

# ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΚΙΝΗΣΗ ΤΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ



Δέρβος Φώτιος  
Ελευθερίου Κωνσταντίνος  
Καραβίδας Αντώνης  
Κατελούζος Γιώργος  
Κάτσαρη Ελένη  
Κεχαγιά Εύα  
Κλάδης Νίκος  
Κοτροκόη Κατέρινα  
Κουτσούμπα Γεωργία  
Λέτσιος Βασίλης  
Μητσοπούλου Βίκυ  
Μπεκίρι Δαμιανός  
Μποβολέτη Βάσω  
Ρέτση Χρύσα

Υπεύθυνοι Καθηγητές  
Γαβριήλ Κωνσταντίνος ΠΕ19  
Κλάδης Κωνσταντίνος ΠΕ04

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΚΙΝΗΣΗ ΔΥΝΑΜΗ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗΣ

- 1.1 ΔΥΝΑΜΗ ΚΙΝΗΤΗΡΑ
- 1.2 ΤΡΙΒΗ (ΓΕΝΙΚΑ)
- 1.3 ΤΡΙΒΗ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΚΥΛΙΣΗ
- 1.4 ΛΙΠΑΝΤΙΚΑ

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο ΣΥΜΒΟΥΛΕΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΟΔΗΓΗΣΗ

- 2.1 ΧΡΗΣΙΜΕΣ ΣΥΜΒΟΥΛΕΣ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΙΩΣΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ
- 2.2 ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΟΔΗΓΗΣΗ

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ

- 3.1 ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΣΤΟ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟ
- 3.2 ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΣΤΑ ΑΜΑΞΩΜΑΤΑ
- 3.3 ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ
- 3.4 ΩΦΕΛΕΙΕΣ ΑΠΟ ΤΟΝ ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ
- 3.5 ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΟΝ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΤΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ

- 4.1 ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ (ΜΕΣΩ ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΣΗΣ)
- 4.2 ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ
- 4.3 ΗΛΙΑΚΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ
- 4.4 ΥΒΡΙΔΙΚΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ

## ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ

Κατά την τελευταία δεκαπενταετία ο κόσμος είχε μια μακρά περίοδο ανάπτυξης. Φυσικά η ανάπτυξη αυτή δεν ήταν προνόμιο των πολλών καθώς εκατομμύρια άνθρωποι βρίσκονταν και εξακολουθούν να βρίσκονται κάτω από το όριο της φτώχειας. Ωστόσο ο "αναπτυγμένος" κόσμος που είχε τη δυνατότητα να επωφεληθεί από την εν λόγω ανάπτυξη είχε αφοσιωθεί σε ένα έργο αλόγιστης κατανάλωσης και κακής διαχείρισης των φυσικών πόρων, ειδικά εκείνων που απαιτούνται για την παραγωγή ενέργειας. "Ο πιο βρώμικος γίνεται και ο πιο πλούσιος" αυτή είναι εδώ και πολλά χρόνια η βασική αρχή που διέπει όσους κινούνται στον ενεργειακό χώρο, πολιτικούς και επιχειρηματίες. Τα πράγματα όμως έχουν αλλάξει τα τελευταία χρόνια καθώς δύο μεγάλες κρίσεις που έχουν ξεσπάσει σε παγκόσμιο επίπεδο φαίνεται να φέρνουν καθοριστικές αλλαγές στον τομέα της ενέργειας.

Η πρώτη κρίση φέρνει την ανθρωπότητα αντιμέτωπη με μεγάλα περιβαλλοντικά προβλήματα. Η ενδεχόμενη αύξηση στην θερμοκρασία του πλανήτη πάνω από 5 °C στις αμέσως επόμενες δεκαετίες είναι το σοβαρότερο από αυτά και δεν μπορεί να αντιμετωπιστεί διαφορετικά παρά μόνο με τον περιορισμό των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα που προκαλούν το πρόβλημα. Σήμερα το 95% της ατμοσφαιρικής ρύπανσης οφείλεται στη χρήση συμβατικών καυσίμων (άνθρακας, πετρέλαιο, φυσικό αέριο) από τα εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Προκειμένου να μειωθούν οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου οι κυβερνήσεις πλέον αναγκάζονται να προχωρήσουν σε συμφωνίες με στόχο την εφαρμογή μιας αυστηρότερης, συνολικής περιβαλλοντικής πολιτικής. Το Μάρτιο του 2007 το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο αποφάσισε να θέσει ως στόχο τη μείωση κατά 20% των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Ταυτόχρονα έθεσε ως δεσμευτικό στόχο η παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές (πράσινη ενέργεια), να ανέλθει έως το 2020 στο 20% του συνόλου της παραγωγής ενέργειας στην ΕΕ.

Ο δεσμευτικός αυτός στόχος έως τώρα υποχρέωνε τις επιχειρήσεις στον κλάδο ενέργειας, να πληρώνουν μέσω ενός συστήματος εμπορίας εκπομπών αερίων για την ρύπανση που προκαλούσαν. Έδινε όμως το δικαίωμα μέχρι ενός σημείου, για δωρεάν ρύπανση. Το πλαίσιο όμως από το 2013 θα γίνει ακόμη πιο αυστηρό καθώς ο τομέας της ηλεκτροπαραγωγής δεν θα παίρνει κανένα δικαίωμα δωρεάν και θα ισχύει ένα σύστημα δημοπράτησης δικαιωμάτων εκπομπών. Συνεπώς το δεσμευτικό αυτό πλαίσιο οδηγεί την βιομηχανία της ενέργειας σε

μονόδρομο ώστε να αντικαταστήσει τα ορυκτά καύσιμα που ρυπαίνουν την ατμόσφαιρα και κοστίζουν, με ανανεώσιμες πηγές που δεν επιβαρύνουν το περιβάλλον.

Μια δεύτερη κινητήρια δύναμη για την προώθηση των ανανεώσιμων πηγών μπορεί να αποδειχθεί όσο κι αν φαίνεται απίθανο, η οικονομική κρίση. Ακόμη κι αν την εποχή αυτή τα κεφάλαια και η πίστωση περιορίζονται, η ανάγκη για εργασία είναι μεγαλύτερη από ποτέ. Στην Ευρώπη το ποσοστό ανεργίας αναμένεται να φτάσει στα τέλη του 2013 στο 12,5 % ενώ στις ΗΠΑ στο 11 % (στην Ελλάδα μεσοσταθμικά στο 28% και πραγματικά στο 33,5%). Οι επενδύσεις στη πράσινη τεχνολογία θα μεταφράζονταν σε χιλιάδες νέες θέσεις εργασίας ανακουφίζοντας την οικονομία και δίνοντας μια διέξοδο στο πρόβλημα. Ήδη αρκετές χώρες προωθούν έντονα την πράσινη τεχνολογία ως λύση στα σοβαρά προβλήματα της απασχόλησης.

Η βιομηχανία ανανεώσιμων πηγών ενέργειας της Γερμανίας, που έχει τζίρο πάνω από 270 δις ευρώ και απασχολεί ήδη 300.000 ανθρώπους, αναμένεται να προσφέρει έως το 2020 περισσότερες θέσεις εργασίας από την γερμανική αυτοκινητοβιομηχανία, τη μεγαλύτερη βιομηχανία της χώρας έως σήμερα. Ενώ η Βρετανία σχεδιάζει να δαπανήσει έως το 2020, 90 δις ευρώ σε ανεμογεννήτριες, δημιουργώντας με αυτόν τον τρόπο 180.000 νέες θέσεις εργασίας. Όλα αυτά και χωρίς να μπορούμε να πούμε ότι έχουν πιο πολύ αέρα από την Ελλάδα, σίγουρα όμως δεν έχουν την ηλιοφάνεια που υπάρχει στη χώρα μας. Στην άλλη μεριά του Ατλαντικού ο Μπάρακ Ομπάμα υπόσχεται να επενδύσει έως το 2020 200 δις δολάρια σε μια καθαρή ενεργειακή οικονομική πολιτική, η οποία θα βοηθήσει τον ιδιωτικό τομέα να δημιουργήσει 5 εκατομμύρια νέες «πράσινες» θέσεις εργασίας.

Ο σύγχρονος κόσμος έχει κάθε δυνατότητα που του δίνουν οι νέες τεχνολογίες να εκμεταλλευτεί τις μεγαλύτερες προκλήσεις που τον ταλανίζουν, με τέτοιο τρόπο ώστε να έχει ουσιαστικό κέρδος εξασφαλίζοντας για τις επόμενες γενιές ένα καλύτερο μέλλον στην οικονομία και το περιβάλλον. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι τεχνολογίες που δεν πρέπει να μείνουν αναξιοποίητες σε τέτοιες περιόδους κρίσεων.

Η παρούσα εργασία έχει στόχο να παρουσιάσει τη μεθοδολογία εξοικονόμησης ενέργειας κατά την οδήγηση με άξονα την εξοικονόμηση καυσίμου και κατά συνέπεια τη μείωση των ρύπων κατά τη μεταφορά, στο πλαίσιο της οικονομικής κρίσης και της οικολογικής κινητικότητας.

Εξαιτίας της οικονομικής κρίσης, η οποία είναι ιδιαίτερα αισθητή σήμερα κρίνεται απαραίτητο να ψάξουμε να βρούμε τις κατάλληλες λύσεις έτσι ώστε να μπορέσουμε να μειώσουμε την κατανάλωση στο ελάχιστο.

Πολλοί οδηγοί αγνοούν κάποια πολύ απλά μέτρα με τα οποία έχουν τη δυνατότητα να μειώσουν δραστικά την κατανάλωση καυσίμου στην οδήγησή τους. Η βελτίωση της ενεργεια-

κής απόδοσης του οχήματος έχει ευεργετικά αποτελέσματα για το αυτοκίνητο, για το περιβάλλον, αλλά και για την τσέπη του οδηγού.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>

## 1.1 ΔΥΝΑΜΗ ΚΙΝΗΤΗΡΑ

Όλοι έχουμε ακούσει τουλάχιστον μία φορά τον όρο επιτάχυνση. Λέμε ότι ένα σώμα επιταχύνει όταν αυξάνεται η ταχύτητά του. Για παράδειγμα όταν ένα αυτοκίνητο έχει ταχύτητα  $U_1=30\text{m/s}$  και μετά από ένα χρονικό διάστημα αποκτά ταχύτητα  $U_2=35\text{m/s}$ , λέμε ότι επιτάχυνε. Με άλλα λόγια επιτάχυνση είναι ο ρυθμός μεταβολής της ταχύτητας. Αν βρούμε την μεταβολή της ταχύτητας ενός κινητού και το χρονικό διάστημα που απαιτήθηκε για να πραγματοποιηθεί αυτή η μεταβολή μπορούμε εύκολα να υπολογίσουμε την επιτάχυνση του με έναν τύπο φυσικής:  $a = \Delta u / \Delta t$

Όπου  $a$ : επιτάχυνση ( $\text{m/s}^2$ ),  $\Delta u$ : μεταβολή ταχύτητας του κινητού ( $\text{m/s}$ ),  $\Delta t$ : χρονικό διάστημα που απαιτήθηκε ( $\text{sec}$ ).

Πότε όμως ένα σώμα αποκτά επιτάχυνση; Αυτό το ερώτημα έχει απαντηθεί ήδη απ' το Γυμνάσιο με την βοήθεια του 2<sup>ου</sup> Νόμου του Νεύτωνα. Ένα σώμα για να αποκτήσει επιτάχυνση ( $a$ ) χρειάζεται να ασκηθεί πάνω του μια δύναμη ( $f$ ). Η δύναμη και η επιτάχυνση είναι μεγέθη ανάλογα, πράγμα που διαπιστώνουμε τόσο από την καθημερινή μας εμπειρία (όσο δυνατότερα σπρώξουμε ένα αντικείμενο, τόσο μεγαλύτερη ταχύτητα θα αποκτήσει, τόσο πιο γρήγορα θα κινηθεί.) όσο και από την μαθηματική διατύπωση του 2<sup>ου</sup> Νόμου:  $f=m \cdot a$ .

Η επιτάχυνση που αποκτά το σώμα και η δύναμη που ενεργεί σε αυτό έχουν σχέση αποτελέσματος-αιτίου. Η κατεύθυνση της επιτάχυνσης είναι ίδια με την κατεύθυνση της δύναμης. Για το λόγο αυτό στους υπολογισμούς η σχέση γράφεται:  $f = m \times a$ .

Η δύναμη που θέτει σε κίνηση και επιταχύνει ένα αυτοκίνητο είναι η δύναμη του κινητήρα, του οποίου τη δομή και τη λειτουργία θα δούμε παρακάτω. Τη δύναμη που απαιτείται για να επιταχύνουμε το όχημά μας, μας την δίνει ο κινητήρας, επομένως είναι εμφανής η άμεση σχέση επιτάχυνσης-κινητήρα.

## ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΩΝ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΗΣ

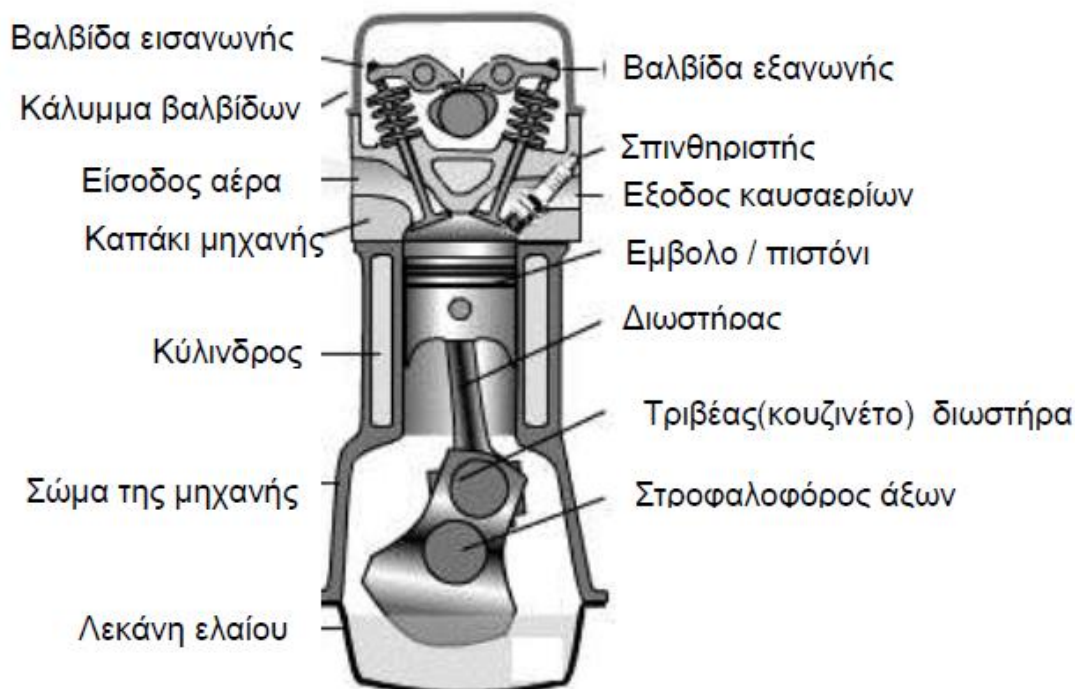
Στο σχήμα απεικονίζεται σε τομή ένας κινητήρας εσωτερικής καύσης και αναφέρονται τα κυριότερα εξαρτήματα του.

Οι κινητήρες εσωτερικής καύσης που χρησιμοποιούνται στα δομικά μηχανήματα διακρίνονται σε:

α) Βενζινοκινητήρες ή Πετρελαιοκινητήρες, ανάλογα με τη χρησιμοποιούμενη καύσιμη ύλη.

Οι κινητήρες αερίου δεν είναι συνήθεις στα δομικά μηχανήματα..

β) Τετράχρονους κινητήρες ή Δίχρονους κινητήρες (χρησιμοποιούνται συνήθως σε μικρά μηχανήματα), ανάλογα με τον αριθμό των διαδρομών του εμβόλου στον κύλινδρο του κινητήρα για την ολοκλήρωση ενός κύκλου παραγωγής κινητικής ενέργειας.



## 1.2 ΤΡΙΒΗ (ΓΕΝΙΚΑ)

Μία δύναμη που αντιτίθεται στην κίνηση είναι γνωστή ως τριβή. Το θέμα της εργασίας μας συνδέεται άμεσα με τις απώλειες ενέργειας κατά την κίνηση, οι οποίες στο μεγαλύτερο βαθμό οφείλονται στην τριβή. Κατά την διάρκεια ολίσθησης δύο μη λείων επιφανειών συναντάμε απελευθέρωση ενέργειας υπό την μορφή θερμότητας, λόγω της τριβής ολίσθησης.

Η τριβή εμφανίζεται επίσης όταν ένα σώμα κινείται μέσα σε ρευστό (στον αέρα ή σε υγρό). Στην περίπτωση αυτή μιλάμε για αντίσταση αντί για τριβή.

Επίσης, άσκηση δύναμης τριβής παρατηρείται και όταν ένα σώμα παραμένει ακίνητο και ασκείται πάνω του δύναμη με σκοπό να το θέσει σε κίνηση. Αυτό λέγεται στατική τριβή. Έστω ότι τοποθετούμε ένα δυναμόμετρο πάνω στο σώμα. Αν η τιμή της δύναμης  $f$  που ασκείται στο σώμα αυξάνεται συνεχώς θα παρατηρήσουμε κάποια στιγμή, μέσω του δυναμόμετρου, ότι το σώμα θα αρχίσει να γλιστράει (ολισθαίνει) πάνω στο επίπεδο. Η δύναμη της στατικής τριβής έχει πάρει την μέγιστη τιμή και λέγεται οριακή τριβή.

Από τα παραπάνω έγινε σαφές ότι η στατική τριβή δεν έχει σταθερή τιμή, αλλά η τιμή της αυξάνεται από μηδέν μέχρι κάποια μέγιστη τιμή, την οριακή τριβή. Πειραματικά βρίσκουμε ότι και η τιμή της τριβής που ασκείται σ' ένα σώμα όταν ολισθαίνει (τριβή ολίσθησης) είναι μικρότερη της αρχικής.

Η δύναμη της τριβής φαίνεται να εξαρτάται τόσο απ' το βάρος του σώματος που κινείται πάνω σε μια επιφάνεια, όσο και απ' την φύση της επιφάνειας.

Στην φυσική για τον υπολογισμό της τριβής χρησιμοποιούμε την σχέση :

$T = \mu \times F_k$  όπου:  $T$ : Τριβή,  $\mu$ : ένας ειδικός αριθμός που εξαρτάται απ' την επιφάνεια ολίσθησης και λέγεται συντελεστής τριβής.  $F_k$ : Η κάθετη αντίδραση του δαπέδου ( $B = F_k$ ).

### 1.3 ΤΡΙΒΗ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΚΥΛΙΣΗ

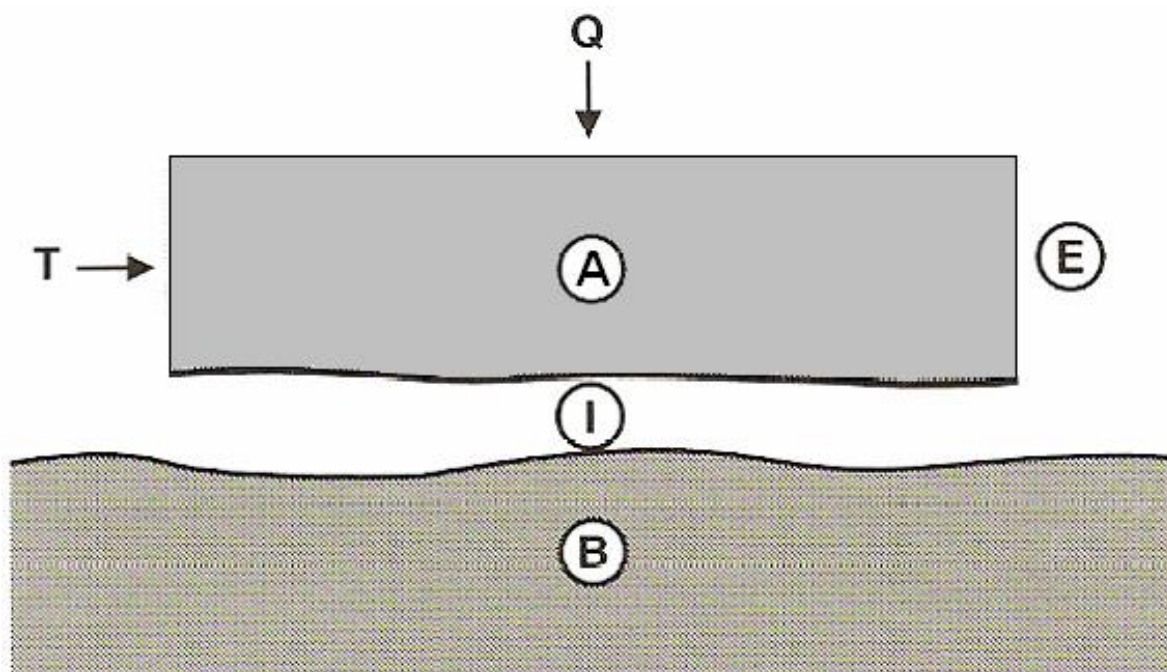
Κατά την κίνηση ενός αυτοκινήτου παρατηρείται κύλιση των τροχών του. Το φαινόμενο κύλισης (χωρίς ολίσθηση) μπορεί να περιγραφεί:

1. Ως επαλληλία α: μιας μεταφορικής, β: μιας στροφικής κίνησης περί συγκεκριμένου άξονα.
2. Ως στροφική κίνηση περί στιγμιαίου άξονα (διαφορετικό από τον προηγούμενο).

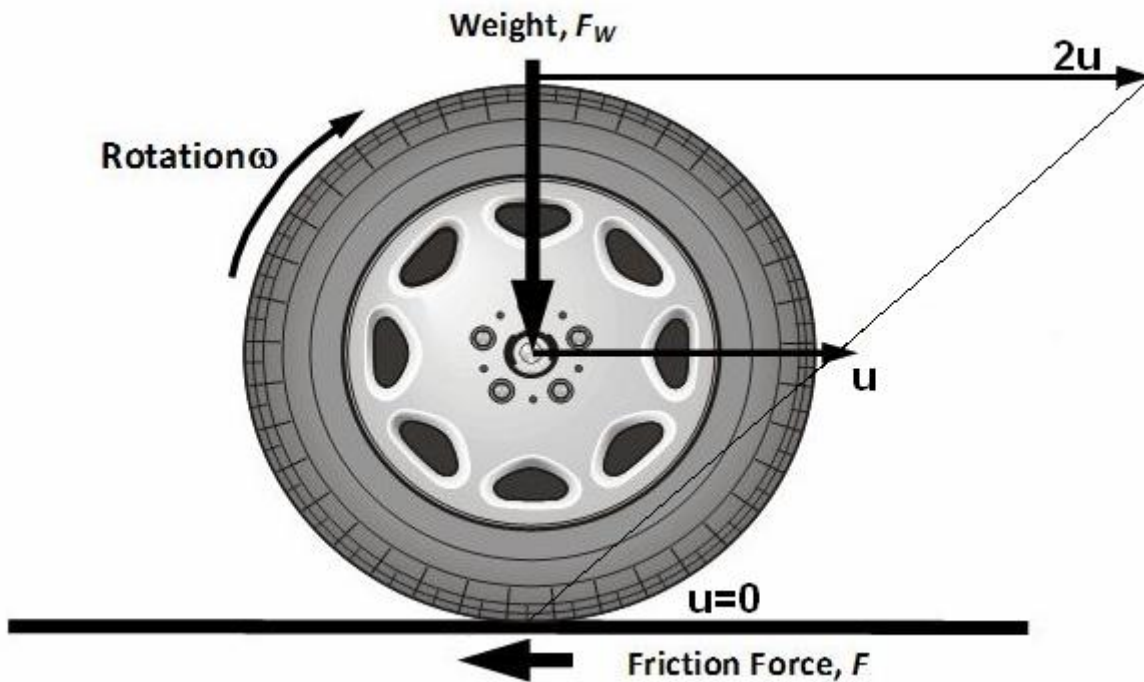
Η τριβή που συναντάται κατά την κύλιση είναι η τριβή κύλισης.

Έστω ένα τριβόσύστημα που αποτελείται απ' τα εν επαφή σώματα A και B

1. Το περιβάλλον E
2. Το ενδιάμεσο στα A και B
3. «Τρίτο σώμα» (π.χ. ψήγματα φθορίου , λιπαντικά)



Στην τριβή κύλισης το ένα από τα δύο στοιχεία του τριβικού συστήματος περιστρέφεται γύρω από ένα στιγμιαίο κέντρο περιστροφής που βρίσκεται επί της επιφάνειας επαφής των δύο σωμάτων και η οποία συνεχώς μεταβάλλεται.



Η τριβή κύλισης είναι στην πραγματικότητα η ροπή της τριβής κύλισης.

Με τον όρο ροπή (torque στα αγγλικά) χαρακτηρίζεται το μέτρο της επίδρασης που ασκεί μία δύναμη κατά την διάρκεια της περιστροφής ενός σώματος.

Για παράδειγμα όταν σπρώχνεται μία τεράστια καγκελόπορτα ασκείται σ' αυτή μια δύναμη , σε κάποια απόσταση απ' τους μεντεσέδες της (αύξουσας περιστροφής)

Έτσι η ασκούμενη δύναμη περιστρέφει την καγκελόπορτα και την κλείνει ή την ανοίγει. Η επίδραση είναι περισσότερο έντονη όσο πιο μακριά από τον άξονα περιστροφής βρίσκεται το σημείο εφαρμογής της δύναμης.

Παρακάτω παρατίθενται μερικά από τα βασικά χαρακτηριστικά της ροπής:

- Αποτελεί το μέτρο της επίδρασης της στην περιστροφή του σώματος.
- Είναι ανάλογη του γινομένου της ασκούμενης δύναμης και της απόστασης του σημείου εφαρμογής από τον άξονα περιστροφής.
- Χαρακτηρίζεται ανάλογα με το είδος της δύναμης που ασκείται ή εκ του αντικειμένου στο οποίο ασκείται αυτή όπως: ηλεκτρική , μαγνητική , αδράνειας , μαγνητική ροπή ατόμου , ηλεκτρικού κυκλώματος κτλ.

Η ροπή ορίζεται από την σχέση  $\tau = r \times f$  όπου  $r$  η απόσταση του σημείου εφαρμογής της δύναμης από τον άξονα περιστροφής και  $f$  η ασκούμενη δύναμη(κατά την κίνηση ενός αυτοκινήτου η δύναμη που μας αφορά είναι η γνωστή τριβή ολίσθησης). Η φυσική σημασία της παραπάνω σχέσης είναι ότι ως διεύθυνση της ροπής θεωρούμε εκείνη που είναι κάθετη στο επίπεδο που ορίζουν τα διανύσματα  $r$  και  $f$ (όπως ορίζει ο κανόνας του δεξιού χεριού)

Ανάλογα με τον τρόπο που ορίζεται η δύναμη από τον 2<sup>ο</sup> Νόμο του Νεύτωνα , ορίζεται και η ροπή :  $\tau = I \times \alpha$  .

Όπως «I» ροπή αδράνειας του περιστρεφόμενου σώματος και “ α ” το διάνυσμα της γωνιακής επιτάχυνσης

## 1.4 ΛΙΠΑΝΤΙΚΑ

Η κατανάλωση και η μακροζωία του κινητήρα ενός αυτοκινήτου έχουν άμεση σχέση με τη σημασία που αποδίδουμε στη σωστή λίπανση του οποιαδήποτε κατασκευή χρησιμοποιεί κινητά μέρη, έχει ανάγκη από λίπανση.

Άσχετα με τις μορφές ενέργειας που θα τροφοδοτούν τον πλανήτη μας στους επόμενους αιώνες, τα λιπαντικά δεν πρόκειται να εκλείψουν, αντίθετα μάλιστα θα αυξηθούν οι απαιτήσεις ως προς τις δυνατότητές τους. Η σημερινή κατανάλωση λιπαντικών κυμαίνεται στο 1% περίπου της συνολικής κατανάλωσης καυσίμων. Οι μεγάλες αυτές ποσότητες που καταναλώνονται, οφείλονται στην ανάγκη για περιοδική αντικατάσταση των χρησιμοποιούμενων λιπαντικών που απώλεσαν τις αρχικές λιπαντικές τους ιδιότητες ή μέρος από την αρχική τους μάζα.

Τα λιπαντικά χωρίζονται σε δύο κατηγορίες ως προς την προέλευσή τους: τα φυσικά (ορυκτά, φυτικά κ.ά.) και τα συνθετικά. Ορυκτά είναι τα λάδια που παράγονται από την επεξεργασία του πετρελαίου ενώ τα συνθετικά είναι χημικές ενώσεις (όπως εστέρες, πολυμερή) που δεν έχουν σαν βάση το πετρέλαιο αλλά παρασκευάζονται συνθετικά.

Η χρήση των λιπαντικών είναι αναγκαία για τη λειτουργία των μηχανών, αφού βασικός προορισμός τους είναι η μείωση της τριβής (άρα και της απώλειας έργου) και προστασία από τη φθορά των κινητών μερών. Σε ένα αυτοκίνητο, υπολογίζεται, ότι το 6% από την ενέργεια που αποδίδει το καύσιμο, καταναλώνεται σαν ενέργεια τριβών. Οι βασικές ιδιότητες που πρέπει να έχει ένα λιπαντικό, είναι οι εξής:

1. **Η Λιπαντική Ικανότητα:** Σ' αυτήν την ιδιότητα οφείλεται η μείωση των τριβών καθώς και των φθορών σε μία μηχανή. Με το σχηματισμό ενός φιλμ από λιπαντικό ανάμεσα στις κινούμενες μεταλλικές επιφάνειες, επιτυγχάνεται η μετατροπή της τριβής από «ξηρά» σε «υγρή». Οι λεπτυνόμενες μεταλλικές επιφάνειες, ασκούν πίεση τείνοντας να απομακρύνουν το φιλμ του λιπαντικού, το οποίο για να αντισταθεί πρέπει να είναι σε θέση να «φέρει» φορτίο.
2. **Η Ψυκτική Ικανότητα:** Η θερμότητα που αναπτύσσεται από το έργο της μηχανής που καταναλώνεται σε ενέργεια τριβών πρέπει να απαχθεί από τα σημεία τριβής για να αποτραπεί η δημιουργία υψηλών θερμοκρασιών. Το ρόλο του ψυκτικού μέσου παίζει το λιπαντικό. Η ικανότητα του λιπαντικού να ψύχει τις τριβόμενες επιφάνειες, έχει άμεση σχέση με την ειδική του θερμότητα και τη θερμική του αγωγιμότητα.
3. **Μη Διακριτικότητα:** Το λιπαντικό δεν πρέπει να περιέχει, ούτε να δημιουργεί ουσίες που είναι δυνατό να προσβάλλουν (διαβρώσουν) τις τριβόμενες επιφάνειες, καθώς και

το υπόλοιπο σύστημα λίπανσης (αγωγούς και δεξαμενή αποθήκευσης). Πολλές φορές το λιπαντικό καλείται να προστατεύσει τις λιπαινόμενες επιφάνειες, από διάβρωση οφειλόμενη σε εξωτερικούς παράγοντες, όπως υγρασία, οξυγόνο κ.λπ.

- 4. Η Σταθερότητα:** Το λιπαντικό δεν πρέπει κάτω από τις δυσμενείς συνθήκες λειτουργίας, να υφίσταται αλλοιώσεις τέτοιες, που να απαγορεύουν την παραπέρα χρήση του. Ένα μέγεθος που χαρακτηρίζει τα λιπαντικά, είναι το ιξώδες. Χονδρικά θα μπορούσαμε να πούμε, ότι το ιξώδες φανερώνει πόσο παχύ ρευστό είναι ένα λιπαντικό. Για μια συγκεκριμένη θερμοκρασία, όσο χαμηλότερο είναι το ιξώδες, τόσο πιο λεπτόρρευστο θα είναι το λιπαντικό. Το ιξώδες ενός λιπαντικού μεταβάλλεται αντιστρόφως ανάλογα σε σχέση με τη θερμοκρασία, πράγμα που σημαίνει, ότι στις υψηλές θερμοκρασίες το λάδι γίνεται πιο λεπτόρρευστο. Οι μεταβολές αυτές είναι ανεπιθύμητες. Στην πραγματικότητα οι απαιτήσεις μας είναι διαμετρικά αντίθετες, αφού για την καλή λίπανση και την εύκολη εκκίνηση ενός κρύου κινητήρα χρειάζεται χαμηλό ιξώδες.

Για να μπορεί ο καταναλωτής να ξεχωρίζει τα χαρακτηριστικά κάθε λιπαντικού, υπάρχει τυποποίηση ως προς τη μέτρηση και την έκφραση του ιξώδους ενός λιπαντικού. Οι αριθμοί κατά S.A.E. (Ένωση Μηχανικών Αυτοκινήτου) που αναγράφονται στα δοχεία συσκευασίας αφορούν μετρήσεις του ιξώδους για ένα εύρος θερμοκρασιών. Η μέτρηση του ιξώδους γίνεται στους  $-18^{\circ}\text{C}$  και στους  $100^{\circ}\text{C}$  δίνοντας αντίστοιχα δύο αριθμούς που εκφράζουν τη συμπεριφορά του λιπαντικού στις χαμηλές θερμοκρασίες (με την ένδειξη W) και τις υψηλές θερμοκρασίες. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ο αριθμός S.A.E. που αναγράφεται στη συσκευασία δεν εκφράζει κάποια συγκεκριμένη τιμή ιξώδους, αλλά αντιπροσωπεύει μια περιοχή τιμών μέσα στην οποία διαπιστώθηκε, ότι ανήκει το εν λόγω λιπαντικό. Αν οι τιμές που προκύπτουν κατά τις μετρήσεις του ιξώδους και για τις δύο θερμοκρασίες, βρίσκονται στα όρια που καθορίζει η S.A.E. , τότε μιλάμε για πολύτυπο λιπαντικό ή πολλαπλής ρευστότητας (Multigrade). Αν το λιπαντικό ικανοποιεί τις απαιτήσεις της S.A.E. σε μία μόνο από τις θερμοκρασίες μέτρησης, τότε καλείται μονότυπο και χαρακτηρίζεται από ένα μόνο αριθμό π.χ. S.A.E. 20W ή S.A.E. 30. Όπως ήδη αναφέραμε, τα πολύτυπα φέρουν δύο αριθμούς S.A.E. π.χ. 20W-50. Αν σε ένα άλλο λάδι ο αντίστοιχος αριθμός S.A.E. είναι χαμηλότερος, τότε το λάδι αυτό θα έχει μικρότερο ιξώδες. Έτσι ένα λάδι 10W-50 θα είναι πιο λεπτόρρευστο, στις χαμηλότερες μόνο θερμοκρασίες, ενώ ένα λάδι 20W-40 θα είναι πιο λεπτόρρευστο στις υψηλές θερμοκρασίες. Όμως πέρα από το ιξώδες, θα πρέπει ο υποψήφιος αγοραστής να γνωρίζει κατά πόσο διατηρούνται οι αρχικές λιπαντικές ιδιότητες μετά από 10-15 χιλιάδες χιλιόμετρα, όταν ήδη το λιπαντικό έχει υποστεί σημαντική καταπόνηση. Την εκπόνηση δοκιμών αντοχής αναλαμβάνουν οι API (American Petroleum Institute) και CCMC (Comite des Constructeurs d'Automobiles du Marche Commun). Στα πολυδάπανα και χρονοβόρα αυτά τεστ εξετάζεται η φθορά των

διαφόρων μηχανικών τμημάτων μιας μηχανής μετά από κάποιες ώρες λειτουργίας και ανάλογα γίνεται και η αξιολόγηση των λιπαντικών. Έτσι για το API, η κατάταξη των λιπαντικών γίνεται με τα γράμματα SA, SB, έως SF ανάλογα με τις επιδόσεις τους στα τεστ, όπου το SF αντιστοιχεί στις δυσμενέστερες δοκιμές. Αντίστοιχα με την ένδειξη SF, είναι για τους πετρελαιοκινητήρες και η ένδειξη CD. Πάντως οι εταιρίες που σέβονται το όνομά τους κάνουν εξαντλητικές δοκιμές πριν από την κυκλοφορία ενός νέου προϊόντος ή ακόμα και στην περίπτωση της αλλαγής προμηθευτή της πρώτης ύλης, του πετρελαίου. Οι δοκιμές αυτές περιλαμβάνουν πέρα από τα εργαστηριακά πειράματα, την κίνηση ενός στόλου αυτοκινήτων στις πιο αντίξοες κυκλοφοριακές και περιβαλλοντολογικές συνθήκες για πολλές χιλιάδες χιλιομέτρων. Για τη βελτίωση των ιδιοτήτων και της ποιότητας των λιπαντικών, εμπλουτίζονται με ορισμένες ουσίες, γνωστές σαν πρόσθετα. Τα κυριότερα είδη προσθέτων, είναι τα εξής:

1. **Βελτιωτής Δείκτη Ιξώδους.** Αποτελείται από μείγμα πολυμερών, που μειώνουν το βαθμό μεταβολής του ιξώδους, σε σχέση με τη θερμοκρασία. Το πρόσθετο αυτό είναι ανενεργό στις χαμηλές θερμοκρασίες, αλλά αυξάνει το ιξώδες του λιπαντικού στις υψηλότερες θερμοκρασίες, αντισταθμίζοντας έτσι τη φυσική τάση του λαδιού να γίνει πιο λεπτόρρευστο.
2. **Απορρυπαντικά πρόσθετα.** Χρησιμοποιούνται για να διατηρούν καθαρό τον κινητήρα, αποτρέποντας το σχηματισμό αποθέσεων.
3. **Διασκορπιστές.** Όπως και τα απορρυπαντικά πρόσθετα έχουν σα σκοπό να διατηρούν τον κινητήρα καθαρό, πράγμα που επιτυγχάνουν κρατώντας τις διάφορες ακαθαρσίες σε συνεχή αιώρηση.
4. **Πρόσθετα κατά της φθοράς.** Τα λιπαντικά μεγάλου ιξώδους προστατεύουν τους ολισθητήρες των εκκεντροφόρων από φθορά, αλλά αυτά τα πρόσθετα δημιουργούν επιπλέον ένα μικροσκοπικό χημικό στρώμα σε κάθε μία από τις τριβόμενες επιφάνειες αποτρέποντας την επαφή μετάλλου με μέταλλο.
5. **Αντιοξειδωτικά πρόσθετα.** Αποτρέπουν την οξείδωση του λιπαντικού.
6. **Αντιδιαβρωτικά πρόσθετα.** Μειώνουν τη δράση του νερού και των οξέων που σχηματίζονται μέσα στο λιπαντικό
7. **Αντιαφρώδη πρόσθετα.** Οι ταχύτητες με τις οποίες κινείται το λιπαντικό μέσα στον κινητήρα, αυξάνουν τις πιθανότητες να απορροφηθεί από το λάδι αέρας και να δημιουργηθεί αφρός, μειώνοντας έτσι δραστικά τις λιπαντικές του ιδιότητες.
8. **Πρόσθετα** που αυξάνουν την **αντοχή** του φιλμ του λιπαντικού κάτω από μεγάλες θερμοκρασίες και πιέσεις.

Είναι προφανής ο ρόλος που παίζει το λιπαντικό στη μακροζωία του κινητήρα και στην οικονομία καυσίμων. Η επιλογή του κατάλληλου λιπαντικού πρέπει να γίνεται πάντα σύμφωνα με το βιβλίο του κατασκευαστή του αυτοκινήτου, ενώ συνίσταται η αποφυγή προϊόντων, άγνωστων κατασκευαστών, αμφίβολης ποιότητας και πολλές φορές ύποπτης προέλευσης. Η οικονομία στην επιλογή του λιπαντικού, μπορεί να οδηγήσει σε οδυνηρές εμπειρίες. Τα τελευταία χρόνια οι κατασκευαστές σχεδιάζουν τους κινητήρες έτσι που να μπορούν να λειτουργούν με πιο λεπτόρρευστα λάδια, (10W-30 ή 15W-40) τα οποία αφού παρουσιάζουν μικρότερη συνεκτικότητα, μειώνουν και τις απώλειες λόγω τριβών, άρα εξασφαλίζουν οικονομικότερη λειτουργία (περίπου 3%). Πολλοί θεωρούν ότι η χρήση ενός πιο πυκνόρρευστου λαδιού (π.χ. 20W-50) θα έδινε μεγαλύτερη προστασία στον κινητήρα. Αυτό είναι τελείως λαθεμένο. Καταρχάς εξανεμίζεται η οικονομία καυσίμων που εξασφαλίζει το πιο λεπτόρρευστο λάδι και από την άλλη στις χαμηλές θερμοκρασίες γίνεται προβληματική η εκκίνηση και η έγκαιρη λίπανση των μηχανικών μερών.

Αντίθετα η χρήση λεπτόρρευστων λαδιών σε κινητήρες που ο κατασκευαστής τους συνιστά τη χρήση ενός 20W-50, θα οδηγήσει σε ταχύτερη φθορά του κινητήρα και πιθανώς σε αστοχία των εδράνων. Πέρα όμως από τη σωστή επιλογή, πρέπει να γίνεται τακτικός έλεγχος και αλλαγή των λαδιών. Η κίνηση μάλιστα σε μικρές διαδρομές, ιδίως μέσα στην πόλη, κάνουν αναγκαία τη συντόμευση του χρόνου αλλαγής. Προσοχή λοιπόν στη σωστή λίπανση, για την αποφυγή δυσάρεστων εκπλήξεων.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>

### 2.1 ΧΡΗΣΙΜΕΣ ΣΥΜΒΟΥΛΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΜΕΙΩΣΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ

Εάν δεν είστε έτοιμοι να αγοράσετε ένα πιο οικονομικό, στην κατανάλωση βενζίνης αυτοκίνητο, μπορείτε ακόμα να κερδίσετε χρήματα με διάφορους τρόπους όποιο όχημα κι αν οδηγάτε και συγχρόνως να νιώσετε «πράσινοι».

1. **Αναβιώστε τα κλασικά μέσα μεταφοράς:** Η μεγαλύτερη αποταμίευση καυσίμων, προέρχεται όχι από την υβριδική τεχνολογία αλλά από την χρήση μέσων μαζικής μεταφοράς.
2. **Πετάξτε τα περιττά βάρη:** Το βάρος είναι ο φυσικός εχθρός στην οικονομία καυσίμου, έτσι η απομάκρυνση των περιττών στοιχείων από το αυτοκίνητό σας μπορεί να μεταφραστεί σε πραγματική εξοικονόμηση.
3. **«Ελαφρύνετε» το πόδι σας:** Ένας καλός τρόπος για να μειώσουμε την κατανάλωση καυσίμου είναι να οδηγούμε με ηρεμία στο γκάζι, καθώς η απότομες επιταχύνσεις και τα κατεβάσματα ταχύτητας σε υψηλές στροφές, εκτινάσσουν την κατανάλωση.
4. **Και λίγο πρόληψη δεν βλάπτει:** Ένας ακόμα σημαντικός παράγοντας είναι η συντήρηση του αυτοκινήτου αφού η διατήρηση της σωστής πίεσης στα ελαστικά και η καλή του κινητήρα, είναι κρίσιμα για αποδοτική οδήγηση.
5. **Κρατήστε τη «φόρμα» του Ι.Χ σας:** Τα πρόσθετα εξαρτήματα καταστρέφουν την αεροδυναμική – ακόμα και όταν είναι άδεια – και αυξάνουν την κατανάλωση.
6. **Μειώστε την ταχύτητα σας:** Με την αύξηση της ταχύτητας του αυτοκινήτου, αυξάνεται και η κατανάλωση καύσιμου του.
7. **Αλλάξτε τις οδηγικές σας συνήθειες:** Μπορείτε να εξοικονομήσετε καύσιμα επιταχύνοντας προοδευτικά και αλλάζοντας ταχύτητες όσο το δυνατό πιο ομαλά.
8. **Χρησιμοποιήστε την μακρύτερη δυνατή ταχύτητα στο κιβώτιο:** Στην οδήγηση με ορισμένη ταχύτητα η μακρύτερη δυνατή σχέση συμβάλλει στην βελτίωση της οικονομίας καυσίμου.

9. **Επιλεκτικός αυτόματος πιλότος:** Η χρήση του αυτομάτου πιλότου μπορεί να βελτιώσει την κατανάλωση καύσιμου σας διατηρώντας σταθερή ταχύτητα σε επίπεδους δρόμους ή κατηφόρες.
10. **Χρησιμοποιήστε επιλεκτικά τον κλιματισμό:** Ο κλιματισμός επιβαρύνει τον κινητήρα του αυτοκινήτου, ο οποίος καταναλώνει καύσιμα. Αν δεν χρησιμοποιείτε τον κλιματισμό μπορείτε να εξοικονομήσετε καύσιμα μέχρι 3%.
11. **Μην αφήνετε το αυτοκίνητο πολύ ώρα στο ρελαντί:** Όταν ο κινητήρας λειτουργεί στο ρελαντί, καταναλώνει καύσιμα ενώ δεν κινείται, που σημαίνει μηδενικά χιλιόμετρα ανά λίτρο κατανάλωσης. Σβήνετε τον κινητήρα όσο περιμένετε και κάνετε επανεκκίνηση μόλις είστε έτοιμοι να κινηθείτε για να μειώσετε την κατανάλωση καυσίμου.
12. **Βελτιώστε την αεροδυναμική χρησιμοποιώντας τη σχάρα οροφής όταν πρέπει:** Οι σχάρες ή μπαγαζιέρες οροφής επηρεάζουν αρνητικά την αεροδυναμική του οχήματός σας. Αυξάνουν κατά συνέπεια την κατανάλωση καυσίμου μέχρι 5%.
13. **Φροντίστε τα παράθυρα να είναι κλειστά:** Με το άνοιγμα των παραθύρων και της ηλιοροφής δημιουργείται αεροδυναμική αντίσταση, η οποία επιβραδύνει το όχημα σας. Για να διατηρήσετε την ταχύτητα που θέλετε πρέπει να δαπανήσετε περισσότερη ενέργεια και έτσι απαιτείται περισσότερο καύσιμο. Αυξήστε την οικονομία καυσίμου σας απλά κλείνοντας τα παράθυρα και την ηλιοροφή σας.
14. **Φροντίστε να είναι καλά φουσκωμένα τα ελαστικά σας:** Τα ελαστικά με πεσμένες πιέσεις παρουσιάζουν μεγαλύτερη αντίσταση κύλισης, που απαιτεί περισσότερη ενέργεια για να υπέρ νικηθεί, που με την σειρά της σημαίνει υψηλότερη κατανάλωση καυσίμου. Έχοντας τα ελαστικά σας σωστά φουσκωμένα, μπορείτε να εξοικονομήσετε μέχρι 5% καύσιμα.
15. **Βαλτέ τα κατάλληλα ελαστικά στο αυτοκίνητο σας:** Τα ελαστικά επηρεάζουν σημαντικά την αντίσταση κύλισης του αυτοκινήτου σας. Επιλέγοντας τα κατάλληλα ελαστικά, με προηγμένη τεχνολογία, μπορείτε να μειώσετε σημαντικά την αντίσταση κύλισης. Θα σπαταλάτε λιγότερη ενέργεια από τον κινητήρα σας με αποτέλεσμα να καταναλώνετε λιγότερα καύσιμα.

## 2.2 ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΟΔΗΓΗΣΗ

Το 92% των προμηθειών του κλάδου των μεταφορών αφορά προμήθεια καυσίμων. Περισσότερο από το 60% της παγκόσμιας κατανάλωσης καυσίμων αφορά τις μεταφορές. Η οικονομία καυσίμου είναι η συνάρτηση της αλληλεπίδρασης μεταξύ του οχήματος, του δρόμου και του οδηγού.

1. Βασικό αξίωμα της επιστήμης της φυσικής είναι ότι η ελαχιστοποίηση των μεταβολών της κινητικής ενέργειας μειώνει την κατανάλωση αυτής. Όσο πιο ομαλά μεταβάλλουμε τη ταχύτητα τόσο μεγαλύτερη οικονομία καυσίμου κάνουμε.
2. Σημαντικός παράγοντας είναι η συντήρηση. Ένα πλημμελώς συντηρημένο αυτοκίνητο, εκτός από επικίνδυνο είναι και ενεργοβόρο. Ο κινητήρας πρέπει να είναι σωστά ρυθμισμένος, τα καυσαέρια του στα προβλεπόμενα όρια και τα ελαστικά του σωστά φουσκωμένα.
3. Ο κλιματισμός είναι άλλος ένας παράγοντας που αυξάνει την κατανάλωση καυσίμου. Επίσης προτού τον ενεργοποιήσουμε ανοίγουμε εντελώς τα παράθυρα για λίγο ώστε να πέσει η θερμοκρασία στο εσωτερικό.
4. Αποφεύγουμε να μεταφέρουμε περιττά βάρη καθώς επίσης σχάρες, μπαγκαζιέρες ή οτιδήποτε άλλο επηρεάζει την αεροδυναμική. Όλα τα παραπάνω συμβάλλουν θετικά στην προσπάθεια εξοικονόμησης ενέργειας.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>

## 3.1 ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΣΤΟ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟ

Είναι ένας κλάδος της δυναμικής που ασχολείται με τη μελέτη της κίνησης του αέρα, ιδιαίτερα όταν αλληλεπιδρά με ένα στερεό αντικείμενο. Η αεροδυναμική είναι ένα υποπεδίο της ρευστοδυναμικής (είναι ένας κλάδος της μηχανικής των ρευστών που ασχολείται με τη ροή του υγρού). Η αεροδυναμική ενός μονοθέσιου είναι ο πιο σημαντικός παράγοντας για την αύξηση της ταχύτητας του. Επειδή οι κανονισμοί απαγορεύουν τροποποιήσεις στον κινητήρα (turbo και διάφορες βελτιώσεις) και επίσης επειδή οι στροφές του κινητήρα έχουν περιοριστεί, για αυτό και ο πιο σημαντικός παράγοντας που μπορεί να επηρεάσει το αποτέλεσμα της ταχύτητας ενός μονοθέσιου είναι η αεροδυναμική.

Θα εξηγήσουμε παρακάτω, πώς επηρεάζει η αεροδυναμική την πορεία ενός επιβατικού οχήματος και ενός μονοθέσιου.

Σε ένα όχημα το οποίο κινείτε εξετάσουμε τη ροή του αέρα γύρω από το όχημα. Αυτή η ροή χωρίζεται σε δύο ροές. Αυτές είναι:



## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Επειδή όπως βλέπουμε έχουμε δημιουργία διαφορετικών δυνάμεων πίεσης στο εμπρός τμήμα του οχήματος και διαφορετικές στο πίσω τμήμα, το αποτέλεσμα είναι η δημιουργία μιας δύναμης η οποία έχει κατεύθυνση ίδια με τη ροή του αέρα, δηλαδή αντίθετα με τη πορεία του οχήματος. Η δύναμη αυτή ονομάζεται αεροδυναμική αντίσταση  $W$ .

$$W = C_x \cdot A \cdot (\rho/2) \cdot U^2$$

$C_x$ : Αδιάστατος συντελεστής αντίστασης

$A$ : Μετωπική επιφάνεια οχήματος

$U$ : Ταχύτητα οχήματος

$\rho$ : Πυκνότητα Αέρα

Σκοπός της αεροδυναμικής είναι η μείωση του συντελεστή  $C_x$ . Αυτό γίνεται με βελτιστοποίηση της αεροδυναμικής μορφής του οχήματος. Για να μειωθεί ο  $C_x$  πρέπει το όχημα να έχει «κόψιμο» στο πίσω μέρος του (σπορ οχήματα).

## ΑΡΙΘΜΟΣ MACH – ΑΓΩΝΙΣΤΙΚΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ

$$Mach = V_a/a$$

$V_a$  = Ταχύτητα οχήματος

$a$  = Ταχύτητα ήχου

Οι πιέσεις στην επάνω επιφάνεια του αυτοκινήτου, είναι πολύ χαμηλότερες από ότι στην κάτω επιφάνεια. Έτσι δημιουργείτε μια δύναμη κάθετη στη διεύθυνση του αυτοκινήτου. Αυτή η δύναμη ονομάζεται άνωση  $A$ . Εκτός από τη μείωση του αεροδυναμικού συντελεστή  $C_x$ , σκοπός της αεροδυναμικής είναι και η μείωση της άνωσης.

### 3.2 ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΣΤΑ ΑΜΑΞΩΜΑΤΑ

Δεν ήταν πάντα έτσι πριν μια δεκαπενταετία, τα αυτοκίνητα που παράγονταν για μαζική κατανάλωση, στον τομέα της αεροδυναμικής δεν είχαν να επιδείξουν και πολλά πράγματα. Τους στυλίστες, τότε, ενδιέφερε περισσότερο η εξωτερική εμφάνιση του οχήματος, η αισθητική και πολύ λιγότερο η πρακτική πλευρά. Η ενεργειακή κρίση άλλωστε απείχε λίγα χρόνια μέχρι να απειλήσει την ίδια την ύπαρξη του αυτοκινήτου. Κανείς, λοιπόν, λόγος για οικονομία μέσα από ένα καλύτερο αεροδυναμικά αμάξωμα.

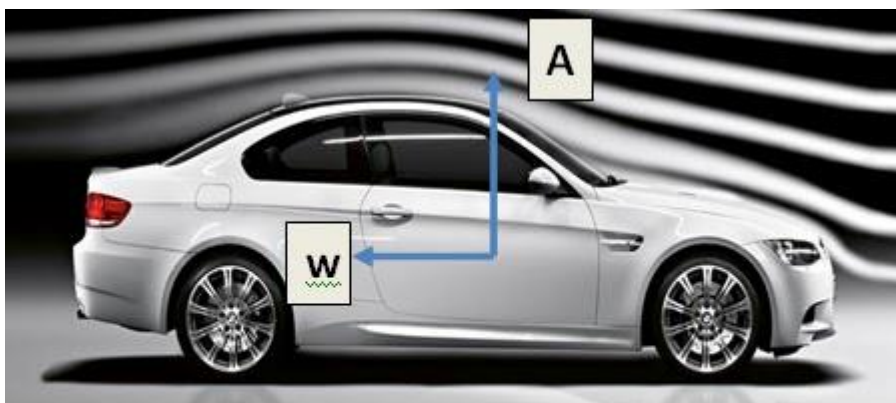
Η αεροδυναμική στα αμαξώματα, άρχισε και αυτή να εφαρμόζεται ευρέως μετά την ενεργειακή κρίση. Η αεροναυπηγική εδώ στάθηκε πολύτιμος σύμβουλος με την πολύτιμη πείρα της. Σιγά-σιγά οι στυλίστες αντιλήφθηκαν ότι ένα αμάξωμα πρέπει πρώτα να είναι λειτουργικό και πρακτικό και μετά όμορφο. Αυτό είχε ως συνέπεια να περάσουν στο περιθώριο κάποιες εξεζητημένες λύσεις που ήθελαν το αμάξωμα εξωτερικά να είναι εντυπωσιακό, αλλά ελάχιστα λειτουργικό. Τα περιττά νίκελ, οι παράξενες γωνίες, τα εντυπωσιακά φωτιστικά σώματα κ.λπ. παραχώρησαν τη θέση τους στα αμαξώματα «σταγόνες» ή «πτέρυγες», τα οποία ως πρώτο μέλημα έχουν το πώς θα «γλιστρούν» ευκολότερα μέσα από τον αέρα. Σήμερα, λέξεις όπως «αεροδυναμικός συντελεστής», «συντελεστής οπισθέλκουσας», «μετωπική επιφάνεια» δεν ξενίζουν κανένα και εν πάση περιπτώσει υπονοούν την προσπάθεια του εργοστασίου να σχεδιάσει ένα αεροδυναμικό αμάξωμα. Η μελέτη και η σχεδίαση με υπολογιστή βοήθησε εδώ πάρα πολύ. Τα λεγόμενα συστήματα CAD (Computer Aided Design) -στα ελληνικά σημαίνει σχεδίαση με τη βοήθεια υπολογιστή- βοηθούν, όχι μόνο στην αεροδυναμική σχεδίαση του αμαξώματος, αλλά και στην κατασκευή αυτού με τέτοιο τρόπο, ώστε να παρέχει αυξημένη αντοχή και ακαμψία δίχως να είναι και υπερβολικά βαρύ. Η μέθοδος των «πεπερασμένων στοιχείων» έχει στη συγκεκριμένη περίπτωση τον κύριο λόγο.

Η εισαγωγή εξελιγμένης τεχνολογίας, επιτρέπει επιπλέον τη μείωση του πάχους της λαμαρίνας, την επινικέλωση των ελασμάτων και από τις δυο όψεις (την καθιέρωσε πρώτη η Πόρσε και ακολούθησε σχεδόν αμέσως η Άουντι), ώστε να ελαχιστοποιείται η πιθανότητα διάβρωσης, τη χρήση συνθετικών υλικών σε περισσότερα μέρη του αυτοκινήτου (προφυλακτήρες, πίσω πόρτα ή πορτ-μπαγκάζ, καπό κ.λπ.) για μείωση του συνολικού βάρους, την επικασσιτέρωση του κάτω μέρους του αυτοκινήτου, για να αποφευχθεί η σκουριά κ.λπ. Μια και μιλάμε για το κάτω μέρος του αυτοκινήτου, να πούμε και κάτι άλλο. Τα πρώτα χρόνια εφαρμογής της αεροδυναμικής, κανείς σχεδόν κατασκευαστής δεν ασχολιόταν με τις κάτω επιφάνειες του αμαξώματος. Τα μηχανικά μέρη τοποθετούνταν ακάλυπτα, με αποτέλεσμα να μην υπάρχει επίπεδη επιφάνεια ούτε και ομαλή ροή του αέρα. Αποτέλεσμα, μια καλή, κατά τα υπόλοιπα, αεροδυναμική προσπάθεια, πήγαινε χαμένη για τους παραπάνω λόγους. Βεβαί-

ως, σήμερα το κάτω μέρος του αυτοκινήτου, έχει την προσοχή που του χρειάζεται. Γίνεται μια προσπάθεια να μη μένουν ακάλυπτα μηχανικά μέρη, (π.χ. αναρτήσεις, σωλήνες εξαγωγής κ.λπ.) και το πάτωμα του αμαξώματος να είναι κατά το δυνατόν επίπεδο. Λεπτομέρειες, οι οποίες λίγα χρόνια πριν περνούσαν απαρατήρητες, στις μέρες μας καθορίζουν το πόσο προσεκτικός είναι ένας κατασκευαστής από τον άλλο.

### 3.3 ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ

Σε ένα ακίνητο όχημα, χωρίς επιτάχυνση ή επιβράδυνση, οι δυνάμεις οι οποίες που δημιουργούνται είναι οι εξής:



W: Αεροδυναμική αντίσταση  
A: Άνωση

Επειδή όμως στη πράξη το όχημα δε παραμένει ακίνητο, αλλά δέχεται πλευρικές δυνάμεις και πλευρικές ταχύτητες δημιουργούνται και άλλες δυνάμεις και άλλες ροπές, οι οποίες εξηγούνται με πολύπλοκους μαθηματικούς τύπους.

Αντίθετα από τη πορεία του οχήματος, έχουμε κάποιες αντιστάσεις. Αυτές είναι οι εξής:

$W_{αέρα}$ – Αντίσταση αέρα
$W_R$ – Αντίσταση κύλισης
$W_s$ – Αντίσταση ανάβασης
$W_B$ – Αντίσταση επιτάχυνσης

Η αντίσταση του αέρα είναι έννοια κατανοητή. Η αντίσταση κύλισης είναι η αντίσταση η οποία εξαρτάται από το φορτίο, το μέγεθος και τη πίεση των ελαστικών. Η αντίσταση ανάβασης υπολογίζεται όταν το έδαφος έχει κλίση και τέλος η αντίσταση επιτάχυνσης έχει να κάνει με τη σχέση που χρησιμοποιούμε στο κιβώτιο ταχυτήτων.

Το άθροισμα όλων των παραπάνω αντιστάσεων μας δίνει το μέγεθος Z, δηλαδή την αναγκαία δύναμη έλξης των τροχών για να υπερνικήσουν τις αντιστάσεις.

$$Z = W_{αέρα} + W_R + W_s + W_B$$

$$P_{\text{κινητήρα}} = (Z \cdot U) / (n_G \cdot n_A)$$

Ρκινητήρα – Αναγκαία ισχύς του κινητήρα για την υπερνίκηση της αντίστασης

U – Ταχύτητα οχήματος

$n_G$  – Βαθμός απόδοσης κιβωτίου ταχυτήτων

$n_A$  – Βαθμός απόδοσης διαφορικού

## ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΑΝΑΒΑΣΗΣ

Όταν ένα αυτοκίνητο κινείται σε ανηφορικό δρόμο υπάρχει αντίσταση που οφείλεται στην κλίση του δρόμου. Η αντίσταση αυτή είναι συνιστώσα του βάρους που αντιτίθεται στην κίνηση.

$$W_s = m \cdot g \cdot \eta \mu \theta$$

$m$  = μάζα του σώματος

$g$  = επιτάχυνση βαρύτητας

$\theta$  = κλίση (γωνία) κεκλιμένου επιπέδου

### 3.4 ΩΦΕΛΕΙΕΣ ΑΠΟ ΤΟΝ ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ

Ο αεροδυναμικός σχεδιασμός των σύγχρονων αυτοκινήτων δε βελτιώνει μόνο το συντελεστή οπισθέλκουσας και τις επιδόσεις. Είναι ταυτόχρονα παράγοντας ασφάλειας και οικονομίας. Σε ένα αεροδυναμικά σχεδιασμένο αμάξωμα οι δυνάμεις άνωσης στον εμπρός και τον πίσω άξονα παραμένουν σε χαμηλά επίπεδα εξασφαλίζοντας τη σταθερότητα και την καλή κατευθυντικότητα του αυτοκινήτου. Τα σύγχρονα αεροδυναμικά σχήματα με τις απαλές καμπύλες γραμμές μειώνουν επιπλέον τις πιθανότητες τραυματισμού των πιο ευάλωτων χρηστών του δρόμου. Η απουσία γωνιών, οι κρυμμένοι άξονες των υαλοκαθαριστήρων, οι επίπεδες χειρολαβές στις πόρτες, το σχήμα των προφυλακτήρων, των καθρεφτών κ.λπ. μειώνουν τους κινδύνους από τον τραυματισμό πεζών και δικυκλιστών στην περίπτωση ατυχήματος.

Τέλος ο αεροδυναμικός σχεδιασμός βοηθάει και στη μείωση της κατανάλωσης. Έχει υπολογιστεί ότι η οπισθέλκουσα είναι υπεύθυνη για το 40% της κατανάλωσης ενός αυτοκινήτου στο ταξίδι. Εύκολα αντιλαμβάνεται κανείς τη σημασία της μείωσής της.

Ο αεροδυναμικός σχεδιασμός ήρθε έντονα στο προσκήνιο στις αρχές της προηγούμενης δεκαετίας. Σήμερα ο αρχικός θόρυβος έχει κοπάσει αλλά η έρευνα και εξέλιξη στον τομέα αυτό συνεχίζεται αδιάκοπα με στόχο τη βελτίωση των αριθμητικών μεθόδων στον ηλεκτρονικό υπολογιστή και της αληθοφάνειας των πειραματικών δοκιμών.

Στην καθημερινότητα μας όλοι έχουμε χρησιμοποιήσει ή έχουμε βρεθεί σε ένα αυτοκίνητο. Ακόμα και αυτά λοιπόν έχουν σχεδιαστεί με πρώτο στόχο την αεροδυναμική, και οι προφυλακτήρες παίζουν σημαντικό ρόλο σε αυτό. Στο πρόσθιο τμήμα του αυτοκινήτου δινόταν μέχρι πρόσφατα το μεγαλύτερο βάρος αεροδυναμικής βελτίωσης. Τον τελευταίο όμως καιρό η ανάλογη προσοχή έχει αρχίσει να δίνεται και στα πλαϊνά όπως και στο πίσω μέρος του αμαξώματος.

Προσοχή έχει επίσης αρχίσει να δίνεται στην ομαλοποίηση της ροπής του αέρα μέσα στο διαμέρισμα του κινητήρα όπως επίσης και σε όλα τα άλλα σημεία του οχήματος (π.χ. ομαλοποίηση ροής μέσα στην καμπίνα επιβατών κ.λπ).

#### **Βελτίωση της αεροδυναμικής ροής**

Ποιο είναι το καλύτερο σχήμα για τον προφυλακτήρα; Συγκρίνοντας τους προφυλακτήρες τριγωνικού σχήματος με τους επίπεδους, έχει διαπιστωθεί ότι οι επίπεδοι προκαλούν στασιμότητα του ρεύματος αέρος και έχουν χειρότερο συντελεστή οπισθέλκουσας και προκαλούν

μεγαλύτερη άνωση. Ο τριγωνικός προφυλακτήρας έχει μικρότερη οπισθέλκουσα κατά 1.4% και δημιουργεί άνωση κατά 1.6%.

### **Βελτίωση σχήματος προφυλακτήρα**

Οι προφυλακτήρες που αγκαλιάζουν το αυτοκίνητο συγκρούονται αεροδυναμικά. Είναι εξαιρετικής σημασίας όχι μόνο η πλάγια τομή του προφυλακτήρα αλλά και το σχήμα του σε κάτοψη. Όσο πιο ομαλά αγκαλιάζει το αμάξωμα και όσο πιο στρογγυλεμένες είναι οι γωνίες του, τόσο καλύτερη είναι και η αεροδυναμική του. Αντικαθιστώντας τον παλαιό προφυλακτήρα του αυτοκινήτου μας με κάποιο ενιαίο πρόσθιο αεροδυναμικό βοήθημα θα πρέπει να επιλέξουμε εκείνο που «αγκαλιάζει» πιστά το πρόσθιο τμήμα του αμαξώματος χωρίς να έχει απότομες γωνίες και ανώμαλες προεξοχές ή ακανόνιστες εσοχές.

### **Το κενό μεταξύ αμαξώματος και προφυλακτήρα**

Σε πολλά αυτοκίνητα υπάρχει ένα σημαντικό κενό μεταξύ αμαξωμάτων και προφυλακτών. Το καλύτερο που έχουμε να κάνουμε είναι να καλύψουμε το κενό αυτό βελτιώνοντας με αυτόν τον τρόπο την ψύξη του κινητήρα αλλά και μειώνοντας την οπισθέλκουσα (CD) αλλά και την άνωση (CL). Την κάλυψη του κενού αυτού θα μπορούσαμε να την κάνουμε με κάποια διακοσμητική λωρίδα ή τοποθετώντας ένα ενιαίο πρόσθιο kit. Τα περισσότερα αυτοκίνητα νέας τεχνολογίας έχουν προφυλακτήρα και πρόσθιο σπóιλερ σε ένα ενιαίο κομμάτι βελτιώνοντας έτσι την αεροδυναμική του οχήματος. Αυτή η λύση θεωρείται η καλύτερη δυνατή. Στις περιπτώσεις εκείνες που έχουμε ενσωματωμένο προφυλακτήρα και σπóιλερ και που ο προφυλακτήρας έχει ειδικά σημεία παγίδευσης του αέρα, δημιουργούνται ενσωματωμένες εισαγωγές αέρα (βλέπε προφυλακτήρα Alfa Romeo 33) όπου υπάρχουν τέτοια σημεία τα οποία βελτιώνουν σημαντικά την ψύξη του κινητήρα.

### 3.5 ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ

**Αντίσταση ή οπισθέλκουσα** (Drag) ονομάζεται η δύναμη η οποία έχει τον ίδιο φορέα με αυτόν της ταχύτητας, αλλά αντίθετη φορά, και εμφανίζεται κατά την κίνηση αντικειμένων εντός ρευστού

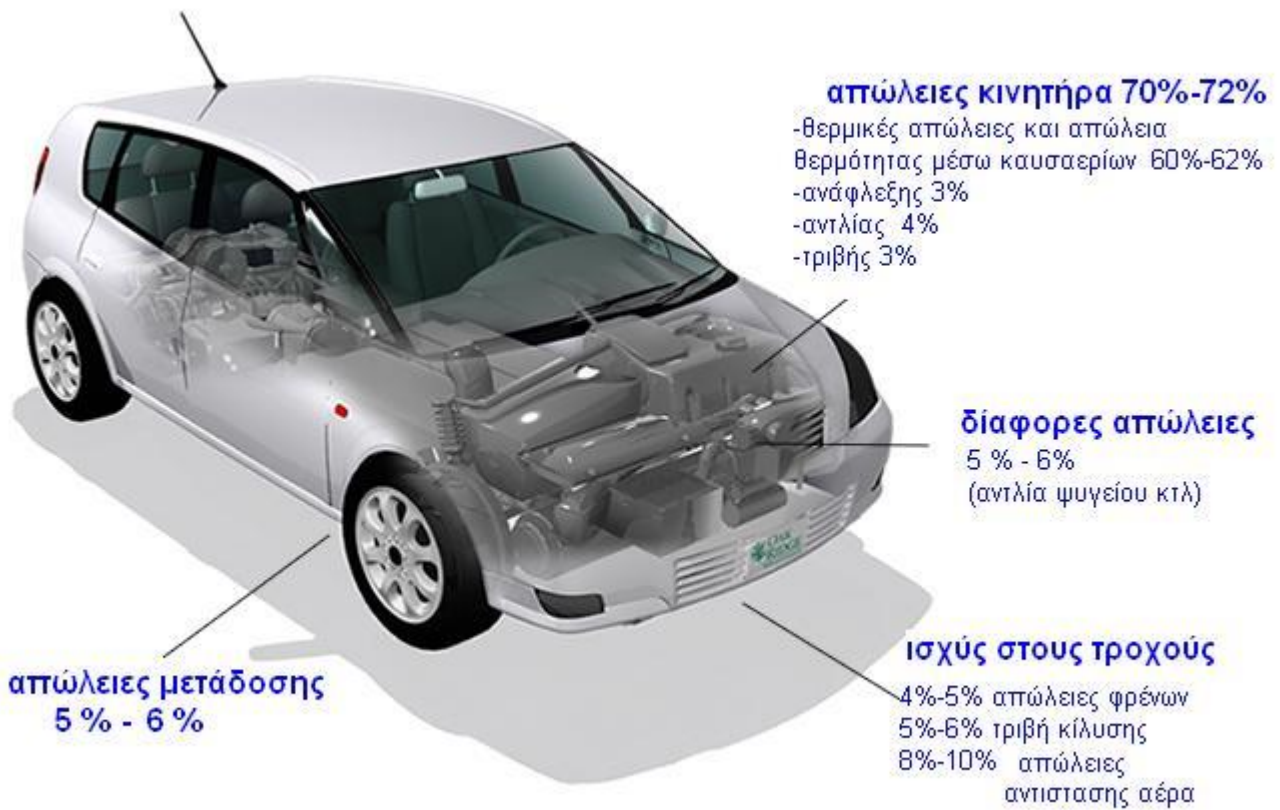
Η αντίσταση είναι η κυρίαρχη δύναμη η οποία αντιτίθεται στην κίνηση των σωμάτων και οφείλεται, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, στη διαφορετική πίεση η οποία επικρατεί στις δύο πλευρές ενός σώματος. Για να γίνει κατανοητή η ύπαρξη της διαφοράς αυτής στην πίεση μεταξύ των πλευρών ενός σώματος θα εξετάσουμε ένα παράδειγμα από την καθημερινότητα. Ένας άνθρωπος γυμνάζετε στον στίβο ενός γηπέδου μια ημέρα κατά την οποία δεν φυσάει. Κατά τη διάρκεια της προθέρμανσης του στην αρχή περπατάει με μια χαμηλή ταχύτητα, την οποία στην συνέχεια αυξάνει συνεχώς και φτάνει σε σημείο να κάνει χαλαρό τρέξιμο. Όταν περπατάει δεν νιώθει σχεδόν καμία δύναμη να αντιστέκεται στην κίνηση του. Ο αέρας στην περίπτωση αυτή έχει μια μικρή σχετική ταχύτητα σε σχέση με τον άνθρωπο. Καθώς αυξάνει την ταχύτητα του νιώθει όλο και περισσότερο μια δύναμη να αντιστέκεται στην κίνηση του. Τώρα η ταχύτητα του σε σχέση με τον αέρα είναι μεγαλύτερη με πριν. Για να καταλάβουμε τι γίνεται θεωρούμε τον άνθρωπο ακίνητο και τον αέρα να κινείται σε σχέση με αυτόν. Στην αρχή η ορμή του αέρα είναι μικρή, λόγω της μικρής του ταχύτητας, και στην συνέχεια αυξάνεται συνέχεια. Κατά την «σύγκρουση» των μορίων του αέρα με το σώμα του ανθρώπου η ορμή αυτή μειώνεται κατά πολύ και σε πολλές περιπτώσεις μηδενίζεται κιόλας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την άσκηση δύναμης από τον αέρα στον άνθρωπο λόγω της ανταλλαγής αυτής ορμής που συντελείτε μεταξύ ανθρώπου-αέρα, διότι ως γνωστών από τον νόμο του Νεύτωνα έχουμε:

Η δύναμη αυτή που ασκείται λοιπόν στον άνθρωπο διαιρεμένη με τη μετωπική του επιφάνεια μας δίνει μια πίεση η οποία ασκείται επάνω του στην πλευρά του η οποία έρχεται σε επαφή με τον αέρα. Εκεί λοιπόν έχουμε αυξημένη πίεση σε σχέση με την οπίσθια πλευρά του στην οποία επικρατεί ατμοσφαιρική πίεση (ίσως και χαμηλότερη). Η διαφορά αυτή των πιέσεων είναι η Αντίσταση. Το παραπάνω παράδειγμα μπορεί να γενικευθεί για οποιοδήποτε σώμα κινείται εντός ρευστού.

### ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ

Τέσσερις λόγοι επηρεάζουν την κατανάλωση ενός συγκεκριμένου οχήματος:

1. η ισχύς του κινητήρα
2. η ειδική του κατανάλωση (ή αποδοτικότητα)
3. το βάρος του οχήματος και
4. η δύναμη της αεροδυναμικής αντίστασης.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>

### 4.1 ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ (ΜΕΣΩ ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΣΗΣ)

Ένα αυτοκίνητο υδρογόνου χρησιμοποιεί τις ίδιες αρχές με εκείνες μιας μηχανής βενζίνης: Η χημική ενέργεια των καυσίμων μετατρέπεται σε μηχανική ενέργεια μέσω της καύσης. Η διαφορά είναι ότι τα αυτοκίνητα υδρογόνου χρησιμοποιούν υδρογόνο και όχι βενζίνη. Τα αυτοκίνητα υδρογόνου δεν παράγονται μαζικά σήμερα. Οι περισσότεροι κατασκευαστές αυτοκινήτων που χρησιμοποιούν υδρογόνο για να τροφοδοτήσουν τα αυτοκίνητά τους χρησιμοποιούν κύτταρα καυσίμου υδρογόνου για να δημιουργήσουν ηλεκτρική ενέργεια και όχι καύση. Η BMW έχει αναπτύξει το υδρογόνο 7 BMW. Τα αυτοκίνητα υδρογόνου έχουν ένα σημαντικό πλεονέκτημα: αντί της εκπομπής επιβλαβών αερίων, εκπέμπουν μόνο τον ατμό καθαρού νερού. Στην πραγματικότητα, η BMW υποστηρίζει ότι το υδρογόνο 7 πραγματικά καθαρίζει τον αέρα γύρω από το αυτοκίνητο.

#### ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Τα πλεονεκτήματα της χρήσης υδρογόνου ως καύσιμο είναι πολύ μεγάλα. Δεν θα υπάρχουν πλέον τα επικίνδυνα καυσαέρια, δεν θα εκπέμπεται διοξείδιο του άνθρακα το οποίο αυξάνει την θερμοκρασία στον πλανήτη και δεν θα υπάρχουν πλέον προβλήματα λόγω έλλειψης καυσίμων κάτι που θα έχει με τη σειρά του ευεργετικές συνέπειες στην οικονομία αλλά και στην τσέπη των καταναλωτών.

Σημαντικό πρόβλημα είναι η αποθήκευση του υδρογόνου, αφού σε κανονικές συνθήκες είναι αέριο και αν δεν αποθηκευτεί με προσοχή και αεροστεγώς ο οδηγός θα αναγκάζεται να ανεφοδιάζεται κάθε λίγα χιλιόμετρα. Η προφανέστερη λύση είναι να συμπιεστεί το υδρογόνο, ως και να υγροποιηθεί. Αυτό βέβαια με τη σειρά του οδηγεί σε άλλα προβλήματα, καθ' όσον για να επιτευχθεί η συμπίεση ή υγροποίηση αφενός απαιτούνται μεγάλες ποσότητες ενέργειας και αφετέρου τα ντεπτόζιτα που διατηρούν το υδρογόνο σε πολύ υψηλά επίπεδα πίεσης ή θερμοκρασίες που αγγίζουν το απόλυτο μηδέν θα κοστίζουν πολύ και θα έχουν μεγάλο βάρος. Τέλος, το υδρογόνο είναι μεν ιδιαίτερα εύφλεκτο, αλλά δεν είναι περισσότερο επικίνδυνο ως καύσιμο από την βενζίνη ή το φυσικό αέριο.

## 4.2 ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ

Το **Ηλεκτρικό Αυτοκίνητο** (ΗΑ) χρησιμοποιεί την ηλεκτρική ενέργεια που αποθηκεύεται σε επαναφορτιζόμενες συστοιχίες συσσωρευτών. Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα χρησιμοποιούν ηλεκτρικούς κινητήρες αντί των μηχανών εσωτερικής καύσης (ΜΕΚ).

Τα ΗΑ είναι συνήθως αυτοκίνητα, ελαφριά φορτηγά, ποδήλατα, ηλεκτρικά μηχανικά δίκυκλα, μικρά οχήματα γκολφ, ανυψωτικά (forklifts) και παρόμοια. Τα ΗΑ ήταν μεταξύ των αυτοκινήτων που εμφανίστηκαν από τις πρώτες μέρες της αυτοκίνησης και έχουν υψηλότερο συντελεστή ενεργειακής απόδοσης από όλα τα αυτοκίνητα με μηχανές εσωτερικής καύσης.

### ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ



Τρίκυκλο Zap Xebra (2006 - 2009) στο Chicago Auto Show το 2007.

1. Δεν παράγουν κανενός είδους άμεσων ρύπων.
2. Προκαλούν την ελάχιστη δυνατή ρύπανση σε μακροχρόνια βάση, υπό τον όρο ότι χρησιμοποιούν ηλεκτρική ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Υπό αυτή την προϋπόθεση, μπορούν να μετριάσουν την παγκόσμια θέρμανση που προκαλείται από το φαινόμενο του θερμοκηπίου και να μειώσουν την εξάρτηση από το πετρέλαιο.
3. Είναι πιο αθόρυβα από τα αυτοκίνητα εσωτερικής καύσης.

4. Επιτυγχάνουν σχεδόν σταθερή ροπή από την ακινησία έως το μέγιστο όριο στροφών λειτουργίας.
5. Έχουν ευχέρεια να λειτουργούν σε πιο υψηλές στροφές από τους βενζινοκινητήρες, συχνά ακόμα και ως τις 14.000 στροφές / λεπτό.
6. Έχουν χαμηλότερο κόστος σε βάθος χρόνου, καθώς δεν επηρεάζονται από την κάθε τόσο αύξηση της τιμής της βενζίνης, αλλά και λόγω του χαμηλότερου κόστους σέρβις και συντήρησης. Τα ΗΑ χρειάζονται πολύ λιγότερο σέρβις και συντήρηση, καθώς:
7. Δεν απαιτούν τις τακτικές αλλαγές λαδιών.
8. Καθώς δεν εκπέμπουν ρύπους, δεν έχουν σύστημα εξαγωγής καυσαερίων και διάταξη εξάτμισης, ούτε σιγαστήρα (σιλανσιέ) προ της εξάτμισης, ούτε καταλύτη ή φίλτρο καπνού.
9. Δεν απαιτούν αντικατάσταση ή έστω συντήρηση σε μηχανικά μέρη, όπως σύστημα ανάφλεξης, πιστόνια, βαλβίδες ή εκκεντροφόρους, διότι στα ΗΑ δεν υπάρχουν, ενώ οι μηχανές εσωτερικής καύσης έχουν πάνω από 100 κινούμενα μέρη.
10. Μπορούν να σχεδιαστούν έτσι ώστε να αυτο-φορτίζονται κατά τις επιβραδύνσεις του οχήματος (regenerative braking), βελτιώνοντας έτσι τον δείκτη κατανάλωσης.

## ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ



Το σπορ ηλεκτροκίνητο Tesla Roadster

1. Υψηλές δαπάνες κατασκευής, με αποτέλεσμα την υψηλή τιμή πώλησης.

2. Περιορισμένη απόσταση ταξιδιού μεταξύ κάθε επαναφόρτισης της μπαταρίας. Στο παρελθόν κάθε 60 χιλιόμετρα χρειάζονταν επαναφόρτιση. Ωστόσο, τα πιο σύγχρονα μοντέλα επιτυγχάνουν αυτονομίες που ξεκινούν από 100 έως 120 χιλιόμετρα στα αυτοκίνητα πόλης και φτάνουν στα 250 - 300 χιλιόμετρα ή και παραπάνω, σε αυτοκίνητα μεγάλης ισχύος. Το σημερινό ρεκόρ ανήκει σε ένα σπορ ηλεκτροκίνητο Tesla Roadster, που κατάφερε να διανύσει 504 χιλιόμετρα (313 μίλια) με μία μόνο φόρτιση, με μέση ταχύτητα 56 χιλιόμετρα/ώρα (35 μίλια/ώρα) και είχε 5 χιλιόμετρα (3 μίλια) ακόμα αυτονομία όταν έφτασε στον τερματισμό. Το ρεκόρ επετεύχθη στις 27 Οκτωβρίου 2009, Κατά τη διάρκεια του 2<sup>ου</sup> παγκόσμιου οικολογικού διαγωνισμού Global Green Challenge, στην Αυστραλία.<sup>[5]</sup>
3. Μεγάλος χρόνος επαναφόρτισης, συνήθως 6 ώρες για πλήρη επαναφόρτιση. Ωστόσο, αρκετά σύγχρονα μοντέλα μπορούν να φορτιστούν κατά 80% σε χρόνο λιγότερο της 1 ώρας.
4. Περιορισμένη διάρκεια ζωής μπαταριών, συνήθως 3 - 5 χρόνια. Παρ' όλα αυτά, για το Chevrolet Volt, η General Motors δίνει εγγύηση 8 έτη ή 100.000 μίλια (160.000 χιλιόμετρα) για τις μπαταρίες.

## ΣΗΜΕΡΙΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ



Subaru Stella Plug-in

Τα τελευταία χρόνια πάντως, έχει διατεθεί ένας μικρός αριθμός μοντέλων παραγωγής, όπως το σπορ ηλεκτροκίνητο Tesla Roadster και έχει αναγγελθεί η παραγωγή αρκετών μελλοντικών μοντέλων, όπως τα τρίδυμα Mitsubishi i MiEV / Peugeot iOn / Citroën C-Zero που κυκλοφόρησαν στα τέλη του 2010

Ακόμα και σήμερα ωστόσο, τα περισσότερα εξακολουθούν να είναι πρωτότυπα, ενώ ορισμένα επίσης, έχουν διατεθεί σε περιορισμένα αντίτυπα και όχι στο ευρύ κοινό. Πρόσφατο παράδειγμα ήταν η ηλεκτροκίνητη έκδοση του Subaru, με μόλις 170 αντίτυπα, τα οποία πωληθήκαν κυρίως σε εταιρείες ενοικιάσεων και κυβερνητικά στελέχη της Ιαπωνίας, από τα τέλη Ιουλίου 2009 έως τον Μάρτιο του 2011.

## 4.3 ΗΛΙΑΚΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ

### ΟΡΙΣΜΟΣ

Το ηλιακό αυτοκίνητο είναι ένα πειραματικό όχημα που χρησιμοποιεί ηλιακή ενέργεια και αναπτύσσει μέγιστη ταχύτητα 65km/h. Το αεροδυναμικό του αμάξωμα αποτελείται από ένα ελαφρύ «σάντουιτς» κυψελοειδούς αλουμινίου και ενός υλικού από ίνες άνθρακα. Διαθέτει περίπου 900kg ηλιακά στοιχεία! Τα ηλιακά στοιχεία συγκεντρώνουν την φωτεινή ακτινοβολία σε ηλεκτρική ενέργεια, που τροφοδοτεί έναν ειδικού τύπου κινητήρα. Σε συνθήκες μεγάλης ηλιοφάνειας, τα στοιχεία μπορούν να δώσουν ισχύ της τάξης του ενός κιλοβάτ ή 1,3 ίππους περίπου. Τα ηλιακά αυτοκίνητα είναι ακόμα στην βρεφική τους ηλικία και ενδέχεται να αποδειχθεί ότι δεν αποτελούν πρακτική λύση. Ωστόσο πολλές συσκευές χαμηλής ισχύος –από τα τηλέφωνα μέχρι τα κομπιουτεράκι – λειτουργούν ήδη αποτελεσματικά με ηλιακή ενέργεια.

### ΗΛΙΑΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Τα στοιχεία που τροφοδοτούν το πειραματικό αυτοκίνητο δεν διαθέτουν κινητά μέλη επομένως χρειάζονται ελάχιστη συντήρηση. Καθένα από αυτά δίνει τόση ενέργεια όση και η μπαταρία ενός φακού. Τα στοιχεία συνδέονται μεταξύ τους σε σειρά. Με αυτό τον τρόπο, μικρές ηλεκτρικές τάσεις προστίθενται και μας δίνουν μια πολύ μεγαλύτερη.

### ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΗΛΙΑΚΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ

Τα ηλιακά στοιχεία περιέχουν δύο στρώματα πυριτίου –μιας ουσίας που αποτελεί την βάση των μικροσίπ στα κομπιούτερ. Ορισμένα άτομα στο επάνω στρώμα του πυριτίου έχουν περίσσειμα ενός ηλεκτρονίου στην εξωτερική τους στιβάδα, ενώ αντίθετα ορισμένα άτομα στο κάτω στρώμα του εμφανίζουν έλλειμμα ενός ηλεκτρονίου. Έτσι μετακινούνται ηλεκτρόνια από το ανώτερο προς το κατώτερο στρώμα, δημιουργώντας ένα θετικό ηλεκτρικό φορτίο στο ανώτερο στρώμα. Όταν λοιπόν εκτεθεί το ηλιακό στοιχείο σε φωτεινή ακτινοβολία, κάποια ηλεκτρόνια του κατώτερου στρώματος έλκονται από το θετικό φορτίο του ανώτερου στρώματος και δημιουργούν ηλεκτρικό ρεύμα.

### ΙΣΤΟΡΙΑ ΗΛΙΑΚΩΝ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΩΝ

Το 1977 ο Ed Passerini κατασκεύασε το bluebird, το πρώτο ηλιακό όχημα και στη συνέχεια και άλλα μικρά, ελαφρά και σχετικά φθηνά οχήματα. Η μεγάλες αυτοκινητοβιομηχανίες δεν θα μπορούσαν να μείνουν έξω από το παιχνίδι με τη general motors, την ford και την

Honda να πρωτοπορούν στη χρηματοδότηση για την κατασκευή ακόμα πιο εξελιγμένων ηλιακών οχημάτων.

Τα ηλιακά οχήματα που ενσωματώνουν τους ηλιακούς συλλέκτες διαφέρουν από τα συμβατικά οχήματα ως προς τις διαστάσεις, το βάρος , τη μέγιστη ταχύτητα και το κόστος.

## 4.4 ΥΒΡΙΔΙΚΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ

Υβριδικό θεωρείται το αυτοκίνητο που χρησιμοποιεί δύο ή περισσότερες διαφορετικές τεχνολογίες προκειμένου να επιτύχει την κίνησή του. Οι τεχνολογίες αυτές περιλαμβάνουν συνήθως τον κλασικό κινητήρα εσωτερικής καύσης και μια πιο "ήπια" προς το περιβάλλον τεχνολογία, συνήθως ηλεκτρικό κινητήρα, ή εναλλακτικά πνευματικό κινητήρα, βιοκαύσιμο, φυσικό αέριο κ.α. Ο ηλεκτρικός κινητήρας μπορεί να αναλαμβάνει αποκλειστικά την κίνηση του αυτοκινήτου ή να είναι απλά υποβοηθητικός όταν χρειάζεται περισσότερη ισχύς. Τα υβριδικά αυτοκίνητα θεωρούνται φιλικότερα προς το περιβάλλον, από αυτά που χρησιμοποιούν αποκλειστικά για την κίνησή τους ως καύσιμο, βενζίνη ή πετρέλαιο.

Στην περίπτωση του δημοφιλούς Toyota Prius μπορούμε να πούμε ότι βρίσκεται κάπου στη μέση, καθώς υπάρχουν και φάσεις που ο βενζινοκινητήρας δουλεύει αποκλειστικά και μόνο για να φορτίσει την μπαταρία. Πάντως τον περισσότερο χρόνο το Prius κινείται ως υβριδικό παράλληλης λειτουργίας.

Σημειώνουμε ότι αυτοκίνητα όπως το Prius και το υβριδικό Civic άνοιξαν το δρόμο για να ακολουθήσουν όχι μόνο αντίστοιχου μεγέθους και ισχύος μοντέλα, αλλά και αυτοκίνητα πολύ μεγαλύτερα, πολυτελέστερα και ακριβότερα, όπως τα υβριδικά Lexus που ήδη δοκιμάζουν την τύχη τους στην αγορά. Το ζητούμενο στην περίπτωση των μεγάλων αυτών οχημάτων είναι να περιοριστεί η υπερβολική κατανάλωση των θηριωδών κινητήρων (3.000-6.000 κ.εκ.) που συνήθως διαθέτουν χωρίς όμως να υπάρχει υστέρηση στους υπόλοιπους τομείς. Επιχειρείται δηλαδή να συνδυαστούν οι επιδόσεις, ο εξοπλισμός και ο... όγκος των αυτοκινήτων αυτών με ένα οικολογικό προφίλ. Εξάλλου κανείς δεν λέει όχι στο να πληρώνει λιγότερα για βενζίνη.

Και βέβαια η Lexus δεν έμεινε για πολύ καιρό μόνη της στην αγορά των πολυτελών υβριδικών αυτοκινήτων. Audi, BMW, Cadillac, Mercedes και Porsche έχουν ήδη μπει στο χώρο αυτό με τις υβριδικές εκδόσεις των δικών τους μοντέλων που μπορεί να είναι είτε λιμουζίνες, είτε μεγάλα πολυτελή «τζιποειδή».

## ΑΓΟΡΑ

Μέχρι πρόσφατα, υβριδικά αυτοκίνητα σειριακής λειτουργίας, επιβατικά τουλάχιστον δεν είχαμε δει να διατίθενται στο εμπόριο. Σήμερα όμως τέτοιου τύπου υβριδικά διατίθενται κανονικά στην αγορά (Chevrolet Volt, Opel Flextrime) γεγονός που δείχνει ότι μπαίνουμε σε μια

νέα φάση εξέλιξης και ανάπτυξης του υβριδικού αυτοκινήτου. Σήμερα στο εμπόριο διατίθεται μια μεγάλη γκάμα υβριδικών αυτοκινήτων, διαφόρων μεγεθών και διαφορετικού κόστους. Εδώ το Honda Insight, που όταν πρωτοπαρουσιάστηκε, πριν από 3 περίπου χρόνια ήταν το φθηνότερο υβριδικό της αγοράς.

## **ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ**

Οι διαφόρων τύπων συσσωρευτές (μπαταρίες), είναι το γνωστότερο σήμερα μέσο αποθήκευσης της ηλεκτρικής ενέργειας. Για να επιτευχθεί αυτονομία έστω και της τάξης του 50% των συμβατικών αυτοκινήτων, απαιτούνται μπαταρίες με πολύ περισσότερο όγκο από αυτόν που καταλαμβάνει ένα ρεζερβουάρ βενζίνης, πολύ περισσότερο βάρος, αλλά και με πολύ μεγάλο κόστος.

Με βάση τις δυσκολίες που υπήρχαν (και υπάρχουν) στην εξεύρεση πραγματικά οικονομικών τρόπων παραγωγής ή αποθήκευσης ενέργειας στο αυτοκίνητο, η εμφάνιση του υβριδικού αυτοκινήτου ήταν θέμα χρόνου. Το υβριδικό αυτοκίνητο προκύπτει με την προσθήκη ενός κινητήρα εσωτερικής καύσης σε ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο ή το... ανάποδο, με την προσθήκη ενός ηλεκτροκινητήρα σε ένα συμβατικό αυτοκίνητο.

## **ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ**

Τα υβριδικά αυτοκίνητα χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες: τα «παράλληλα» (παράλληλης λειτουργίας) και τα «σε σειρά» (σειριακής λειτουργίας), ανάλογα με τον τρόπο συνεργασίας κινητήρα εσωτερικής καύσης και ηλεκτροκινητήρα.

Στην πρώτη περίπτωση ο βενζινοκινητήρας (ή ο πετρελαιοκινητήρας) χρησιμοποιείται για την κίνηση του οχήματος και ο ηλεκτροκινητήρας παίζει βοηθητικό ρόλο προσφέροντας την ισχύ του προκειμένου να περιοριστεί η κατανάλωση και οι εκπομπές ρύπων. Υπάρχει δηλαδή μετάδοση κίνησης, με τρόπο που ποικίλει από αυτοκίνητο σε αυτοκίνητο, και από τους δύο κινητήρες προς τους τροχούς. Τέτοιο παράδειγμα αποτελεί το Honda Civic Ima.

Στη δεύτερη περίπτωση, στα υβριδικά «σε σειρά» αυτοκίνητα, η ΜΕΚ κινεί μια γεννήτρια που φορτίζει τους συσσωρευτές, οι οποίοι με τη σειρά τους τροφοδοτούν τον ηλεκτροκινητήρα, ο οποίος είναι αυτός που κινεί απ' ευθείας τους τροχούς.

Χρήσιμο high-tech αξεσουάρ η έγχρωμη οθόνη που συναντάμε σε πολλά υβριδικά μοντέλα και δείχνει τη ροή ενέργειας κατά την κίνηση του αυτοκινήτου. Οι δύο πίσω κινούνται αποκλειστικά από ηλεκτροκινητήρα.

Η περίπτωση του δημοφιλούς Toyota Prius μπορούμε να πούμε ότι βρίσκεται κάπου στη μέση, καθώς υπάρχουν και φάσεις που ο βενζινοκινητήρας δουλεύει αποκλειστικά και μόνο για να φορτίσει την μπαταρία. Πάντως τον περισσότερο χρόνο το Prius κινείται ως υβριδικό παράλληλης λειτουργίας.

Σημειώνουμε ότι αυτοκίνητα όπως το Prius και το υβριδικό Civic άνοιξαν το δρόμο για να ακολουθήσουν όχι μόνο αντίστοιχου μεγέθους και ισχύος μοντέλα, αλλά και αυτοκίνητα πολύ μεγαλύτερα, πολυτελέστερα και ακριβότερα, όπως τα υβριδικά Lexus που ήδη δοκιμάζουν την τύχη τους στην αγορά. Το ζητούμενο στην περίπτωση των μεγάλων αυτών οχημάτων είναι να περιοριστεί η υπερβολική κατανάλωση των θηριωδών κινητήρων (3.000-6.000 κ.εκ.) που συνήθως διαθέτουν χωρίς όμως να υπάρχει υστέρηση στους υπόλοιπους τομείς.

Η νέα γενιά υβριδικών αυτοκινήτων (ηλεκτρικά εκτεταμένης αυτονομίας) έχει σαν βασικό της εκπρόσωπο το Opel Ampera (πανομοίωτο με το Chevrolet Volt)

Η νέα γενιά υβριδικών «σε σειρά» αυτοκινήτων που αναφέραμε παραπάνω (και που θα δείτε να αναφέρονται και ως ηλεκτρικά εκτεταμένης αυτονομίας (Extended Range Electric Vehicles), έχει ένα ακόμα νέο χαρακτηριστικό: οι μπαταρίες τους φορτίζονται όχι μόνο από τη ΜΕΚ, κατά την κίνηση του οχήματος και κατά την επιβράδυνση από τον ίδιο τον ηλεκτροκινητήρα που «φρενάρει» και αυτός λειτουργώντας σα γεννήτρια, αλλά και με τη σύνδεσή τους στο το κοινό οικιακό δίκτυο. Αρχίσαμε πια να μιλάμε για τα «Plug-In Hybrids» που σε ελεύθερη μετάφραση θα τα λέγαμε «επαναφορτιζόμενα υβριδικά» και που στο εξωτερικό αναφέρονται ήδη ως PHEV (Plug-In Hybrid-Electric Vehicles).

Ένα πλήρως υβριδικό σύστημα, συμπεριλαμβανομένου και του συστήματος "Hybrid Synergy Drive" της Toyota που χρησιμοποιείται στο μοντέλο Prius, έχει την δυνατότητα να κινεί το όχημα μόνο με τον βενζινοκινητήρα ή μόνο με τον ηλεκτροκινητήρα ή και τους δύο ταυτόχρονα.

Το σύστημα της Toyota, το οποίο έχει παραχωρηθεί μερικώς και στην Ford και έχει εγκατασταθεί στο υβριδικό μοντέλο Escape, χρησιμοποιεί μια συσκευή «κατανομής ισχύος» που συνεχώς μεταβάλλει την κατανομή ισχύος που διατίθεται από τον κινητήρα για την κίνηση του οχήματος και την κίνηση της ηλεκτρογεννήτριας. Στην συνέχεια η γεννήτρια τροφοδοτεί τον ηλεκτροκινητήρα ο οποίος με την σειρά του κινεί και αυτός το όχημα όταν απαιτείται. Το σύστημα είναι πολύπλοκο, όμως με την χρήση του επιτυγχάνεται μεγάλη ενεργειακή αποδοτικότητα μέσω της συνεχούς λειτουργίας του βενζινοκινητήρα σε αποδοτικό αριθμό στροφών.

Όταν δεν απαιτείται όλη η παραγόμενη ισχύς του κινητήρα για την κίνηση του οχήματος, αυτή η περίσσεια ισχύος χρησιμοποιείται για την φόρτιση των μπαταριών. Οι μπαταρίες φορτίζονται επίσης και από την ανάκτηση ενέργειας κατά το φρενάρισμα του οχήματος. Σε συνθήκες κυκλοφοριακού φόρτου και σε χαμηλές ταχύτητες (όταν ο βενζινοκινητήρας είναι μη αποδοτικός), ο κινητήρας σβήνει και ο ηλεκτροκινητήρας τροφοδοτούμενος από τις μπαταρίες αναλαμβάνει να κινήσει το όχημα.

Το σύστημα που έχει εγκατασταθεί στο υβριδικό μοντέλο με κίνηση στους 4 τροχούς Lexus RX400h, είναι παρόμοιο αλλά διαθέτει δυο ηλεκτρικές μηχανές, μια για του εμπρός και μια για τους πίσω τροχούς..

Παρά το γεγονός ότι προς το παρόν κανένα από τα υβριδικά οχήματα παραγωγής δεν φορτίζεται με εξωτερικά μέσα, τα επόμενα χρόνια αναμένεται να κατασκευαστούν εξωτερικά φορτιζόμενα υβριδικά οχήματα που θα συνδέονται με την παροχή ηλεκτρικού ρεύματος. Τα οχήματα αυτά θα έχουν μεγαλύτερες μπαταρίες από τα υπάρχοντα υβριδικά και θα εξασφαλίζουν μεγαλύτερη αυτονομία κίνησης του οχήματος με ηλεκτρική ενέργεια. Το Toyota Prius για παράδειγμα, μπορεί να διανύσει μόνο 2 έως 3 χιλιόμετρα χρησιμοποιώντας μόνο την μπαταρία χωρίς αυτή να φορτίζεται. Οι χρήστες των οχημάτων αυτών δεν θα χρειάζεται οπωσδήποτε να συνδέουν τις μπαταρίες με την παροχή ρεύματος, αλλά σε περίπτωση που επιλέξουν την δυνατότητα αυτή, θα έχουν σημαντική αυτονομία κίνησης του οχήματος με ηλεκτρική ενέργεια (πιθανόν 50 έως 65 χιλιόμετρα ανά φόρτιση). Επομένως με τον τρόπο αυτό οι χρήστες θα επιτυγχάνουν περαιτέρω εξοικονόμηση καυσίμων και θα προστατεύουν το περιβάλλον, τουλάχιστον σε αστικό και τοπικό επίπεδο δεδομένου ότι με τον ηλεκτρισμό το όχημα δεν εκπέμπει ρύπους, όμως οι ρύποι αυτοί εκπέμπονται στην περιοχή που βρίσκεται η θερμική μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Η παρούσα έλλειψη εξωτερικά φορτιζόμενων υβριδικών οχημάτων στην αγορά, είναι πιθανό να οφείλεται εν μέρει στην επιδίωξη των κατασκευαστών να γίνει σαφής διαχωρισμός των υβριδικών οχημάτων και των κλασικών ηλεκτρικών οχημάτων στην αγοραστική συνείδηση των καταναλωτών.

Τα υβριδικά «**στάσης-εκκίνησης**» ή μικρο-υβριδικά έχουν σχετικά μικρούς ηλεκτροκινητήρες οι οποίοι δεν κινούν το όχημα, αλλά έχουν την απαραίτητη ισχύ για την σχεδόν ακαριαία επανεκκίνηση του κινητήρα εσωτερικής καύσης.

Αυτό σημαίνει ότι ένα μικρο-υβριδικό βενζινοκίνητο όχημα μπορεί αυτόματα να σβήνει τον κινητήρα του όταν το όχημα ακινητοποιείται (π.χ. σε φωτεινούς σηματοδότες) και να επανεκ-

κινεί μόλις ο οδηγός πατήσει το πεντάλ του γκαζιού χωρίς να απαιτείται η χρήση της μίζας και πολλές φορές χωρίς καν ο οδηγός να γνωρίζει ότι ο κινητήρας έχει σταματήσει.

Τα συστήματα «στάσης-εκκίνησης» σε γενικές γραμμές δεν θεωρούνται ως πραγματικά υβριδικά συστήματα εφόσον δεν χρησιμοποιούνται για την κίνηση του οχήματος. Επιφέρουν ένα σχετικά μέτριο ποσοστό εξοικονόμησης καυσίμου-συνήθως περίπου 10%- όμως έχουν το πλεονέκτημα του χαμηλού κόστους. Ένα παράδειγμα ενός υβριδικού αυτοκινήτου «στάσης-εκκίνησης» είναι το Citroen C3.

Τα «ήπια» υβριδικά οχήματα διαθέτουν λειτουργία «στάσης-εκκίνησης» όπως περιγράφηκε παραπάνω, αλλά συνήθως χρησιμοποιούν τον ηλεκτροκινητήρα τους και για να κινήσουν το όχημα. Παρόλα αυτά, τα «ήπια» υβριδικά δεν μπορούν να λειτουργήσουν αποκλειστικά με τον ηλεκτροκινητήρα αφού αυτός δεν είναι συνδεδεμένος με το σύστημα μετάδοσης της κίνησης. Αντί αυτού, προσφέρουν πρόσθετη ισχύ μέσω του ηλεκτρικού κινητήρα κατά την διάρκεια λειτουργίας του συμβατικού κινητήρα υπό υψηλό φορτίο, π.χ. κατά τις στιγμές μεγάλης επιτάχυνσης.

Τα «ήπια» υβριδικά έχουν επίσης το πλεονέκτημα της ανάκτησης ενέργειας μέσω του φρεναρίσματος: κατά την διάρκεια του φρεναρίσματος μετατρέπουν μέρος της πλεονάζουσας κινητικής ενέργειας του κινητήρα σε ηλεκτρική ενέργεια, η οποία χρησιμοποιείται για την φόρτιση των συσσωρευτών (μπαταριών).

Ένα παρόμοιο «ήπιο» υβριδικό σύστημα έχει εγκατασταθεί στα μοντέλα Insight και Civic (και Accord σε ορισμένες αγορές) της εταιρείας Honda (Integrated Motor Assist). Το σύστημα της Honda έχει επίσης την δυνατότητα απομόνωσης της λειτουργίας τριών από τους τέσσερις κυλίνδρους του κινητήρα για την αύξηση της απόδοσης. Το υβριδικό Honda Civic εκπέμπει σχεδόν 25% λιγότερο CO<sub>2</sub> σε σύγκριση με ένα όμοιο μη υβριδικό.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [lifeinbalance.gr](http://lifeinbalance.gr)
- Συγγράμματα: Yunus A. Cengel Michael A. Boles, θερμοδυναμική για μηχανικούς, 7η Έκδοση, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη
- [www.fueleconomy.gov](http://www.fueleconomy.gov)
- [www.ecodriving.gr](http://www.ecodriving.gr)
- Βικιπαίδεια: Αεροδυναμική
- Επιστήμη και ζωή Α' Τόμος: Εκδοτικές και Εμπορικές Επιχειρήσεις Χατζηακώβου Α.Ε
- Αποκαλύπτω την επιστήμη: Δύναμη και κίνηση, Εκδόσεις: Βιβλιοσυνεργατική, Δεληθανάσης - Επενδυτές Ε.π.ε