



Szélcsatorna szimulációs kísérletek

**készítette:
Takó Szabolcs (IRUQE1)
környezetmérnök Msc.**

Budapest, 2011

Tartalomjegyzék

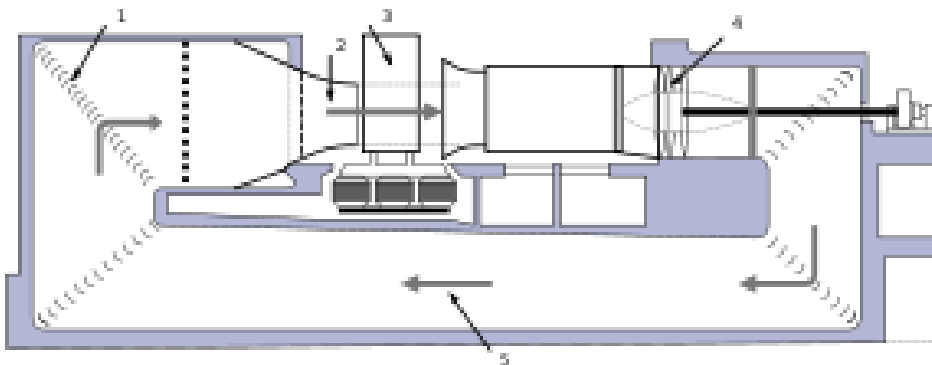
1. Bevezetés, szélcsatorna leírása	3
2. Méréstechnika	4
2.1. Áramlások vizualizációja	4
2.2. Gázkoncentráció mérés.....	5
3. Az órai bemutatott modell kísérletek	5
4. Források	9

1. Bevezetés, szélcsatorna leírása

Egy óra keretében látogatást tettünk az egyetem területén található Kármán Tódor szélcsatorna laboratóriumában. A szélcsatorna 1934-38 között épült a DVL (Német Repüléskísérleti Intézet: Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt) tervei alapján. Nyitott mérőterű, göttingeni típusú szélcsatorna. A mérőtér kör keresztmetszetű, 2,6 m átmérőjű. A maximális szélesség 220 km/h. A mérőtér felett beépített aerodinamikai mérleg alkalmas a mérőtérbe helyezett modellekre ható 6 erő- illetve nyomatékkomponens mérésére.

Az atmoszférikus áramlások, épületek körüli áramlások vagy szennyezőanyag-terjedés vizsgálatához a mérőtérben egy síklap és egy elforgatható körasztal van beépítve. Az atmoszférikus határréteg modellezése a szélcsatorna konfúzorban elhelyezett változtatható osztású ráccsal, valamint a síklapra rögzített érdességi elemekkel lehetséges.

[ara.bme.hu]



1. ábra: Szélcsatorna vázlata



- 1 – terelőbordák
- 2 – fúvóka
- 3 – kisminta-tartó keret
- 4 – ventilátor
- 5 – légvisszaforgató csatorna

Az egyetemen használt szélcsatorna szerkezete visszatérő áramú szélcsatorna. Ebben az esetben ventilátornak nem kell a nyugvó levegőt felgyorsítania, hanem csak a folyamatosan keringésben lévő légáram energiavesztését kell pótolnia, így üzeme gazdaságosabb, mint más kialakításúaknak. Ennél a szerkezetnél a külső környezet sem befolyásolja a vizsgálatok lefolytatását és a szélcsatorna üzeme sem zavarja a környezetet (nincs erős ventiláció és zaj). A korszerű szélcsatornák túlnyomó többsége ilyen elrendezésű. A négy fordulókamrában légtelítő lapátok terelik el az áramlást 90°-kal. Ezek a szélcsatornák sokszor zárt mérőtérrel épülnek, ellenkező esetben a szabad sugarat tölcseres alakú felfogó száj tereli a csatornába.

A szélcsatornák ventilátorát vagy fúvóját a különböző áramlási sebességek elérése céljából fokozatmentesen változtatható hajtással látják el.

A szélcsatorna kísérleti berendezés, melyet elsősorban testek körül áramló közeg hatásainak vizsgálatára fejlesztettek ki. Ezek a vizsgálatok irányulhatnak a következőkre:

- az áramlásba helyezett testre ható légerőkre (felhajtóerő, közegellenállás illetve a légerők nyomatóka)
- nyomáseloszlás az áramlásba helyezett test körül
- a határreteg viselkedésének tanulmányozása
- az áramvonalak alakja
- légáramlás keltette rezgés és zaj tanulmányozására
- áramlásba helyezett test hőátadása

A szélcsatorna függőleges elrendezésben sport (pl. ejtőernyős ugrás gyakorlása) vagy rekreációs céllal is használható. [audi.de]

2. Méréstechnika

Az áramló levegőbe helyezett modellek vizsgálatához szükséges a modellen illetve a modell környezetében a fizikai jellemzők mérése. Ezek lehetnek az áramló levegő sebességkomponensei, az abszolút és a relatív nyomás, hőmérséklet, erők, gázkoncentráció stb. A következő méréses technikai módszerek állnak a rendelkezésünkre:

- nyomásmérés
- erőmérés
- áramlások vizualizációja
- sebességmérés
- gázkoncentráció mérés

Ezekből csak az azokat fogom kiemelni a következőkben, amikkel az órán találkoztunk. [ara.bme.hu]

2.1. Áramlások vizualizációja

A fizikai jellemzők mérése mellett az áramlási vizsgálat fontos része az áramlási mechanizmusok megértését elősegítő áramlásmegjelenítés. Ezeknek számos módja lehet, a BME áramlástan laboratóriumában ezekből a következőket használják:

Áramlásvizualizáció olajköddel és lézersíkkal

Az áramlásba olajködcsíkokat vezetünk ezeket hagyományos fénnyel vagy lézersíkkal világítjuk meg. (3. pontban leírt kísérleteknek ez az alapja.)

Homokerózió

A vizsgált modell feketére festett felületét fehér, azonos szemcseméretű homokkal szórják be. A különböző sebességű szél által elhordott homok helyén megjelenő fekete foltok fényképezésével a helyi szélviszonyokat jellemző digitális intenzitásképek készíthetők. (Ez a módszer egy órai előadás keretében került ismertetésre.)

További, a tanszék által már kipróbált módszerek:

- Felületi áramvonalak megjelenítése festék-paraffin keverékkel
- Áramvonalak megjelenítése „smoke wire” technikával.

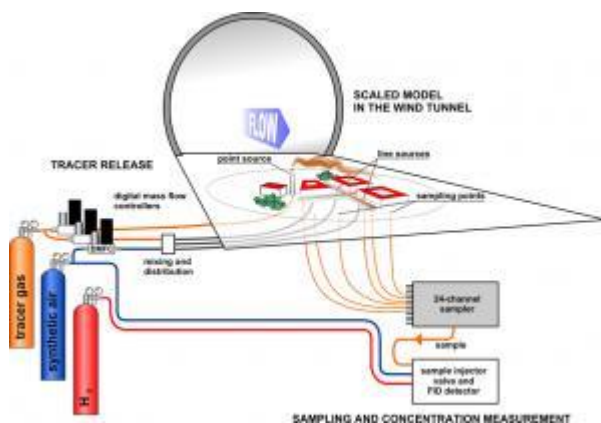
[ara.bme.hu]

2.2. Gázkoncentráció mérés

A szélcsatornában végzett szennyezőanyagterjedési vizsgálatokban nyomgázt bocsátanak ki, majd a mintavételi helyeken elszívott gázminta koncentrációját határozzák meg. Ehhez szükséges ismert mennyiségű nyomgáz kibocsátása, illetve gázminták egyidőben történő elszívása, majd a gázminták elemzése.

A gázkibocsátást digitális tömegáram- szabályozó Brooks 5850S egységek végzik (0.7% ill. 0.2% FS), a mintavételezést illetve a gázminták egymás utáni detektorra juttatását pedig egy, a tanszék saját fejlesztésű mintavevő berendezése végzi. A koncentrációk meghatározása lángionizációs detektorral történik. (FID)

Lehetőség van szennyezőanyag- források körüli koncentráció meghatározására a szennyezőforrás helyén kibocsátott olajköddel is, amelyet lézersíkkal világítanak meg, és nagy intenzitásérzékenységű kamerával digitalizálnak. Az alkalmazott lézersík 6 mW-os folyamatos üzemű lézert használ, a síkot rezgőtükör hozza létre. A kamera LaVision Imager Intense 10 bit színmélységgel, 30fps maximális rögzítési sebességgel és 640x480 pixel felbontással.



2. ábra: Gázkoncentrációs mérés

[ara.bme.hu]

3. Az órai bemutatott modell kísérletek

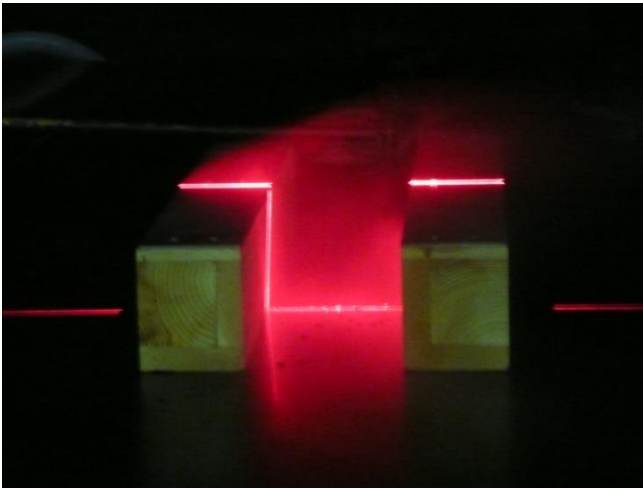
Órán az alábbi eseteket figyeltük meg:

- Utca kanyon örvény
- Magas épületek hatása
- Félgömb épület
- Budapest Aréna

- Bonyolult épület
- Henger körüli áramlás

A kísérletek során a szélcsatornába különböző geometriai alakzatokat tettünk, majd olajködöt fújtunk rá és ezt lézerrel megvilágítottuk, így tettük szemléletessé, láthatóvá az áramlástani jelenségeket (ld.: 2.1. pont).

3.1. Utca kanyon örvény

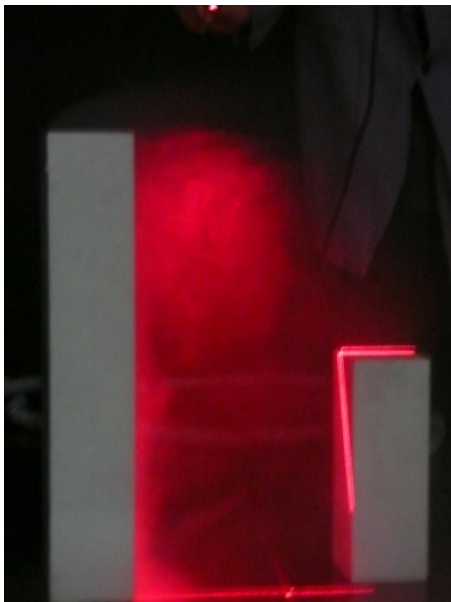


3. ábra: Utca kanyon örvény

Az utca kanyon örvény az utca szakasz mentén elnyúló örvény. A jelenség során a házsor megemeli az áramlást. Az épületsor felett zavartalan feláramlás alakul ki. Ez hajtja meg az utca kanyon örvényt

Az utca kanyonban cirkuláció alakul ki az utcára merőleges megfújás esetén, amely esetünkben az utca kanyon bal oldalára gyűjti a szennyező anyagot

3.2. Magas épületek hatása

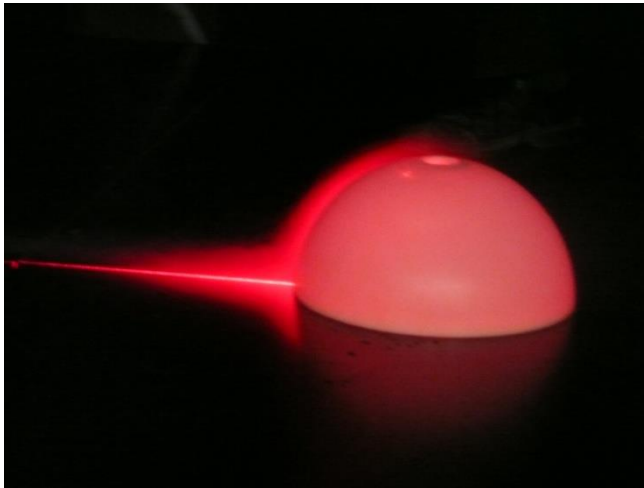


4. ábra: Magas épületek hatása

A mérési eredmények a szimulációs eredményekkel összehasonlíthatók. A magas épületeknek nincs olyan rosszhatása, mint azt először gondolták. Alapvetően áramlási ellenállás, de a környezetében jó, felemelheti a szennyezőanyagokat megfelelő megfújás esetén.

Ugyanis ha a magas épület leválási buborékába engedjük a szennyezőanyagot, akkor az kitölti a buborékot és felszáll az épület tetejéig. A jelenség során patkóörvények is megfigyelhetők.

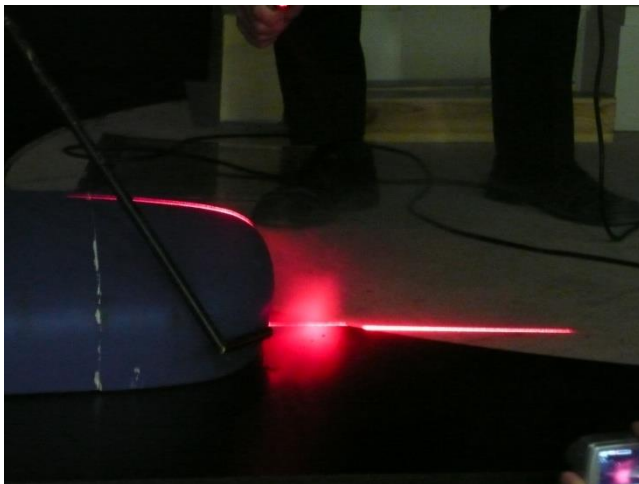
3.3. Félgömb épület



5. ábra: Félgömb épület

A félgömb előtt a torlópontban nem alakul ki patkó örvény. Az áramlás szépen leköveti az alakot. Az áramlás szempontjából kedvező ez a kialakítás. Minél kisebb a leválás az épület mögött, annál kisebb a szélesebbég.

3.4. Budapest Aréna

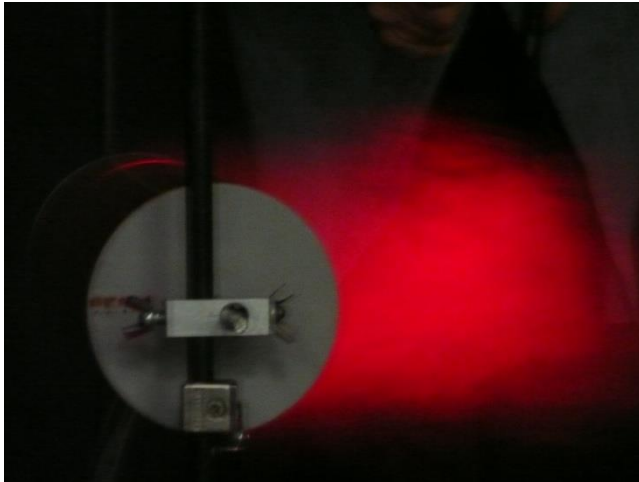


6. ábra: Budapest Aréna

Az épület eleje úgy viselkedik, mint egy tompa test, a homlokfalon leválási buborék keletkezhet.

Az áramlás rásimul az épületre.

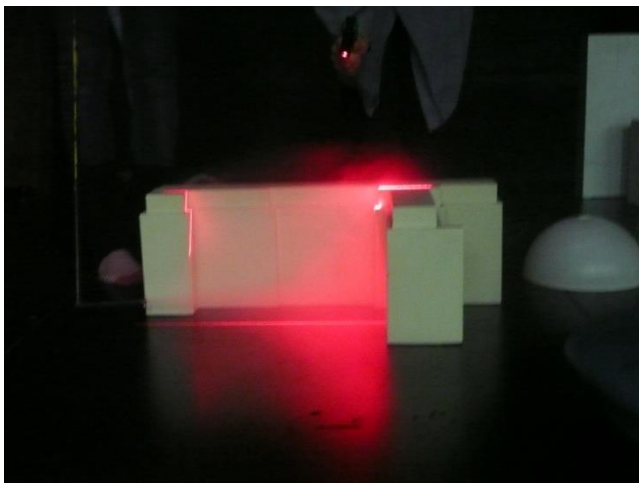
3.5.Henger körüli áramlás



7. ábra: Henger körüli áramlás

A henger mögött Kármán- féle örvény sor válik le, bizonyos Re szám esetén. Erre példa: kémény és villanypózna mögött alakulhat ki. Az örvény leválásnak van frekvenciája és a vezetékek lebegnek, ez hallható hangot eredményez. Magas kémények is berezonálhatnak (a megfújás iránya merőleges a kéményre).

3.6. Bonyolult épület



8. ábra: Bonyolult épület

45° megfújás esetén sarokörvény alakulhat ki. Az épületről függőleges tengelyű örvény válhat le.

A bonyolult szerkezetű épületek „udvarába” beszorulhat a szennyezőanyag.

A szélcsatornát autók tervezésénél is előszeretettel használják. Jármű áramlástanban az autó ellenállás tényezőjének (C_e) leszorítása az elsődleges. Ez által csökkenthető az üzemanyag fogyasztás. A tervezés során a sárfelhordást is lehet csökkenteni, ha az autó hátsó részén csökkentjük a leválási buborékot, illetve a kerékház megfelelő kialakításával is segíthetünk ezen a problémán.



9. ábra: áramvonalas autó

A szélcsatornát rekreációs célokra is lehet használni. Tervben van, hogy egy ejtőernyős szélcsatornát építenek Óbudán. Ez lesz a térség első ilyen jellegű szélcsatornája. Egy ilyen beruházás a következőket segítheti:

- katonai ejtőernyősök kiképzésére
- tudományos célra: az áramlástan tanszékek kutatási feladatainak elvégzésre
- mozgássérültek rehabilitációjára
- ejtőernyő-gyártó cégek kutatási vizsgálataira

[xlsport.hu]

4. Források

- <https://xlsport.hu> (Ejtőernyős szélcsatorna Óbudán)
- <https://audi.de> (Windkanal)
- www.ara.bme.hu (Kármán Tódor szélcsatorna)
- Dr. Gruber József, Blahó Miklós: *Folyadékok mechanikája* Tankönyvkiadó, Budapest, 1965.
- Wittman Gábor, **Épület aerodinamikai mérések Budapesti Műszaki egyetem áramlástan tanszékének szélcsatornájában**