

# **A Hő- és áramlástan tantárgy áramlástan laboratóriumi méréseinek elméleti háttere**

**(Az áramlástan alapjai tankönyv Hő és Áramlástan mérésekhez kapcsolódó fejezetei)**

## **A nagy recirkulációs és az NPL szélcsatornában mérők, valamint a henger körüli áramlás mérést végzők számára szükséges ismeretek:**

Az áramlástan alapjai tankönyv 3., vagy 4. kiadásából 2.1.1. Pálya, áramvonal, nyomvonal, 2.1.3. Az áramlások szemléltetése 3.3.3. A statikus, a dinamikus és az össznyomás, 3.4.1. A természetes koordináta-rendszerben felírt Euler komponensegyenletek, 3.4.2. Alkalmazások 6.2.4. Rugalmas test deformációján alapuló műszerek, 6.2.5. Gyakorlati nyomásmérési problémák, 6.3.1. A sebesség mérése a dinamikus nyomás mérése alapján, 8.5.2. Az áramlások hasonlóságának feltételei, 9.1.1. A határrétegek jellemzői, 9.2.2. A határréteg áramlás irányú fejlődése, 9.3.1. A határrétegben csúsztatófeszültségek keletkeznek, 9.3.2. A határréteg leválása, 9.3.3. Áramlás henger körül, 9.3.5. A leválás megszüntetése, befolyásolása, 10.1.2. A dimenzióanalízis, 10.1.3. A dimenzióanalízis alkalmazása 11.1.1. Az áramlási eredetű erők keletkezése, 11.1.2. A hengerre ható áramlási erő, 11.2.2. Hasábra ható áramlási erő.

## Nagy recirkulációs szélcsatorna „A” Mérési feladat

### *Nyíróréteg szabályozás vezetőfülke, raktér kölcsönhatás vizsgálata tagolt teherautó modellen.*

Dr. Szente Viktor (szente@ara.bme.hu)

A tagolt felépítésű járműveknél az áramlási ellenállás (és így az üzemanyag fogyasztás) tekintetében jelentős szerepe van az egyes elemek (esetünkben a vezetőfülke és a raktér) áramlási kölcsönhatásának. Feladat ezen áramlástanai kölcsönhatás kísérleti vizsgálata, megértése. A két mérés során különböző geometriai változók áramlási ellenállásra gyakorolt hatása vizsgálandó.

A mérés 45 perce alatt a feladat

- a mérleg kalibrálása (súlyok segítségével 2-3 pontban),
- ezt követően hossz tengellyel párhuzamos megfúvásnál 3 - 4 vezetőfülke, spoiler, terelő változat vizsgálata:
- olajkód bevezetéssel és fényképek készítésével, a vezetőfülke hátfali és raktér homlokfal felső részén lévő nyomás mérésével, majd erőméréssel

Rendelkezésre áll

- kb. 1: 10 léptékű teherautó modell, a vezetőfülke modelljére felerősíthető különböző alakú spoilerok, terelők,
- a szélcsatorna mérőterében elhelyezkedő mérleg, amely a jármű modell hossz tengelyével párhuzamos erő mérésére alkalmas a hossz tengellyel párhuzamos megfúvás esetén,
- Prandtl cső a megfúvási sebesség mérésére
- nyomáskivezető furatok a vezetőfülke hátsó falán és a homlokfalon lévő nyomás mérésére
- olajkód generátor és olajkód bevezetésére alkalmas cső és „fésű”.
- manométer

Fényképezőgépet a mérőcsoport biztosít. Lehetőség van a mérőcsoport által készített vezetőfülke és terelő modellek vizsgálatára

**A jármű modellek mérésekkel foglalkozók számára további szükséges ismeretek:** Az áramlástan alapjai tankönyv 4. kiadásából a 11. fejezet, Az áramlásba helyezett testekre ható erő, ezen belül különösen 11.3.1. A járműáramlástan feladatai és megközelítései, 11.3.2. A jármű karosszériák körüli áramlási tér felosztása, a homlokfali ellenállás és csökkentése, 11.3.3. A hátfali, a karosszéria alatti és az oldalfali ellenállás, 11.3.4. Autóbuszok, kamionok körüli áramlás, **Ajánlott még** Az áramlástan alapjai tankönyv 4. kiadásából 6.4.1. A szélcsatornák alkalmazásának célja, 6.4.2. A szélcsatornák típusai sebesség és elrendezés szerint, 6.4.3. A szélcsatornák szerkezeti elemei, mérőtér kialakítások, 6.4.4. A szélcsatorna mérések gyakorlata, vagy/és Bradshaw, P., Mehta, R.: Wind tunnel design [www-htgl.stanford.edu/bradshaw/tunnel/](http://www-htgl.stanford.edu/bradshaw/tunnel/) **A járműáramlástan tantárgyhoz kapcsolódó anyagok:**

<http://www.ara.bme.hu/oktatas/tantargy/NEPTUN/BMEGEATMG10/2010-2011-II/ea/>

**Kulcsszavak szakirodalom kereséséhez:** járműáramlástan, vehicle aerodynamics, ellenállás erő, drag force, ellenállástényező, drag coefficient, homlokfali ellenállás, forebody drag, hátfali ellenállás, base drag, határréteg leválás, boundary layer separation, nyomástényező, pressure coefficient, kerék, wheel, nyomásmegoszlás, pressure distribution, ellenállás csökkentés, drag reduction, karosszéria alatti áramlás, underbody flow, homlokfali spoiler, front spoiler, nyíróréteg, shear layer, nyíróréteg szabályozás, shear layer conditioning, tompa test, bluff body, két tompa test egymás után, two bluff bodies in tandem.

## Nagy recirkulációs szélcsatorna „B” Mérési feladat

### *Egymás után haladó három kamion modell áramlástani kölcsönhatása a távolság és a relatív szélirány függvényében*

Dr. Szente Viktor (szente@ara.bme.hu)

Az áramlási eredetű ellenállás miatti üzemanyag fogyasztás csökkenthető, ha a kamionok egymás mögött nem nagy távolsággal haladnak (platooning), ezáltal áramlási kölcsönhatás jön létre az egyes járművek között. Feladat ezen áramlástani kölcsönhatás kísérleti vizsgálata, megértése.

A mérés 45 perce alatt

- először a mérleget kell kalibrálni (súlyok segítségével 2-3 pontban),
- ezt követően hossz tengellyel párhuzamos megfúvásnál vizsgálni kell egy egyedülálló kamion modellt: az áramlást olajköd bevezetéssel és fényképek készítésével, az ellenállás erőt erőméréssel.
- b) vizsgálat megismétlendő egy másik kamion modellt két különböző távolságban a vizsgált kamion elé és mögé helyezve, majd
- három kamion esetén (középső a mért) két távolságnál.

Rendelkezésre áll

- három 1:24 léptékű kamion modell
- a szélcsatorna mérőterében elhelyezkedő mérleg, amely a jármű modell hossz tengelyével párhuzamos erő mérésére alkalmas
- Prandtl cső a megfúvási sebesség mérésére
- olajköd generátor és olajköd bevezetésére alkalmas cső és „fésű”.
- manométer

Fényképezőgépet a mérőcsoport biztosít.

**A jármű modellek mérésekkel foglalkozók számára további szükséges ismeretek:** Az áramlástan alapjai tankönyv 4. kiadásából a 11. fejezet, Az áramlásba helyezett testekre ható erő, ezen belül különösen 11.3.1. A járműáramlástan feladatai és megközelítései, 11.3.2. A jármű karosszériák körüli áramlási tér felosztása, a homlokfali ellenállás és csökkentése, 11.3.3. A hátfali, a karosszéria alatti és az oldalfali ellenállás, 11.3.4. Autóbuszok, kamionok körüli áramlás, **Ajánlott még** Az áramlástan alapjai tankönyv 4. kiadásából 6.4.1. A szélcsatornák alkalmazásának célja, 6.4.2. A szélcsatornák típusai sebesség és elrendezés szerint, 6.4.3. A szélcsatornák szerkezeti elemei, mérőtér kialakítások, 6.4.4. A szélcsatorna mérések gyakorlata, vagy/és Bradshaw, P., Mehta, R.: Wind tunnel design [www-htgl.stanford.edu/bradshaw/tunnel/](http://www-htgl.stanford.edu/bradshaw/tunnel/) **A járműáramlástan tantárgyhoz kapcsolódó anyagok:**

<http://www.ara.bme.hu/oktatas/tantargy/NEPTUN/BMEGEATMG10/2010-2011-II/ea/>

**Kulcsszavak a szakirodalom kereséséhez:** kamion, semi-trailer truck, platooning, Reynolds-szám (függvényében változik a jelenség), Reynolds number, ellenállástényező, drag coefficient, ellenálláserő, drag force, járműáramlástan, vehicle aerodynamics, , homlokfali ellenállás, forebody drag, hátfali ellenállás, base drag, határréteg leválás, boundary layer separation, nyomástényező, pressure coefficient, kerék, wheel, első kerék, front wheel, kerékház, wheelhouse, nyomásmegoszlás, pressure distribution, ellenállás csökkentés, drag reduction, karosszéria alatti áramlás, underbody flow, homlokfali spoiler, front spoiler, két tompa test egymás után, two bluff bodies in tandem.

## **Nagy recirkulációs szélcsatorna „C” Mérési feladat**

### ***Tompa testekre ható ellenállás erő és a nyomban lévő nyomás vizsgálata***

**Balczó Márton** (balczo@ara.bme.hu)

Tapasztalat, hogy a tompa testek nyomában uralkodó nyomás (amely az áramlási ellenállás nagy, esetenként döntő részét teszi ki) annál kisebb, minél kisebb a zavartalan áramlási sebesség és a határréteg leválás helyén a nyíróréteg érintője által bezárt szög.

Feladat a fenti összefüggés meghatározása gömb és göbbsüvegek körüli áramlás olajköddel történő vizsgálatával (a zavartalan áramlási sebesség és a határréteg leválás helyén a nyíróréteg érintője által bezárt szög fényképezéssel történő közelítő meghatározásával), valamint az áramlási ellenállás és a nyomban lévő nyomás mérésével.

A mérés 45 perce alatt

- először a mérleget kell kalibrálni (súlyok segítségével 2-3 pontban),
- ezt követően több, áramlás irányából domború és homorú félgömbnél olajköd bevezetéssel és fényképek készítésével, valamint az ellenálláserő és a nyomban lévő nyomás mérésével vizsgálandók a testek körüli áramlás jellemzői.
- Egymás után felszereljük a különböző testeket és az adott szélességnél elvégezzük a b) alatti vizsgálatokat.

Rendelkezésre áll

- belül üres  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{3}{4}$  és teljes gömb kétféle irányból áramlásba helyezhetően (7 változat),
- a modelleket a mérleghez rögzítő és a nyomban lévő statikus nyomás kivezetésére alkalmas tartó
- a tartó és a gömb között elhelyezett mérleg, amely az áramlási iránnyal párhuzamos erő mérésére alkalmas,
- Prandtl cső a megfúvási sebesség mérésére
- olajköd generátor és olajköd bevezetésére alkalmas cső és „fésű”.
- manométer

Fényképezőgépet a mérőcsoport biztosít. Lehetőség van a mérőcsoport által készített, felszerelhető kiegészítő elemek (pl. gömb vizsgálatánál turbulenciagenerátor) hatásának vizsgálatára.

**Az áramlásba helyezett testekre ható erő mérésével foglalkozók számára további szükséges ismeretek:** Az áramlástan alapjai tankönyv 4. kiadásából a 11. fejezet, Az áramlásba helyezett testekre ható erő. **Ajánlott még** Az áramlástan alapjai tankönyv 4. kiadásából 6.4.1. A szélcsatornák alkalmazásának célja, 6.4.2. A szélcsatornák típusai sebesség és elrendezés szerint, 6.4.3. A szélcsatornák szerkezeti elemei, mérőtér kialakítások, 6.4.4. A szélcsatorna mérések gyakorlata, vagy/és Bradshaw, P., Mehta, R.: Wind tunnel design [www-htgl.stanford.edu/bradshaw/tunnel/](http://www.htgl.stanford.edu/bradshaw/tunnel/) **A járműáramlástan tantárgyhoz kapcsolódó anyagok:** <http://www.ara.bme.hu/oktatas/tantargy/NEPTUN/BMEGEATMG10/2010-2011-II/ea/>

**Kulcsszavak szakirodalom kereséséhez:** határréteg leválás, boundary layer separation, ellenállástényező, drag coefficient, ellenálláserő, drag force, homlokfali ellenállás, forebody drag, nyomástényező, pressure coefficient, nyíróréteg, shear layer, nyíróréteg szabályozás, shear layer conditioning, tompa test, bluff body

## NPL Szélcsatorna „A” Mérési feladat

### *Egyszerűsített, tükrözött autó homlokfal modell körüli áramlás és az ellenálláserő vizsgálata különböző karosszéria geometriáknál*

Rákai Anikó (rakai@ara.bme.hu)

Az ideális közeg áramlásába helyezett testekre nem hat ellenálláserő. Gyorsuló áramlás esetén, pl. egy személygépkocsi homlokfalán a határréteg vékony, ezért a homlokfal körüli áramlás hasonló a súrlódásmentes áramláshoz tartozó áramképhez, így a jármű homlokfali ellenállása (ami a homlokfali átlagos nyomástényezővel egyenlő) közel zérus, a homlokfal körüli áramlásban az össznyomás a faltól kissé távolabb állandó.

Feladat: a fenti feltevések helyességének ellenőrzése és tapasztalat szerzése a személygépkocsik homlokfala körüli áramlásról. A talaj modellezése érdekében két egymáshoz képest szimmetrikusan elhelyezkedő, a B oszlopnál levágott autó homlokfal modell áll rendelkezésre, ezek közül egyiknek felszínén a szimmetriasíokban és a modell belsejében nyomáskivezetések vannak, így a homlokfali nyomásmegoszlás és a nyomás a leválási buborékban mérhető. Ugyancsak mérhető benyújtott Pitot csővel az össznyomás, és mérleggel a modellekre ható ellenállás erő. Utóbbiból kivonva a modell belsejében, azaz a leválási buborékban lévő depresszió és a modell keresztmetszetének (a B oszlopnál) szorzatát, becsülhető a homlokfali ellenállás (a kerekek és kerékház nélküli mérésből).

A mérés 45 perce alatt

- a) meghatározandó a mérlegkarra ható áramlási ellenállás erő
- b) ezt követi az áramlás jellemzőinek megismerése olajköddel történő láthatóvá tétellel,
- c) 3 különböző sebességnél meghatározandó a modellekre ható ellenálláserő és a modellben lévő statikus nyomás (a mérőterben lévő nyomáshoz képest) kerekkel, majd kerekek nélkül, valamint a kerékház kitöltésével,
- d) a b) vizsgálat és a modellekre ható ellenálláserő, valamint a modellben lévő statikus nyomás meghatározása, pl. spoiler a homlokfal alatt.

Rendelkezésre áll

- a szélcsatorna mérőterébe benyúló mérleg, amely az áramlási iránnyal párhuzamos ellenálláserő mérésére alkalmas, és amely mentén a modellben lévő statikus nyomás kivezethető,
- két, tükrözött autó homlokfal modell
- olajköd generátor és olajköd bevezetésére alkalmas cső
- manométer

Fényképezőgépet a mérőcsoport biztosít.

**A jármű modellek mérésekkel foglalkozók számára további szükséges ismeretek:** Az áramlástan alapjai tankönyv 4. kiadásából a 11. fejezet, Az áramlásba helyezett testekre ható erő, ezen belül különösen 11.3.1. A járműáramlástan feladatai és megközelítései, 11.3.2. A jármű karosszériák körüli áramlási tér felosztása, a homlokfali ellenállás és csökkentése, 11.3.3. A hátfali, a karosszéria alatti és az oldalfali ellenállás, 11.3.4. Autóbuszok, kamionok körüli áramlás, **Ajánlott még** Az áramlástan alapjai tankönyv 4. kiadásából 6.4.1. A szélcsatornák alkalmazásának célja, 6.4.2. A szélcsatornák típusai sebesség és elrendezés szerint, 6.4.3. A szélcsatornák szerkezeti elemei, mérőtér kialakítások, 6.4.4. A szélcsatorna mérések gyakorlata, vagy/és Bradshaw, P., Mehta, R.: Wind tunnel design [www-htgl.stanford.edu/bradshaw/tunnel/](http://www-htgl.stanford.edu/bradshaw/tunnel/) **A járműáramlástan tantárgyhoz kapcsolódó anyagok:**

<http://www.ara.bme.hu/oktatas/tantargy/NEPTUN/BMEGEATMG10/2010-2011-II/ea/>

**Kulcsszavak szakirodalom kereséséhez:** járműáramlástan, vehicle aerodynamics, ellenállás erő, drag force, ellenállástényező, drag coefficient, homlokfali ellenállás, forebody drag, hátfali ellenállás, base drag, határréteg leválás, boundary layer separation, nyomástényező, pressure coefficient, kerék, wheel, első kerék, front wheel, kerékház, wheelhouse, nyomásmegoszlás, pressure distribution, ellenállás csökkentés, drag reduction, karosszéria alatti áramlás, underbody flow, homlokfali spoiler, front spoiler.

## NPL Szélcsatorna „B” Mérési feladat

### ***Forma 1 versenyautó első kerekére ható ellenálláserő, nyomásmegoszlásból felhajtóerő meghatározása és nyíróréteg szabályozással történő csökkentése***

Rákai Anikó (rakai@ara.bme.hu)

A Forma 1. versenyautók áramlási ellenállásának nagy részét a két első kerékre ható erő teszi ki. A kerék előtt a talaj közelében elhelyezett, áramlásra merőleges lapról leválik a határréteg, és mögötte, a leválási buborékban depresszió van. Ez a depresszió csökkenti a kerék alsó részén lévő túlnyomást, és ezáltal a kerékre ható erőt (nyíróréteg szabályozás, shear layer conditioning).

Feladat két, a talaj modellezése érdekében szimmetrikusan elhelyezett kerék modell elé helyezett, különböző méretű és helyzetű lapok alkalmazásával megvizsgálni az ellenállás erő csökkentésének lehetőségét. Az egyik keréken lévő nyomáskivezetés körbeforgatásával meghatározandó a nyomásmegoszlás a kerület mentén.

Feladat: a kerék körüli áramlás vizsgálata, ellenállás-tényezőjének mérése, az ellenállástényező nyíróréteg szabályozással történő csökkentési lehetőségének meghatározása.

A mérés 45 perce alatt

- a) meghatározandó a mérlegkarra ható ellenállás erő
- b) ezt követi az áramlás jellemzőinek megismerése pamutszalakkal, olajköddel történő láthatóvá tétellel,
- c) 3 különböző sebességnél meghatározandó a kerék modellekre ható ellenálláserő, egy sebességnél mérendő a nyomásmegoszlás a kerék körül.
- d) a kerekre ható ellenálláserő mérendő két lap méretnél és két keréktől mért távolságnál
- e) egy változatnál mérendő a kerék kerülete menti nyomásmegoszlás, és ebből is számítandó az ellenállás és felhajtóerő közelítő értéke

Rendelkezésre áll

- a szélcsatorna mérőterébe benyúló mérleg, amely az áramlási iránnyal párhuzamos ellenálláserő mérésére alkalmas
- két F1 kerék, az egyik statikus nyomáskivezetésekkel
- a kerek közé rögzíthető, cserélhető lap
- olajköd generátor és olajköd bevezetésére alkalmas cső
- fonalas bot
- manométer

Fényképezőgépet a mérőcsoport biztosít.

**A jármű modellek mérésekkel foglalkozók számára további szükséges ismeretek:** Az áramlástan alapjai tankönyv 4. kiadásából a 11. fejezet, Az áramlásba helyezett testekre ható erő, ezen belül különösen 11.3.1. A járműáramlástan feladatai és megközelítései, 11.3.2. A jármű karosszériák körüli áramlási tér felosztása, a homlokfali ellenállás és csökkentése, 11.3.3. A hátfali, a karosszéria alatti és az oldalfali ellenállás, 11.3.4. Autóbuszok, kamionok körüli áramlás, **Ajánlott még** Az áramlástan alapjai tankönyv 4. kiadásából 6.4.1. A szélcsatornák alkalmazásának célja, 6.4.2. A szélcsatornák típusai sebesség és elrendezés szerint, 6.4.3. A szélcsatornák szerkezeti elemei, mérőtér kialakítások, 6.4.4. A szélcsatorna mérések gyakorlata, vagy/és Bradshaw, P., Mehta, R.: Wind tunnel design [www-htgl.stanford.edu/bradshaw/tunnel/](http://www.htgl.stanford.edu/bradshaw/tunnel/) **A járműáramlástan tantárgyhoz kapcsolódó anyagok:** <http://www.ara.bme.hu/oktatas/tantargy/NEPTUN/BMEGEATMG10/2010-2011-II/ea/>

Kulcsszavak szakirodalom kereséséhez

járműáramlástan, vehicle aerodynamics, ellenállás erő, drag force, ellenállástényező, drag coefficient, homlokfali ellenállás, forebody drag, hátfali ellenállás, base drag, határréteg leválás, boundary layer separation, nyomástényező, pressure coefficient, kerék, wheel, első kerék front wheel, kerékház, wheelhouse, nyomásmegoszlás, pressure distribution, ellenállás csökkentés, drag reduction, karosszéria alatti áramlás, underbody flow, homlokfali spoiler, front spoiler.

## **NPL Csatorna „C” Mérési feladat**

### ***A homlokfali nyíróréteg szabályozás vizsgálata hossztenegelyével párhuzamosan megfújt hengernél***

**Rákai Anikó** (rakai@ara.bme.hu)

A nyíróréteg szabályozás lehetővé teszi, hogy hossztenegelyével párhuzamosan megfújt henger ellenállás-tényezőjét jelentősen csökkenthessük.

Feladat: a nyíróréteg szabályozás mechanizmusának megismerése, valamint „éles” be- és kilépő élekkel rendelkező henger ellenállás-tényezőjének csökkentése a homlokfalra erősített különböző méretű, és homlokfalhoz képest változtatható távolságú kör alakú lemez

A mérés 45 perce alatt

- a) először a mérleget kell kalibrálni (súlyok segítségével 2-3 pontban),
- b) meghatározandó a mérlegkarra ható ellenállás erő
- c) ezt követi áramlás jellemzőinek megismerése olajköddel történő láthatóvá tétellel nyíróréteg szabályozás nélkül és a statikus nyomásmegoszlás meghatározásával a modell homloklapján.
- d) nyíróréteg szabályozás nélkül és két, különböző méretű körlapot a homlokfaltól 3-3 különböző távolságban rögzítve meghatározandó az ellenálláserő
- e) a legkisebb ellenálláserőnél az áramlás jellemzőinek megismerése olajköddel történő láthatóvá tétellel, és nyomásmegoszlás mérés

Rendelkezésre áll

- a szélcsatorna mérőterébe benyúló mérleg, amely az áramlási iránnyal párhuzamos ellenálláserő mérésére alkalmas
- henger alakú test a homlokfal elé felszerelhető kör alakú lemezekkel és a homlokfalon statikus nyomáskivezetésekkel
- olajköd generátor és olajköd bevezetésére alkalmas cső
- manométer

Fényképezőgépet a mérőcsoport biztosít.

**A jármű modellek mérésekkel foglalkozók számára további szükséges ismeretek:** Az áramlástan alapjai tankönyv 4. kiadásából a 11. fejezet, Az áramlásba helyezett testekre ható erő, ezen belül különösen 11.3.1. A járműáramlástan feladatai és megközelítései, 11.3.2. A jármű karosszériák körüli áramlási tér felosztása, a homlokfali ellenállás és csökkentése, 11.3.3. A hátfali, a karosszéria alatti és az oldalfali ellenállás, 11.3.4. Autóbuszok, kamionok körüli áramlás, **Ajánlott még** Az áramlástan alapjai tankönyv 4. kiadásából 6.4.1. A szélcsatornák alkalmazásának célja, 6.4.2. A szélcsatornák típusai sebesség és elrendezés szerint, 6.4.3. A szélcsatornák szerkezeti elemei, mérőtér kialakítások, 6.4.4. A szélcsatorna mérések gyakorlata, vagy/és Bradshaw, P., Mehta, R.: Wind tunnel design [www-htgl.stanford.edu/bradshaw/tunnel/](http://www-htgl.stanford.edu/bradshaw/tunnel/) **A járműáramlástan tantárgyhoz kapcsolódó anyagok:**

<http://www.ara.bme.hu/oktatas/tantargy/NEPTUN/BMEGEATMG10/2010-2011-II/ea/>

Kulcsszavak szakirodalom kereséséhez: határréteg leválás, boundary layer separation, ellenállástényező, drag coefficient, ellenálláserő, drag force, homlokfali ellenállás, forebody drag, nyomástényező, pressure coefficient, nyíróréteg, shear layer, nyíróréteg szabályozás, shear layer conditioning, tompa test, bluff body, két tompa test egymás után, two bluff bodies in tandem,

## 1. Kocsi „A”, „B”, „C” Mérési feladat

### *Sík szabadsugar görbülete nyomáskülönbség hatására, üzemcsarnok légfüggöny vizsgálata*

Lukács Eszter ([lukacs@ara.bme.hu](mailto:lukacs@ara.bme.hu))

A közlekedés miatt nyitva tartandó kapuk „lezárására”, a csarnok és a környezet közötti hő- és anyagátvitel csökkentésére használják az oldalbefúvású, hideglevegős légfüggönyöket, amelyek a külső és belső nyomás közötti különbséget egy, a kapu egyik oldalán vízszintesen kifújó sík szabadsugar görbületével ellensúlyozzák.

Feladat a légfüggöny modell viselkedésének vizsgálata a kifúvási sebesség, a kifúvó rész szélesség, a kifúvási szög, a kapuszélesség, és a nyomáskülönbség függvényében, valamint a légfüggöny nyomáskülönbség – védett helyiségbe áramló külső levegő térfogatáram karakterisztikájának meghatározása, végül az anyag- és hőátadás megfigyelése olajköddel való szemléltetéssel.

A mérés 60 perce alatt

- adott lekerekített kifúvórész méreténél, kifúvási sebességnél és szögnél, kapu modell szélességénél a védett csarnok modelljéből a levegőt elszívó ventilátor által létesített különböző depresszió esetén meghatározandó a helyiségbe belépő külső levegő térfogatárama, és a zérus átáramláshoz tartozó üzemi pont paraméterei, vizsgálandó a kapuszélesség hatása („A” Mérési feladat)
- ua, mint a), vizsgálandó a résszélesség és a kifúvási sebesség hatása („B” Mérési feladat)
- adott légfüggöny beállítások mellett vizsgálandó a görbült szabadsugar sebességmeglóslása különböző metszetekben, füst bevezetésével és fényképezéssel vizsgálandó a görbült sugar alakja és az anyagátadás a sugáron keresztül („B” Mérési feladat)

Rendelkezésre áll

- a légfüggöny előállítására alkalmas berendezés,
- üzemcsarnok modell változtatható szabadsugar kifúvási szöggel és kapuszélességgel, valamint a teremben depressziót okozó, változtatható fordulatszámú ventilátorral, és az elszívott levegő mennyiségét mérő beszívó mérőperemmel.
- Pitot/Prandtl cső a kifúvási sebesség mérésére
- olajköd generátor és olajköd bevezetésére alkalmas cső
- manométer

Fényképezőgépet a mérőcsoport biztosít.

Kulcsszavak:

- légfüggöny
- görbült szabadsugar
- Euler egyenlet
- turbulens transzport
- Prandtl-cső irányérzékenység



## 2. koci „A” Mérési feladat

### *Körhenger körüli nyomásmegoszlás és nyomáskülönbség ingadozás (ellenállás és oldalerő) mérés, a henger mögötti síklap hatása*

Horváth Csaba ([horvath@ara.bme.hu](mailto:horvath@ara.bme.hu))

Körhengerek körüli áramlás jellemzőinek ismerete számos műszaki alkalmazásnál szükséges. Kis Reynolds számok esetén a henger mögött kialakul a Kármán-féle örvénysor.

Feladat a henger körbeforgatásával meghatározni a csatornában lévő nyomáshoz képesti nyomáskülönbség és nyomáskülönbség ingadozás henger kerület menti változását (amplitúdó és frekvencia), valamint a henger mögött elhelyezett, különböző méretű, áramlással párhuzamos síklap (splitter plate) hatását a nyomáskülönbség és -ingadozás megoszlás változására.

A mérés 45 perce alatt

- a) a négyzet keresztmetszetű csatornában lévő adott áramlási sebességnél a henger körbeforgatásával és nyomásingadozás méréssel meghatározandó a henger felületén lévő nyomás és a csatornában lévő nyomás időben ingadozó különbsége, amelyből az időbeli átlagnyomás és a nyomásingadozás amplitúdójának és frekvenciájának kerület menti eloszlása meghatározható
- b) az a) pont alatti mérés elvégzendő 2 további áramlási sebességnél
- c) az a) pont alatti mérés elvégzendő adott sebességnél a henger mögött elhelyezett, 2 különböző méretű áramlásirányú lemezzel.

Rendelkezésre áll

- négyzet keresztmetszetű csatorna, amelyben különböző sebességű áramlás állítható elő
- tengelye körül forgatható henger, nyomáskivezetéssel és ingadozó nyomás mérésére alkalmas nyomástávadóval, valamint az adatok rögzítésére alkalmas PC-vel
- a nyomásjelek kiértékelésére alkalmas szoftver
- a henger mögött elhelyezhető 2, különböző méretű lemez
- Prandtl cső a csatornában lévő sebesség mérésére
- manométer

**A henger körüli áramlással foglalkozók számára ajánlott ismeretek még:** Az áramlástan alapjai tankönyv 4. kiadásából: 11.1.2. A körhengerre ható áramlási erő, 11.1.3. Nem kör keresztmetszetű hengerekre, lemezcsíkra, gömbre ható áramlási eredetű erő.

Kulcsszavak szakirodalom kereséséhez: Strouhal-szám, Strouhal number, Kármán-féle örvénysor, Karman vortex street, örvény, vortex, leválás, separation, Reynolds-szám (függvényében változik a jelenség), Reynolds number, sajátfrekvencia, resonant frequency, frekvencia, frequency, örvény leválásos áramlásmérő, vortex shedding flowmeters, vortex flowmeters, Fourier-transzformáció, Fourier transform, spektrum, spectrum, mintavételezési frekvencia (Shannon tétel), sampling rate (Nyquist-Shannon sampling theorem), Ellenállástényező, ellenálláserő, drag coefficient, drag force, Felhajtóerő tényező, felhajtóerő, lift coefficient, lift force, Nyomástényező, pressure coefficient, Henger mögötti lemez, splitter plate

## 2. kocsi „B” Mérési feladat

### *Nyomásmegoszlás és nyomáskülönbség ingadozás mérés áramlásba helyezett négyzet alapú henger felületén*

Horváth Csaba ([horvath@ara.bme.hu](mailto:horvath@ara.bme.hu))

Négyzet keresztmetszetű hengerek (zártszelvények) körüli áramlás jellemzőinek ismerete számos műszaki alkalmazásnál szükséges. Kis Reynolds számok esetén a zártszelvény mögött kialakul a Kármán-féle örvénysor.

Feladat a zártszelvény körbeforgatásával meghatározni a csatornában lévő nyomáshoz képesti nyomáskülönbség és nyomáskülönbség ingadozás zártszelvény kerület menti változását (amplitúdó és frekvencia), valamint a henger mögött elhelyezett, különböző méretű, áramlással párhuzamos síklap (splitter plate) hatását a nyomáskülönbség és -ingadozás megoszlás változására.

A mérés 45 perce alatt

- a) a négyzet keresztmetszetű csatornában lévő adott áramlási sebességnél a zártszelvény körbeforgatásával és nyomásingadozás méréssel meghatározandó a henger felületén lévő nyomás és a csatornában lévő nyomás időben ingadozó különbsége, amelyből az időbeli átlagnyomás és a nyomásingadozás amplitúdójának és frekvenciájának kerület menti eloszlása meghatározható
- b) az a) pont alatti mérés elvégzendő 2 további áramlási sebességnél
- c) az a) pont alatti mérés elvégzendő adott sebességnél a zártszelvény mögött elhelyezett, 2 különböző méretű áramlásirányú lemezzel.

Rendelkezésre áll

- négyzet keresztmetszetű csatorna, amelyben különböző sebességű áramlás állítható elő
- tengelye körül forgatható zártszelvény, egyik oldalán 4 nyomáskivezetéssel, és ingadozó nyomás mérésére alkalmas nyomástávadóval, valamint az adatok rögzítésére alkalmas PC-vel
- a nyomásjelek kiértékelésére alkalmas szoftver
- a zártszelvény mögött elhelyezhető 2, különböző méretű lemez
- Prandtl cső a csatornában lévő sebesség mérésére
- manométer
- 

**A henger körüli áramlással foglalkozók számára ajánlott ismeretek még:** Az áramlástan alapjai tankönyv 4. kiadásából: 11.1.2. A körhengerre ható áramlási erő, 11.1.3. Nem kör keresztmetszetű hengerekre, lemezcsíkra, gömbre ható áramlási eredetű erő.

Kulcsszavak szakirodalom kereséséhez: Strouhal-szám, Strouhal number, Kármán-féle örvénysor, Karman vortex street, örvény, vortex, leválás, separation, Reynolds-szám (függvényében változik a jelenség), Reynolds number, sajátfrekvencia, resonant frequency, frekvencia, frequency, örvény leválásos áramlásmérő, vortex shedding flowmeters, vortex flowmeters, Fourier-transzformáció, Fourier transform, spektrum, spectrum, mintavételezési frekvencia (Shannon tétel), sampling rate (Nyquist-Shannon sampling theorem), Ellenállástényező, ellenálláserő, drag coefficient, drag force, Felhajtóerő tényező, felhajtóerő, lift coefficient, lift force, Nyomástényező, pressure coefficient, Henger mögötti lemez, splitter plate

## 2. kocsi „C” Mérési feladat

### *Nyomáskülönbség ingadozás mérése áramlásba helyezett test felületén különböző méretű utóterelőlap esetén*

Horváth Csaba ([horvath@ara.bme.hu](mailto:horvath@ara.bme.hu))

Négyzet keresztmetszetű hengerek (zártszelvények) és körhengerek körüli áramlás jellemzőinek ismerete számos műszaki alkalmazásnál szükséges. Kis Reynolds számok esetén a test mögött kialakul a Kármán-féle örvénysor.

Feladat a test körbeforgatásával meghatározni a csatornában lévő nyomáshoz képesti nyomáskülönbség és nyomáskülönbség ingadozás test kerület menti változását (amplitúdó és frekvencia), valamint a henger mögött elhelyezett, különböző méretű, áramlással párhuzamos síklap (splitter plate) hatását a nyomáskülönbség és -ingadozás megoszlás változására.

A mérés 45 perce alatt

- d) a négyzet keresztmetszetű csatornában lévő adott áramlási sebességnél a zártszelvény körbeforgatásával és nyomásingadozás méréssel meghatározandó a henger felületén lévő nyomás és a csatornában lévő nyomás időben ingadozó különbsége, amelyből az időbeli átlagnyomás és a nyomásingadozás amplitúdójának és frekvenciájának kerület menti eloszlása meghatározható
- e) az a) pont alatti mérés elvégzendő 2 további áramlási sebességnél
- f) az a) pont alatti mérés elvégzendő adott sebességnél a zártszelvény mögött elhelyezett, 2 különböző méretű áramlásirányú lemezzel.

Rendelkezésre áll

- négyzet keresztmetszetű csatorna, amelyben különböző sebességű áramlás állítható elő
- tengelye körül forgatható zártszelvény, egyik oldalán 4 nyomáskivezetéssel, és ingadozó nyomás mérésére alkalmas nyomástávadóval, valamint az adatok rögzítésére alkalmas PC-vel
- a nyomásjelek kiértékelésére alkalmas szoftver
- a zártszelvény mögött elhelyezhető 2, különböző méretű lemez
- Prandtl cső a csatornában lévő sebesség mérésére
- manométer
- 

**A henger körüli áramlással foglalkozók számára ajánlott ismeretek még:** Az áramlástan alapjai tankönyv 4. kiadásából: 11.1.2. A körhengerre ható áramlási erő, 11.1.3. Nem kör keresztmetszetű hengerekre, lemezcsikra, gömbre ható áramlási eredetű erő.

Kulcsszavak szakirodalom kereséséhez: Strouhal-szám, Strouhal number, Kármán-féle örvénysor, Karman vortex street, örvény, vortex, leválás, separation, Reynolds-szám (függvényében változik a jelenség), Reynolds number, sajátfrekvencia, resonant frequency, frekvencia, frequency, örvény leválásos áramlásmérő, vortex shedding flowmeters, vortex flowmeters, Fourier-transzformáció, Fourier transform, spektrum, spectrum, mintavételezési frekvencia (Shannon tétel), sampling rate (Nyquist-Shannon sampling theorem), Ellenállástényező, ellenálláserő, drag coefficient, drag force, Felhajtóerő tényező, felhajtóerő, lift coefficient, lift force, Nyomástényező, pressure coefficient, Henger mögötti lemez, splitter plate

**Csővezeték „A” Mérési feladat**  
**Beszívó mérőperem kalibrációja**  
**Istók Balázs ([istok@ara.bme.hu](mailto:istok@ara.bme.hu))**

A műszaki gyakorlatban széles körben alkalmazzák a beszívó mérőperemet csővezetékben térfogatáram mérésére. A mérőperem átömlési tényezője elvi megfontolások alapján becsülhető, de szabványban nem rögzített.

A mérési feladat egy szabványos átömlő mérőperem segítségével beszívó mérőperem kalibrálása. A beszívó mérőperemeket a szabványos mérőperem elé kell szerelni és a csővezetéken több, eltérő térfogatáram mellett meg kell mérni a beszívó mérőperemek és az átfolyó mérőperem nyomásesését. Ezek és a geometriai adatok alapján meghatározható az áramló térfogatáram és a beszívó mérőperemek átfolyási tényezője.

Rendelkezésre áll

- Kör keresztmetszetű csővezeték csőívekkel, beszívó és szabványos átfolyó mérőperemmel, nyomáskivezető furatokkal, sebességmérési keresztmetszetekkel.
- mikromanométerek,

**A feladatot végzők számára ajánlott még:** Az áramlástan alapjai tankönyv 4. kiadásából: 10 fejezetét (Hidraulika), valamint a 6.3. leckét (A sebesség és térfogatáram mérése).

Kulcsszavak szakirodalom kereséséhez: térfogatáram, flow rate, térfogatáram mérés hibája, error of flow rate measurement, mérőperem, orifice, Prandtl cső, Pitot-static tube, sebességmegoszlás, velocity distribution

## Csővezeték „B” Mérési feladat

### *A csővezetékben kialakuló áramlási viszonyok és azok hatása a térfogatáram mérésre átfolyó mérőperem esetén*

Istók Balázs ([istok@ara.bme.hu](mailto:istok@ara.bme.hu))

A műszaki gyakorlatban széles körben alkalmazott szűkítőelemes térfogatáram mérés esetében szabvány rögzíti a pontos méréshez szükséges áramlási viszonyokat biztosító egyenes csőszakasz hosszát. A szabvány több hossz értéket ad meg, amik különböző mérési pontossági osztályokhoz tartoznak. A hosszakat az egyenletesítő szakaszt megelőző elemek elrendezése, sajátosságai befolyásolják.

Feladat olyan kísérleti vizsgálat sorozatot végezni, amelyekkel a mérés hibája és a mérési körülmények (a mérőperemet megelőző egyenes cső hossza, az egyenes csőhosszat megelőző zavarások jellege és mértéke) közötti kapcsolat kimutatható. Sebességmérés segítségével vizsgálendő a mérőperem előtt a kialakult sebességprofil.

Rendelkezésre áll

- Kör keresztmetszetű csővezeték csőívekkel, beszívó és szabványos átfolyó mérőperemmel, nyomáskivezető furatokkal, sebességmérési keresztmetszetekkel.
- Szabványos mérőperemhez kalibrált beszívó mérőperem a valóságos térfogatáram mérésére
- Prandtl cső a sebesség mérésére,
- pozícionáló berendezés, sebességmérés helyének beállításához
- laptop a pozícionáló működtetéséhez
- mikromanométerek,

**A feladatot végzők számára ajánlott még:** Az áramlástan alapjai tankönyv 4. kiadásából: 10 fejezetét (Hidraulika), valamint a 6.3. leckét (A sebesség és térfogatáram mérése).

Kulcsszavak szakirodalom kereséséhez: térfogatáram, flow rate, térfogatáram mérés hibája, error of flow rate measurement, mérőperem, orifice, Prandtl cső, Pitot-static tube, sebességmegoszlás, velocity distribution

## Csővezeték „C” Mérési feladat

### *A csővezetékben kialakuló áramlási viszonyok és azok hatása a térfogatáram mérésre sebességmérésen alapuló módszer esetén*

Istók Balázs ([istok@ara.bme.hu](mailto:istok@ara.bme.hu))

A műszaki gyakorlatban széles körben alkalmazzák a szűkítőelemes és a sebességmérésen alapuló térfogatáram mérést, amelynek hibáját jelentős mértékben befolyásolják az áramlási viszonyok a mérés helyén.

Feladat olyan kísérleti vizsgálatokat végezni, amelyekkel a mérés hibája és a mérési körülmények (a mérőperemet, vagy a sebességmérési keresztmetszetet megelőző egyenes cső hossza, az egyenes csőhosszat megelőző zavarások jellege és mértéke) közötti kapcsolat kimutatható. 10pont és log-lin módszerrel végzett sebességmérésen alapuló térfogatáram-mérés pontosságát kell megvizsgálni 1-2 könyököt tartalmazó csővezetékben a könyökök után különböző távolságokra.

Rendelkezésre áll

- Kör keresztmetszetű csővezeték csőívekkel, beszívó és szabványos átfolyó mérőperemmel, nyomáskivezető furatokkal, sebességmérési keresztmetszetekkel.
- Prandtl cső a sebesség mérésére,
- pozícionáló berendezés, sebességmérés pozíciójának meghatározásához
- laptop pozícionáló működtetéséhez
- mikromanométerek,

**A feladatot végzők számára ajánlott még:** Az áramlástan alapjai tankönyv 4. kiadásából: 10 fejezetét (Hidraulika), valamint a 6.3. leckét (A sebesség és térfogatáram mérése).

Kulcsszavak szakirodalom kereséséhez: térfogatáram, flow rate, térfogatáram mérés hibája, error of flow rate measurement, mérőperem, orifice, Prandtl cső, Pitot-static tube, sebességmegoszlás, velocity distribution.