

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΣΤΟΝ ΜΗΧΑΝΟΚΙΝΗΤΟ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟ : FORMULA 1

ΤΑΤΙΑΝΑ ΤΖΟΒΑΡΑ – ΚΟΡΙΝΑ ΤΑΪΓΑΝΙΔΟΥ

ΕΡΓΑΣΙΑ ΦΥΣΙΚΗΣ Ι
1^ο ΕΞΑΜΗΝΟ

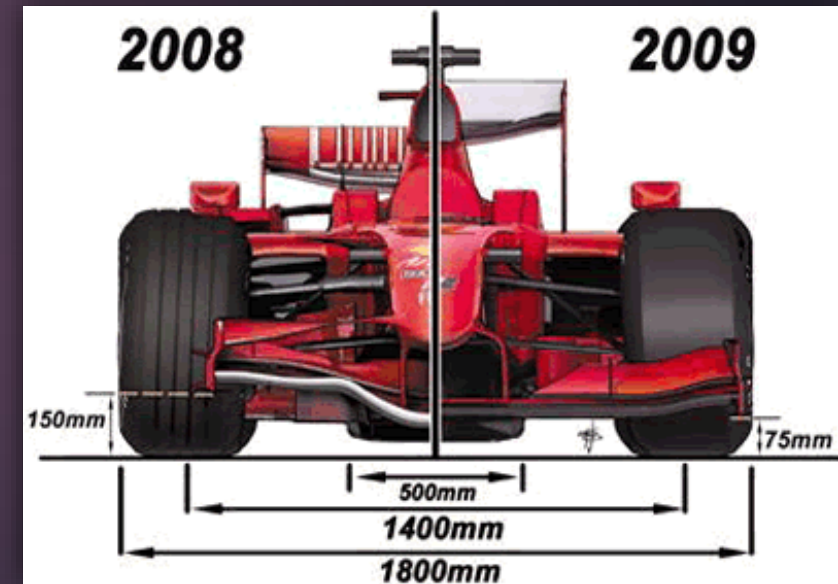
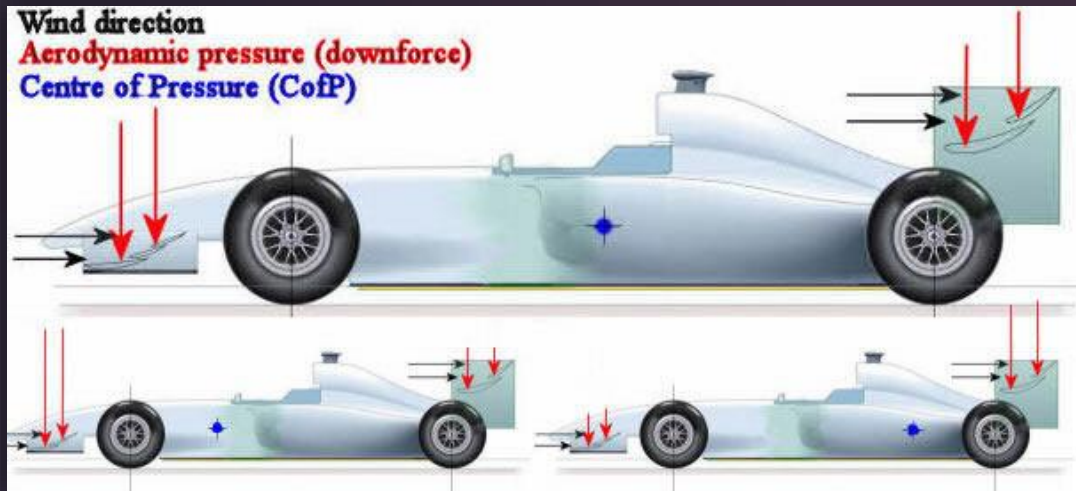
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΤΣΙΓΑΡΙΔΑΣ



ΕΙΣΑΓΩΓΗ

- ▶ Νόμοι του Newton
- ▶ Αεροδυναμική
- ▶ Δύναμη G
- ▶ Πρόσφυση
- ▶ Drag force/Οπισθέλκουσα
- ▶ Downforce/Κάθετη δύναμη
- ▶ Ατυχήματα-Μέτρα προστασίας

ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ



DOWNFORCE-ΚΑΘΕΤΗ ΔΥΝΑΜΗ

- Δυναμική άνωση προς τα κάτω
- Παράγεται από τον αέρα όταν αυτός συναντά τα φτερά των αεροτομών
- Συγκρατεί το όχημα από το να απογειωθεί και το πιέζει προς το έδαφος → περισσότερη πρόσφυση
- Τύπος: $L = \frac{1}{2}\rho v^2 SC_L$

L = άντωση

C_L = ο συντελεστής της άντωσης

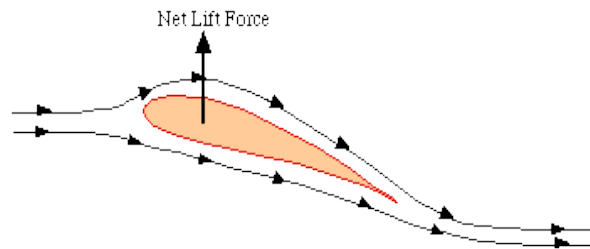
ρ = η πυκνότητα του ρευστού

S = η επιφάνεια σώματος κάθετη στη ροή

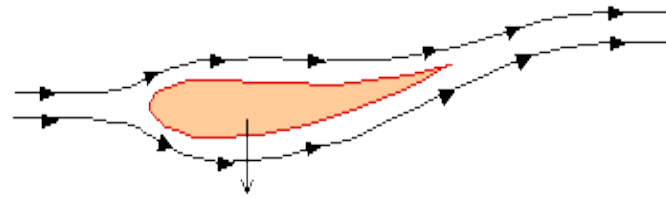
u = η ταχύτητα σώματος ως προς το ρευστό.

- Η Αρχή του Bernoulli είναι ο φυσικός νόμος που καθορίζει τη λειτουργία ενός φτερού

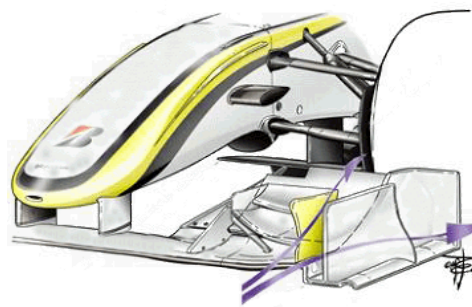
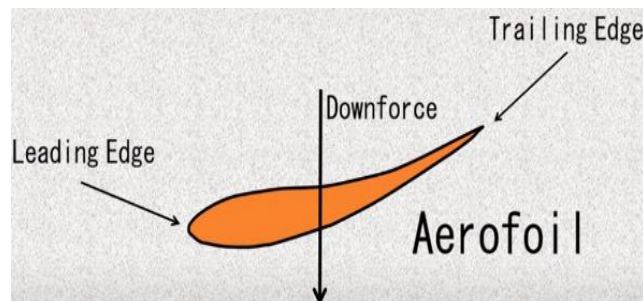
Το παρακάτω διάγραμμα δείχνει ανύψωση σύμφωνα με την αρχή του Bernoulli:



Κάθετη δύναμη σύμφωνα με την αρχή του Bernoulli:



- Τα δύο πτερύγια που βρίσκονται σε ένα αυτοκίνητο της Formula 1 (εμπρός και πίσω) παράγουν το μεγαλύτερο ποσοστό της κάθετης δύναμης στο αυτοκίνητο.



DRAG FORCE-ΟΠΙΣΘΕΛΚΟΥΣΑ (Αεροδυναμική αντίσταση)

- Η δύναμη που τείνει να τραβήξει πίσω το αυτοκίνητο όσο αυτό επιταχύνει και προσπαθεί να αποκτήσει τη μέγιστη ταχύτητα.

- Τύπος: $F_D = \frac{1}{2} \rho v^2 C_D A$

F_D η οπισθέλκουσα

ρ η πυκνότητα του υγρού

v η ταχύτητα του αντικειμένου σχετικά με το υγρό

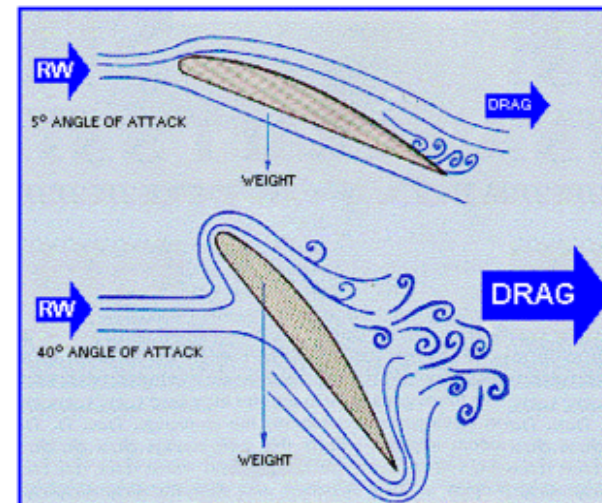
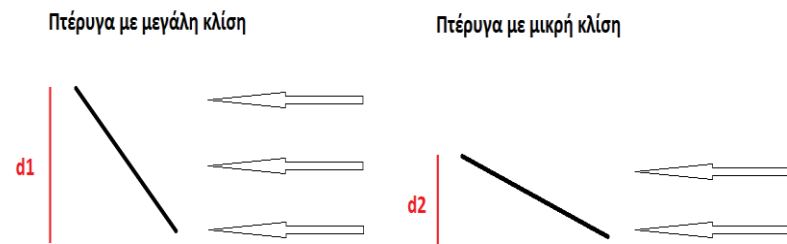
A η μετωπική επιφάνεια σώματος(φτερό αεροτομής)

C_D ο συντελεστής της οπισθέλκουσας

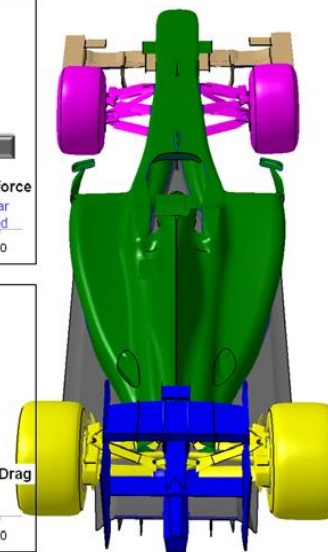
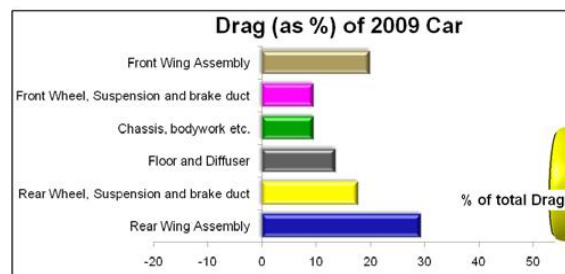
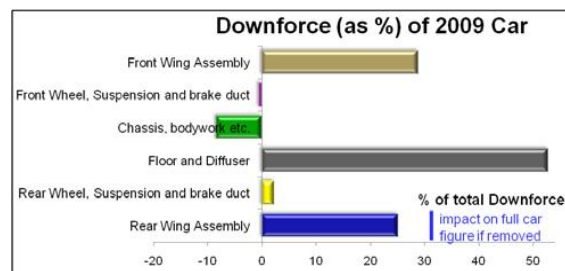
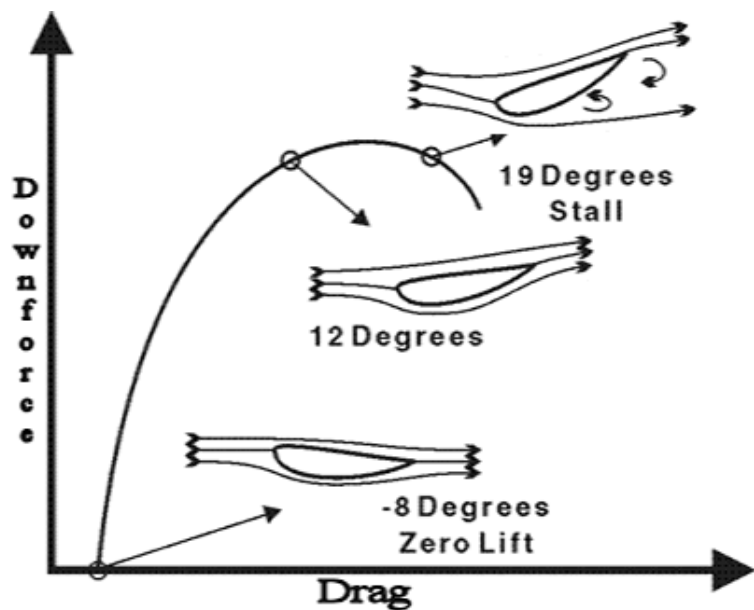
Shape		Drag Coefficient
Sphere	→ 	0.47
Half-sphere	→ 	0.42
Long Cylinder	→ 	0.82
Short Cylinder	→ 	1.15
Streamlined Body	→ 	0.04
Streamlined Half-body	→ 	0.09

Measured Drag Coefficients

- Όταν αυξάνεται η κλίση των αεροτομών, αυξάνεται και η επιφάνεια με την οποία συγκρούεται ο αέρας, επομένως θα έχουμε μεγαλύτερη οπισθέλκουσα

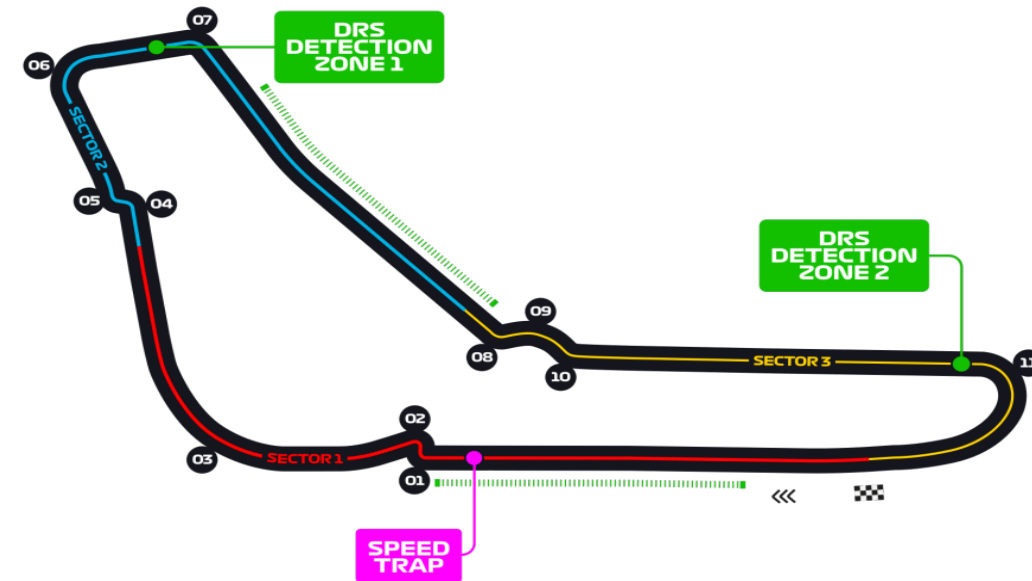


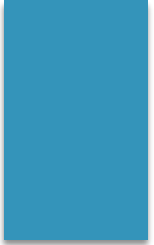
- Σχέση κάθετης δύναμης και οπισθέλκουσας



ΠΙΣΤΑ ΤΗΣ ΜΟΝΖΑ ΣΤΗΝ ΙΤΑΛΙΑ

- Η κάθετη δύναμη (άρα και η πρόσφυση που προσφέρει) είναι μειωμένη στο ελάχιστο διότι:
 1. Για να κινηθεί ένα αυτοκίνητο σε μια στροφή ακτίνας με ορισμένη ταχύτητα, πρέπει να ασκείται σ' αυτό μία κεντρομόλος δύναμη με μέτρο $F_k = m \cdot u^2 / R$
 2. Πρέπει $F_k < T_{\max}$ με $T_{\max} = N \cdot \mu$ (1) $\rightarrow N$ (η αεροδυναμική αντίσταση) είναι ανάλογη με το τετράγωνο της ταχύτητας



- 
1. Όσο μεγαλύτερη είναι η downforce τόσο μεγαλύτερη είναι και η αντίδραση της λόγω του 3ου νόμου του Newton
 2. Μεγάλη downforce → μεγάλη αντίδραση $N \rightarrow$ (αφού η $T_{\max}$ μεγάλωσε) μπορεί το όχημα να εισέλθει στην στροφή με ακόμα μεγαλύτερη ταχύτητα
- Η αύξηση της κάθετης δύναμης θα σήμαινε ταυτόχρονα αύξηση της οπισθέλκουσας η οποία θα επηρέαζε αρνητικά την ταχύτητα στις ευθείες.
 - Είναι λοιπόν πολύ σημαντικός ο ρόλος της downforce → έμφαση στα αεροδυναμικά βοηθήματα που συμβάλλουν στην αύξηση της downforce και μείωση της οπισθέλκουσας.

ΠΡΟΣΦΥΣΗ

- Η φυσική δύναμη που συμβάλλει στο να κρατά ενωμένα δύο σώματα (στερεά ή υγρά), δρώντας στην επιφάνειά τους → η σχετική δύναμη που συγκρατεί ένα όχημα στο έδαφος.
- Μηχανική πρόσφυση: η πρόσφυση μεταξύ ελαστικών και οδοστρώματος που παρέχεται εξ ολοκλήρου από ανάρτηση και ελαστικά. Η μηχανική πρόσφυση είναι πολύ σημαντική σε:
 1. Πίστες αργής ταχύτητας
 2. Σε αργές στροφές όπου η ταχύτητα είναι αρκετά χαμηλή, πχ. 130-150 Km / h
 3. Και κατά την έναρξη του αγώνα
 4. Κατά το πέρασμα πάνω από kerbs
- Εάν δεν υπάρχει μηχανική πρόσφυση, το μονοθέσιο είναι αργό και πολύ δύσκολο στην οδήγηση σε αργές στροφές

Στατική τριβή

- Για να ολισθήσει ένα ελαστικό απαιτείται δύναμη ονομάζεται όριο έλξης του ελαστικού (adhesive limit) ή αλλιώς ,στατική τριβή . Ισχύει ότι: $F \leq \mu W$

Όπου:

F είναι η δύναμη με την οποία το ελαστικό αντιστέκεται στην ολίσθηση

μ είναι ο συντελεστής στατικής τριβής ή ο συντελεστής έλξης/πρόσφυσης

W είναι το βάρος ή το κάθετο φορτίο που δέχεται το ελαστικό.

- Δηλαδή, η πλάγια δύναμη που μπορεί να αντέξει ένα ελαστικό πριν ολισθήσει είναι μικρότερο ή ίσο με το γινόμενο μW . Άρα $F_{\max} = \mu W$ η μέγιστη δύναμη που μπορεί να αντέξει το ελαστικό ώστε να παραμείνει ακίνητο και είναι ίση με την στατική τριβή.

Λόγος ολίσθησης

- Ο λόγος ολίσθησης (slip ratio) είναι ένας τρόπος υπολογισμού και έκφρασης της συμπεριφοράς ολίσθησης του τροχού ενός αυτοκινήτου

$$\text{Slip Ratio } \% = \left(\frac{\Omega R_C}{V} - 1 \right) \times 100\%$$

Όπου Ω : η γωνιακή ταχύτητα του τροχού

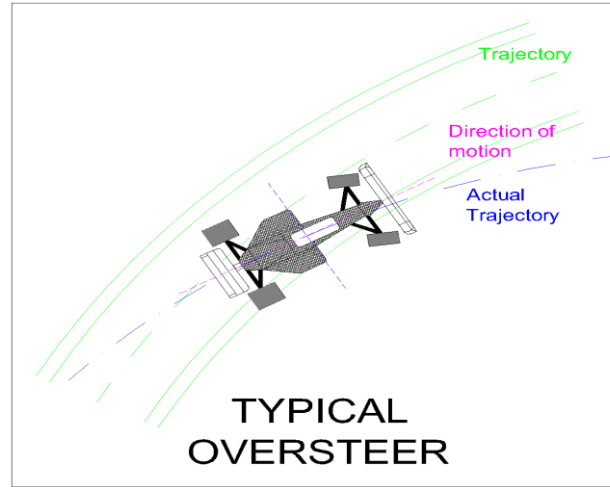
R_C :είναι ακτίνα τροχού στο σημείο επαφής

V : είναι η ταχύτητα του οχήματος.

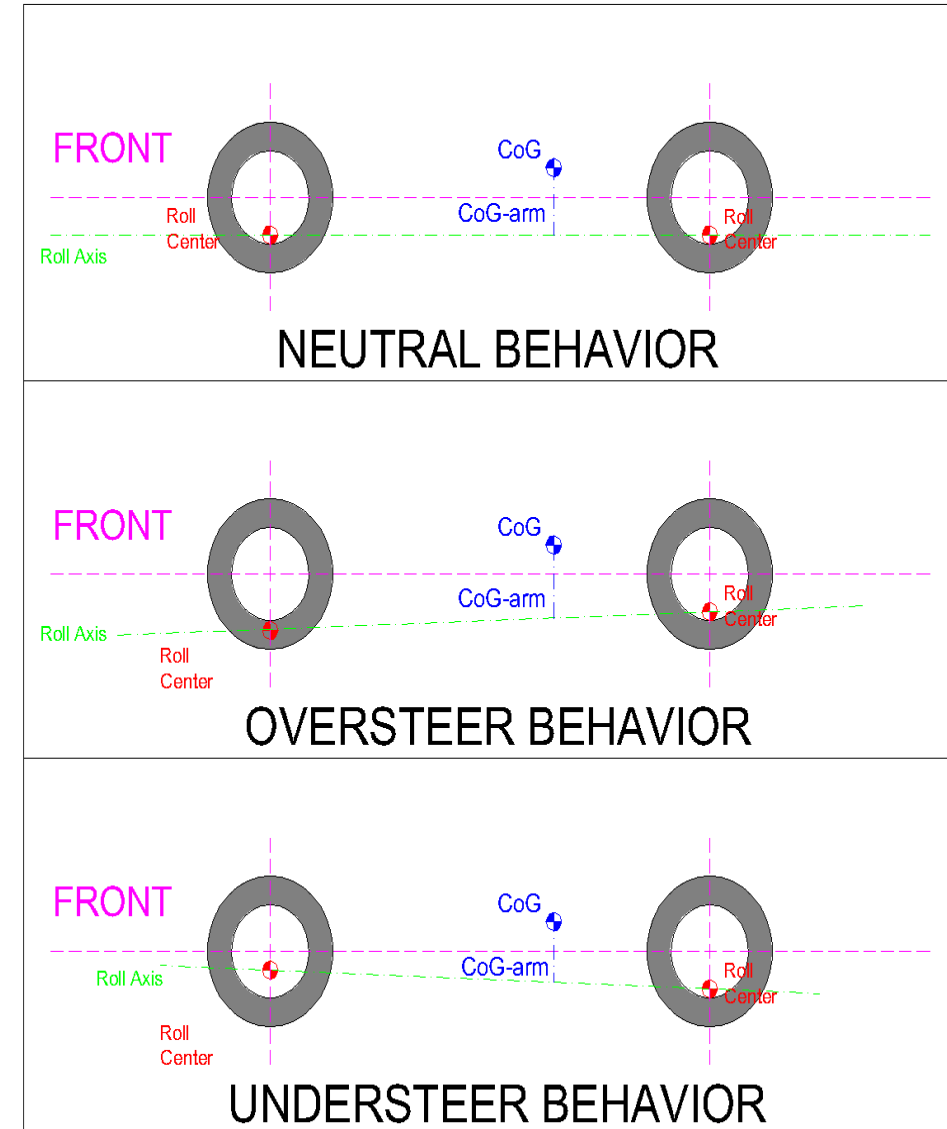
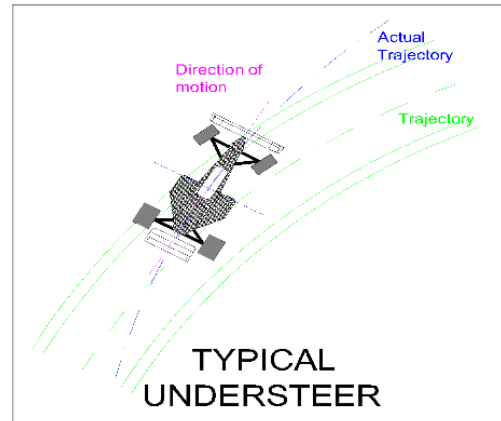
1. Εάν $\Omega * R_C \approx V$:φυσιολογική κατάσταση κίνησης του αυτοκινήτου
2. Εάν $\Omega * R_C = 0$ και $V=0$: οι τροχοί είναι κλειδωμένοι
3. Εάν $\Omega * R_C > V$:οι τροχοί είναι σε spin

Εάν $\Omega \cdot R_c = 0$ και $V=0$: οι τροχοί είναι κλειδωμένοι : Υποστροφή-Υπερστροφή

- Υπερστροφή = Η τάση του οχήματος να διώχνει το πίσω μέρος του στο εξωτερικό της στροφής.



- Υποστροφή = η απώλεια πρόσφυσης των μπροστινών τροχών σε μια στροφή λόγω της μεγάλης ταχύτητας που «αναγκάζει» το όχημα να βγει από την πορεία του με το μπροστινό μέρος

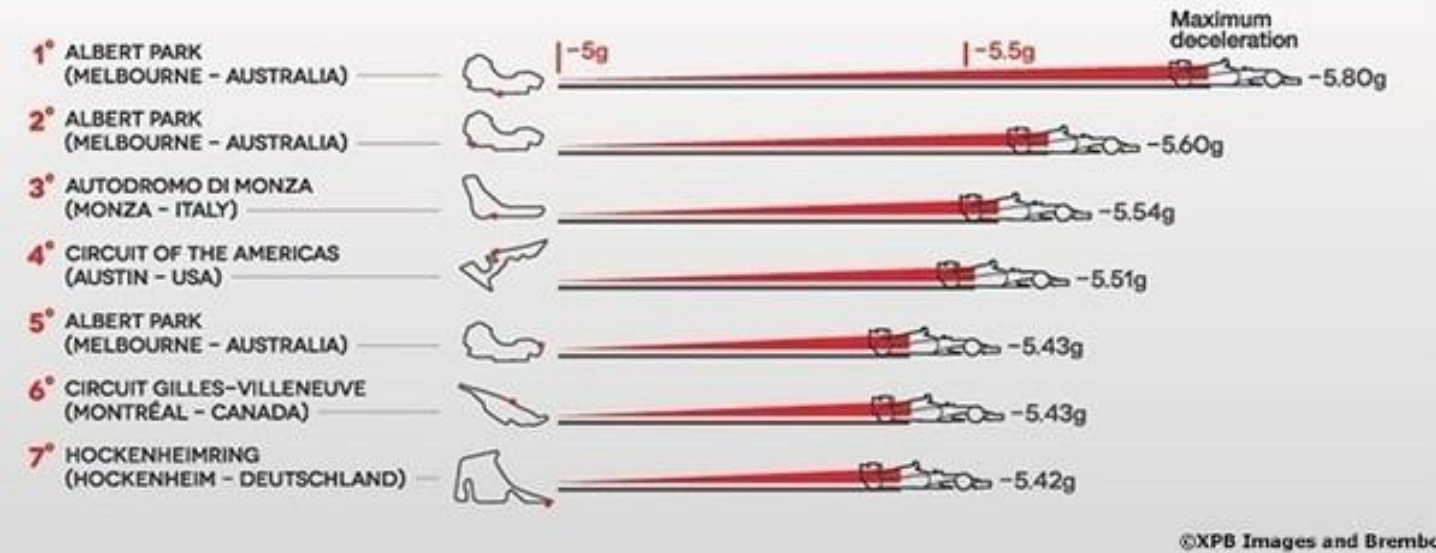


G FORCE-ΔΥΝΑΜΗ G

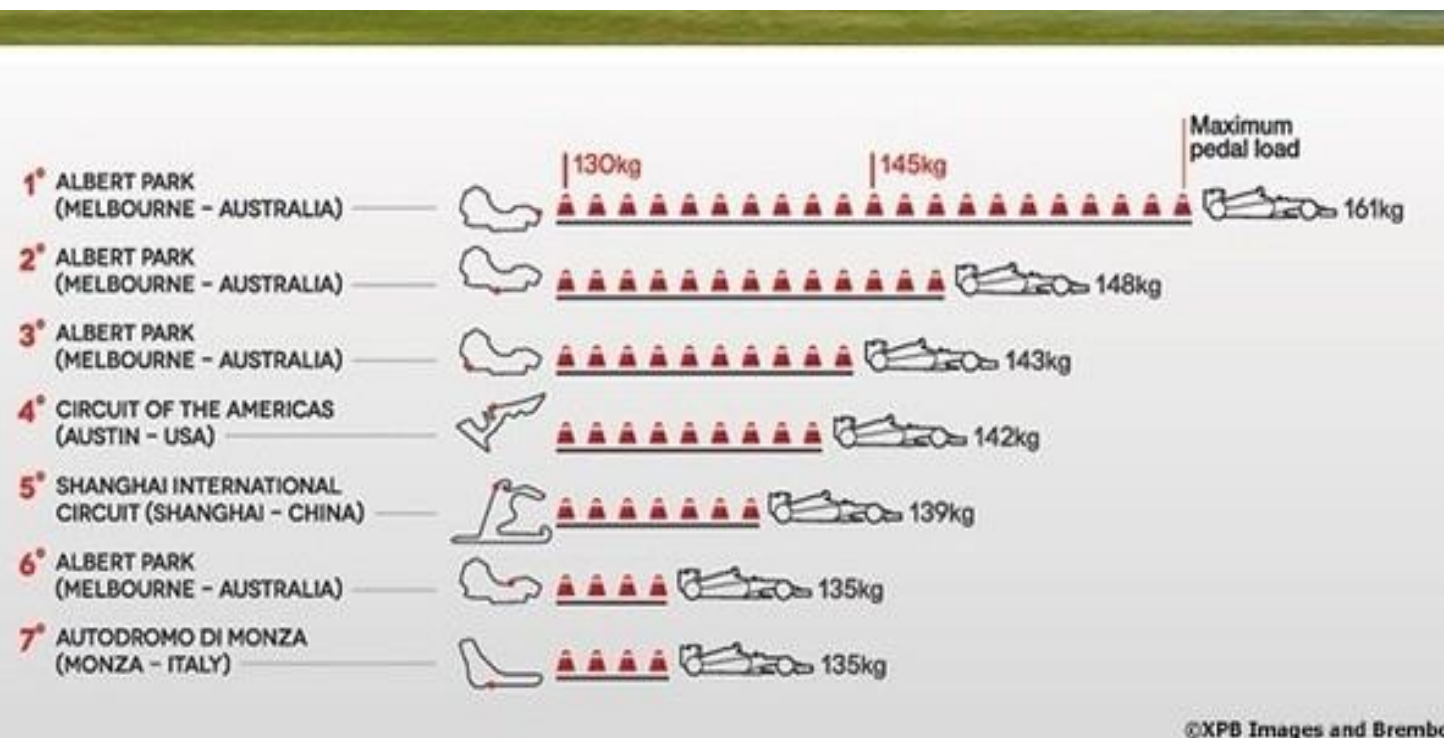
- Το g εκφράζει την επιτάχυνση που δέχεται ένα σώμα λόγω του βαρυτικού πεδίου της Γης
- 1 g ισούται με τη δύναμη της βαρύτητας στην επιφάνεια της Γης

Για αγώνες φόρμουλα 1, σε μαχητικά αεροσκάφη κλπ. :

- Η δύναμη G είναι μία φυσική δύναμη που ισοδυναμεί με μία μονάδα βαρύτητας που πολλαπλασιάζεται κατά τη διάρκεια ταχείας αλλαγής κατεύθυνσης ή ταχύτητας, όπως κατά την επιτάχυνση και την πέδηση.
- Για παράδειγμα όταν ο οδηγός ενός μονοθεσίου φρενάρει απότομα, η επιβράδυνσή του μπορεί να ισούται με έναν συγκεκριμένο αριθμό g, πχ. 3.
- Αν η μάζα του κράνους του ισούται με 3 κιλά, τότε σύμφωνα με όσα είπαμε παραπάνω, αυτό θα ασκήσει δύναμη προς τα εμπρός ίση με $W=3 \cdot 3G$, δηλαδή περίπου 90N,
- *Αν θεωρήσουμε παραδείγματος χάρη πως $g=10 \text{ m/s}^2$*



Διάγραμμα που απεικονίζει τις 7 στροφές με τις μεγαλύτερες δυνάμεις G.

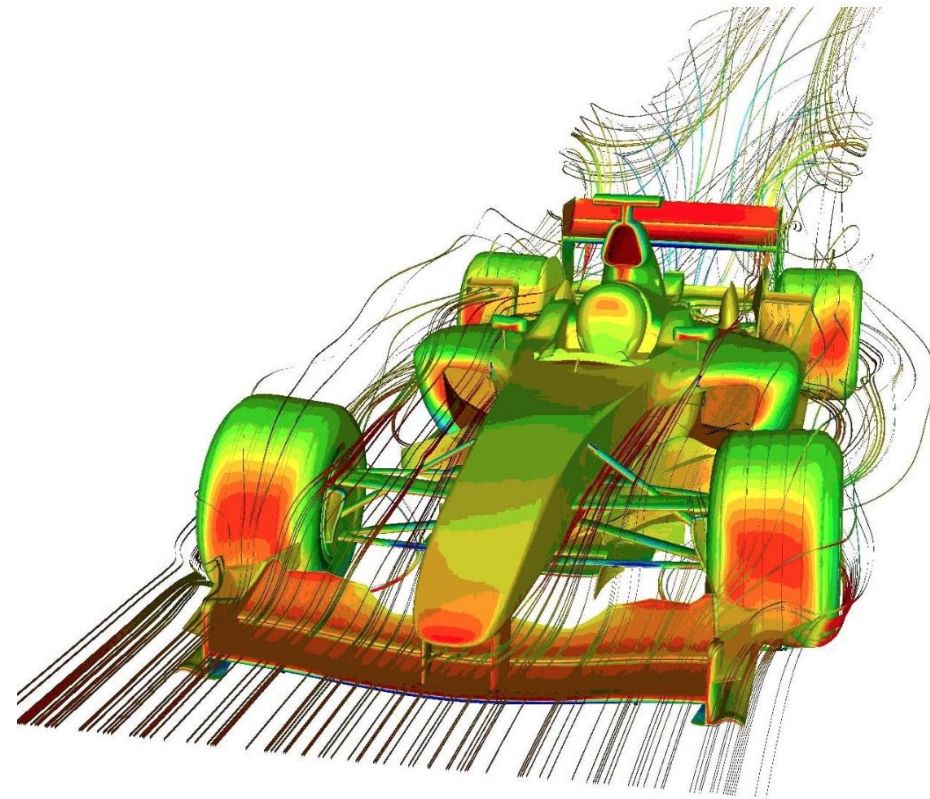


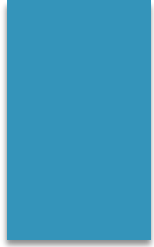
➤ Οι πιλότοι της F1 χρησιμοποιούν το σωματικό τους βάρος και τις δυνάμεις G για να επιβραδύνουν το αυτοκίνητο. Στα 4G επιβράδυνση, ένας οδηγός F1 ζυγίζει πραγματικά 320 κιλά αν έχει μάζα 80 κιλά

Διάγραμμα που απεικονίζει τις 7 στροφές με το μεγαλύτερο βάρος στο πενταλ του φρένου.

ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ

- Κλάδος της Μηχανικής των ρευστών, και ειδικότερα της Δυναμικής
- Βασίζεται στους νόμους που διέπουν τη ροή του αέρα ή άλλων αερίων
- Οι ομάδες επενδύουν περίπου το 20% του συνολικού προϋπολογισμού τους στην κατασκευή των αεροδυναμικών στοιχείων του μονοθέσιου.
- Η αεροδυναμική είναι ένα από τα σημαντικότερα κομμάτια στο μονοθέσιο διότι συμβάλλει στην ανάπτυξη της τελικής ταχύτητας.
- Μεγαλύτερη πρόσφυση → Αύξηση διαθέσιμης τριβής μεταξύ του αυτοκινήτου και του δρόμου → Υψηλότερες ταχύτητες στις στροφές





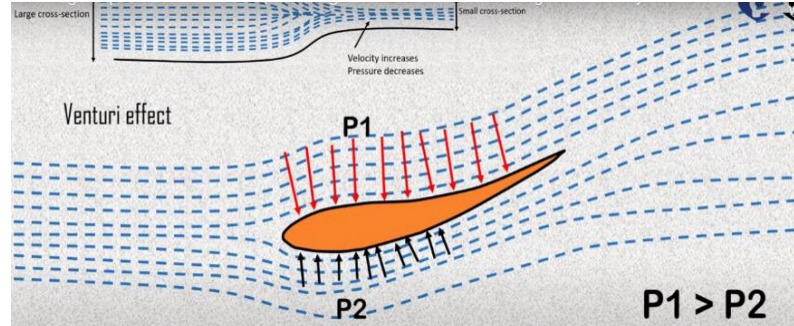
- Αρχή του Bernoulli: όταν αυξάνεται η ταχύτητα μιας ροής (υγρού ή αερίου), η πίεσή της μειώνεται. Ισχύει:

$$p + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho g y = \text{σταθερό}$$

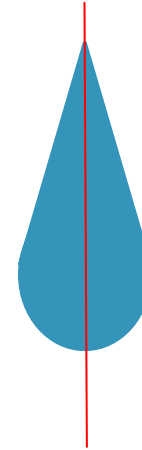
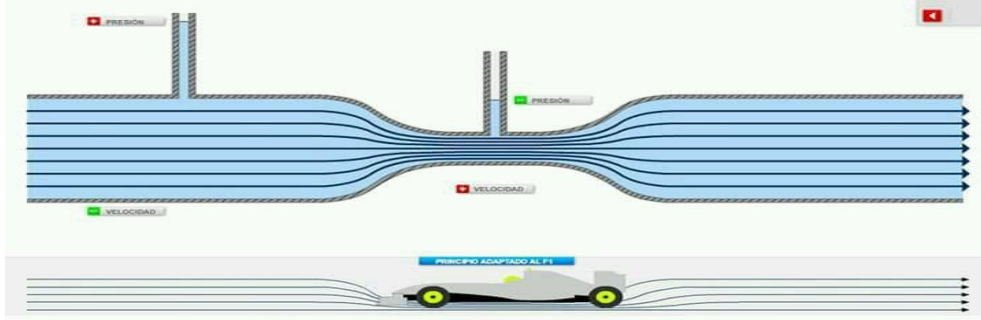
- Η αρχή του Bernoulli στα αυτοκίνητα χρησιμοποιείται αντίθετα απ' στα αεροπλάνα
- Ο αέρας επάνω από τα φτερά κινείται ταχύτερα σε σχέση με αυτόν κάτω από αυτά. Έτσι η υποπίεση βρίσκεται επάνω από το αεροσκάφος, δημιουργώντας άνωση.
- Στα φτερά μονοθεσίων της φ1 δημιουργείται υποπίεση στο κάτω μέρος τους, δημιουργώντας πίεση προς το έδαφος (κάθετη δύναμη)
- Η παραγωγή κάθετης δύναμης εξαρτάται από την ταχύτητα του μονοθεσίου και προέρχεται από την μπροστινή αεροτομή, το πίσω φτερό και ένα μέρος του πατώματος του μονοθεσίου που ονομάζεται διαχυτής (diffuser)



- Ροόμετρο Venturi : Όταν ένα ρευστό ρέει από μία διατομή A_1 σε μία διατομή A_2 (όπου $A_2 < A_1$) υπάρχει πτώση της πίεσης . Πρέπει $U_2 > U_1$.

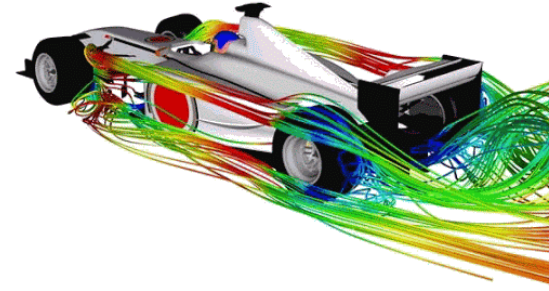


- Σχήμα σταγόνας είναι το πιο «βολικό» στη φύση διότι είναι η αντίδραση που έχει ο αέρας στο υγρό (π.χ. όταν βρέχει)
- Οι πτέρυγες στα αμάξια της F1 έχουν το σχήμα της μισής σταγόνας

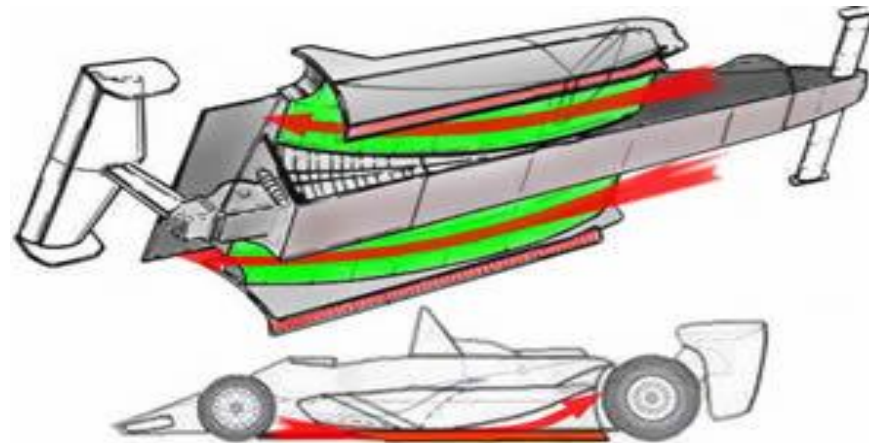
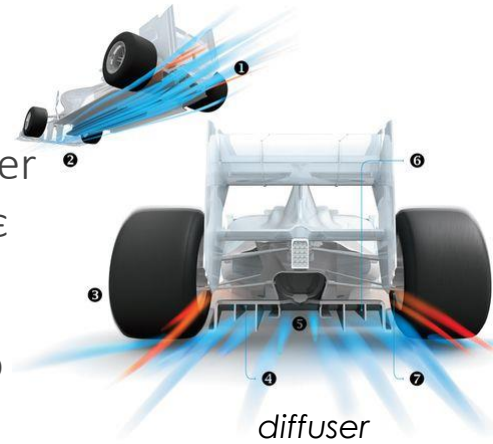


- Εξασφαλίζουμε:
 - Μέγιστη δυνατή κάθετη δύναμη (downforce)
 - Μικρή drag force (οπισθέλκουσα)
 - Μικρότερη σπατάλη ενέργειας
- Η μείωση του drag force είναι επίσης πολύ σημαντική στη Formula 1

- Ο αέρας περνάει πάνω και κάτω από το αυτοκίνητο και οι ρευματικές του γραμμές ακολουθούν το σχεδιασμό του αυτοκινήτου.



- Η δύναμη που δέχονται οι πτέρυγες λόγω αυτής της διαφοράς πίεσης λέγεται αεροδύναμη ενώ η κατακόρυφη συνιστώσα της λέγεται αεροδυναμική άνωση (ή άντωση).
- Ο αέρας στο πίσω κάτω μέρος του αυτοκινήτου μειώνει την ταχύτητα και αυξάνει την πίεση. Το diffuser (διαχυτής) απαλείφει την drag force και κατευθύνει τη ροή του αέρα, να φεύγει πιο στρωτά και όχι με στροβιλισμούς (vortices)
- Όσο περισσότερο μειώνεται το πάχος της ροής ανάμεσα στο πάτωμα και το δρόμο, τόσο περισσότερο αυξάνεται η ταχύτητά της

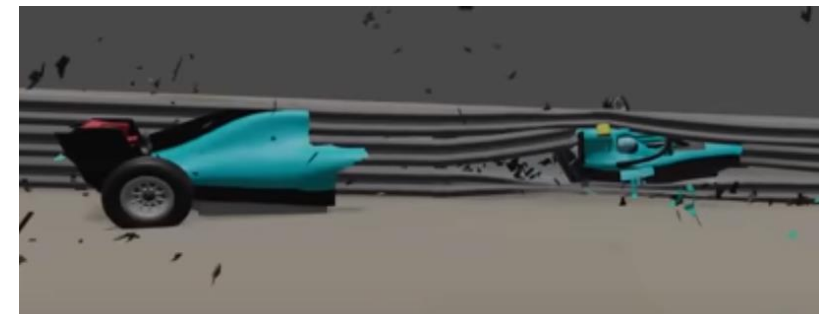
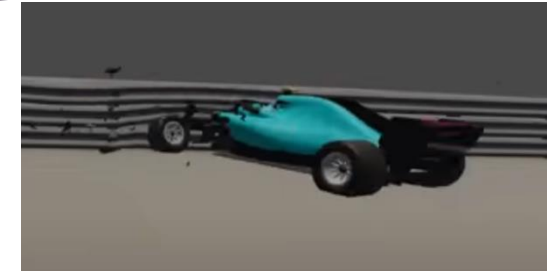


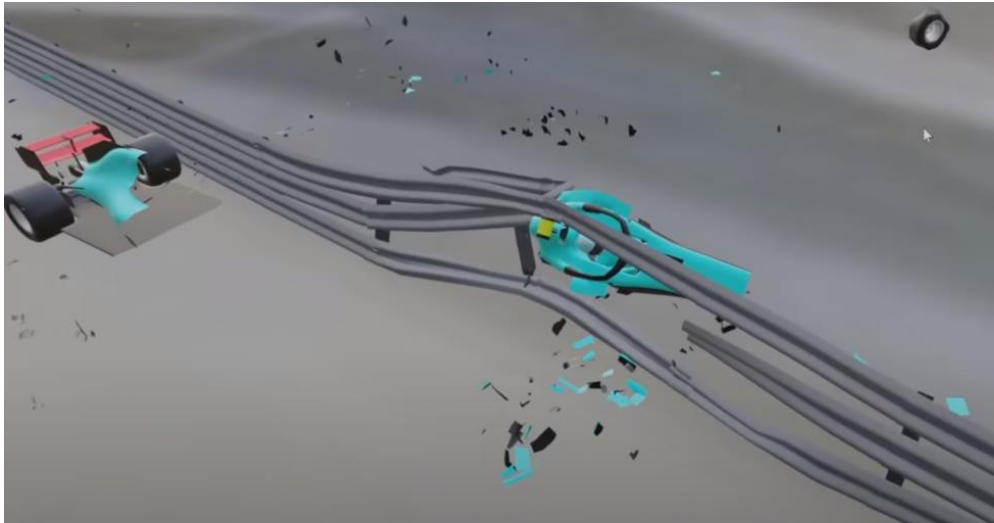
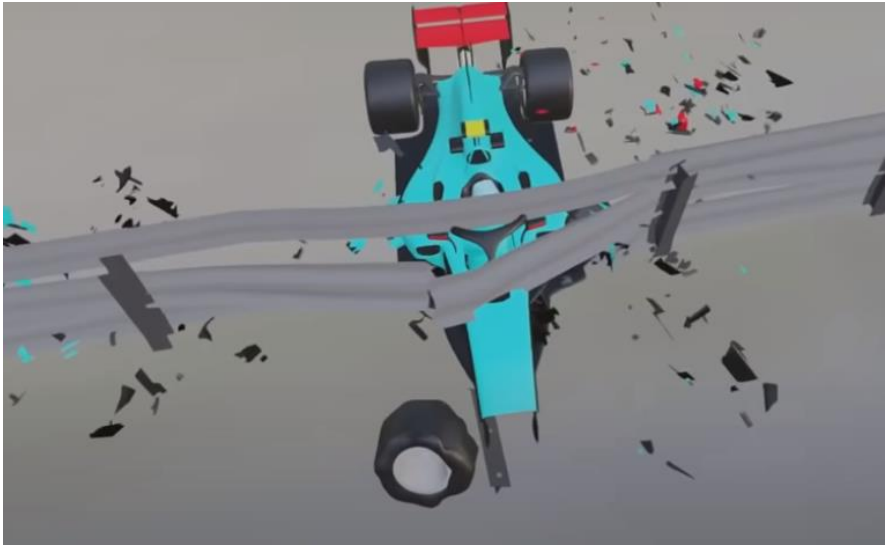
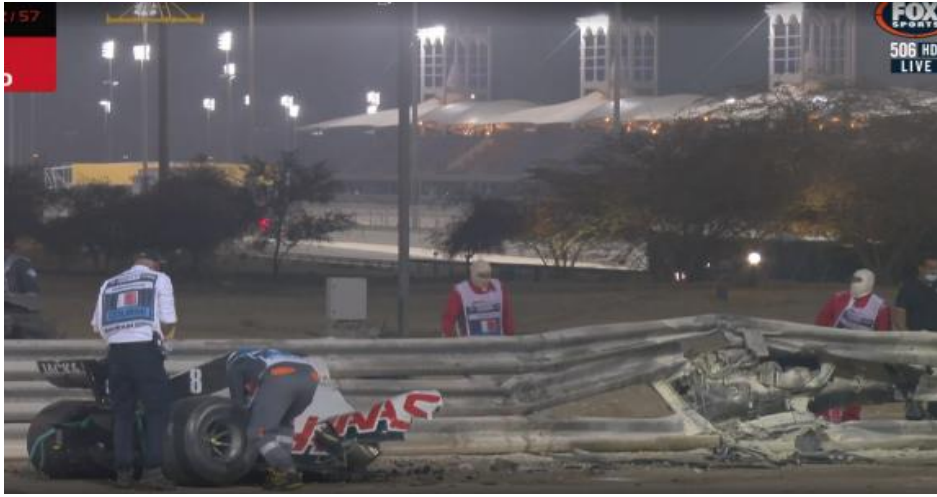
ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ



ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ-ΜΕΤΡΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

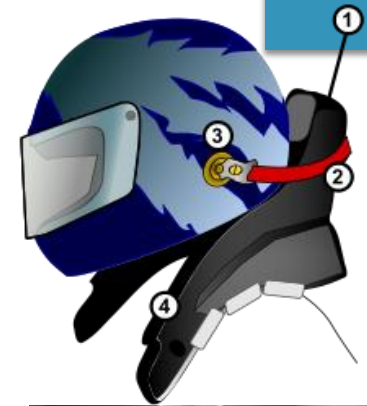
- Στο Γκραν Πρι του Μπαχρέιν ο Ρομέν Γκροζάν με ταχύτητα 240 χλμ./ώρα προσέκρουσε τον Ντανιέλ Κβιάτ και έπεσε πάνω στις μεταλλικές μπάρες. Κατά την πρόσκρουση η επιβράδυνση ήταν της τάξης των 53G .
- Καθώς το μπροστινό μισό του μονοθεσίου χτύπησε στη μεταλλική μπάρα και επιβραδυνόταν, το πίσω τμήμα του οχήματος προσπαθούσε ακόμη να κινηθεί με ταχύτητα άνω των 160 χλμ./ώρα, με αποτέλεσμα να κοπεί στα δύο, στο σημείο όπου βρίσκεται το ρεζερβουάρ και να ξεσπάσει φωτιά.
- Ο Γκροζάν, ως εκ τούτου, πρόλαβε μέσα σε 23 δευτερόλεπτα μετά την πρόσκρουση να λύσει τη ζώνη του και να βγει από την φωτιά χωρίς να έχει σπάσει τα πόδια του, ούτε τον αυχένα του και να διατηρήσει τις αισθήσεις του. Μεταφέρθηκε άμεσα στο νοσοκομείο όπου νοσηλεύτηκε για τα εγκαύματα στα χέρια και στο αριστερό του πόδι.





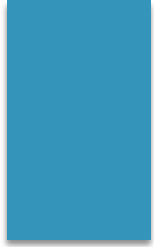
ΤΑ ΜΕΤΡΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΠΟΥ ΕΣΩΣΑΝ ΤΗ ΖΩΗ ΤΟΥ ΓΚΡΟΖΑΝ

- **Κλωβός ασφαλείας:** Απέτρεψε κάθε τραυματισμό στα πόδια του, επιτρέποντάς του να βγει μόνος του από το μονοθέσιο.
- **Μηχανισμός υποστήριξης κεφαλής και αυχένα (HANS: Head and Neck Support):** Απέτρεψε τον οδηγό από το να χτυπήσει το κεφάλι του στο τιμόνι. Οι ιμάντες από κέβλαρ του μηχανισμού αυτού αγκιστρώνουν το κράνος του οδηγού στο προσκέφαλο, αποτρέποντας έναν αυχενικό τραυματισμό όπως κάταγμα του κρανίου και του αυχένα.
- **Halo:** Κατασκευή προστασίας κεφαλής του οδηγού. Αποτελείται από τρεις μπάρες, μία εμπρός και δύο στο πλάι, που περιβάλλουν το cockpit.



- **Τα ρούχα:** Αντέχουν σε θερμοκρασίες ως 800°C για περίπου 30 δευτερόλεπτα (σε περίπτωση φωτιάς). Η ειδική αντιπυρική στολή αποτελείται από υλικό Nomex.





- Τα γάντια έχουν συνδυασμό Nomex και δέρματος και τα παπούτσια είναι από δέρμα και έχουν πολύ λεπτή σόλα ώστε ο οδηγός να έχει την βέλτιστη αίσθηση των πεντάλ.

Γενικά:

- Όσο αναφορά τις πίστες έχουν γίνει πολύ πιο ασφαλείς. Έχουν δημιουργηθεί έξοδοι διαφυγής καθώς βρίσκουμε και αλλαγές στις μπαριέρες όπου έχουν τοποθετηθεί προστατευτικά λάστιχα.
- Σε κάθε πίστα υπάρχει ιατρικό κέντρο, όπου οι τραυματίες οδηγοί κάνουν ελέγχους και δέχονται τις πρώτες βοήθειες, αφού αποχωρήσουν από την πίστα.
- Δύο ελικόπτερα, τέσσερα ασθενοφόρα και 5 πυροσβεστικά οχήματα είναι έτοιμα σε περίπτωση που χρειαστούν να επέμβουν.

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

- Ο μηχανοκίνητος αθλητισμός είναι χαρακτηριστικό παράδειγμα της εφαρμογής των φυσικών νόμων.
- Οι πολύ μεγάλες και μέγιστες ταχύτητες εγκυμονεί κινδύνους για τους πιλότους. Γι' αυτό τα μέτρα ασφαλείας της Φόρμουλα 1 συνεχώς βελτιώνεται.
- Η τεχνολογία παίζει καταλυτικό ρόλο στη F1 και αναμένουμε μεγάλες αλλαγές στα μονοθέσια τα επόμενα χρόνια → τόσο το αεροδυναμικό όσο και το μηχανικό μέρος τους.
- Το ερώτημα είναι αν η προσπάθεια για την ανάπτυξη μεγαλύτερων ταχυτήτων στους αγώνες θα παρέχουν την ίδια ασφάλεια ή θα επαναληφθούν δυστυχήματα του παρελθόντος.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΟΥΜΕ ΓΙΑ ΤΗΝ
ΠΡΟΣΟΧΗ ΣΑΣ

