

## ULTRKÖNNYŰ REPÜLŐGÉPSZÁRNY AERODINAMIKAI VIZSGÁLATA

## WINGS OF ULTRALIGHT AIRCRAFT AERODYNAMICS EXAMINATION

Molnár Richárd<sup>1</sup>, Dezső Gergely<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Nyíregyházi Egyetem, Műszaki és Agrártudományi Intézet, Közlekedéstudományi és Infotechnológiai Tanszék, 4400 Nyíregyháza Sóstói út 31/B, Telefon: (42) 599-400, [molnarrichard@freemail.hu](mailto:molnarrichard@freemail.hu)

<sup>2</sup>Nyíregyházi Egyetem, Műszaki és Agrártudományi Intézet, Műszaki Alapozó, Fizika és Gépgyártástechnológia Tanszék, 4400 Nyíregyháza Sóstói út 31/B, Telefon: (42) 599-400, [dezsogergely@nye.hu](mailto:dezsogergely@nye.hu)

### Abstract

Nowadays more and more people build ultralight aircraft, because this process rather easy, than large aircraft type, furthermore documentation and operating the aircraft is easy too. This article is presenting the process of building concerning engineer works and documentation. The calculating can be done traditionally on paper which extremely complex work. Due to the technical involving we can doing this complex work more easily, base on the finite element method and aerodynamics simulation. If we make the adequate finite element method set the ideal boundary conditions and input-output settings, we can compare to the traditionally and modern simulate engineer work.

**Keywords:** *ultralight aircraft, finite element method, aerodynamics simulating.*

### Összefoglalás

Napjainkban egyre több ultrakönnnyű sportrepülőgép készül, mivel az építés folyamata, dokumentálása és a légijármű vezetése viszonylag könnyűnek mondható. A cikk ezen építési folyamat műszaki megvalósítását és dokumentálását mutatja be. A számítások elvégzése lehetséges klasszikus, papír alapú, összetett és meglehetősen bonyolult számításokkal. A technika fejlődésével lehetőség nyílik a számítások leegyszerűsítésére, melynek alapja a végelem módszer és az aerodinamikai szimuláció. A megfelelően kialakított végelem hálónak, valamint az ideális peremfeltételeknek és szimulációs input-output beállításoknak köszönhetően a klasszikus és modern számítások összehasonlíthatók, a pontos eredményhez vezető út időben jelentősen megrövidül.

**Kulcsszavak:** *ultrakönnnyű repülőgép, végelem módszer, aerodinamikai szimuláció.*

## 1. Tervezési folyamat

### 1.2. Klasszikus tervezési folyamat

A tervezés folyamata egyrészt a már sokat használt klasszikus számítási módszerrel is lehetséges, figyelembe véve a kötelezően előírt szabályokat, rendeleteket, alap-

követelményeket. A tervezés célja a szilárdsági méretezés, amihez meg kell határozni a szárny adott keresztmetszeteiben ható igénybevételeket. Ezt követően meg tudjuk keresni a legnagyobb igénybevételű keresztmetszet helyét, ami alapján meghatározzuk a szükséges anyagot és anyagvas-

tagságot. A hagyományos számítási folyamat menete vázlatosan a következő:

- méretezési sebességek meghatározása;
- terhelési terület meghatározása;
- a szárny megoszló terheléseinek számítása [2];
- a szárny eredő megoszló terheléseinek meghatározása.

A megoszló terheléseket integrálva (amely egy nagyon hosszadalmas és nagy pontosságot igénylő folyamat) megkapjuk az igénybevételeket.

### 1.1. Szimulációs tervezési folyamat

A modern szimulációs programoknak köszönhetően lehetőség nyílik ugyanezen mértékadó igénybevételek meghatározására, azonban a korábbi hosszadalmas, és bonyolult folyamatok kimaradnak. A folyamat kulcsfontossága a megfelelő végelem háló létrehozása, valamint a megfelelő peremfeltételek megadása. Ezáltal eredményünk meglehetősen pontos lesz, a valóságot tükrözi, tehát a további számításokhoz (szilárdsági méretezés, anyagmeghatározás) felhasználható.

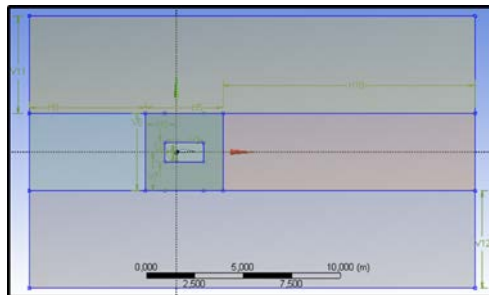
## 2. Modellalkotás

Szimulációval vizsgáltunk a szárny körül kialakuló áramlási tér jellemzőit különböző utazási sebesség, szárny állásszög esetén. Ehhez elvégeztük az előzetes érzékenységi vizsgálatokat. Két különböző modellt tanulmányoztunk

### 2.1. Végtelen szárny modell

A merev szárnyak áramlástani modellezésére bevált közelítő megoldás a végtelen szárny modell. Lényege, hogy a szárny körül kialakuló áramlástól eltolási szimmetriát feltételezünk. Ez azt jelenti, hogy elegendő a szárny egy keskeny szelete körül ismerni az áramlást, hiszen az eredmények eltolással kiterjeszthetők többi részre is. Tehát valójában a modell nem végtelen nagy szárnyat vizsgál, hanem annak csak egy kis szeletét. Az ilyen modell alkalmas a szárny

körüli nyomás- és sebességviszonyok feltárására, a felhajtóerő és ellenállás tényező modellezésére. Előnye, hogy a modellezett tértartomány nem túl nagy, ezért numerikus módszerek alkalmazása esetén a diszkrét modell szabadsági foka és ezzel együtt a számítási igény is alacsony értéken tartható, vagy a szabadsági fok emelésével hatékonyan csökkenthető a diszkretizációs hiba. A modell hátránya, hogy nem ad számot olyan fontos, nagyléptékű jelenségekről, mint például a repülőgépek szárnyvégéről kiinduló, a gép méreténél nagyságrendileg is nagyobb kiterjedésű örvénysor. Itt azonban e jelenséggel nem foglalkozunk. Az első tanulmányban a szárnyat végtelennek tekintve, annak egy 100 mm széles szeletére végeztük el a számításokat, megfelelő szimmetria peremfeltétel mellett. Ennek a modellnek az előnye az, hogy finomabb végelem felosztás létrehozását engedi meg.

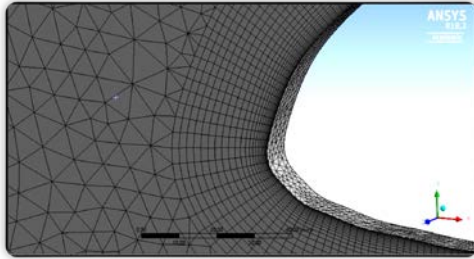


**1. ábra.** Végtelen szárny modell (A modellt hat részre osztottuk, abból a célból, hogy a végelem háló a szárny körül legyen a legfinomabb, mivel a számítás szempontjából a határréteg a legfontosabb)

Ugyanakkor itt kevésbé tanulmányozhatók a repülésben oly fontos szerepet játszó cirkulációk. Sikerült a számításokkal meghatározni a felhajtóerő-együttható és az állásszög kapcsolatát, amely a hagyományos tervezésnél általában külső forrásból származó adathalmazként áll rendelkezésre.

Ahhoz, hogy minél pontosabb eredményeket kapjunk, meg kell találnunk a meg-

felelő beállításokat, kezdve a végeelem hálózással. A végeelemek nagyságát addig kell csökkenteni, amíg az már nem lesz befolyással az eredményekre, ezt nevezzük háló érzékenységi vizsgálatnak. Az elem-méretet csökkentését a szárny körüli szelvényben végeztük el.

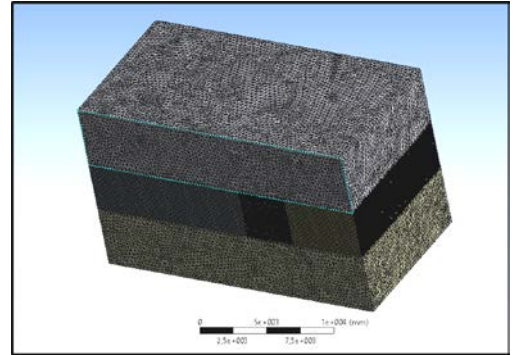


**2. ábra.** Hálóérzékenység a belépő élnél (Cél, hogy a határréteg mentén, minél kisebb végeelem méreteket érjünk el)

## 2.2. Véges szárny modell

A véges szárny modell (háromdimenziós modell) létrehozásának célja, hogy a szárny terjedtsége mentén vizsgálni tudjuk a különböző jellemzőket, legnagyobb hangsúlyt fektetve a nyomáseloszlások alakulására a szárnytőtől egészen a szárnyvégig. A modell létrehozása során nagy problémába ütköztünk, mivel a korábbi 100 mm-es szárnyselet helyett egy 12 méteres modellt kellett megalkotni, aminek köszönhetően az elemszám százazres nagyságról, milliós nagyságra növekedett. Sajnos egy adott elemméret után már nem készült el a végeelem felosztás, így az eredményeket tekintve pontatlanabb adatok állnak rendelkezésre. A háromdimenziós tér felosztást tekintve megegyezik a végtelen szárny modellével. A vizsgálandó félszárnyat, melynek mérete 5,185 méter, el kell helyeznünk egy olyan méretű modellben, ahol a véges szárny okozta hatások (szárnyvégi örvények) megfelelően elférnek, ezért hoztam létre egy 12 méter széles „dobozt”. Ebben az esetben a legfontosabb, amit vizsgálni

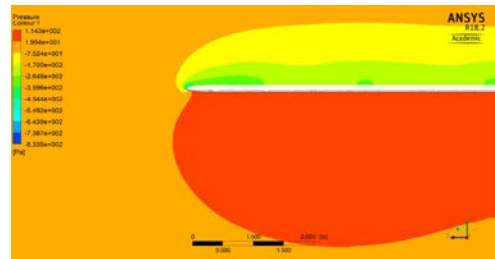
fogok, a szárny terjedtsége mentén a nyomáseloszlás alakulása, valamint számszerűsítése. Miután a konkrét adatokat kinyertük, összehasonlítottuk a hagyományos papír alapú számításokkal.



**3. ábra.** Véges szárny modell (A modell nagysága meglehetősen növelte a számítási igényt, valamint a megoldás idejét.)

## 3. Adatok kiértékelése

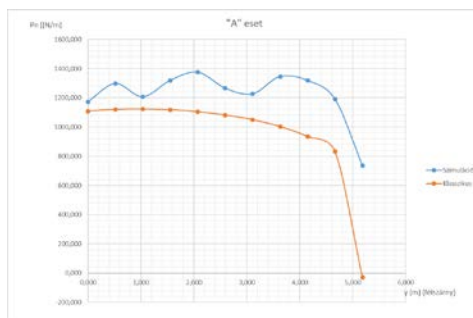
Véges szárny esetén a felhajtóerő eloszlás elliptikussá válik, mivel a szárny végén kiegyenlítődik a nyomás, ezért itt az  $F_{lift}=0$ . A **4. ábrán** ez jól látszik: létrehoztunk egy y-z síkot az x tengelytől 0,5 méter távolságban (tehát a húrhossz felénél) és megjelenítettük rajta a nyomáseloszlást. Jól látható, hogy az egész szárny alsó részén magasabb, míg a felső részén alacsonyabb a nyomás. A szárny vége felé haladva ez a nyomáskülönbség folyamatosan csökken, mígnem kiegyenlítődik.



**4. ábra.** Nyomás kiegyenlítődés véges szárnynál. Véges szárny modell

Következő lépésben egy x-y síkot hoztunk létre. A síkot a z irányban (szárny terjedtsége) bárhol el lehet helyezni és kiértékelni a nyomáseloszlást a kívánt szeletben. A hagyományos számítási módnál 11 pontban vizsgáltuk a félszárnyat, ezeket a pontokat az ANSYS-ban is felvettük. Lehetőség van az adott keresztmetszetben kinyerni a maximális és minimális nyomásértékeket. Ebből számolunk nyomáskülönbséget, majd ezt az adott állásszögre vonatkozó CL értékkel és szárnyasztet felületével megszorozzuk. Az így kapott eredmény lesz az összehasonlítási alap ( $P_n$  normálirányú terhelés). Következő lépésben a klasszikus és szimulációs módon kapott  $P_n$  értékeket ábráztunk egy adott sebesség és állásszög esetén (az 5. ábrán ez az „A” vizsgálati eset).

Az 5. ábrából az következik, hogy az eredmények meglehetősen hasonlítanak egymásra. A hullámzó eltérés abból adódik, hogy a modellezés során nem sikerült a megfelelő végelem felosztást létrehozunk technikai okokból, mivel egy ilyen nagyméretű aerodinamikai modell extrém gépteljesítményt von maga után.



5. ábra. Összehasonlító ábra (A felső görbe a szimulációs, az alsó a klasszikus módon kapott eredményeket jelöli)

### 3. Következtetések

Kimutattuk, hogy mindkét szimulációs stratégia alkalmas arra, hogy releváns, kvantitatívan felhasználható eredményeket szolgáltatassanak. Ezek az eredmények jó összhangban állnak a klasszikus számítási eredményekkel, amelyeket korábban már számos kísérlet igazolt.

### Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Petur Lajos: Repülőgép szilárdságtan, 1952  
Tankönyvkiadó vállalat
- [2] Rácz Elemér: Repülőgép tervezés, Tankönyvkiadó, Budapest.