

Automatikus fedélzeti irányítórendszerek előadás

Bauer Péter / 1.

1. Repülőgépek felépítése
2. Koordinátarendszerek
3. Légerő és nyomatéki tényezők
4. Koordináta transzformációk
5. Repülőgépek stabilitása





THE RUSSIAN
2007
AIR SHOW

Yakovlev Yak-55



légszár dugattyús
motorral (propeller with
piston engine)

csűrőkörmány
(aileron)

oldalkormány
(rudder)

magassági kormány
(elevator)

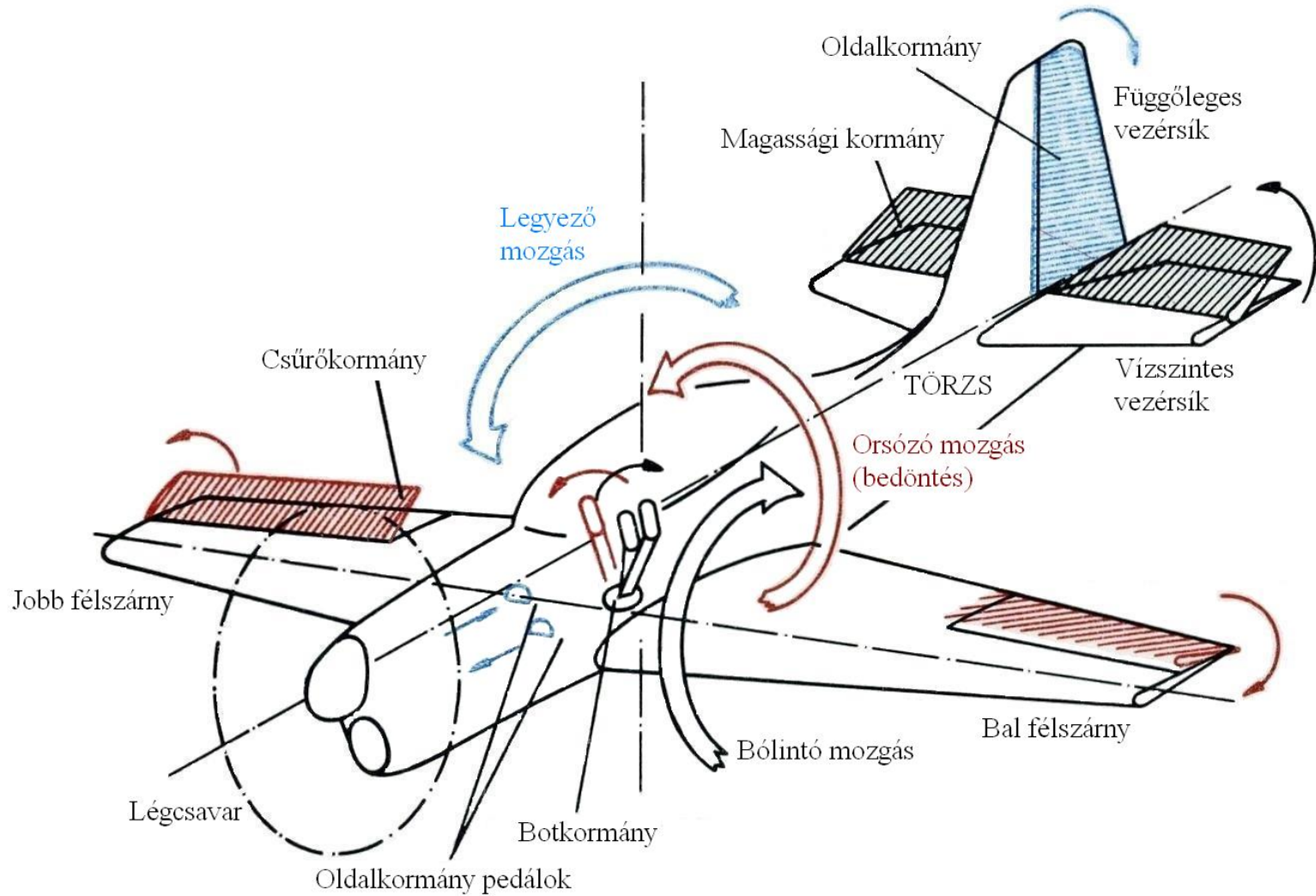


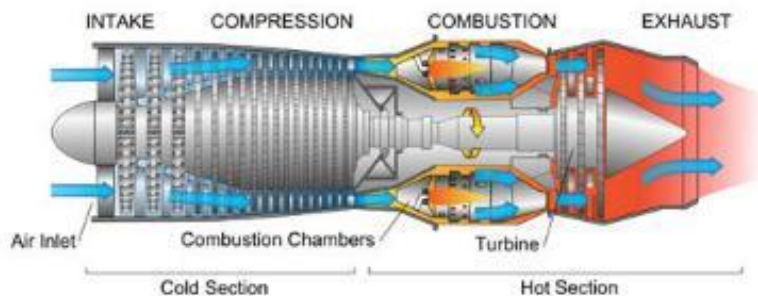
Antonov An-22



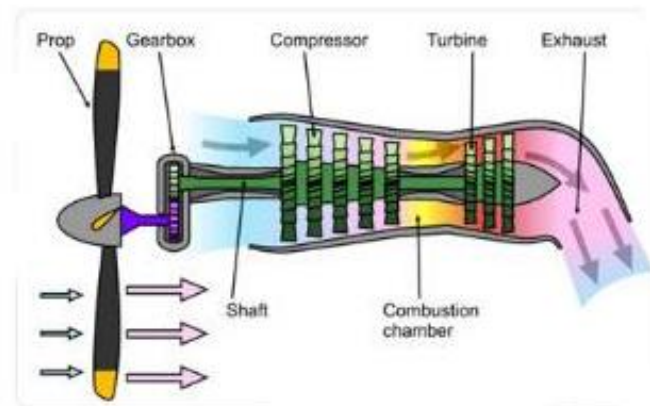
Mikoyan-Gurevich MiG-21-93



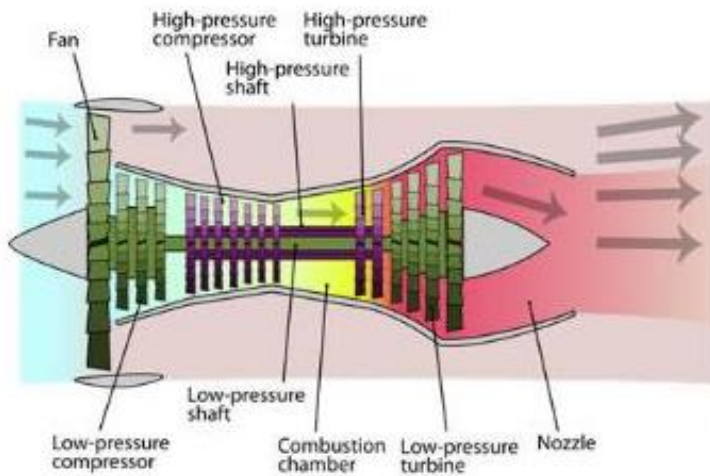




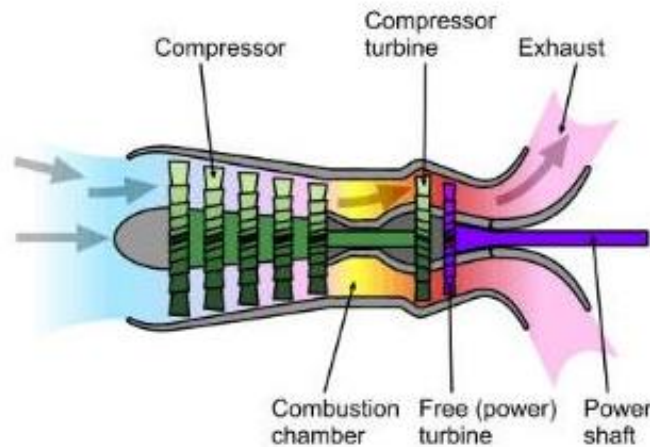
Turbojet



Turboprop

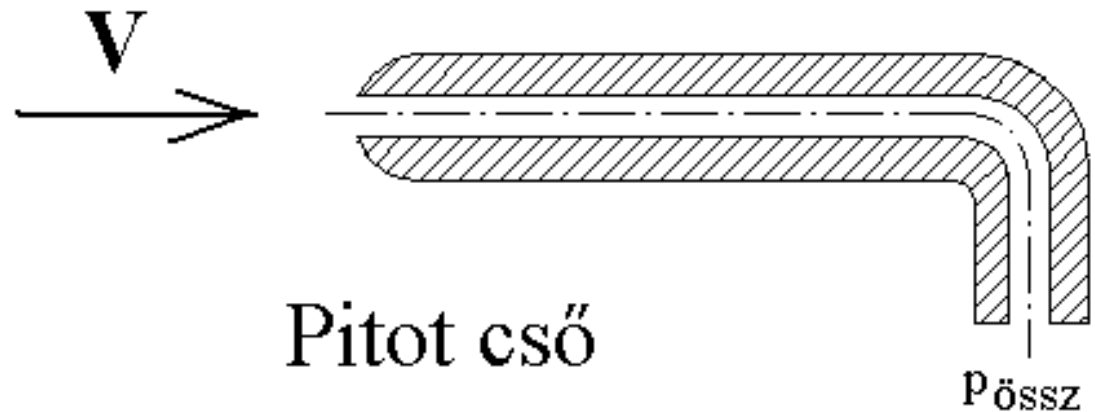
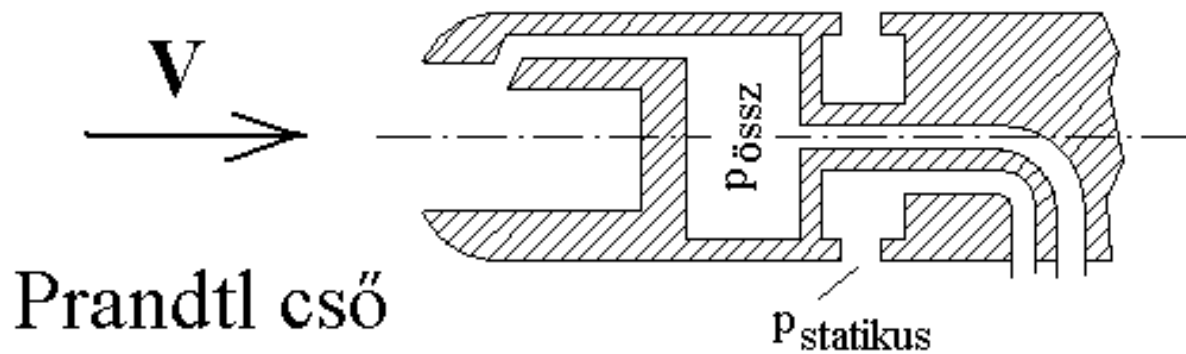


Turbofan

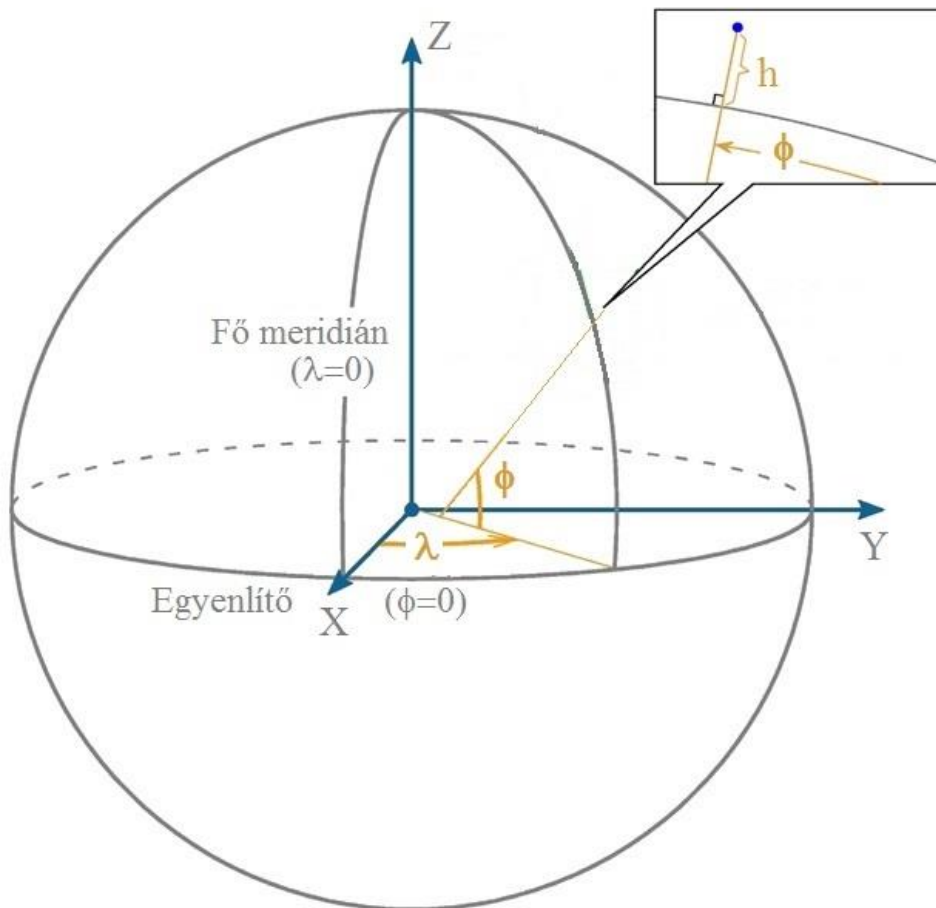


Turboshaft

Sebesség mérése

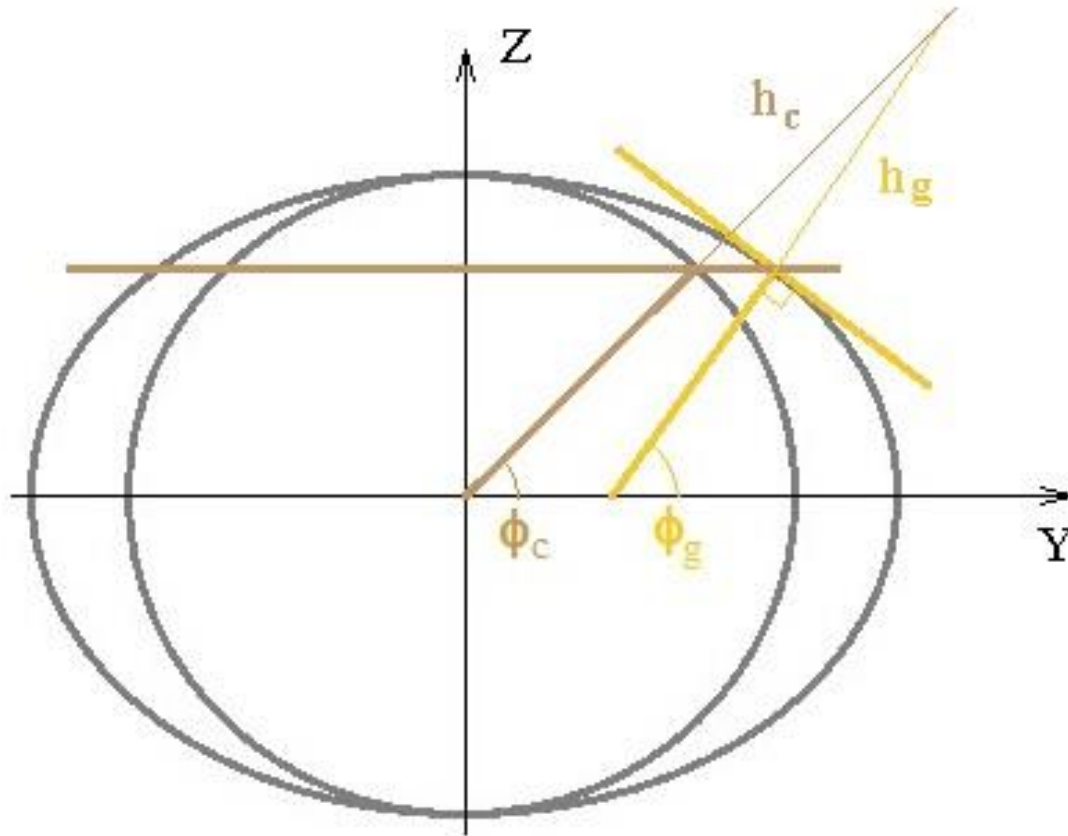


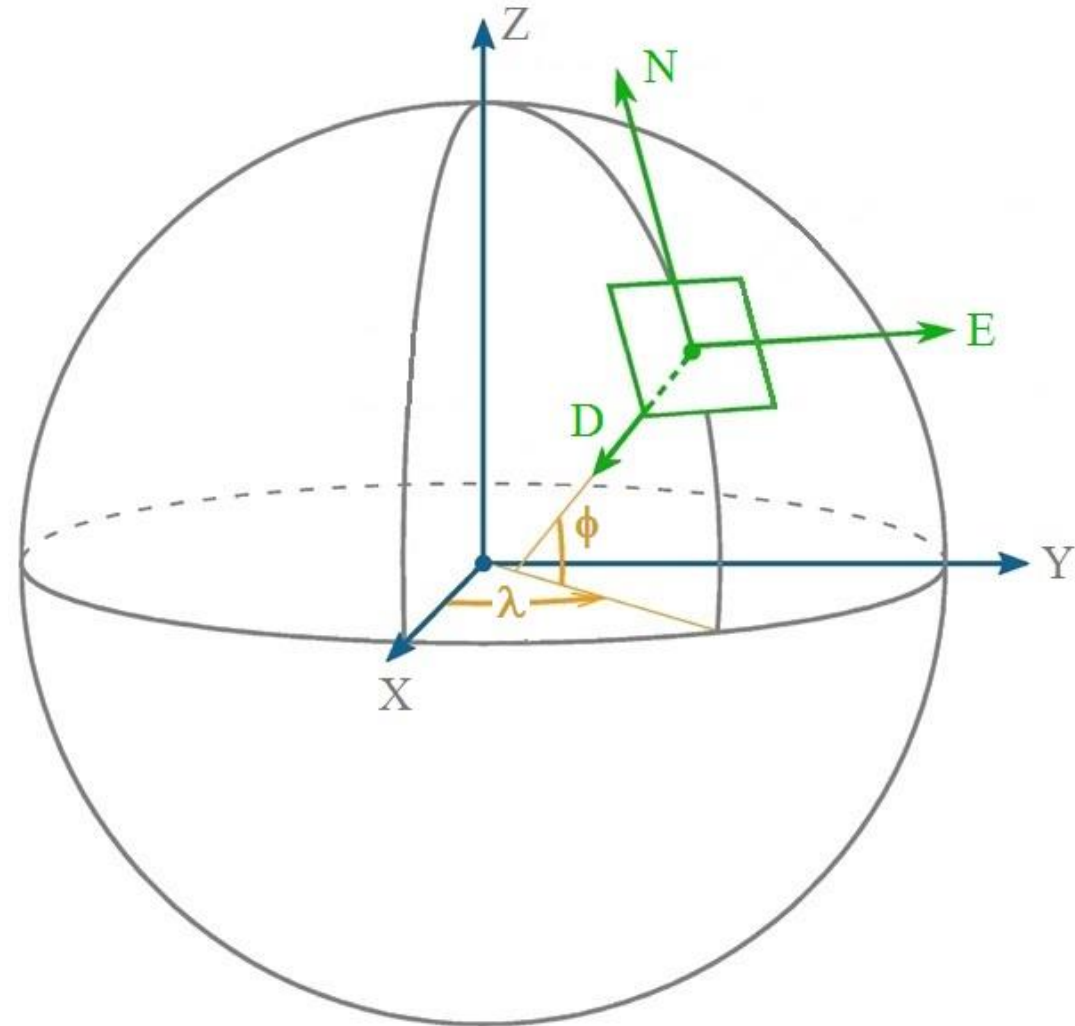
Koordinátarendszerek (coordinate systems)



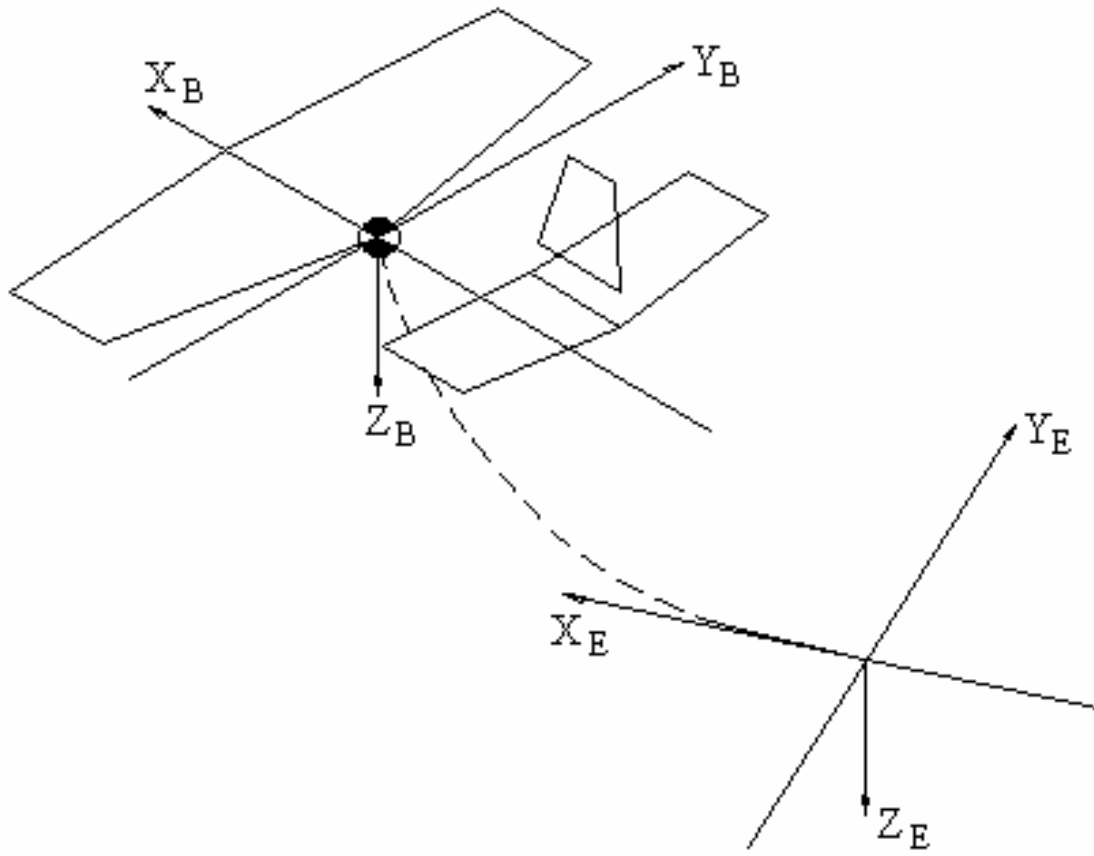
1. **ECI** (Earth Centered Inertial, azaz Föld középpontú inercia) rendszer
2. **ECEF** (Earth Centered Earth Fixed, azaz Föld középpontú, földhöz rögzített) rendszer

Geocentrikus és geodetikus szélesség és magasság





**NED (North, East, Down, azaz
észak, kelet, lefelé) rendszer**

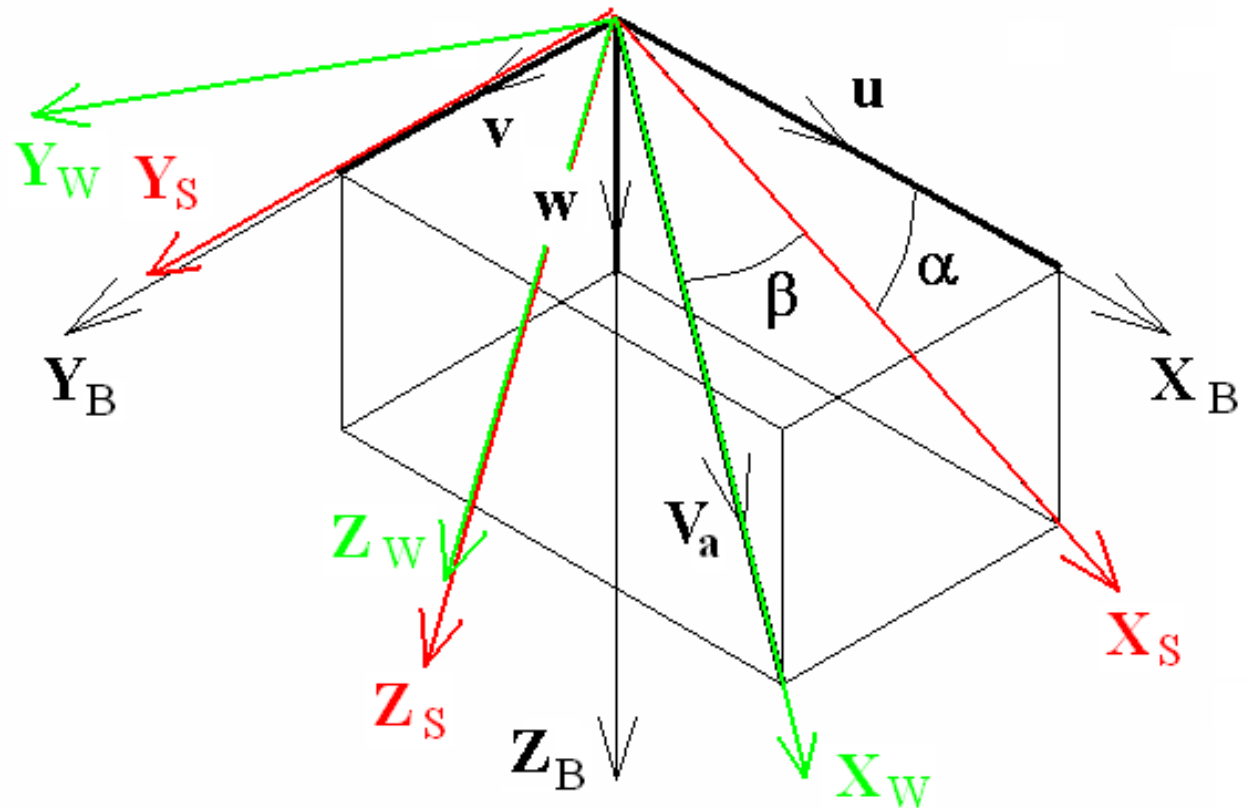


Föld = NED és Test rendszer

Stability (stabilitási)

és

Wind (szél) rendszer

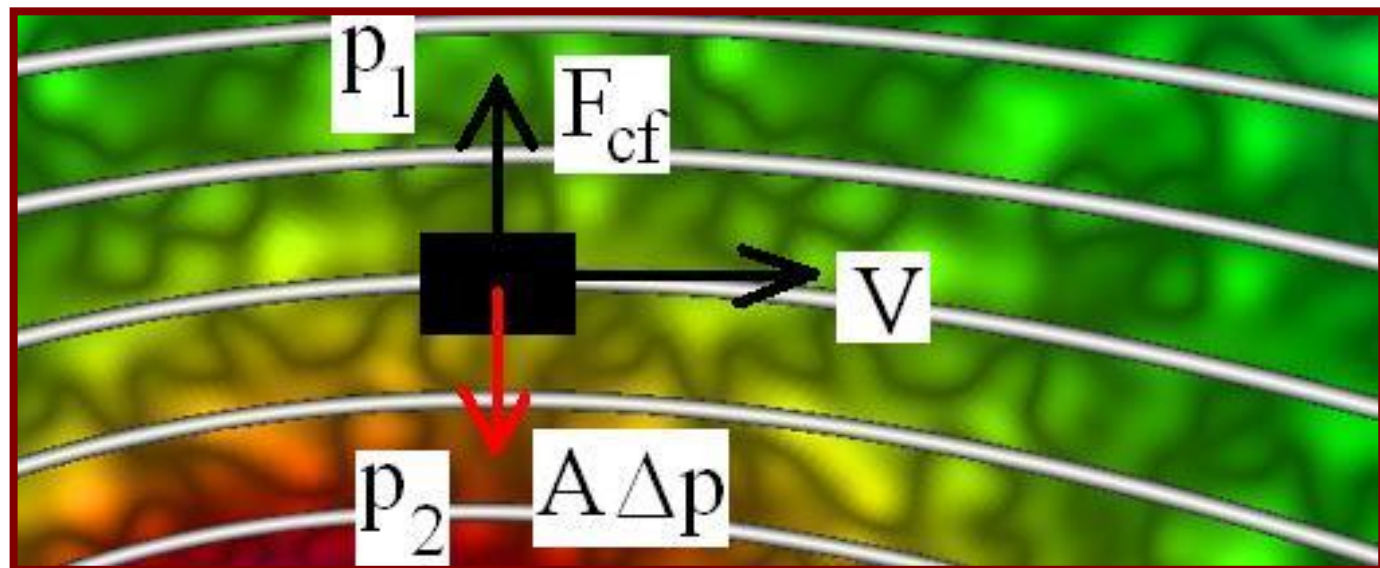
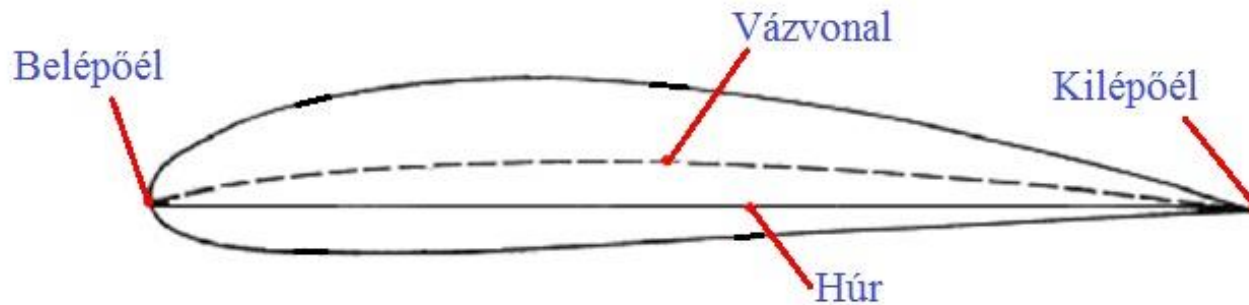


Földhöz képesti repülési sebesség (szél figyelembevételével)

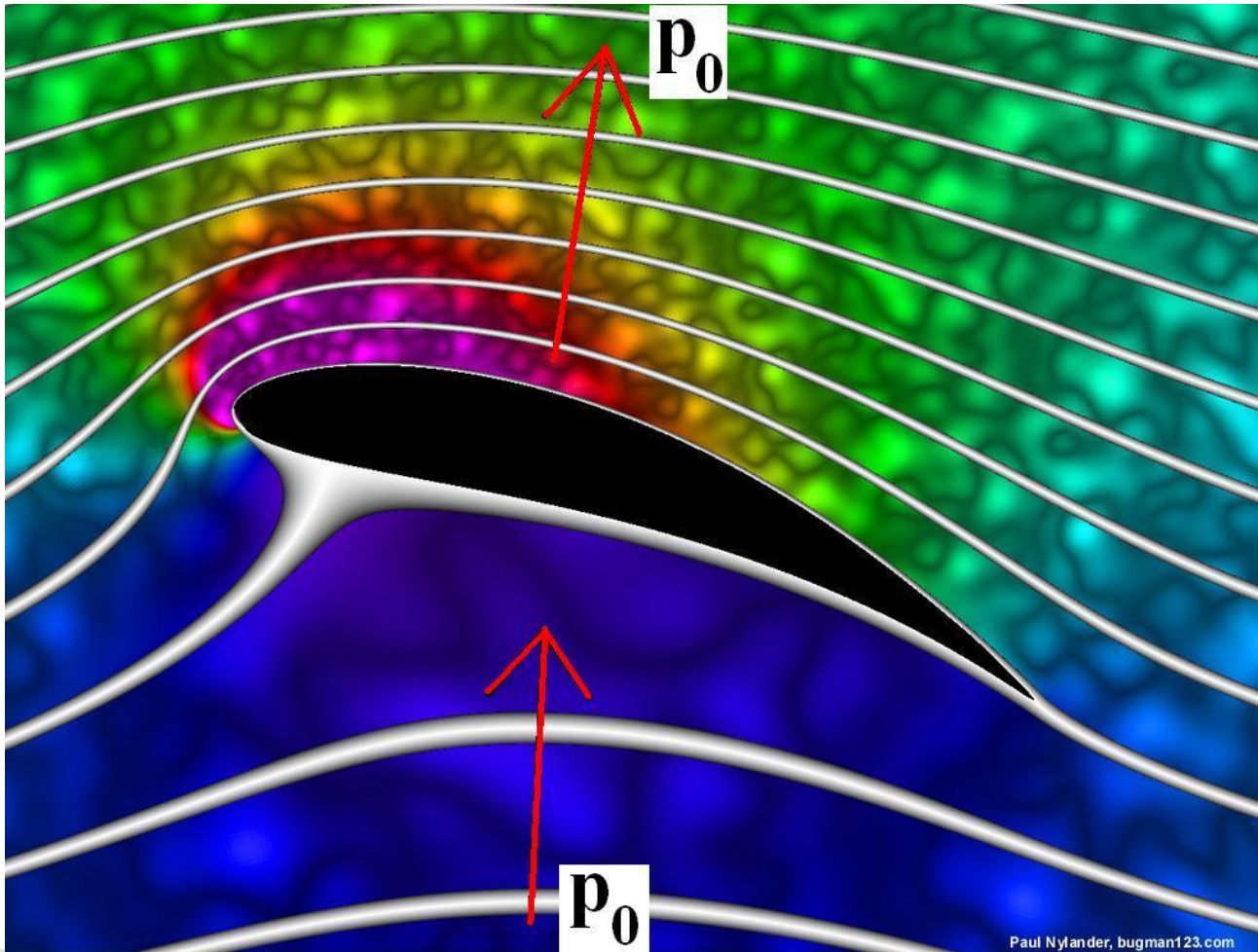
$$U^E = W^E + V^E$$

- U^E : eredő, földhöz viszonyított sebesség föld rendszerben
- W^E : szélesebesség föld rendszerben
- V^E : repülőgép levegőhöz viszonyított sebessége föld rendszerben

Légerők keletkezése szárnyprofilon



Légerők keletkezése szárnyprofilon 2.

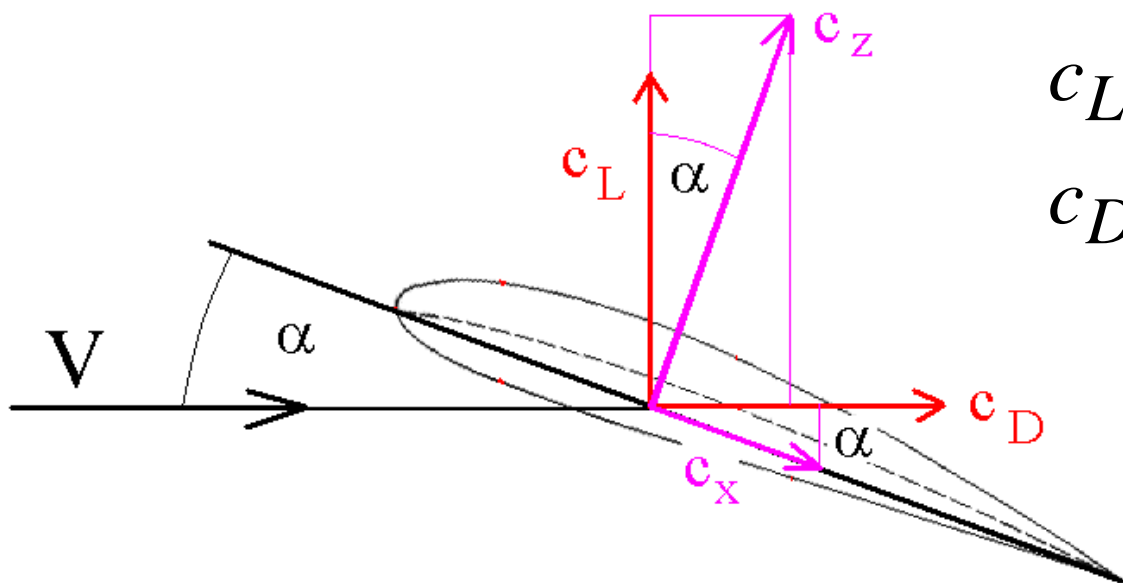


Szélcsatorna video



Légerő tényezők értelmezése

A felhajtóerő és ellenállás tényezők minden állásszögön a megfúvásra merőleges és megfúvás irányú légerő komponensekként vannak értelmezve. Így a c_x és c_z tényezők átszámítása szükséges, hogy felrajzolhassuk a felhajtóerő tényező – állásszög függvényt és az ellenálláserő tényező – állásszög függvényt:

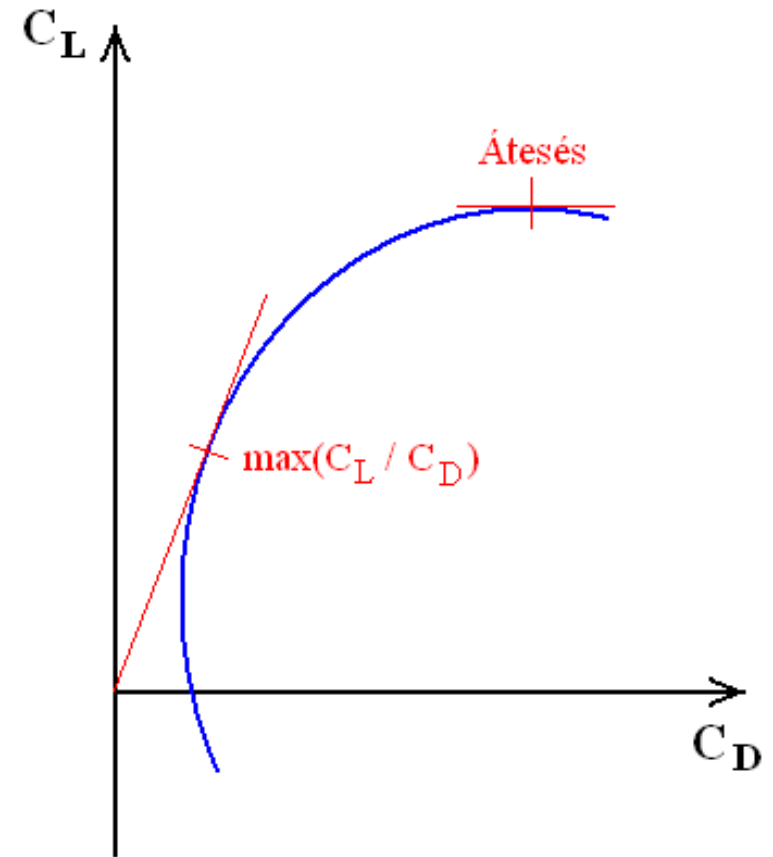
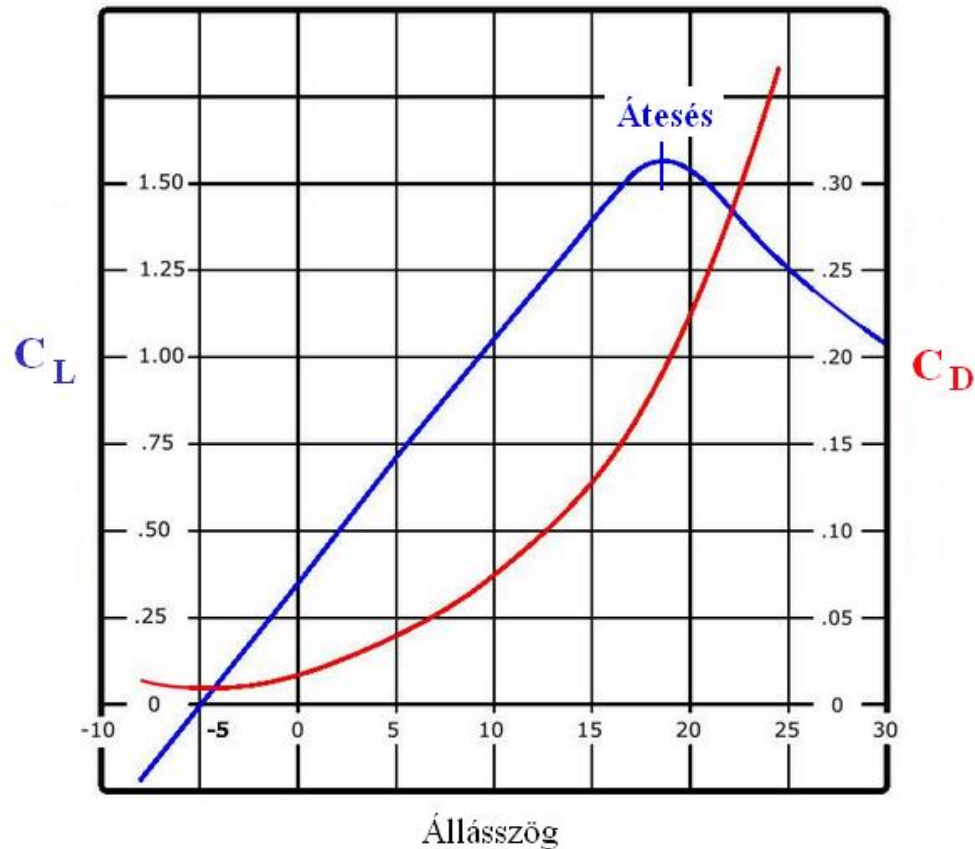


$$c_L = c_z \cos \alpha - c_x \sin \alpha$$

$$c_D = c_x \cos \alpha + c_z \sin \alpha$$

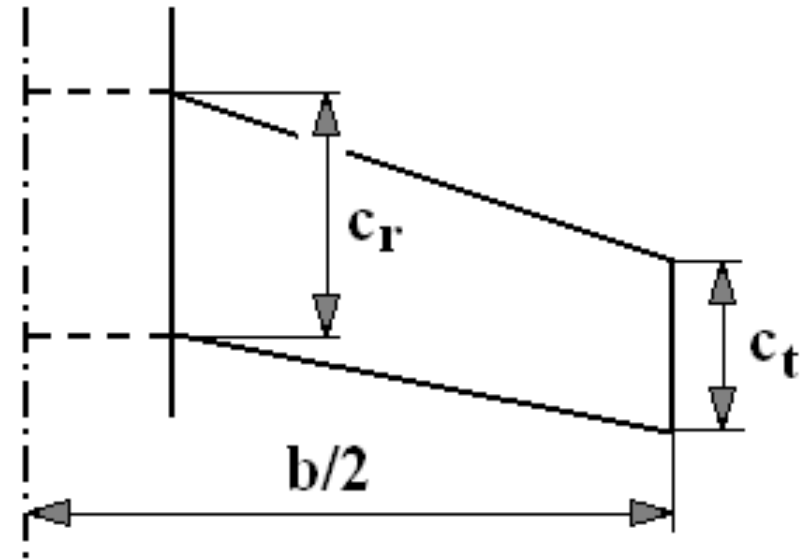
Szárny / repülőgép jellemző karakterisztikái

Clark Y szárnyprofil jellemző görbéi



Geometriai jelölések

- c_r : tő húr (root chord)
- c_t : vég húr (tip chord)
- b : fesztávolság (wing span)
- λ : trapézviszony (taper ratio)
- AR: szárnykarcsúság
(aspect ratio)
- KAH (MAC): közepes aerodinamikai húr (mean aerodynamical chord)



$$\lambda = \frac{c_t}{c_r} \quad AR = \frac{b^2}{S}$$

$$KAH = \bar{c} = \frac{2}{S} \int_0^{b/2} c^2 dy$$

Légerő és nyomatéki tényezők 1.

$$C_i = f(\alpha, \beta, M, \delta_a, \delta_e, \delta_r, \delta_{lef}, \delta_{tef}, \delta_{sp}, \delta_{sb}, \dots)$$
$$i \in \{x, y, z, l, m, n\}$$

$$\tilde{p} = \frac{p \cdot b}{2 \cdot V} \quad \tilde{q} = \frac{q \cdot \bar{c}}{2 \cdot V} \quad \tilde{r} = \frac{r \cdot b}{2 \cdot V}$$

Légerő és nyomatéki tényezők 2.

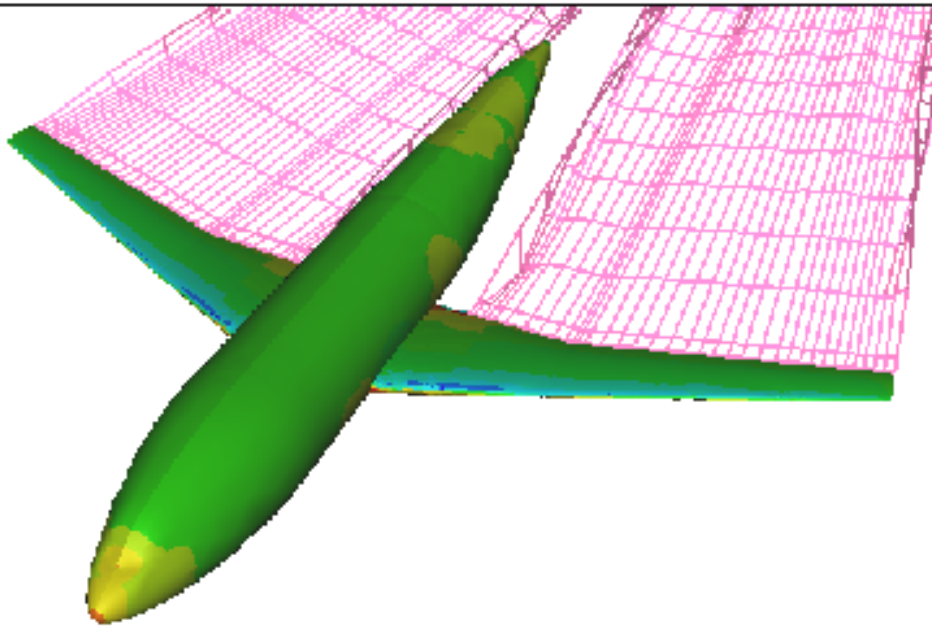
$$F_x = \frac{\rho}{2} V^2 \cdot S \cdot C_x \quad F_y = \frac{\rho}{2} V^2 \cdot S \cdot C_y$$

$$F_z = \frac{\rho}{2} V^2 \cdot S \cdot C_z$$

$$L = \frac{\rho}{2} V^2 \cdot S \cdot b \cdot C_l \quad M = \frac{\rho}{2} V^2 \cdot S \cdot \bar{c} \cdot C_m$$

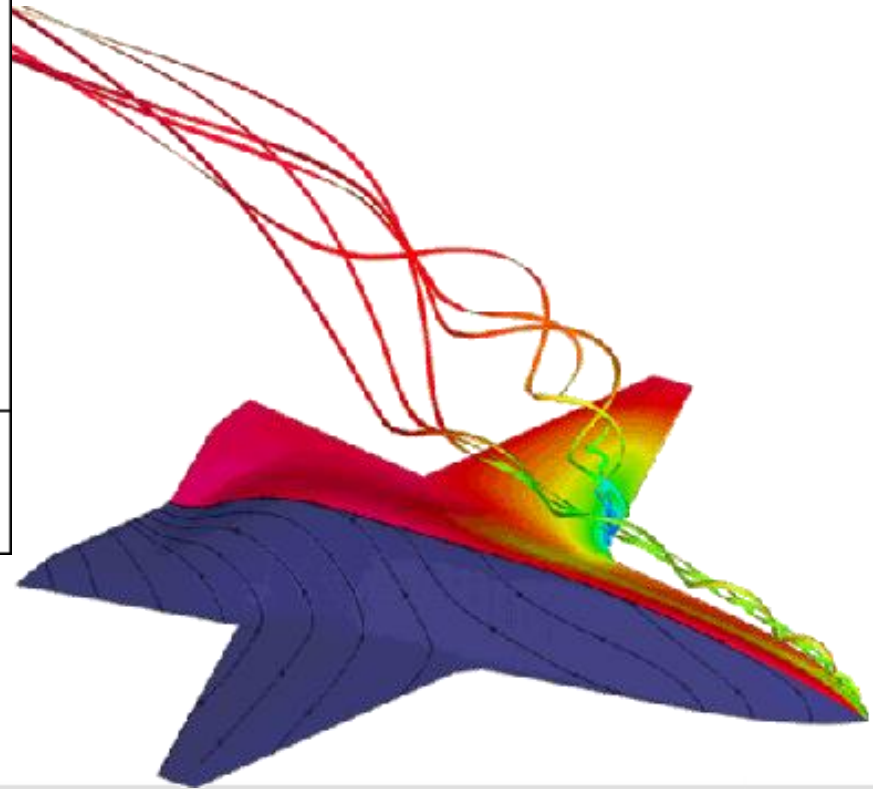
$$N = \frac{\rho}{2} V^2 \cdot S \cdot b \cdot C_n$$

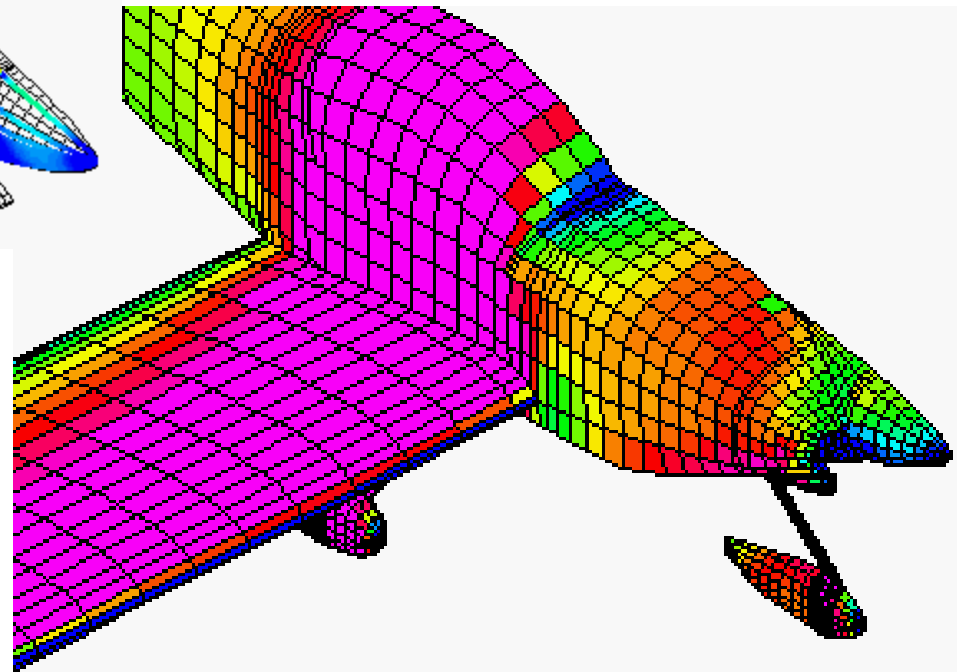
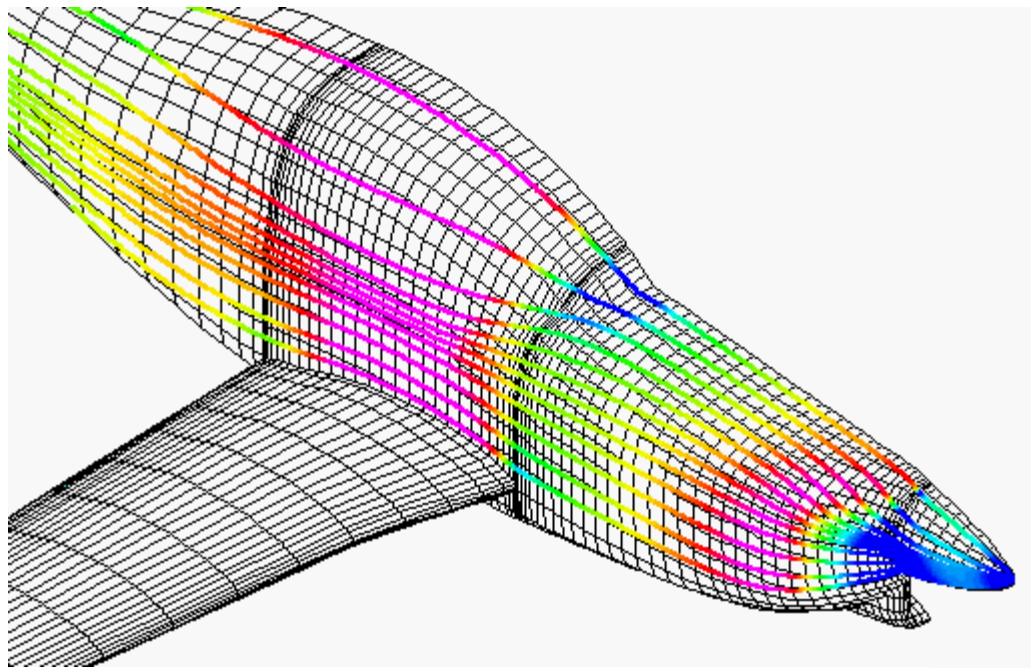
Cp Contours



-2.27661 -0.58309 1.11043

Color Map: Pressure Coefficient





Transzformáció Euler szögekkel

(transformation with Euler angles, lásd külön segédlet)

1. Három egymást követő kötött sorrendű forgatás (ψ azimutszög (azimut angle), θ bólintási szög (pitch angle), ϕ bedöntési szög (roll angle))
2. Ortogonális transzformációs mátrixok
3. Szögsebességek kapcsolata

$$T_{\psi} = \begin{bmatrix} \cos \psi & \sin \psi & 0 \\ -\sin \psi & \cos \psi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

ψ Azimutszög

$$T_{\theta} = \begin{bmatrix} \cos \theta & 0 & -\sin \theta \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \theta & 0 & \cos \theta \end{bmatrix}$$

θ Bólintási szög

$$T_{\phi} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \phi & \sin \phi \\ 0 & -\sin \phi & \cos \phi \end{bmatrix}$$

ϕ Bedöntési
szög

Szögsebességek kapcsolata 1.

$$\underline{\dot{\psi}} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \dot{\psi} \end{bmatrix}_1 \quad \underline{\dot{\theta}} = \begin{bmatrix} 0 \\ \dot{\theta} \\ 0 \end{bmatrix}_2 \quad \underline{\dot{\phi}} = \begin{bmatrix} \dot{\phi} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}_B$$

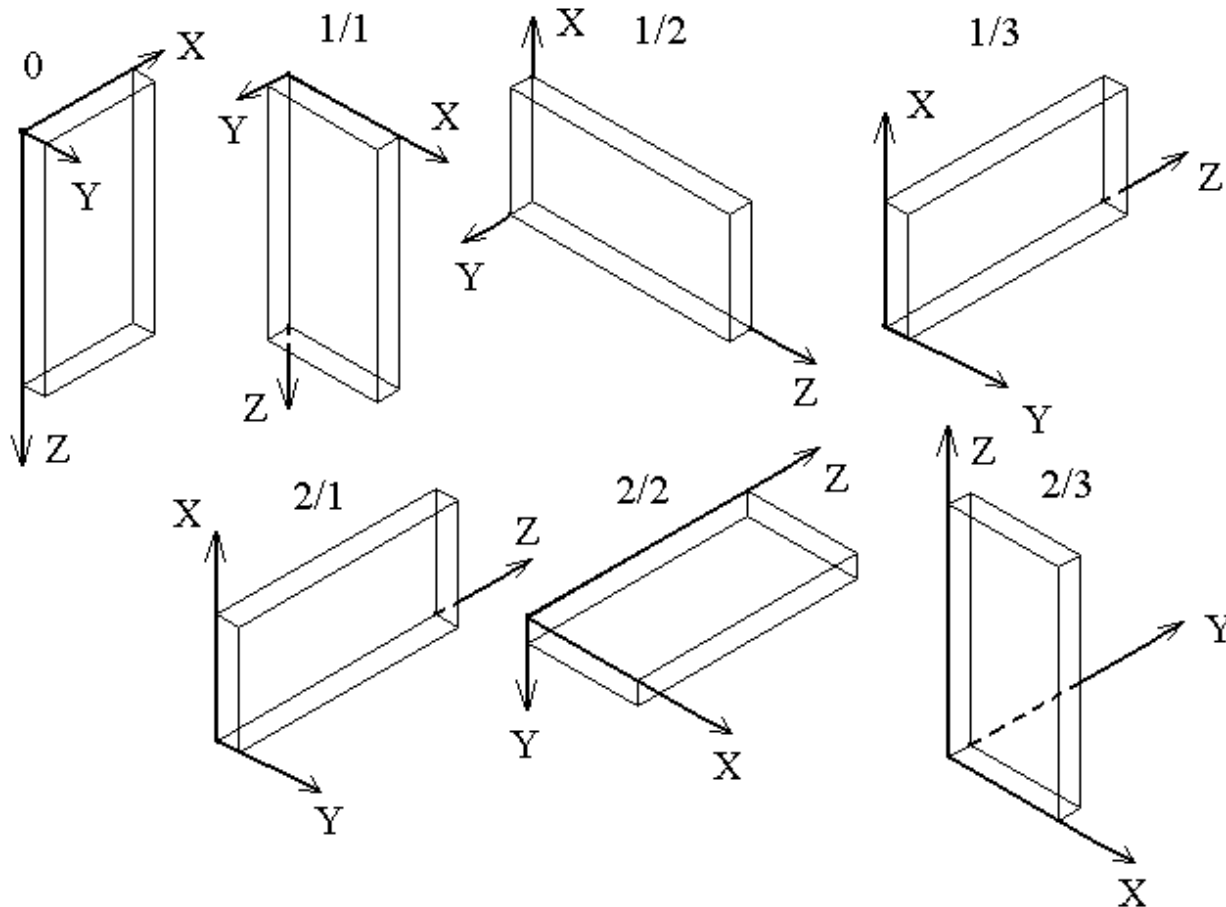
$$\begin{bmatrix} p \\ q \\ r \end{bmatrix} = T_{\phi} \cdot T_{\theta} \cdot \underline{\dot{\psi}} + T_{\phi} \cdot \underline{\dot{\theta}} + \underline{\dot{\phi}} = \begin{bmatrix} \dot{\phi} - \sin \theta \cdot \dot{\psi} \\ \cos \phi \cdot \dot{\theta} + \sin \phi \cdot \cos \theta \cdot \dot{\psi} \\ -\sin \phi \cdot \dot{\theta} + \cos \phi \cdot \cos \theta \cdot \dot{\psi} \end{bmatrix}$$

Szögsebességek kapcsolata 2.

$$\begin{bmatrix} p \\ q \\ r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -\sin \theta \\ 0 & \cos \phi & \sin \phi \cdot \cos \theta \\ 0 & -\sin \phi & \cos \phi \cdot \cos \theta \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \dot{\phi} \\ \dot{\theta} \\ \dot{\psi} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \dot{\phi} \\ \dot{\theta} \\ \dot{\psi} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} p + \tan \theta \cdot \sin \phi \cdot q + \tan \theta \cdot \cos \phi \cdot r \\ \cos \phi \cdot q - \sin \phi \cdot r \\ \frac{\sin \phi}{\cos \theta} \cdot q + \frac{\cos \phi}{\cos \theta} \cdot r \end{bmatrix}$$

Forgatási sorrend



Repülőgépek stabilitása

STATIKUS

A repülőgép, ha megzavarás éri elkezd visszatérni eredeti egyensúlyi helyzetébe

DINAMIKUS

A repülőgép a megzavarást követően visszatér eredeti egyensúlyi helyzetébe

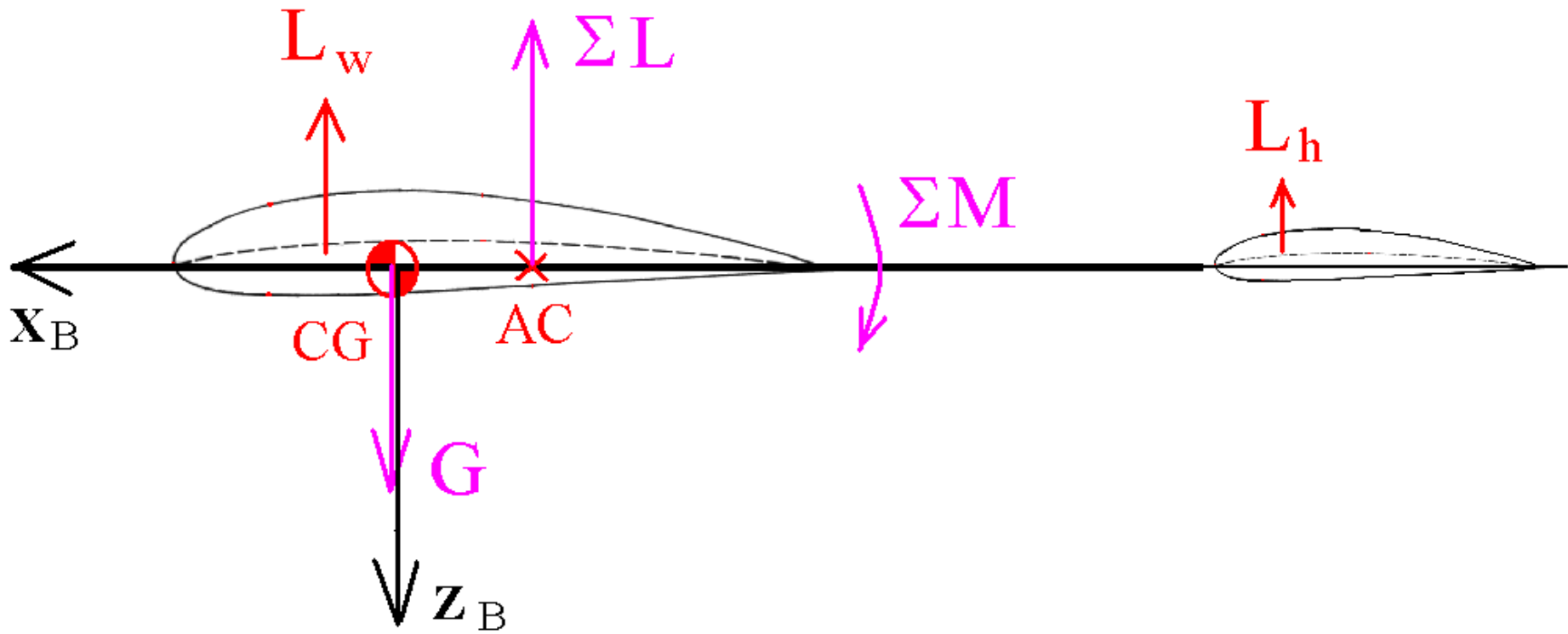
⇒

Négyféle eset lehetséges

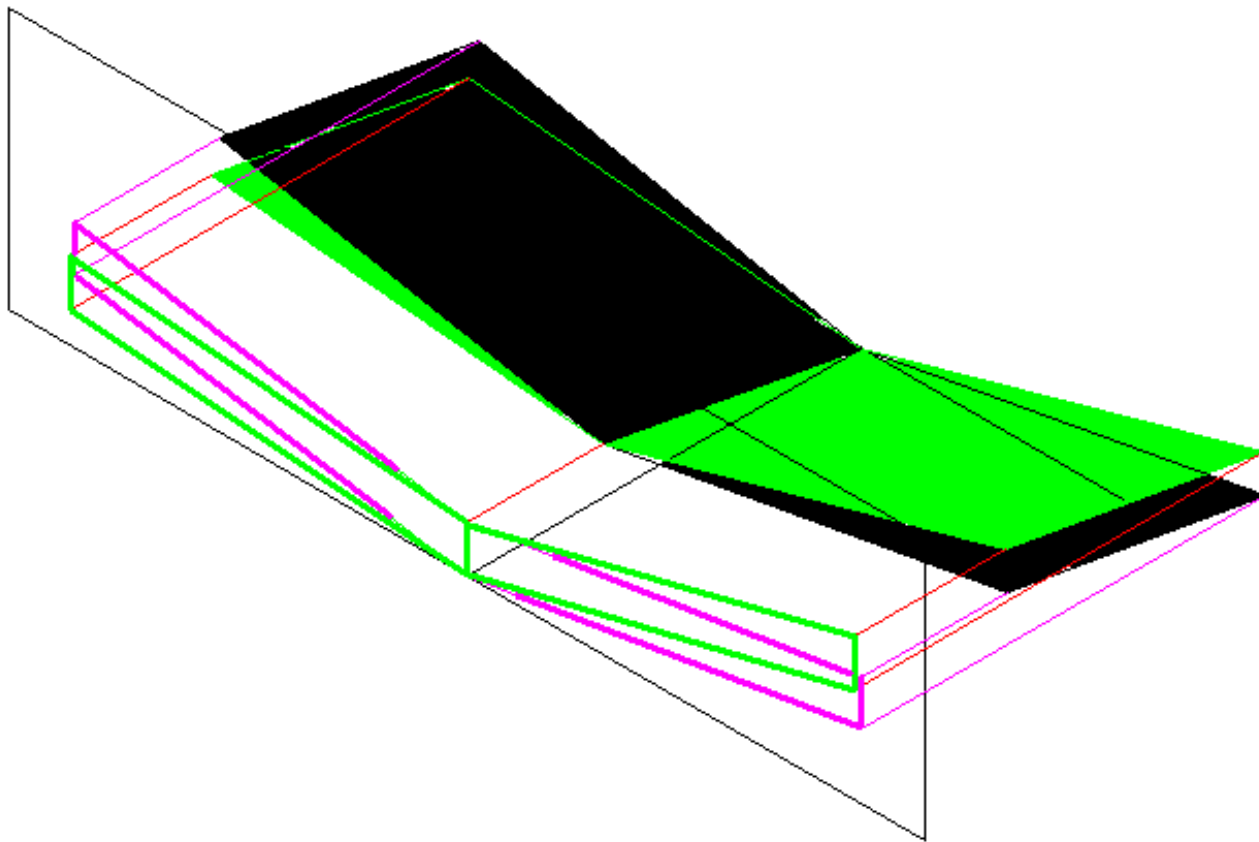
SS + DS SS + DI SI + DS SI + DI

SS = statikusan stabil, DI = dinamikusan instabil stb.

Kereszttengety körüli stabilitás (pitching)



Hossztengely körüli stabilitás 1. (rolling)



Hossztengely körüli stabilitás 2. (rolling)

