



Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πειραιά

Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών
Τμήμα Μηχανολογίας



ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΚΑΙ ΟΔΗΓΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΟΧΗΜΑΤΟΣ ΤΥΠΟΥ ΚΑΡΤ KART DYNAMICS ANALYSIS

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ : ΓΙΑΚΑΣ ΑΝΔΡΕΑΣ

AP MHTPQOY: 34601

ΕΞΑΜΗΝΟ: ΙΕ

ΣΠΟΥΔ. ΕΤΟΣ: 2013-14

ΔΙΔΑΣΚΩΝ – ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: Κος ΤΣΟΛΑΚΗΣ ΑΝΤΩΝΙΟΣ

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ
ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

781
M/X/M

Εφαρμογών
τεχνολογίας

ΑΣ

ΠΑΜΑΤΕΑ

MHX/ΓΟΝ ΜΗΧ/ΚΟΝ

Ευχαριστίες

Για την πραγματοποίηση της διπλωματικής μου εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου ΚοΤσολάκη Αντώνιο , που μου έδωσε την ευκαιρία να ασχοληθώ με το εν λόγω αντικείμενο. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω και κάποιους ανθρώπους που συντέλεσαν στην πορεία μου στους αγώνες καρτ. Τους γονείς μου για την οικονομική υποστήριξη που μου προσέφεραν , τον αδερφό μου ιδιαίτερα για την τεχνική και ψυχολογική του υποστήριξη , τους Αντωνιάδη Ιωάννη , Γαβαλά Ευάγγελο , Λαζαράκο Γιώργο , Ζώγκο Χαράλαμπο , Γαλάτση Δημήτρη , που με την πείρα τους και τις γνώσεις τους με βοήθησαν να αποκτήσω γνώσεις γύρω από το καρτ τους αγώνες αλλά και για τον μηχανοκίνητο αθλητισμό γενικότερα. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την KALMANMOTORSPORTSKMS και τον ΚοPeterKalman , που μου έδωσαν τη δυνατότητα να λάβω μέρος σε κάποιους αγώνες στο εξωτερικό και να αποκομίσω σπουδαίες εμπειρίες και γνώσεις.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΘΕΩΡΙΑ ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΤΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

1.1 ΚΙΝΗΣΗ ΤΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ

- 1.1.1 ΠΩΣ ΚΙΝΕΙΤΑΙ ΤΟ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟ**
- 1.1.2 ΓΙΑΤΙ ΣΤΡΙΒΕΙ ΤΟ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟ**
- 1.1.3 ΓΙΑΤΙ ΣΤΡΙΒΕΙ ΤΟ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟ**
- 1.1.4 ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΤΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ**

1.2 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΤΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΥΤΩΝ

- 1.2.1 ΑΝΑΓΚΗ ΓΙΑ ΕΛΕΓΧΟ ΤΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ**
- 1.2.2 ΤΡΟΠΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ**

- A) Κατανομή Βάρους
- B) Ελαστικά
- Γ) Ανάρτηση
- Δ) Ackerman
- E) Σύγκλιση - Απόκλιση(Toe change) – Roll Steer
- ΣΤ) Camber
- Ζ) Caster

1.2.3 ΣΥΝΟΨΙΖΟΝΤΑΣ

2. ΚΑΡΤ – ΓΕΝΙΚΑ

- 2.1 ΣΑΣΣΙ**
- 2.2 ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΕΔΗΣΗΣ**
- 2.3 ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗΣ**
- 2.4 ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ**
- 2.5 ΜΕΤΑΔΟΣΗ**
- 2.6 ΕΛΑΣΤΙΚΑ**
- 2.7 ΤΗΛΕΜΕΤΡΙΑ**
- 2.8 ΑΓΩΝΕΣ**
- 2.9 ΕΞΑΡΤΥΣΗ ΟΔΗΓΟΥ**
- 2.10 ΚΑΡΤ - ΣΧΟΛΕΙΟ ΟΔΗΓΗΣΗΣ**

3. KAPT SET-UP

3.1 ΒΑΣΙΚΑ ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ KAPT

- A) ΠΛΑΙΣΙΟ
- B) ΕΛΛΕΙΨΗ ΔΙΑΦΟΡΙΚΟΥ
- Γ) HR/T
- Δ) ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΒΑΡΟΥΣ
- Ε) ΥΠΕΡΚΡΑΤΗΜΑ (STICK – SLIP EFFECT)

3.2 ΡΥΘΜΙΣΕΙΣ 'SET-UP' ΤΟΥ KAPT

3.2.1 ΜΑΛΑΚΟ SET-UP (SOFT SETTINGS)

- A) Πλαίσιο
- B) Επιλογή και τοποθέτηση καθίσματος
- Γ) Μπαράκια Καθίσματος
- Δ) Άξονας
- Ε) Ρουλεμάν άξονα
- ΣΤ) Μετατρόχιο (άνοιγμα τροχών εμπρός – πίσω)
- Ζ) Τσοκ (εμπρός – πίσω)
- Η) Αντιστρεπτικές
- Ι) Ύψος σασσί (πίσω - εμπρός)
- ΙΑ) Γωνία Ackerman
- ΙΒ) Camber
- ΙΓ) Caster
- ΙΔ) Σύγκλιση - Απόκλιση (Toe change) – Roll Steer
- ΙΕ) Προφυλακτήρες
- ΙΣΤ) Ζάντες
- ΙΖ) Πιέσεις Ελαστικών

3.2.2 ΣΚΛΗΡΟ SET-UP (HARD SETTINGS)

3.2.3 ΒΡΟΧΙΝΟ SET-UP (RAIN SETTINGS)

3.2.4 ΣΥΝΟΨΙΖΟΝΤΑΣ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Αντικείμενο αυτής της ανάλυσης είναι η δυναμική και οδηγική συμπεριφορά οχήματος τύπου καρτ.

Η ανάλυση αυτή θα αποτελείται από δύο μέρη. Στο πρώτο μέρος θα παρουσιάσουμε τους Νόμους της Δυναμικής Οχημάτων και πως αυτοί καθορίζουν τη συμπεριφορά κάθε τροχοφόρου οχήματος. Στο δεύτερο μέρος αρχικά θα περιγράψουμε τις τεχνικές προδιαγραφές ενός οχήματος τύπου καρτ. Στη συνέχεια θα προσπαθήσουμε να αιτιολογήσουμε μέσω των Νόμων της Δυναμικής Οχημάτων πώς αλλάζοντας τις ρυθμίσεις 'set-up' του καρτ αλλάζουμε τη συμπεριφορά του. Παράλληλα θα προσπαθήσουμε να ορίσουμε το ρόλο του οδηγού στη συνολική δυναμική και οδηγική συμπεριφορά του καρτ.

Απώτερος στόχος αυτής της ανάλυσης είναι να γίνει αντιληπτό από τον αναγνώστη ότι η ρύθμιση της συμπεριφοράς οποιουδήποτε αγωνιστικού οχήματος, στην προκειμένη περίπτωση του καρτ, αποτελεί έναν συμβιβασμό (χρυσή τομή), σταθερών και αστάθμητων παραγόντων. Προκειμένου να επιτευχθεί αυτός ο συμβιβασμός θα πρέπει άνθρωπος και μηχανή να λειτουργήσουν σαν αμφίδρομο σύνολο, στο οποίο τον πρώτο λόγο θα έχει ο οδηγός. Το καρτ λοιπόν όπως και κάθε άλλη μορφή μηχανοκίνητου αθλητισμού απαιτεί από τον οδηγό αυτό το ρόλο, κάτι το οποίο στην πορεία του δίνει ένα εξαιρετικά υψηλό οδηγικό και τεχνικό υπόβαθρο.

INTRODUCTION

The subject of this analysis is the Dynamic and Driving behavior of a racing kart.

The analysis consists of two chapters. In chapter one our purpose is the presentation of the Law Of Vehicle Dynamics and how they determine the behavior of any vehicle in general. In chapter two we will present the main technical specifications of a racing kart. Through the process we will try to justify how Vehicle Dynamics act on the behavior of the kart on the track according to it's set-up, by including the drivers role.

Basic aim of this analysis is to demonstrate that the set-up of any racing vehicle, in this case a kart is a compromise of various variable and non variable factors. In order to achieve this compromise man and machine must unite and function as one, the driver being in charge of the situation. So karting as any other form of motorsports requires a constant interactive feedback between vehicle and driver, constantly providing the latter with a high driving and technical background.

1. ΘΕΩΡΙΑ ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΤΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

1.1 ΚΙΝΗΣΗ ΤΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ

1.1.1 ΠΩΣ ΚΙΝΕΙΤΑΙ ΤΟ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟ

Τα οχήματα κατατάσσονται σε δύο κατηγορίες, όσον αφορά τον τρόπο κίνησής τους.

Α) οχήματα στα οποία η αντίδραση παράγεται μέσω της αφαίρεσης μάζας του οχήματος προς την αντίθετη κατεύθυνση της κίνησής του π.χ πύραυλος.

Β) οχήματα στα οποία οι δυνάμεις αντίδρασης επιδρούν από εξωτερικές μάζες όπως νερό, αέρας, έδαφος, δηλαδή σκάφη, αεροπλάνα, αυτοκίνητα αντίστοιχα.

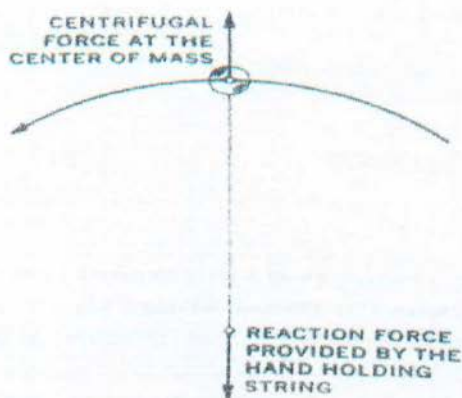
Το αυτοκίνητο συγκεκριμένα μεταβάλλει την ταχύτητα και την κατεύθυνσή του μέσω της αντίδρασής του με το έδαφος. Αυτές οι δυνάμεις αντίδρασης παράγονται και περιορίζονται ταυτόχρονα από την τριβή των ελαστικών, το μόνο σημείο επαφής του αυτοκινήτου με το δρόμο. Συνεπώς οτιδήποτε αφορά τη δυναμική και το κράτημα του αυτοκινήτου σχετίζεται άμεσα με τα ελαστικά.

1.1.2 ΠΙΑΤΙ ΣΤΡΙΒΕΙ ΤΟ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟ

Προκειμένου ένα όχημα να είναι αποδοτικό στην οδήγηση θα πρέπει να μπορεί να μεταβάλλει αποτελεσματικά την ταχύτητά του και την κατεύθυνσή του. Σύμφωνα με τον 1^ο νόμο του Νεύτωνα κάθε μάζα (αυτοκίνητο) μέσω της μεταβολής της ταχύτητάς του ή της κατεύθυνσής του θα πρέπει να δέχεται κάποια εξωτερική δύναμη. Επίσης για κάθε δύναμη πρέπει να υπάρχει μία ίση και αντίθετη φοράς. Αυτοί οι δύο βασικοί νόμοι χαρακτηρίζουν και τα αυτοκίνητα.

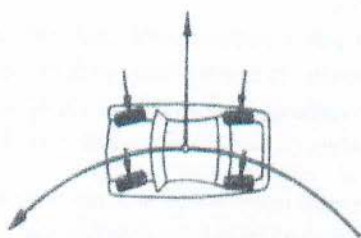
Για να γίνουν όλα αυτά πιο κατανοητά ας υποθέσουμε ότι έχουμε μία μπάλα δεμένη με ένα σχοινί την οποία αρχίζουμε να περιστρέφουμε γύρω από τον εαυτό μας. Σε αυτή την περίπτωση η μπάλα θα αρχίσει να διαγράφει μία κυκλική τροχιά με κέντρο περιστροφής το σώμα μας και ακτίνα το μήκος του χεριού συν το μήκος του σχοινιού. Επειδή η κατεύθυνση της μπάλας μεταβάλλεται συνεχώς αναπτύσσεται συνεχώς μία φυγόκεντρος δύναμη, παράλληλη με το χέρι και διαμέσου του κέντρου μάζας της μπάλας. Η δύναμη αντίδρασης είναι το σχοινί

το οποίο δεν αφήνει τη μπάλα να φύγει από τον κύκλο και να πετάξει εφ'απτομενικά εκτός ελέγχου.

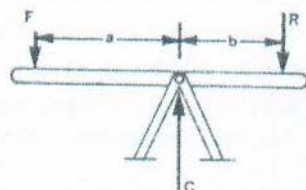


ΣΧΗΜΑ 1.1.2.α

Εάν τώρα στο παραπάνω παράδειγμα (ΣΧΗΜΑ 1.1.2.α) στη θέση της μπάλας βάλουμε ένα αυτοκίνητο που διαγράφει ένα κύκλο η φυγόκεντρος δύναμη παραμένει ίδια όντας μία δύναμη η οποία σπρώχνει από το κέντρο του κύκλου προς τα έξω, σε μία ευθεία γραμμή μέσω του κέντρου μάζας του αυτοκινήτου. Σε αυτή την περίπτωση το σχοινί αντικαθίσταται από τα ελαστικά του αυτοκινήτου τα οποία παρέχουν την απαιτούμενη δύναμη αντίδρασης μέσω της τριβής τους με το έδαφος. Όσο η συνολική δύναμη αντίδρασης που παράγεται από την τριβή των τεσσάρων ελαστικών ισούται με την φυγόκεντρο που παράγεται από το αυτοκίνητο καθώς αυτό διαγράφει τον κύκλο το αυτοκίνητο θα συνεχίσει να διαγράφει τον κύκλο. Εάν όμως η φυγόκεντρος δύναμη ξεπεράσει τη συνολική δύναμη αντίδρασης που παράγεται από τα ελαστικά, το αυτοκίνητο θα φύγει από τον κύκλο όπως ακριβώς η μπάλα απ' το σκοινί. Συνοψίζοντας για να παραμείνει ένα αυτοκίνητο σε ισορροπία θα πρέπει $\Sigma F=0$. Αυτό όμως δεν αρκεί. Θα πρέπει και $\Sigma P=0$.



ΣΧΗΜΑ 1.1.2.β



FORCES MUST BALANCE $F + R = C$
MOMENTS MUST BALANCE $Fxa = Rxb$

ΣΧΗΜΑ 1.1.2.γ

Τα παραπάνω σχήματα (ΣΧΗΜΑ 1.1.2.α,β,γ) και οι νόμοι είναι ουσιαστικά η γνώση μας όσον αφορά τη Δυναμική των Οχημάτων. Εάν όμως όλα άρχιζαν και τελείωναν εκεί ο σχεδιασμός των αυτοκινήτων θα ήταν όπως ακριβώς μία οποιαδήποτε επιστήμη και απλά εφαρμοσμένα μαθηματικά. Στην πραγματικότητα και στην πράξη όμως υπεισέρχονται και άλλοι παράγοντες οι οποίοι περιυπλώνουν την κατάσταση. Τέτοιοι είναι τα χαρακτηριστικά των ελαστικών. Προκειμένου να κατανοήσει κανείς τη συμπεριφορά των αυτοκινήτων, θα πρέπει να γνωρίζει τα χαρακτηριστικά τριβής των ελαστικών και τα ελαστικά χαρακτηριστικά των ελαστικών. [VEHICLE HANDLING AND CONTROL (SELECTED TECHNICAL PAPERS) – WHAT MAKE CARS HANDLE? JIM HALL, DAVID E.DAVIS JR. 1965 ZIFF – DAVIS PUBLISHING CO.]

1.1.3 ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΤΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ

Ένα αυτοκίνητο μπορεί να κινηθεί κατά τον άξονα Χ (επιτάχυνση – φρενάρισμα). Η ώθηση του κινητήρα θα δώσει στο αυτοκίνητο την επιτάχυνση, ενώ αντιθέτως τα φρένα θα το επιβραδύνουν. Κατά τον άξονα Ζ (στρίψιμο). Στρίβοντας ο οδηγός το τιμόνι θα αλλάξει τη διεύθυνση των τροχών, κάτι το οποίο θα αλλάξει την κατεύθυνση του αυτοκινήτου. Κατά τον άξονα Υ (ανωμαλίες οδοστρώματος). Σε αυτή την ανάλυση δεν θα επεκταθούμε εκτενώς σε αυτό το κομμάτι, καθώς είναι ένας τομέας που απαιτεί δοκιμές μετρήσεις και προσομοιώσεις. Η ανάλυση αυτή περιορίζεται σε θεωρητικό επίπεδο. Ωστόσο για ακαδημαϊκούς λόγους θα αναφέρουμε εν συντομία κάποια πράγματα.

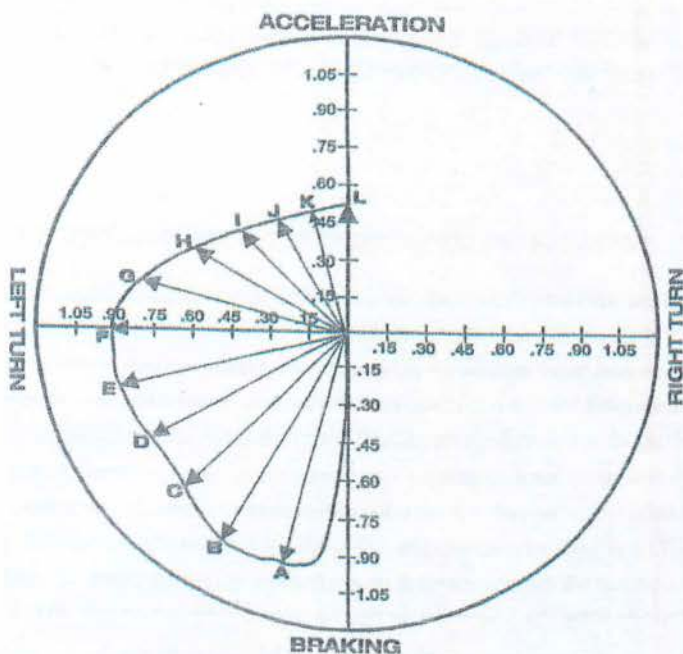
Η μετατόπιση του αυτοκινήτου κατά τον άξονα Υ έχει την ιδιαιτερότητα να εφαρμόζεται εντελώς ακανόνιστα (ανωμαλίες οδοστρώματος), καθώς επίσης και ανεξάρτητα σε κάθε τροχό όσον αφορά την ένταση, τη διάρκεια και τη συχνότητα. Κάθε φορά όμως που εφαρμόζεται μία κάθετη δύναμη σε έναν τροχό αυτός επιβραδύνεται. Έχουμε λοιπόν Δυναμική μεταβολή του κάθετου φορτίου συνεπώς και της τριβής. Λαμβάνοντας υπ' όψιν τις παραπάνω ιδιαιτερότητες

, αντιλαμβάνεται κανείς ότι ο έλεγχος και η εξισορρόπηση αυτών των δυνάμεων είναι μία υπόθεση που είναι πολύ δύσκολο να μετρηθεί. Πρέπει όμως να λαμβάνεται υπ' όψιν , καθώς επηρεάζει σημαντικά τη συμπεριφορά του αυτοκινήτου και το καθιστά κατά κύριο λόγο ασφαλές. Παράλληλα το αυτοκίνητο μπορεί να περιστραφεί και γύρω από κάθε έναν από αυτούς τους άξονες. Ωστόσο αυτό είναι κάτι που θα αναλύσουμε στη συνέχεια.

Από τη στιγμή που το αυτοκίνητο κινείται κάθε μεταβολή της κινητικής του κατάστασης σε οποιονδήποτε από αυτούς τους άξονες , αποτελεί μία επιταχυνόμενη κίνηση. Αυτή η επιταχυνόμενη κίνηση πολλές φορές επιδρά σε παραπάνω από έναν άξονα ταυτόχρονα. Επομένως οι δυνάμεις και οι ροπές που αναπτύσσονται στο αυτοκίνητο είναι διαρκώς μεταβαλλόμενες. Είναι δηλαδή Δυναμικά Φορτία.

Πρωταρχικό ρόλο στον έλεγχο των Δυναμικών Φορτίων παίζει ο οδηγός , καθώς είναι αυτός που ελέγχει το αυτοκίνητο. Η οδήγηση του οδηγού αποτελεί αλληλένδετο κομμάτι της δυναμικής του αυτοκινήτου και κάθε οχήματος και ανάλογα με το επίπεδό του μπορεί να την επηρεάσει πολύ ή λίγο και προς τη σωστή ή λάθος κατεύθυνση. Αναφερόμαστε σε αυτό το αρχικό σημείο στο ρόλο του οδηγού προκειμένου αυτή η ανάλυση να έχει μία πιο ολοκληρωμένη προσέγγιση και να γίνει κατανοητό ότι αυτοκίνητο και οδηγός λειτουργούν σαν σύνολο. Και καθώς το αντικείμενό της είναι το καρτ , ένα αγωνιστικό όχημα το οποίο απαιτεί αγωνιστική οδήγηση , ο ρόλος του οδηγού αποκτά ακόμα μεγαλύτερη βαρύτητα.

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗΣ - ΟΔΗΓΗΣΗΣ



ΣΧΗΜΑ 1.1.3

Στο παραπάνω σχήμα (ΣΧΗΜΑ 1.1.3) απεικονίζεται ένα διάγραμμα το οποίο δείχνει την μεταβολή της κινητικής κατάστασης (επιτάχυνση) ενός αυτοκινήτου, που επιφέρουν οι εντολές του οδηγού. Πιο συγκεκριμένα έχουμε επιβράδυνση κατά το φρενάρισμα (άξονας Υ), στρίψιμο (άξονας Χ), επιτάχυνση (άξονας Υ). Αναπαριστά ουσιαστικά μία στροφή. Η γραμμή πάνω στην οποία βρίσκονται τα γράμματα, υποδεικνύει το όριο πρόσφυσης των ελαστικών. Στο σημείο:

- A) το αυτοκίνητο φρενάρει μόνο.
- B) το αυτοκίνητο φρενάρει και στρίβει ταυτόχρονα.
- C - E) το αυτοκίνητο σταδιακά ελαττώνει το φρενάρισμα και αυξάνει το στρίψιμο.
- F) το αυτοκίνητο στρίβει μόνο.
- F - K) το αυτοκίνητο σταδιακά ελαττώνει το στρίψιμο και αυξάνει την επιτάχυνση.
- L) το αυτοκίνητο επιταχύνει μόνο.

Όσο πιο κοντά βρίσκεται το σύνολο αυτοκίνητο – οδηγός πάνω στη γραμμή που ορίζουν τα σημεία (όρια πρόσφυσης των ελαστικών) , τόσο πιο αποδοτικό είναι το σύνολο. Αυτό το διάγραμμα αποτελεί και την ουσία της ανάλυσης που κάνουμε.[KARTDRIVINGTECHNIQUES – JIMHALLII , STEVESMITH , COPYRIGHT 1999 PUBLISHEDBYSTEVESMITHAUTOSPORTS]

1.2 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΤΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΥΤΩΝ

Προηγούμενως κάναμε λόγο για το πώς μπορεί να κινηθεί ένα αυτοκίνητο και ποιοι είναι οι βασικοί νόμοι που μπορούν να το κάνουν να στρίψει. Επίσης δείξαμε ότι κατά την κίνησή του οι δυνάμεις και οι ροπές που επενεργούν σε αυτό μεταβάλλονται δυναμικά και κάναμε μία συνοπτική αναφορά στο ρόλο που έχει ο οδηγός στη μεταβολή αυτών. Επομένως ένα μέρος της κίνησης του αυτοκινήτου διέπεται από τους θεμελιώδεις νόμους της Φυσικής , οι οποίοι είναι अपαράβατοι. Σε αυτό το κομμάτι θα αναφερθούμε στις παραμέτρους (εκτός του οδηγού) τις οποίες μπορούμε να ελέγχουμε , προκειμένου όλη αυτή η Δυναμική μεταβολή να γίνει κατά το βέλτιστο δυνατό τρόπο. Με τον όρο βέλτιστο δυνατό τρόπο εννοούμε ένα Ι.Χ αυτοκίνητο για το μέσο οδηγό το οποίο θα έχει μία οδική συμπεριφορά η οποία θα του προσφέρει ασφάλεια και άνεση και για τον οδηγό αγώνων μία οδική συμπεριφορά η οποία θα του προσφέρει ταχύτητα , το οποίο συνεπάγεται την ασφάλεια.

1.2.1 ΑΝΑΓΚΗ ΓΙΑ ΕΛΕΓΧΟ ΤΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ

Το αυτοκίνητο όντας κάτι υλικό έχει μάζα (m). Από τη στιγμή που θα αρχίσει να κινείται όπως προαναφέραμε επιδρά στη μάζα του η επιτάχυνση (g). Εξ ορισμού λοιπόν το βάρος του αυτοκινήτου κατά την κίνησή του δίνεται από τη σχέση $B=m \cdot g$. Αναφερόμαστε αναλυτικά σε αυτή τη θεμελιώδη σχέση, λόγω Δυναμικής μεταβολής των δυνάμεων. Επίσης το αυτοκίνητο έχει τέσσερα σημεία επαφής με το οδόστρωμα τα ελαστικά. Μέσω αυτών μπορούν να του ασκηθούν οι δυνάμεις τριβής και αντίστροφα να ασκήσει το απαιτούμενο φορτίο (βάρος) στα ελαστικά για να παραχθούν οι απαιτούμενες δυνάμεις τριβής.

Αυτές οι δύο είναι οι βασικές παράμετροι τις μπορούμε και πρέπει να ελέγξουμε ούτως ώστε το αυτοκίνητο να γίνει αποδοτικό. Ωστόσο μία τρίτη παράμετρος είναι η αεροδυναμική, με την οποία μπορούμε ουσιαστικά να πολλαπλασιάσουμε και να κατανήσουμε το βάρος. Είναι όμως μία παράμετρος στην οποία δεν θα αναφερθούμε εκτενέστερα, καθώς αυτή η ανάλυση ειδικεύεται στο καρτ το οποίο είναι ένα όχημα στο οποίο η αεροδυναμική δεν επιδρά.

1.2.2 ΤΡΟΠΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ

Προηγουμένως αναφερθήκαμε στις βασικές παραμέτρους (βάρος, ελαστικά) τις οποίες μπορούμε να ελέγξουμε. Υπάρχουν φυσικά και πολλές άλλες παράμετροι τις οποίες θα εξετάσουμε και θα αναλύσουμε στη συνέχεια. Επιγραμματικά τις αναφέρουμε. Κατανομή βάρους, ελαστικά, ανάρτηση, Ackerman, caster, camber, toe.

A) Κατανομή Βάρους

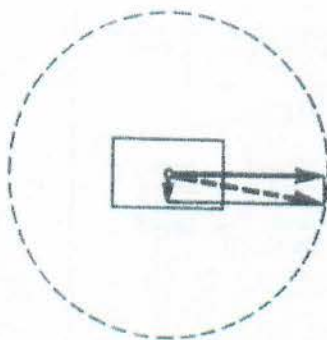
Όπως αναφέραμε και προηγουμένως η δυναμική του οχήματος εξαρτάται τόσο από την κατανομή των μαζών (m) όσο και από την επιτάχυνση ($B=m \cdot g$). Οι δυνάμεις επιτάχυνσης (g) (γκάζι, φρένο, στρίψιμο), αλλάζουν την κατανομή των κάθετων και εγκάρσιων δυνάμεων που ασκούν τα λάστιχα. Κατανέμοντας τη μάζα (m) ανάλογα μπορούμε να επηρεάσουμε την κατανομή των κάθετων και εγκάρσιων αυτών δυνάμεων, κατά τον βέλτιστο δυνατό τρόπο. Η επιτάχυνση μετατοπίζει το βάρος από εμπρός προς τα πίσω, ενώ η επιβράδυνση από πίσω προς τα εμπρός. Είναι σημαντικό να επισημάνουμε ότι οι δυνάμεις αυτές μεταβάλλονται χωρίς να μεταβάλλεται η κατανομή των μαζών. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να αλλάζει η ισορροπία του οχήματος, διότι αλλάζει η κατανομή των δυνάμεων σε κάθε σημείο του, χωρίς να αλλάζει το κέντρο μάζας. Όλη αυτή η μεταφορά δυνάμεων και ΟΧΙ μάζας επιδρά άμεσα στα ελαστικά και είναι αλληλένδετη με τα χαρακτηριστικά τους.

Σε ένα αυτοκίνητο το περισσότερο συγκεντρωμένο βάρος βρίσκεται εκεί που βρίσκεται ο κινητήρας και κατά δεύτερον η μετάδοση. Συνεπώς η τοποθέτηση του κινητήρα παίζει καθοριστικό ρόλο στην κατανομή του βάρους. Γενικά όσο πιο πολύ συγκεντρωμένο στο κέντρο και χαμηλά είναι το βάρος τόσο καλύτερα θα συμπεριφέρεται ένα αυτοκίνητο για λόγους τους οποίους θα δούμε στη συνέχεια. Οι τρόποι διάταξης αυτών των μηχανικών μερών είναι πολλοί (κινητήρας – κιβώτιο εμπρός, κινητήρας εμπρός – κιβώτιο πίσω, κινητήρας – κιβώτιο πίσω, κινητήρας – κιβώτιο κέντρο κλπ). Κάθε μία από αυτές έχει τα πλεονεκτήματά της και τα μειονεκτήματά της. Τα πιο βασικά από αυτά θα τα αναλύσουμε στη συνέχεια. Έχει επικρατήσει τα περισσότερα αυτοκίνητα παραγωγής Ι.Χ. να έχουν τον κινητήρα εμπρός, ενώ κάποια από τα πιο επιτυχημένα αγωνιστικά έχουν τον κινητήρα κέντρο – πίσω. Σε καμία περίπτωση το ένα δεν αναιρεί το άλλο. Όλα είναι ένας συμβιβασμός. Ωστόσο υπάρχουν και κάποια δευτερεύοντα πλεονεκτήματα από την τοποθέτηση του κινητήρα πίσω. Κυρίως κατασκευαστικής φύσης. Πλεονεκτήματα όπως ο κινητήρας με το σύστημα μετάδοσης μπορούν να είναι ένα εννιαίο κομμάτι η ορατότητα του οδηγού μπορεί να είναι καλύτερη και ένα σασσί με τον κινητήρα πίσω μπορεί να ενισχυθεί όσον αφορά την ακαμψία του μέσω της μετάδοσης.

Β) ΕΛΑΣΤΙΚΑ

- Χαρακτηριστικά τριβής

Όπως αναφέραμε και παραπάνω οποιαδήποτε μεταβολή στην κατεύθυνση και επιτάχυνση δηλαδή στον έλεγχο του αυτοκινήτου οφείλεται στα ελαστικά. Τα ελαστικά είναι το μόνο σημείο επαφής του αυτοκινήτου με το έδαφος και οι δυνάμεις τριβής που αναπτύσσουν με αυτό μας δίνουν τον έλεγχο του οχήματος. Οι δυνάμεις τριβής είναι οι ίδιες προς όλες τις διευθύνσεις. Για παράδειγμα η δύναμη που πρέπει ασκήσουμε σε ένα βιβλίο για να κινηθεί πλαγίως είναι ίδια με αυτήν που πρέπει να ασκήσουμε για να κινηθεί ευθεία ανεξαρτήτως διεύθυνσης της δύναμης.

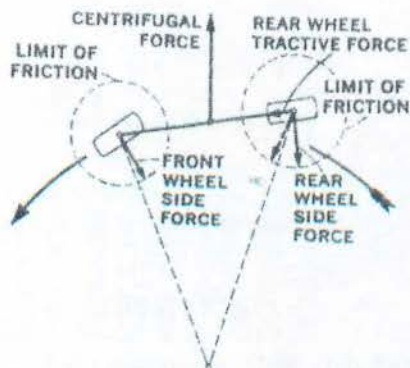


ΣΧΗΜΑ 1.2.2.α

Ας υποθέσουμε ότι στο παραπάνω σχήμα (ΣΧΗΜΑ 1.2.2.α) χρειάζονται 1Kg (10 N) δύναμη για να γλιστρήσει το βιβλίο. Αν ασκήσουμε δύναμη 800gr (8 N) από τα δεξιά δεν θα κινηθεί. Αν όμως ασκήσουμε και άλλη μία δύναμη 200gr (2 N) πλάγια δεξιά το βιβλίο θα κινηθεί προς το βέλος. Αυτό δείχνει ότι η συνισταμένη των δύο δυνάμεων ήταν αρκετή για να υπερνικήσει την δύναμη τριβής του βιβλίου με το τραπέζι και να το κινήσει.

- Αν περισσότερες από δύο δυνάμεις ασκούνται σε ένα σώμα η συνισταμένη τους δεν μπορεί να είναι μεγαλύτερη από το όριο τριβής T_{\max} . Το βέλος είναι η συνισταμένη των ασκούμενων δυνάμεων και ο κύκλος αντιπροσωπεύει το όριο τριβής βιβλίου γραφείου. Καμία δύναμη ή συνισταμένη δυνάμεων δεν μπορεί να ξεπεράσει αυτό το όριο χωρίς να κινηθεί το βιβλίο.

Όπως ακριβώς το βιβλίο-τραπέζι ένα ελαστικό που ολισθαίνει δεν μπορεί να χαράξει ή να διατηρήσει μία πορεία. Αυτό σημαίνει ότι τα ελαστικά ενός αυτοκινήτου πρέπει να περιστρέφονται, να κυλίνουν (ρολλάρουν), για να έχουμε τον έλεγχο του αυτοκινήτου. Αυτό είναι πολύ σημαντικό καθώς τα ελαστικά θα πρέπει να παρέχουν κατευθυντικότητα, πρόσφυση, δυνάμεις πέδησης και εγκάρσιες δυνάμεις (στρίψιμο).

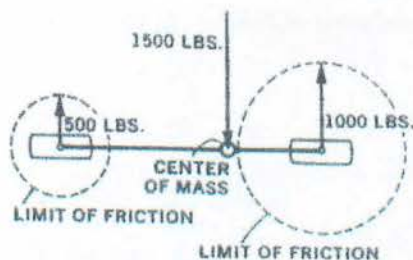


ΣΧΗΜΑ 1.2.2.β

Στο παραπάνω σχήμα (ΣΧΗΜΑ 1.2.2.β) βλέπουμε τις δυνάμεις που ασκούνται σε ένα ελαστικό. Εύκολα παρατηρεί κανείς ότι είναι η ίδια περίπτωση που περιγράψαμε πιο πριν με το βιβλίο. Επαναλαμβάνοντας ότι $\Sigma F \leq T_{\max}$ η ανάλυση δυνάμεων δείχνει ότι η δύναμη πέδησης ή πρόσφυσης περιορίζει την εγκάρσια δύναμη που μπορεί να παράγει ένα λάστιχο. Ωστόσο η δύναμη πρόσφυσης δεν περιορίζει την ικανότητα του ελαστικού να στρίψει το αυτοκίνητο, παίζει όμως σημαντικό ρόλο στην συμπεριφορά του καθώς στρίβει. Εξετάζοντας το σχήμα 1.2.2.β βλέπουμε ότι ασκούνται (1) φυγόκεντρος (2) εγκάρσιες δυνάμεις των εμπρός και πίσω ελαστικών.

Η T_{\max} που αναφέρουμε αφορά ουσιαστικά την συνισταμένη της T . Η ΣT (συντελεστής τριβής, coefficient of friction) ορίζεται ως η δύναμη ολίσθησης/βάρους. Για πρακτικούς λόγους θεωρούμε αυτό το πηλίκο σταθερό ανεξαρτήτως της επιφάνειας και ανεξάρτητο του βάρους. Ενδεικτικά για ελαστικά σε μία φυσιολογική επιφάνεια η $\Sigma T \sim 1.0$. Δηλαδή ένας τροχός που αντέχει κάθετο φορτίο 1000kg αντέχει 1000kg εγκάρσια και ένας που αντέχει 500kg κάθετα αντέχει 500kg εγκάρσια. Ωστόσο ορισμένα αγωνιστικά αυτοκίνητα έχουν $\Sigma T \sim 1.3$.

Θεωρώντας ένα αυτοκίνητο που κινείται οι δυνάμεις επιτάχυνσης (επιτάχυνση, φρενάρισμα, φυγόκεντρος) που δρουν στη μάζα του αυτοκινήτου, κατανέμονται ανάλογα με την κατανομή μαζών του αυτοκινήτου. Αυτό σημαίνει ότι η φυγόκεντρος δύναμη που αναπτύσσεται όταν στρίβει ένα αυτοκίνητο είναι ανάλογη της μάζας του.



ΣΧΗΜΑ 1.2.2.γ

Στο παραπάνω σχήμα (ΣΧΗΜΑ 1.2.2.γ) η φυγόκεντρος δύναμη που θα ασκηθεί στον τροχό 1000kg θα είναι 2πλάσια της δύναμης που θα ασκηθεί στον τροχό 500kg. Αυτό όμως δεν επηρεάζει το T_{max} διότι ο τροχός 1000kg μπορεί να δεχθεί την 2πλάσια εγκάρσια δύναμη του τροχού των 500kg. Σε αυτή την περίπτωση $\Sigma F=0$, $\Sigma P=0$ και το αυτοκίνητο βρίσκεται σε ισορροπία.

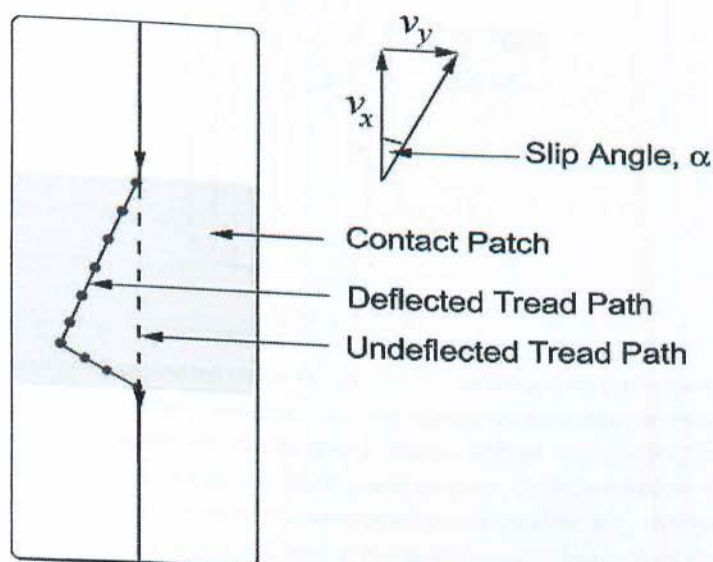
Αυτά όσον αφορά τα χαρακτηριστικά τριβής των ελαστικών. Στη συνέχεια θα αναφερθούμε στα ελαστικά χαρακτηριστικά τους. Αυτός είναι και ο πιο σοβαρός και λιγότερο κατανοητός παράγοντας που επιδρά και επηρεάζει την συμπεριφορά ενός οχήματος σε μία στροφή.

- Ελαστικά χαρακτηριστικά

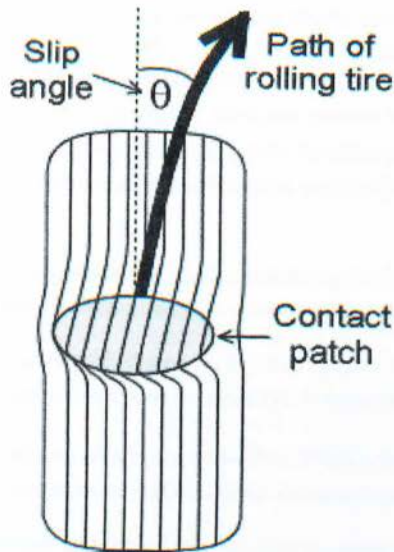
Η τριβή επηρεάζει την συμπεριφορά ενός οχήματος κοντά ή στο όριο εκμετάλλευσής της. Για να γίνει πιο κατανοητό ένας 'ένθουσιώδης' οδηγός έχει φτάσει ή ξεπεράσει αυτό το όριο όταν 'μπαίνει' 'γρήγορα σε μία στροφή', ή 'σπινάρει' τους τροχούς. Ένας 'φυσιολογικός' οδηγός θα πλησιάσει αυτό το όριο, σε περίπτωση αποφυγής ενός ατυχήματος ή σε οδήγηση σε χιόνι ή πάγο ή ολισθηρό οδόστρωμα. Συνεπώς τα ελαστικά χαρακτηριστικά των ελαστικών σχετίζονται άμεσα με τον οδηγό ανεξαρτήτως κατηγορίας.

Ένα ελαστικό στο οποίο ασκείται εγκάρσια δύναμη θα παραμορφωθεί όπως κάθε ελαστικό σώμα. Φανταστείται μία γομολάστιχα την οποία πιέζουμε προς το τραπέζι και ταυτόχρονα θέλουμε να την περιστρέψουμε γύρω από την κατακόρυφο. Εάν το ελαστικό κυλίνεται (ρολλάρει) σε μία τέτοια κατάσταση παραμόρφωσης, θα εκτραπεί από το 'μονοπάτι' το οποίο θα ήταν κανονικά σε ευθεία με τον τροχό. Η γωνία μεταξύ διεύθυνσης του τροχού και 'μονοπατιού' ονομάζεται γωνία ολίσθησης (ΣΧΗΜΑ 1.2.2.δ,δ'). Για να δώσουμε έναν πιο επιστημονικά ορθό όρο, ας παρατηρήσουμε τα παρακάτω σχήματα (ΣΧΗΜΑ 1.2.2.δ,δ'). Γωνία ολίσθησης (slipangle) είναι η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ της διαμήκου μετατόπισης του

τροχού κατά x και της εγκάρσιας μετατόπισης κατά y . Είναι ουσιαστικά η συνισταμένη δύναμη την οποία ασκούν τα ελαστικά για να αλλάξει η διεύθυνση του αυτοκινήτου (όπως κινείται ένα ιστιοπλοϊκό σκάφος).



ΣΧΗΜΑ 1.2.2.6



ΣΧΗΜΑ 1.2.2.δ'

Σε αυτό το σημείο είναι σημαντικό να τονίσουμε ότι αυτό ΔΕΝ σημαίνει ότι το ελαστικό γλιστράει. Αυτό είναι ένα πολύ σημαντικό σημείο και πρέπει να γίνει σαφές ότι οποιαδήποτε αλλαγή στην πορεία 'μονοπάτι' του αυτοκινήτου, επιφέρει αλλαγή στην φυγόκεντρο δύναμη, το οποίο επιφέρει αλλαγή στην παραμόρφωση των ελαστικών, το οποίο επιφέρει αλλαγή στην πορεία του αυτοκινήτου. Αυτή η αλληλεπίδραση μεταξύ γωνίας ολίσθησης, ακτίνας καμπής και φυγόκεντρο δύναμης αποτελεί τη βάση της δυναμικής συμπεριφοράς όλων των τροχοφόρων οχημάτων.

Ποιο συγκεκριμένα εάν η μεταβολή της γωνίας ολίσθησης είναι μεγαλύτερη στους εμπρός τροχούς απ' ό,τι στους πίσω η καμπή μεγαλώνει. Δηλαδή αυξάνεται η ακτίνα και συνεπώς το τόξο. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση της φυγόκεντρο δύναμης κάτι το οποίο επαναφέρει το αυτοκίνητο σε κατάσταση ισορροπίας. Σε αυτή την περίπτωση το αυτοκίνητο είναι 'αυτοελεγχόμενο' με την έννοια ότι θα διαγράψει 'από μόνο του' μία τροχιά, η οποία θα έχει μία ακτίνα τέτοια που θα επιφέρει ισορροπία δυνάμεων. Το περιγράφουμε ως 'αυτοελεγχόμενο', διότι όλη αυτή η διαδικασία είναι ανεξάρτητη από τις αντιδράσεις του οδηγού. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται υποστροφή και επειδή είναι ανεξάρτητη από τις αντιδράσεις του οδηγού θεωρείται και ασφαλής. Αυτό όμως είναι κάτι που δεν ισχύει πάντα στην πράξη, καθώς η ακτίνα που πρέπει να 'φτάσει' να διαγράψει το αυτοκίνητο για να έρθει σε ισορροπία μπορεί να είναι μεγαλύτερη από τα όρια του δρόμου. Σε μία ακραία περίπτωση το αυτοκίνητο θα κινηθεί σχεδόν ευθεία με αποτέλεσμα τη σύγκρουση.

Στην αντίθετη περίπτωση εάν η μεταβολή της γωνίας ολίσθησης είναι μεγαλύτερη στους πίσω τροχούς απ' ότι στους μπροστινούς το αυτοκίνητο δεν θα είναι 'αυτοελεγχόμενο'. Αυτό διότι η μεγαλύτερη γωνία ολίσθησης στους πίσω τροχούς οδηγεί το αυτοκίνητο σε μικρότερη ακτίνα, αυξάνοντας τη φυγόκεντρο δύναμη, η οποία στη συνέχεια μειώνει την ακτίνα κ.ο.κ. Σε μία ακραία περίπτωση κατά την οποία η μεταβολή της γωνίας ολίσθησης στους πίσω τροχούς είναι αρκετά μεγάλη, το αυτοκίνητο θα είναι ανεξέλεγκτο ανεξαρτήτως ικανοτήτων του οδηγού.

Συνοψίζοντας, εάν ο ρυθμός μεταβολής της γωνίας ολίσθησης στους εμπρός τροχούς είναι μεγαλύτερος απ' ότι στους πίσω, η κατάσταση που προκύπτει ονομάζεται υποστροφή.

Εάν ο ρυθμός μεταβολής της γωνίας ολίσθησης στους πίσω τροχούς είναι μεγαλύτερος απ' ότι στους μπροστινούς η κατάσταση που προκύπτει ονομάζεται υπερστροφή.

Εάν ο ρυθμός μεταβολής της γωνίας ολίσθησης είναι ίδιος στους μπροστινούς και πίσω τροχούς, η κατάσταση που προκύπτει ονομάζεται ουδέτερο στρίψιμο.

Αυτές λοιπόν οι τρεις καταστάσεις χαρακτηρίζουν την συμπεριφορά ενός τροχοφόρου οχήματος κατά τη διάρκεια του στριψίματος. Αυτό σε θεωρητικό επίπεδο, γιατί στην πράξη τα πράγματα είναι πολύ διαφορετικά και όχι τόσο ξεκάθαρα.

Οι περισσότεροι όταν περιγράφουν τη συμπεριφορά ενός οχήματος χρησιμοποιούν τις τρεις παραπάνω καταστάσεις που περιγράψαμε. Αυτό δεν είναι εξ' ολοκλήρου λάθος. Αυτό που πρέπει να τονιστεί και να γίνει σαφές είναι ότι αυτές οι καταστάσεις δεν είναι μόνιμες και ανεξάρτητες η μία από την άλλη. Αντιθέτως χρονικά είναι στιγμιαίες και κατά τη διάρκεια μίας στροφής αλληλεπιδρούν και εναλλάσσονται διαρκώς η μία την άλλη. Οπότε όταν λέμε ότι ένα αυτοκίνητο υποστρέφει εννοούμε ότι 'γενικά στον μεγαλύτερο βαθμό' υποστρέφει. Δηλαδή δεν σημαίνει ότι το αυτοκίνητο αυτό δεν μπορεί να υπερστρέψει ή να είναι ουδέτερο. Υπάρχουν δηλαδή βαθμοί αυτών των τριών καταστάσεων, οι οποίοι εξαρτώνται από παράγοντες όπως:

Α) μεταβολή της ταχύτητας

Β) βαθμό πρόσφυσης

Γ) φρενάρισμα

Δ) κατανομή βάρους

και άλλοι.

Η ουδέτερη κατάσταση είναι ένα ιδανικό 'φανταστικό' όριο μεταξύ υπο/υπερστροφής. Θα μπορούσε να πει κανείς ότι η επίτευξη ουδέτερου στριψίματος είναι κάτι 'τυχαίο' και

‘εναλλασσόμενο’, καθώς είναι μία στιγμιαία πολύ λεπτή ισορροπία που επηρεάζεται από πάρα πολλούς αστάθμητους παράγοντες. Συνοψίζοντας δεν υπάρχει υποστρόφη, υπερστρόφη με την ευρύτερη έννοια. Είναι απλά γεγονότα. Γεγονότα τα οποία αντιλαμβάνεται ο οδηγός και μπορεί να ανταποκριθεί ανάλογα με το επίπεδό του. Βάση αυτών των γεγονότων περιμένει να αντιδράσει το αυτοκίνητο όπως εκείνος θέλει και έχει υπολογίσει. Όχι όπως ‘θέλει το αυτοκίνητο’. Αυτή η ‘επικοινωνία’ οδηγού – αυτοκινήτου καθιστά ένα αυτοκίνητο πιο εύκολο ή πιο δύσκολο να οδηγηθεί. Όχι εύκολο ή δύσκολο γενικά. Αυτές οι δύο έννοιες συχνά συγχέονται και μέσω αυτής της ανάλυσης και περιγραφής προσπαθούμε να τις διαχωρίσουμε και ξεκαθαρίσουμε.

Προηγουμένως περιγράψαμε ότι η υπερστρόφη είναι μία κατάσταση κατά την οποία η μεγαλύτερη μεταβολή της γωνίας ολίσθησης των πίσω τροχών, οδηγεί σε μικρότερη ακτίνα στριψίματος το οποίο οδηγεί σε αύξηση της φυγόκεντρου δύναμης, το οποίο οδηγεί και πάλι σε μικρότερη ακτίνα στριψίματος κ.ο.κ. Οστόσο εάν κάθε στιγμιαία αύξηση της φυγόκεντρου δύναμης, επιφέρει αναλογικά μικρότερη μείωση της ακτίνας στριψίματος, τότε το αυτοκίνητο μπορεί να βρεθεί σε κατάσταση ισορροπίας. Αυτή η κατάσταση σε αντίθεση με την ‘κοινή γνώμη’ μπορεί να χαρακτηριστεί ως ‘σταθερή’ υπερστρόφη.

Υπάρχει όμως κάποια ταχύτητα κατά την οποία ο βαθμός υπερστρόφης, όσο μικρός και αν είναι οδηγεί σε αύξηση της στρεπτικής ροπής του αυτοκινήτου. Αύξηση αυτής της στρεπτικής ροπής απαιτεί και μεγαλύτερες οδηγικές ικανότητες. Περαιτέρω αύξηση μπορεί να ξεπεράσει τις ικανότητες του οδηγού. Εάν όμως ο οδηγός μπορεί να ελέγξει αυτή την κατάσταση, η υπερστρόφη σε συγκεκριμένες περιπτώσεις και ορισμένο βαθμό είναι επιθυμητή.

Σε γενικές γραμμές ορίσαμε τις γωνίες ολίσθησης και την βασική τους σχέση με την υπο/υπερστρόφη. Στη συνέχεια θα τις εξετάσουμε πιο λεπτομερώς. Σε αυτό το σημείο θα μπορούσαμε να πούμε ότι εάν δεν υπήρχαν γωνίες ολίσθησης, εάν θεωρητικά τα αυτοκίνητα στρίβανε πάνω σε ράγες, όπως τα τρένα, δεν θα υπήρχαν οι έννοιες υπο/υπερστρόφη. Οι γωνίες ολίσθησης δεν καθορίζονται από την κατανομή βάρους ή την τοποθέτηση του κινητήρα. Αποτελούν τον καθοριστικό παράγοντα του τρόπου με τον οποίο ένα αυτοκίνητο συμπεριφέρεται σε μία στρόφη.

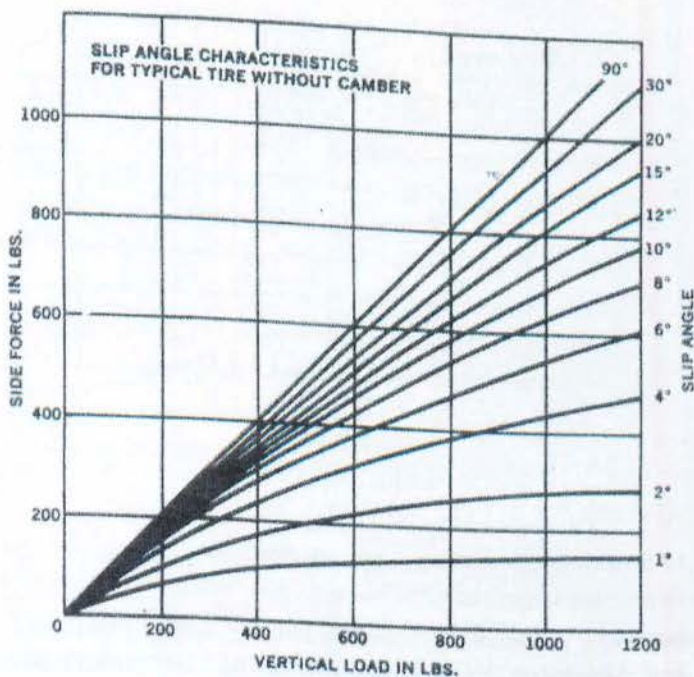
Οι γωνίες ολίσθησης μπορούν να οδηγήσουν το αυτοκίνητο στο να στρίψει ή να εκτραπεί από την πορεία του, ανεξάρτητα από την γωνία στριψίματος των τροχών. Κάποιοι από τους παράγοντες που συντελούν σε αυτό είναι:

- Α) μεταβολή της φυγόκεντρου δύναμης
- Β) μεταβολή των ατμοσφαιρικών συνθηκών (ρεύματα αέρα)
- Γ) μεταβολή της επιφάνειας κύλισης των τροχών

Δ) μεταβολή της επιφάνειας των ελαστικών που έρχονται σε επαφή με το οδόστρωμα, λόγω φόρτισης της ανάρτησης ή λόγω μεταβολής της γεωμετρίας της ανάρτησης.

Ε) μεταβολή της κάθετης δύναμης που ασκείται στους τροχούς λόγω επιτάχυνσης επιβράδυνσης.

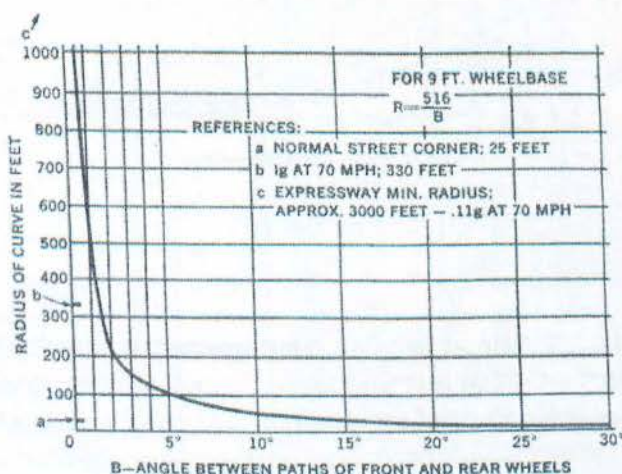
Στ) μεταβολή των εγκάρσιων δυνάμεων εξ' αιτίας της μεταφοράς βάρους. (επιτάχυνση, επιβράδυνση, φυγόκεντρος).



ΣΧΗΜΑ 1.2.2.ε

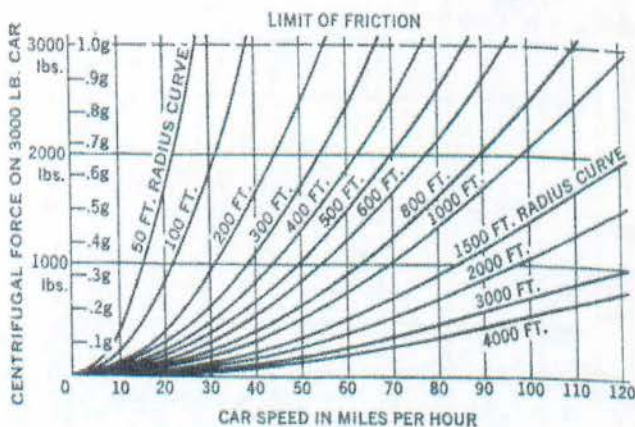
Το παραπάνω διάγραμμα (ΣΧΗΜΑ 1.2.2.ε) δείχνει τη σχέση μεταξύ κάθετης δύναμης (βάρους), εγκάρσιας παραγόμενης δύναμης και γωνίας ολίσθησης. Σε αυτό το σημείο πρέπει να τονιστεί ότι παρόλο που η ικανότητα ενός ελαστικού να δεχθεί εγκάρσια δύναμη, αυξάνεται όσο αυξάνεται η κάθετη δύναμη (βάρους), η γωνία ολίσθησης που προκύπτει αυξάνεται, πλησιάζοντας το όριο πρόσφυσης του ελαστικού.

Ας υποθέσουμε ότι έχουμε ένα τυπικό επιβατικό αυτοκίνητο το οποίο διαγράφει μία πορεία με συνεχώς φθίνουσα ακτίνα στριψίματος. Η αύξηση της φόρτισης των ελαστικών και οι γωνίες ολίσθησης που θα προκύψουν θα καθορίσουν την πορεία του αυτοκινήτου. Εάν υπάρχει διαφορά μεταξύ της κατεύθυνσης των εμπρός και πίσω τροχών, το αυτοκίνητο θα εκτελέσει μία καμπή, η οποία θα μεταβάλλει τη φυγόκεντρο δύναμη, η οποία θα επιφέρει περαιτέρω φόρτιση των ελαστικών, με αποτέλεσμα την αλλαγή της πορείας του αυτοκινήτου.



ΣΧΗΜΑ 1.2.2.στ

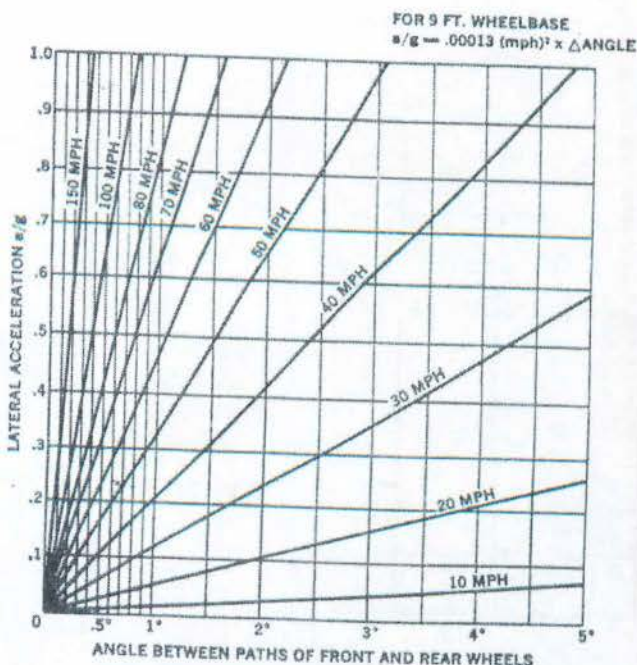
Αυτή η καμπή απεικονίζεται μέσω της καμπύλης στο παραπάνω σχήμα (ΣΧΗΜΑ 1.2.2.στ) και δείχνει τη γωνία μεταξύ της διεύθυνσης των εμπρός και πίσω τροχών ενός αυτοκινήτου 4 μέτρων. Αυτή η γωνία συχνά οδηγεί 'στο στρίψιμο με το πίσω μέρος', ή 'γλίστρημα με τα τέσσερα', ή 'υπερστροφική ισχύος'. Όλα τα παραπάνω είναι όροι που αναφέρονται κυρίως στην αγωνιστική οδήγηση και στα αγωνιστικά αυτοκίνητα. Ουσιαστικά είναι η φυσική συμπεριφορά ενός αυτοκινήτου που στρίβει με μία δεδομένη ταχύτητα. Στην πραγματικότητα δεν υπάρχει γλίστρημα ή υπερστροφή.



ΣΧΗΜΑ 1.2.2.ζ

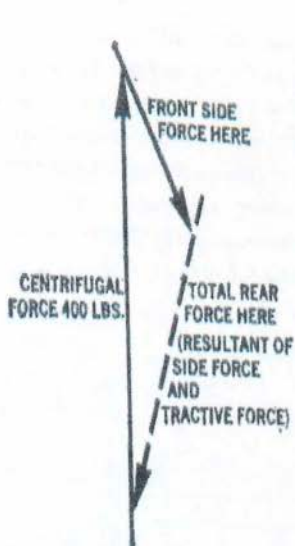
Η καμπύλη στο (ΣΧΗΜΑ 1.2.2.ζ) απεικονίζει την επίδραση της ταχύτητας και της ακτίνας στριψίματος στην φυγόκεντρο δύναμη. Συνδυάζοντας τα διαγράμματα στα σχήματα (1.2.2.στ,ζ) αντιλαμβάνεται κανείς τη σχέση μεταξύ της διαφοράς των γωνιών κατεύθυνσης 'μονοπατιού' των εμπρός – πίσω τροχών της φυγόκεντρου δύναμης και της ταχύτητας του αυτοκινήτου. Όσο αυξάνεται η ταχύτητα η διαφορά των γωνιών ολίσθησης εμπρός – πίσω μειώνεται (ΣΧΗΜΑ 1.2.2.στ). Παράλληλα για να βρίσκονται τα ελαστικά εντός των ορίων πρόσφυσής τους η ακτίνα της στροφής αυξάνεται (ΣΧΗΜΑ 1.2.2.ζ). Παρατηρώντας κανείς προσεκτικά αυτά τα δύο διαγράμματα μπορεί να αντιληφθεί πόσο σημαντικά είναι τα χαρακτηριστικά των ελαστικών όταν ένα αυτοκίνητο στρίβει, αλλά και στη γενικότερή του συμπεριφορά.

Ας υποθέσουμε ότι έχουμε ένα αυτοκίνητο το οποίο κινείται με 120 χλμ/ώρα διαγράφοντας μία καμπή. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την παραγωγή μίας εγκάρσιας επιτάχυνσης των 0.15 g. Σε αυτή την περίπτωση η διαφορά των 'μονοπατιών' των εμπρός – πίσω τροχών είναι μόλις ¼ της μοίρας. Εάν λόγω μίας απότομης κίνησης στο τιμόνι η γωνία ολίσθησης των πίσω τροχών αυξηθεί στα ¾ της μοίρας τότε η εγκάρσια επιτάχυνση θα αυξηθεί στα 0.62 g, τιμή η οποία σχεδόν εξαντλεί τα όρια ελέγχου οποιουδήποτε επιβατικού αυτοκινήτου (ΣΧΗΜΑ 1.1.2.η).

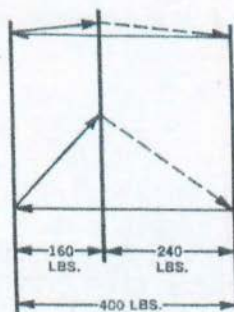
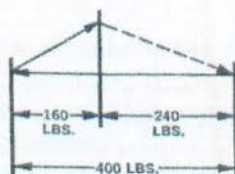


ΣΧΗΜΑ 1.2.2.η

Για να γίνει ακόμα πιο κατανοητό ας χρησιμοποιήσουμε ένα πιο εκτεταμένο παράδειγμα με κάποιες πολύ απλές μαθηματικές πράξεις. Ας υποθέσουμε ότι έχουμε ένα βαρύ (1500kg) αυτοκίνητο οπισθόβαρης κατανομής 40/60 (600kg/900kg). Υποθέτουμε ότι αυτό το αυτοκίνητο διαγράφει ένα κύκλο με ταχύτητα η οποία παράγει μία φυγόκεντρο δύναμη ίση με 400kg ή 0.267% του συνολικού βάρους (1500kg). Αυτή η φυγόκεντρος περιγράφεται αλλιώς ως εγκάρσια επιτάχυνση 0.267g. Η συνισταμένη δύναμη στους εμπρός τροχούς θα είναι $0.267g * 600kg = 160kg$ και $0.267g * 900kg = 240kg$ στους πίσω. Η ανάλυση αυτών των δυνάμεων περιγράφεται στα σχήματα (1.2.2.θ,ι).



ΣΧΗΜΑ 1.2.2.0



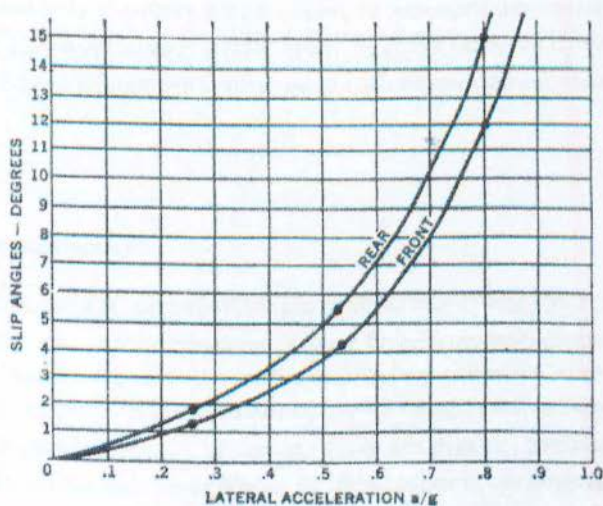
ΣΧΗΜΑ 1.2.2.1

Παρατηρούμε ότι οι εγκάρσιες δυνάμεις που ασκούνται στα ελαστικά πρέπει να είναι μεγαλύτερες από τις δυνάμεις ισορροπίας. Η δύναμη ισορροπίας των 160kg στους εμπρός τροχούς είναι η συνιστώσα της εμπρός εγκάρσιας δύναμης παράλληλη με την φυγόκεντρο.

Το πόσο μεγάλη θα πρέπει να είναι η εγκάρσια δύναμη εξαρτάται από την γωνία στριψίματος των τροχών. Εξαρτάται δηλαδή από το συνημίτονο της γωνίας. Αυτή η γωνία είναι πολύ σημαντική σε μεγάλες γωνίες ολίσθησης ή αλλιώς μικρούς κύκλους (πολύ στριμμένο τιμόνι) και λιγότερο σημαντική σε μικρές γωνίες ολίσθησης ή μεγάλους κύκλους (λίγο στριμμένο τιμόνι). Ας υποθέσουμε τώρα ότι έχουμε ισορροπία δυνάμεων. Δηλαδή η εγκάρσια δύναμη που παράγεται λόγω στριψίματος είναι ίση με την εγκάρσια δύναμη που μπορούν να δεχθούν τα ελαστικά. Τότε για τους εμπρός τροχούς με 600kg κάθετης δύναμης και 160Kg εγκάρσιας δύναμης θα έχουμε γωνία ολίσθησης 1.4° (ΣΧΗΜΑ 1.2.2.ε) και για τους πίσω με 900Kg κάθετης δύναμης και 240Kg εγκάρσιας δύναμης θα έχουμε γωνία ολίσθησης 1.8° . Πιο απλά το αυτοκίνητο από ευθεία γραμμή για να διαγράψει μία καμπή με εγκάρσια δύναμη 0.267g, θα πρέπει οι γωνίες ολίσθησης να γίνουν 1.4° εμπρός και 1.8° πίσω. Βλέπουμε ότι η γωνία ολίσθησης των πίσω τροχών είναι μεγαλύτερη. Αυτό συμβαίνει διότι 'ένα ποσό υπερστροφής',

δηλαδή μία ελαφρώς μεγαλύτερη εγκάρσια μετατόπιση των πίσω ελαστικών βοηθάει το αυτοκίνητο να στρίψει σε μικρότερο κύκλο.

Υποθέτουμε τώρα ότι με το ίδιο αυτοκίνητο στην ίδια καμπή αυξάνεται η ταχύτητα, η οποία αυξάνει τη φυγόκεντρο κατά ακόμα 400Kg (800kg/1500kg) ή 0.533g. Αυτή η αύξηση θα παράγει μία εγκάρσια δύναμη $0.533g * 600kg = 320kg$ εμπρός και $0.533g * 900kg = 480kg$ πίσω. Αυτό θα επιφέρει αύξηση της γωνίας ολίσθησης στις 4° εμπρός και στις 5.5° πίσω. Με 400kg ακόμα φυγόκεντρο δύναμης ή 1200kg συνολικά ή (1200kg/1500kg=0.8g) θα χρειαστούν 480Kg εμπρός και 720kg πίσω και οι γωνίες ολίσθησης θα γίνουν 12° εμπρός και 15° πίσω. Μέσω αυτού του παραδείγματος παρατηρεί κανείς ότι ο βαθμός της υπερτροφής αυξάνεται όσο αυξάνεται η ταχύτητα (ΣΧΗΜΑ 1.2.2.1α).



ΣΧΗΜΑ 1.2.2.1α

Γ) ΑΝΑΡΤΗΣΗ

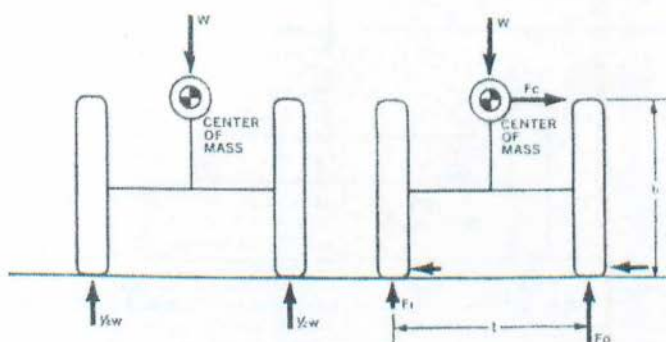
Η λειτουργία της ανάρτησης δεν περιορίζεται μόνο στην εξομάλυνση των ανωμαλιών του οδοστρώματος και στην άνεση που μπορεί να προσφέρει ένα αυτοκίνητο στους επιβάτες. Η γεωμετρία και ο σχεδιασμός της μπορούν να επηρεάσουν σε πολύ μεγάλο βαθμό και με ποικίλους τρόπους τη συμπεριφορά των ελαστικών και συνεπώς του αυτοκινήτου. Τονίζουμε εξ' αρχής ότι οποιαδήποτε αναφορά σε ελατήρια ανάρτησης γίνεται καθαρά για ακαδημαϊκούς λόγους προκειμένου να γίνει ο ρόλος της και η επίδρασή της πιο κατανοητή. Αυτό γιατί η ανάλυση αυτή ειδικεύεται στο καρτ, ένα όχημα το οποίο δεν διαθέτει ελατήρια ανάρτησης. Ωστόσο οι αρχές και ο τρόπος επίδρασης των δυνάμεων και ροπών είναι ο ίδιος.

Στην αρχή αυτής της ανάλυσης είχαμε αναφέρει ότι ένα αυτοκίνητο μπορεί να περιστραφεί γύρω από τους άξονες X, Y, Z. Πιο απλά να γύρει από τα δεξιά προς τα αριστερά και αντίστροφα (X), να περιστραφεί γύρω από την κατακόρυφο (Y) και να γύρει από πίσω προς τα εμπρός και αντίστροφα (Z). Υπεύθυνη για όλες αυτές τις περιστροφικές κινήσεις είναι η μεταφορά βάρους λόγω φυγόκεντρου δύναμης (C.F). Ας δούμε όμως πιο αναλυτικά πως επιδρά αυτή η μεταφορά βάρους στη συμπεριφορά του αυτοκινήτου και ποιος ο ρόλος της ανάρτησης.

- Roll Couple Distribution

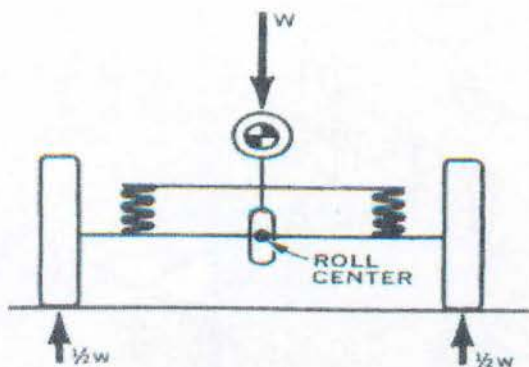
Σε ένα αυτοκίνητο που στρίβει αναπτύσσεται μία φυγόκεντρος δύναμη (C.F), η οποία τείνει να το περιστρέψει κατά τον οριζόντιο άξονά του. Έχουμε δηλαδή μία εγκάρσια μεταφορά κάθετου φορτίου (βάρους), η οποία τείνει να περιστρέψει την ανάρτηση. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να συμπιέζονται τα ελατήρια των εξωτερικών τροχών και να εκτονώνονται αυτά των εσωτερικών. Ο ρυθμός αυτής της εγκάρσιας μεταφοράς βάρους, αναφέρεται ως 'rollcoupledistribution'. Για πρακτικούς λόγους θα αναφερόμαστε στο συγκεκριμένο φαινόμενο με τον αγγλικό όρο.

Υπάρχουν δύο βασικοί τρόποι για να ελέγξουμε και να εκμεταλλευτούμε το 'rollcoupledistribution'. Αυτοί είναι τα χαρακτηριστικά των ελατηρίων της ανάρτησης και το ύψος των κέντρων των τροχών (rollcenter).



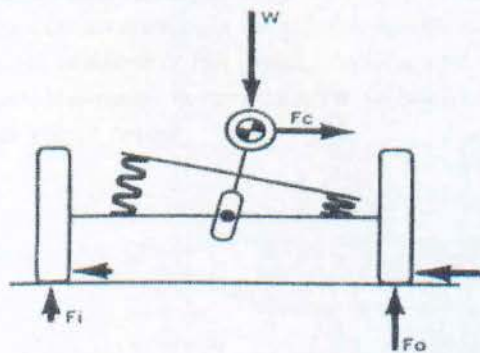
ΣΧΗΜΑ 1.2.2.Ιβ

Στο παραπάνω σχήμα (1.2.2.Ιβ) απεικονίζεται πως σε ένα αυτοκίνητο που στρίβει χωρίς ελατήρια και σύστημα ανάρτησης (καρτ) γίνεται η μεταφορά βάρους ανάλογα με το ύψος του κέντρου μάζας του και το μετατρόχιο. Είναι κατανοητό ότι όσο πιο ψηλά βρίσκεται το κέντρο μάζας τόσο μεγαλύτερη θα είναι η μεταφορά βάρους (μεγαλύτερη ροπή στρέψης). Μαθηματικά αυτό μπορεί να εκφραστεί μέσω της εξίσωσης $F_0 - F_1 = F_c \cdot x \cdot h / t$.



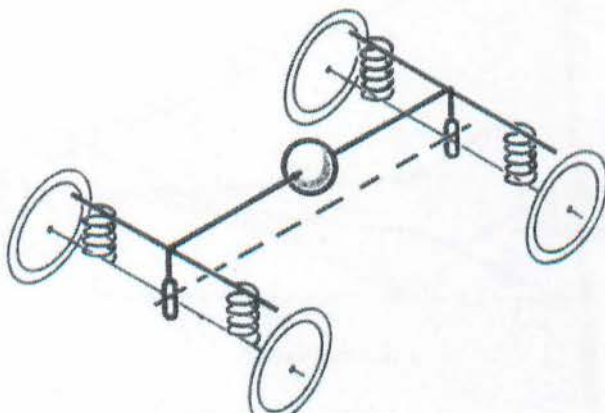
ΣΧΗΜΑ 1.2.2.1γ

Στο παραπάνω σχήμα (1.2.2.1γ) απεικονίζεται η ίδια περίπτωση, με τη διαφορά ότι το αυτοκίνητο έχει ελατήρια. Σ' αυτή την περίπτωση η μεταφορά βάρους είναι σε γενικές γραμμές η ίδια. Αυτό που αλλάζει είναι ο ρυθμός της.



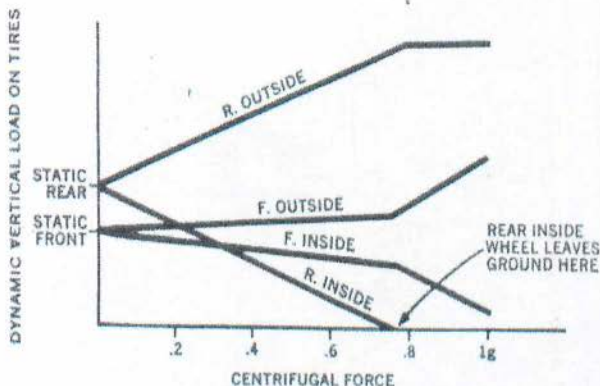
ΣΧΗΜΑ 1.2.2.1δ

Σε ένα αυτοκίνητο με ελατήρια (σύστημα ανάρτησης), αλλάζοντας τη σκληρότητα των εμπρός και πίσω αμορτισέρ, μπορούμε να ρυθμίσουμε τη μεταφορά βάρους ανάμεσα στο εμπρός και πίσω μέρος.



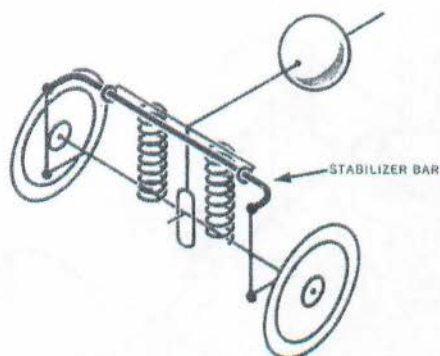
ΣΧΗΜΑ 1.2.2.1ε

Ας υποθέσουμε ότι έχουμε ένα αυτοκίνητο με τον κινητήρα τοποθετημένο πίσω. Αυτό θα έχει περισσότερο βάρος πίσω. Για αυτό το λόγο τα πίσω αμορτισέρ είναι ρυθμισμένα σκληρότερα από τα εμπρός. Διαγράφοντας με αυτό τα αυτοκίνητο μία καμπή θα αναπτύσσεται μία φυγόκεντρος δύναμη. Ο ρυθμός μεταφοράς του βάρους θα είναι μεγαλύτερος πίσω απ' ότι εμπρός. Συνεπώς με τα ίδια ελαστικά μπρος-πίσω η μεταβολή της γωνίας ολίσθησης θα είναι μεγαλύτερη στο πίσω μέρος απ' ότι στο εμπρός και το αυτοκίνητο θα τείνει να υπερστρέψει. Αυτή η τάση για υπερστροφή οφείλεται σε δύο λόγους. Ο πρώτος είναι η οπισθόβαρη κατανομή. Ο δεύτερος είναι λόγω αυτής της κατανομής η τοποθέτηση σκληρότερων ελατηρίων πίσω (μεγάλος ρυθμός μεταφοράς βάρους).



ΣΧΗΜΑ 1.2.2.1στ

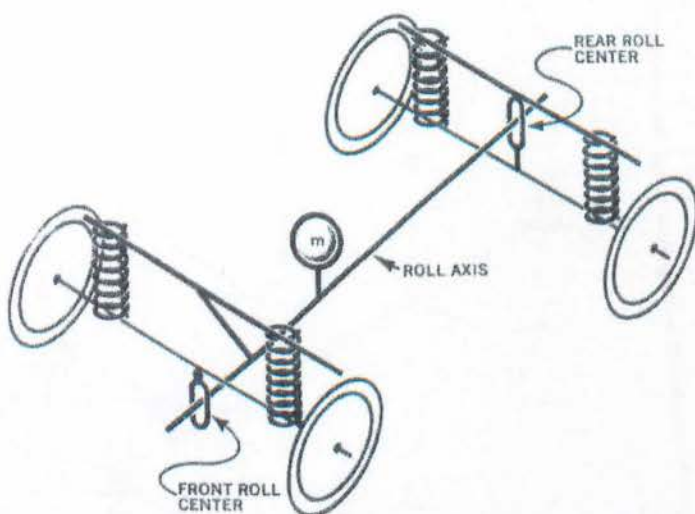
Στο παραπάνω διάγραμμα (ΣΧΗΜΑ 1.2.2.1στ) απεικονίζεται η μεταφορά βάρους δηλαδή η εγκάρσια μεταφορά των κάθετων δυνάμεων στα ελαστικά. Από τη στιγμή που ο εξωτερικός τροχός είναι πιο 'βαρύς' λόγω φόρτισης και δίνει την περισσότερη ώθηση στο αυτοκίνητο να στρίψει, το αυτοκίνητο με κοινά ελαστικά θα υπερστρέψει. Για να μειώσουμε αυτήν την υπερτροφική τάση μπορούμε να αυξήσουμε τις πιέσεις των πίσω ελαστικών, ή να ρυθμίσουμε την ανάρτηση έτσι ώστε να προκαλέσουμε υποστροφή λόγω 'rollsteer'. Μία άλλη πιο άμεση λύση γι' αυτό είναι να σκληρύνουμε τα εμπρός ελατήρια (ταχύτερη μεταφορά βάρους) έτσι ώστε να έχουμε το ρυθμό μεταφοράς βάρους που θέλουμε. Αυτό όμως δεν μπορεί να γίνει με το αυτοκίνητο σε στάση. Η πιο αποτελεσματική λύση είναι μία 'stabilizerbar'. Η χρήση αυτής της μπάρας μας επιτρέπει να διατηρήσουμε την επιθυμητή μεταφορά βάρους εγκάρσια, αλλά να αυξήσουμε το ρυθμό του 'rollsteer'. Αυτό γίνεται διότι αυτή η μπάρα ενώνει τους εμπρός τροχούς και μπορεί να περιστραφεί ανάλογα με τη φυγόκεντρο, αλλά όχι όταν οι τροχοί βρουν και οι δύο μαζί μία ανωμαλία.



ΣΧΗΜΑ 1.2.2.Ιζ

Η 'stabilizerbar' (ΣΧΗΜΑ 1.2.2.Ιζ) δεν επηρεάζει το αυτοκίνητο όταν οι τροχοί βρουν μαζί σε μία ανωμαλία του οδοστρώματος. Το επηρεάζει όταν ο ένας τροχός βρει μία ανωμαλία. Γι' αυτό το λόγο η ακαμψία της μπάρας πρέπει να φτάνει μέχρι κάποιο όριο. Μία ακραία άκαμπτη 'stabilizerbar' μπορεί να οδηγήσει το αυτοκίνητο σε εγκάρσιες μετατοπίσεις λόγω κλίσης ή ανωμαλιών του οδοστρώματος.

Ένας παράγοντας που παίζει σημαντικό ρόλο στη συμπεριφορά του αυτοκινήτου είναι το κέντρο περιστροφής 'rollcenter'. 'Rollcenter' είναι σημεία τα οποία καθορίζονται από τη γεωμετρία της ανάρτησης, πάνω στα οποία το αυτοκίνητο τείνει να περιστραφεί λόγω C.F όταν του ασκείται μία εγκάρσια δύναμη, όπως φαίνεται στο σχήμα 1.2.2.Ιη.



ΣΧΗΜΑ 1.2.2.1η

Στο σχήμα 1.2.2.1η τα 'rollcenter' είναι συνδεδεμένα με μία φανταστική ευθεία η οποία ονομάζεται άξονας περιστροφής (rollaxis). Το κέντρο μάζας του αυτοκινήτου (m) αναπαρίσταται με μία μπάλα η οποία βρίσκεται πάνω από το 'rollaxis'.

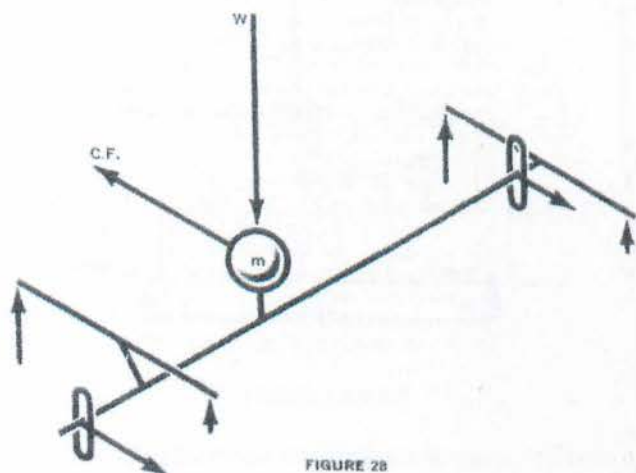
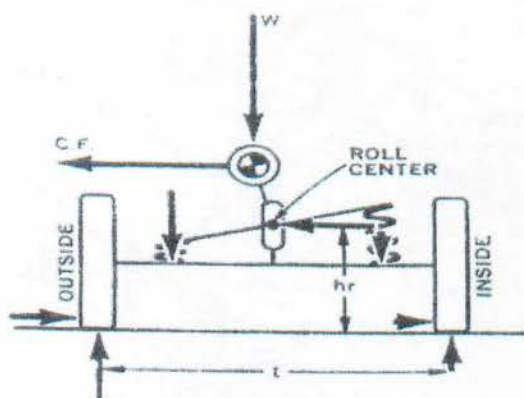


FIGURE 28

ΣΧΗΜΑ 1.2.2.10

Στο παραπάνω σχήμα (1.2.2.10) βλέπουμε πως η φυγόκεντρος δύναμη λόγω στροφής που επιδρά στο κέντρο μάζας τείνει να το περιστρέψει γύρω από το 'rollaxis'. Αυτή η περιστροφή συμπιέζει τα ελατήρια των εξωτερικών τροχών αυξάνοντας το βάρος που δέχονται, ενώ μειώνει το βάρος των εσωτερικών. Παράλληλα όμως αναπτύσσονται και εγκάρσιες δυνάμεις στα 'rollcenter'. Οι συνισταμένες δυνάμεις αυτών εξισορροπούν την φυγόκεντρο δύναμη. Η σχετική κατανομή των δυνάμεων μεταξύ του εμπρός και πίσω 'rollcenter' εξαρτάται από το κέντρο μάζας του αυτοκινήτου.

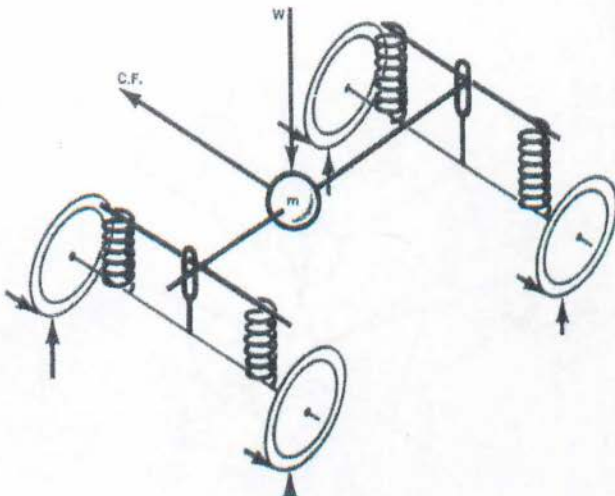


ΣΧΗΜΑ 1.2.2.Κα

Στο παραπάνω σχήμα (1.2.2.Κα) βλέπουμε πως και ποιες δυνάμεις επιδρούν σε ένα αυτοκίνητο με έναν άξονα. Παρατηρούμε ότι έχουμε μεγαλύτερες κάθετες δυνάμεις στον εξωτερικό τροχό απ' ότι στον εσωτερικό. Έχουμε επίσης μία εγκάρσια δύναμη C.F στο 'rollcenter' η οποία εξισορροπείται από την εγκάρσια δύναμη που παράγεται από την τριβή των ελαστικών με το οδόστρωμα. Τέλος βλέπουμε ότι το 'rollcenter' έχει κάποια απόσταση από το έδαφος και αυτό επιφέρει μία μεταφορά βάρους λόγω C.F από τον εσωτερικό τροχό προς τον εξωτερικό.

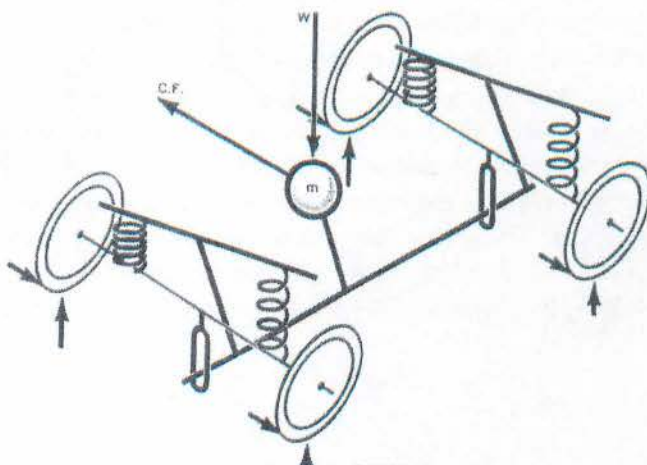
Ο ρυθμός αυτής της μεταφοράς βάρους εξαρτάται από τη σχέση του ύψους του 'rollcenter' με το μετατρόχιο (hr/t) και από την C.F.

Συνεπώς υπάρχουν δύο τρόποι με τους οποίους μπορεί να γίνει μεταφορά βάρους πάνω σε έναν άξονα. Ο πρώτος είναι η τάση περιστροφής του αυτοκινήτου 'roll' και ο δεύτερος η εγκάρσια δύναμη λόγω C.F που ασκείται στο 'rollcenter'. Ο τρόπος με τον οποίο αυτά τα δύο φαινόμενα αλληλεπιδρούν εξαρτάται από την απόσταση του κέντρου μάζας από το 'rollaxis'.



ΣΧΗΜΑ 1.2.2.Κβ

Στο σχήμα 1.2.2.Κβ υποθέτουμε ότι τα 'rollcenter' είναι τόσο ψηλά ώστε το 'rollaxis' να περνά από το κέντρο μάζας (m). Τότε η φυγόκεντρος δύναμη δεν θα επιφέρει περιστροφή γύρω από το 'rollaxis'. Αφού τα αμορτισέρ δεν θα επηρεαστούν από τη μεταφορά βάρους, η μεταφορά βάρους θα γίνει μόνο μέσω των εγκάρσιων δυνάμεων στα 'rollcenter'. Στην συγκεκριμένη περίπτωση επειδή τα 'rollcenter' είναι τοποθετημένα ψηλά η μεταφορά βάρους θα είναι έντονη.



ΣΧΗΜΑ 1.2.2.Κγ

Ας πάρουμε τώρα την αντίθετη περίπτωση (ΣΧΗΜΑ 1.2.2.Κγ) όπου τα 'rollcenter' είναι τόσο χαμηλά τοποθετημένα έτσι ώστε το 'rollaxis' να περνά κάτω από το κέντρο μάζας (m). Σε αυτή την περίπτωση η C.F. που θα ασκηθεί στο κέντρο μάζας θα τείνει να περιστρέψει το αυτοκίνητο γύρω από το 'rollaxis'. Αυτή η τάση θα επιφέρει αύξηση των κάθετων δυνάμεων στα ελατήρια της ανάρτησης με αποτέλεσμα τη μεταφορά βάρους απ' τους εσωτερικούς τροχούς προς τους εξωτερικούς. Ωστόσο επειδή τα 'rollcenter' θα βρίσκονται πολύ χαμηλά στο έδαφος, κάτω από το κέντρο μάζας, οι εγκάρσιες δυνάμεις που θα ασκηθούν σε αυτά δεν θα επιφέρουν έντονη μεταφορά βάρους.

Συνοψίζοντας όσο πιο κοντά βρίσκονται τα 'rollcenter' με το κέντρο μάζας, τόσο πιο έντονη και άμεση θα είναι η μεταφορά βάρους από τους εσωτερικούς προς τους εξωτερικούς τροχούς καθώς θα οφείλεται στις εγκάρσια παραγόμενες δυνάμεις. Αντιθέτως όσο πιο μακριά βρίσκονται τα 'rollcenter' από το κέντρο μάζας, τόσο πιο αργή και ήπια θα είναι η μεταφορά βάρους, καθώς θα οφείλεται στην ροπή στρέψης που επιφέρει η C.F. Μεγάλη απόσταση (roll - center - κέντρο μάζας) συνεπάγεται μεγάλη ροπή, δηλαδή αδράνεια.

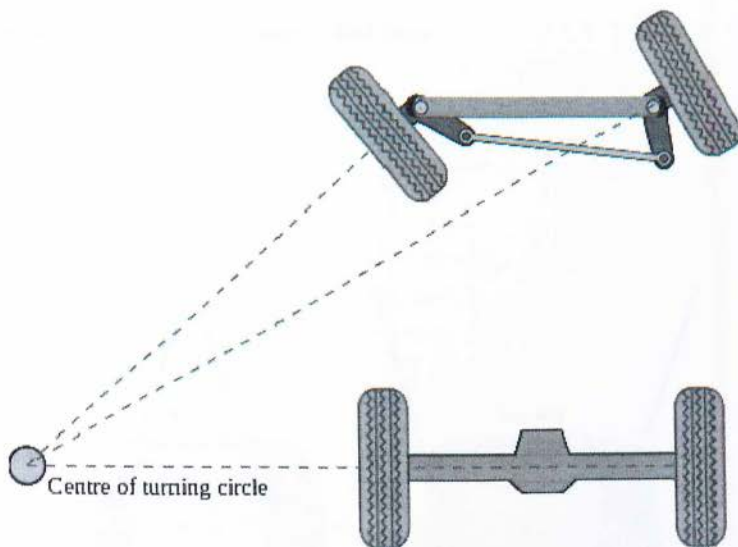
Γίνεται κατανοητό ότι αυτά τα δύο φαινόμενα αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και όσο αυξάνεται το ένα αντίστοιχα μειώνεται το άλλο και αντίστροφα. Το άθροισμά τους αν το δούμε ποσοτικά πρέπει να παραμένει σε κάθε περίπτωση ίδιο.

Γενικά ο τρόπος με τον οποίο μεταφέρεται το βάρος στους τροχούς επηρεάζει άμεσα το 'rollcoupleddistribution'. Αυτή η τάση (μεταφορά βάρους) η οποία μεταδίδεται μέσω των

ελατηρίων της ανάρτησης , κατανέμεται ανάλογα με την σχετική σκληρότητα της εμπρός και πίσω ανάρτησης . Σε αυτήν την αλληλεπίδραση έχουμε αναφερθεί εκτενέστερα και προηγουμένως. Παράλληλα όμως αυτή η τάση μεταδίδεται και μέσω των εγκάρσιων δυνάμεων που επιδρούν στα 'rollcenter'. Σε αυτή την περίπτωση η κατανομή αυτής της τάσης εξαρτάται από την κατανομή της μάζας (σχετική κατανομή βάρους) και από το ύψος των 'rollcenter'. Σε αυτό το σημείο είναι σημαντικό να τονίσουμε ότι αυτά τα δύο φαινόμενα (μεταφορά βάρους και εγκάρσιων δυνάμεων) συμβαίνουν ταυτόχρονα και αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Σε καμία περίπτωση δεν πρέπει να τα διαχωρίζουμε και να τα αντιμετωπίζουμε μεμονωμένα. Όλα αυτά τα φαινόμενα μαζί σε συνδυασμό με τα ελαστικά επιδρούν σημαντικά στη συμπεριφορά του αυτοκινήτου και λαμβάνονται υπ' όψιν από σχεδιαστές και μηχανικούς.[VEHICLE HANDLING AND CONTROL (SELECTED TECHNICAL PAPERS) – WHAT MAKE CARS HANDLE? JIM HALL , DAVID E.DAVIS JR. 1965 ZIFF – DAVIS PUBLISHING CO.]

Δ) Ackerman

Αρχικά ας δούμε πια είναι αρχή της γωνίας Ackerman. Η αρχή Ackerman καθορίζει τη γεωμετρία του συστήματος διεύθυνσης όλων των τετράτροχων οχημάτων. Προτού εφαρμοστεί τα οχήματα στο σύστημα διεύθυνσής τους διαθέτανε άκρα τα οποία ήταν παράλληλα μεταξύ τους και με την ακτίνα του τροχού. Με την αρχή Ackerman άρχισαν να χρησιμοποιούνται άκρα διεύθυνσης υπό γωνία, κάτι το οποίο διόρθωσε κατά πολύ το στρίψιμο των οχημάτων. Ας δούμε το πώς και το γιατί.



ΣΧΗΜΑ 1.2.2.Κδ

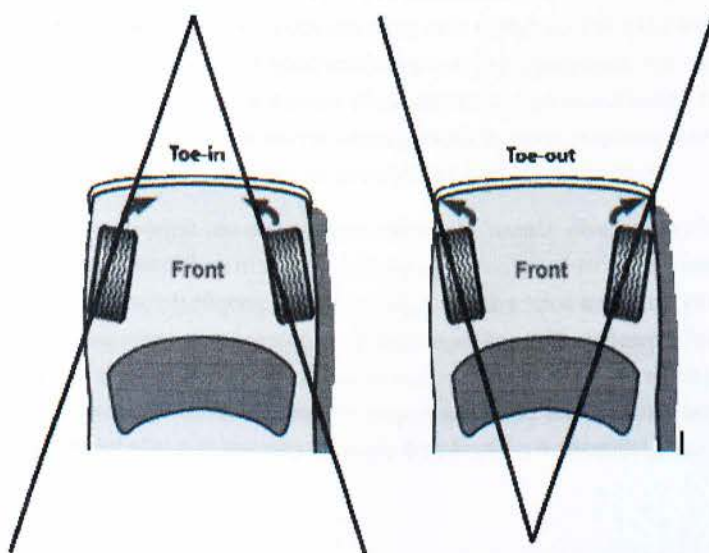
Στο παραπάνω σχήμα (1.2.2.Κδ) απεικονίζεται ένα αυτοκίνητο το οποίο διαγράφει ένα κύκλο. Φανταζόμενος κανείς την κίνηση του αυτοκινήτου είναι εύκολα κατανοητό ότι οι εσωτερικοί τροχοί διαγράφουν έναν κύκλο μικρότερης διαμέτρου απ'ότι οι εξωτερικοί. Για αυτό το λόγο εάν οι εμπρός τροχοί στρίβανε το ίδιο (ίδιες μοίρες) ο εσωτερικός τροχός θα ολίσθαινε προς το εξωτερικό της στροφής, γιατί η γωνία στρίψιματος που θα είχε θα ήταν πολύ μικρή για να διαγράψει την ακτίνα που πρέπει. Παράλληλα θα τον 'τραβούσε' προς τα έξω ο εξωτερικός τροχός ο οποίος θα είχε κατάλληλη γωνία και συνεπώς περισσότερη πρόσφυση. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα το μη αποτελεσματικό στρίψιμο λόγω απώλειας πρόσφυσης του εσωτερικού τροχού. Επιπλέον αυτό το γλίστρημα θα προκαλούσε αύξηση της θερμοκρασίας και φθοράς

τουελαστικού. Για να λυθεί αυτό το πρόβλημα θα πρέπει ο εσωτερικός τροχός να στρίβει με μεγαλύτερη γωνία απ' ότι ο εξωτερικός.

Η ακτίνα που ακολουθεί κάθε τροχός εξαρτάται από διάφορους παράγοντες. Κάποιοι είναι το μετατόχιο του αυτοκινήτου, το τόξο της στροφής το οποίο πρέπει να διαγράψει το αυτοκίνητο (πόσο κλειστή ή ανοιχτή) είναι η στροφή.

[http://en.wikipedia.org/wiki/Ackerman_steering_geometry, (<http://www.rctek.com/>)]

Ε) Σύγκλιση - Απόκλιση(Toe change) – Roll Steer



ΣΧΗΜΑ 1.2.2.Κε

Με τον όρο 'toechange' αναφερόμαστε στην ρύθμιση της απόκλισης ή σύγκλισης των τροχών. Δηλαδή εάν οι τροχοί θα συγκλίνουν (κοιτούν προς τα μέσα) 'toein' ή θα αποκλίνουν (κοιτούν προς τα έξω) 'toeout', (ΣΧΗΜΑ 1.2.2.Κε).

Η σύγκλιση ή απόκλιση των τροχών είναι κάτι που επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες. Ξεκινώντας από τους εμπρός τροχούς, ο πρώτος παράγοντας που επιδρά είναι το βάρος του αυτοκινήτου. Το βάρος πιέζοντας τους τροχούς προς τα κάτω τους δίνει μία μικρή απόκλιση. Από τη στιγμή που το αυτοκίνητο αρχίζει να κινείται και οι τροχοί να κυλίνουν, η δύναμη ώθησης που προσδίδουν οι κινητήριοι τροχοί και η αντίσταση των ελαστικών λόγω τριβής τους με την ασφάλτο, τείνουν να συγκλίνουν τους τροχούς. Λαμβάνοντας υπ' όψιν τους δύο αυτούς παράγοντες ρυθμίζουμε τη σύγκλιση ή απόκλιση έτσι ώστε να έχουν 0ο σε ευθεία γραμμή.

Το toechange εξαρτάται όμως και από την μετάδοση της κίνησης (μπροσθοκίνητο – πισωκίνητο). Σε ένα πισωκίνητο αυτοκίνητο οι εμπρός τροχοί σπρώχνονται ουσιαστικά από τους πίσω προς τα εμπρός. Αυτή η από πίσω προς τα εμπρός δύναμη καθώς και ελάττωση του βάρους εμπρός λόγω επιτάχυνσης, λειτουργούν αντίστροφα δίνοντας απόκλιση 'toeout' στους εμπρός τροχούς. Προκειμένου λοιπόν να το αντισταθμίσουμε αυτό δίνουμε σύγκλιση 'toein'.

Το αντίθετο συμβαίνει σε ένα μπροσθοκίνητο αυτοκίνητο. Ας υποθέσουμε ότι έχουμε ένα τροχό ελεύθερο να περιστρέφεται στη μία άκρη ενός άξονα και την άλλη άκρη του άξονα πάνω σε ένα κέντρο περιστροφής. Εάν προσπαθήσουμε να περιστρέψουμε του τροχό προς τα εμπρός, αυτός θα τείνει να περιστραφεί γύρω από το κέντρο περιστροφής του άξονα. Το ίδιο θα συμβεί και στο αυτοκίνητο δίνοντας στους εμπρός τροχούς σύγκλιση 'toein'. Για αυτό το λόγο δίνουμε απόκλιση 'toeout' για να αντισταθμίσουμε αυτή την τάση.

Γενικά στην συμπεριφορά του αυτοκινήτου απόκλιση 'toeout' δίνει σταθερότητα στο φρενάρισμα, αλλά αστάθεια στις γρήγορες στροφές κυρίως. Αυτό γιατί δίνοντας απόκλιση μειώνουμε τις γωνίες ολίσθησης, αφού οι τροχοί κοιτάνε προς αντίθετες κατευθύνσεις. Όσο οι γωνίες ολίσθησης παραμένουν ίσες δεν υπάρχει πρόβλημα. Όταν όμως ο ένας από τους δύο τροχούς βρει μία ανωμαλία του οδοστρώματος ή οτιδήποτε άλλο, αυτό θα επηρεάσει την ισορροπία των γωνιών ολίσθησης. Από τη στιγμή που η μία γωνία ολίσθησης μειωθεί αυτομάτως θα αυξηθεί η άλλη, κάτι το οποίο θα οδηγήσει σε αστάθεια του αυτοκινήτου.

Αντιθέτως δίνοντας σύγκλιση 'toein' το αυτοκίνητο έχει την τάση να πηγαίνει ευθεία δίνοντάς του σταθερότητα. Για τον ίδιο όμως λόγο προκαλεί υποστροφή στην είσοδο της στροφής. Συνήθως προτιμάται τόσο σύγκλιση όσο χρειάζεται για να μην αποκλίνουν οι τροχοί στην ευθεία, για τους λόγους που εξηγήσαμε και μειώνουν την τελική ταχύτητα.

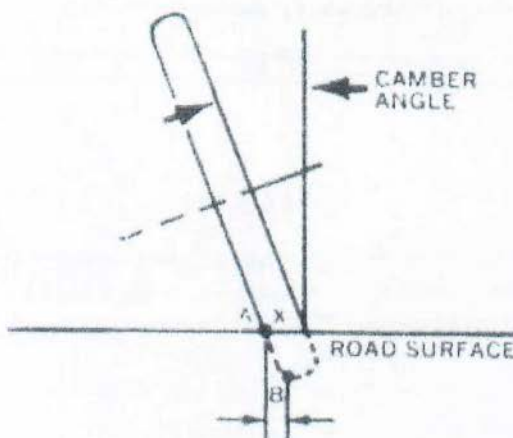
Toechange όμως μπορούμε να έχουμε και στους πίσω τροχούς. Η γεωμετρία και ο σχεδιασμός της ανάρτησης θα καθορίσουν εάν οι τροχοί θα έχουν toein ή toeout. Δεν θα επεκταθούμε όμως αναλυτικά για λόγους που εξηγήσαμε.

Το παραπάνω φαινόμενο ονομάζεται 'rollsteer'. Καθώς λουπτόν σε μία στροφή οι εξωτερικοί τροχοί θα φορτιστούν μπορούν να έχουν toein ή out. Toein θα προκαλέσει υποστροφή του αυτοκίνητου καθώς οι πίσω τροχοί θα έχουν ίδια κατεύθυνση με τους εμπρός. Αυτό δεν θα δώσει την απαιτούμενη διαφορά στις γωνίες ολίσθησης (πίσω > εμπρός) με αποτέλεσμα την υποστροφή.

Αντιθέτως toeout στους πίσω τροχούς θα προκαλέσει υπερστροφή καθώς οι πίσω τροχοί θα έχουν κατεύθυνση προς την εφαιπόμενη της στροφής αντίθετα από τους μπροστινούς. [HOW TO MAKE YOUR CAR HANDLE – FRED PUHN ΕΚΔΟΤΗΣ PENGUIN 1976 , HIGH PERFORMANCE HANDLING HANDBOOK – DON ALEXANDER , MOTORBOOKS INTERNATIONAL 2002]

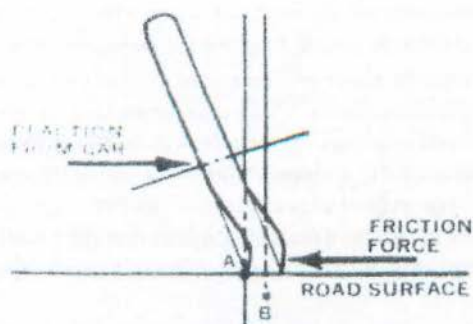
ΣΤ) Camber

Μία βασική παράμετρος που λαμβάνεται υπ' όψιν στο σχεδιασμό της ανάρτησης είναι η γωνία 'camber'. Δηλαδή η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ του οριζόντιου επιπέδου του οδοστρώματος και του επιπέδου του τροχού. Ένας τροχός ο οποίος βρίσκεται υπό τέτοια γωνία δέχεται μία εγκάρσια δύναμη όπως φαίνεται στο σχήμα 1.2.2.Κστ.



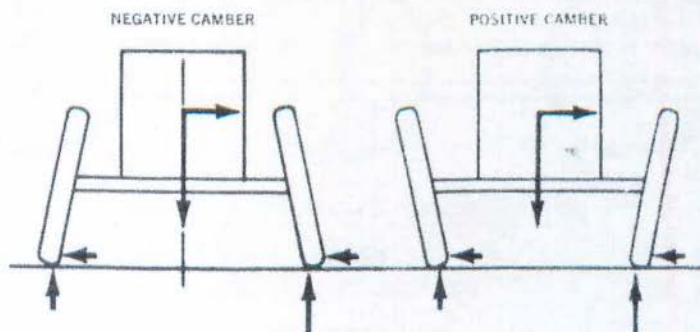
ΣΧΗΜΑ 1.2.2.Κστ

Εάν υποθέσουμε στο παραπάνω σχήμα (1.2.2.Κστ) ότι δεν υπάρχει η επιφάνεια του οδοστρώματος, η ασκούμενη εγκάρσια δύναμη στον τροχό τείνει να περιστρέψει ένα σημείο του ελαστικού (X) με φορά περιστροφής Α-Β. Σε αυτήν τη περίπτωση λαμβάνοντας υπ' όψιν την επίδραση του οδοστρώματος το ίδιο σημείο του ελαστικού (X) θα περιοριστεί από την εγκάρσια ασκούμενη δύναμη τριβής πάνω σε μία ευθεία που περνάει από το σημείο Α. Όλη αυτή η αλληλεπίδραση δυνάμεων απεικονίζεται στο σχήμα 1.2.2.Κζ.



ΣΧΗΜΑ 1.2.2.Κζ

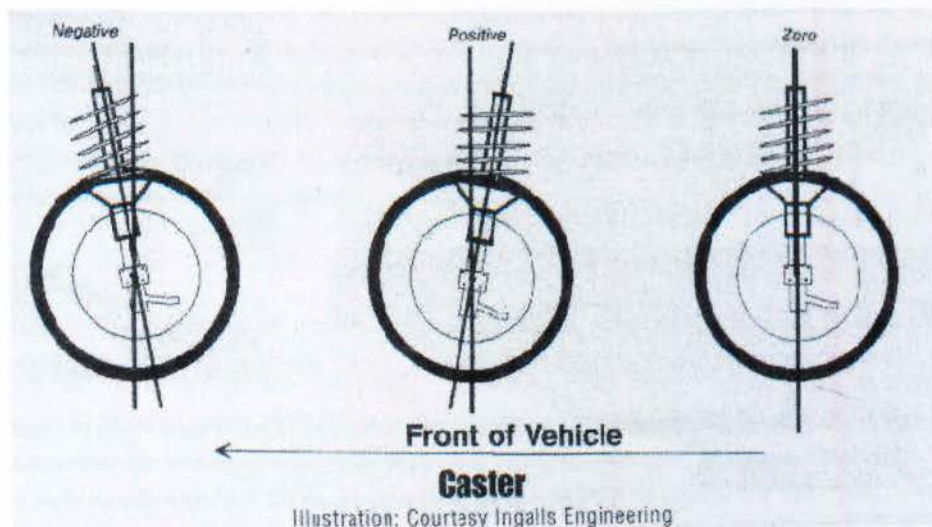
Αυτή η εγκάρσια ασκούμενη δύναμη τριβής παράγει μία ώθηση του αυτοκινήτου προς το αριστερά. Η γωνία 'camber' ανάλογα με το σχεδιασμό της ανάρτησης μπορεί να είναι θετική 'τροχοί προς τα μέσα' ή αρνητική 'τροχοί προς τα έξω', σχήμα 1.2.2.Κη.



ΣΧΗΜΑ 1.2.2.Κη

Από τη στιγμή που ο εξωτερικός τροχός δέχεται τη μεγαλύτερη φυγόκεντρο δύναμη, παράγει και τη μεγαλύτερη ώθηση του αυτοκινήτου προς τη στροφή. Εξετάζοντας τα σχήματα (1.2.2.ΚΖ,η), αντιλαμβάνεται κανείς ότι δίνοντας αρνητικό 'camber' αυξάνουμε την ώθηση στριψίματος, ενώ δίνοντας θετικό τη μειώνουμε. Συνεπώς δεν χρησιμοποιείται ποτέ (+) camber. Η γωνία (+-) camber πρακτικά δεν αυξάνει ή μειώνει την μέγιστη εγκάρσια δύναμη που μπορεί να δεχθεί ένα ελαστικό. Θα μπορούσαμε να πούμε ότι μέσω της γεωμετρίας και των γωνιών που ασκούνται οι συνισταμένες δυνάμεις, μπορεί να βοηθήσει στο στρίψιμο του αυτοκινήτου σε ορισμένες περιπτώσεις. Αυτό όμως που επιφέρει είναι αυξημένη φθορά των ελαστικών, για αυτό και γενικά πρέπει να ελαχιστοποιείται. Επίσης σε μεγάλες εγκάρσιες δυνάμεις λίγο (-) camber είναι επιθυμητό προκειμένου να υπάρχει ομοιόμορφη φθορά ελαστικών. [VEHICLE HANDLING AND CONTROL (SELECTED TECHNICAL PAPERS) – WHAT MAKE CARS HANDLE? JIM HALL, DAVID E.DAVIS JR. 1965 ZIFF – DAVIS PUBLISHING CO.]

Ζ) Caster



ΣΧΗΜΑ 1.2.2.ΚΘ

Γωνία caster ορίζεται η απόκλιση του άξονα διεύθυνσης του εμπρός τροχού από την κατακόρυφο, κοιτώντας τον τροχό από το πλάι (ΣΧΗΜΑ 1.2.2.ΚΘ). Το caster μπορεί να είναι θετικό, αρνητικό και ουδέτερο.

(+) Caster

Έχοντας (+) castero άξονας διεύθυνσης έχει απόκλιση τέτοια ώστε εάν τον προεκτείνουμε καταλήγει εμπρός από την κατακόρυφο. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να ασκεί μία συνιστώσα δύναμη προς τα εμπρός στο ελαστικό. Δηλαδή το σημείο του ελαστικού πάνω στο οποίο θα εφαρμόζεται αυτή η δύναμη, θα προηγείται (κατά τη φορά κίνησης), του ίχνους του τροχού ως προς την κατακόρυφο. Οι δυνάμεις τριβής που θα αναπτύσσονται από τα ελαστικά θα παράγουν μία ροπή στρέψης που θα τείνει να επαναφέρει τον τροχό σε ευθεία. Αυτό δίνει σταθερότητα ειδικά στα γρήγορα κομμάτια, αλλά λιγότερη αμεσότητα στα αργά.

(-) Caster

Έχοντας (-) castero άξονας διεύθυνσης έχει απόκλιση τέτοια ώστε εάν τον προεκτείνουμε καταλήγει πίσω από την κατακόρυφο. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να ασκεί μία συνιστώσα δύναμη προς τα πίσω στο ελαστικό. Δηλαδή το σημείο του ελαστικού πάνω στο οποίο θα εφαρμόζεται αυτή η δύναμη, θα ακολουθεί (κατά τη φορά κίνησης) το ίχνος του τροχού ως προς την κατακόρυφο. Σε αυτή τη περίπτωση οι δυνάμεις τριβής που θα αναπτύσσονται από τα ελαστικά δεν θα μπορούν να επαναφέρουν τον τροχό σε ευθεία, αφού η ροπή στρέψης που θα παράγουν θα τείνει να συνεχίσει να περιστρέφει τον τροχό. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα εξαιρετική αστάθεια του αυτοκινήτου. Για αυτό το λόγο πρακτικά δεν χρησιμοποιείται σε καμία εφαρμογή αρνητικό caster.

(0) Caster

Έχοντας (0) castero άξονας διεύθυνσης έχει απόκλιση τέτοια ώστε εάν τον προεκτείνουμε καταλήγει στο ίδιο σημείο με την κατακόρυφο. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να ασκεί μία συνιστώσα δύναμη παράλληλα με την κατακόρυφο. Δηλαδή το σημείο του ελαστικού πάνω στο οποίο θα εφαρμόζεται αυτή η δύναμη, θα είναι το ίδιο (κατά τη φορά κίνησης) με το ίχνος του τροχού ως προς την κατακόρυφο. Το αντίκτυπο στην συμπεριφορά του αυτοκινήτου θα είναι το ίδιο με το (-) caster αλλά σε μικρότερο βαθμό. Συνεπώς χρησιμοποιείται πάντα (+) caster. [<http://en.wikipedia.org/wiki/caster>]

1.2.3 Συνοψίζοντας

Στο 1^ο αυτό κεφάλαιο είδαμε πως κινείται το αυτοκίνητο και γιατί στρίβει. Αναφερθήκαμε στους βασικούς νόμους από τους οποίους διέπεται η κίνηση και η συμπεριφορά του αυτοκινήτου. Μέσω αυτών των νόμων και από τη στιγμή που το αυτοκίνητο κινείται, δείξαμε ότι οι δυνάμεις, τα φορτία και οι ροπές που ασκούνται αποτελούν Δυναμικά Φορτία. Συμπεριλάβαμε επίσης και το ρόλο του οδηγού στη μεταβολή των φορτίων αυτών.

Στη συνέχεια δείξαμε την ανάγκη για τον έλεγχο των Δυναμικών Φορτίων, προκειμένου ένα αυτοκίνητο να είναι ασφαλές και αποδοτικό. Επεκταθήκαμε και αναλύσαμε κάποιες από τις βασικότερες παραμέτρους που μπορούμε να ελέγχουμε και να αλλάξουμε, μέσα στα πλαίσια που αυτές αφορούν το αντικείμενο αυτής της ανάλυσης το καρτ.

Σε μία θεωρητική βάση κάναμε λόγο για το πώς και γιατί η κάθε παράμετρος επηρεάζει τη συμπεριφορά του αυτοκινήτου. Τονίζουμε την έννοια θεωρητική, καθώς το αυτοκίνητο προκειμένου να κινηθεί χρειάζεται ελαστικά. Τα ελαστικά επηρεάζονται από πάρα πολλούς αστάθμιστους παράγοντες τους βασικότερους από τους οποίους αναφέραμε. Ταυτόχρονα είναι ο καθοριστικός παράγοντας συμπεριφοράς και έλεγχος του αυτοκινήτου και όλες οι παράμετροι που αναφέραμε έχουν σαν στόχο την καλύτερη δυνατή αξιοποίησή τους.

Σαν ένα πολύ γενικό και θεωρητικό συμπέρασμα καταλήξαμε στο ότι ένα οπισθόβαρο αυτοκίνητο μπορεί να στρίψει πιο εύκολα και γρήγορα, λόγω των ελαστικών χαρακτηριστικών των ελαστικών. Απαιτεί όμως και μία ανάλογη οδηγική ικανότητα και εμπειρία από τον οδηγό. Παράλληλα έχει και κάποια περαιτέρω κατασκευαστικά πλεονεκτήματα που έχουν κυρίως γνώμονα την απόδοση. Αυτοί είναι κάποιοι από τους βασικούς λόγους για τους οποίους κάποια από τα πιο επιτυχημένα αγωνιστικά είναι οπισθόβαρα (κινητήρας κέντρο – πίσω).

Αντιθέτως ένα μπροστόβαρο (κινητήρας εμπρός) αυτοκίνητο έχει την ιδιότητα να επανέρχεται σε ισορροπία από μόνο του για λόγους τους οποίους εξηγήσαμε, αλλά να μην είναι τόσο αποδοτικό σε αγωνιστικό επίπεδο. Μπορεί λοιπόν να πει κανείς ότι είναι πιο ασφαλές για τον άπειρο ή λιγότερο ικανό οδηγό. Παράλληλα έχει κάποια άλλα κατασκευαστικά πλεονεκτήματα που έχουν κυρίως γνώμονα την πρακτικότητα και το κόστος κατασκευής.

Επαναλαμβάνουμε ότι αυτό είναι ένα πολύ γενικό και θεωρητικό συμπέρασμα. Το αυτοκίνητο πρέπει να αντιμετωπίζεται σαν σύνολο και πάντα σε σχέση με το σκοπό χρήσης του και το κόστος. Όπως κάθε τι στη μηχανολογία είναι θέμα ισορροπίας.

2. ΚΑΡΤ – ΓΕΝΙΚΑ

Στο 2^ο κεφάλαιο θα επικεντρωθούμε στο αντικείμενο αυτής της ανάλυσης το καρτ. Θα κάνουμε μία εισαγωγή που θα περιγράφει γενικά το καρτ σαν όχημα και το εύρος χρήσης του.

Στη συνέχεια θα δούμε τους βασικότερους παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση του καρτ, αλλά και ποιες ρυθμίσεις (set-up) μπορούμε να κάνουμε προκειμένου να τη βελτιώσουμε. Μέσω της Θεωρίας Δυναμικής Των Οχημάτων που αναπτύξαμε στο 1^ο κεφάλαιο, θα δώσουμε μία θεωρητική γενική βάση για την επιλογή των ρυθμίσεων του καρτ, ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν. Παράλληλα θα προσπαθήσουμε να αναδείξουμε το ρόλο του οδηγού και τη σημασία αυτού, όπως σε κάθε αγωνιστικό όχημα.

Κλείνοντας θα συγκεντρώσουμε όλα τα στοιχεία οδηγικά και τεχνικά που αποκομίζει ένας οδηγός από την ενασχόλησή του με το καρτ (που ισχύουν σε όλες τις μορφές μηχανοκίνητου αθλητισμού) και το καθιστούν ένα σχολείο αγωνιστικής οδήγησης από το οποίο έχουν αποφοιτήσει οι καλύτεροι οδηγοί αγώνων



ΣΧΗΜΑ 2.α

Το kart (ΣΧΗΜΑ 2.α) είναι ένα μικρό τετράτροχο όχημα (182cmx 140cmx 65cm) με ακάλυπτους τροχούς (χωρίς θόλους) , πολύ απλό στην κατασκευή και φθινό σε σχέση με άλλα τετράτροχα οχήματα. Είναι ένα αγωνιστικό όχημα που χρησιμοποιείται σε πίστες υπό κλίμακα (1500m) και αποτελεί το πρώτο και θεμελιώδες βήμα αγωνιστικής οδήγησης.

Οι τύποι των kart ποικίλουν. Ξεκινούν από τα kart για ενοικίαση τα οποία είναι χαμηλών επιδόσεων (μέχρι 60km/h) και φθάνουν μέχρι τα Superkarts (μέχρι 260km/h) τα οποία χρησιμοποιούνται σε κανονικές πίστες αυτοκινήτων. Ενδιάμεσα υπάρχουν διάφορες κατηγορίες αγωνιστικών kart τα οποία ανάλογα την κατηγορία και το είδος κινητήρα μπορούν να αναπτύξουν ταχύτητες 90km/h – 180km/h. Σε αυτές τις κατηγορίες μπορούν να αγωνίζονται παιδιά από 6-7 χρονών μέχρι....

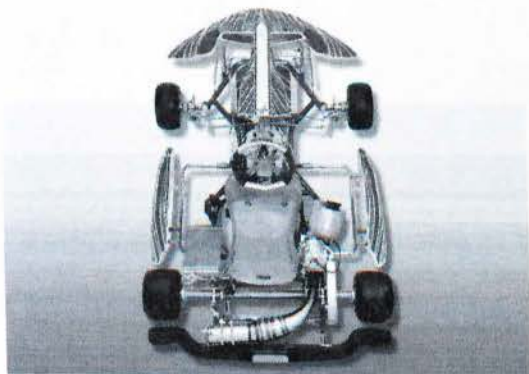


Bundesarchiv, Bild 103-81007-0016-001
Foto: Rohls, Ulrich 17. Oktober 1969

ΣΧΗΜΑ 2.β

Το πρώτο καρτ (ΣΧΗΜΑ 2.β) κατασκευάστηκε στην Νότια Καλιφόρνια το 1956 από έναν Αμερικανό κατασκευαστή αγωνιστικών αυτοκινήτων τον Art Ingels. Στη συνέχεια η αγορά επεκτάθηκε και σε άλλες χώρες και γνώρισε ιδιαίτερη απήχηση στην Ευρώπη με την Ιταλία, τη Γερμανία και την Αγγλία να θεωρούνται οι μεγαλύτερες αγορές. Στην αρχή τα καρτ είχαν μικρούς κινητήρες από αλυσοπρίονα ή μηχανές γκαζόν. Αργότερα όμως τοποθετήθηκαν μηχανές μοτοσυκλετών και στη συνέχεια άρχισαν να παράγονται από εργοστάσια κινητήρες ειδικά για καρτ (IAME Ιταλία, ROTAX Αυστρία κ.α.). Ωστόσο ο πρώτος κατασκευαστής καρτ ήταν μία Αμερικάνικη εταιρία GoKart Manufacturing Co (1958) και η McCulloch ο πρώτος κατασκευαστής κινητήρων.

2.1 ΣΑΣΣΙ



ΣΧΗΜΑ 2.1.α



ΣΧΗΜΑ 2.1.β

Το σασσί (πλαίσιο ΣΧΗΜΑ 2.1.α,β) του καρτ είναι κατασκευασμένο από σωλήνες χάλυβα. Πάνω στο πλαίσιο εδράζονται το σύστημα διεύθυνσης, ο κινητήρας, η μετάδοση (άξονας, γρανάζι), το κάθισμα του οδηγού, το σύστημα πέδησης και οι προφυλακτήρες μπρος – πίσω – πλάι. Δεν διαθέτει ανάρτηση και για αυτό το λόγο το σασσί θα πρέπει να είναι αρκετά ελαστικό ώστε λειτουργεί σαν ανάρτηση, ενώ παράλληλα και αρκετά σκληρό ώστε να αντέχει στις στρεβλώσεις και επιταχύνσεις. Η σκληρότητα του σασσί παίζει καθοριστικό ρόλο στην συμπεριφορά και στο κράτημα του καρτ. Ανάλογα με τις συνθήκες χρησιμοποιούνται διαφορετικές σκληρότητες. Γενικά για στεγνές συνθήκες ένα σκληρό σασσί προτιμάται, ενώ για συνθήκες βροχής προτιμάται ένα πιο μαλακό. Τα σασσί των αγωνιστικών καρτ διαθέτουν αντιστρεπτικές μπάρες εμπρός πίσω και πλάγια τις οποίες ανάλογα τις συνθήκες (πρόσφυση ασφάλτου, είδος ελαστικών μαλακά-σκληρά κ.α.), ο οδηγός επιλέγει να χρησιμοποιήσει ή όχι.

2.2 ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΕΔΗΣΗΣ



ΣΧΗΜΑ 2.2.α



ΣΧΗΜΑ 2.2.β



ΣΧΗΜΑ 2.2.γ



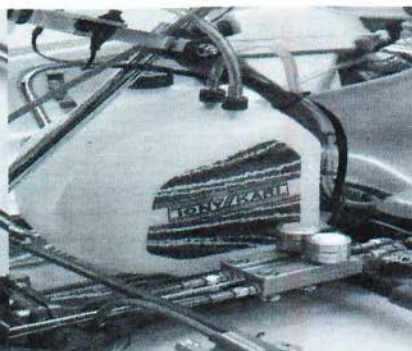
ΣΧΗΜΑ 2.2.δ

Το σύστημα πέδησης του καρτ αποτελείται από ένα υδραυλικό δισκόφρενο το οποίο βρίσκεται στον πίσω άξονα με μία δισκόπλακα (ΣΧΗΜΑ 2.2.β,γ) και πεντάλ φρένου στο αριστερό πόδι (ΣΧΗΜΑ 2.2.α). Σε κάποιες κατηγορίες τα καρτ διαθέτουν και φρένα μπροστά με μία δισκόπλακα για κάθε τροχό (ΣΧΗΜΑ 2.2.δ). Τα αγωνιστικά καρτ ζυγίζουν από 75kg – 85kg ανάλογα την κατηγορία χωρίς τον οδηγό. Οι κυριότεροι Ευρωπαίοι κατασκευαστές σασσί για καρτ είναι οι Tonykart , Birel , CRG , Intrepid κ.α.

2.3 ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗΣ



ΣΧΗΜΑ 2.3.α



ΣΧΗΜΑ 2.3.β

Το σύστημα διεύθυνσης του καρτ είναι ένα εξαιρετικά απλό σύστημα. Αποτελείται από μία κολώνα τιμονιού (ΣΧΗΜΑ 2.3.β) η οποία περιστρέφεται πάνω σε ένα ρουλεμάν. Πάνω στην κολώνα εδράζονται δύο ακρόμπαρα τα οποία είναι συνδεδεμένα το καθένα με μία πλήμνη (μία σε κάθε πλευρά ΣΧΗΜΑ 2.2.α). Πάνω στις πλήμνες είναι τοποθετημένα τα τσοκ και πάνω στα τσοκ οι ζάντες με τα ελαστικά. Το όλο σύστημα δεν διαθέτει καμία υδραυλική υποβοήθηση. Σε αγωνιστικό επίπεδο και όσο μεγαλύτερος είναι ο βαθμός πρόσφυσης είναι ιδιαίτερα κουραστικό για τον οδηγό.

2.4 ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ



ΣΧΗΜΑ 2.4.α

Στα ενοικιαζόμενα καρτ που δεν προορίζονται για αγωνιστική χρήση χρησιμοποιούνται τετράχρονοι κινητήρες 200cc (ΣΧΗΜΑ 2.4.α) ή και ηλεκτρικοί τα τελευταία χρόνια. Στα αγωνιστικά καρτ χρησιμοποιούνται μικροί ελαφριοί δίχρονοι κινητήρες 60cc- 125cc ή τετράχρονοι 250cc. Περισσότερη εφαρμογή όμως έχουν οι δίχρονοι λόγω μικρού κόστους κτήσης και συντήρησης, βάρους και επιδόσεων.

Οι 4χρονοι κινητήρες είναι υδρόψυκτοι και αποδίδουν 5-20 hp. Κατασκευαστές τέτοιων κινητήρων είναι οι Briggs&Stratton , Honda κ.α. Υπάρχουν όμως και 4χρονοι κινητήρες για αγωνιστική χρήση με απόδοση 15-48hp. Έχουν ανώτατο όριο περιστροφής περίπου 11.000rpm και προορίζονται μόνο για αγωνιστικά καρτ. Κατασκευαστές τέτοιων κινητήρων είναι οι Yamaha , TKM , Aixro(wankel) κ.α.



ΣΧΗΜΑ 2.4.β

Οι 2χρονοι κινητήρες (ΣΧΗΜΑ 2.4.β) κατασκευάζονται αποκλειστικά για καρτ και καθαρά για αγωνιστική χρήση (WTP , KOMET , IAME , TM , VORTEX , ROTAX κ.α.). Αποδίδουν από 8hp μονοκύλινδροι 60cc για ηλικίες 6-7 ετών , μέχρι 250cc δικύλινδροι 90hp. Οι πιο διαδεδομένοι κινητήρες είναι οι Touchandgo (TAG) δηλαδή διαθέτουν μίζα και φυγοκεντρικό συμπλέκτη , χωρητικότητας 125cc. Αποδίδουν 20hp-42hp και είναι υδρόψυκτοι. Με το χαμηλό βάρος του οδηγού – οχήματος προκύπτει μία αναλογία των 4.1kg/hp – 6.0kg/hp. Αναλογία πολύ κοντά ή και καλύτερη αυτοκινήτων επιδόσεων.

2.5 ΜΕΤΑΔΟΣΗ



ΣΧΗΜΑ 2.5

Το καρτ δεν διαθέτει διαφορικό. Αυτό σημαίνει ότι ο ένας πίσω τροχός πρέπει να χάσει πρόσφυση καθώς το καρτ στρίβει. Για να γίνει αυτό το σασσί του καρτ είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε ο πίσω εσωτερικός τροχός να σηκώνεται στον αέρα όταν το καρτ διαγράφει μία καμπή. Αυτό επιτρέπει στο ελαστικό να χάσει την πρόσφυσή του και να 'βοηθήσει' το καρτ να διαγράψει το τόξο της καμπής. Αποτελεί ένα πολύ κρίσιμο στοιχείο της συμπεριφοράς του καρτ και είναι πολύ σημαντικό να μπορεί να επιτευχθεί τόσο από τις ρυθμίσεις του καρτ όσο και από την τεχνική του οδηγού.

Η δύναμη του κινητήρα μεταδίδεται μέσω μίας αλυσίδας στον πίσω άξονα (ΣΧΗΜΑ 2.5). Τα γρανάζια που βρίσκονται στον κινητήρα και στον άξονα μπορούν να αλλαχθούν. Συνδυάζοντάς τα μπορεί να επιλεγεί η κατάλληλη σχέση μετάδοσης η οποία λειτουργεί τον κινητήρα στην ωφέλιμη περιοχή στροφών ροπής και δύναμης. Αυτό καθορίζεται από τα χαρακτηριστικά απόδοσης του κινητήρα, την πίστα τις συνθήκες πρόσφυσης, τα ελαστικά (μαλακά-σκληρά) και σε υψηλότερο επίπεδο την τεχνική του οδηγού. Το ίδιο ισχύει και για καρτ που διαθέτουν κιβώτιο ταχυτήτων (6 ταχυτήτων σειριακό).

Τα πρώτα χρόνια τα καρτ είχαν απευθείας μετάδοση της κίνησης από τον στρόφαλο προς τον άξονα. Αυτό δυσκόλευε την εκκίνησή τους καθώς δεν μπορούσαν να κρατήσουν ρελαντί και δεν είχαν μίζα (έπαιρναν μπρος σπρώχνοντας). Στη συνέχεια όμως τοποθετήθηκαν φυγοκεντρικοί συμπλέκτες και μίζες (TAG) για να λυθεί αυτό το πρόβλημα. Πρωτοπόρος σε αυτό ήταν η ROTAX.

2.6 ΕΛΑΣΤΙΚΑ



ΣΧΗΜΑ 2.6.α



ΣΧΗΜΑ 2.6.β

Οι ζάντες και τα ελαστικά είναι πολύ μικρότερα από αυτά των αυτοκινήτων (διάμετρος 5"). Οι ζάντες κατασκευάζονται από αλουμίνιο ή μαγνήσιο. Τα ελαστικά μπορούν να αναπτύξουν πλευρική επιτάχυνση της τάξεως των $2G$ ($20m/s^2$) ή και παραπάνω ανάλογα το σασσί, τον κινητήρα, τα ελαστικά και τις συνθήκες πρόσφυσης της πίστας. Αυτές οι τιμές πλευρικής επιτάχυνσης είναι πολύ μεγαλύτερες από αυτές που μπορεί να αναπτύξει ακόμα και ένα αυτοκίνητο υψηλών επιδόσεων (μέχρι $1,3G$) και συγκρίνονται μόνο με επιδόσεις αγωνιστικών αυτοκινήτων. Είναι επίσης και ιδιαίτερα κουραστική για τον οδηγό αυτή η επιτάχυνση και σε αγωνιστικό επίπεδο η καλή φυσική κατάσταση είναι απαραίτητη.

Σε στεγνές συνθήκες χρησιμοποιούνται slick ελαστικά χωρίς αυλακώσεις για μέγιστη πρόσφυση (ΣΧΗΜΑ 2.6.α). Είναι ελαστικά αγωνιστικών προδιαγραφών και προορίζονται μόνο για αγωνιστική χρήση. Κατασκευάζονται από κάποιους γνωστούς κατασκευαστές ελαστικών (Bridgestone, Dunlop, Maxxis). Επίσης υπάρχουν και κατασκευαστές που ειδικεύονται μόνο σε ελαστικά για καρτ (MG, MOJO, VEGA). Τα slick ελαστικά διατίθενται σε πολλούς τύπους γόμας. Από πολύ μαλακά (μέγιστη πρόσφυση) που χρησιμοποιούνται σε πολύ υψηλό αγωνιστικό επίπεδο, έως πολύ σκληρή γόμα (λίγη πρόσφυση – μεγάλη διάρκεια) που προορίζονται κυρίως για ενοικιαζόμενα καρτ και όχι αγωνιστική χρήση.

Σε βρόχινες συνθήκες χρησιμοποιούνται ελαστικά με αυλακώσεις και πολύ μαλακή γόμα (ΣΧΗΜΑ 2.6.β). Είναι πιο στενά από τα slick και δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε στεγνές συνθήκες. Υπερθερμούνται και καταστρέφονται.

Υπάρχουν και ελαστικά με καρφιά τα οποία χρησιμοποιούνται στο χιόνι.

2.7 ΤΗΛΕΜΕΤΡΙΑ



ΣΧΗΜΑ 2.7

Όπως σε όλες τις μορφές μηχανοκίνητου αθλητισμού υπάρχουν όργανα ενδείξεων και τηλεμετρίας του οχήματος, το ίδιο ισχύει και για το καρτ.

Αποτελείται από ένα όργανο το οποίο βρίσκεται πάνω στο τιμόνι (ΣΧΗΜΑ 2.7). Στην πιο απλή του μορφή έχει ενδείξεις ταχύτερου γύρου, μνήμη γύρων, θερμοκρασία κινητήρα, στροφές κινητήρα. Πιο εξελιγμένα και ακριβά συστήματα διαθέτουν σύστημα GPS το οποίο ανά πάσα στιγμή καταγράφει τη θέση του καρτ στην πίστα. Η χάραξη της πίστας είναι επίσης καταγεγραμμένη στο σύστημα (κάνοντας έναν αναγνωριστικό γύρο). Επίσης διαθέτουν επιπλέον ένδειξη θερμοκρασίας καυσασερίων κινητήρα, σένσορες επιτάχυνσης εγκάρσιας – διαμήκη, σένσορες γκαζιού, φρένου και συστήματος διεύθυνσης. Ανάλογα με το επίπεδο του οδηγού η χρήση της τηλεμετρίας μπορεί να βοηθήσει στις ρυθμίσεις του καρτ και στην βελτίωση της τεχνικής της οδήγησης.

2.8 ΑΓΩΝΕΣ



ΣΧΗΜΑ 2.8

Το καρτ είναι η πιο οικονομική μορφή μηχανοκίνητου αθλητισμού με τετράτροχο όχημα σε ασφάλτο. Μπορεί να ασχοληθεί κανείς είτε χομπίστικα (ενοικιαζόμενο αγωνιστικό) είτε αγωνιστικά. Στο εξωτερικό και επαγγελματικά. Στην αγωνιστική του μορφή υπάγεται στη FIA(παγκόσμια ομοσπονδία μηχανοκίνητου αθλητισμού αυτοκινήτου) με την επωνυμία CIK. License (άδεια αγωνιζόμενου) μπορεί να βγάλει κανείς από την ηλικία των 8 ετών.

Υπάρχουν διάφορες κατηγορίες που μπορεί να αγωνιστεί κανείς τόσο σε εθνικό όσο σε ευρωπαϊκό και παγκόσμιο επίπεδο. Οι κορυφαίες κατηγορίες (δυνατοί κινητήρες, μαλακά ελαστικά, υψηλό επίπεδο οδηγών) είναι οι KF1, KF2, KF3, KZ1, KZ2, Superkart.

Οι κατηγορίες KF1, KF2, KF3 χρησιμοποιούν τον ίδιο 2χρονο κινητήρα 125cc υδρόψυκτο με μίζα και φυγοκεντρικό συμπλέκτη. Διαφέρουν σε κάποιες τεχνικές προδιαγραφές που περιορίζουν την απόδοση του κινητήρα (εισαγωγή αέρα, καρμπυρατέρ, εξάτμιση, περιοριστή στροφών). Οι οδηγοί αυτών των κατηγοριών είναι KF3 (10-13ετών), KF2 (13-16ετών) KF1(16 και άνω).

Οι κατηγορίες KZ1, KZ2 χρησιμοποιούν επίσης 2χρονο κινητήρα 125cc υδρόψυκτο κιβώτιο ταχυτήτων σειριακό 6 σχέσεων με ηλικίες 16+ ετών.

Η κατηγορία Superkart χρησιμοποιεί 2χρονο 250cc και σειριακό κιβώτιο 6 σχέσεων.

Αυτές οι κατηγορίες θεωρούνται οι υψηλότερες με το υψηλότερο επίπεδο οδηγών , οι οποίοι ανάλογα με την πορεία τους συνεχίζουν σε FORMULA 3 , GP2 , FORMULA 1 ή σε άλλες κατηγορίες. Είναι όμως εξαιρετικά κοστοβόρες.

Στις αρχές του 2000 περίπου κάποια εργοστάσια όπως ROTAX , VORTEX κατασκεύασαν κινητήρες καρτ χαμηλότερων επιδόσεων 2χρονους , υδρόψυκτους , μίζα , συμπλέκτη χωρίς κιβώτιο ταχυτήτων. Αυτοί οι κινητήρες έχουν χαμηλότερο κόστος συντήρησης και μεγαλύτερη διάρκεια ζωής. Έχουν απόδοση 13hp-30hp ανάλογα την κατηγορία – ηλικία και είναι πιο προσιτοί για τον χρήστη τόσο από πλευράς κόστους όσο και λειτουργίας. Με την έλευση αυτών των κινητήρων το καρτ έγινε πιο προσιτό σε μία μεγαλύτερη μερίδα ανθρώπων (χομπίστες και αγωνιζόμενους) και θεσπίστηκαν ενιαία πρωταθλήματα (ίδιοι κινητήρες , ίδια ελαστικά πιο σκληρά σε σχέση με KF ,KZ) σε εθνικό ευρωπαϊκό και παγκόσμιο επίπεδο. Με τον καιρό αλλά και την γενικότερη οικονομική κρίση αλλά και τα υπέρογκα έξοδα των KF , KZ η δημοτικότητα αυτών των κινητήρων έχει αυξηθεί ραγδαία το ίδιο και το επίπεδο του ανταγωνισμού. Στην Αγγλία είναι η κυρίαρχη κατηγορία αγωνιστικών καρτ.

Επίσης αυτή η σειρά αγώνων δίνει στους οδηγούς μέσα από το εθνικό πρωτάθλημα ο 1^{ος} της βαθμολογίας κάθε κατηγορίας να εκπροσωπήσει τη χώρα του στο παγκόσμιο που γίνεται κάθε χρόνο σε διαφορετική χώρα με κοινά σασσί , κινητήρες , ελαστικά. Η χώρα μας από την αρχή του θεσμού δίνει κάθε χρόνο το παρόν σε αυτή τη διοργάνωση.

2.9 ΕΞΑΡΤΥΣΗ ΟΔΗΓΟΥ



ΣΧΗΜΑ 2.9

Ο μηχανοκίνητος αθλητισμός εκ φύσεως εμπεριέχει κίνδυνο. Το καρτ γενικά θεωρείται και είναι ασφαλές και στατιστικά λίγες φορές έχουν σημειωθεί σοβαρά ατυχήματα. Αυτό όμως σε καμία περίπτωση δεν σημαίνει ότι οι οδηγοί δεν πρέπει να αμελούν να φορούν την απαραίτητη εξάρτηση. Αυτή είναι (ΣΧΗΜΑ 2.9):

- κλειστό κράνος συγκεκριμένων προδιαγραφών και εγκεκριμένο από την FIA
- φόρμα για καρτ
- γάντια για καρτ
- παππούτσια για καρτ

Προαιρετικά χρησιμοποιούνται και κολάρο προστασίας του αυχένα και τα τελευταία χρόνια και σύστημα HANS (όπως στην F1).

2.10 ΚΑΡΤ - ΣΧΟΛΕΙΟ ΟΔΗΓΗΣΗΣ

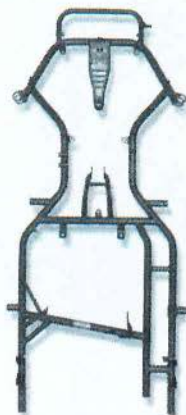
Από πολύ κόσμο και στην Ελλάδα ειδικά το καρτ θεωρείται ένα παιχνίδι και πολλοί το συγχέουν με τα συγκρουόμενα στα λούνα-παρκ. Αυτή όμως είναι μία παρανόηση και όσοι έχουν την ευκαιρία να οδηγήσουν ένα αγωνιστικό καρτ μπορούν να το καταλάβουν.

Δεν είναι τυχαίο ότι οι κορυφαίοι οδηγοί του κόσμου οι πιλότοι της F1 (Michael Schumacher , Ayrton Senna ,Alain Prost , Kimi Raikkonen , Fernando Alonso , Lewis Hamilton , Sebastian Vettel) όλοι με ελάχιστες εξαιρέσεις έχουν ξεκινήσει τα πρώτα τους βήματα από ηλικίες 5-8 ετών στο καρτ.

Το καρτ όπως και όλα τα μηχανοκίνητα αθλήματα εκπαιδεύει το μυαλό του οδηγού από πολύ μικρή ηλικία να αναπτύξει την τεχνική και το ένστικτο της αγωνιστικής οδήγησης , της μάχης τροχό με τροχό , τα αντανάκλαστικά , την διατήρηση της ψυχραιμίας , τον ακριβή έλεγχο του οχήματος την αίσθηση και αντίληψη του περιβάλλοντα χώρου τις τακτικές αγώνα και τη λήψη κρίσιμων αποφάσεων υπό πίεση. Παράλληλα εξοικιώνεται με όλες τις παραμέτρους που επιδρούν στην ρύθμιση του οχήματος με στόχο τη μέγιστη απόδοση (ρυθμίσεις σασσί ,κινητήρα , πιέσεις , διαχείριση ελαστικών). Το σημαντικότερο όλων όμως είναι ότι λόγω αυτής της εκπαίδευσης του μυαλού σε οριακή οδήγηση το καρτ κάνει τον οδηγό πιο ασφαλή στο δρόμο. Μπορεί να αντιδράσει πιο σωστά και έγκαιρα σε περίπτωση κινδύνου και αποκτά παιδεία. Επίσης εξοικιώνεται με την μηχανολογία σε διάφορους τομείς και βλέπει πως η θεωρία εφαρμόζεται στην πράξη.[http://en.wikipedia.org/wiki/Kart_racing , TONYKART <http://www.tonykart.com/>]

3.1 ΒΑΣΙΚΑ ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΚΑΡΤ

Α) ΠΛΑΙΣΙΟ



ΣΧΗΜΑ 3.1.Α

Ξεκινώντας από τη βάση κάθε οχήματος το πλαίσιο (ΣΧΗΜΑ 3.1.Α). Είναι σημαντικό να κατανοήσουμε τη βασική αρχή του πλαισίου του καρτ , καθώς και τις διάφορες λειτουργίες που καλείται να επιτελέσει. Είναι μία κατασκευή από σωλήνες , διαθέτει γεωμετρία μόνο εμπρός στο σύστημα διεύθυνσης και δεν διαθέτει διαφορικό και ανάρτηση. Στο καρτ δηλαδή το σασσί 'παίζει' το ρόλο της ανάρτησης. Είναι υπεύθυνο για τη μεταφορά βάρους από τους εσωτερικούς στους εξωτερικούς τροχούς καθώς επίσης και για τον ρυθμό αυτής. Οι κατασκευαστές χρησιμοποιούν σε επιλεγμένα τμήματα του πλαισίου σωλήνες διαφορετικής διατομής και σκληρότητας για να ελέγξουν το 'rollsteer' (1.2.2.Δ) και το 'rollcoupledistribution' (1.2.2.Γ). Κριτήριο για αυτό είναι οι συνθήκες χρήσεις του καρτ , δηλαδή μαλακά ή σκληρά λάστιχα και πίστες με πολύ γόμα – πολύ πρόσφυση ή λίγη γόμα – λίγη πρόσφυση. Συνήθως για μαλακά ελαστικά και πολύ πρόσφυση επιλέγονται πιο μαλακά πλαίσια , ενώ για σκληρά ελαστικά και λίγη πρόσφυση πιο σκληρά. Επίσης το πλαίσιο είναι υπεύθυνο για την απόσβεση των κραδασμών σε ανωμαλίες του οδοστρώματος ή όταν το καρτ περνάει πάνω από τα kerbs.

Β) ΕΛΛΕΙΨΗ ΔΙΑΦΟΡΙΚΟΥ



ΣΧΗΜΑ 3.1.Β

Μία δεύτερη λειτουργία που καλείται να έχει το πλαίσιο είναι η ύπαρξη διαφορικού. Θα εξηγήσουμε πώς και γιατί. Η έλλειψη διαφορικού δεν επιτρέπει τον έλεγχο της σχετικής ταχύτητας των πίσω τροχών. Για αυτό το λόγο το σασσί του καρτ είναι σχεδιασμένο και κατασκευασμένο έτσι ώστε στην είσοδο της στροφής, όταν τα ελαστικά αρχίσουν να δέχονται εγκάρσιο φορτίο, ο πίσω εσωτερικός τροχός να σηκώνεται στον αέρα (ΣΧΗΜΑ 3.1.Β). Συνέπεια αυτού είναι το καρτ να αρχίσει να διαγράφει έναν κύκλο, με κέντρο τον εμπρός εσωτερικό τροχό. Εάν ο πίσω εσωτερικός τροχός δεν σηκώνόταν στον αέρα όσο και να έστριβε ο οδηγός το τιμόνι το εμπρός μέρος θα συνέχιζε να πηγαίνει ευθεία, επειδή το πίσω μέρος θα το 'έσπρωχνε' μην αφήνοντάς το να διαγράψει το τόξο της καμπής. Για να σηκωθεί ο πίσω εσωτερικός τροχός στον αέρα το καρτ θα πρέπει να έχει τέτοιο set-up που θα του δίνει αρκετή εγκάρσια πρόσφυση. Επίσης χρειάζεται και μία στρέβλωση του πλαισίου για να γίνει η μεταφορά βάρους και σωστή τεχνική του οδηγού. Θα πρέπει να μην γλιστράει το καρτ (υπερβολικά μεγάλες γωνίες ολίσθησης) και υπερβαίνει το όριο πρόσφυσης των ελαστικών.

Γ) HR/T

Ένα χαρακτηριστικό του καρτ που του επιτρέπει να αλλάζει τόσο γρήγορα κατεύθυνση είναι ο λόγος hr/t (1.2.2.Κα). Να θυμήσουμε hr (απόσταση roll center από το έδαφος) και t (μετατρόχιο). Το hr/t είναι υπεύθυνο για τη μεταφορά βάρους από τους εσωτερικούς τροχούς στους εξωτερικούς. Στο καρτ τα roll center βρίσκεται πάρα πολύ χαμηλά και πολύ κοντά στο κέντρο μάζας του καρτ με τον οδηγό. Ο οδηγός κάθεται κάτω από το επίπεδο των κέντρων των τροχών (το κάθισμα βρίσκεται στην άσφαλτο). Συνεπώς το καρτ έχει πολύ μικρό hr . Επίσης το μετατρόχιο (t) είναι μεγαλύτερο από το ύψος του καρτ (χωρίς τον οδηγό) για αυτό το ύψος του οδηγού παίζει τεράστιο ρόλο στη συμπεριφορά του καρτ. Θα έχουμε δηλαδή πολύ μικρό hr/t . Λαμβάνοντας υπ' όψιν αυτά τα τεχνικά χαρακτηριστικά και ανατρέχοντας στο 1^ο κομμάτι και συγκεκριμένα στο FIGURE 30, αντιλαμβάνεται κανείς ότι η μεταφορά βάρους θα γίνει στο μεγαλύτερο βαθμό από τις εγκάρσια παραγόμενες δυνάμεις και θα είναι πολύ έντονη και άμεση. Η έλλειψη ανάρτησης και η χρήση αγωνιστικών ελαστικών εντείνουν αυτό το φαινόμενο και δίνουν στο καρτ αυτή την απόλυτη και βίαιη αίσθηση όταν αλλάζει κατεύθυνση και τις μεγάλες πλευρικές επιταχύνσεις (G). Για να δώσουμε ένα μέτρο σύγκρισης μόνο μονοθέσια μπορούν να έχουν ανάλογο hr/t .

Δ) ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΒΑΡΟΥΣ

Όπως είχαμε δείξει και στο 1^ο μέρος κατανέμοντας τη μάζα μπορούμε να ελέγξουμε καλύτερα τη μεταφορά βάρους. Το καρτ ως αγωνιστικό όχημα είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε να έχει το κέντρο βάρους ($\kappa.β$) του όσο το δυνατόν χαμηλότερα και μαζεμένο στο κέντρο – πίσω, το οποίο δίνει οπισθόβαρη κατανομή. Η οπισθόβαρη κατανομή λόγω ελαστικών χαρακτηριστικών των ελαστικών (1.2.2.Β) θα επιστρέψει στο καρτ να στρίψει με μικρότερη ακτίνα. Παράλληλα θα δώσει στον οδηγό τη δυνατότητα να ελέγξει πιο αποτελεσματικά τη διαφορά των γωνιών ολίσθησης (πίσω > εμπρός). Επιπλέον όντας πισωκίνητο το μεγαλύτερο φορτίο πίσω θα αυξάνει την πρόσφυση των πίσω ελαστικών. Έτσι η δύναμη του κινητήρα θα περνάει πιο αποτελεσματικά στην άσφαλτο. Η συγκέντρωση του $\kappa.β$ όσο το δυνατόν χαμηλότερα και στο κέντρο θα μειώσει τη μεταφορά βάρους λόγω C.F και τη ροπή στρέψης κατά την κατακόρυφο αντίστοιχα. Ένα αγωνιστικό καρτ έχει κατανομή βάρους μπρος – πίσω 43%-57% και 50%-50% από πλευρά σε πλευρά.

Ε) ΥΠΕΡΚΡΑΤΗΜΑ (STICK – SLIPEFFECT)

Έχοντας αναλύσει τα βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά του καρτ , είναι σημαντικό να εξηγήσουμε τη βασική επίπτωση που έχουν στη συμπεριφορά του οχήματος. Όπως θα προσπαθήσουμε να δείξουμε και στη συνέχεια αυτής της ανάλυσης , είναι καθοριστική για τη συμπεριφορά του καρτ , συνεπώς και για την επιλογή των ρυθμίσεων που θα γίνουν. Η επίπτωση αυτή είναι το φαινόμενο του υπερκρατήματος (stick – slipeffect).

Γυρίζουμε στο 1^ο κεφάλαιο (ΣΧΗΜΑ 1.2.2.α) και θυμίζουμε ότι όταν έχουμε δύο σώματα σε επαφή προκειμένου να κινηθεί – ολισθηθεί το ένα πάνω στο άλλο , θα πρέπει να του ασκηθεί μία δύναμη μεγαλύτερη από τη δύναμη τριβής. Στην περίπτωση του ελαστικού θα συμβεί το ίδιο εάν η δύναμη που θα του ασκηθεί C.F. ξεπεράσει τη δύναμη τριβής του με το οδόστρωμα. Η διαφορά είναι ότι το ελαστικό δεχόμενο φορτίο όντας ελαστικό σώμα παραμορφώνεται. Αυτή η παραμόρφωση εκτός του ότι αλλάζει το πέλμα του συνεπώς και την μετωπική του επιφάνεια άρα το συντελεστή τριβής , επηρεάζει και την θερμοκρασία του τοπικά , η οποία με τη σειρά της επηρεάζει όλα τα προηγούμενα. Όλοι αυτοί οι παράγοντες επηρεάζονται ταυτόχρονα από τη θερμοκρασία ασφάλτου και περιβάλλοντος. Παράλληλα η γόμα που βρίσκεται στην άσφαλτο ‘αγωνιστική γραμμή’ δεν είναι παντού η ίδια για ποικίλους παράγοντες. Επίσης η τραχύτητα της ασφάλτου δεν είναι παντού η ίδια.

Συγκρίνοντας λοιπόν κανείς τα δύο αυτά τριβουσυστήματα βιβλίο – τραπέζι , ελαστικό – άσφαλτος , αντιλαμβάνεται πόσους μεταβλητούς και αστάθμιστους παράγοντες έχουμε στο δεύτερο τριβουσύστημα. Πιο απλά έχουμε ένα τριβουσύστημα στο οποίο ο συντελεστής τριβής μεταβάλλεται διαρκώς. Αυτή την κατάσταση έρχεται να κάνει ακόμα πιο πολύπλοκη το γεγονός ότι οι δυνάμεις τριβής και φρεναρίσματος (διαμήκης άξονας) , περιορίζουν τις δυνάμεις στριψίματος (εγκάρσιος άξονας) (ΣΧΗΜΑ 1.2.2.β , ΣΧΗΜΑ 1.1.3 διάγραμμα επιτάχυνσης - οδήγησης). Παράλληλα λόγω χρήσης αγωνιστικών ελαστικών (συντελεστής τριβής > 1.0) , οι δυνάμεις τριβής είναι πολύ μεγάλες , το οποίο εντείνει αυτό το φαινόμενο.

Προκειμένου να γίνουν αυτό το φαινόμενο και η επίδρασή του πιο κατανοητά θα χρησιμοποιήσουμε ένα παράδειγμα. Ας θεωρήσουμε ότι έχουμε ένα ελαστικό σώμα γόμα με κάποιο βάρος , το οποίο προσπαθούμε να σύρουμε πάνω σε μία ελαστική επιφάνεια π.χ. καουτσούκ. Θεωρούμε ότι και τα δύο αυτά σώματα επηρεάζονται από τη θερμοκρασία και άλλους αστάθμητους παράγοντες όπως το ελαστικό και η ‘αγωνιστική γραμμή’ στην πίστα. Θα έχουν δηλαδή μεταβλητό συντελεστή τριβής μ . Αρχίζουμε να τραβάμε τη γόμα με μία δύναμη F , την οποία αυξάνουμε έως ότου αυτή αρχίσει να ολισθαίνει. Πρακτικά για το συγκεκριμένο σημείο τη δεδομένη στιγμή έχουμε υπερνικήσει τη δύναμη τριβής. Θεωρήσαμε όμως ότι το τριβουσύστημα αυτό έχει μεταβλητό μ , το οποίο σημαίνει ότι στο μήκος χ που τραβάμε τη

γόμα , σε ένα άλλο σημείο μία άλλη στιγμή το μ μπορεί να είναι μεγαλύτερο. Δηλαδή η δύναμη με την οποία τραβάγαμε τη γόμα και αυτή ολίσθαινε δεν θα είναι πλέον αρκετή με αποτέλεσμα η γόμα να σταματήσει να ολισθαίνει. Φυσικά θα ασκήσουμε μεγαλύτερη F προκειμένου η γόμα να αρχίσει να ολισθαίνει και πάλι. Θα έχουμε δηλαδή ξαναελαττωθεί. Έχοντας όμως εμείς ασκήσει κατά πολύ μεγαλύτερη F η γόμα θα ολισθήσει περισσότερο από το προβλεπόμενο 'εκτός ελέγχου'. Αυτό το φαινόμενο επαναλαμβάνεται διαρκώς και είναι ουσιαστικά και ο τρόπος με τον οποίο λειτουργούν τα ελαστικά και επιτρέπουν σε κάθε όχημα να επιταχύνει , να φρενάρει και να στρίβει.

Εάν τώρα συνδέσουμε τη γόμα με ένα ελατήριο και προσπαθήσουμε να τη σύρουμε από αυτό θα έχουμε το εξής αποτέλεσμα. Το ελατήριο έχει την ιδιότητα να συσσωρεύει ενέργεια και να την αποβάλλει. Επειδή όμως μπορούμε μέσω των χαρακτηριστικών του ελατηρίου να καθορίσουμε το ρυθμό αυτής της συσσωρεύσης – αποβολής ($F=-Kx$, $F=mg$, $-kx=ma$) , μπορούμε να ελέγξουμε αυτό το φαινόμενο (ολίσθηση – κόλλημα) , ούτως ώστε η γόμα να μην ολισθήσει εκτός ελέγχου. Δηλαδή το ελατήριο θα συσσωρεύσει την επιπλέον F που θα του ασκηθεί και θα την αποβάλλει αντίστοιχα με ελεγχόμενο ρυθμό.

Στην περίπτωση του τριβουσιτήματος ελαστικά – γόμα ασφάλτου , το καρτ αντικαθιστά τη γόμα χωρίς το ελατήριο και την επιφάνεια καουτσούκ η γόμα της ασφάλτου. Η δύναμη F είναι η $C.F.$ και η δύναμη που ασκεί ο οδηγός μέσω του τιμονιού στα ελαστικά για να στρίψει. Η ολίσθηση της γόμας είναι οι γωνίες ολίσθησης που πρέπει να πάρουν τα ελαστικά προκειμένου να στρίψει το καρτ. Η έλλειψη ανάρτησης δεν επιτρέπει τον έλεγχο του ρυθμού συσσωρεύσης – αποβολής της F . Μην μπορώντας να ελέγξουμε αυτό το ρυθμό προσπαθούμε να εξομαλύνουμε την F , κάτι το οποίο θα γίνει πιο σαφές στη συνέχεια. Λαμβάνοντας κανείς υπ'όψιν τα παραπάνω και τα σχήματα (ΣΧΗΜΑ 1.2.2.β) , (ΣΧΗΜΑ 1.1.3. ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗΣ - ΟΔΗΓΗΣΗΣ) , αντιλαμβάνεται το λόγο για τον οποίο το φαινόμενο αυτό είναι τόσο έντονο στο καρτ και γίνεται ακόμα πιο έντονο όσο η πίστα στρώνεται με γόμα. Περισσότερη γόμα – μεγαλύτερος συντελεστής τριβής – μεγαλύτερη F ($C.F.$) – πιο έντονο το φαινόμενο. [AACHEN UNIVERSITY – EXERCISE TRIBOLOGY INTERACTIONS BETWEEN BASE AND CONTACT BODIES , ([http://en.wikipedia.org/wiki/Suspension_\(vehicle\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Suspension_(vehicle)))]

3.2 ΡΥΘΜΙΣΕΙΣ 'SET-UP' ΤΟΥ ΚΑΡΤ

Αφού αναλύσαμε τα κυριότερα τεχνικά χαρακτηριστικά του καρτ που το διαφοροποιούν από το αυτοκίνητο , καθώς και την κύρια επίδραση αυτών , θα συνεχίσουμε με το βασικό αντικείμενο αυτής της ανάλυσης. Τις ρυθμίσεις 'set-up' του καρτ.

Το καρτ αν και ένα πολύ απλό κατασκευαστικό αγωνιστικό όχημα διαθέτει ένα πλήθος ρυθμίσεων , οι οποίες επηρεάζουν την συμπεριφορά του. Είναι σημαντικό να ξεκαθαρίσουμε από την αρχή ότι δεν υπάρχει σωστό ή λάθος 'set-up' με την ευρύτερη έννοια. Σαφώς και υπάρχει μία βάση και θεωρία από την οποία ξεκινάει κανείς , αλλά πολλές φορές η πράξη μπορεί να απέχει από λίγο έως πολύ από αυτήν. Είναι τόσοι οι αστάθμητοι παράγοντες που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους , που η εμπειρία και η δοκιμή παίζουν καθοριστικό ρόλο. Για αυτό το λόγο είναι πολύ σημαντικός και καθοριστικός ο ρόλος του οδηγού , όπως σε κάθε αγωνιστικό όχημα. Ενδεικτικά κάποιοι από τους κυριότερους παράγοντες που καθορίζουν το 'set-up' ενός καρτ είναι:

- Χαρακτηριστικά των ελαστικών (κατασκευαστής , γόμα)
- Χάραξη πίστας (αργή – κλειστή , γρήγορη – ανοιχτή)
- Επιφάνεια οδοστρώματος (τραχιά , λεία)
- Θερμοκρασίες (περιβάλλοντος , ασφάλτου)
- Κατάσταση πίστας (πολλά καρτ – πολύ γόμα , λίγα καρτ – λίγη γόμα)
- Κατασκευαστής πλαισίου (σασσί)
- Προτίμηση οδηγού

Το σωστό 'set-up' του καρτ αποτελείται από έναν συνδυασμό ρυθμίσεων με βασικά κριτήρια τους παραπάνω παράγοντες και είναι ο καλύτερος δυνατός συμβιβασμός (χρυσή τομή) για τις εκάστοτε συνθήκες , με στόχο την απόδοση. Το 'σωστό set-up' μπορεί στην ίδια πίστα , με το ίδιο καρτ , τα ίδια λάστιχα και τον ίδιο οδηγό να αλλάξει από τη μία μέρα στην άλλη. Ακόμα και κατά τη διάρκεια της ημέρας. Επιγραμματικά αυτό μπορεί να γίνει με αλλαγές σε:

- A) Πλαίσιο (σχεδιασμός , σκληρότητα)
- B) Ρύθμιση και επιλογή καθίσματος (σκληρότητα)
- Γ) Μπαράκια Καθίσματος
- Δ) Άξονας
- Ε) Ρουλεμάν άξονα
- ΣΤ) Μετατρόχιο εμπρός – πίσω
- Ζ) Τσοκ εμπρός – πίσω (μήκος , σκληρότητα)
- Η) Αντιστρεπτικές
- Ι) Υψος πλαισίου εμπρός –πίσω
- ΙΑ) Ackerman
- ΙΒ) Camber
- ΙΓ) Caster
- ΙΔ) Σύγκλιση – Απόκλιση τροχών (Toe –in/out)
- ΙΕ) Προφυλακτήρες
- ΙΣΤ) Ζάντες
- ΙΖ) Πιέσεις Ελαστικών

Πολύ γενικά υπάρχουν δύο δρόμοι set-up. Το μαλακό set-up (softsettings) για συνθήκες με πολύ κράτημα και το σκληρό set-up (hardsettings) για συνθήκες με λίγο κράτημα. Σκόπιμα θα επεκταθούμε πιο πολύ προς την κατεύθυνση ενός μαλακού set-up , διότι ως επί το πλείστον σε ημέρες δοκιμών ή αγώνων (πολλά καρτ – πολύ γόμα κ.ο.κ) , είναι πιο πιθανό να αλλάζει προς αυτή την κατεύθυνση. Αυτό όμως δεν αποκλείει το αντίθετο.

3.2.1 ΜΑΛΑΚΟ SET-UP (SOFT SETTINGS)

Ξεκινώντας από την περίπτωση όπου στην πίστα έχουμε πολύ γόμα , θα επιλέξουμε ένα set-up το οποίο δεν θα δίνει πολύ κράτημα στο καρτ. Αυτό γιατί οι δυνάμεις τριβής που θα αναπτύσσονται μεταξύ ελαστικών και οδοστρώματος θα είναι τόσο μεγάλες που τα ελαστικά δεν θα μπορούν να πάρουν τις απαιτούμενες γωνίες ολίσθησης για να στρίψει το καρτ. Θα έχει δηλαδή την τάση να πηγαίνει ευθεία. Παράλληλα τη στιγμή που θα αρχίσει να αλλάζει την πορεία του οι εγκάρσιες δυνάμεις που θα αναπτύξουν τα λάστιχα (> από το κάθετο φορτίο – αγωνιστικά ελαστικά) θα είναι τόσο μεγάλες και έντονες που το καρτ θα αρχίσει να 'χοροπηδάει' πάνω στο οδόστρωμα. Σε αυτό συμβάλλει και η έλλειψη ανάρτησης και διαφορικού. Αυτή η υπερβολική πρόσφυση 'υπερκράτημα' δίνει την αίσθηση στον οδηγό ότι το καρτ είναι 'κολλημένο' στο έδαφος. Το φαινόμενο είναι τόσο έντονο σε σημείο που το καρτ

στην είσοδο και κατά τη διάρκεια της καμπής φρενάρει υπερβολικά. Αποτέλεσμα αυτού είναι οι στροφές του κινητήρα να πέφτουν κάτω από την ωφέλιμη περιοχή και στην έξοδο αυτής η δύναμή του να μην είναι αρκετή για να το επιταχύνει όσο θα ήθελε ο οδηγός. Όλα αυτά συντελούν σε αργούς χρόνους, ενώ παράλληλα είναι εξαιρετικά κουραστικό σωματικά για τον οδηγό. Ας δούμε λοιπόν ποιες ρυθμίσεις περιλαμβάνει ένα μαλακό set-up και γιατί.

A) Πλαίσιο



ΣΧΗΜΑ 3.2.1.A

Όπως είχαμε πει αρχικά και εξηγήσαμε περαιτέρω στο φαινόμενο του υπερκρατήματος, το πλαίσιο (ΣΧΗΜΑ 3.2.1.A) παίζει το ρόλο της ανάρτησης. Αρχικά θα επιλεγεί ένα πιο μαλακό πλαίσιο το οποίο θα στρεβλώνεται περισσότερο. Μεγαλύτερη στρέβλωση του πλαισίου συντελεί σε πιο αργή και ήπια μεταφορά βάρους. Αυτή με τη σειρά της οδηγεί σε πιο αργή και ήπια φόρτιση των ελαστικών με κάθετο φορτίο. Έτσι τα ελαστικά θα έχουν το περιθώριο να χρησιμοποιήσουν την τριβή με τη γόμα της πίστας και να εκμεταλλευτούν το εγκάρσιο φορτίο για να έχουν τις γωνίες ολίσθησης που χρειάζονται, χωρίς να επιβαρύνονται με έντονο κάθετο φορτίο. Αυτή η ισορροπία θα αφήσει το καρτ να κυλιέται (ρολλάρει) πάνω στη γόμα της πίστας και να μην έχει υπερκράτημα με τις συνέπειες που προαναφέραμε. Πρακτικά βέβαια δεν είναι πάντα εφικτό να χρησιμοποιεί κανείς διαφορετικά πλαίσια ανάλογα με τις εκάστοτε συνθήκες. Ωστόσο είναι μία βασική παράμετρος και πρέπει να γίνει μία σχετική αναφορά.

Β) Επιλογή και τοποθέτηση καθίσματος



ΣΧΗΜΑ 3.2.1.Β

Βάζοντας το κάθισμα (ΣΧΗΜΑ 3.2.1.Β) χαμηλά , χαμηλώνουμε το κ.β. Χαμηλώνοντας το κ.β. το φέρνουμε πιο κοντά στα 'rollcenter' δηλαδή το 'rollaxis' (ΣΧΗΜΑ 1.2.2.Κβ). Αυτό θα συντελέσει στη μείωση της ροπής στρέψης που θα επιφέρει η C.F , ασκούμενη στο κ.β. Επίσης η μεταφορά βάρους θα γίνει κατά το μεγαλύτερο βαθμό από τις εγκάρσια παραγόμενες δυνάμεις , που ασκούνται στα 'rollcenter'. Όλη αυτή η δυναμική μεταφορά των φορτίων θα έχει σαν αποτέλεσμα την αργή μεταφορά βάρους από τους εσωτερικούς προς τους εξωτερικούς τροχούς. Εν τέλει την αργή φόρτιση των εξωτερικών τροχών με κάθετο φορτίο. Η αργή φόρτιση θα δώσει το περιθώριο στα ελαστικά να χρησιμοποιήσουν την τριβή της γόμας τους με αυτήν του οδοστρώματος για να δεχθούν το απαιτούμενο εγκάρσιο φορτίο και να δώσουν τις γωνίες ολίσθησης , χωρίς όμως να έχουν το επιπλέον κάθετο φορτίο που θα παράγει το καρτ και θα οδηγήσει σε υπερκράτημα. Θυμίζουμε (ΣΧΗΜΑ 1.1.3 διάγραμμα επιτάχυνσης - οδήγησης) ότι προκειμένου τα ελαστικά να μπορέσουν να δεχθούν εγκάρσιο φορτίο , θα πρέπει να μειωθεί ανάλογα το φορτίο κατά το διαμήκη άξονα και αντίστροφα. Μία άλλη παράμετρος που επηρεάζει είναι η σκληρότητα του υλικού του καθίσματος. Χρησιμοποιώντας ένα πιο μαλακό κάθισμα καθυστερούμε την μεταφορά βάρους που ασκεί το σώμα του οδηγού στο καρτ και κατ'επέκταση στα ελαστικά , καθώς το κάθισμα στρεβλώνεται. Ουσιαστικά το κάθισμα μαζί με το πλαίσιο παίζουν το ρόλο της ανάρτησης όσον αφορά την σκληρότητα των ελατηρίων.

Το κάθισμα είναι επίσης υπεύθυνο και για την κατανομή βάρους του συνόλου καρτ – οδηγός. Τοποθετώντας το κάθισμα πιο μπροστά ή πιο πίσω , αλλάζουμε το ζύγισμα του καρτ ανάλογα με τις συνθήκες και την συμπεριφορά του. Συνήθως σε πίστες με πολλές γρήγορες στροφές προτιμάται το κάθισμα λίγο πιο πίσω. Αυτό διότι στα γρήγορα κομμάτια το καρτ στρίβει περισσότερο με το πίσω μέρος (powerslide – ΣΧΗΜΑ 1.2.2.στ).

Επομένως θέλουμε περισσότερο βάρος πίσω το οποίο θα δώσει μεγαλύτερη γωνία ολίσθησης στους πίσω τροχούς , κάτι που θα βοηθήσει το καρτ να στρίψει με μικρότερη ακτίνα. Παράλληλα όμως θέλουμε σταθερότητα και φορτίο στους πίσω τροχούς , έτσι ώστε όταν ο οδηγός στρίψει το τιμόνι και αρχίσει να μεταφέρει το βάρος μπροστά και προς τους εξωτερικούς τροχούς , αυτό να γίνει ομαλά και να μην χάσουν απότομα την πρόσφυσή τους οι πίσω. Θυμίζουμε σε αυτό το σημείο ότι όσο αυξάνεται η ταχύτητα αυξάνεται και ο βαθμός υπερστροφής (ΣΧΗΜΑ 1.2.2.ιγ) , αλλά η διαφορά των γωνιών ολίσθησης μειώνεται (ΣΧΗΜΑ 1.2.2.στ). Συνεπώς πρέπει να επιλεγεί μία ρύθμιση η οποία θα ανταποκρίνεται στα παραπάνω με τον καλύτερο δυνατό τρόπο. Μία άλλη περίπτωση τοποθέτησης του καθίσματος πίσω είναι εάν ο οδηγός νιώθει το καρτ ασταθές στο φρενάρισμα. Έχοντας λοιπόν το βάρος πιο πίσω , κατά το φρενάρισμα το πίσω μέρος θα αποφορτιστεί λιγότερο.

Αντιθέτως σε αργές πίστες με κλειστά κομμάτια – αργές στροφές προτιμάται το κάθισμα πιο μπροστά. Έτσι κατά το φρενάρισμα θα γίνει πιο γρήγορη και έντονη μεταφορά βάρους από πίσω προς τα εμπρός φορτίζοντας τους εμπρός τροχούς και ειδικά τον εξωτερικό που θα δεχθεί και το μεγαλύτερο φορτίο. Επομένως θα αυξηθεί απότομα το κάθετο φορτίο και συνεπώς το εγκάρσιο και η γωνία ολίσθησης. Κατά αυτόν τον τρόπο το ελαστικό θα παράγει την απαιτούμενη πρόσφυση , προκειμένου να στρίψει το καρτ. Επιπλέον η έντονη μεταφορά βάρους πίσω – εμπρός θα βοηθήσει τον πίσω εσωτερικό τροχό να σηκωθεί για να έχει το καρτ 'διαφορικό' , το οποίο είναι απαραίτητο ειδικά στα κλειστά κομμάτια. Θα πρέπει όμως η ρύθμιση του καθίσματος να παρέχει παράλληλα και σταθερότητα κατά το φρενάρισμα. Είναι δηλαδή θέμα ισορροπίας γενικά. Σε περίπτωση βέβαια που ο οδηγός αντιμετωπίζει πρόβλημα υποστροφής ή υπερστροφής , τοποθετώντας το κάθισμα πιο μπροστά ή πιο πίσω αντίστοιχα μπορεί να βοηθήσει. Και αυτό όμως δεν αποτελεί κανόνα.

Σαν μία επιπλέον γενική αρχή θα μπορούσαμε να πούμε ότι καρτ με δυνατούς κινητήρες θέλουν το κάθισμα πιο πίσω (για να έχουν πρόσφυση οι πίσω τροχοί) , ενώ καρτ με πιο αδύναμους κινητήρες πιο μπροστά για να είναι οι πίσω τροχοί πιο 'ελεύθεροι' και να βοηθούν τον κινητήρα να επιταχύνει το καρτ. Και αυτό όμως είναι κάτι πολύ σχετικό και γενικό καθώς εξαρτάται από παράγοντες όπως τα ελαστικά , την κατάσταση της πίστας τον κατασκευαστή

του πλαισίου κ.α. Συνήθως στην πράξη σαν αρχή επιλέγεται η στάνταρ ρύθμιση που προτείνει ο κατασκευαστής , η οποία αποδίδει και σε ένα αρκετά ευρύ φάσμα. Από εκεί και πέρα για τους λόγους που αναλύσαμε και πάντα ανάλογα με τη συνολική συμπεριφορά του καρτ , ρυθμίζεται το κάθισμα λίγο πιο εμπρός ή πίσω (+-1 cm). Συνολικά σαν όχημα – οδηγός παραμένει οπισθόβαρο.

Τέλος σε περίπτωση που καρτ - οδηγός ζυγίζουν λιγότερο από το επιτρεπόμενο όριο χρησιμοποιείται έρμα. Αυτό τοποθετείται στο κάθισμα γύρω και κάτω από τον οδηγό ούτως ώστε να βρίσκεται συγκεντρωμένο όσο το δυνατόν στο κέντρο και χαμηλότερα. Σε κάποιες περιπτώσεις μπορεί να τοποθετηθεί και λίγο έρμα μπροστά , ανάλογα με τη συμπεριφορά του καρτ ή εάν υπάρχει σοβαρό πρόβλημα υποστροφής.

Γ) Μπαράκια Καθίσματος



ΣΧΗΜΑ 3.2.1.Γ

Προσθέτοντας ή αφαιρώντας μπαράκια καθίσματος , αντίστοιχα αυξάνουμε ή μειώνουμε το ρυθμό μεταφοράς βάρους. Σε ένα μαλακό set-up συνηθίζεται να τοποθετείται ένα μπαράκι σε

κάθε πλευρά. Αυτά τα μπαράκια βιδώνουν πάνω στο ψηλότερο σημείο του καρτ (ψηλά στα πλάγια του καθίσματος) και στις φωλιές όπου εδράζονται τα ρουλεμάν του άξονα. Σκοπός τους είναι να μεταφέρουν κάθετο φορτίο λόγω C.F στον άξονα και κατ' επέκταση στους πίσω τροχούς, δημιουργώντας ένα μοχλό από το ψηλότερο σημείο του καρτ στο χαμηλότερο. Σημαντικό κριτήριο παίζει το ύψος του οδηγού λόγω μοχλοβραχίονα (ροπή στρέψης). Συνήθως ψηλοί οδηγοί χρησιμοποιούν λίγα μπαράκια ενώ πιο κοντοί περισσότερα. Ωστόσο αυτό δεν αποτελεί κανόνα. Επίσης η χρήση μπαρακιών προσφέρει σταθερότητα του πίσω μέρους κατά το φρενάρισμα. Μία αντιφατική και ακραία περίπτωση είναι σε συνθήκες πάρα πολύς πρόσφυσης και χρήσης μαλακών ελαστικών να χρησιμοποιηθούν πολλά μπαράκια προκειμένου να ασκηθεί όσο το δυνατόν μεγαλύτερο κάθετο φορτίο στον άξονα. Σκοπός είναι η όσο το δυνατόν μεγαλύτερη στρέβλωσή του για να μειωθεί η μετωπική επιφάνεια του ελαστικού και το καρτ να μην έχει υπερκράτημα. Αυτή όμως είναι μία ακραία κατάσταση.

Δ) Άξονας

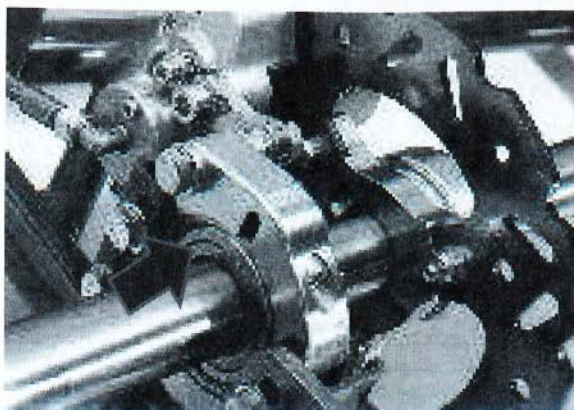


ΣΧΗΜΑ 3.2.1.Δ

Ένας μαλακός άξονας (ΣΧΗΜΑ 3.2.1.Δ) έχει την ιδιότητα να στρεβλώνεται περισσότερο δεχόμενος κάθετο φορτίο. Η στρέβλωση του άξονα αλλάζει τη γωνία με την οποία η επιφάνεια

του ελαστικού έρχεται σε επαφή με το οδόστρωμα , μειώνοντας την. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την παραγωγή λιγότερου κρατήματος αφού λιγότερο λάστιχο έρχεται σε επαφή με το έδαφος κατά την καμπή. Από τη στιγμή που το κράτημα είναι παραπάνω από το επιθυμητό η μικρότερη μετωπική επιφάνεια του ελαστικού θα του επιτρέψει να πάρει τις απαιτούμενες γωνίες ολίσθησης (πίσω > μπροστά) και να 'βοηθήσει' το καρτ να στρίψει.

Ε) Ρουλεμάν άξονα



ΣΧΗΜΑ 3.2.1.Ε

Τα ρουλεμάν (ΣΧΗΜΑ 3.2.1.Ε) πάνω στα οποία περιστρέφεται ο άξονας μπορούν να μειώσουν ή να αυξήσουν την πρόσφυση του καρτ , μειώνοντας ή αυξάνοντας την ακαμψία του άξονα αντίστοιχα.

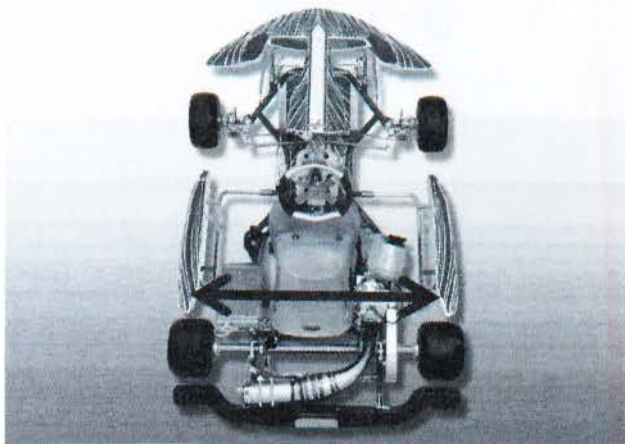
Εάν τα ρουλεμάν τοποθετηθούν έτσι ώστε να κοιτούν προς τα μέσα θα επιτρέψουν στον άξονα να στρεβλώνεται περισσότερο , καθώς θα αφήνουν μεγαλύτερο μήκος του ελεύθερο από την έδρασή του προς το τσοκ του τροχού. Μεγαλύτερο μήκος = μεγαλύτερη ροπή στρέψης = μεγαλύτερη κάμψη. Έτσι η μετωπική επιφάνεια του ελαστικού θα μειωθεί , συνεπώς και η πρόσφυση.

Αντιθέτως εάν τοποθετηθούν έτσι ώστε να κοιτούν προς τα έξω θα έχουμε τα αντίθετα αποτελέσματα. Μικρότερο μήκος = μικρότερη ροπή στρέψης = μικρότερη κάμψη. Έτσι η μετωπική επιφάνεια του ελαστικού θα είναι μεγαλύτερη , συνεπώς και η πρόσφυση.

Επίσης μια ρύθμιση που μπορεί να γίνει για να αυξηθεί ή να μειωθεί η στρέβλωση του άξονα είναι να έχουμε αντίστοιχα ελεύθερο ή σφιγμένο το πίσω μεσαίο ρουλεμάν. Έχοντάς το ελεύθερο έχουμε δύο σημεία έδρασης του άξονα κάτι το οποίο του επιτρέπει να στρεβλώνεται περισσότερο από ότι με τρία σημεία (ρουλεμάν σφιγμένο) , με τα ανάλογα αποτελέσματα. Γενικά τα καρτ έχουν τα ρουλεμάν να κοιτούν προς τα μέσα (από τον κατασκευαστή) και προτιμάται το μεσαίο ρουλεμάν ελεύθερο , εκτός εάν η πίστα γλιστράει πάρα πολύ , ή ο άξονας είναι πολύ μαλακός για τις συγκεκριμένες συνθήκες.

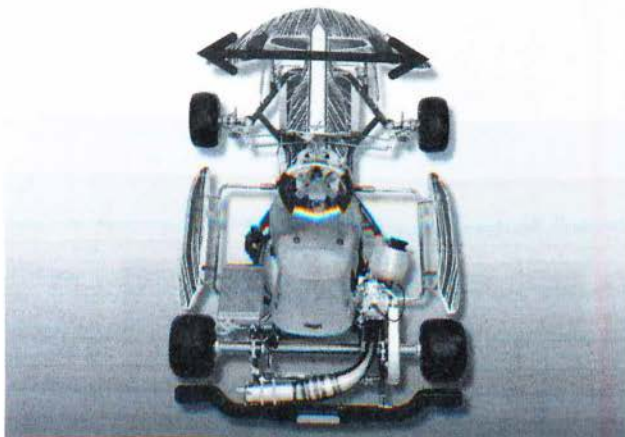
Ουσιαστικά η τοποθέτηση των ρουλεμάν (κοιτούν μέσα-έξω) , το σφίξιμο ή μη του μεσαίου ρουλεμάν και τα μήκη και σκληρότητα των πίσω τσοκ , αποτελούν διάφορες μικρές διαβαθμίσεις (στάδια) μεταξύ των σκληροτήτων των αξόνων. Είναι μικρές γρήγορες αλλαγές που συνήθως κάνει ο οδηγός μέσα στη μέρα όσο η πίστα αλλάζει.

ΣΤ) Μετατρόχιο (άνοιγμα τροχών εμπρός – πίσω)



ΣΧΗΜΑ 3.2.1.ΣΤ

Το μεγάλο μετατρόχιο πίσω συνεισφέρει στην αργή μεταφορά βάρους με τα ανάλογα αποτελέσματα. Αυτό διότι αυξάνεται το t , συνεπώς μειώνεται το hr/t (ΣΧΗΜΑ 1.2.2.Κα). Επίσης μεγαλύτερη απόσταση των τροχών και τσοκ αφήνει μεγαλύτερο μήκος του άξονα ελεύθερο κάτι το οποίο του επιτρέπει να στρεβλωθεί.



ΣΧΗΜΑ 3.2.1.ΣΤ'

Αντιθέτως μεγάλο μετατρόχιο μπροστά (ΣΧΗΜΑ 3.2.1.ΣΤ') επιφέρει αντίθετο αποτέλεσμα. Θα εξηγήσουμε το γιατί. Γενικά όσο μεγαλώνει το μετατρόχιο εμπρός αυξάνεται ομοχλοβραχίονας που προκύπτει από το στρίψιμο των τροχών και τη στρέβλωση του πλαισίου. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να σηκωθεί πιο άμεσα ο πίσω εσωτερικός τροχός στην είσοδο της στροφής και να δώσει στο καρτ περισσότερο κράτημα κυρίως στην είσοδο (turn-in) λόγω ταχύτερης μεταφοράς βάρους πίσω – μπρος. Αντιθέτως μικραίνοντας το μετατρόχιο ο πίσω εσωτερικός τροχός δεν θα σηκωθεί τόσο άμεσα λόγω μικρότερου μοχλοβραχίονα – αργότερης μεταφοράς βάρους πίσω – εμπρός και έτσι το καρτ δεν θα έχει τόσο κράτημα και αμεσότητα στο turn-in. Αυτή όμως η πιο σταδιακή και αργή μεταφορά βάρους θα του επιτρέψει να έχει πιο πολύ κράτημα και να είναι πιο ισορροπημένο στο μέσον της στροφής (είσοδος – κορυφή). Έτσι θα μπορεί να 'κουβαλήσει' περισσότερα χιλιόμετρα μέσα στη στροφή το οποίο είναι καθοριστικό για καλούς χρόνους. Για τον ίδιο λόγο το καρτ θα είναι πιο ισορροπημένο και σταθερό στα γρήγορα κομμάτια, γιατί το βάρος δεν θα φεύγει τόσο απότομα από πίσω μειώνοντας την πρόσφυση των πίσω τροχών απότομα. Στα γρήγορα κομμάτια αυτό είναι πολύ σημαντικό διότι το καρτ στρίβει κυρίως με το πίσω μέρος (powerslide - ΣΧΗΜΑ 1.2.2.στ), ενώ παράλληλα ο βαθμός υπερστροφής αυξάνεται (ΣΧΗΜΑ 1.2.2.ιγ). Έτσι η απότομη μεταφορά βάρους θα επηρεάσει τις γωνίες ολίσθησης αυξάνοντας απότομα τη διαφορά τους και το καρτ θα χάσει την ισορροπία του. Γενικά όσο περισσότερη είναι η πρόσφυση, προτιμάται μικρότερο

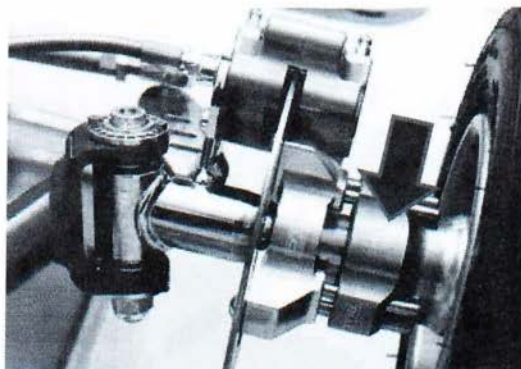
μετατρόχιο μπροστά και μεγαλύτερο πίσω. Αλλιώς το καρτ θα έχει υπερκράτημα και θα τείνει να χοροπηδάει.

Ζ) Τσοκ (εμπρός – πίσω)



ΣΧΗΜΑ 3.2.1.Ζ

Χρησιμοποιώντας κοντά τσοκ πίσω (ΣΧΗΜΑ 3.2.1.Ζ) μειώνουμε το κράτημα του καρτ στο πίσω μέρος. Αυτό συμβαίνει διότι το κοντύτερο τσοκ θα επιτρέψει στον άξονα να στρεβλωθεί περισσότερο αφού θα καταλαμβάνει μικρότερο μήκος. Μεγάλη στρέβλωση του άξονα θα επιφέρει μείωση της μετωπικής επιφάνειας του ελαστικού με τα ανάλογα αποτελέσματα.



ΣΧΗΜΑ 3.2.1.Ζ'

Χρησιμοποιώντας κοντά τσοκ εμπρός (ΣΧΗΜΑ 3.2.1.Ζ') μειώνουμε το κράτημα στο εμπρός μέρος. Αυτό συμβαίνει διότι το μικρότερο μήκος του τσοκ θα ασκήσει μικρότερη ροπή στους τροχούς από το σύστημα διεύθυνσης, κάτι το οποίο με τη σειρά του μειώνει το φαινόμενο του μοχλού στο εμπρός μέρος του σασσί. Αυτό σημαίνει μικρότερη στρέβλωση και μεταφορά βάρους εμπρός δηλαδή λιγότερο έντονο σήκωμα του πίσω εσωτερικού τροχού. Ουσιαστικά το μήκος των τσοκ πίσω ελέγχει τη στρέβλωση του άξονα, ενώ μπροστά ελέγχει τη στρέβλωση του πλαισίου λειτουργώντας ως μοχλοβραχίονας. Μία επιπλέον παράμετρος στον έλεγχο αυτών των δύο είναι η σκληρότητα των τσοκ. Όσο πιο σκληρά τόσο μεγαλύτερη ροπή θα ασκήσουν με τα ανάλογα αποτελέσματα.

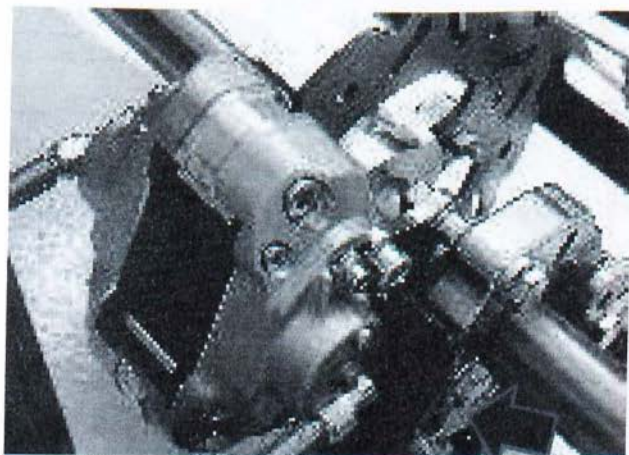
Η) Αντιστρεπτικές



ΣΧΗΜΑ 3.2.1.Η

Αντιστρεπτικές μπάρες (ΣΧΗΜΑ 3.2.1.Η) μπορούν να χρησιμοποιηθούν εμπρός πίσω και πλάι. Όσο πιο μαλακιά είναι η αντιστρεπτική μπάρα τόσο περισσότερο επιτρέπει στο πλαίσιο να στρεβλωθεί. Σε πολύ πρόσφυση στο εμπρός μέρος προτιμάται μαλακιά μπάρα για να γίνει αργή μεταφορά βάρους και να μην υπερφορτιστούν τα ελαστικά κ.ο.κ. Παράλληλα βοηθάει τον πίσω εσωτερικό τροχό να σηκωθεί κ.ο.κ. Η πίσω αντιστρεπτική ως επί το πλείστον δεν χρησιμοποιείται. Ο λόγος είναι ότι στο πίσω μέρος είναι συγκεντρωμένο το περισσότερο βάρος του καρτ – οδηγού. Έχοντας λοιπόν και την αντιστρεπτική το πλαίσιο δεν μπορεί να στρεβλωθεί επαρκώς, ούτως ώστε να έχει το καρτ 'διαφορικό'. Η μεσαία μπάρα συμβάλλει στη γενική στρέβλωση του πλαισίου κατά το διαμήκη άξονα κυρίως και η σκληρότητά της επιλέγεται ανάλογα με τις συνθήκες. Ωστόσο πολλά καρτ δεν διαθέτουν.

1) Ύψος σασσί (πίσω - εμπρός)



ΣΧΗΜΑ 3.2.1.1

Τοποθετώντας τον άξονα ψηλά (ΣΧΗΜΑ 3.2.1.1) χαμηλώνουμε το σασσί πίσω, ενώ τοποθετώντας τον χαμηλά το υψώνουμε. Γενικά στο μαλακό set-up προτιμάται το σασσί πίσω να είναι χαμηλά, διότι έτσι χαμηλώνουμε το κ.β. του καρτ και το μετατοπίζουμε προς τα πίσω. Όσο μικρότερη είναι η απόστασή του από το έδαφος τόσο χαμηλότερα θα βρίσκονται τα 'rollcenter' (ΣΧΗΜΑ 1.2.2.Κγ). Αυτό θα επιφέρει μεγάλη ροπή στρέψης γύρω από το 'rollaxis'. Ωστόσο η μεταφορά βάρους θα είναι αργή διότι οι εγκάρσιες δυνάμεις που θα ασκηθούν στα 'rollcenter' θα είναι μειωμένες. Αυτό συντελεί στην μείωση του κρατήματος. Συνήθως επιλέγεται μία σπάντα ρύθμιση στο μέσον.



ΣΧΗΜΑ 3.2.1.1'

Στο εμπρός μέρος υψώνοντας τα ακραξόνια (βάζοντας ροδέλες από κάτω ΣΧΗΜΑ 3.2.1.1') το σασσί χαμηλώνει. Αντίστροφα χαμηλώνοντας τα ακραξόνια (βάζοντας ροδέλες από πάνω) το σασσί σηκώνεται. Ας δούμε όμως ποια είναι η επίδραση αυτής της ρύθμισης στο καρτ. Σηκώνοντας ή χαμηλώνοντας το σασσί εμπρός κατανέμουμε το κ.β προς τα πίσω ή προς τα εμπρός αντίστοιχα. Έχοντας το εμπρός μέρος ψηλά δηλαδή το κ.β προς τα πίσω το καρτ θα είναι λίγο αργό στο turn-in αλλά θα έχει πιο πολύ κράτημα και θα είναι πιο σταθερό μέχρι την κορυφή. Αυτό θα συμβεί διότι έχοντας το κ.β προς τα πίσω κατά τη διάρκεια του φρεναρίσματος και του στριψίματος του τιμονιού η μεταφορά του πίσω – εμπρός δεν θα είναι τόσο γρήγορη και άμεση. Όταν όμως το βάρος έρθει μπροστά θα μοιραστεί πιο κοντά στο κέντρο επειδή θα 'έχει ξεκινήσει' από πιο πίσω. Τα κάθετα και εγκάρσια φορτία που θα αναπτυχθούν στα λάστιχα θα είναι πιο ίσα μοιρασμένα εμπρός – πίσω και το καρτ θα βρίσκεται σε ισορροπία (equilibrium). Αυτό δηλαδή που θα δώσει σταθερότητα στο καρτ από την είσοδο μέχρι την κορυφή της στροφής, θα του στερήσει το αρχικό στρίψιμο (turn-in).

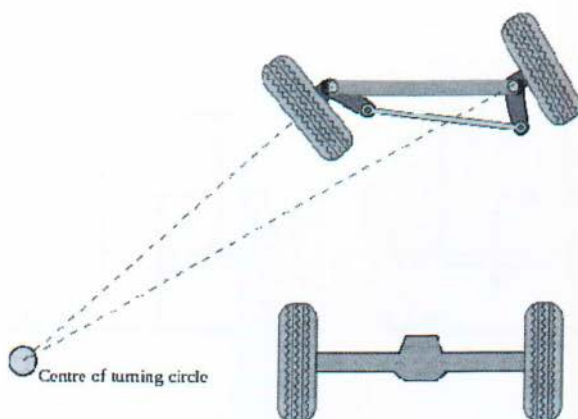
Μία άλλη επίπτωση που έχει αυτή η ρύθμιση είναι ότι έχοντας το κ.β. προς τα πίσω, το καρτ έχει αρκετό κράτημα πίσω. Το κράτημα πίσω θα αρχίσει να αυξάνεται από την κορυφή και προς την έξοδο της στροφής, όσο ο οδηγός επιταχύνει. Εάν αυτό γίνει σε έντονο βαθμό, το καρτ θα είναι πολύ 'επίπεδο' πίσω με αποτέλεσμα να μην μπορεί να ελαφρωθεί ο πίσω εσωτερικός τροχός και να λειτουργήσει το πίσω μέρος σαν διαφορικό. Αυτό θα φορτίσει τον κινητήρα αφού θα κληθεί να επιταχύνει δύο λάστιχα σε διαφορετικά τόξα μέσο ενός μπλοκέ άξονα. Ενώ ο οδηγός θα νιώθει ότι το καρτ συμπεριφέρεται καλά, θα αισθάνεται τον κινητήρα να μην αποδίδει. Όλη αυτή η κατάσταση θα έχει σαν αποτέλεσμα το καρτ να βγαίνει από την

στροφή με λίγα χιλιόμετρα , τα οποία θα ‘κουβαλάει’ στην ευθεία μέχρι την επόμενη στροφή κ.ο.κ. Επίσης αυτή η φόρτιση στον κινητήρα ανεβάζει την θερμοκρασία του το οποίο οδηγεί σε περαιτέρω απώλεια δύναμης.

Η λάθος λύση σε αυτό είναι να επιλεχθεί μία πιο κοντή σχέση μετάδοσης για να ‘βοηθήσει’ τον κινητήρα. Αυτό γιατί θα στερεί τελική ταχύτητα το οποίο σε έναν αγώνα κάνει τον οδηγό ευάλωτο σε προσπέρασμα , ενώ παράλληλα του στερεί τη δυνατότητα να προσπεράσει. Η σωστή λύση είναι να επιλεχθεί μία ρύθμιση η οποία ναι μεν θα δίνει καλή συμπεριφορά στο καρτ κατά την είσοδο και προς την κορυφή της στροφής , αλλά παράλληλα θα ‘αφήνει’ το καρτ να επιταχύνει έχοντας ‘διαφορικό’.

Σηκώνοντας τα ακραξόνια χαμηλώνουμε το εμπρός μέρος και αυτή η διαδικασία λειτουργεί αντίστροφα. Συνήθως στο ύψος του σασσί εμπρός επιλέγεται μία μέση στάνταρ ρύθμιση που αρχικά δίνει ο κατασκευαστής. Από εκεί και πέρα ανάλογα με τις συνθήκες και τη γενική συμπεριφορά του καρτ ο οδηγός επιλέγει.

1Α) Γωνία Ackerman



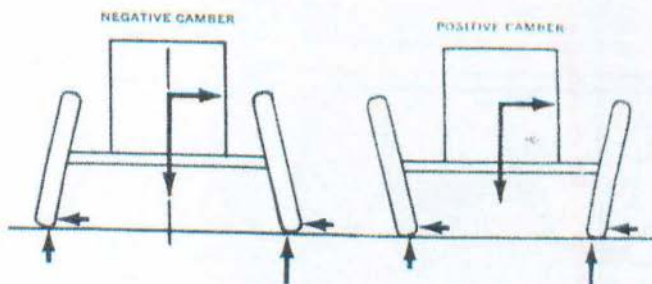
ΣΧΗΜΑ 3.2.1.1Α

Στο 1^ο κεφάλαιο δείξαμε τη βασική αρχή της γωνίας Ackerman (ΣΧΗΜΑ 3.2.1.1Α) και πως αυτή επηρεάζει τη συμπεριφορά του αυτοκινήτου. Ουσιαστικά η επίδρασή της είναι ίδια και στο καρτ. Ωστόσο έχει και μία επιπλέον επίδραση και λειτουργία λόγω έλλειψης διαφορικού. Ας δούμε πως και γιατί.

Όσο αυξάνεται η γωνία μεταξύ της πλήμνης και της ακτίνας του τροχού προστίθεται Ackerman. Όσο προστίθεται Ackerman τόσο πιο άμεσο γίνεται το στρίψιμο, το οποίο με τη σειρά του προκαλεί στρέβλωση του πλαισίου με απώτερο στόχο να σηκωθεί ο πίσω εσωτερικός τροχός στην είσοδο της στροφής. Παράλληλα ο οδηγός θα αντιληφθεί μειωμένη αντίσταση από το τιμόνι για να στρίψει. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα ένα πιο 'ελαφρύ' τιμόνι, το οποίο είναι πιο ευαίσθητο στις εντολές του οδηγού. Αντιθέτως μειώνοντας τη γωνία μεταξύ της πλήμνης και της ακτίνας του τροχού αφαιρούμε Ackerman. Το στρίψιμο του καρτ γίνεται λιγότερο άμεσο και το τιμόνι πιο 'βαρύ' και λιγότερο ευαίσθητο στις εντολές του οδηγού.

Η γεωμετρία Ackerman δεν είναι μία ρύθμιση που μπορεί να γίνει εκ των υστέρων. Αποτελεί βασικό στοιχείο της σχεδίασης και γεωμετρίας του συστήματος διεύθυνσης. Αυτό που είναι ρυθμίσιμο είναι η αύξηση ή μείωση της γωνίας. Οι πλήμνες (ακραξόνια) διαθέτουν δύο τρύπες που βιδώνουν τα μπαράκια. Η εσωτερική τρύπα αυξάνει τη γωνία δίνοντας Ackerman, ενώ η εξωτερική αφαιρεί.

IB) Camber

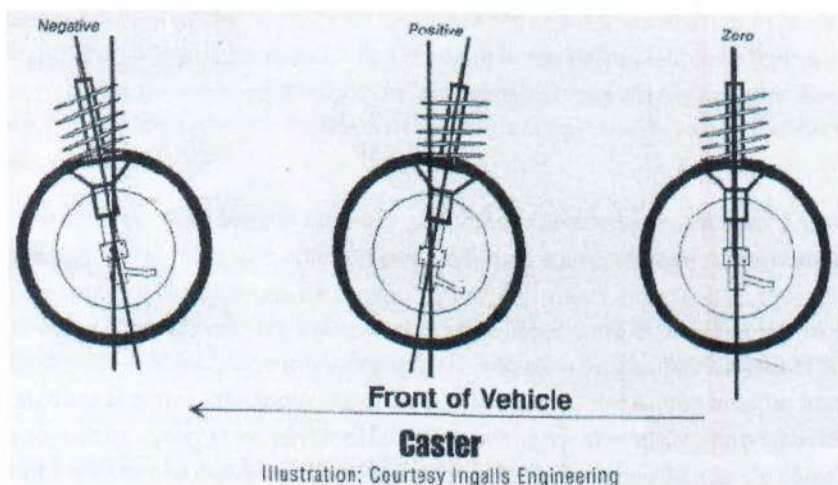


ΣΧΗΜΑ 3.2.1.IB

Μία ρύθμιση που επηρεάζει το στρίψιμο του καρτ είναι το camber (ΣΧΗΜΑ 3.2.1.IB). Για να θυμίσουμε camber είναι η απόκλιση του επιπέδου του τροχού από την κατακόρυφο (ΣΧΗΜΑ 1.2.2.Κατ). Μπορεί να είναι θετικό τροχοί κοιτούν προς τα έξω, 0 ουδέτερο, ή αρνητικό τροχοί κοιτούν προς τα μέσα.

Στο καρτ χρησιμοποιείται (-) camber συνήθως στη βροχή, ή στο στεγνό εάν ο οδηγός θέλει περισσότερη πρόσφυση στο εμπρός μέρος κυρίως στο μέσο της στροφής. Η χρήση (-) camber επιφέρει αυτό το αποτέλεσμα, διότι εκμεταλλεύεται όσο το δυνατόν μεγαλύτερο μέρος του πέλματος του εξωτερικού ελαστικού, όταν αυτό παραμορφώνεται κατά τη διάρκεια τη στροφής (ΣΧΗΜΑ 1.2.2.Κζ). Ωστόσο δεν είναι πάντα επιθυμητό ή σε μεγάλο βαθμό, καθώς πολύ (-) camber μπορεί να οδηγήσει σε υπερκράτημα, λόγω χρήσης περισσότερου πέλματος του ελαστικού. Αυτό με τη σειρά του μπορεί να επιφέρει τοπική υπερθέρμανση του ελαστικού και αύξηση της φθοράς τους. Είναι μία ρύθμιση που εξαρτάται από τις συνθήκες πρόσφυσης της πίστας και κυρίως από το είδος των ελαστικών (κατασκευαστής, γόμα κλπ). Στην αρχή χρησιμοποιείται 0 ουδέτερο και ρυθμίζεται ανάλογα με τη συμπεριφορά του καρτ και τη φθορά των ελαστικών. Στη ρύθμιση του camber πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψιν ότι όταν το καρτ βρίσκεται στο έδαφος με οδηγό και καύσιμα, η στρέβλωση του πλαισίου λόγω βάρους σε συνδυασμό με τη γεωμετρία του εμπρός μέρους δίνουν μία τιμή (-) camber. Όπως και στα αυτοκίνητα (+) camber δεν χρησιμοποιείται ποτέ.

II) Caster



ΣΧΗΜΑ 3.2.1.ΙΓ

Στο 1^ο κεφάλαιο κάναμε λόγο για τη γωνία caster και πώς αυτή επηρεάζει τη συμπεριφορά του αυτοκινήτου. Ας δούμε τώρα ποια είναι η επίδρασή της στο καρτ.

Στο καρτ το caster (ΣΧΗΜΑ 3.2.1.ΙΓ) επηρεάζει την πρόσφυση τόσο του εμπρός όσο και του πίσω μέρους. Αυτό συμβαίνει διότι μεταφέρει το βάρος στον πίσω εξωτερικό τροχό. Ο λόγος είναι ότι όσο πιο μικρή είναι η απόκλιση της ευθείας ρουλεμάν – βασιλικός πείρος (άξονας διεύθυνσης) από την κατακόρυφο, τόσο μικρότερη είναι η προς τα εμπρός συνιστώσα δύναμη που ασκείται στο ελαστικό. Δηλαδή το ελαστικό θα αλλάξει διεύθυνση πιο εύκολα. Παράλληλα λόγω αυτής της μικρότερης συνιστώσας δύναμης που θα ασκείται στο πέλμα του ελαστικού θα παράγεται και μικρότερη αντίσταση, κάτι που θα κάνει το τιμόνι πιο ελαφρύ. Η μείωση του caster λοιπόν 'βοηθάει' τον οδηγό να στρίψει. Έτσι σε συνθήκες πολύς πρόσφυσης, προτιμάται μειωμένο caster, διότι θα επιτρέπει στο καρτ να αλλάξει διεύθυνση πιο εύκολα και άμεσα και να μην είναι κολλημένο κάτω.

Αντιθέτως σε συνθήκες χαμηλής πρόσφυσης, χρήσης σκληρών ελαστικών ή βροχής το caster αυξάνεται. Αύξηση του caster σημαίνει μεγαλύτερη απόκλιση της ευθείας ρουλεμάν – βασιλικός πείρος από την κατακόρυφο, το οποίο σημαίνει μεγαλύτερη συνιστώσα της

δύναμης που ασκείται προς τα εμπρός στο ελαστικό. Η μεγαλύτερη συνιστώσα δύναμη θα κάνει το ελαστικό να παράγει μεγαλύτερη αντίσταση, λόγω τριβής. Παράλληλα ο οδηγός θα αισθάνεται το τιμόνι πιο βαρύ και λιγότερο άμεσο στο αρχικό στρίψιμο. Αυτό αυξάνει την πρόσφυση του εμπρός μέρους κυρίως στο πρώτο 1/3 της στροφής και στο turn-in και δίνει σταθερότητα στα γρήγορα κομμάτια. Επιδρά κατά αυτόν τον τρόπο, διότι η αυξημένη αντίσταση (το ελαστικό τείνει να συνεχίσει ευθεία) κάνει πιο ήπια την αλλαγή κατεύθυνσης. Αντιθέτως η αυξημένη αντίσταση θα δώσει σταθερότητα αφού το καρτ θα έχει αρχίσει να διαγράφει την καμπή.

Παράλληλα μειώνει την πρόσφυση του πίσω μέρους λόγω μικρότερης μεταφοράς βάρους στον πίσω εξωτερικό τροχό, ενώ λόγω μεγαλύτερου μοχλισμού και στρέβλωσης του εμπρός μέρους βοηθά να σηκωθεί ο πίσω εσωτερικός τροχός. Έτσι σε περίπτωση υποστροφής με τη χρήση μαλακού άξονα πίσω, μπορεί να ελευθερωθεί το πίσω μέρος. Αυτό θα ισορροπήσει το καρτ και θα διορθώσει ενδεχομένως την υποστροφή. Ο λόγος είναι ότι ελευθερώνοντας το πίσω μέρος, τα πίσω ελαστικά θα πάρουν ελαφρώς μεγαλύτερες γωνίες ολίσθησης. Έτσι θα αυξηθεί η διαφορά τους σε σχέση με τις γωνίες ολίσθησης των εμπρός ελαστικών. Αυτό θα δώσει τη δυνατότητα στο καρτ να στρίψει με μικρότερη ακτίνα. Η αίσθηση που θα πάρει ο οδηγός είναι ότι το πίσω μέρος θα σταματήσει να 'σπρώχνει' το εμπρός προκαλώντας υποστροφή.

Στο καρτ το πλαίσιο είναι σχεδιασμένο έτσι στο εμπρός μέρος, ώστε όταν βρίσκεται στο έδαφος με τον οδηγό, να δίνει (-) camber και (+) caster. Στο camber και στο caster ισχύουν πάντα τα αντίστοιχα αυτά πρόσημα. Ειδικά το καρτ και οποιοδήποτε άλλο όχημα δεν θα μπορούσε να οδηγηθεί. Θα ήταν εξαιρετικά ασταθές.

Τόσο το camber όσο και το caster ρυθμίζονται ταυτόχρονα περιστρέφοντας μία έκκεντρη βίδα (βασιλικός πείρος ΣΧΗΜΑ 3.2.1.ΙΓ'). Έτσι (-) camber συνεπάγεται (+) caster και αντίθετα. Επειδή οι δύο αυτές γωνίες αλληλεπιδρούν μεταξύ τους, όταν το τιμόνι είναι στριμμένο, το caster δίνει στον εξωτερικό τροχό περισσότερο (-) camber και περισσότερο (+) εσωτερικό.

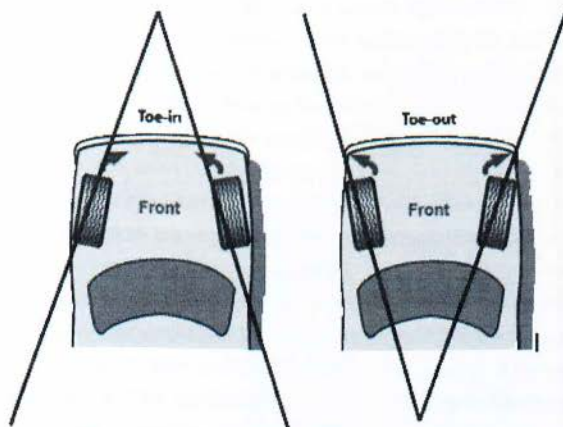


ΣΧΗΜΑ 3.2.1.ΙΓ'

Γενικά το caster επιδρά περισσότερο στην είσοδο και στο πρώτο 1/3 της στροφής, ενώ το camber επιδρά περισσότερο στο μέσον και προς την κορυφή αυτής.

Βασικό κριτήριο στις ρυθμίσεις αυτών παίζουν τα ελαστικά (κατασκευαστής). Ένας τρόπος να επαληθεύσει ο οδηγός εάν είναι σωστά ρυθμισμένα είναι η ομοιόμορφη φθορά στο πέλμα του ελαστικού. Η βάση είναι να ξεκινάει κανείς από την αρχική ρύθμιση (0 camber, 0 caster) και να αφαιρεί camber ή να προσθέτει caster ανάλογα με τη συμπεριφορά του καρτ και τη φθορά των ελαστικών.

ΙΔ) Σύγκλιση - Απόκλιση (Toe change) – Roll Steer



ΣΧΗΜΑ 3.2.1.ΙΔ

Η επίδραση της σύγκλισης ή απόκλισης (ΣΧΗΜΑ 3.2.1.ΙΔ) των εμπρός τροχών στο καρτ είναι η ίδια με αυτήν του αυτοκινήτου (1.2.2.Ε.Toechange). Στο καρτ χρησιμοποιείται συνήθως λίγο toe – in , προκειμένου να είναι σταθερό στις ευθείες. Ο λόγος είναι ότι οι δυνάμεις τριβής που ασκούνται στα ελαστικά τα πιέζουν προς τα πίσω. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα μία μικρή παραμόρφωση στους συνδέσμους του συστήματος διεύθυνσης που δίνει 0 toe ή ελαφρώς toe – out.

Το toe – in όμως θα δυσκολέψει το καρτ στο αρχικό στρίψιμο (turn – in) στην είσοδο της στροφής , κάνοντάς το να υποστρέψει , καθώς θα έχει την τάση να πάει ευθεία. Αυτό έρχεται να αντισταθμίσει η μεγάλη γωνία Ackerman.

Γενικά χρησιμοποιείται τόσο toe – in ώστε να αντισταθμίσει το 0 toe ή toe – out που προκαλείται από την παραμόρφωση στους συνδέσμους του συστήματος διεύθυνσης και να παρέχει την απαιτούμενη σταθερότητα στις ευθείες. Σε καρτ που διαθέτουν μπροστινά φρένα χρησιμοποιείται toe – out , κάτι το οποίο δίνει σταθερότητα στο φρενάρισμα.

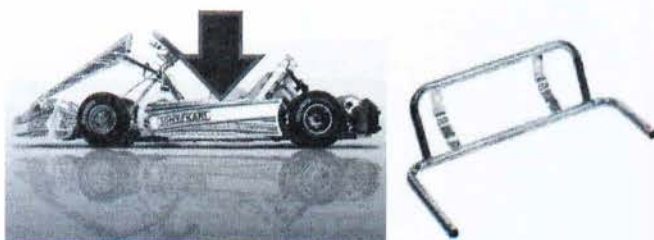
Σε οποιαδήποτε όμως από αυτές τις δύο περιπτώσεις (toe – in/out) η τιμή που δίνεται είναι μικρή (1-2mm) , καθώς μεγαλύτερη τιμή επιβραδύνει το καρτ λόγω αυξημένης τριβής των ελαστικών. Έτσι του στερεί τελική ταχύτητα και αυξάνει τη φθορά των εμπρός ελαστικών.

Όπως δείξαμε και στο 1^ο κεφάλαιο toe – in/out μπορούν να έχουν και οι πίσω τροχοί κατά τη διάρκεια μίας καμπής (1.2.2.Γ–rollsteer). Αυτό θα γίνει γιατί το βάρος που θα μεταφερθεί στους εξωτερικούς τροχούς θα συμπιέσει την ανάρτηση , η οποία ανάλογα με το σχεδιασμό και την γεωμετρία της θα δώσει σύγκλιση ή απόκλιση στον πίσω εξωτερικό τροχό. Το ίδιο φαινόμενο συμβαίνει και στο καρτ , σε μικρότερη κλίμακα βέβαια καθώς δεν υπάρχει σύστημα ανάρτησης. Το ρόλο αυτής θα επιφορτιστούν το πλαίσιο και ο άξονας. Επομένως ένα μαλακό πλαίσιο ή ένα ‘ελεύθερο’ στο πίσω μέρος πλαίσιο θα περιορίσει το φαινόμενο ‘rollsteer’ καθώς θα στρεβλωθεί και η μεταφορά βάρους θα γίνει πιο ήπια. Αντιθέτως ένας μαλακός άξονας θα εντείνει το φαινόμενο καθώς θα στρεβλωθεί πιο εύκολα όταν θα του ασκηθεί κάθετο φορτίο. Η στρέβλωση αυτή θα αλλάξει τη γωνία της μετωπικής επιφάνειας του ελαστικού με το οδόστρωμα τόσο κατά τον εγκάρσιο όσο και τον κατά διαμήκη άξονα. Καθώς όμως δεν υπάρχει ανάρτηση το toe –in/out δεν μπορεί να ελεγχθεί σε μεγάλο βαθμό. Θα προκληθεί σχεδόν αποκλειστικά από την παραμόρφωση των μετάλλων. Για αυτό το λόγο η επίδρασή του είναι περιορισμένη. Αυτό είναι κάτι επιθυμητό καθώς αυξημένο roll –steer στους πίσω τροχούς προκαλεί αστάθεια στις γρήγορες καμπές κυρίως. Όπως και στο αυτοκίνητο (1.2.2.Γ – rollsteer) toe – in θα κάνει τους πίσω τροχούς να στρίβουν προς την ίδια κατεύθυνση με τους εμπρός. Έτσι δεν θα έχουν την απαιτούμενη διαφορά στις γωνίες ολίσθησης (πίσω>εμπρός) με αποτέλεσμα την υποστροφή. Αντιθέτως toe – out θα κάνει τους πίσω τροχούς να στρίβουν σε αντίθετη κατεύθυνση από τους εμπρός προς το εξωτερικό της στροφής. Αυτό θα κάνει το πίσω μέρος του καρτ ασταθές και υπερστροφικό.

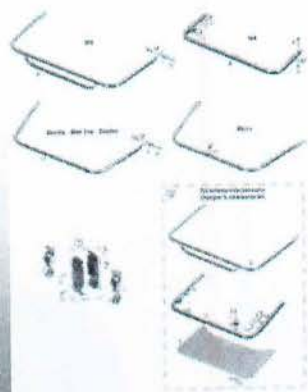
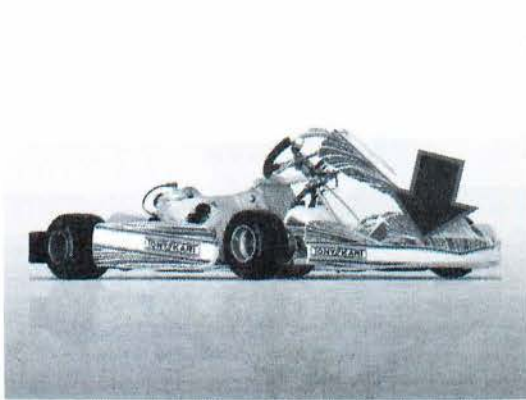
ΙΕ) Προφυλακτήρες



ΣΧΗΜΑ 3.2.1.ΙΕ ΠΙΣΩ - ΣΤΕΛΕΧΗ



ΣΧΗΜΑ 3.2.1.ΙΕ ΠΛΑΙ - ΣΤΕΛΕΧΗ



ΣΧΗΜΑ 3.2.1.1Ε ΕΜΠΡΟΣ - ΣΤΕΛΕΧΗ

Τα στελέχη των προφυλακτήρων (ΣΧΗΜΑ 3.2.1.1Ε εμπρός , πίσω , πλάϊ) λειτουργούν σαν αντιστρεπτικές αλλά σε πολύ μικρότερο βαθμό. Γενικά επιλέγεται να είναι βιδωμένα σχετικά χαλαρά έτσι ώστε να αφήνουν στο πλαίσιο την απαραίτητη στρέβλωση προκειμένου να λειτουργήσει σωστά.

ΙΣΤ) Ζάντες



ΣΧΗΜΑ 3.2.1.ΙΣΤ

Η σκληρότητα των ζαντών (υλικό) (ΣΧΗΜΑ 3.2.1.ΙΣΤ) , έχει ουσιαστικά την ίδια επίδραση στο κράτημα του καρτ που έχει και ο άξονας. Παίζουν όμως μεγάλο ρόλο στην λειτουργία και αξιοποίηση των ελαστικών. Γενικά οι αλουμινένιες ζάντες όντας πιο μαλακές από τις ζάντες μαγνησίου θα δώσουν λιγότερο κράτημα , λόγω στρέβλωσής τους και μη μεταφοράς του φορτίου στα ελαστικά. Επίσης το αλουμίνιο σαν υλικό τείνει να ανεβάζει θερμοκρασία γρήγορα και να μην τη διατηρεί σταθερή , ανεβάζοντας τη θερμοκρασία των ελαστικών απότομα. Για αυτό το λόγο σε στεγνές και γενικά ζεστές συνθήκες προτιμούνται ζάντες μαγνησίου (είναι και λίγο πιο ελαφριές). Οι ζάντες μαγνησίου έχουν την ιδιότητα να ανεβάζουν μεν θερμοκρασία πιο αργά και σταδιακά , αλλά παράλληλα να την διατηρούν στη συνέχεια σε επιθυμητά πλαίσια για μεγάλο χρονικό διάστημα. Αυτή τους η ιδιότητα κρατά τα ελαστικά στην επιθυμητή θερμοκρασία , κάτι το οποίο ελαττώνει τη φθορά τους και κρατά σταθερή την απόδοσή τους με το πέρας των γύρων.

Αντιθέτως σε βρόχινες συνθήκες όπου η θερμοκρασία οδοστρώματος είναι χαμηλότερη (το νερό ψύχει το ελαστικό) , καθώς επίσης και τα φορτία στα ελαστικά , προτιμούνται ζάντες αλουμινίου προκειμένου να ανεβάσουν τα ελαστικά γρήγορα θερμοκρασία και να παράγουν πρόσφυση. Παράλληλα αυξάνεται η πίεση του αέρα στο εσωτερικό του ελαστικού , κάτι τι

οποίο διαμορφώνει τις αυλακώσεις και έτσι το ελαστικό αποβάλλει το νερό και ελαττώνει το φαινόμενο της υδρολίσθησης (aquaplaning).

12) Πιέσεις Ελαστικών

Τα ελαστικά είναι το μόνο σημείο επαφής του καρτ με το οδόστρωμα. Προκειμένου να έχουν αντίκτυπο όσα έχουμε περιγράψει θα πρέπει να έχουν τις σωστές πιέσεις. Αυτές καθορίζονται από τον τύπο των ελαστικών (μαλακά , σκληρά , κατασκευαστής) τη θερμοκρασία οδοστρώματος και περιβάλλοντος (χαμηλή θερμοκρασία – υψηλή πίεση και αντίστροφα) , τη γενική συμπεριφορά του καρτ είτε λόγο στησίματος , είτε λόγο κατασκευαστή , την ποιότητα της ασφάλτου (τραχιά , λεία) , την κατάσταση της πίστας (λίγο κράτημα – υψηλή πίεση και αντίστροφα) και την προτίμηση του οδηγού (δοκιμαστικά – υψηλή πίεση , αγώνας – χαμηλή). Όλοι αυτοί οι παράγοντες λαμβάνονται υπ' όψιν σαν σύνολο και όχι ο καθένας ξεχωριστά και μεμονωμένα.

Εάν τα ελαστικά δεν έχουν σωστές πιέσεις ούτως ώστε να δουλεύουν στο αποδοτικό τους φάσμα θερμοκρασίας , οποιαδήποτε αλλαγή στο set-up δεν έχει αποτέλεσμα , ή τουλάχιστον αυτό που πρέπει να έχει. Ένας γενικός και εμπειρικός τρόπος να ελέγξει κανείς εάν οι πιέσεις είναι σωστές είναι να κάνει μία πρώτη εκτίμηση. Στη συνέχεια ο οδηγός κάνει περίπου 10 γύρους έτσι ώστε να έχουν ανεβάσει τα ελαστικά θερμοκρασία και όταν βγει να ελέγξει τις πιέσεις. Εάν αυτές είναι περίπου 0.1 bar ψηλότερες από ότι όταν μπήκε είναι μία καλή βάση να ξεκινήσει. Εάν όχι ανάλογα αφαιρεί ή προσθέτει αέρα. Επίσης η κατανομή των πιέσεων στα ελαστικά είναι μία ένδειξη για το που έχουμε μεγαλύτερη φθορά ή απώλεια πρόσφυσης.

3.2.2 ΣΚΛΗΡΟ SET-UP (HARD SETTINGS)

Προηγουμένως αναλύσαμε την κατεύθυνση του μαλακού set-up. Ας δούμε τώρα πιο συνοπτικά τι περιλαμβάνει ένα σκληρό set-up.

Η βασική λογική είναι ότι στην περίπτωση 'hardsettings' επειδή η πρόσφυση της πίστας και συνεπώς οι δυνάμεις τριβής ελαστικών – οδοστρώματος που παράγονται είναι μικρότερες , θέλουμε το καρτ να μπορεί να παράγει πρόσφυση. Δηλαδή να φορτίζει με κάθετο και εγκάρσιο φορτίο τα ελαστικά ώστε να τους δώσει τις απαιτούμενες γωνίες ολίσθησης. Επειδή όμως η πρόσφυση θα είναι μειωμένη θα είναι πιο εύκολο οι γωνίες ολίσθησης και η μεταξύ

τους διαφορά να αυξηθεί σε υπερβολικό βαθμό, ξεφεύγοντας από τα επιθυμητά πλαίσια (10-12°). Θα πρέπει λοιπόν το καρτ να παράγει αρκετό φορτίο ούτως ώστε να μείνουν σε αυτά τα πλαίσια. Αρχικά θα προτιμηθεί ένα πιο σκληρό πλαίσιο, αν και πρακτικά αυτό δεν είναι πάντα εφικτό. Ένα πιο σκληρό πλαίσιο θα στρεβλωθεί λιγότερο, το οποίο σημαίνει μεγαλύτερη και πιο άμεση μεταφορά βάρους από τους εσωτερικούς στους εξωτερικούς τροχούς και πιο ήπια ύψωση του πίσω εσωτερικού τροχού. Και σε αυτήν όμως την περίπτωση είναι απαραίτητη προκειμένου το καρτ να έχει διαφορικό.

Για να αυξηθεί η μεταφορά βάρους από τους εσωτερικούς στους εξωτερικούς τροχούς, θέλουμε επίσης μεγαλύτερο hr/t . Δηλαδή μεγαλύτερο hr (αύξηση της απόστασης 'roll center' – κέντρο μάζας) και μικρότερο μετατρόχιο (t).

Για να έχουμε μεγαλύτερο hr/t θα πρέπει να τοποθετηθεί το κάθισμα πιο ψηλά και το μετατρόχιο πίσω να μικρύνει. Έτσι η ροπή στρέψης που θα επιφέρει το σώμα του οδηγού λόγω CF, λειτουργώντας σαν μοχλός θα είναι μεγαλύτερη. Παράλληλα το μικρότερο μετατρόχιο θα την εντείνει. Κατά αυτόν τον τρόπο η μεταφορά βάρους θα γίνει σε μεγαλύτερο βαθμό από την εγκάρσια μετατόπιση των κάθετων φορτίων λόγω CF (ΣΧΗΜΑ 1.2.2.Κγ) και όχι τόσο από τις εγκάρσιες δυνάμεις που θα αναπτύξουν τα ελαστικά (αντίθετα από τα soft-settings). Έτσι θα έχουμε αύξηση του κάθετου φορτίου στους εξωτερικούς τροχούς, συνεπώς και του εγκάρσιου και εν τέλει των γωνιών ολίσθησης. Πρέπει δηλαδή το καρτ να παράγει και να μεταφέρει το απαιτούμενο κάθετο φορτίο στους εξωτερικούς τροχούς για να αποκτήσουν το εγκάρσιο κ.ο.κ. Πιο απλά το καρτ καλείται να κάνει αυτό που κάνει η πίστα όταν έχει κράτημα. Επειδή λοιπόν η πρόσφυση δεν είναι τόσο πολύ, το κάθετο φορτίο που ασκείται από την άσφαλτο στους τροχούς λόγω αντίδρασης δεν είναι τόσο μεγάλο, αυξάνοντας υπερβολικά τις δυνάμεις τριβής. Δεν έχουμε δηλαδή το φαινόμενο του υπερκρατήματος (stick – slipeffect) που θα έχει το καρτ κολλημένο κάτω.

Αντιθέτως θέλουμε μεγαλύτερο μετατρόχιο μπροστά. Με το μεγάλο μετατρόχιο ο εξωτερικός τροχός θα έχει μεγαλύτερη απόσταση από το πλαίσιο, το οποίο θα δώσει μεγαλύτερη ροπή στρέψης (μοχλοβραχίονα). Μεγαλύτερος μοχλοβραχίονας θα ασκήσει περισσότερη δύναμη η οποία θα στρεβλώσει το πλαίσιο και θα σηκωθεί ο πίσω εσωτερικός τροχός.

Στα 'hard – settings' θα χρησιμοποιήσουμε έναν πιο σκληρό άξονα πίσω. Ο λόγος είναι ότι ο πιο σκληρός άξονας στρεβλώνεται λιγότερο, κάτι το οποίο επιτρέπει σε μεγαλύτερη μετωπική επιφάνεια του ελαστικού να έρθει σε επαφή με το οδόστρωμα. Αυτό θα δώσει περισσότερη πρόσφυση. Παράλληλα όμως ο πιο σκληρός άξονας δεν θα επιτρέψει 'εύκολα' την ύπαρξη διαφορικού. Θα πρέπει λοιπόν να βρεθεί μία ισορροπία μεταξύ εμπρός και πίσω μέρους.

Έχοντας λοιπόν αυτή τη λογική αντίστοιχα θα χρησιμοποιηθούν πιο σκληρές αντιστρεπτικές, πιο πολλά μπαράκια στο κάθισμα, σκληρότερα και πιο μακριά τσοκ, περισσότερο camber,

caster , Ackerman σκληρότερος άξονας κ.ο.κ. Ξανατονίζουμε ότι όλα αυτά είναι μία θεωρητική βάση. Οποιαδήποτε αλλαγή θα πρέπει να γίνει με γνώμονα τη συνολική ισορροπία και συμπεριφορά του καρτ.

3.2.3 BPOXINO SET-UP (RAIN SETTINGS)

Στην Ελλάδα δεν βρέχει συχνά , οπότε η πρόκληση της βροχής σπανίζει. Στο βρεγμένο οδόστρωμα θέλουμε το καρτ να παράγει όσο το δυνατόν περισσότερο κράτημα. Θέλουμε δηλαδή έντονη μεταφορά των κάθετων φορτίων. Επειδή η πρόσφυση στο βρεγμένο είναι εξαιρετικά μειωμένη οι ρυθμίσεις του καρτ μπορούν να χαρακτηριστούν ακραίες , με την έννοια ότι θα παράγουν τόσο πολύ κράτημα που στο στεγνό θα είναι αδύνατον να οδηγηθεί. Τέτοιες είναι:

- Τοποθέτηση του καθίσματος ακόμα πιο ψηλά (σε σχέση με τη στεγνή ρύθμιση)
- Το ελάχιστο δυνατό μετατρόχιο πίσω (τα τσοκ τελείως μέσα)
- Το μέγιστο δυνατό μετατρόχιο μπροστά (τα τσοκ τελείως έξω) , κάποιιο κατασκευαστές παρέχουν και ειδικά μακρύτερα τσοκ για να ανοίξει το μετατρόχιο μπροστά ακόμα περισσότερο.
- Μέγιστο δυνατό caster και camber
- Μέγιστο ύψος σασσί εμπρός , πίσω
- Σφίξιμο των στελεχών των προφυλακτήρων
- Χρήση ζαντών αλουμινίου (εκτός των όσων έχουμε πει δεν σκουριάζουν)
- Φυσικά χρήση βρόχινων ελαστικών με υψηλότερες πιέσεις (περίπου 1 bar)
- Κοντίτερογρανάζωμα

Το 'παράδοξο' είναι ότι αφαιρούμε τις αντιστρεπτικές ή χρησιμοποιούμε πιο μαλακές. Το ίδιο και άξονα σε πολλές περιπτώσεις. Η λογική είναι ότι το εγκάρσιο φορτίο που μπορούν να αναπτύξουν τα ελαστικά λόγω μειωμένης πρόσφυσης είναι πολύ μικρό. Αυτό όμως δεν δίνει την απαιτούμενη στήριξη στο καρτ για να σηκώσει τον πίσω εσωτερικό τροχό. Έχοντας λοιπόν το σασσί και τον άξονα πιο 'ελεύθερα' δίνουμε τη δυνατότητα στο καρτ να έχει 'διαφορικό'. Σε αυτό θα συνεισφέρει και το υπόλοιπο set-up που λόγω έντονης μεταφοράς βάρους θα εντείνει την στρέβλωση.

Τέλος το πιο σημαντικό όλων , ο οδηγός θα πρέπει να ακολουθήσει έναν εντελώς διαφορετικό 'δρόμο' , γραμμή και τεχνική οδήγησης. Η αγωνιστική 'στεγνή' γραμμή που είναι στρωμένη με λάστιχο όταν βραχεί δεν παρέχει καθόλου πρόσφυση. Εάν ο οδηγός δεν οδηγήσει όπως πρέπει

όσο κράτημα και να παράγει το καρτ δεν θα έχει κανένα αποτέλεσμα.[http://www.cikfia.com/fileadmin/content/REGULATIONS/Technical/Technical%20Regulations/Web_RT_FULL.pdf , TONYKART <http://www.tonykart.com/> , CRG KART TUNING MANUAL , COPYRIGHT 2005 SSC RACING ITALKART CHASSIS SET-UP GUIDE , (<http://www.italkart.com/>)

3.2.4 Συνοψίζοντας

Επιστρέφοντας σε αυτό με το οποίο ξεκινήσαμε αυτή την ανάλυση , το set-up είναι ο καλύτερος δυνατός συμβιβασμός (χρυσή –τομή). Όλα αυτά αποτελούν μία βάση , θεωρία. Στην πράξη οι παράγοντες που αλληλεπιδρούν είναι τόσοι πολλοί και οι περισσότεροι από αυτούς αστάθμητοι.

Είναι σημαντικό να γίνει κατανοητό ότι το set-up στο καρτ και σε οποιοδήποτε άλλο όχημα , δεν μπορούμε να το αντιμετωπίζουμε μεμονωμένα. Για αυτό το λόγο επεκταθήκαμε λίγο παραπάνω σε κάποια παραδείγματα. Τα πάντα αλληλεπιδρούν και μπορεί διορθώνοντας σε ένα σημείο τη συμπεριφορά του καρτ , να τη χαλάσουμε σε ένα άλλο. Π.χ. μπορεί να έχουμε υποστροφή και λύση να μην είναι η αύξηση της πρόσφυσης μπροστά , αλλά η μείωση αυτής πίσω επειδή το πίσω μέρος ‘παρακρατάει’ και σπρώχνει το εμπρός , το οποίο μπορεί να οδηγήσει σε υπέρμετρη φθορά των εμπρός ελαστικών κ.ο.κ. Παραδείγματα σαν αυτό και αυτά που αναπτύξαμε προηγουμένως υπάρχουν πάρα πολλά , τα οποία η θεωρία δεν μπορεί να αντιμετωπίσει. Γενικά το set-up πρέπει να αντιμετωπίζεται σαν σύνολο με γνώμονα τη συνολική συμπεριφορά και ισορροπία του καρτ.

Συνεπώς η πράξη δηλαδή η εμπειρία και οι δοκιμές είναι απαραίτητες. Για αυτό το λόγο είναι πολύ σημαντικό ο οδηγός να έχει αναπτύξει τέτοια ‘επικοινωνία’ με το καρτ έτσι ώστε να μπορεί να διαλέξει τη σωστή λύση και να οδηγήει σωστά έτσι ώστε να μπορεί να διαχωρίσει εάν φταίει η οδήγηση ή το καρτ.

Για να δώσουμε μία διάσταση στα πράγματα ένα ‘σωστό’ από ένα ‘λάθος’ set-up δεν μπορεί να δώσει 1” στον γύρο. Σε μία τέτοια διαφορά εάν δεν υπάρχει πρόβλημα με τον κινητήρα ή το καρτ (τρακαρισμένο) , τότε το πρόβλημα το έχει ο οδηγός. Η πράξη και η εμπειρία έχουν δείξει ότι το ‘σωστό’ από το ‘λάθος’ set-up απέχουν 0.3”-0.5” ανά γύρο , ανάλογα με το επίπεδο του οδηγού. Σε έναν αγώνα 20 γύρων αυτή η διαφορά είναι τεράστια. Άλλωστε ένας καλός και έμπειρος οδηγός μπορεί να καλύψει τις όποιες αδυναμίες καρτ , set-up , κινητήρα.

Το καρτ λοιπόν εξοικιώνοντας ένα παιδί από 8 ετών έστω και ενστικτωδώς με αυτή την κατάσταση , τελειώνοντας μία πορεία 10 ετών στα καρτ έχει αποκτήσει ένα πολύ καλό ‘feeling’ και τεχνικό υπόβαθρο , πέραν των οδηγικών ικανοτήτων. Είναι ένας ολοκληρωμένος οδηγός αγώνων. Αυτό το υπόβαθρο ανάλογα με την πορεία θα του επιτρέψει να προχωρήσει και σε άλλες κατηγορίες , με μεγαλύτερη ενδεχομένως επιτυχία. Ειδικά σε μονοθέσια όπου υπεισέρχεται και το αεροδυναμικό κράτημα (το καρτ έχει μόνο μηχανικό) το ‘feeling’ παίζει καθοριστικό ρόλο. Όλα αυτά καθιστούν το καρτ ένα σχολείο αγωνιστικής οδήγησης.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ανακεφαλαιώνοντας αυτή την ανάλυση , στο πρώτο μέρος εξετάσαμε πώς κινείται ένα αυτοκίνητο. Αποδείξαμε ότι οι δυνάμεις και οι ροπές που αναπτύσσονται και επενεργούν στο αυτοκίνητο κατά την κίνησή του αποτελούν Δυναμικά Φορτία. Αναπτύξαμε τις παραμέτρους που μπορούμε και πρέπει να ελέγξουμε προκειμένου ένα αυτοκίνητο να είναι αποδοτικό και ασφαλές , καθώς και τους σταθερούς και αστάθμητους παράγοντες που υπεισέρχονται και αλληλεπιδρούν. Επίσης μέσω της Θεωρίας Δυναμικής των Οχημάτων εξηγήσαμε πως αυτές οι παράμετροι και οι αλλαγές σε αυτές επιδρούν στη συμπεριφορά του αυτοκινήτου. Παράλληλα συμπεριλάβαμε το ρόλο του οδηγού στη δυναμική του αυτοκινήτου και τη σημασία αυτού.

Στο δεύτερο μέρος ασχοληθήκαμε με το βασικό αντικείμενο αυτής της ανάλυσης τη Δυναμική και Οδηγική συμπεριφορά οχήματος τύπου καρτ . Κάναμε μία εισαγωγή με τα βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά και το εύρος χρήσης ενός καρτ. Στη συνέχεια επικεντρωθήκαμε στις ρυθμίσεις ‘set-up’ που μπορούν να γίνουν σε ένα αγωνιστικό καρτ , τους παράγοντες αστάθμητους και σταθερούς , καθώς επίσης και σε κάποια ιδιαίτερα τεχνικά χαρακτηριστικά που το ξεχωρίζουν από το αυτοκίνητο τα οποία επηρεάζουν και καθορίζουν την οδική του συμπεριφορά , συνεπώς και τις ρυθμίσεις ‘set-up’ του. Μέσω της Θεωρίας Δυναμικής των Οχημάτων που αναπτύξαμε στο 1^ο μέρος , προσπαθήσαμε να εξηγήσουμε και να αιτιολογήσουμε την επίδραση κάθε ρύθμισης ‘set-up’ στην συμπεριφορά του καρτ.

Απώτερος στόχος αυτής της ανάλυσης , η οποία λόγω ενασχόλησης με τους αγώνες έχει μία πιο οδηγοκεντρική προσέγγιση , είναι να καταστεί σαφές στον αναγνώστη ότι το ‘set-up’ ενός αγωνιστικού οχήματος , στην συγκεκριμένη περίπτωση του καρτ , είναι ένας συμβιβασμός πολλών σταθερών και αστάθμητων παραγόντων. Δεν μπορεί και δεν πρέπει να αντιμετωπίζεται μεμονωμένα. Θα πρέπει άνθρωπος και μηχανή να λειτουργήσουν σαν σύνολο προκειμένου να επιτύχουν τον καλύτερο δυνατό συμβιβασμό πάντα για τις εκάστοτε συνθήκες. Για αυτό το λόγο η θεωρία μπορεί να φτάσει μέχρι ένα σημείο. Από εκεί και πέρα η δοκιμή και η πείρα παίζουν καθοριστικό ρόλο. Δεν είναι τυχαίο άλλωστε που λένε ότι η επίτευξη ενός καλού ‘set-up’ , είναι επιστήμη και τέχνη μαζί.

Μέσω αυτής της ανάλυσης προσπαθήσαμε να δείξουμε στον αναγνώστη ότι η ενασχόληση ενός οδηγού με το καρτ από μικρή ηλικία , πέραν των οδηγικών ικανοτήτων , αναπτύσσει ενστικτωδώς αυτή τη σχέση ανθρώπου – μηχανής ‘feeling’ καλύτερα από κάθε άλλη μορφή μηχανοκίνητου (4τροχο σε άσφαλτο) αθλητισμού , παρέχοντας ένα εξαιρετικά υψηλό τεχνικό υπόβαθρο. Αποτελεί ένα σχολείο αγωνιστικής και όχι μόνο οδήγησης από το οποίο έχουν αποφοιτήσει οι καλύτεροι οδηγοί (πιλότοι F1) του κόσμου.

CONCLUSION

Summarising this analysis , on the first chapter we examined how does a car move. We proved that the forces and torques applied on a car while moving , consist Dynamic loads. We referred to the parameters that we can and must control in order to make a car sufficient and safe ,as well as the factors variable and not that involve and interact. Through the process by using Dynamic Analysis we explained how these parameters and the changes on them act on the behavior of a car , by including the drivers role.

On the second chapter our focus was on the main subject of this analysis , a racing karts Dynamics Analysis. We made a small introduction with the basic technical characteristics and the function of a kart. Through the process we focused on the set-up of a racing kart , by always considering the predictable and not factors , as well as some technical characteristics which distinguishes kart from car ,that determine a set-up. We also included the drivers role in the whole set-up and the importance of it. Using the Dynamics Analysis of the first chapter we tried to explain the affect of the set-up on karts behavior.

Basic aim of this analysis , due to kart racing experience is to make understood that the set-up of any racing vehicle , in this occasion a kart , is a compromise of variable and non variable factors. It can not and must not considered individually. It must considered as one , including the driver. Thus man and machine must unite and function as one , in order to achieve the best possible compromise , always given the circumstances. For this reason theory can reach a certain point. Further that point testing and experience play a critical role. It is said that to achieve a well balanced set-up , is science and art combined.

Through this analysis we tried to demonstrate that karting from a young age , besides the driving skills cultivates this man and machine relationship , better than any other form of motorsport (4wheel on tarmac) , providing a very high technical background. This sets karting a racing driving school of which the best drivers in the world (F1 pilots) have graduated.

ΠΗΓΕΣ - SOURCES

- VEHICLE HANDLING AND CONTROL (SELECTED TECHNICAL PAPERS) – WHAT MAKE CARS HANDLE? JIM HALL , DAVID E.DAVIS JR. 1965 ZIFF – DAVIS PUBLISHING CO.
- KART DRIVING TECHNIQUES – JIM HALL II , STEVE SMITH , COPYRIGHT 1999 PUBLISHED BY STEVE SMITH AUTOSPORTS
- KART CHASSIS SET-UP TECHNOLOGY , STEVE SMITH , COPYRIGHT 2002 PUBLISHED BY STEVE SMITH AUTOSPORTS PUBLICATIONS
- CRG KART TUNING MANUAL , COPYRIGHT 2005 SSC RACING
- ITALKART CHASSIS SET-UP GUIDE , (<http://www.italkart.com/>)
- WIKIPEDIA (<http://en.wikipedia.org/wiki/caster>) , ([http://en.wikipedia.org/wiki/Ackerman steering geometry](http://en.wikipedia.org/wiki/Ackerman_steering_geometry)) ([http://en.wikipedia.org/wiki/Suspension \(vehicle\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Suspension_(vehicle))) http://en.wikipedia.org/wiki/Kart_racing
- GOOGLE (<http://www.rctek.com/>)
- AACHEN UNIVERSITY – EXERCISE TRIBOLOGY INTERACTIONS BETWEEN BASE AND CONTACT BODIES
- HIGH PERFORMANCE HANDLING HANDBOOK – DON ALEXANDER , MOTORBOOKS INTERNATIONAL 2002
- HOW TO MAKE YOUR CAR HANDLE – FRED PUHNEΚΑΘΗΣPENGUIN 1976
- CIK – FIA KART
TECHhttp://www.cikfia.com/fileadmin/content/REGULATIONS/Technical/Technical%20Regulations/Web_RT_FULL.pdf
- TONYKART <http://www.tonykart.com/>
YOUTUBE<http://www.youtube.com/watch?v=Gh7gWJAvOvs>[http://www.youtube.com/watch?v=jSFmUmVWBp0\(CAMBER\)](http://www.youtube.com/watch?v=jSFmUmVWBp0(CAMBER))<http://www.youtube.com/watch?v=oYMMdibmQXc>
http://www.youtube.com/watch?v=83_GTZeuf6M