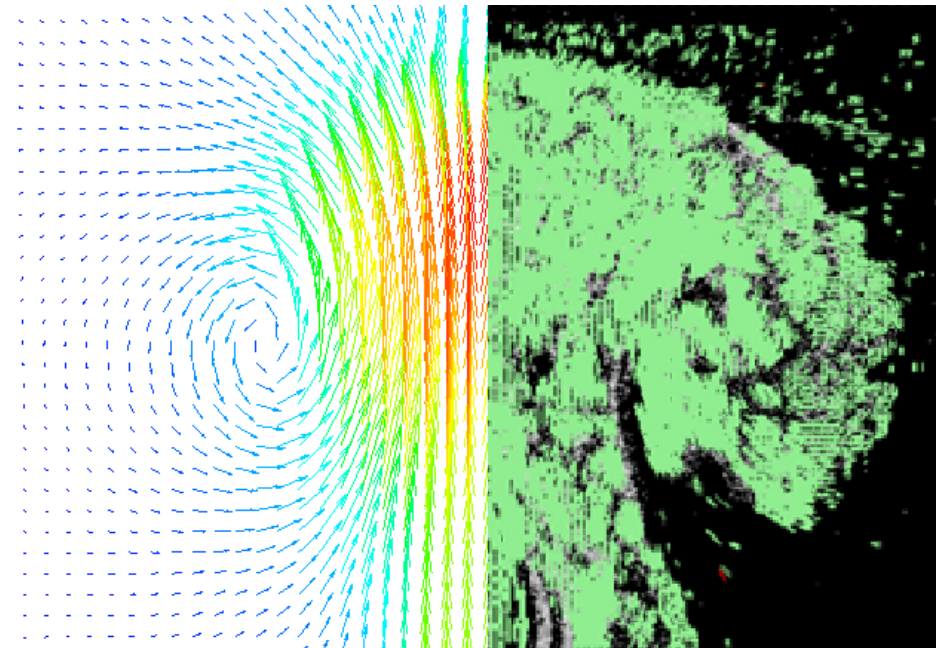


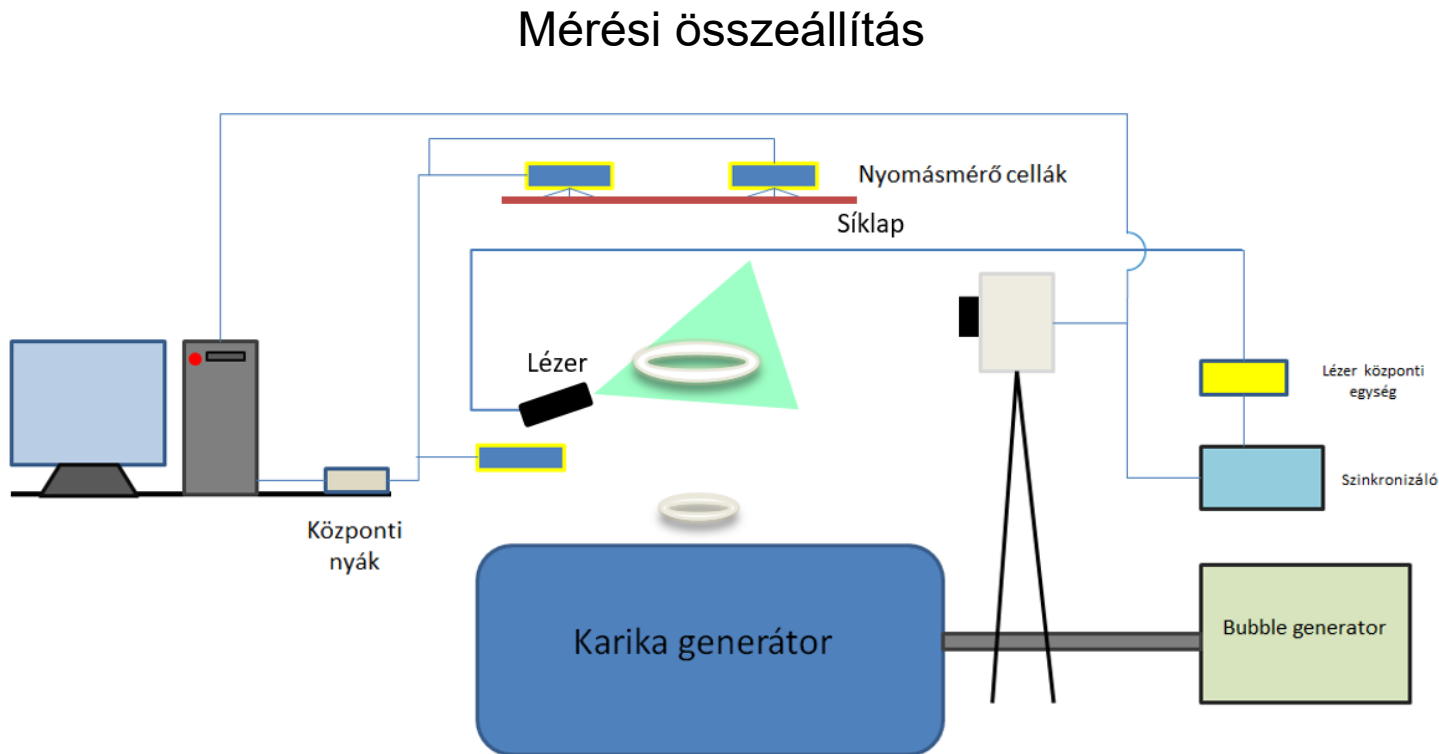
# IMPACT OF VORTEX RINGS

ÖRVÉNYGYŰRŰK BECSAPÓDÁSA

APPLICANT: ANTAL GERGELY KÁTAI  
CONSULTANT: DR. BALÁZS ISTÓK  
INSTITUTION: BUDAPEST UNIVERSITY OF TECHNOLOGY AND ECONOMICS  
FACULTY: MECHANICAL ENGINEERING, FLUID MECHANICS  
E-MAIL: ANTIGERG097@GMAIL.COM  
PHONE: +36303064676

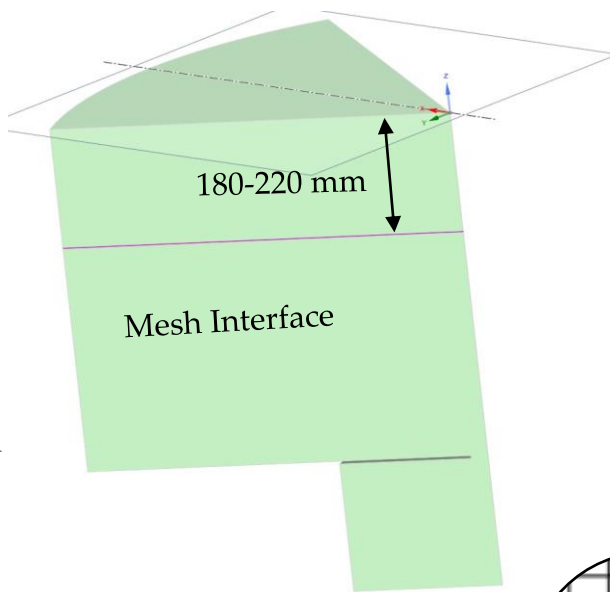
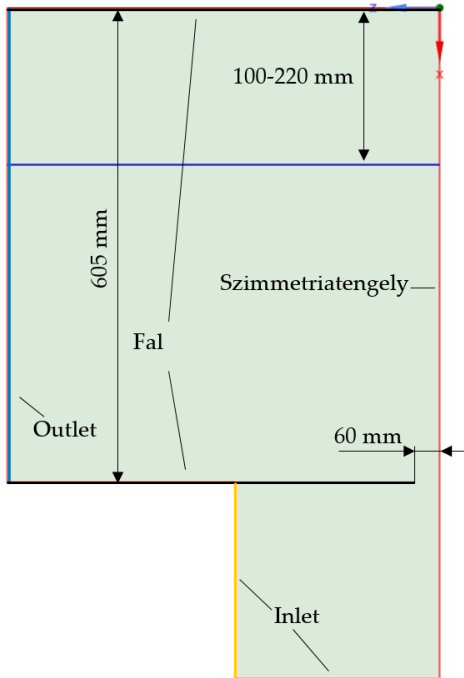


# CÉLKITŰZÉSEK, FELADAT ISMERTETÉSE



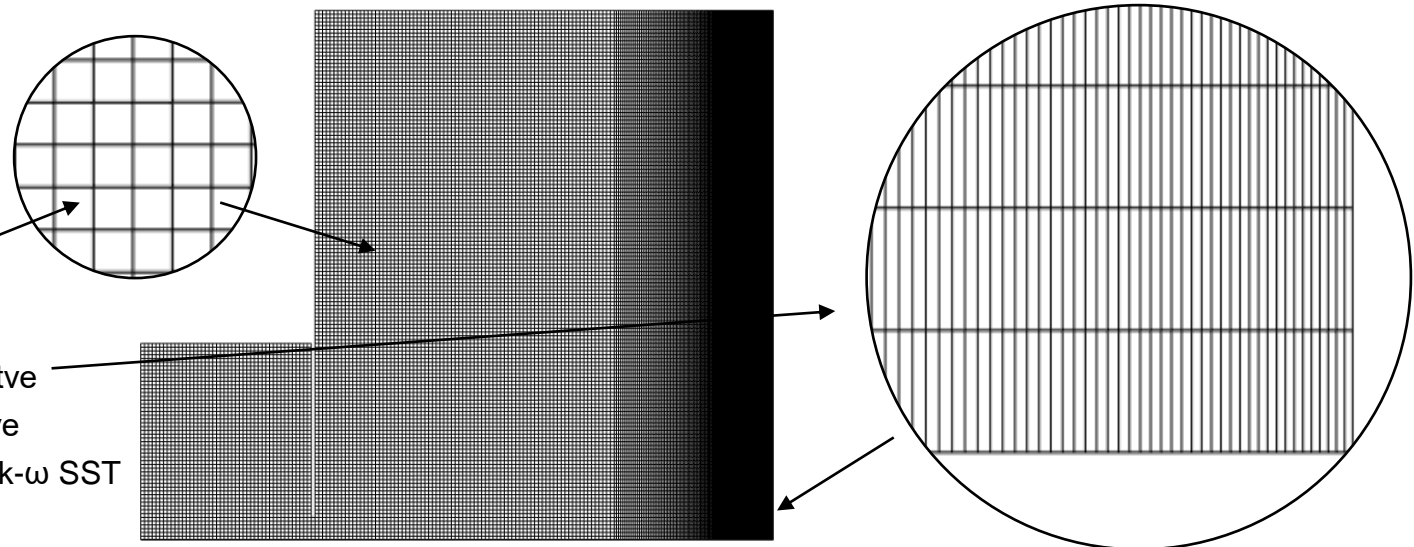
- ▶ A diplomamunka célja az volt, hogy létrehozzak egy olyan modellt, aminek segítségével az örvénygyűrűk kialakulását, haladását és becsapódását megbízhatóan lehet reprodukálni.
- ▶ A hasonló tematikájú külföldi kutatásokban általában DNS modellt használnak, a diplomamunkában RANS modellt alkalmazva akartam megfelelő eredményt elérni.
- ▶ Az örvénygyűrűket részecske-kép sebességmérő- (PIV), illetve nyomásmérő cellák segítségével vizsgáltam. A nyomásmérésre az örvénygyűrű generátorban és a becsapódási síkfallon került sor, a sebességmérés a teljes haladási tartományt lefedte.
- ▶ A PIV mérési eredményeket Prandtl-cső és hődrótos anemométer segítségével is ellenőriztem.

# GEOMETRIA, NUMERIKUS MODELL FELÉPÍTÉSE

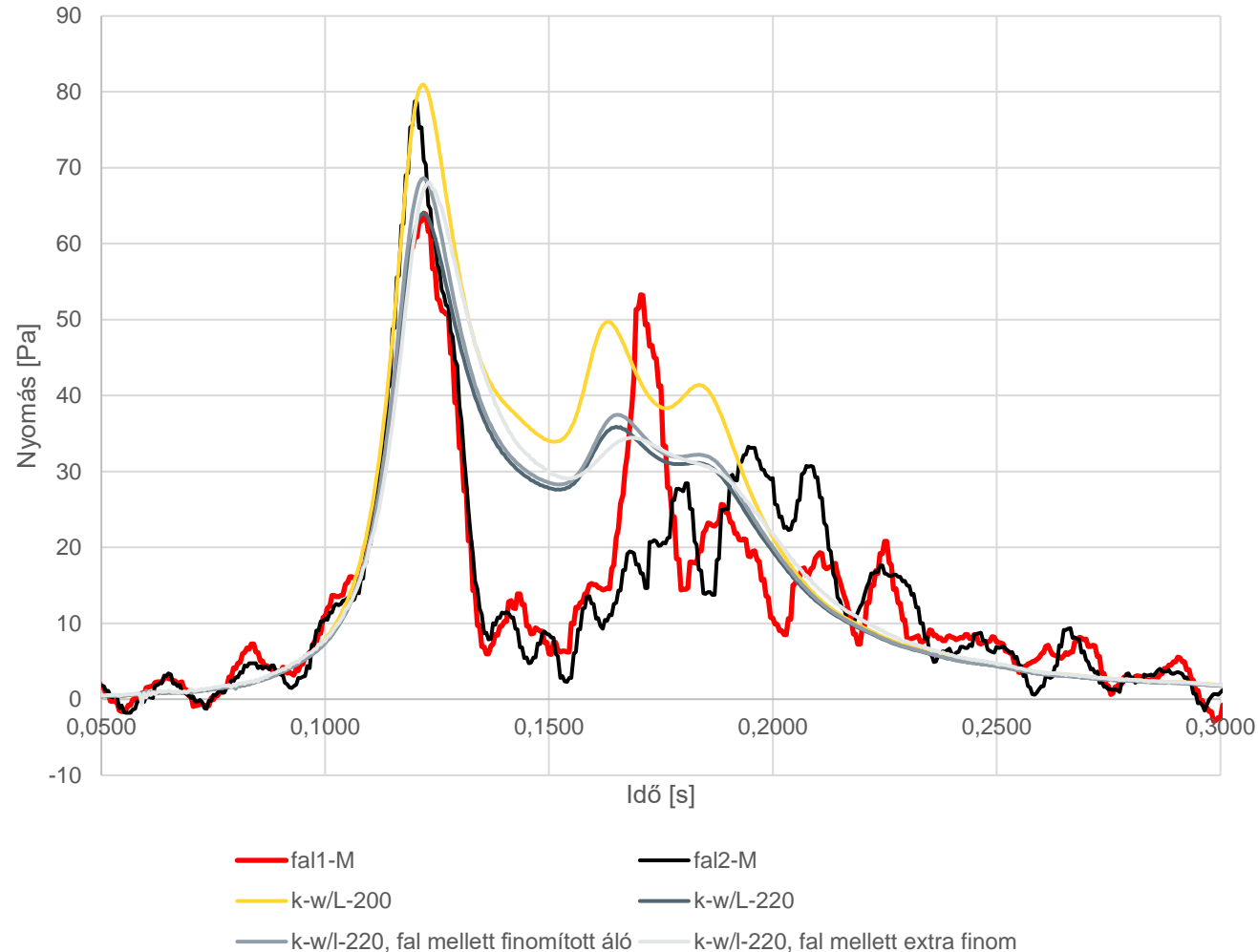


- ▶ A feladat megoldására 2D és 3D geometrián is végeztem szimulációkat, az utóbbi annyiban különbözött, hogy 60°-ban ki lett forgatva a szimmetriatengely körül. Ezen kívül tengelynél 0.1 mm le lett vágva az egyszerűbb hálózás érdekében.
- ▶ A 3D szimulációkra azért volt szükség, hogy a későbbiekben vizsgálható legyen nem csupán síkfalba történő becsapódás is.
- ▶ A 3D geometria oldalain mesh interface peremfeltétel volt beállítva, a szimmetriatengely melletti vékony sávban szimmetria.
- ▶ A tartomány két részre lett felosztva, közöttük interface peremfeltétel volt, ennek távolságát a mérési eredményekkel való összehasonlításból állapítottam meg. A tartomány kettéválasztására azért volt szükség, mert a kialakulás utána az örvénygyűrű lamináris, bizonyos távolság megtétele után válik turbulensé (forrás alapján, később méréssel bizonyítva).

- ▶ Belépés: nyomás, mérési sorozat alapján, nincs kiáramlás
- ▶ Kilépés: Pressure Outlet, 0 Pa
- ▶ Diszkretizáció: (végső verziók)
  - ▶ 3D: cellaszám: 480038; alapméret: 0.005 m, fal mentén sűrítve
  - ▶ 2D: cellaszám: 30430; alapméret: 0.005 m, fal mentén sűrítve
  - ▶ Kialakulási tartomány: nincs turbulenciamodell. Fal mentén: k- $\omega$  SST
- ▶ Tranziens szimuláció → Courant szám < 1

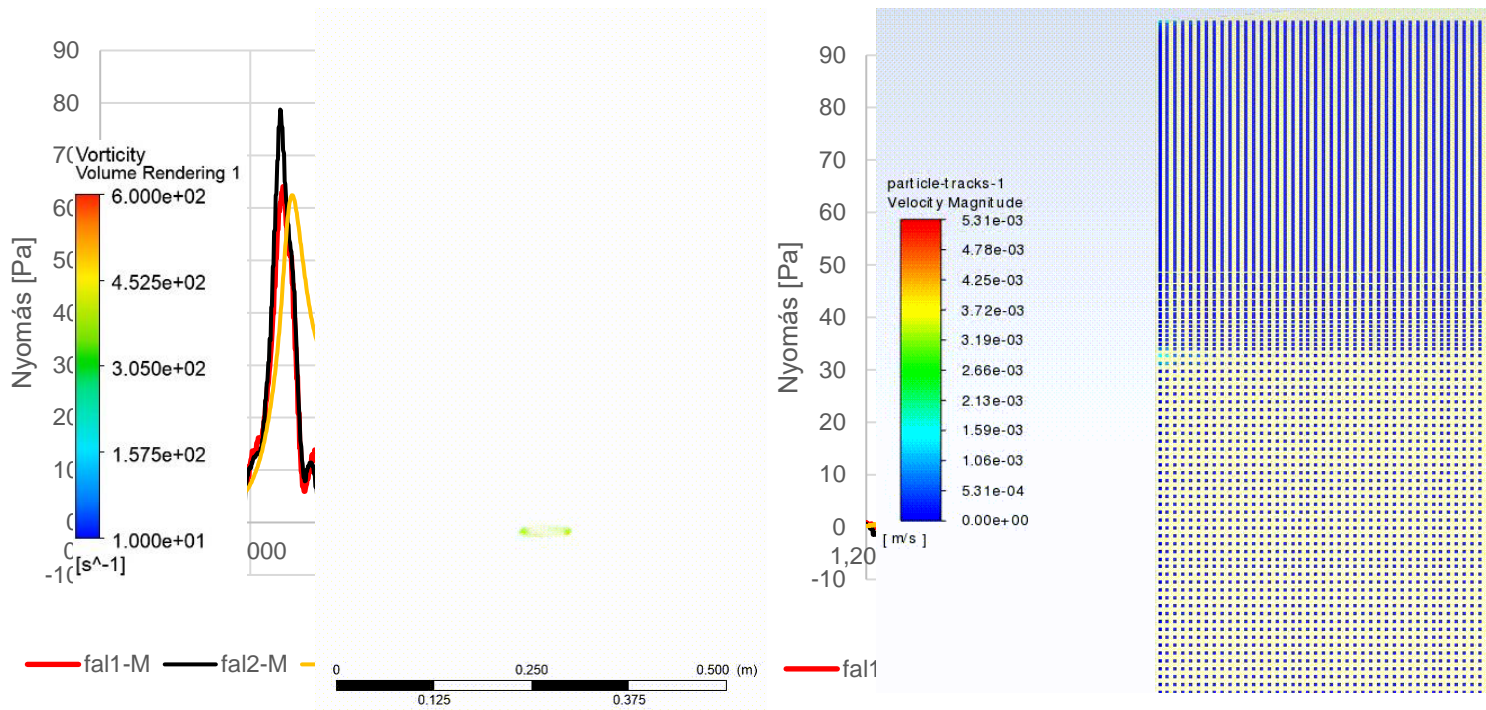


# EREDMÉNYEK ÖSSZEHOSONLÍTÁSA MÉRÉSEKKEL



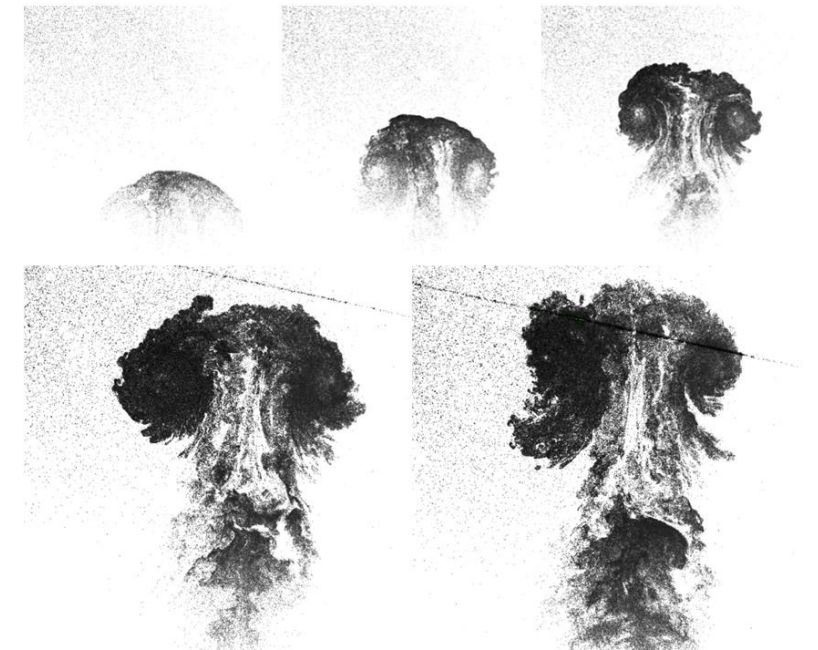
- ▶ Első lépésben a falon mért nyomás eredményeket hasonlítottam össze a szimulációval.
- ▶ Csak lamináris áramlást feltételezve, a nyomás a szimulációban jelentősen meghaladta a mért értékeket. Ha  $k-\varepsilon$  vagy  $k-\omega$  SST turbulenciamodellt használtam, túl gyorsan disszipálódott az örvény és kisebb nyomáscsúcs volt érzékelhető a falon. Ebből és a szakirodalom tanulságait levonva lett megosztva a tartomány.
- ▶ Először 2D eseteket vizsgálva kerestem a tartomány elválasztás távolságát. Ez a távolság 200-220 mm közé adódott.
- ▶ Megvizsgáltam a hálóméret változtatást, milyen hatással van az eredményekre, jelentős változást nem eredményezett. Mivel a tartomány megosztásának távolsága sokkal jelentősebb különbségeket eredményezett, erre helyeztem nagyobb hangsúlyt, nem végeztem külön hálófüggetlenítési vizsgálatot (Richardson-extrapoláció).

# EREDMÉNYEK ÖSSZEHASONLÍTÁSA MÉRÉSEKKEL

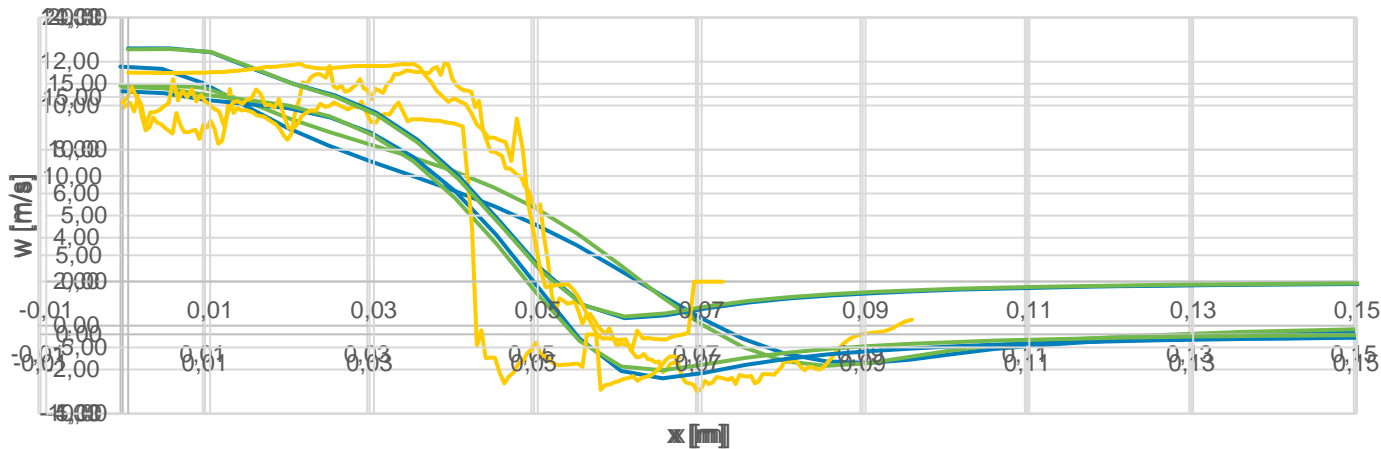


- ▶ Ezt az átalakulást (forrás szerint) az örvénygyűrűn megjelenő másodlagos szerkezetek jelzik. Ezt a folyamatot mutatja be a jobboldali képsorozat.
- ▶ A mérések alapján a valóságban az átalakulási távolság 250-270 mm-re tehető.
- ▶ Ez a folyamat sajnos a szimuláció során készült animációkon csak minimálisan érzékelhető.

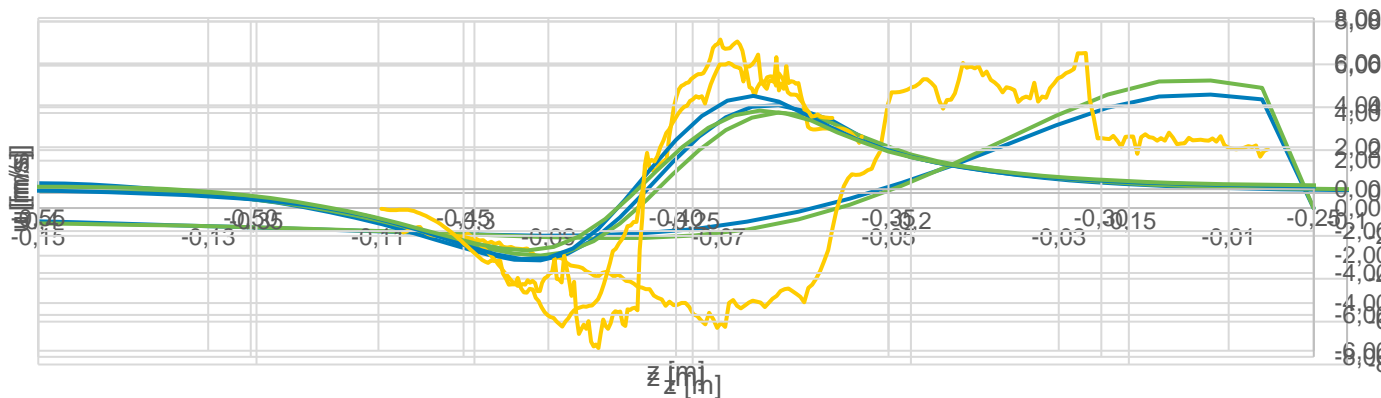
- ▶ Ezt követően a 3D-ban is megismételtem a szimulációkat, ezt megkönnyítette, hogy nagyságrendileg ismert volt a megosztás helye. Ebben az esetben ez 210 mm-re adódott.
- ▶ Miután a nyomásadatok megfelelő egyezést mutattak a mérésekkel, megvizsgáltam, hogy a PIV nagysebességű kamerájával készült felvételeken milyen távolságban figyelhető meg az átalakulás.



# EREDMÉNYEK ÖSSZEHAISONLÍTÁSA MÉRÉSEKKEL

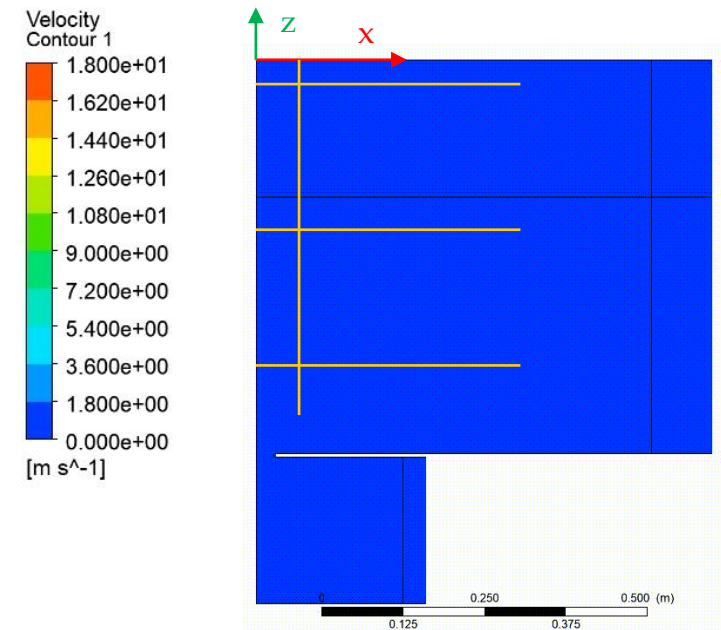


— CFD-Első örvény — CFD-Második örvény — PIV



— CFD-Első örvény — CFD-Második örvény — PIV

- ▶ A következő lépésben a PIV sebességmérést hasonlítottam össze a szimulációs eredményekkel.
- ▶ Összevettem az értékeket kialakulás után, haladás közben és becsapódás előtti időpillanatban is. Szakaszok mentén exportáltam ki a sebesség adatokat a szimulációkból (CFD Post segítségével). Ezek a szakaszok mindig átmentek az örvény forgásközéppontján.



# ELLENŐRZÉS ÉS ÖSSZEFOGLALÁS

- ▶ A sebességmérést ellenőrizni kellett Prandtl-cső és hődrótos anemométer segítségével. Mivel ezekkel a mérési módszerekkel csak egy-egy pontban lehet vizsgálni, így a maximális sebességeket kellett összehasonlítani a faltól vett távolság függvényében.
- ▶ Az ellenőrzés jól tükrözi, hogy megfelelő pontosságot sikerült elérni a szimulációkkal.
- ▶ Az eredmények lehetne még javítani, amennyiben az inicializálás során a figyelembe lenne véve a buborék generátor okozta feláramlás. Ezzel a lamináris-turbulens tartományok elválasztását a faltól távolabb lehetne tolni.
- ▶ Amennyiben további vizsgálatokra kerülne sor, mindenképpen ajánlom LES szimulációk futtatását.

