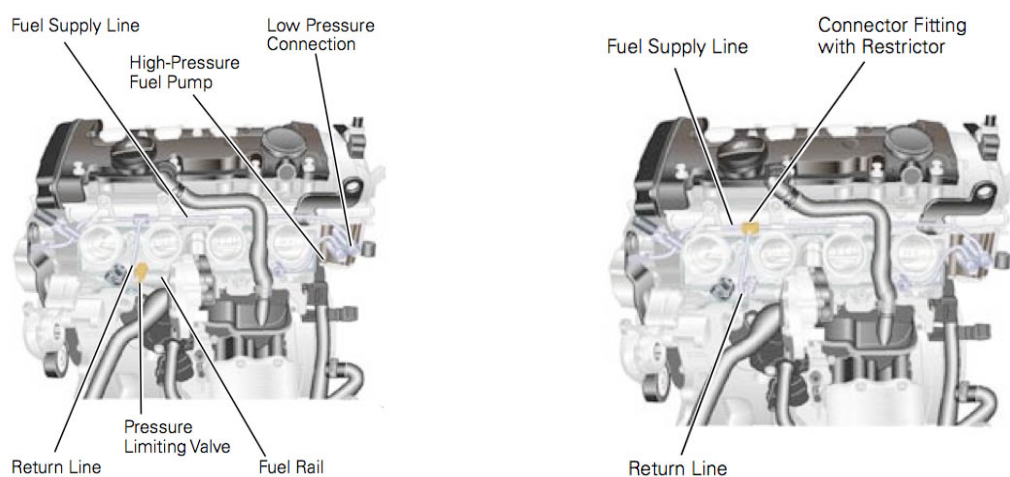
Διπλή έγχυση είναι ένας ειδικό τρόπο λειτουργίας για την ταχεία θέρμανση του καταλυτικού μετατροπέα.

Για να γίνει αυτό, μια ποσότητα καυσίμων εγχύεται στην φάση εισαγωγής στις περίπου 300° πριν από το πάνω νεκρό σημείο της ανάφλεξης (TDC).

Το καύσιμο διανέμεται ομοιογενώς λόγω του μεγάλου κενού πριν από την ανάφλεξη. Η δεύτερη έγχυση εμφανίζεται σε περίπου 60° πριν από το TDC της ανάφλεξης κατά τη φάση της συμπίεσης.

Το πλούσιο μείγμα που σχηματίζει γύρω από τον σπινθήρα σημαίνει ότι το χρονοδιάγραμμα μπορεί να επιβραδυνθεί σε σημαντικό βαθμό χωρίς να επηρεάζει τη σταθερότητα του κινητήρα.

Η διπλή έγχυση επιτυγχάνει επίσης στοιχειομετρική (14,7:1) βέλτιστη αναλογία αέρα - καυσίμου. Με τις βαλβίδες καυσαερίων ανοικτές, η θερμοκρασία των καυσαερίων αυξάνει γρήγορα, φέρνοντας τον καταλυτικό μετατροπέα μέχρι τη θερμοκρασία λειτουργίας 662 ° F (350 ° C) πολύ γρήγορα (30-40 δευτερόλεπτα).



### Κανονική λειτουργία

Ο κανονικός τρόπος λειτουργίας εμφανίζεται με τον καταλυτικό μετατροπέα σε λειτουργικές θερμοκρασίας.

Κανονικός χρονισμός έγχυσης συμβαίνει επειδή πρόσθετη θέρμανση του καταλυτικού μετατροπέα δεν είναι πλέον απαραίτητη.

Ο αισθητήρας οξυγόνου φτάνει και διατηρεί μια τιμή λάμδα 1 (στοιχειομετρία).

Η ηλεκτρική αντλία καυσίμου παραμένει ενεργοποιημένη αφού ο κινητήρας φτάσει σε θερμοκρασία λειτουργίας για να διατηρήσει την πίεση στη γραμμή καυσίμου και να αποφύγει φυσαλίδες θερμότητας στο καύσιμο.

### Συστήματα Χαμηλής πίεσης λειτουργία προανάφλεξης

Όταν η πόρτα του οδηγού είναι ανοικτή, ο διακόπτης επαφής της πόρτας προκαλεί την ηλεκτρική αντλία καυσίμων να ενεργοποιηθεί. Ο σκοπός της προανάφλεξης είναι να ελαχιστοποιηθεί ο χρόνος έναρξης και να γίνει συσσώρευση πίεσης καυσίμου πιο γρήγορα.

Ένας μετρητής παρακολουθεί τον αριθμό των προαναφλέξεων και προλαμβάνει τις βλάβες της αντλίας.

## **Ανάλυση και επεξήγηση στον τρόπο λειτουργίας των βενζινοκινητήρων TSI**

Έχοντας κατασκευαστεί από τον όμιλο της VW ο κινητήρας Twincharger επιτεύχθηκε ο στόχος για μια τεχνολογία του μέλλοντος και γρήγορης-δυναμικής οδήγησης σε ένα κινητήρα μόλις 1400 κυβικών εκατοστών . Η VW με τον παραπάνω κινητήρα κατάφερε να δημιουργήσει ένα βενζινοκινητήρα Twincharger δηλαδή ,που μπορεί και συνδυάζει compressor και turbo.

Η νέα αυτή τεχνολογία ονομάζεται TSI (Twin Supercharging Injection) και έχει ως αποτέλεσμα την μέγιστη απόδοση σε όλο το φάσμα των στροφών (χαμηλές- μεσαίες- υψηλές) σε συνδυασμό την πολύ χαμηλή κατανάλωση καυσίμου.

### TSI (Twin Supercharging Injection)

Ο TSI κινητήρας λοιπόν είναι ένας βενζινοκινητήρας με διπλή υπερπλήρωση (μηχανικό συμπιεστή και στροβιλοσυμπιεστή) σε συνδυασμό με τον άμεσο ψεκασμό καυσίμου. Ο κινητήρας αυτός έχει σχεδιαστεί για να λειτουργεί ομοιόμορφα ακόμα και σε πολύ υψηλές rpm. Το κύριο χαρακτηριστικό αυτού του βενζινοκινητήρα είναι η χαμηλή κατανάλωση του σε συνδυασμό με τις μεγάλες επιδόσεις του, όπως ροπή στρέψης και ισχύ.

### Η Λειτουργία υπερπλήρωσης του κινητήρα

Τα 2 συστήματα υπερπλήρωσης φτάνουν την πίεση ακόμη και στα 2.5 bar. Κανένας άλλος κινητήρας μαζικής παραγωγής δεν είχε φτάσει τόσο υψηλή πίεση. Ακόμη και οι κινητήρες turbo στις ημέρες μας (συμβατικοί, όχι tuned) δεν έχουν καταφέρει να έχουν τέτοια πίεση υπερπλήρωσης.



# TSI

## Τεχνική Ανάλυση

Πριν περίπου 20 χρόνια είχαμε ξανασυναντήσει το ίδιο διπλό σύστημα υπερπλήρωσης του κινητήρα (μηχανικός υπερσυμπιεστής δηλαδή kompressor και στροβιλοσυμπιεστής καυσαερίων, turbo) αλλά σε αγωνιστικού τύπου αυτοκίνητα. Όπως το Nissan SuperTurbo και την αγωνιστική Lancia Delta S4 . Στις μέρες μας όμως η VW κατασκεύασε το Golf GT, ένα αυτοκίνητο που έχει πάνω μηχανικό υπερσυμπιεστή και turbo αλλά συνδυάζει και την απόλυτη τεχνολογία στο χώρο των ηλεκτρονικών μονάδων με αποτέλεσμα να βλέπουμε την ιστορία των Μ.Ε.Κ. να πηγαίνει πολλά βήματα παραπέρα. Όμως η VW δεν έχει τα ίδια κίνητρα όπως πριν 20 χρόνια με τη Lancia και τη Nissan. Η VW ήθελε απλά να δώσει «πνοή» σε ένα συμβατικό αυτοκίνητο, για καθημερινή χρήση και όχι τις αγωνιστικές φιλοδοξίες και στόχους που είχαν οι προηγούμενες 2 εταιρείες. Με τον κινητήρα λοιπόν αυτό κατάφερε να δημιουργήσει καθημερινά αυτοκίνητα με χαμηλές καταναλώσεις σε καύσιμα και υψηλές επιδόσεις. Ο κύριος στόχος της εταιρίας ήταν να αποδίδει την μέγιστη δυνατή ισχύ με τον πιο ομαλό τρόπο και όχι όπως τα αγωνιστικά που αναφέραμε που είχαν αυτό το «λαγκάρισμα-κενό » από την μετάβαση του kompressor στο turbo. Ο βασικός στόχος της VW πίσω από την εξέλιξη της τεχνολογίας Twincharger είναι να μην υπάρχει μεγάλο χάσμα μεταξύ κινητήρων όπως αυτόν των 2.0 L TFSI με τους 200 ίππους και του 2.0 L FSI με τους 150 ίππου. Ο μόνος τρόπος για να γίνει αυτό θα έπρεπε να κατασκευάσουν ένα κινητήρα αντίστοιχης ισχύος με ένα καθαρά ατμοσφαιρικό 2.3 L αλλά με χαμηλότερη κατανάλωση καυσίμου. (Δύσκολο). Θέλοντας όμως να μειωθούν οι απώλειες από εσωτερικές τριβές καθώς και να κερδίσουν τα ενεργειακά οφέλη λόγω turbo δημιούργησαν κινητήρες με μικρότερο μέγεθος και μεγαλύτερα οφέλη.

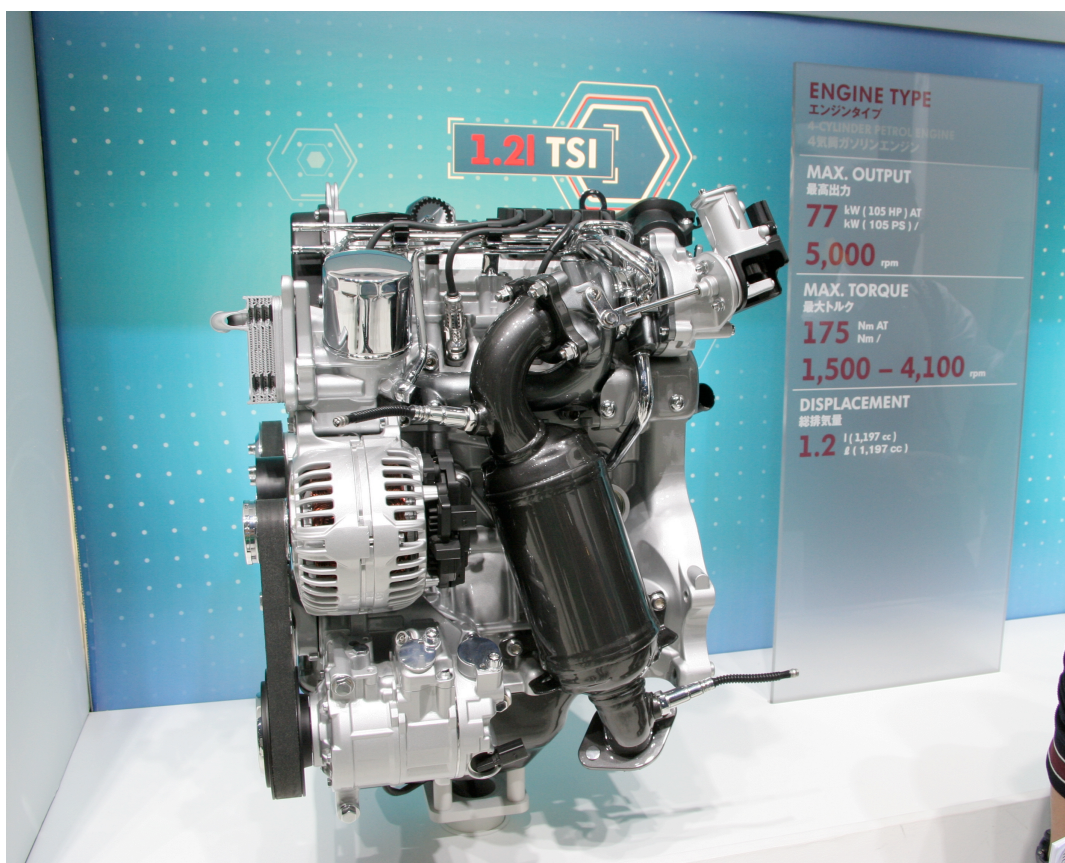
Κάποιες αναφορές για την οικογένεια των κινητήρων. Ανήκουν στους κινητήρες EA111 του ομίλου VW. Αυτοί οι κινητήρες έχουν ρίζες από τα Audi 50 ,VW Polo της δεκαετίας του 1970. Μέχρι και σήμερα περιλαμβάνονται τα τρικύλινδρα 1.2 και τα τετρακύλινδρα 1.4 και 1.6 απλά αλλά και FSI μηχανικά σύνολα της VW, εκτός από κάποια μοντέλα που φορούν κινητήρες 1.6 L EA113.

Τα Κοινά στοιχεία των EA111 κινητήρων είναι η διάμετρος του κυλίνδρου που είναι στα 76,5mm, όπου από εκεί και πέρα αλλάζει η διαδρομή (ανάλογα με το μοντέλο) του στροφάλου ή στην περίπτωση του τρικύλινδρου αφαιρείται ένας κύλινδρος.

Ας δούμε όμως ποιο κινητήρα πήρε η VW για την κατασκευή αυτού του ισχυρού και με χαμηλή κατανάλωση κινητήρα. Η βάση για τον κινητήρα του Golf GT και για να εφαρμοστεί η τεχνολογία Twincharger, επέλεξαν τον 1.4FSI . Για την ανάπτυξη του Twincharger κατασκευάστηκε ένα καινούργιο μπλοκ κυλίνδρων στροφαλοθαλάμου από υψηλής αντοχής γκρι χυτοσίδηρο ώστε να αντέξει την υψηλή πίεση. Έκαναν ακόμη βελτιώσεις και τις αναβαθμίσεις και τις αλλαγές στα συστήματα υπερπλήρωσης όπως ακόμη και στο ηλεκτρονικό σύστημα του εγκεφάλου. Την όλη αλλαγή την ονόμασαν TSI ώστε μπορεί να ακολουθηθεί η εμπορική ονομασία των διαφορετικών κινητήρων άμεσου ψεκασμού καυσίμου της εταιρίας ,FSI,TFSI. Ο μικρός κινητήρας των 1390 κυβικών εκατοστών με 4 βαλβίδες ανά κύλινδρο με την εμπορική ονομασία TSI αποδίδει 170PS στις 6000 σ.α.λ. και 24,5kgm ροπή στις 1750 σ.α.λ. έχει δηλαδή ειδική ισχύ της τάξης των 122,3PS ανά λίτρο. Είναι ο ισχυρότερος 1400άρης κινητήρας παραγωγής αυτή τη στιγμή σε όλο τον κόσμο. Αλλαγή έγινε και στην αντλία νερού με ενσωματωμένο μαγνητικό συμπλέκτη και τεχνολογία υπερσυμπίεσης. Ωστόσο, τροποποιήθηκε επίσης και η τεχνολογία του ψεκασμού. Τοποθετήθηκε και ένα **μπεκ ψεκασμού** πολλαπλών οπών υψηλής πίεσης

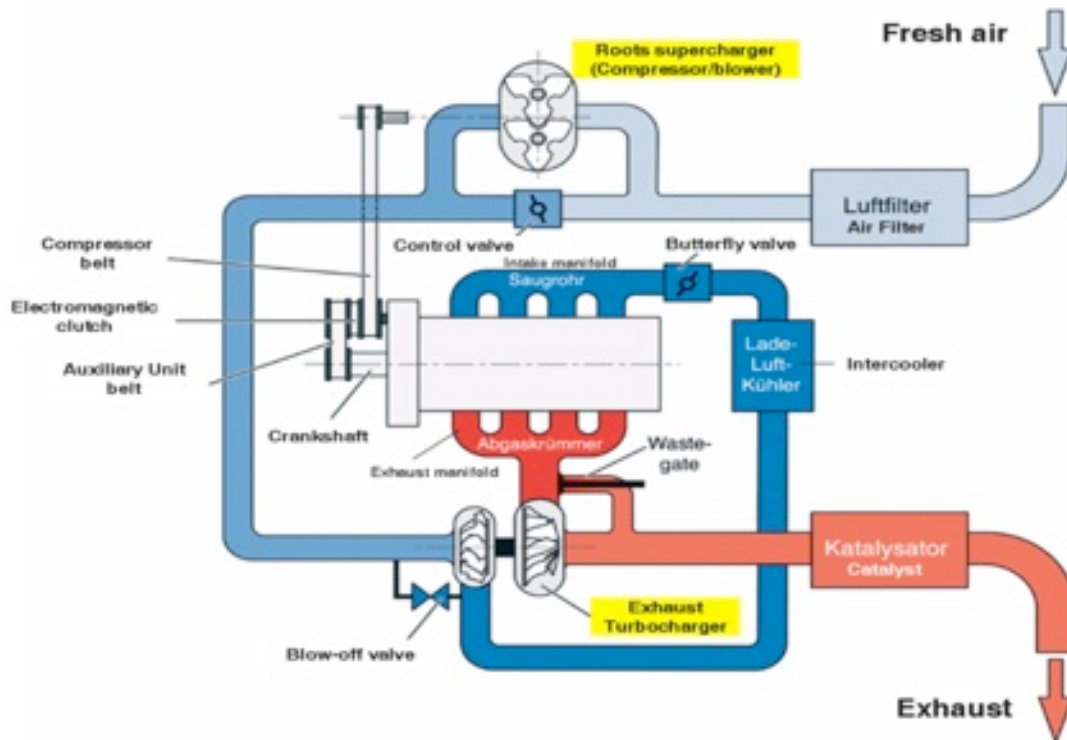


με 6 στοιχεία εξαγωγής καυσίμου. Το μπεκ ψεκασμού, όπως και στους ατμοσφαιρικούς κινητήρες FSI, βρίσκεται τοποθετημένο στην πλευρά της εισαγωγής μεταξύ της θυρίδας εισαγωγής και του επιπέδου της τσιμούχας (φλάντζας) της κυλινδροκεφαλής. Η ποσότητα του καυσίμου το οποίο πρόκειται να ψεκαστεί μεταξύ της λειτουργίας ρελαντί και της απόδοσης των 90 kW/λίτρο απαιτεί ένα μεγάλο εύρος διακύμανσης της ροής του καυσίμου μέσα από τα μπεκ ψεκασμού, ενώ πρέπει να δοθεί ικανοποιητικός χρόνος προετοιμασίας του μείγματος μετά τον ψεκασμό σε καταστάσεις πλήρους φορτίου από την μία πλευρά και στην κατάσταση ρελαντί με παραγωγή μικρών ποσοτήτων ψεκασμού από την άλλη πλευρά. Η μέγιστη πίεση ψεκασμού αυξήθηκε σε 150 bar έτσι ώστε να επιτευχθεί αυτό το μεγάλο εύρος της ροής. Αυτός ο κινητήρας διατίθεται και σε άλλη μια έκδοση 140 ίππων, ενώ η VW σκοπεύει να τον τοποθετήσει και σε διάφορα προσεχή της μοντέλα.



Ας δούμε όμως τον TSI και τα επιμέρους κομμάτια της τεχνολογίας Twincharger αναλυτικότερα.

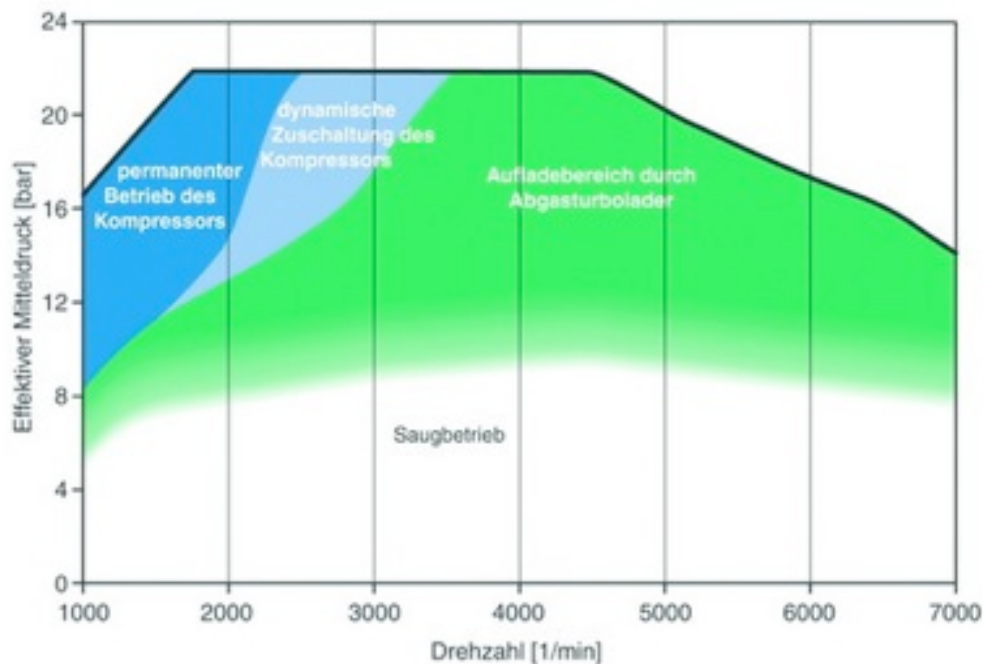
## Air Flow in the VW Twincharged TSI



Όταν ο ατμοσφαιρικός αέρας εισέρχεται στο φίλτροκούτι και φιλτραριστεί στη συνέχεια κατευθύνεται προς τον kompressor τύπου Roots της Eaton με κωδικό M24 σε αντίθεση με το Micra Superturbo όπου προηγούταν το turbo. Η VW επέλεξε έναν υπερσυμπιεστή με μηχανική μετάδοση κίνησης με ιμάντα με σκοπό την αύξηση της ροπής σε χαμηλές στροφές του κινητήρα. Είναι μία μονάδα υπερσυμπιεστή βασισμένη στην αρχή Roots. Ένα ειδικό χαρακτηριστικό αυτού του συμπιεστή ο οποίος χρησιμοποιείται, είναι η εσωτερική σχέση μείωσης των στροφών στην πλευρά της εισαγωγής του ζεύγους γραναζιών συγχρονισμού.

Παράλληλα με τον M24 υπάρχει αγωγός ο οποίος λειτουργώντας ως βαλβίδα παράκαμψης (by-pass) ανάλογα με τη θέση του ηλεκτρονικά ελεγχόμενου κλαπέτου που περιέχει μπορεί να βραχυκυκλώσει από πλευράς πίεσης είσοδο και την έξοδο του Roots. Ο αέρας στη συνέχεια είτε έχει περάσει από το κλαπέτο είτε από τον M24, οδηγείται στην είσοδο του στροβιλοσυμπιεστή της BorgWarner-3K με κωδικό K03 και από εκεί ακολουθεί την τυπική πορεία του, περνώντας δηλαδή διαδοχικά από το intercooler, την πεταλούδα, το plenum, τους κυλίνδρους και στη συνέχεια ως καυσαέριο πλέον συνεχίζει το ταξίδι του στον στρόβιλο και τέλος την εξάτμιση. Βλέπουμε λοιπόν πως μιλάμε για τυπική σειριακή διάταξη των δύο υπερσυμπιεστών: η πίεση εξόδου του M24 αποτελεί ταυτόχρονα και την πίεση εισόδου του K03. Ο τρόπος με τον οποίο αυτά τα δύο συστήματα συμπληρώνουν το ένα το άλλο σημαίνει ότι δεν υπάρχει καθόλου υστέρηση απόκρισης (turbo lag).





Στο Σχήμα επεξηγείται ο τρόπος που ο TSI περνάει από τις διαδοχικές φάσεις συνεργασίας turbo-Roots υπό πλήρες φορτίο όταν δηλαδή η πεταλούδα τέρμα ανοικτή. Πρωταρχικός στόχος του συστήματος είναι να έχει «ατμοσφαιρική» λειτουργία, δηλαδή να μην καταλαβαίνει ο οδηγός κατά την επιτάχυνση την διαδοχή των φάσεων μέσω πτώσεων ή απότομων ξεσπασμάτων της ροπής. Στον άξονα « $\chi$ » βλέπουμε τον ρυθμό περιστροφής του κινητήρα και στον κάθετο την «Μέση Ενδεικτική Πίεση» των κυλίνδρων, ένα χαρακτηριστικό μέγεθος όλων των εμβολοφόρων μηχανών εσωτερικής καύσης και το οποίο μεταξύ άλλων είναι πρακτικά ανάλογο και με την εκάστοτε πίεση υπερπλήρωσης.

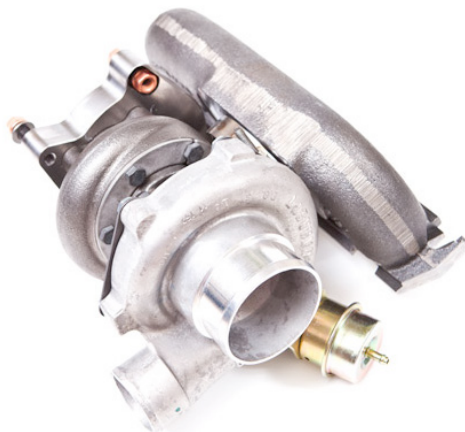
Η καμπύλη που προκύπτει στο διάγραμμα (με μαύρο χρώμα) συμπίπτει με αυτό της ροπής, αφού αυτή ουσιαστικά προκύπτει μέσω της μέσης ενδεικτικής πίεσης. Η μπλε περιοχή είναι αυτή στη οποία ο kompressor «Roots» λειτουργεί μόνος του και η K03 βρίσκεται ακόμα σε αδράνεια. Λίγο πάνω από το ρελαντί, περίπου στις 1000 σ.α.λ. ο Roots παρέχει πίεση υπερπλήρωσης στα 0,8bar. Καθώς οι στροφές ανεβαίνουν γραμμικά, ανεβαίνει και η πίεση μέχρι τις 1500 σ.α.λ. όπου η πίεση υπερπλήρωσης μεγιστοποιείται στο 1,5bar. Μέχρι τις 2400 σ.α.λ. η πίεση υπερπλήρωσης διατηρείται στο 1,5bar αποκλειστικά και μόνο από τον M24.

Στο σημείο αυτό το turbo μπαίνει σιγά σιγά σε λειτουργία και το 1,5bar πίεσης να αποτελεί μέχρι τις 3500 σ.α.λ. προϊόν συνεργασίας και των δύο συμπιεστών μαζί όπως φαίνεται στη γαλάζια περιοχή. Στο φάσμα 2400-3500 σ.α.λ. το ηλεκτρονικά ελεγχόμενο κλαπέτο αρχίζει να ανοίγει σταδιακά, απομονώνοντας τον Roots μέσω του συστήματος βραχύκλωσης (control valve) των πιέσεων εισόδου και εξόδου του. Στην πράσινη περιοχή και στις 3500 σ.α.λ. το κλαπέτο του M24 είναι πλέον εντελώς ανοικτό με αποτέλεσμα η K03 να μπορεί πλέον από μόνη της να κρατήσει μέγιστη

πίεση υπερπλήρωσης 1,5bar. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί μέχρι τις 4500 σ.α.λ. όπου η πίεση φυσιολογικά αρχίζει πλέον και πέφτει και οδεύοντας προς τον κόφτη των 7000 σ.α.λ., αφού η K03 δεν μπορεί να κρατήσει 1,5bar σε τέτοιες απαιτήσεις παροχής . Παίζει σημαντικό ρόλο το μικρό μέγεθος της τουρμπίνας εδώ. Έχουμε να κάνουμε με μικρό κινητήρα 1.4 λίτρων. Ο Roots τίθεται σε αδράνεια στις 3500 σ.α.λ. μέσω του ηλεκτρομαγνητικού συμπλέκτη στην τροχαλία της αντλίας νερού, επειδή έχει φτάσει στο μέγιστο όριο περιστροφής του και για να μπορέσουν να μηδενιστούν οι όποιες απώλειες ισχύος . Αυτό θα σήμαινε η έστω και ανενεργή από πλευράς παραγωγής πίεσης σύνδεση του με το στροφαλοφόρο άξονα.

Άκρως σημαντικός στην όλη διαδικασία που περιγράψαμε παραπάνω είναι ο τρόπος με τον οποίο η ECU της Bosch , MED 9.5 ελέγχει το άνοιγμα του κλαπέτου του M24 σε συνδυασμό με το αντίστοιχο της βαλβίδας παράκαμψης (wastegate) του στροβίλου του turbo. Όσο το κλαπέτο ανοίγει και η συνεισφορά του Roots στη παραγωγή πίεσης μειώνεται, το άνοιγμα wastegate ρυθμίζεται ανάλογα έτσι ώστε να μπορέσει η K03 να σηκώσει από μόνη της το 1,5bar υπερπλήρωσης. Αν για κάποιο λόγο παρουσιαστεί οποιαδήποτε έξαρση πίεσης πέραν του 1,5bar αυτή ανακουφίζεται ακαριαία μέσω της ενσωματωμένης στον συμπιεστή του turbo by-pass βαλβίδας ,γνωστή και ως σκάστρας και φυσικά με ανάλογο άνοιγμα της wastegate. Αυτός ο έλεγχος κλειστού βρόγχου των διάφορων υποσυστημάτων, βαλβίδων και συμπλεκτών θα ήταν αδύνατο να πραγματοποιηθεί με τα πρωτόγονα ηλεκτρονικά μέσα προηγούμενων δεκαετιών.

Οι VW/Eaton περιμένανε το πλήρωμα του χρόνου ώστε τελικά να μπορέσουν να παρουσιάσουν σήμερα ένα σύστημα turbo-κομπρέσορα που να λειτουργεί πραγματικά άψογα, χωρίς πρόβλημα και “ατμοσφαιρικά”.



*Τουρμπίνα*

### Πίεση υπερπλήρωσης

Στην πραγματικότητα η πίεση υπερπλήρωσης ή μανομετρική πίεση είναι στο 1.5bar και στα 2.5bar είναι η λεγόμενη «απόλυτη πίεση εισαγωγής» η οποία ισούται με την πίεση υπερπλήρωσης συν το 1bar της ατμοσφαιρικής πίεσης. Οι κατασκευαστές όμως ανακοινώνουν για τα υπερτροφοδοτούμενα μοντέλα την πίεση υπερπλήρωσης και όχι απόλυτη πίεση εισαγωγής.

## Οι Ρύποι Των Αυτοκινήτων Σήμερα

Ποιους ρύπους έχουμε και τι επιπτώσεις δημιουργούν στο περιβάλλον;



Χιλιάδες είναι τα αυτοκίνητα και οι μότο που κινούνται κάθε μέρα στους ελληνικούς δρόμους, και το κάθε ένα εκπέμπει καυσαέρια. Στις μεγάλες πόλεις όπως η Αθήνα, Θεσσαλονίκη κ.α. το πρόβλημα είναι μεγάλο (ατμοσφαιρική ρύπανση). Το Κράτος από τη μεριά του και η Ε.Ε. θέτουν όλο και πιο αυστηρά μέτρα στις αυτοκινητοβιομηχανίες, επειδή ο αυξανόμενος αριθμός των αυτοκινήτων μεγαλώνει όλο και πιο πολύ το πρόβλημα.

### Από που προέρχονται όμως όλα αυτά:

Οποιαδήποτε φορά ακούμε για τους ρύπους που παράγει ένα αυτοκίνητο, έρχεται στο επίκεντρο της προσοχής ο τρόπος λειτουργίας Μ.Ε.Κ. οι κινητήρες που μας απασχολούν παραπάνω είναι οι 4-χρονοι βενζινοκινητήρες και τους γνωρίζουμε πάνω από ένα αιώνα με πολλά σκαμπανεβάσματα, βελτιώσεις και αλλαγές στην τεχνολογία τους και τον τρόπο απόδοσής και λειτουργίας. Τα τελευταία 10 χρόνια έχουν μειωθεί σημαντικά οι εκπομπές καυσαερίων/Κm όμως δεν παύουν να ρυπαίνουν το περιβάλλον και να λειτουργούν εις βάρος μας για την υγεία μας. Αυτό γίνεται επειδή καίμε ορυκτά καύσιμα όπως την βενζίνη. Υπάρχει λοιπόν η χημική αντίδραση στο μίγμα ( καύσιμο - αέρα ) . Επειδή όμως δεν γίνεται σε εργαστηριακές συνθήκες η αντίδραση αυτή απέχει πολύ από το ιδανικό. Εμείς στο θεωρητικό κομμάτι θα παίρναμε αποτελέσματα όπως διοξείδιο του CO<sub>2</sub> και H<sub>2</sub>O. Η λειτουργία του κινητήρα όμως έχει πολλά και επιβλαβή παράγωγα στο πραγματικό κομμάτι. Αυτό γίνεται επειδή δεν επιτυγχάνεται καλή ανάμειξη του αέρα με τη βενζίνη, του ασυνεχούς μετώπου φλόγας στο θάλαμο καύσης καθώς και της ύπαρξης άλλων αερίων εκτός του οξυγόνου στον ατμοσφαιρικό αέρα. Άρα ως αποτέλεσμα έχουμε η στοιχειομετρική καύση να ισχύει μόνο στη θεωρία.

## Πως μπορούμε να βελτιώσουμε αυτή την κατάσταση;

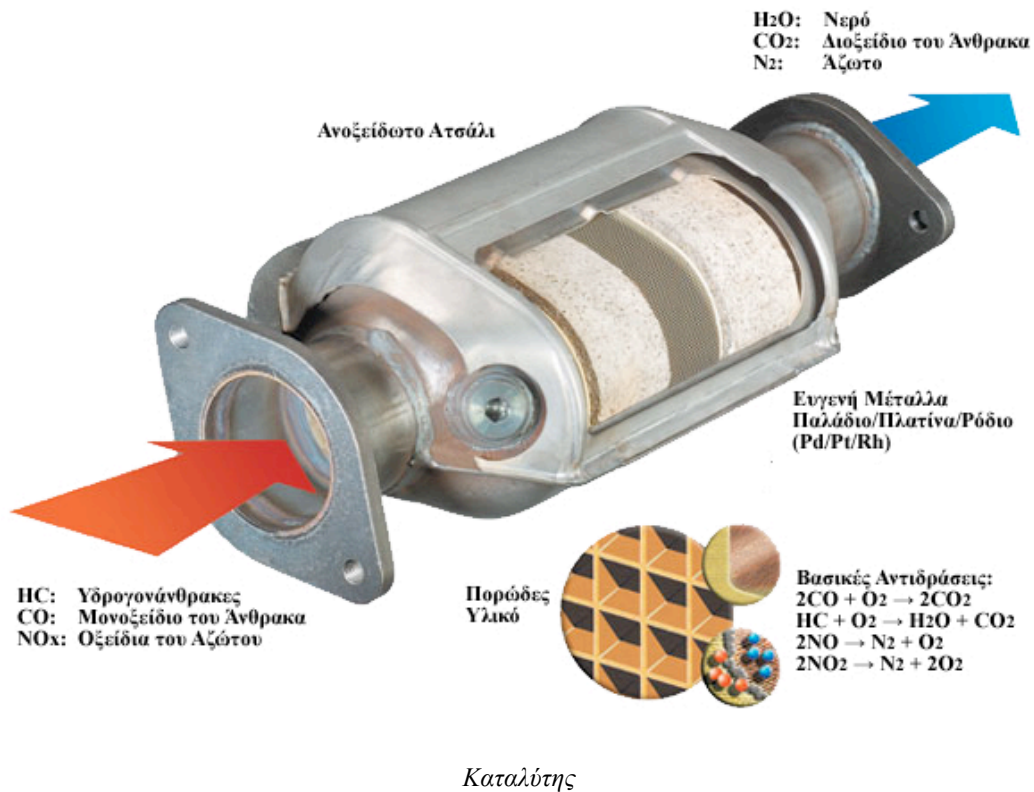
Το μείγμα αέρα-βενζίνης έχει δείξει πως κινητήρες χωρίς άμεσο ψεκασμό πετυχαίνουν τη βέλτιστη απόδοση και τα λιγότερα καυσαέρια με αρκετά πιο πλούσιο μείγμα. Σε αντίθεση οι σύγχρονοι κινητήρες βενζίνης, με υψηλή πίεση στα μπεκ και άμεσο ψεκασμό, μπορούν να λειτουργήσουν με υψηλότερο βαθμό απόδοσης και με λιγότερο καύσιμο, άρα με πιο φτωχό μείγμα. Η καλύτερη ανάμειξη μας φέρνει πιο κοντά στο στοιχειομετρικό μείγμα. Το μεγαλύτερο ποσοστό των προϊόντων της καύσης είναι αυτά που περιμένουμε από την θεωρητική χημική αντίδραση, δηλαδή το αδρανές άζωτο, νερό και διοξείδιο του άνθρακα. Δυστυχώς το CO<sub>2</sub> συντελεί στο φαινόμενο του θερμοκηπίου(τουλάχιστον έτσι ξέρουμε). Οι σύγχρονοι αναλυτές καυσαερίων μπορούν με μεγάλη ευκολία να αποδείξουν την ύπαρξη πολλών επιβλαβών ενώσεων στην εξάτμιση ενός αυτοκινήτου. Για την ακρίβεια βρίσκουμε αρκετό CO, πληθώρα άκαυτων υδρογονανθράκων και οργανικών ενώσεων καθώς και οξειδία του αζώτου. Το μονοξείδιο του άνθρακα είναι άοσμο, άορατο και δηλητηριώδες αέριο για τον ανθρώπινο οργανισμό, που σε μεγάλες συγκεντρώσεις προκαλεί από παράλυση έως ασφυξία και θάνατο. Οι άκαυτοι υδρογονάνθρακες είναι υποπροϊόντα της καύσης που έχουν μικρότερη αλυσίδα σε άνθρακες από το οκτάνιο, και κατά κύριο λόγο εντοπίζονται σε αέρια μορφή. Πρόκειται για καρκινογόνες ενώσεις για τον ανθρώπινο οργανισμό, που συντελούν τα μέγιστα στο σχηματισμό του νέφους. Τα οξειδία του αζώτου έχουν αντίστοιχο ρόλο στο νέφος των μεγάλων αστικών κέντρων, προκύπτουν από οξείδωση του αδρανούς αζώτου και σε μεγάλες συγκεντρώσεις είναι η αιτία της όξινης βροχής.

## Ο ρόλος του καταλύτη.

Η κορυφαία αλλαγή στην τεχνολογία κινητήρων που περιόρισε σημαντικά τους ρύπους, ήταν οι καταλύτες. Όπως σε κάθε χημική αντίδραση, έτσι και στα αυτοκίνητα, ο καταλύτης είναι κάτι που είτε προκαλεί μια αντίδραση είτε απλά την επιταχύνει, χωρίς ο ίδιος να επηρεάζεται. Στα αυτοκίνητα οι **κεραμικοί καταλύτες** τελευταίας γενιάς στοχεύουν κυρίως στα οξειδία του αζώτου και στο μονοξείδιο του άνθρακα. Αποτελούνται από μια κεραμική δομή, με μεταλλική επικάλυψη λευκόχρυσου, ρόδιου και παλλάδιου. Πρόκειται για πολύ ακριβά υλικά που καταφέρνουν να αποσπασουν το οξυγόνο από τα NOx, δίνοντας καθαρό N<sub>2</sub>. Το οξυγόνο άμεσα καταλήγει στα μόρια μονοξειδίου, που καταλήγουν στο λιγότερο επιβλαβές CO<sub>2</sub>. Τα αποτελέσματα βελτιώθηκαν ακόμη περισσότερο με την παρακολούθηση της καύσης σε πραγματικό χρόνο. Ακούγεται παράξενο, όμως συμβαίνει σε όλα τα σύγχρονα αυτοκίνητα. Ο γνωστός αισθητήρας λ (ως λ ορίζεται η αναλογία αέρα : καυσίμου στους κινητήρες εσωτερικής καύσης) τοποθετημένος στην εξάτμιση του αυτοκινήτου καταγράφει την ποσότητα οξυγόνου στα καυσαέρια: όσο περισσότερο οξυγόνο, τόσο λιγότερη βενζίνη κάηκε. Ο κεντρικός έλεγχος του κινητήρα, γνωρίζοντας τον αέρα που έχει μπει στο θάλαμο καύσης, καθορίζει το χρόνο ψεκασμού βενζίνης και άρα την ποσότητα. Μπορεί έτσι να υπολογίσει την σωστότερη αναλογία, ώστε να επιτύχει είτε τη βέλτιστη απόδοση είτε τη βέλτιστη οικονομία καυσίμου. Ένα βήμα παραπέρα για την καλύτερη λειτουργία των καταλυτών ήταν η τοποθέτησή τους πιο κοντά στον κινητήρα. Όσο πιο κοντά, τόσο υψηλότερη θα είναι και η θερμοκρασία λειτουργίας τους, οπότε θα βελτιώνουν με μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα τα καυσαέρια. Επίσης, εκεί θερμαίνονται πιο γρήγορα, δίνοντας λιγότερα καυσαέρια ήδη από τα πρώτα μέτρα κίνησης του αυτοκινήτου.

## Θέματα νομοθεσίας Ε.Ε. για τους ρυπογόνους παράγοντες

Οι περισσότεροι κατασκευαστές αυτοκινήτων παράγουν αυτοκίνητα που υπακούουν στις ευρωπαϊκές οδηγίες καυσαερίων. Έτσι, ένα αυτοκίνητο παλαιάς τεχνολογίας που ακολουθούσε την οδηγία Euro 1 (1992), υποχρεούταν να εκπέμπει λιγότερα από 3,16 gr CO/km, χωρίς περιορισμό για τα υπόλοιπα καυσαέρια. Τα όρια έγιναν χρόνο με το χρόνο πιο αυστηρά, με το Euro 2 (1996) να ζητά 2,2gr CO/km, ενώ το Euro 4 (2005) και το ισχύον Euro 5 (2009) ορίζουν εκπομπές κάτω από 1gr CO/km. Αντίστοιχες είναι και οι μειώσεις στους υδρογονάνθρακες και στα οξείδια του αζώτου, που ενώ αρχικά δεν είχαν περιορισμό, πλέον πρέπει να είναι λιγότερα από 0,06gr/km. Προχωρώντας ένα βήμα πιο πέρα, η Mercedes αναπτύσσει νέας γενιάς καταλύτη, με σκοπό τον μηδενισμό των εκπεμπόμενων οξειδίων του αζώτου. Από την επόμενη γενιά οι κινητήρες diesel της γερμανικής εταιρείας θα χρησιμοποιούν το πρόσθετο Adblue, σαν extra καταλύτη με βάση την ουρία, βοηθώντας ακόμα περισσότερο προς μια πιο καθαρή ατμόσφαιρα.



## Βιβλία

Επισκευή, ανακατασκευή και βελτίωση κινητήρων , βιβλίο συνεργείου  
(Κριθαρα,Χολεμπέικ)

Μηχανές εσωτερικής καύσης (Κυριακής Ν.)

## Πηγές

- <http://www.sciroccoclub.gr>
- <http://www.youtube.com/watch?v=YzIIoP2dz8E>
- <http://www.audiworld.com/news/01/062801/content.shtml>
- <http://www.audi.com/com/brand/en/tools/advice/glossary/fsi.browser.html>
- <http://www.audi.co.uk/audi-innovation>
- <http://wikicars.org>
- <http://www.autospeed.com>
- [http://en.wikipedia.org/wiki/European\\_emission\\_standards](http://en.wikipedia.org/wiki/European_emission_standards)
- <http://www.carpages.co.uk/co2/>
- <http://auto.howstuffworks.com/car-exhaust-emissions-channel.htm>
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Catalytic\\_converter](http://en.wikipedia.org/wiki/Catalytic_converter)
- <http://www.audizine.com>
- [http://www.autotriti.gr/data/magazine/viewthema/32164\\_11099.aspx](http://www.autotriti.gr/data/magazine/viewthema/32164_11099.aspx)
- <http://kavvathas.com/2011/02/01/t%CE%B1-%CF%80%CF%81%CE%BF%CE%B2%CE%BB%CE%AE%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1-%CF%84%CF%89%CE%BD-%CE%BA%CE%B9%CE%BD%CE%B7%CF%84%CE%AE%CF%81%CF%89%CE%BD-fsi/>
- <http://www.audizine.com/forum/showthread.php/336352-Audi-FSI-Engine-Carbon-Build-up-Megathread>
- <http://my.is/forums/f139/d-4-d-4s-direct-injection-technology-4gr-fse-2gr-fse-264137/>
- carcod muller
- [www.etuners.gr](http://www.etuners.gr)
- [www.bosch.com](http://www.bosch.com)
- [www.aalcar.com](http://www.aalcar.com)



## Περιοδικά

- power techniques
- evo
- τεχνολογική εξέλιξη για το αυτοκίνητο και τη μοτοσυκλέτα
- burn out
- Dyno road
- Japcars
- 4 τροχοι
- Ignition (τεχνικό αφιέρωμα για τις βενζίνες)
- Automobile (uk)
- Top gear

## Εκπαιδευτικά video

- <http://www.youtube.com/watch?v=Pxvp9F-PS34>
- <http://www.youtube.com/watch?v=4FG8tSWrCl8>
- <http://www.youtube.com/watch?v=H6p0sVdMeeQ>
- <http://www.youtube.com/watch?v=QBXszI4-570>
- <http://www.youtube.com/watch?v=zQKwdYKlcpG>
  
- <http://www.youtube.com/watch?v=fvysuD5MFow>
- <http://www.youtube.com/watch?v=XUnvMjbh7cI>
- <http://www.youtube.com/watch?v=5hKKO89VbQ0>
  
- <http://www.youtube.com/watch?v=PY91c8JCwv0>
- <http://www.youtube.com/watch?v=kJ5opH5qgj0>
- <http://www.youtube.com/watch?v=JbFdaLVjXEg>
- [http://www.streetfire.net/video/vw-tsi-engine-english\\_120358.htm](http://www.streetfire.net/video/vw-tsi-engine-english_120358.htm)

