

Sesaltı Rüzgâr Tünelinde Kanat Aerodinamiği Kuvvet ve Akış Görüntüleme Analizleri

Samet Giray Tunca^{1*}, Mustafa Arif Özgür²

¹ Makine Mühendisliği, Mühendislik Fakültesi, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya, Türkiye, 43000

² Makine Mühendisliği, Mühendislik Fakültesi, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya, Türkiye, 43000

Geliş: 15.11.2023, Kabul: 27.11.2023, Yayınlanma: 31.12.2023

ÖZ

Aerodinamik ölçümler kanat profillerinin karakteristik yapılarını belirlemek için yapılır. Bu ölçümler kanadın yapısını optimize etmek için kullanılır. Kanat profillerinin kalkış, uçuş ve iniş durumlarındaki durumunu incelemek için kaldırma katsayısı değerleri göz önünde bulundurulur.

Bu çalışmada kanat aerodinamiği çalışması ile sesaltı rüzgâr tünelinin akış doğrulama çalışması yapılmıştır. Sesaltı rüzgâr tüneline NACA0015 kanat profili incelenmiştir. Test odasına kuvvet sensörü yerleştirilerek kanat profili analizi yapılmıştır. Sesaltı rüzgâr tüneline bal peteği, akış fileleri, daralma konisi, test bölmesi, difüzör ve emiş motoru bölümleri bulunmaktadır. Test bölmesi 50x50 cm olan sesaltı rüzgâr tüneline kullanılan model 3d yazıcı yöntemi ile imal edilmiştir. Kaldırma ve sürükleme kuvveti ölçümleri 6×10^4 , 8×10^4 ve 10×10^4 Reynolds sayısı (Re) değerlerinde çalışılmıştır. Ölçümler hücum açısının 0° den başlayarak iki derecelik artışlarla analiz edilmiştir. Konumlanmanın test odasının içinde olacak şekilde farklı Re sayılarında yapılan ölçümler neticesinde yaklaşık olarak 9 ve 10 derecelik açılarda tutunma kaybının başladığı gözlemlenmiştir.

Direnç teli ile yapılan akış görüntüleme sistemi rüzgâr tüneline test bölmesinde duman akışı oluşturulmuştur ve akış ayrışması bu yöntem ile görüntülenmiştir. Akış görüntüleme deneyi 6 m/s hızda 6×10^4 Re sayısında gerçekleştirilmiştir. Yüksek Re sayılarında akış görüntüleme deneylerinden sonuç almak için Re formülündeki değişkenleri düzenlemek gerekmektedir. Çalışılan kanadın veter uzunluğu değiştirildiğinde Re sayısı da değişecektir.

Yapılan çalışmalar neticesinde kaldırma kuvveti değerleri ve akış görüntüleme ile elde edilen duman görüntüsünde tutunma kaybı derecelerinin birbiri ile örtüştüğü anlaşılmıştır.

Anahtar kelimeler: Rüzgâr tüneli; tutunma kaybı; kanat profili; kaldırma katsayısı; akış görüntüleme

Wing Aerodynamics Force and Flow Imaging Analyzes in Subsonic Wind Tunnel

ABSTRACT

Aerodynamic measurements are made to determine the characteristic structures of airfoils. These measurements are used to optimize the structure of the wing. Lift coefficient values are taken into consideration to examine the condition of the wing profiles during takeoff, flight and landing.

In this study, wing aerodynamics study and flow verification study of subsonic wind tunnel were carried out. The NACA0015 airfoil was examined in the subsonic wind tunnel. Airfoil profile analysis was

performed by placing a force sensor in the test chamber. There are honeycomb, flow nets, constriction cone, test chamber, diffuser and suction motor sections in the subsonic wind tunnel. The model used in the subsonic wind tunnel with a 50x50 cm test chamber was manufactured using the 3D printer method. Lift and drag force measurements were studied at Reynolds number (Re) values of 6×10^4 , 8×10^4 and 10×10^4 . Measurements were analyzed in two-degree increments of the angle of attack, starting from 0° . As a result of the measurements made at different Re numbers, with the positioning inside the test chamber, it was observed that adhesion loss started at angles of approximately 9 and 10 degrees.

Smoke flow was created in the wind tunnel test chamber of the flow imaging system made with resistance wire and flow separation was visualized with this method. The flow imaging experiment was carried out at a speed of 6 m/s and a Re number of 6×10^4 . In order to get results from flow imaging experiments at high Re numbers, it is necessary to arrange the variables in the Re formula. When the chord length of the studied wing is changed, the Re number will also change.

As a result of the studies, it was understood that the lift force values and the stall degrees in the smoke image obtained by flow imaging overlapped with each other.

Keywords: Wind tunnel; stall; airfoil; lift coefficient; flow imaging

1. GİRİŞ

Aerodinamik ölçümler kanat profillerinin karakteristik yapılarını belirlemek için yapılır. Bu ölçümler kanadın yapısını optimize etmek için kullanılır. Kanat profillerinin kalkış, uçuş ve iniş durumlarındaki durumunu incelemek için kaldırma katsayısı değerleri göz önünde bulundurulur. Farklı açılarda yapılan çalışmalar ile karşılaştırmalar yapılarak kanat profil yapı değerlendirilir. Literatürde kanat profillerinin incelendiği bir çok aerodinamik ölçümler yapılan çalışmalar bulunmaktadır.

Akış görüntüleme yöntemlerinden olan duman teli deneyleri rüzgâr tünellerinde sıklıkla kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem rüzgâr akışının geldiği yönde test bölmesinin ön tarafında yukarıdan aşağıya gerilmiş bir direnç teli kullanılarak belirli bir volt akım sayesinde duman akış çizgilerini oluşturmakta, akışı karakteristiğini ortaya koymaktadır. Duman eldesi birçok şekilde gerçekleştirilebilir. Burada dikkat edilmesi gereken husus akışı engellemeyecek şekilde bir tasarım yapılmasıdır. Aksi durumda kalınlığı fazla gelen duman teli akışı türbülanslı hale getirerek bozabilir (Kazemi, Ahmadabadi, Sedaghat, & Saghafian, 2016) (Genç, Özışık, & Kahraman, 2008) (Barlow, Harper, & Pope, 1999).

Yapılan projede geometrileri farklı kesitlerin uzun açıklıklı köprülerde aerodinamik açıdan yapılarının tespiti için deneysel ve sayısal analizler yapılmıştır (Uzol & Kurç, 2012).

Koca M.S. tarafından yapılan tez çalışmasında su tüneli kullanılmıştır. Akış analizlerinin gerçekleştirileceği model üzerine robotik olarak hareket kazandırabilen kuvvet cihazının tasarım çalışması yapılmıştır. Bu cihaz yunuslama, eksenel ve yalpa hareketlerini gerçekleştirebilmektedir. Sürecin robotik hareket düzeneğine bağlı altı eksenli, dış, denge düzeneği ile statik, dinamik ve adım tarama deneylerinin aerodinamik kuvvet ölçümü ve uçuş benzetimi başlıkları altında gerçekleştirilmesi hedeflenmiştir (Koca, 2019).

Kanat aerodinamiği çalışan Önen B. yaptığı çalışmada NACA 4412 kanat profilinin çeşitli hücum açılarında elde ettiği kaldırma ve sürüklenme katsayısı sonuçlarını literatürle karşılaştırılmıştır (Önen, 2011). M.Kaya tarafından yapılan çalışmada elde edilen verilerin literatürde yapılan NACA testleriyle örtüştüğü görülmüştür (Kaya, 2014). Miklosevic düşük hızlı bir rüzgâr tüneline aerodinamik kuvvet hesaplamalarını 505.000 ve 520.000 aralığındaki Reynolds sayılarında ve -2° ile 20° aralığında değişen hücum açılarında çalışmıştır (Miklosevic, Murray, Howle, & Fish, 2004).

CHANGE projesi ile kanat profilini farklı uçuş fazlarında sürekli olarak aerodinamik verimlilik sağlayabilmektir (Arslan, ve diğerleri, 2015).

Bununla birlikte H. Hamdani ve M. Sun (2000) NACA0012 kanat yapısı çalışmalarında düşük Re sayılarında ani hızlanmalar büyük aerodinamik kuvvetlerin oluşmasına neden olduğu tespit edilmiştir. (Hamdani & Sun, 2000).

NACA kanatları ile çalışma yapan M. A. Özdemir ve S. Onbaşıoğlu (2004), 0, 2, 4, 6 ve 8° lik hücum açılarında yaptıkları çalışmayı NACA (2003) tarafından rüzgâr tünelleri kullanılarak elde edilen deneysel verilerle karşılaştırmışlar (Özdemir & Onbaşı, 2004).

Göv İ. ve diğ. çalışmalarında NACA 4412 kanat profili üzerinde çalışarak iki farklı kanat profili daha elde etmişlerdir. Çalışmalarında üç kanat yapısı için 0° ile 23° arasındaki hücum açılarında aerodinamik performans analizleri yapılmışlardır (Göv, Doğru, & Korkmaz, 2019).

Yapılan diğer bir aerodinamik çalışmada ürettikleri kanat yapısının aerodinamik performanslarını sayısal ve deneysel olarak incelemişlerdir. Duman görüntüleme deneyleri, kanat yapısı üzerindeki ayrılma ve durma noktalarını belirlemek için küçük boyutlu bir rüzgâr tüneline gerçekleştirilmiştir. Ürettikleri profil yapısına temel olarak kabul ettikleri NACA0021 kanat yapısına kıyasla kaldırma/sürükleme oranının yaklaşık olarak 2,9 kat yükseldiğini söylemişlerdir (Kazemi, Ahmadabadi, Sedaghat, & Saghafian, 2016).

Tanürün ve diğ. çalışmalarında NACA0018 kanat yapısının aerodinamik performansı deneysel sonuçlarını yeni tasarladıkları iki kanat yapısı ile karşılaştırmışlardır. Yeni tasarlanan AR1 ve AR2 kanat yapılarının aerodinamik deneysel sonuçlarında CL değerlerinde %0,41 ve %2,71 oranında iyileşme sağlanmıştır (Tanürün, Ata, Canlı, & Acır, 2020).

Deneysel ve sayısal yöntem için Rubel ve diğ. NACA 0015 kanat profilinin aerodinamik özelliklerinin sapmasını ve doğrulanmasını yapmışlardır. Reynolds sayı kaldırma katsayısının artmasıyla biraz artar ve belli bir noktadan sonra azalır. Azaldığı kısımda kanat profili üzerinde büyük negatif basınç oluşmaktadır (Rubel, Uddin, Islam, & Rokunuzzaman, 2016)

Rüzgâr tüneline yapılacak olan deneysel çalışmaların başlangıcı literatürde değerleri bulunan bir kanat profili ile yapılması düşünülmüştür. NACA0015 kanat profili imal edilmesi ve literatür karşılaştırılması bakımından tercih edilmiştir. Deneylerin yapılacağı ortamda bazı kabuller yapılmıştır; hava sıcaklığı 20°C, havanın kinematik viskozitesi 1.5111 e-5 m²/s kabul edilmiş ve olarak kanat profili veter uzunluğu 0,15 m'dir. Testler 6 x 10⁴, 8 x 10⁴ ve 10 x 10⁴ Re sayılarında gerçekleştirilmiştir (Tunca & Özgür, 2023).

2. EŞİTLİKLER

Sesaltı terimi ise Mach sayısı ile ifade edilmektedir. Mach sayısı, akışkanlar mekaniğinde hareket halindeki bir kütlenin hızının, kütlenin bulunduğu şartlardaki ses hızına oranıdır. V (m/s) hareket halinde kütlenin hızını, c (m/s) ses hızını ifade etmektedir.

$$Ma=V/c \quad (1)$$

V (m/s) hareket halinde kütlenin hızını, c (m/s) ses hızını ifade etmektedir. Mach sayısı 0,8 değerinden küçük olduğu durumlar sesaltı olarak adlandırılır.

Kaldırma kuvveti akışa dik yönde cisme etmektedir.

$$F_L = C_L \frac{1}{2} \rho A V^2 \quad (2)$$

C_L boyutsuz kaldırma kuvveti katsayısını, ρ (kg/m^3) havanın yoğunluğunu, A (m^2) rüzgârın kanat üzerindeki etki alanını, V (m/s) rüzgâr hızını ifade etmektedir.

Sürüklenme kuvveti akışa paralel yönde cisme etki etmektedir.

$$F_D = C_D \frac{1}{2} \rho A V^2 \quad (3)$$

C_D boyutsuz sürüklenme kuvveti katsayısını, ρ (kg/m^3) havanın yoğunluğunu, A (m^2) rüzgârın kanat üzerindeki etki alanını, V (m/s) rüzgâr hızını ifade etmektedir.

$$Re = \frac{(v.d.\rho)}{\mu} \quad (4)$$

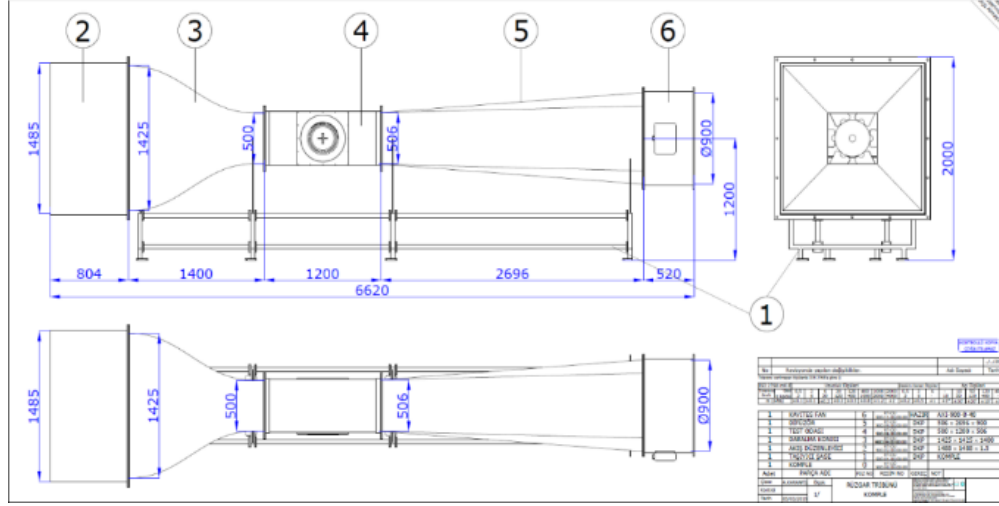
Çalışmaların yapıldığı rüzgâr tüneline belli bir hıza kadar testler yapılabilmektedir. Testlerin yapıldığı hız değerlerinde Denklem 1'e göre Ma sayısı 0,8'in altında kalmaktadır. Bu Ma değeri rüzgâr tüneline sesaltı olduğunu ifade etmektedir.

Rüzgâr tüneli test bölümünde bulunan balans kuvvet cihazındaki sensörler sayesinde verileri bilgisayara aktarmaktadır. Gelen veriler Newton (N) birimindedir. Denklem 2 ifadesinde kaldırma katsayısı (C_L) görülmektedir. Çalışmalarımızdaki karşılaştırma ve grafiklerde C_L değerleri kullanılmaktadır.

Akışkanın belirli şartlardaki davranışlarını anlamak için Denklem 4'te matematiksel formülü bulunan Reynolds(Re) sayısı kullanılır. Testlerde akış şartlarını aynı kanat veter uzunluğunda farklı hızlarda belirledik. 6,8,10 m/s hızlarda yapılan ölçümlerle çalışmalarımızı tamamladık.

3. MATERYAL VE METOT

Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Makine Mühendisliği Laboratuvarında Şekil 1'de teknik resmi görülen Sesaltı rüzgâr tüneli açık sistem bir rüzgâr tüneli olup 50x50 cm test bölümüne sahiptir. Çalışmamızda kaldırma kuvveti ve sürüklenme kuvveti değerleri kuvvet cihazının test bölümünün içine yerleştirilerek elde edilmiştir. Sistemimizde Şekil 2'de bazı kısımları görülen bal peteği, elekler, kollektör, test odası ve difüzör bölümleri bulunmaktadır.



Şekil 1: Sesaltı rüzgâr tüneli tasarımı.



Şekil 2: Sesaltı rüzgâr tüneli.

3.1. Kuvvet-Balans Sistemi

Kanat profilleri aerodinamik kuvvetler açısından incelendiğinde karşımıza tutunma kaybı kavramı çıkar. Kanat profili kaldırma kuvveti değerleri belli bir açıya kadar yükseldikten sonra kanadın üst yüzeyindeki sınır tabaka ayrılmaları ile değerler düşüşe geçer. Bu durum tutunma kaybı (tutunma kaybı) ile sonuçlanır.

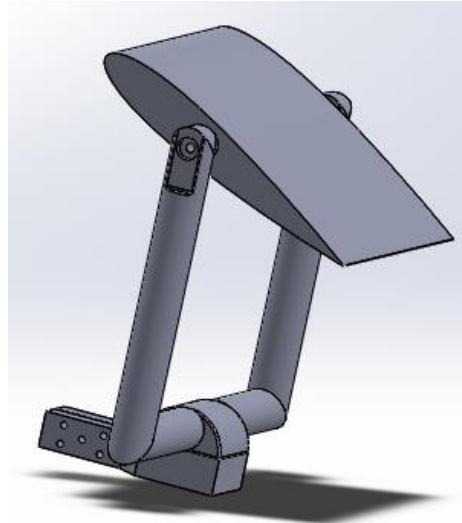
Sesaltı rüzgâr tüneli kuvvet balans sistemi ile yapılan kaldırma kuvveti ölçümlerinde NACA0015 kanat profili kullanıldı. Kanat profili solidworks programında tasarımı yapılarak 3d yazıcıda test edilecek kanat yapısı elde edilmiştir. Kuvvet sistemi ile kanat profili arasında bağlantı elemanları da 3d yazıcı ile elde edilmiştir. Titreşim oluşmasından dolayı metal bağlantı elemanı da ölçümlerde denenmiştir.



Şekil 3: Test bölümünde kuvvet ölçüm cihazına bağlı olan 3d yöntemi ile baskısı alınan NACA0015 kanat profili.

Şekil 3'te görüldüğü gibi rüzgâr tüneli test bölümünde kaldırma kuvveti değerleri alınmıştır. Çalışmalar 6, 8 ve 10 m/s hızlarda, 0° - 16° derece aralığında 2° 'lik artışlar yapılarak gerçekleştirilmiştir. Testlerde kullanılan NACA0015 kanat profili veter uzunluğu 150 mm. olarak imal edilmiştir.

Bu çalışmada uygulanan yöntemde kuvvet cihazı test bölümünün iç tabanına sabitlenmiştir. Şekil 4'de görüldüğü gibi kanat cihaz bağlantı tasarımı yapılmıştır. Bu yöntemle elde edilen kaldırma kuvveti katsayı verileri ve tutunma kaybı 'a girdiği değerler Tablo 1'de verilmiştir. Değerlerin literatür çalışmaları ile örtüşmesine rağmen kaldırma kuvveti değerlerinde kayıplar olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4: Kanat profilinin altına konumlandırılmış kuvvet cihazı, kanat modeli ve bağlantısı.

3.2. Akış Görüntüleme Yöntemi

Rüzgâr tüneli test bölmesine akışın geldiği tarafta direnç üst ve alt noktalara sabitlenmiş bir direnç teli bağlanmıştır. Direnç teline üst kısımdan sıvı parafin damlatılmıştır. Sıvı parafin tel yüzeyini kapladığı anlaşıldığında güç kaynağından yaklaşık 30 volt elektrik gerilimi verilmiş ve tel yüzeyindeki parafin telin ısınması ile yanarak beyaz bir duman oluşturmuştur. Rüzgâr tünelinin akış hızı yönünde duman ilerleyerek kanat profili üzerinde bir hız sınır tabaka meydana getirmiştir.

Rüzgâr hızı 6 m/s ayarlanmıştır. Re sayısı yaklaşık 6×10^4 'te akış görüntüleme deneyi gerçekleştirilmiştir.

4. SONUÇLAR

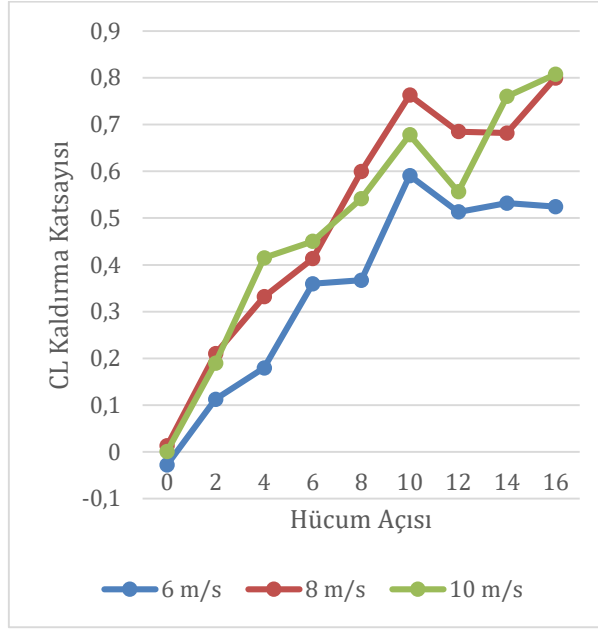
Rüzgâr tüneli test odası içinde modelin altından yapılan bağlantıda Şekil 5 de görüldüğü gibi tutunma kaybı tespit edilmiştir. Kaldırma katsayısı değerleri ile yapılan akış görüntüleme sonuçları karşılaştırıldığında birbiri ile örtüştüğü tespit edilmiştir.

Çizelge 1: Kaldırma katsayısı değerleri (CL)

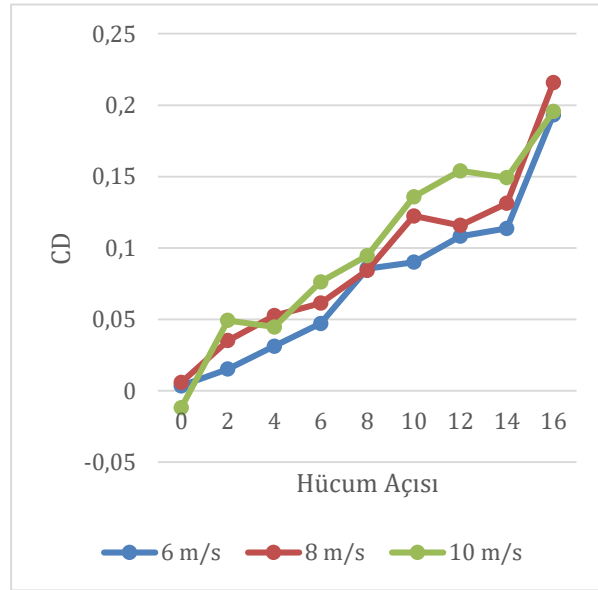
Hücum Açısı	Kaldırma Katsayısı CL (6 m/s)	Kaldırma Katsayısı CL (8 m/s)	Kaldırma Katsayısı CL (10 m/s)
0	-0,02764	0,001	0,0131
2	0,112715	0,19	0,21
4	0,17957	0,414905	0,33161
6	0,359317	0,45	0,41313
8	0,367	0,541593	0,599699
10	0,590638	0,677717	0,762616
12	0,512975	0,55616	0,684795
14	0,531873	0,76002	0,68151
16	0,5244	0,807207	0,799447

Tablo 1 'de kaldırma katsayısı değerleri 0'dan 16⁰ derecelik hücum açılara kadar verilmiştir. Bu ölçümler 6,8 ve 10 m/s'lik hızlarda yapılmıştır.

Akış 10⁰'ye kadar lineer bir artış olduğu ve bu dereceden sonra kanat profilinin tutunma kaybına maruz kaldığı görülmektedir. Sürükleme katsayısının hücum açısı arttıkça arttığı tespit edilmiştir (Şekil 6'ya bakınız)

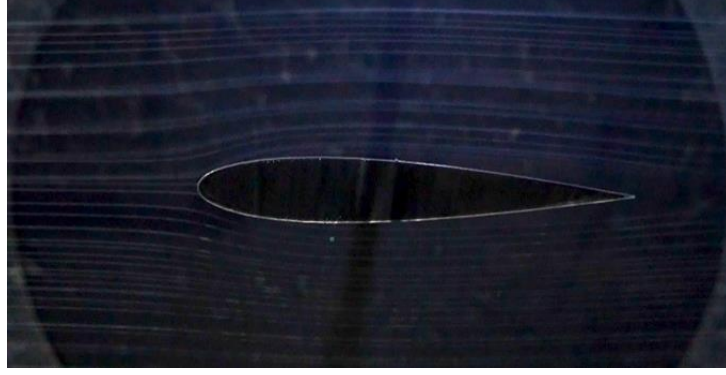


Şekil 5: Kaldırma katsayısı (CL) ve Hücüm açısı grafiği.



Şekil 6: Sürüklenme katsayısı (CD) ve Hücüm açısı grafiği.

Yapılan akış görüntüleme deneylerinde 9-10 derece aralığında tutunma kaybı görülmüştür. Deneyler 6/m'lik hızda yapılmıştır. Duman testlerindeki tutunma kaybı açısı ile kaldırma kuvveti testlerindeki tutunma kaybı açılarının örtüştüğü anlaşılmıştır. Bu deneyler neticesinde rüzgâr tünelinin çalışılan hızlardaki akışının laminer bir akış olduğu belirlenmiştir. Tutunma kaybı açısından yüksek açılarda kuvvet verilerinin düzensizleştiği görülmektedir. Bu durum türbülansın artması ile açıklanabilir.



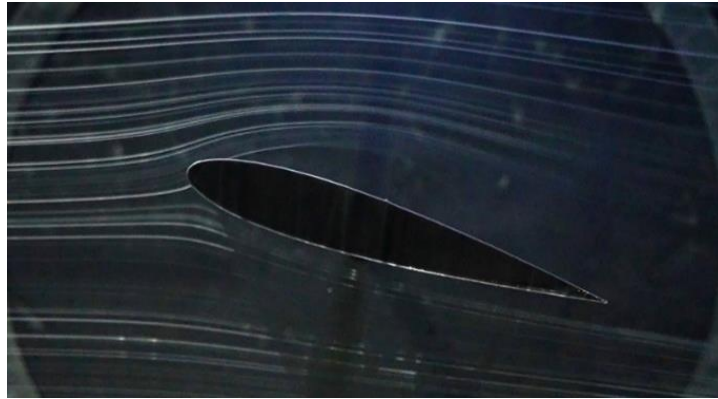
Şekil 7: Akış görüntüleme deneyleri 0 derece.

Akış görüntüleme yöntemi için geliştirilen duman sistemi ile laminar akış olduğu görülmektedir (Şekil 7).



Şekil 8: Akış görüntüleme deneyleri 9 derece.

Dumanın 9 derecenin biraz üzerindeki açıda kanat yüzeyinden ayrılmaya başladığı ve hız sınır tabakanın oluştuğu görülmektedir (Şekil 8).



Şekil 9: Akış görüntüleme deneyleri 17 derece (tutunma kaybı görüntüsü).

Şekil 9’da olduğu gibi tutunma kaybı açısından daha yüksek açılarda kanat yüzeyinde ayrışmanın daha net görüldüğü tespit edilmiştir.

Kuvvet değerleri için kullanılan bağlantı yönteminin çalışması gerektiği görülmektedir. Elde edilen sonuç üzerinden çalışmalar devam edilerek iyileştirme çalışmalarının gerekliliği tespit edilmiştir. Kuvvet kayıpları yeni bağlantı tasarımları ile giderilebileceği anlaşılmıştır.

Duman görüntüleme (akış görüntüleme) düzeneği iyileştirilerek daha ideal görüntüler elde edilebilir. 6 m/s hızların üzerinde duman görüntüsü almak mevcut sistemde zor olmasından dolayı, daha yoğun bir duman elde edilebilecek bir sistem tasarım çalışması yapılmalıdır. Veter uzunluğu değiştirilerek yüksek Re sayılarında çalışmaların yapılabilmesi unutulmamalıdır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Yazarlar arasında çıkar çatışması bulunmamaktadır.

YAZARLARIN KATKILARI

S.G.T.: Yöntem, doğrulama, analiz, araştırma, veri alma, kaynaklar, yazı yazma - orijinal taslak hazırlama.

M.A.Ö.: Kavramsallaştırma, yöntem, doğrulama, araştırma, kaynaklar, gözden geçirme ve düzenleme.

KAYNAKLAR

Arslan, P., Kalkan, U., Tıraş, H., Tunçöz, İ., Yang, Y., Gürses, E., Yaman, Y. (2015). *Bir Hibrit Firar Kenarı Kontrol Yüzeyinin Tasarımı Ve Analizi*. TMMOB Makina Mühendisleri Odası VIII. Ulusal Uçak, Havacılık ve Uzay Mühendisliği Kurultayı.

Barlow, J., Harper, W., & Pope, A. (1999). *Low-Speed Wind Tunnel Testing*. Jhon Wiley & Sons. Inc.

Genç, S., Özışık, G., & Kahraman, N. (2008). *Düz Flapli NACA0012 Kanat Profilinin Aerodinamik Performansının İncelenmesi*. Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi.

Göv, İ., Doğru, M., & Korkmaz, Ü. (2019). *Improvement of the aerodynamic performance of NACA 4412 using the adjustable airfoil profile during the flight*. Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi.

Hamdani, H., & Sun, M. (2000). *Aerodynamic forces and flow structures of an airfoil in some unsteady motions at small Reynolds number*. International Journal of Air-Conditioning and Refrigeration.

Kaya, M. (2014). *Airfoil Yapının Yakın Çevresindeki Hız Ve Basınç Dağılımının Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği Yöntemi İle İncelenmesi*. Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi.

Kazemi, S., Ahmadabadi, M., Sedaghat, A., & Saghafian, M. (2016). *Aerodynamic performance of a circulating airfoil section for Magnus systems via numerical simulation and flow visualization*. Energy 104.

Koca, M. S. (2019). *Su tünellerinde model hareket kontrolü ve senkron aerodinamik kuvvet ölçüm sistemi tasarımı*. Başkent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Miklosovic, D., Murray, M., Howle, L., & Fish, F. (2004). *Leading-edge tubercles delay tutunma kaybı on humpback whale (Megaptera novaeangliae) flippers*. Physics of Fluids.

- Önen, B. (2011). *Bir Ses Altı Rüzgâr Tünelinin Performansının Ve Bazı Modeller Üzerindeki Akışın Deneysel Ve Bilgisayar Destekli Analizi*. Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- Özdemir, M., & Onbaşı, S. (2004). *F-4 Phantom II Uçağının Etrafındaki Akışın H.A.D. Analizi Kısım 1: Kanat Kök Profili NACA 0006*. HAVACILIK VE UZAY TEKNOLOJİLERİ DERGİSİ.
- Rubel, R., Uddin, K., Islam, Z., & Rokunuzzaman, M. (2016). *Numerical and Experimental Investigation of Aerodynamics Characteristics of NACA 0015 Aerofoil*. International Journal of Engineering Technologies.
- Tanürün, H., Ata, İ., Canlı, M., & Acır, A. (2020). *Farklı açıklık oranlarındaki NACA-0018 rüzgâr türbini kanat modeli performansının sayısal ve deneysel incelenmesi*. Politeknik Dergisi.
- Tunca, S., & Özgür, M. (2023). *Sesaltı Rüzgâr Tünelinde Naca0015 Kanat Profilinin Kuvvet Ve Akış Görüntüleme Yöntemi ile Analizi*. Global Conference on Engineering Research.
- Uzol, O., & Kurç, Ö. (2012). *Uzun Açıklıklı Köprü Kesitlerinin Rüzgâr Altındaki Davranışının Analitik ve Deneysel İncelenmesi*. ODTÜ Mühendislik Fakültesi.