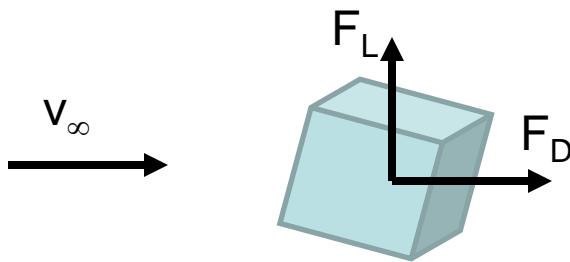


Műszaki alkalmazások

Dr. Tomor András
BME Áramlástan Tanszék
2019. március 25.

A testekre ható áramlási erő



Általánosan, a testre ható erő a feszültségtenzornak a test felületén képzett felületi integráljával adható meg:

$$\underline{F} = \oint_A \underline{\sigma} \cdot \underline{dA}$$

Tompa test: a test felületéhez képest jelentős méretű leválási buborékok alakulnak ki, a csúsztatófeszültségből származó erők elhanyagolhatók a nyomásból származó erőköz képest.

Áramvonalas test: nincsenek kiterjedt leválások, a csúsztatófeszültségből származó erők jelentősek a nyomásból származó erőköz képest.

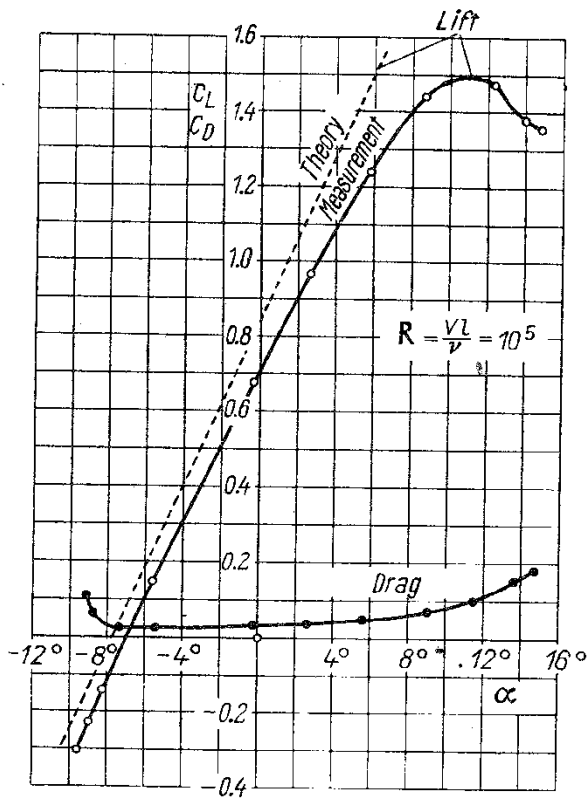
Ellenállás tényező és felhajtóerő tényező:

$$c_D = \frac{F_D}{\frac{\rho}{2} v_\infty^2 A} \quad c_L = \frac{F_L}{\frac{\rho}{2} v_\infty^2 A}$$

„A” felület szárnyak esetében a függőleges vetület, egyéb esetekben az áramlás irányában képzett vetületi terület.

Szárnyakra ható erők

Igények



Kis sebességnél
nagy F_f

Könnyű fel és
leszállás

Leválás
késleltetése

Nagy sebességnél
kicsi F_e

Gazdaságos
repülés.

Tranzíció
késleltetése

[Schlichting]

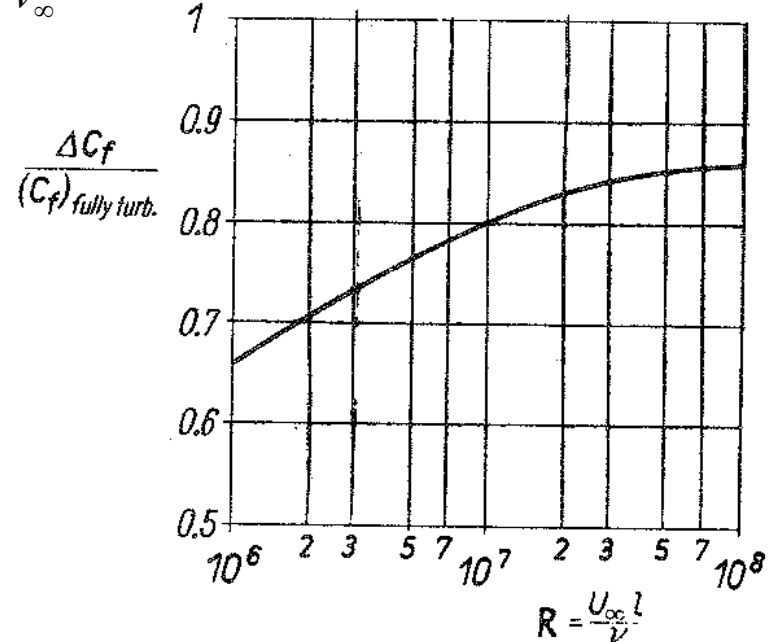
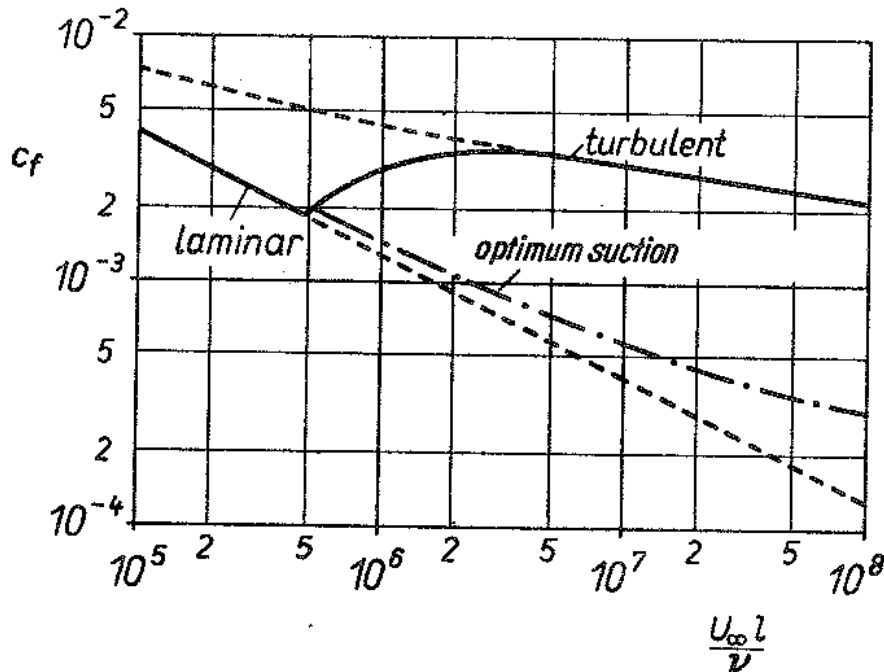
A tranzíció késleltetése

1. Sima felület
2. Enyhe határréteg elszívás.
3. A felület nagy részén gyorsuló határréteg: lamináris profilok.

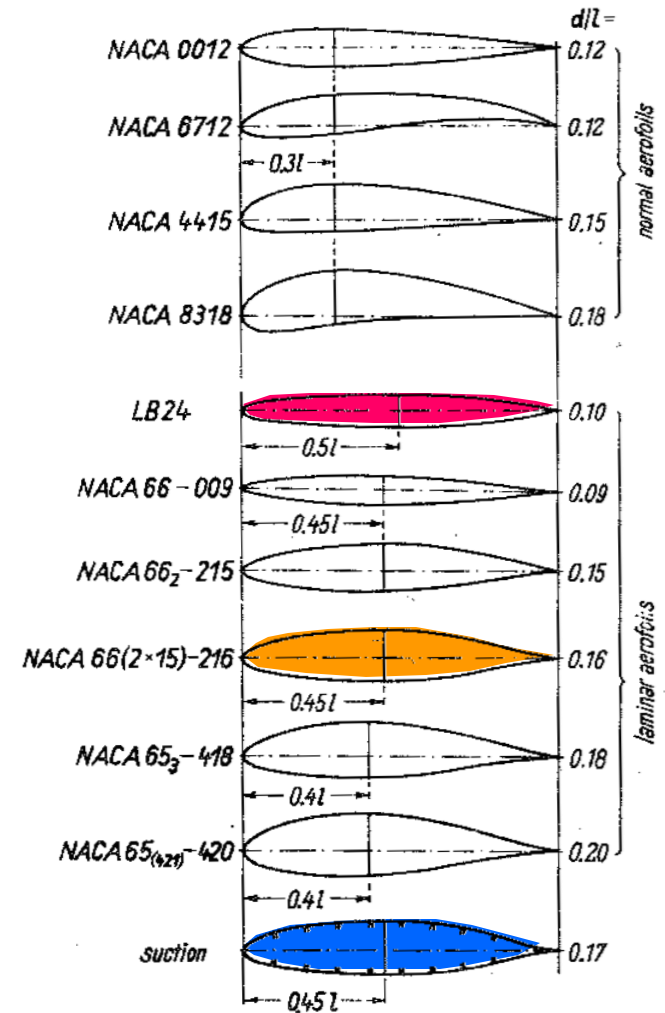
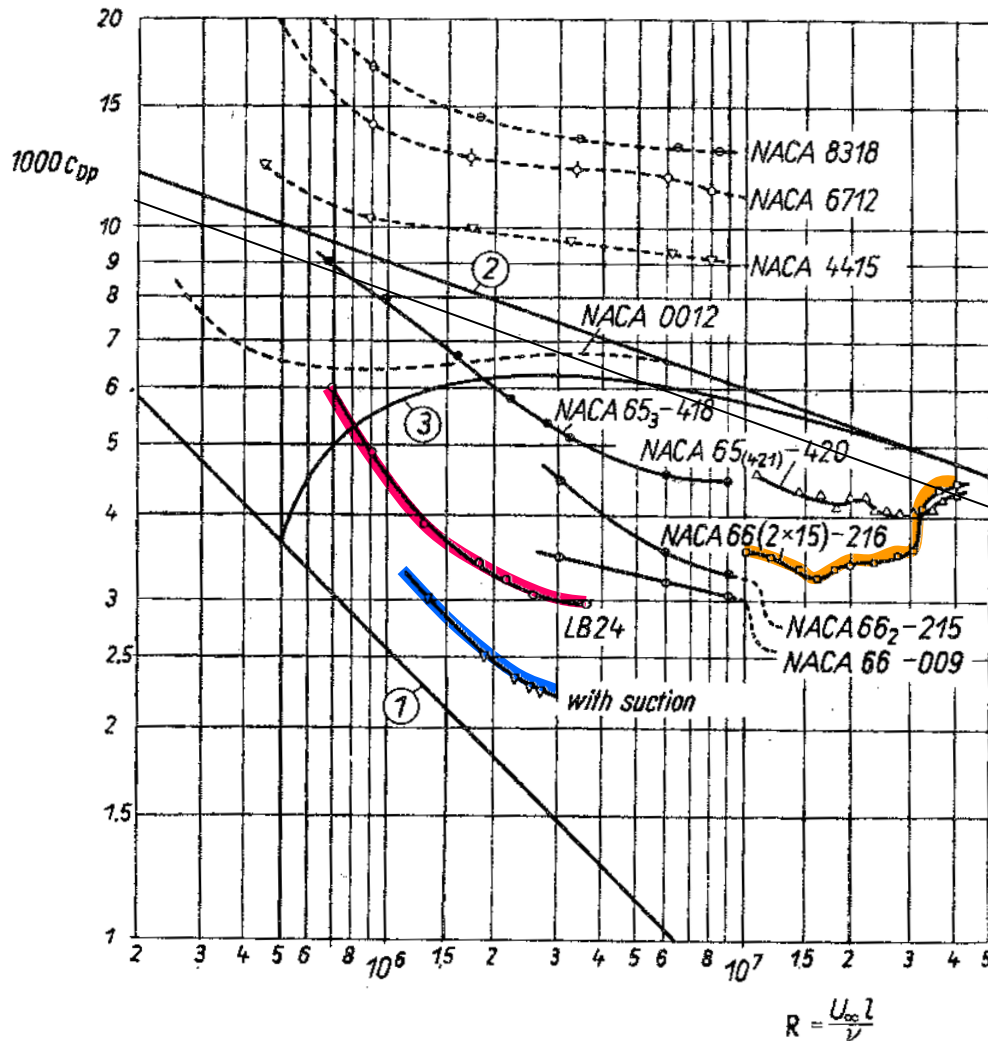
Enyhe határréteg elszívás

A teljes bőrsúrlódási tényező:

$$c_f = \frac{\tau}{\frac{\rho}{2} v_\infty^2}$$



NACA lamináris profilok

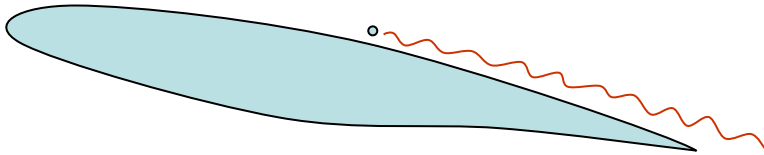


1,2 és 3 örbék: sík lap kétszerese.

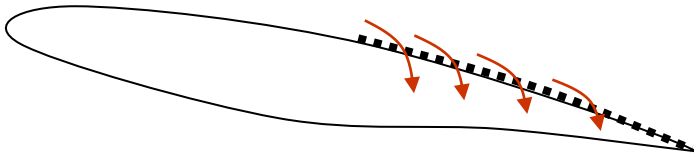
A lamináris profilok kis ellenállása csak kis állásszögeknél érhető el!

[Schlichting: 17.9]

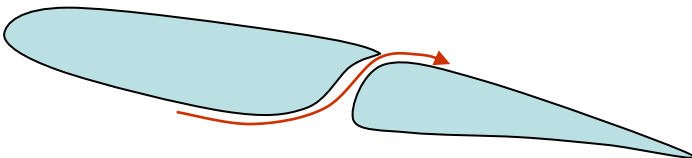
A leválás késleltetése



1. Turbulencia generálás
(passzív vagy aktív)



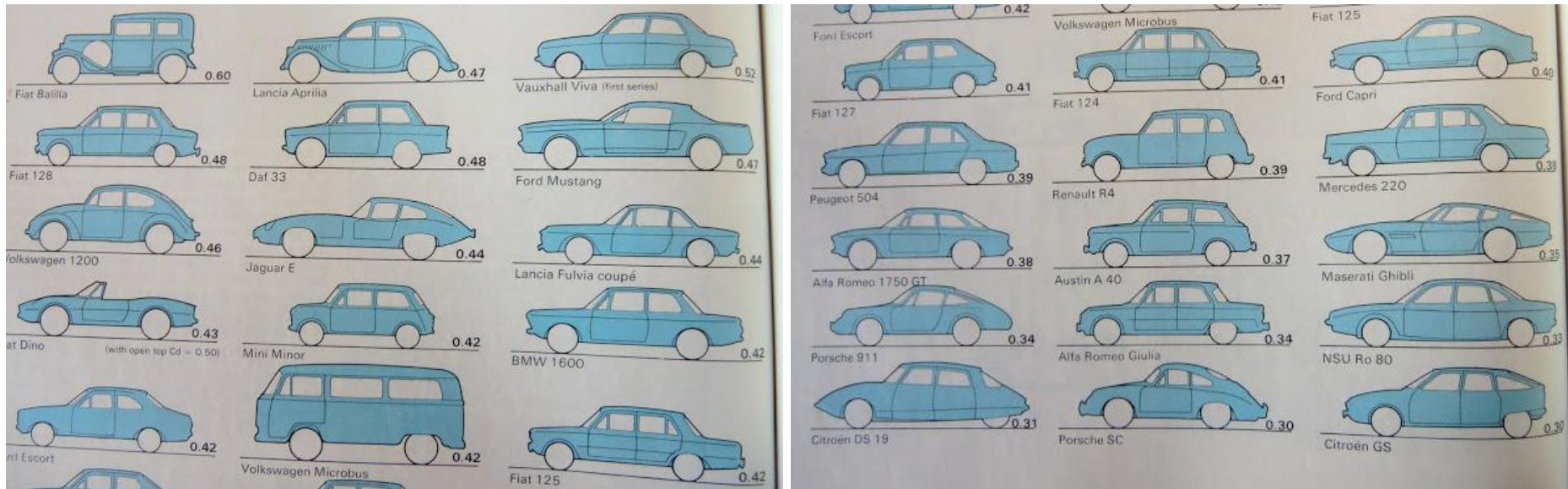
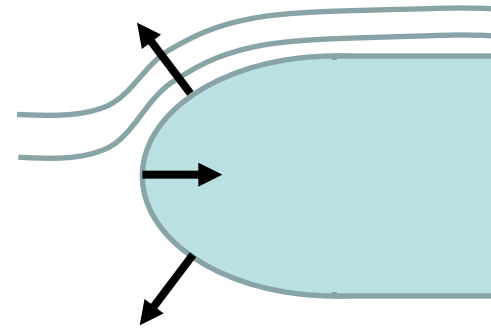
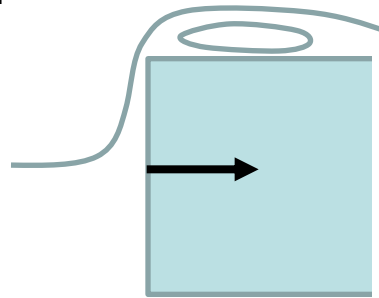
2. Intenzív határréteg elszívás
(aktív)



3. Határréteg frissítés
(passzív vagy aktív)

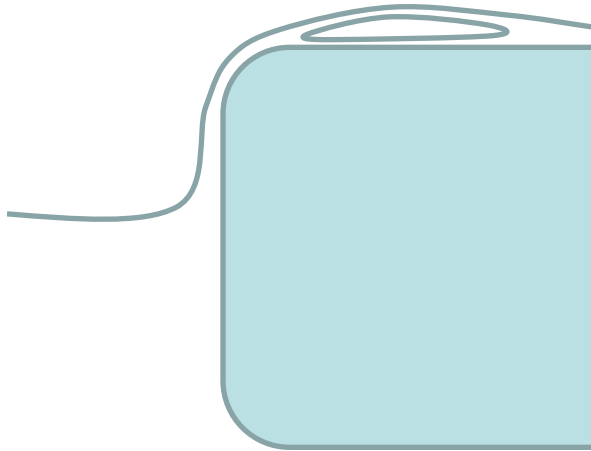
Tompa testek ellenállása: a homlokfelület lekerekítése

A járművek ellenállásának nagy részét a homlokfelületre ható erő adja, mely a kontúr élek lekerekítésével majdnem zérusra csökkenthető, így a jármű ellenállása közel $\frac{1}{4}$ -ére csökkenhet:



[További részletek: Lajos Tamás: Az áramlástan alapjai, 11.fejezet]

A görbület folytonossága

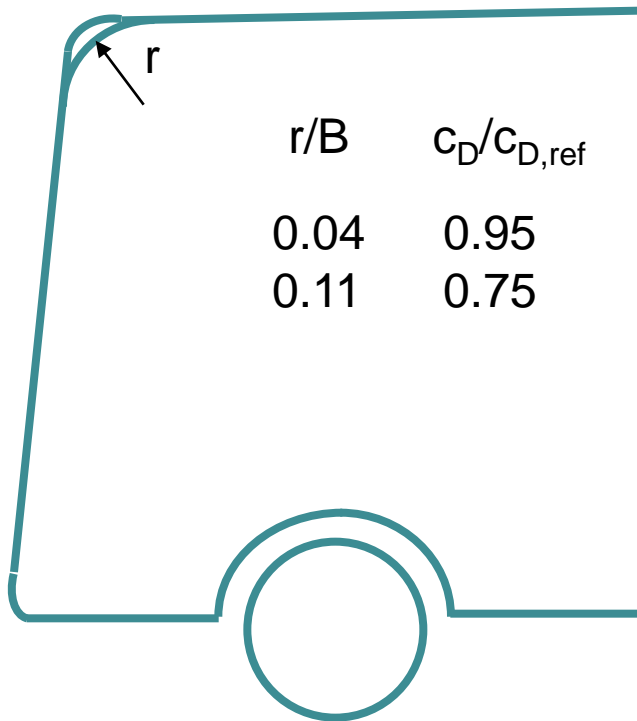


Általában leválik a határréteg egy köríves lekerekítést követő egyenes oldalfelületen.

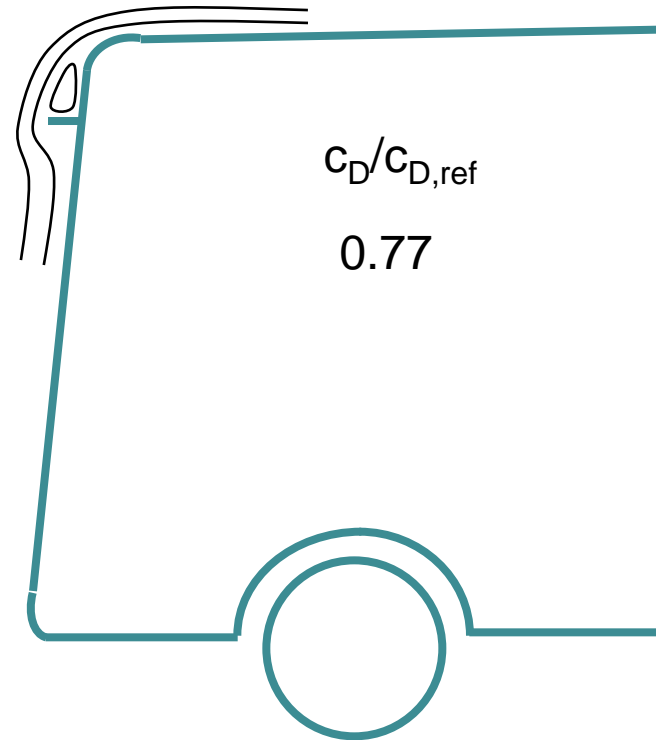
Ennek oka a görbült felületen kialakuló szívóhatás megszűnésével járó nyomásnövekedés.

A leválási zóna mérete a lekerekítési sugár növelésével, vagy elliptikus lekerekítéssel csökkenthető.

Nyíróréteg szabályzás

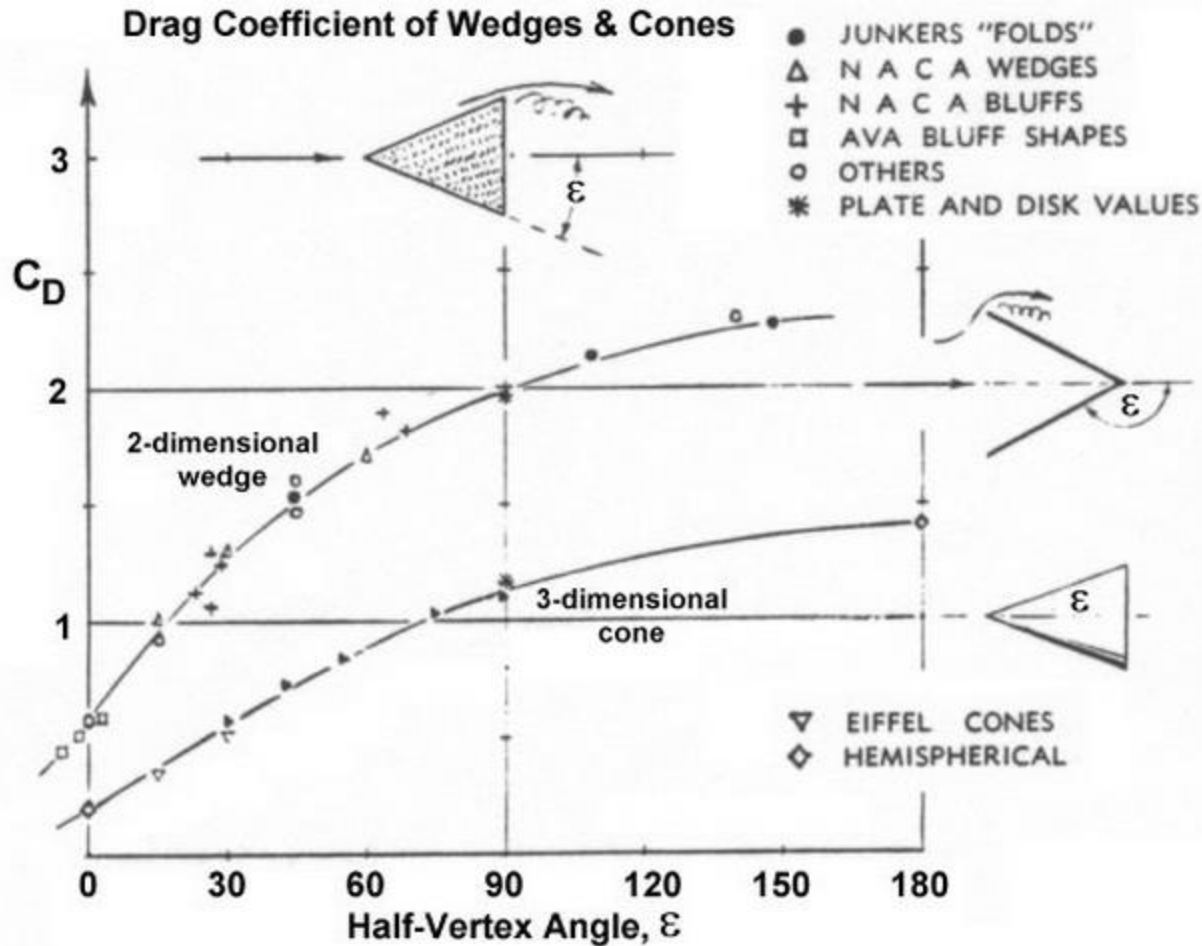


A kiinduló modell $c_D=0.62$ ellenállás tényezője a felső belépő él lekerekítésével jelentősen csökkenthető. Túl nagy sugár szükséges...



Egy 15 cm széles spoilerrel leválás hozható létre, amely csökkenti a nyomást a homloklap felület felső részén. 77 km/h sebességnél 5.7% fogyasztás csökkenés.

A leválás irányának szerepe



ϵ szög csökkentésével növelhető a hátoldali nyomás, így csökkenthető az ellenállás.

A homlokfal lekerekítése ϵ értékét is csökkenti.

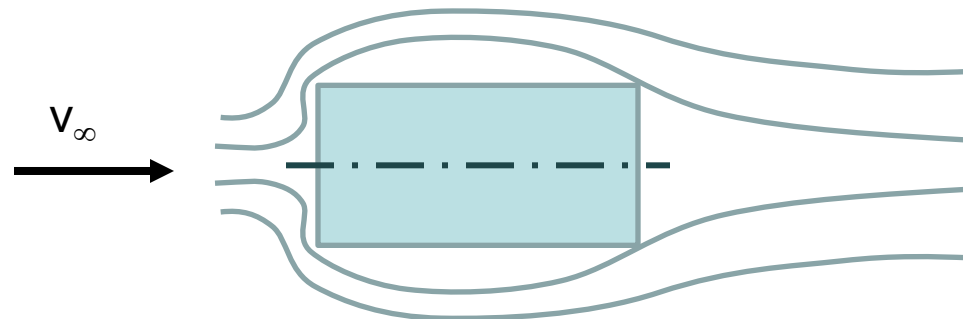
A hossz szerepe

Tengely irányában megfújт henger ellenállás tényezője:
($Re: 10^3-10^5$).

L/D	0	1	2	4	7
c_D	1.1	0.91	0.85	0.87	0.99

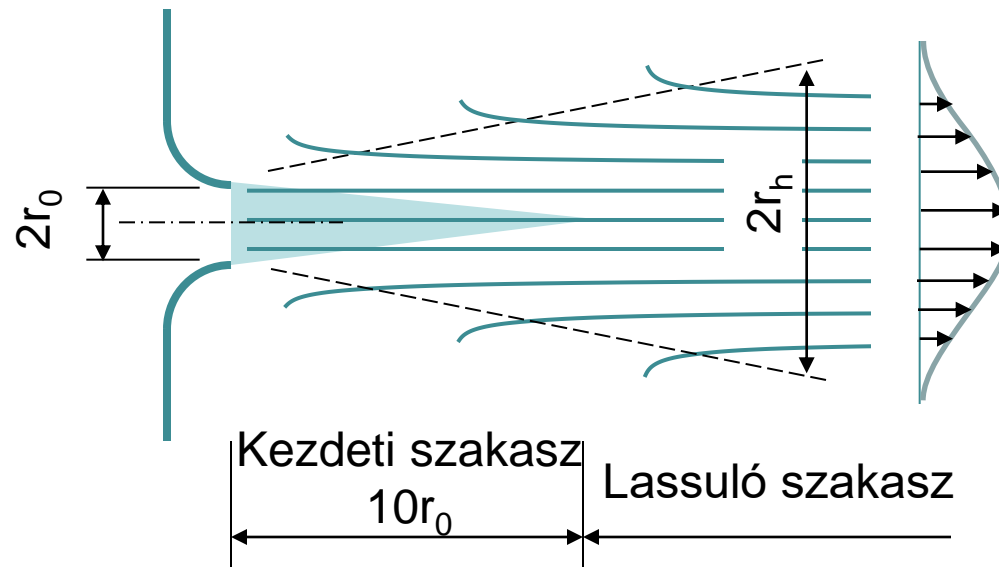


Optimális hossz



- A nyíróréteg éppen visszafekszik a falra, ezért az első buborék alacsony nyomása nem terjed át a hátfalra.
- A külső áramvonalak a hátfalnál befelé haladnak.

Szabadsugarak



- 1) A sugár áramvonalai párhuzamosak, a környezeti nyomás behatol a sugárba.
- 2) A sugár $2r_h$ szélessége lineárisan nő.
- 3) A sugár impulzusárama állandó.
- 4) A kezdeti szakaszon egy $10r_0$ magasságú kúpban fennmarad a v_0 kilépő sebesség.
- 5) A lassuló szakasz sebességprofiljai egymáshoz hasonlóak.

Hengeres szabadsugár vs. sík szabadsugár

Impulzusáramok [N]:

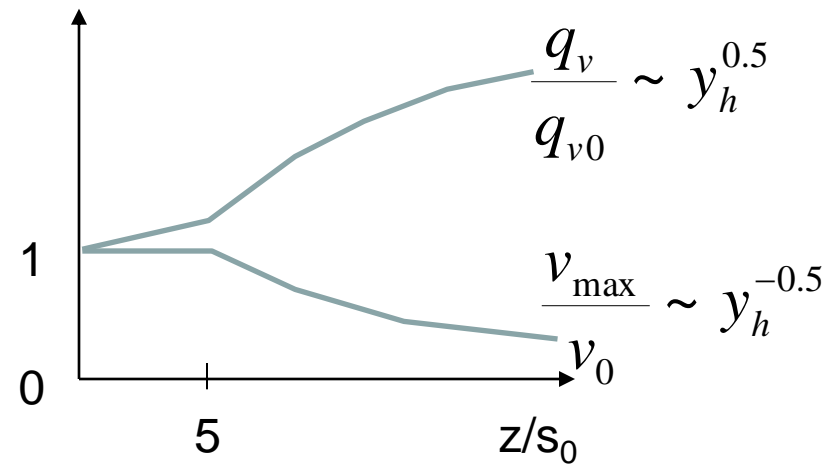
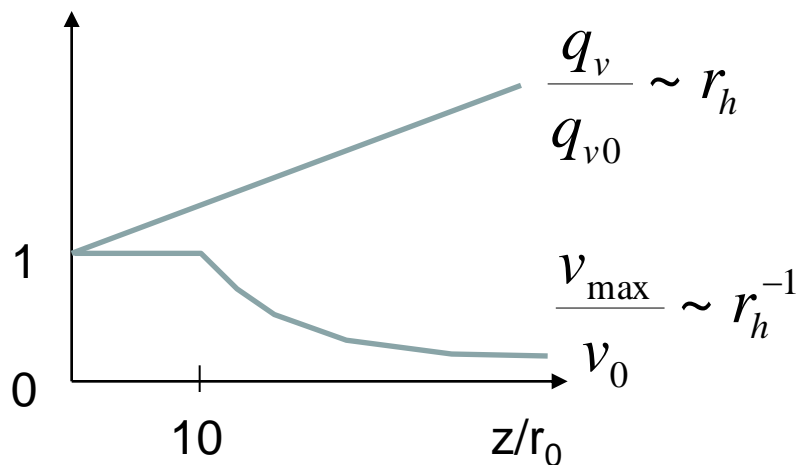
$$I = \int_0^{r_h} \rho v^2 2r \pi dr = \rho v_0^2 r_0^2 \pi$$

$$I \sim v_{\max}^2 r_h^2$$

$$I = \int_{-y_h}^{y_h} \rho v^2 h dy = \rho v_0^2 h s_0$$

$$I \sim v_{\max}^2 y_h$$

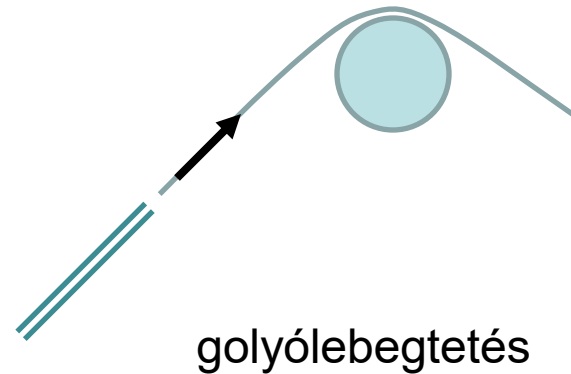
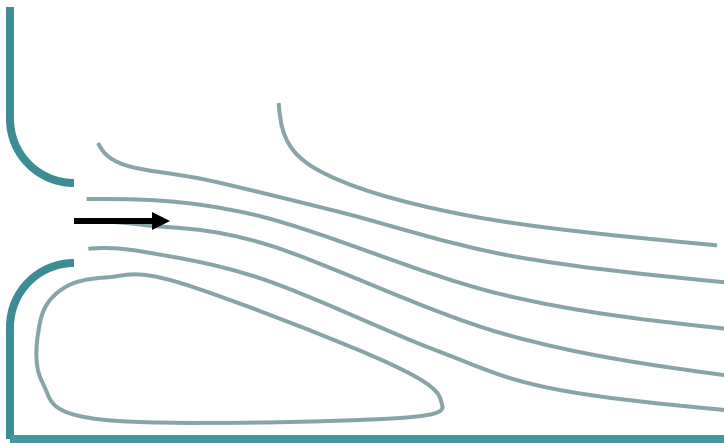
A térfogatáram és a maximális sebesség változása a z hossz mentén:



Coanda effektus

A sugár a környezetéből folyadékot ragad magával.

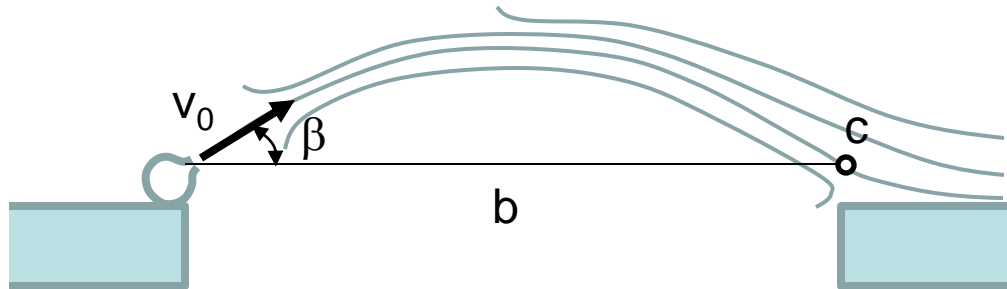
Ha a hozzááramlást egyik oldalról fal korlátozza, akkor a sugár föltapad a falra:



A fal felől keveredés nincs, a csúsztatófeszültség kisebb, mint a szabad áramlás felőli oldalról, ezért a falra tapadó sugár sokkal lassabban fékeződik.

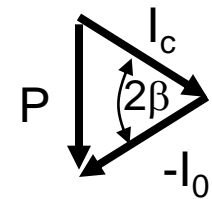
Léggüggöny

Az oldalbefúvásos kapuléggüggöny egy sík szabadsugár, amely a nyomáskülönbség hatására meggömbül:



Az impulzusáram megváltozása a nyomásból származó erő:

$$\Delta phb = \rho v_0^2 h s_0 2 \sin \beta$$



A sugár körív alakú, ha falon nem képződik torlópont, azaz kívülről súrolja a falat a sugár. Ha szél hatására a nyomáskülönbség változik, a sugár görbülete is változik. A sugár felső részét előtetővel le kell zárni a kapu tetejénél.

Méretezés

Dimenziótlan nyomás és hossz: $D = \frac{\Delta p}{\frac{\rho}{2} v_0^2}$ $B = \frac{b}{s_0}$

A légfüggöny méretezési összefüggése: $D = \frac{K}{B} \sin \beta$

Az egyszerű elméletből $K=4$ adódik.

T.Lajos és L.Preszler mérései alapján a teljes záráshoz tartozó K érték:

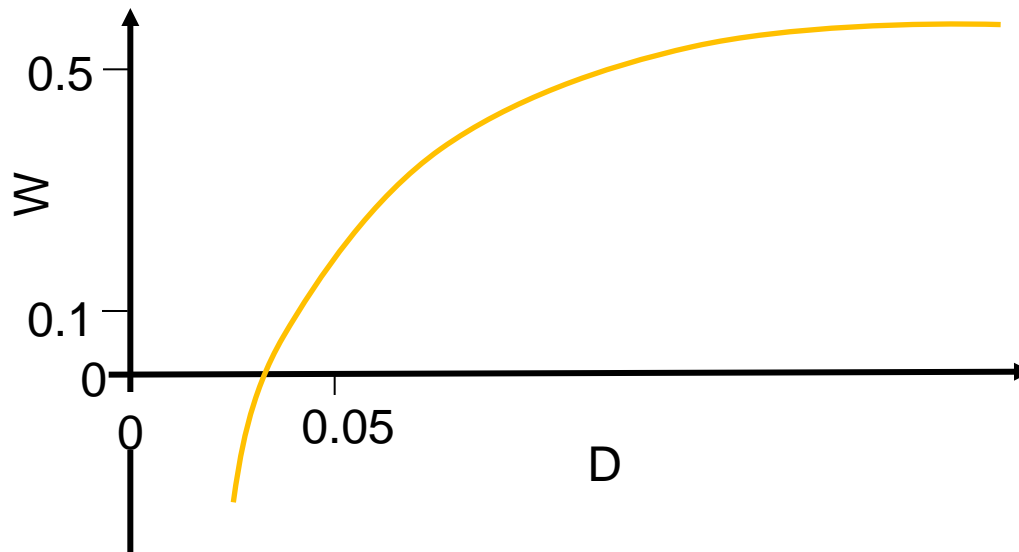
$$K = 1.71 + 0.0264B$$

$$25^\circ \leq \beta \leq 45^\circ \text{ és } 10 \leq B \leq 40$$

A zárási tényező

A légfüggöny zárási tényezője a kapun kilépő levegő w átlagsebessége alapján:

$$W = \frac{w}{\sqrt{\frac{2}{\rho} \Delta p}}$$



A felső befúvásos légfüggöny esetében a sugár a padlónak ütközik, a torlónyomás hatására a sugár impulzusárama lecsökken, a torlópont közelében a sugár erőteljesen meggörbül Δp hatására. Ezért a felső befúvásos légfüggöny zárási tényezője kedvezőtlenebb.