

# Szélcsatornaépítés a gyakorlatban

## Wind tunnel making in practise

A. KOSTYÁK<sup>1</sup>, F. SZODRAI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>University of Debrecen, attila.kostyak@gmail.com

<sup>2</sup>University of Debrecen, szodrai@eng.unideb.hu

*Absztrakt. Cikkünkben a kis sebességű szélcsatornával foglalkoztunk. Célunk az volt, hogy létrehozzunk egy olyan nyitott rendszerű szívott légcsatornát, melynek segítségével a későbbiekben méréseket végezhetünk. Ehhez szükséges volt a szélcsatorna prototípusának megalkotása és kalibrációs mérések elvégzése, hogy a mérőtérben uralkodó áramlásviszonyokat feltérképezzük. A szélcsatornánkban teljesültek várakozásaink, de számos ponton van tér még a fejlesztésre, amit a levont tapasztalatok alapján kívánunk megtenni.*

*Abstract. In this paper, we examined the low speed wind-tunnels. Our goal is to construct an open flow system wind-tunnel that can be utilized in our measurements. To make such a wind-tunnel we needed to build a prototype and calibrated with the help of measurements. Then we determined the flow at the area of measurement. Finally results of the measurements satisfied our expectations. Although there is still much more in development that we would like to do based on the newly gained experience.*

### Bevezetés

A szélcsatornákat légnemű közegek áramlásának vizsgálatának fontos eszköze. A vizsgálatok során szükséges, hogy a mérőtérben az általunk kívánt áramlási kép előállítható és reprodukálható legyen, ezáltal alapot adva az összehasonlításoknak, a különböző hatások modellezése érdekében. Dolgozatomban a szívott rendszerű nyitott áramú szélcsatornákat vizsgáltam. Ahhoz, hogy konkrét méréseket végezhetünk és a szélcsatorna rendszerek részegységeit megvizsgálhassuk saját szélcsatornát építettük. Dolgozatunkban a szélcsatorna prototípus megépítésének kihívásait és a benne végzett mérések bemutatását prezentáltuk.

### 1. Szélcsatorna építés

A szélcsatorna típusok közül a nyitott rendszerű, szívott szélcsatornák a műszakilag egyszerűbb és könnyebben kivitelezhető típusok, így ezt az elrendezési formát választottam.

#### 1.1. Részegységek

Az építés során 2db KLIMAWENT gyártmányú WP-11 radiális lapátos csőventilátor állt rendelkezésünkre. Ahhoz, hogy a lehető legnagyobb térfogatáramot tudjuk előállítani a szélcsatornában a

ventilátorok párhuzamos kötését alkalmaztuk. Mivel a ventilátorok azonos típusúak, így nyomásgörbéjük megegyezik, így párhuzamos kapcsolás esetén munkapontjuk is azonos.

A mérőteret a ventilátor teljesítményéhez próbáltuk igazítani. A hasznos mérőtér 400 mm széles és 550 mm magas négyszög keresztmetszetű. A mérőtér 1 db 1,5m hosszú légsatorna darabból került kialakításra. Azért, hogy az áramlást a rögzítés technikai elemekkel és a mérőegységek részeivel minél kevésbé zavarjuk meg, a légsatorna aljába egyedi dobozt helyeztünk el.

Az egyedi doboz pontosan illeszkedik a mérőtérként használt légsatornához, ezáltal álpadlót hoztunk létre.



1. ábra: Szélcsatorna kialakítása

A szélcsatorna négy szakaszból áll. Mind a 4 szakasznak az alapja 400•700-as négyszög keresztmetszetű légsatorna. A fenti képen a szélcsatornához tartozó 3 szakasz látható. A 4. szakasz, a ventilátor fogadó idom.

Azért, hogy a beáramló levegő ne közvetlenül a mérőtérbe kerüljön 1 m hosszú belépő szakaszt helyeztünk a rendszerbe. A belépő szakasz végén, hogy elkerüljük a hirtelen keresztmetszett szűkülést, amit a mérőtérbe helyezett doboz okozna, egy egyedi kiegészítő elemet helyeztünk a légsatorna aljára. Az elem egyenletes szűkítést valósít meg a belépő szakaszon. A kezdeti 400•700 belépő keresztmetszet a belépő szakasz végére 400•550 szűkül, ami pontosan megegyezik a mérőtér hasznos keresztmetszetével.

Az elem használatával egyenletes szűkítést hoztunk létre, ami képes elhárítani a hirtelen szűkülés okozta áramlási kép torzítását. Emellett az irodalom áttekintés [1-3] szerint az szűkítés által létrejövő keresztmetszet csökkenés okozta légsebesség, illetve mozgási energianövekedés képes az adott keresztmetszeten átáramló levegő sebességeloszlás görbéjének egyenletesítésére. Annak érdekében, hogy szereléstechnikailag ne ütközzünk nagyobb nehézségekbe, a szűkítés egyenletes ugyan, de nem szimmetrikus. A szélcsatorna felső falát a teljes szélcsatorna hosszon érintetlenül hagytuk.

A mérőteret elhagyó levegő a kilépő szakaszba lép, ami inverz kialakítású a belépő szakasszal. A kilépő szakasz után a ventilátor fogadóidom következik, amit egy 400•700-as négyszögletű légsatorna elem lefenekelésével alakítottunk ki. A lefenekelt légsatornára két NA300-as síkra ültetöt helyeztünk el.

## 1.2. Szélcsatorna ellenállása, ventilátorok munkapontjának meghatározása

A ventilátor fogadó idom okozta nyomásesés kiszámíthatatlansága miatt nehéz kalkulálni a rendszer ellenállását. Hogy ezt mégis meg tudjuk tenni a mérőtérben áramló levegő sebességét megmértük, melyből az átáramló közeg térfogatáramát meghatározva, becslést adhatunk a rendszerben létrejövő nyomásesésre.

A mérést Prandtl cső segítségével végeztük, amit a mérőtérbe helyeztünk el. A mérések átlaga szerint a szélsatorna mérőtérében 4,72 m/s légsebesség volt mérhető. Ez alapján az átáramló közeg térfogatárama nagyságrendileg 3738 m<sup>3</sup>/h, ami a ventilátorok jelleggörbéjét figyelembe véve 180 Pa össz nyomásesésnek felel meg.

$\Delta p$ veszteségek az adott elemeken összesen ( $v=4,47$ m/s):	180 Pa
Belépés	0,7 Pa
Konfúzor	4,2 Pa
Mérőtér	0,7 Pa
Diffúzor	4,2 Pa
Hirtelen szűkülés, ventilátorok egymásra gyakorolt hatása, szereléstechikai veszteségek	170,2 Pa

1. táblázat: veszteségek az adott elemeken

A számítható elemek nyomásesését levonva a szerelés technikai és a ventilátor elhelyezés okozta plusz nyomásesés 170,2 Pa, ami nagyságrendi eltérés a többi elem ellenálláshoz képest. Ebből is látható, hogy a pontos szereléssel és a ventilátorok közelségéből adódó áramlási kép zavarásának hatását csökkentve jelentősen lehet csökkenteni a rendszer ellenállást.

Annak köszönhetően, hogy a ventilátorok a szívott oldalon helyezkednek el, nem kell attól tartani, hogy az áramlás a mérőtérben zavart lesz, de a rendszeren áthaladni képes térfogatáram mértékét átalakítással növelni lehet.

## 2. Kalibrációs mérések

### 2.1. belépő keresztmetszet mérése

Az első vizsgálatunk a szélsatorna belépő keresztmetszetén átáramló levegő sebességének a vizsgálata volt. A vizsgálat során szélkerékkel és hődrótos sebességmérővel végeztünk méréseket. A vizsgált keresztmetszetet 9 részre osztva vizsgáltam. Minden esetben a kilenc mérési négyszög közepébe próbáltuk helyezni a mérő szenzorokat. A mérések átlagát az alábbi 2. táblázat foglalja össze:

	Szélkerékes mérés	Hődrótos mérés	Eltérés
Átlag szélssebesség	4,29 m/s	3,7 m/s	0,59 m/s (13,75%)
Térfogatáram	4324 m <sup>3</sup> /h	3730 m <sup>3</sup> /h	594 m <sup>3</sup> /h (13,75%)

2. táblázat: Mérések átlaga

### 2.2. Mérőtér adott keresztmetszetének vizsgálata

A mérőtér azon keresztmetszetét vizsgáltuk meg, amely síkban a későbbiekben mérendő tárgyak elhelyezésre kerülnek. A vizsgált keresztmetszetet a konfúzor szakasz és egy 1 méteres egyenes

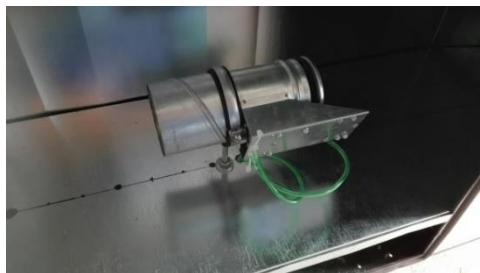
csőszakasz előzte meg. Egy síkban több ponton mértük az áramló levegő sebességét. Miután az általános sebességméréseket elvégeztünk sejteket kaptunk a belső térben áramló közeg azonos keresztmetszeten vett légsebesség eloszlásáról.

Az első méréseket Prandtl csővel végeztük el. A Prandtl, csővel a kijelölt keresztmetszet (400•550) középpontját vizsgáltuk. A Prandtl csővel nem végeztünk a középpont vizsgálatán kívül további méréseket szereléstechikai nehézségek miatt, így a későbbi vizsgálatokban is a Prandtl cső mérőfejét a vizsgált tér középpontjába helyeztük el.

A mérés során 14 Pa nyomáskülönbséget mértünk, melyből a külső légállapotokat figyelembe véve légsebességet számoltunk. A kiszámított érték: 4,72 m/s

A számítások alapján, a mérőtérben mért légsebesség és a belépő keresztmetszeten tapasztalható légsebességből számított, mérőtérben várható légsebesség közel megegyezik. A szélkerékes méréshez viszonyítva a mért és számított értékek között körülbelül 13% eltérés tapasztalható, míg a hődrótos mérések alapján a mért és számított értékek közel megegyeznek.

Mivel a Prandtl csövet szerelés technikai okokból nem tudtuk több pozícióban elhelyezni, így nem tudtuk a keresztmetszeten tapasztalható sebességeloszlást felmérni. Ezért az AIRVENT ZME-100 mérőperemet használtuk fel. Fontos megjegyezni, hogy a mérőperemmel a rajta átáramló közeg sebességét tudjuk meghatározni, viszont a mérőperem külső dimenziója keltette zavaró hatások és beömlési, áramlási veszteségek nem teszik lehetővé, hogy az adatokat egy az egyben megfeleltessük a szélcsatornában tapasztalható áramlási sebességgel. Viszont a mérőperem alkalmas arra, hogy a vizsgált keresztmetszeten átáramló közeg sebességeloszlását megbecsülhesstük.



2. ábra: AIRVENT ZME-100 mérőperem

A szélcsatorna aljától 13cm-re a mérőperem középpontja	19 Pa
A szélcsatorna közepére helyezve	17 Pa
A szélcsatorna tetejétől 13cm-re a mérőperem középpontja	16 Pa

3. táblázat: Nyomáskülönbségek

A mérésekből látható, hogy az áramlás nem tökéletesen egyenletes. Előzetes feltételezésünk szerint azt vártuk, hogy a csatorna közepén nagyobb nyomáskülönbséget mérünk a mérőperemmel, de a csatorna alján elhelyezett mérőperem esetén történt a legnagyobb nyomásesés.

### 2.3. Szabályószelep vizsgálata

Miután a szélcsatornában uralkodó áramlásviszonyokat megvizsgáltuk, arra voltunk kíváncsiak, hogy a mérőterbe helyezett csőrendszerben érvényesülnek e várakozásaink, vagy a behelyezett test a mérőterben áramló közegre oly mértékű torzító hatással lesz, hogy az a mérési eredményeket is befolyásolja. Ehhez olyan rendszert állítottunk össze, melynek a paraméterei gyárilag jól meghatározottak és egyszerűen változtathatók.



3. ábra: AIRVENT KBI100 szabályószelep

A rendszerbe a levegő egy koncentrikus, hirtelen szűkítést megvalósító szabályzó szelepen (AIRVENT KBI100) keresztül kerül be, majd 300 mm (3 D hosszúságú) hosszú csőszakasz után az előbbieken is használt mérőperembe került. A méréseket a mérőperem csomkjainak segítségével végeztük. A mérés abból állt, hogy a szelep összes fokozata mellett megvizsgáltuk az átáramló levegő térfogatáramát, sebességét.

Szabályószelep állása	Nyomáskülönbség	Térfogatáram	Légsebesség
0	19 Pa	0,0314 m <sup>3</sup> /s	4 m/s
2	16 Pa	0,0288 m <sup>3</sup> /s	3,67 m/s
4	11 Pa	0,0239 m <sup>3</sup> /s	3,04 m/s
6	6 Pa	0,0176 m <sup>3</sup> /s	2,24 m/s
8	1 Pa	0,0072 m <sup>3</sup> /s	0,92 m/s

4. táblázat: Mérési eredmények

A 4. táblázatból látható, hogy a szelep állításával közel egyenletesen és arányosan változott a rendszeren átáramló levegő sebessége, valamint a térfogatáram. Tehát a szélcsatornánk mérőterében is érvényesültek a várt tulajdonságai a csőrendszernek, vagyis a behelyezett csőrendszer visszahatása a mérőterben áramló közegre nem volt oly mértékű, hogy a mérés ne a vártak szerint alakuljon. Ez alapján arra következtetünk, hogy a szélcsatornánk összehasonlító mérések végzésére alkalmas.

### 3. Összegzés

A mérésekből következtethető, hogy szélcsatornánk további fejlesztésre szorul. A fejlesztéseket CFD szoftveres szimuláció fogja megelőzni, hogy a kalkulált és valós változásokat össze tudjuk vetni. A megépített szélcsatorna jó alap e fejlesztések elvégzésére és a különbségek vizsgálatára.

## Hivatkozások

- [1] Lajos Tamás; Az áramlástan alapjai; Budapest 2008
- [2] Fekete-Menyhárt; A légtechnika elméleti alapjai; Budapest 1975
- [3] Vad János; Ipari légtechnika jegyzet