

Tornádók kísérleti modellezése

Halász Gábor

ELTE TTK Fizika BSc, 1. évfolyam



Légekörri örvények



Katrina hurrikán
(Florida, 2005 augusztus)

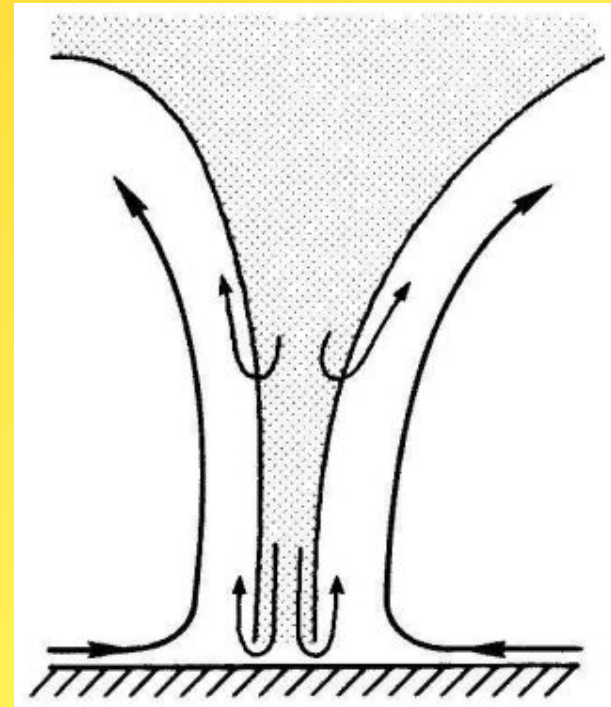


Haitang tájfun
(Taiwan, 2005 július)

Tornádók



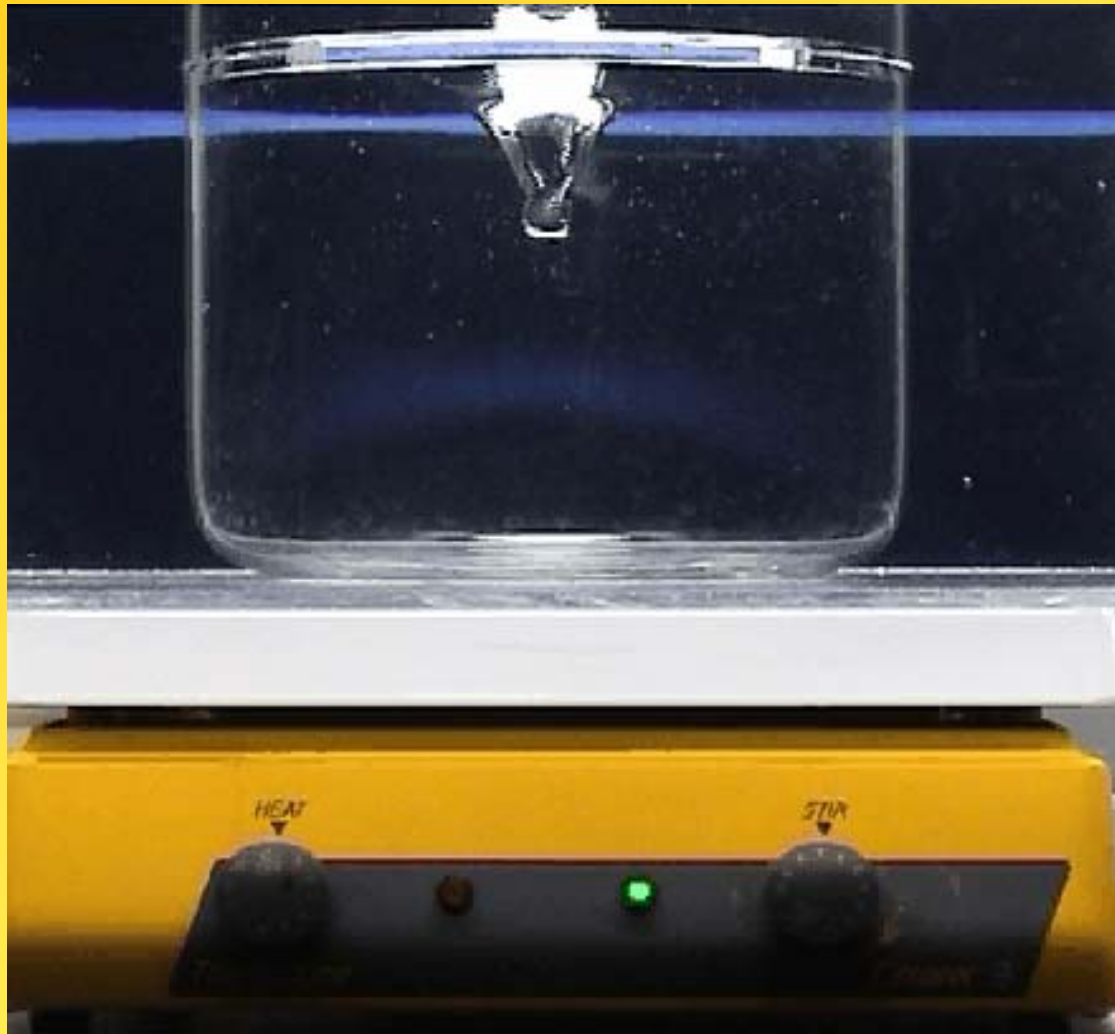
Oklahoma, 1999 május



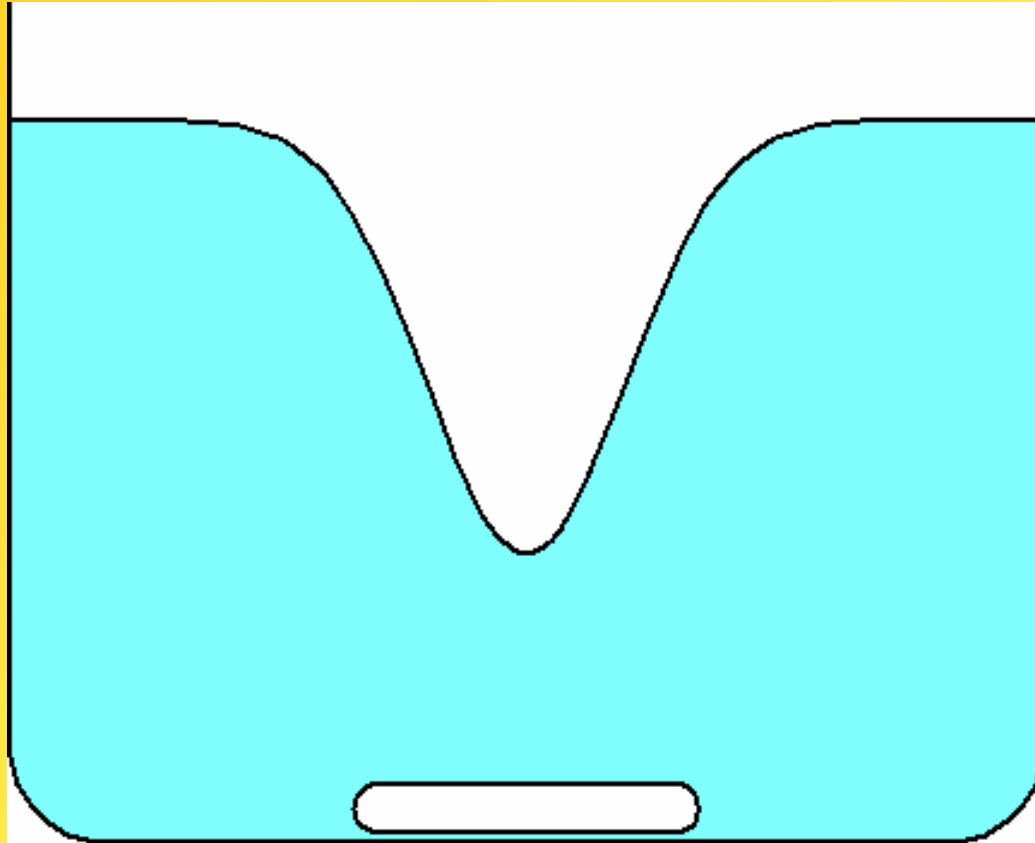
Áramlási kép

Motiváció: Az áramlás jobb megértése egyszerű kísérlet segítségével

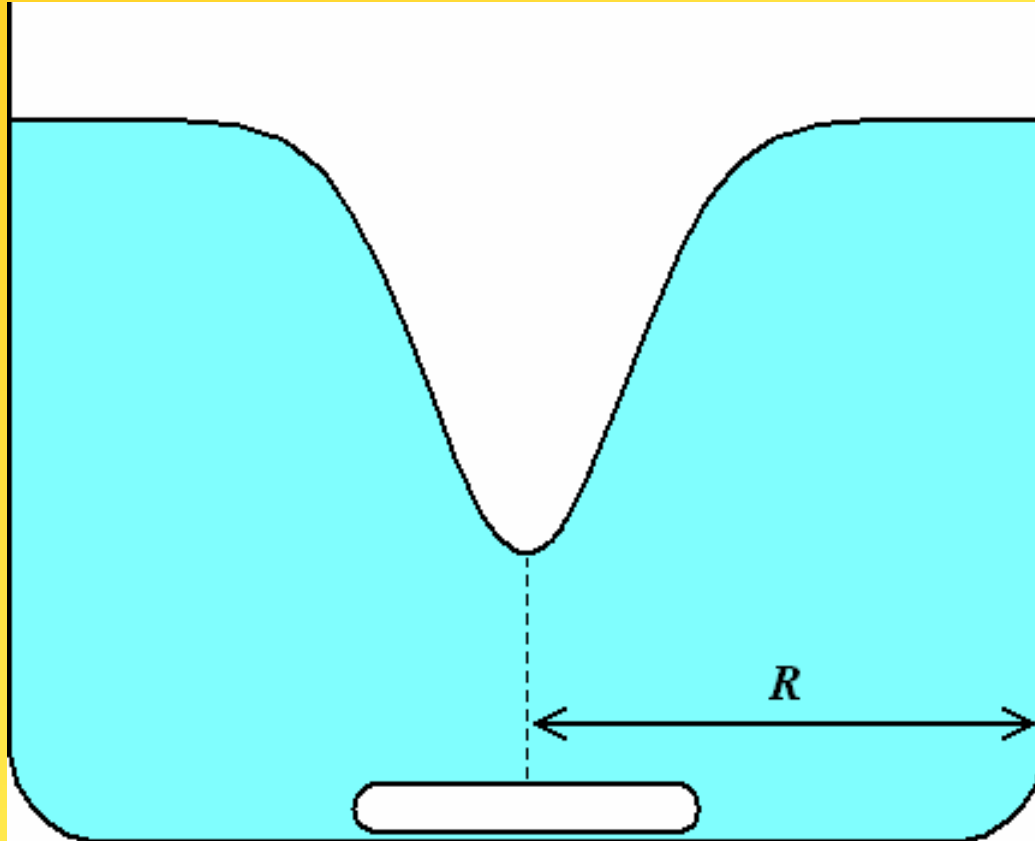
A kísérleti modell



A modell paraméterei

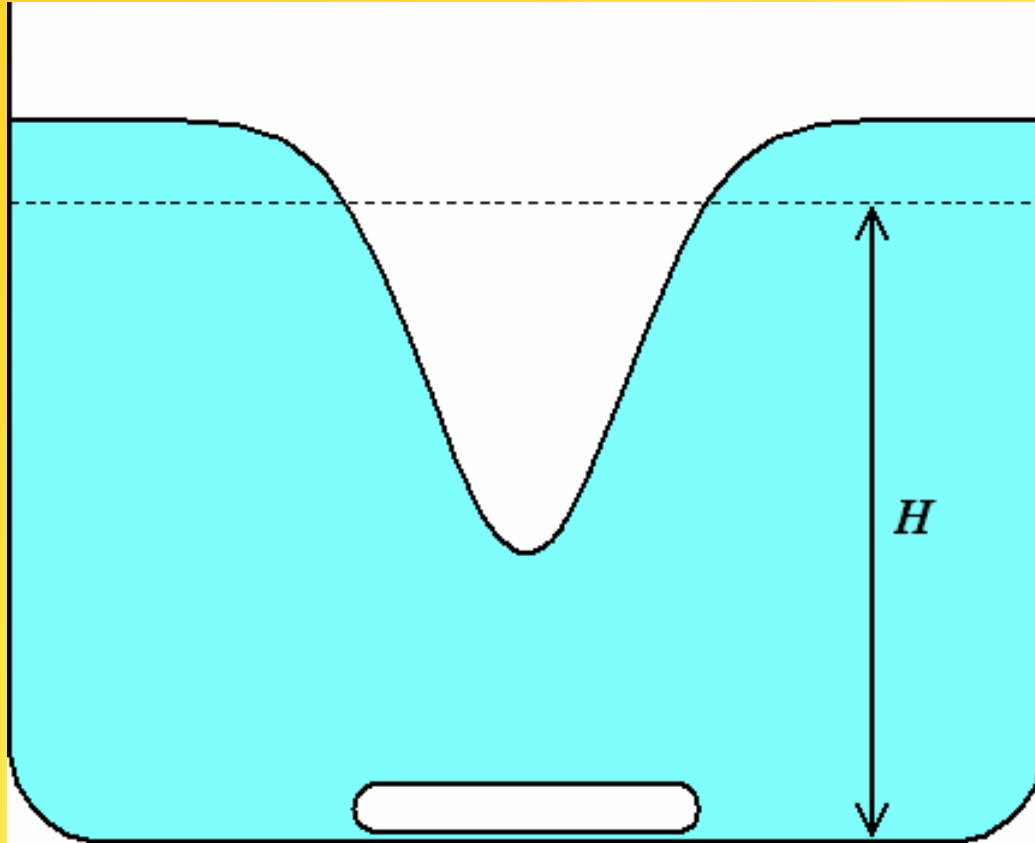


A modell paramétereit



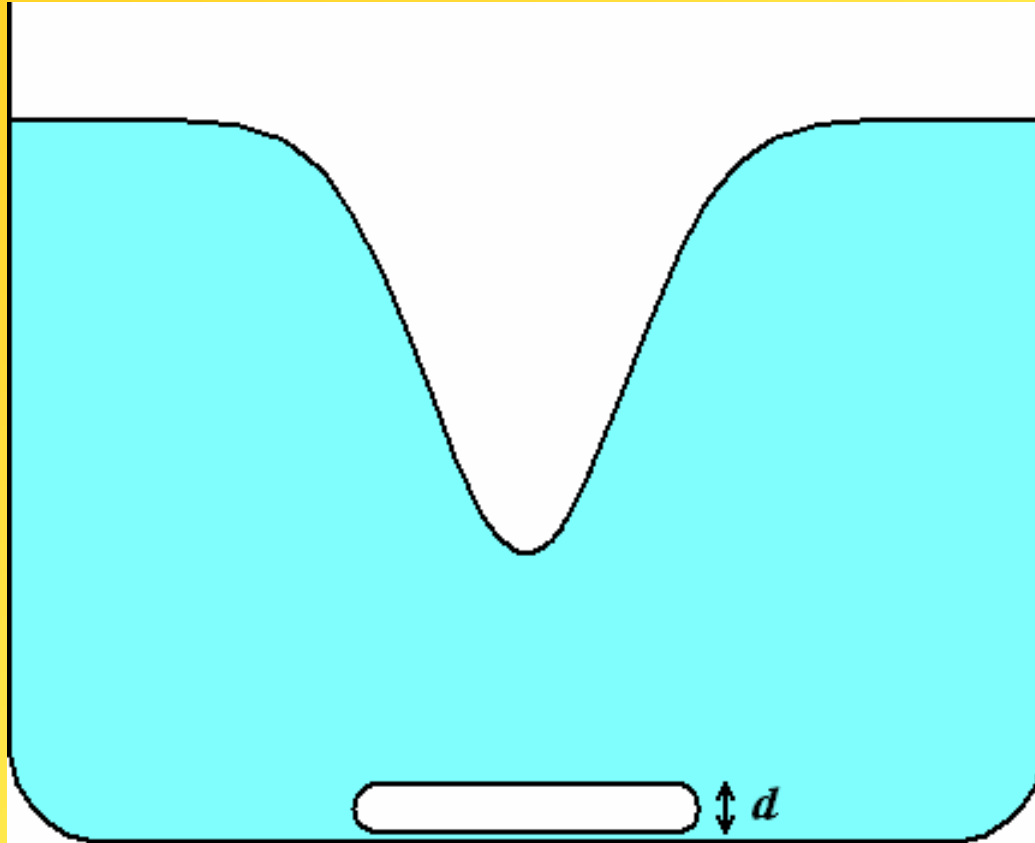
Az edény sugara ($R = 3,8 - 22,4$ cm)

A modell paramétereit



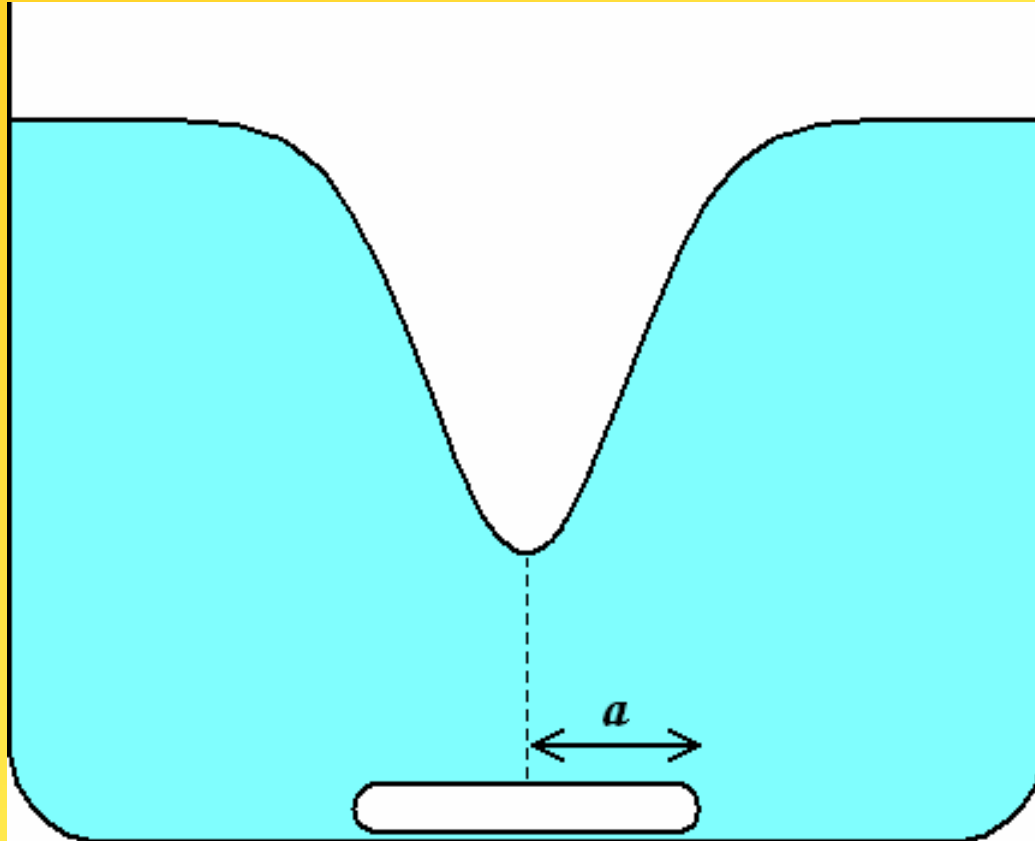
Feltöltési magasság ($H = 12,0 - 27,1$ cm)

A modell paramétereit



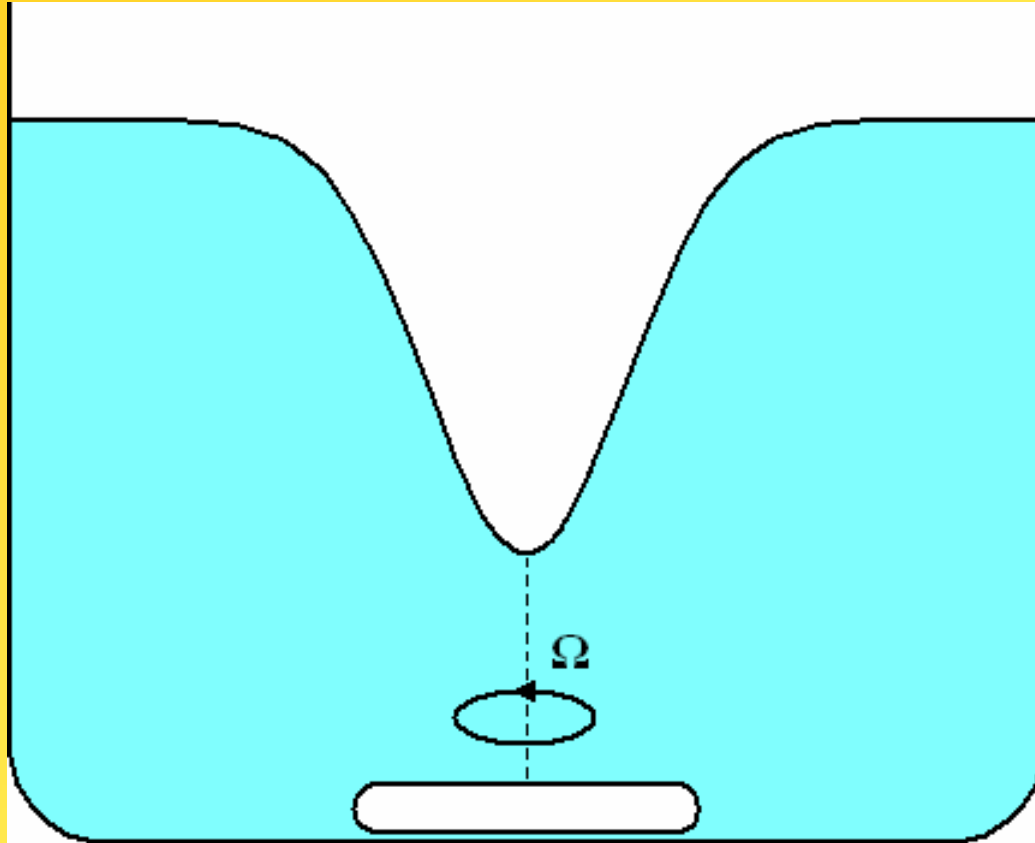
A keverőfej magassága ($d = 0,75 - 1,0$ cm)

A modell paramétereit



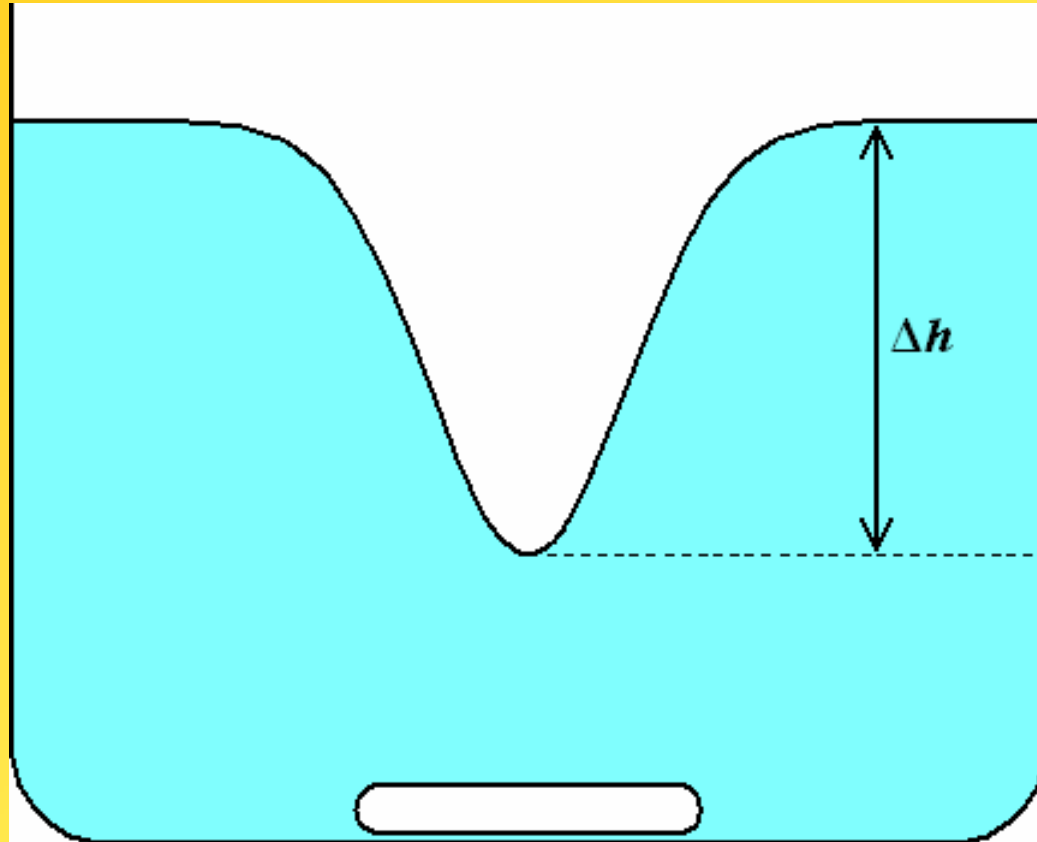
A keverőfej félhosszúsága ($a = 1,2 - 4,0$ cm)

A modell paramétereit



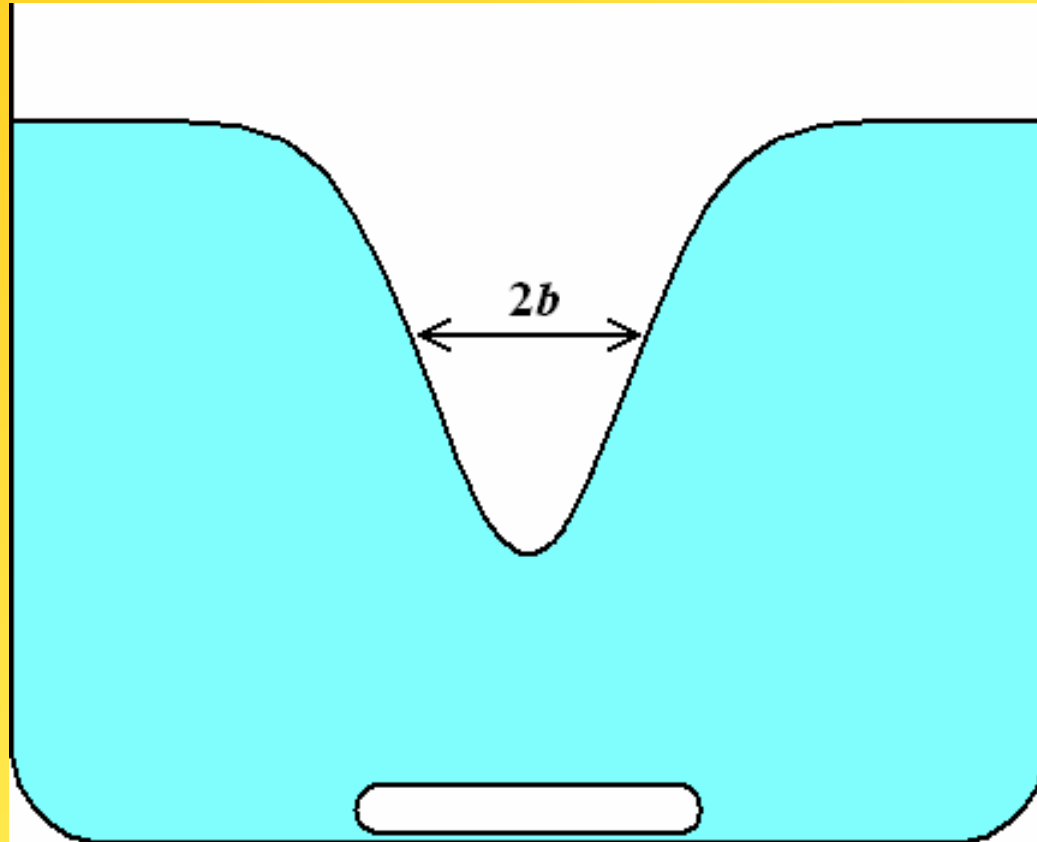
A keverőfej szögsebessége ($\Omega = 20 - 120 \text{ s}^{-1}$)

A modell paramétere



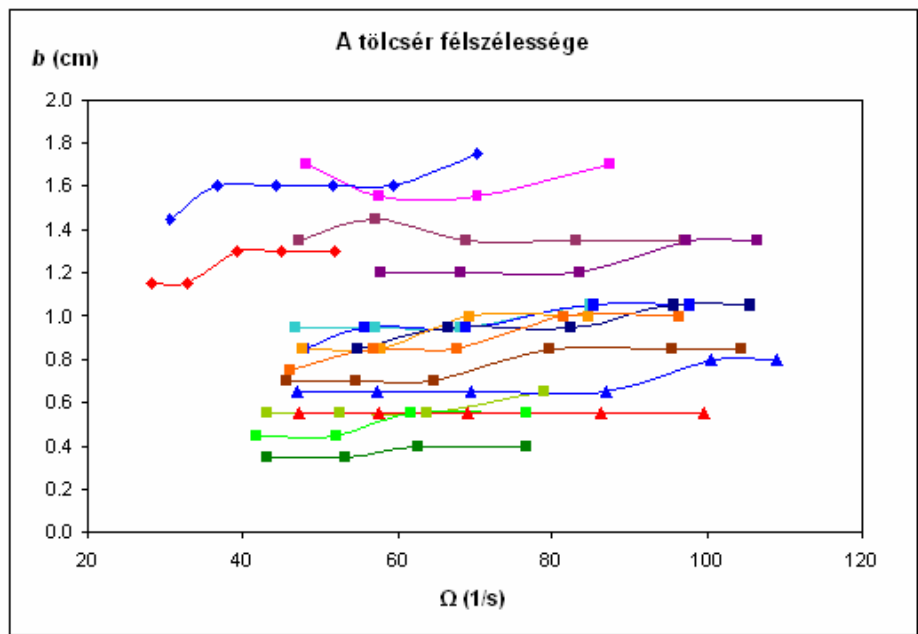
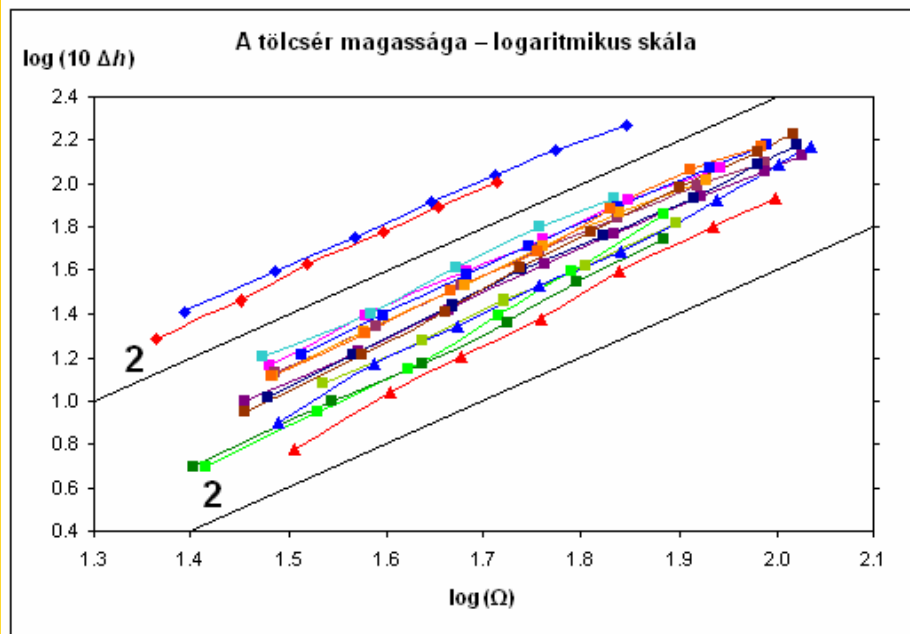
Tölcsérmagasság (Δh)

A modell paramétereit



A tölcsér félszélessége (b)

A paraméterek függése I.



Különböző színek → Edény méretei (R, H)

Különböző szimbólumok → Keverőfej méretei (a, d)

A félszélesség lényegében független a keverőfej szögsebességétől

A magasság a keverőfej szögsebességének négyzetével arányos: $\Delta h \sim \Omega^2$

A paraméterek függése II.

A mérési eredmények további vizsgálata után:

$$\Delta h = \alpha \frac{\text{OMEGA}^2 a^2 d^2 \overline{R}}{v \overline{H} k \overline{R} \overline{g}} \quad (\text{Tölcsérmagasság})$$

$$b = \beta \frac{av}{d \overline{gR}} \quad (\text{A tölcsér félszélessége})$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2 \quad v = 1,0 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

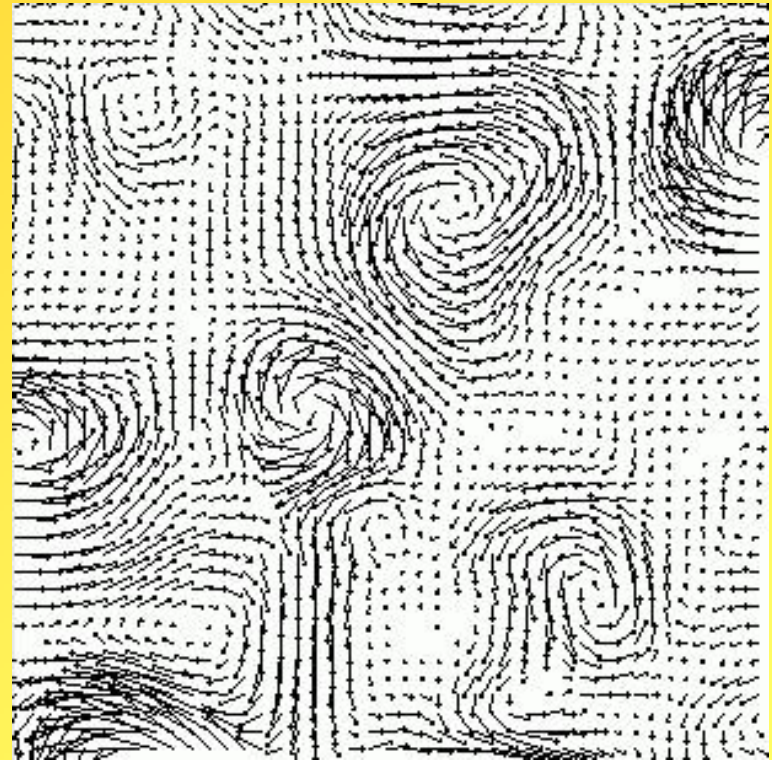
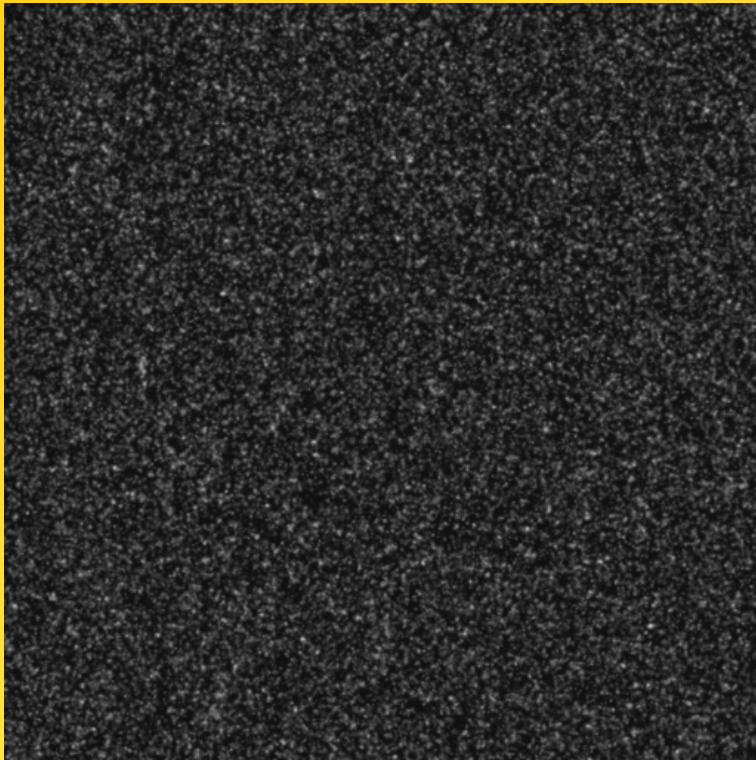
$$\alpha = 2,1 \pm 0,4 \cdot 10^{-3} \quad \beta = 2,8 \pm 0,8 \cdot 10^3 \quad k = 6,3 \pm 1,7$$

Az edény méreteitől (R , H) való függés elég gyenge

A vizsgált rendszer kvantitatív leírása mérési hibán belül

Sebesség tér felvétele I.

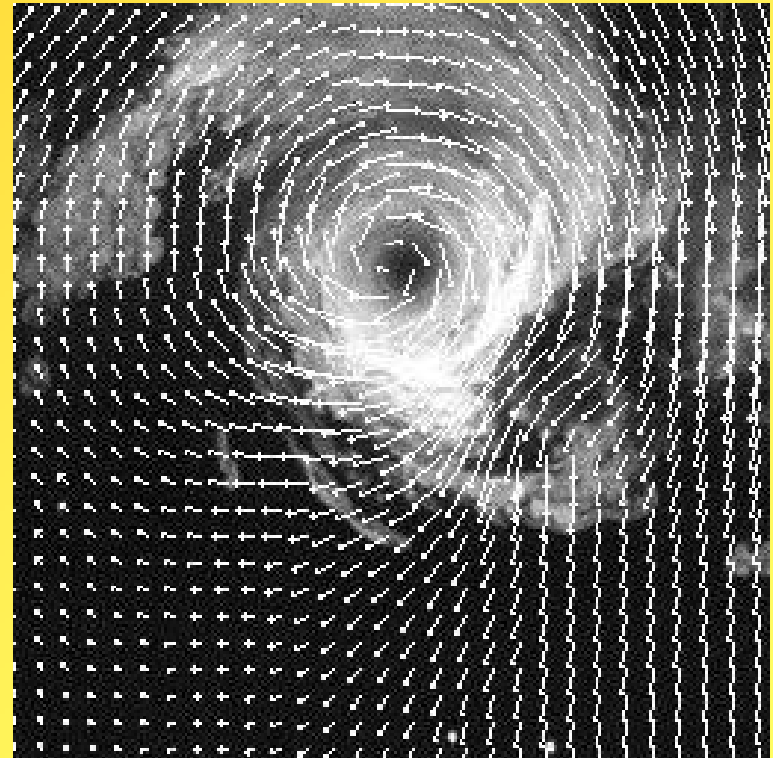
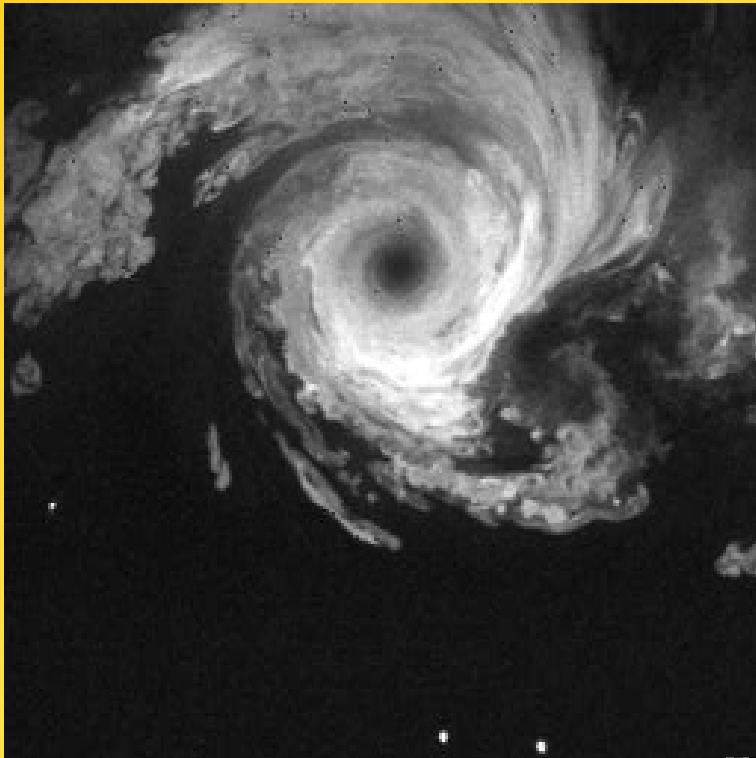
PIV = Particle Image Velocimetry



ELTE TTK Kármán Laboratórium

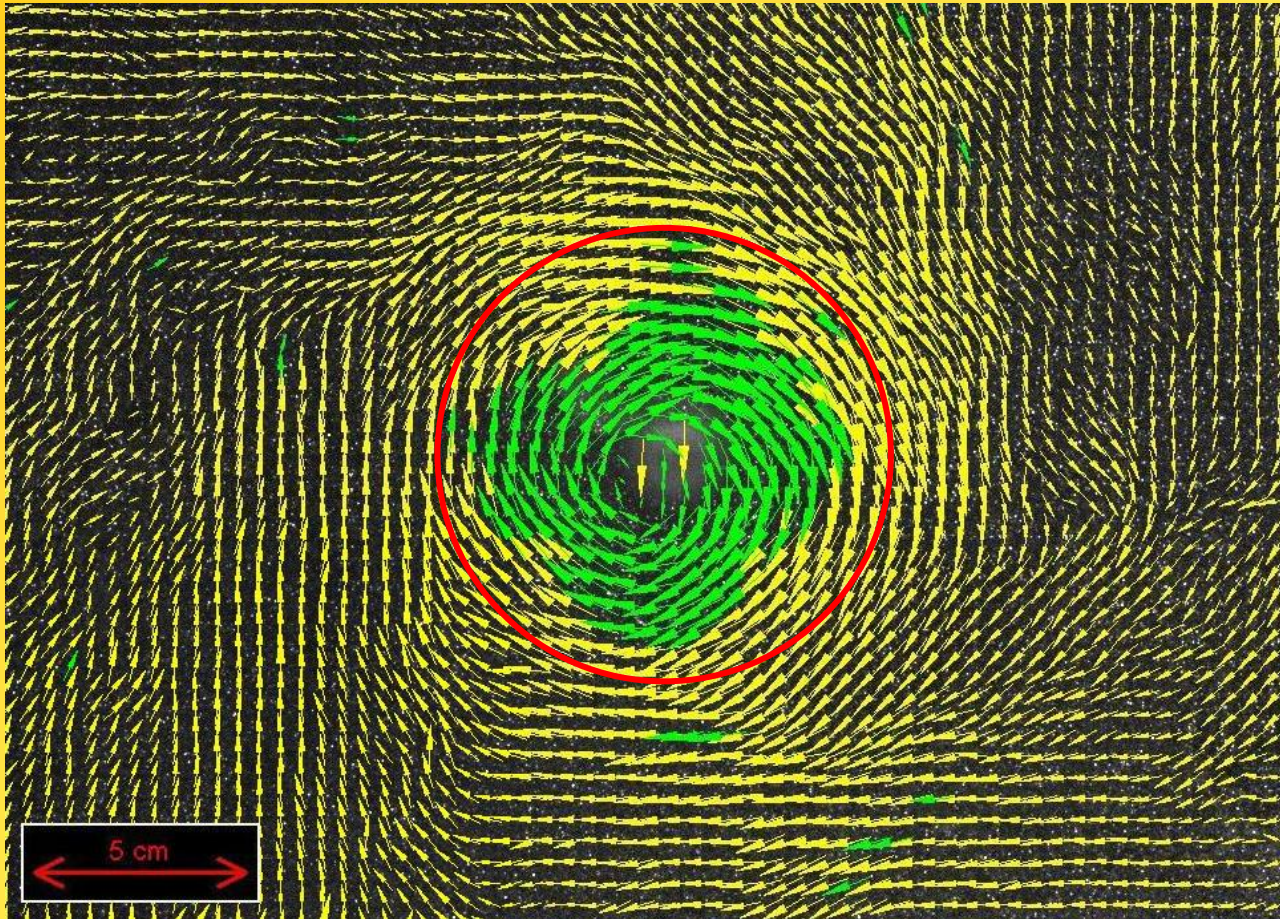
Sebességtér felvétele I.

PIV = Particle Image Velocimetry



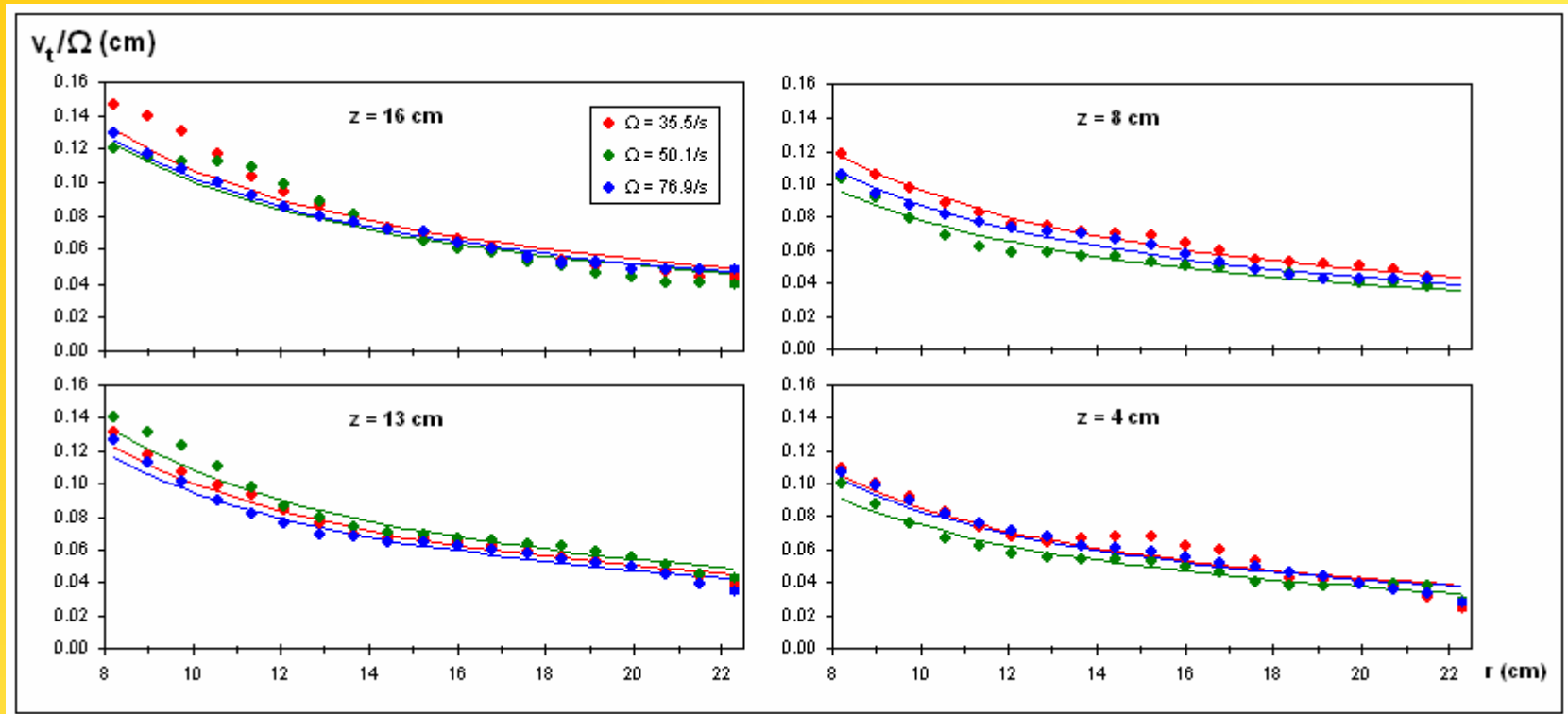
ELTE TTK Kármán Laboratórium

Sebességtér felvétele II.



$$R = 22,4 \text{ cm}, H = 16,8 \text{ cm}, d = 0,9 \text{ cm}, a = 2,5 \text{ cm}, \Omega = 35,5 \text{ s}^{-1}$$

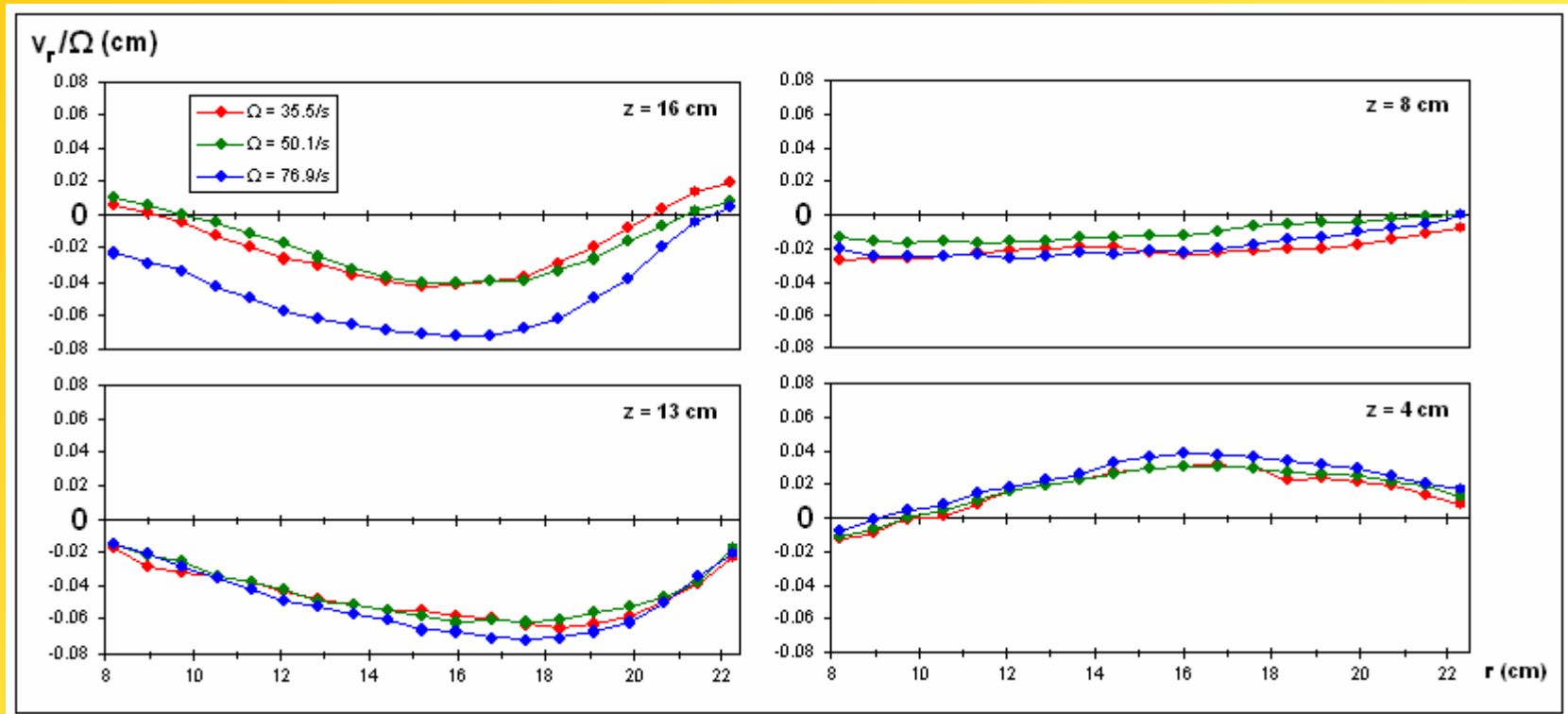
Az érintőirányú sebesség



Az érintőirányú sebesség arányos a keverőfej szögsebességével: $v_t \sim \Omega$

$r > 8$ cm esetén $v_t = \frac{C}{r} \rightarrow$ Független a magasságtól

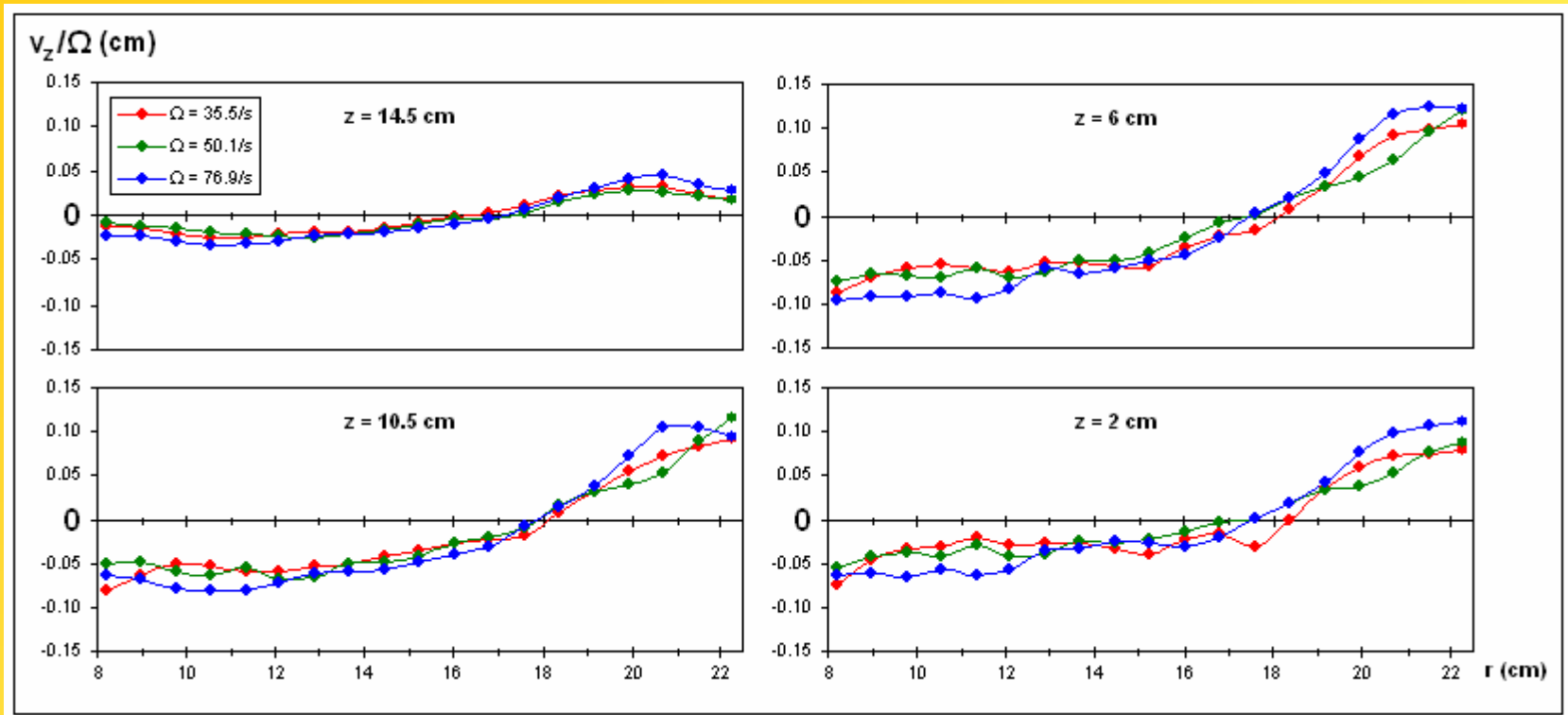
A sugárirányú sebesség



Felül beáramlás, alul kiáramlás

A sugárirányú sebesség is arányos a keverőfej szögsebességével: $v_r \sim \Omega$

A függőleges sebesség



Összenyomhatatlan folyadék \rightarrow A függőleges komponens kiszámítása

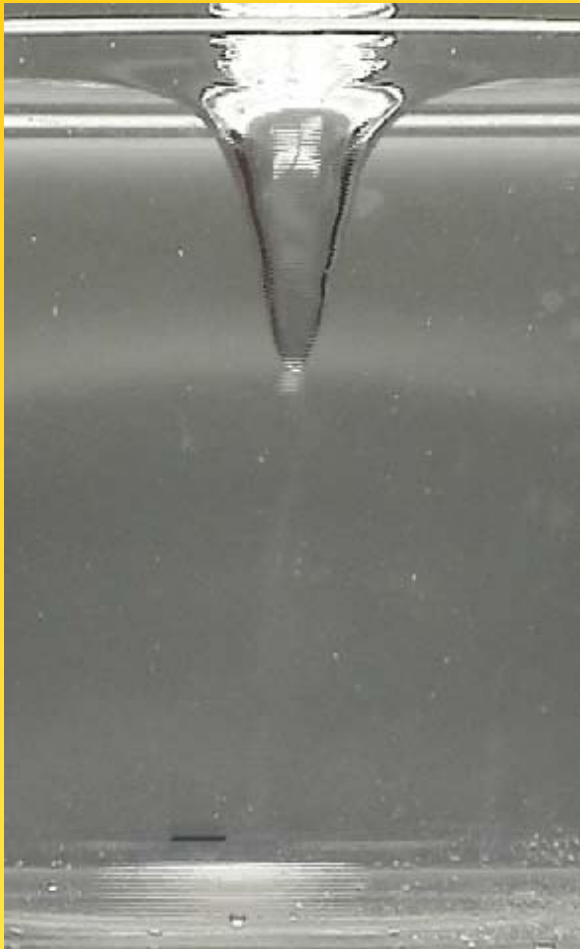
Kívül feláramlás, beljebb leáramlás

Legfelül ($r < 8$ cm) a PIV nem használható \rightarrow Nyomkövetéses eljárások

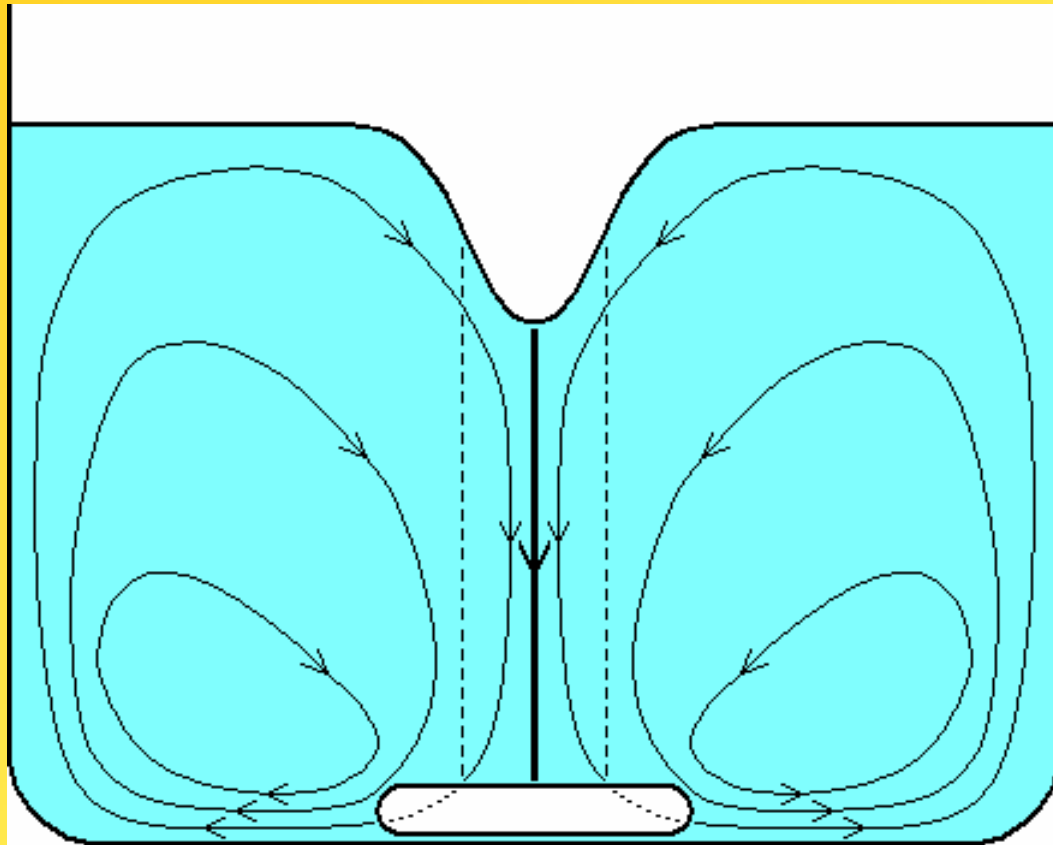
Gyöngyös nyomkövetés



Festékes nyomkövetés



Az áramlási kép

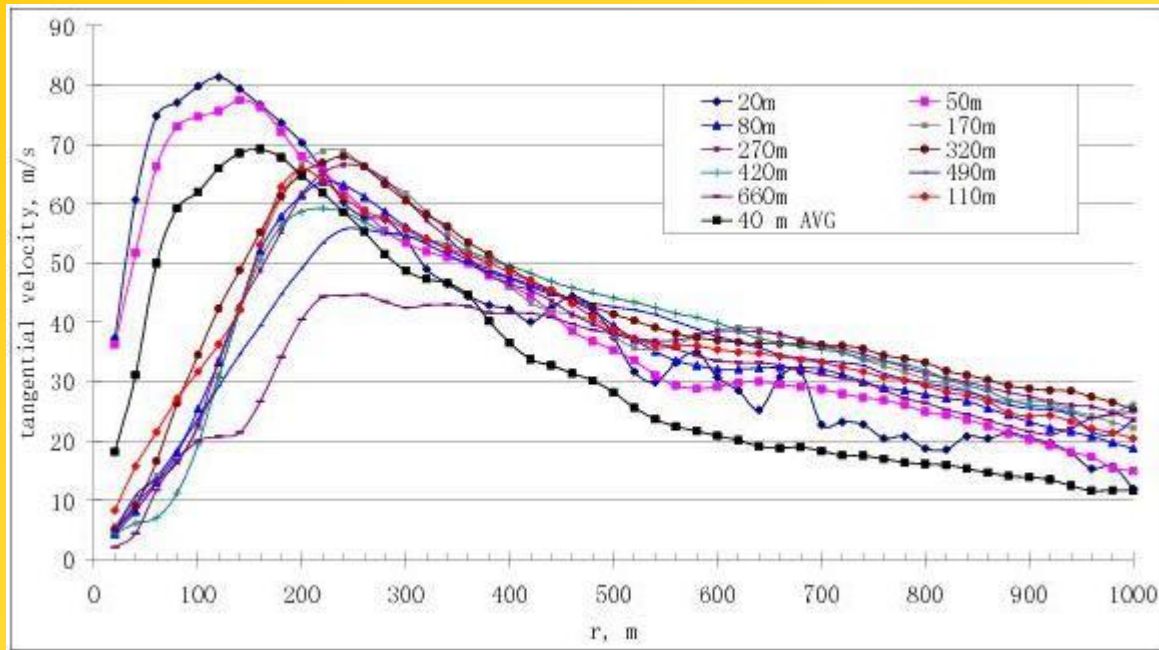


A tornádó és a modell

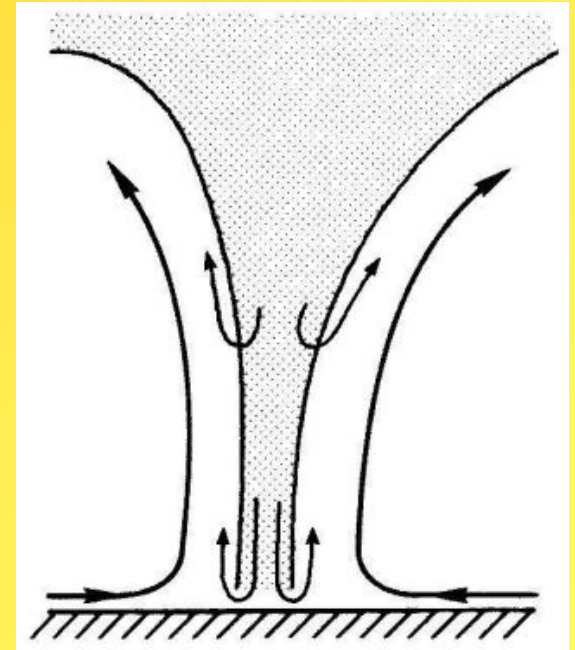


Kansas, 2004

Az áramlás komponensei



A szélesség érintőirányú komponense
(Dél-Dakota, 1998)

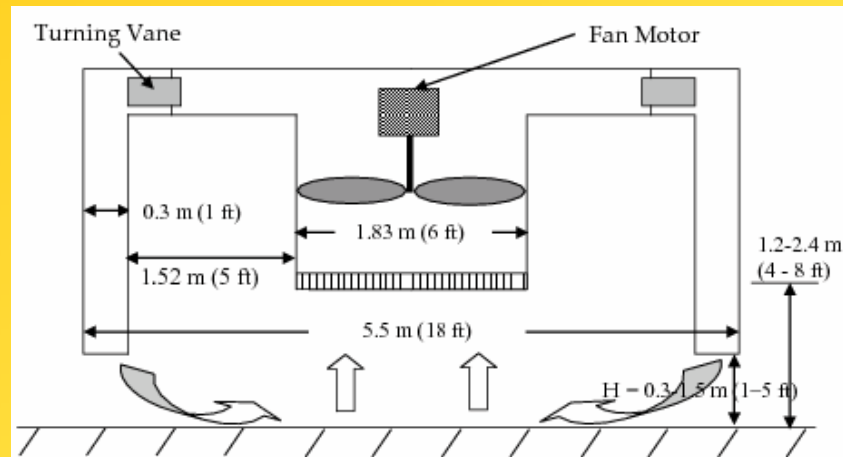


Sugárirányú és függőleges
komponens

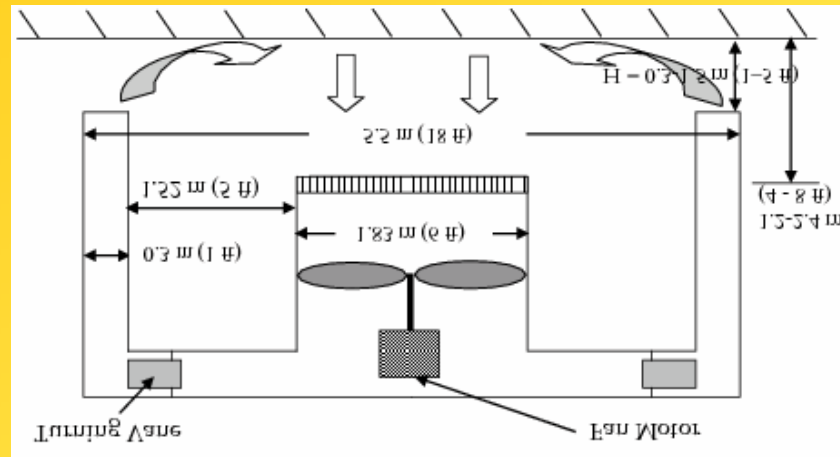
Az érintőirányú sebességkomponens lényegében megegyezik: $v_t \approx \frac{C}{r}$

Erős eltérések a másik két komponens tekintetében

Más modellek



Más modellek



VÉGE

