

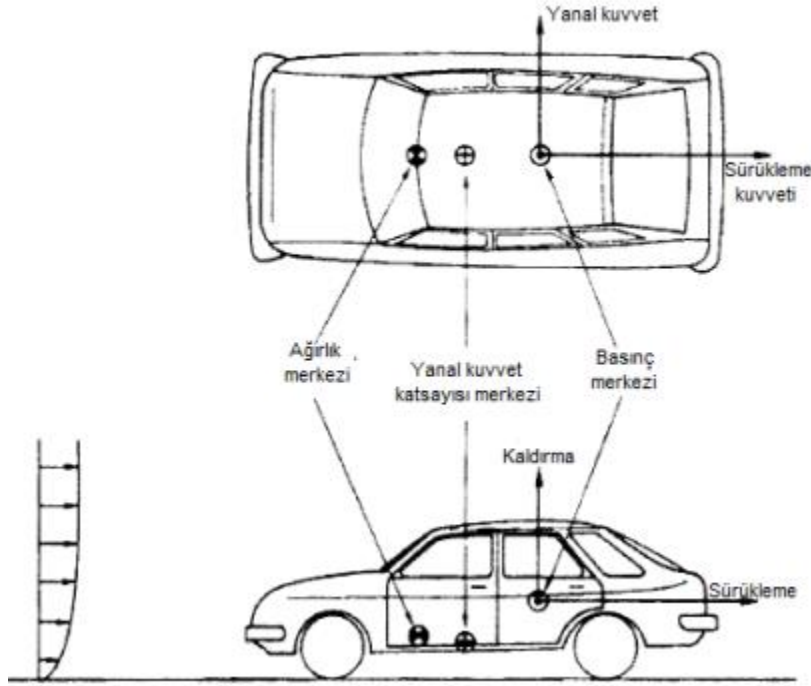
ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
OTOMOTİV MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ



OTOMOTİV MÜHENDİSLİĞİ LABORATUVARI DERSİ
AERODİNAMİK DENEY FÖYÜ

1. Aerodinamiğin Önemi

Düz bir yolda hareket eden bir taşıt düşünülürken, taşıt etrafındaki hava akışının taşıtı ne yönde etkilediği taşıtın hızına ve ortamdaki rüzgârı bağılıdır. Rüzgâr, yerel bölge anatomisi ve yeryüzü sınır tabakasından dolayı üniform olmayan bir hız profiline sahiptir ve genelde rüzgâr hızının büyüklüğünde ve yönünde değişim olur. Taşıt üzerinde etkili olan aerodinamik kuvvetler ve momentler taşıtın basınç merkezine etki eder. Taşıtın ağırlık merkezi ile basınç merkezi aynı yerde değildir, ancak basınç merkezinin yeri hava akışına bağlıdır. Basınç merkezi yüksek hızlarda öne doğru hareket etme eğilimi gösterir. Düz bir yolda seyir halinde olan bir araç üzerinde oluşan aerodinamik kuvvetler şekilde gösterildiği gibi olmaktadır.



1.1. Kaldırma Kuvveti

Kaldırma kuvveti gövdeyi akış yönüne dik doğrultuda hareket ettirme eğiliminde olan bir kuvettir. Bu kuvvet uçak kanadına etkiyerek uçakların havalanmalarını sağlamaktadır. Kanadın alt yüzeyi ile üst yüzeyi arasındaki basınç farkı nedeni ile oluşur. Ancak kara taşıtları için yararlı bir kuvvet değildir ve yol tutuşunu olumsuz yönde etkilemektedir.

Karayolu taşıtlarının aerodinamiğinde kaldırma kuvvetinin düşük olması istenir. Düşük kaldırma kuvveti aracın yol tutuşunu artırır ve bu da özellikle virajlarda daha güvenli hareket sağlar. Fakat kaldırma kuvvetinin çok düşük tutulması da yerçekimi yönünde etki eden basınç kuvvetini artırır ve bu da araç ve tekerlekler arasındaki sürtünmeyi artırır. Bu durum yakıt kullanımını arttıracak gibi hız performansında da düşüşe neden olabilmektedir. Bu nedenle aerodinamik analiz yapılırken kaldırma kuvvetinin dengeli bir değerde olmasına dikkat edilmelidir.

$$F_L = C_L \cdot p \cdot A \cdot \frac{U^2}{2} [N]$$

C_L = Kaldırma Katsayısı (Lifting Coefficient)

U = Hız (m/s)

p = Havanın Yoğunluğu

A = Taşıtın Kesit Alanı

1.2. Kaldırma Katsayısı











Harekete dik yönde bir cisme etki eden kuvvet kaldırma kuvveti olarak adlandırılır ve kaldırma katsayısı da aşağıdaki bağıntı ile bulunur.

$$C_L = \frac{F_D}{\frac{1}{2}\rho \cdot A \cdot U^2}$$

1.3. Sürüklenme Katsayısı

Sürüklenme katsayısı, bir nesnenin sürüklenme direncinin ölçülmesini sağlayan boyutsuz bir değerdir. Bu değer düşük olması, nesnenin daha az aerodinamik sürüklenmeye sahip olduğunu gösterir. Sürüklenme katsayısı, nesnenin şekline, konumuna, akışkanın özelliklerine (akışkan türü, yoğunluk, hız...) ve hücum açısına bağlıdır.

Bazı geometrik şekillerin sürüklenme katsayısı değerleri aşağıdaki gibidir:

Şekil	Şeklin Adı	Sürüklenme Katsayısı
	Küre	0.47
	Yarım Küre	0.42
	Koni	0.50
	Küp	1.05
	Açılı Küp	0.80
	Uzun Silindir	0.82
	Kısa Silindir	1.15
	Aerodinamik Gövde	0.04
	Yarım Aerodinamik Gövde	0.09
	Ahmet Body	0.298

$$C_D = \frac{F_D}{\frac{1}{2}\rho \cdot A \cdot U^2} \text{ Sürüklenme Katsayısının hesaplanma formülüdür.}$$

C_D = Sürüklenme Katsayısı (Drag Coefficient)

F_D = Sürüklenme Kuvveti

1.4. Yanal Kuvvet

Hava akışı taşıtın düşey simetri düzlemine herhangi bir açıda ise, akış hattı simetriktir ve yanal bir kuvvet oluşur. Yanal kuvvete neden olan iki etkenden birisi taşıtın dönüşlerde doğrultu değiştirmesi, diğeri de taşıta doğru herhangi bir açıda esen rüzgardır. Bileşke aerodinamik kuvvet bu durumda aerodinamik direnç, aerodinamik kaldırma ve yanal kuvvet olmak üzere üç bileşene ayrılarak değerlendirilir.

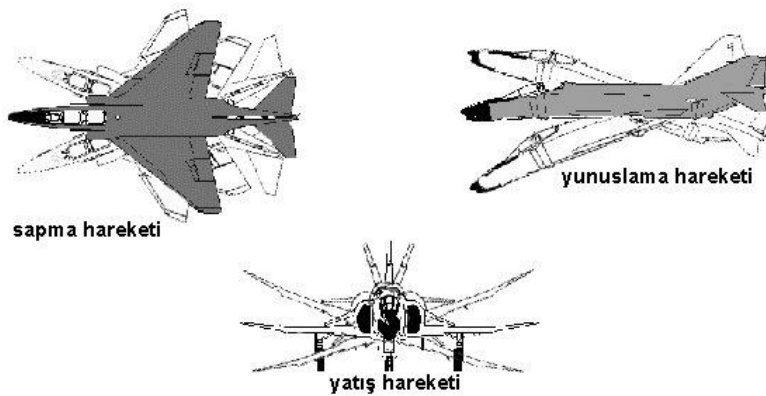
$$F_Y = C_Y \cdot \rho \cdot A \cdot \frac{U^2}{2} [N]$$

2. Aerodinamik Momentler

Aerodinamik kuvvet hava ile temas halindeki bir cisim üzerinde havanın etkisi ile oluşan dikey ve teğetsel kuvvetlerdir. Ancak uygulamada çoğu zaman bu kuvvetler bir bileşke kuvvet olarak değerlendirilir. Bu kuvvetin bir noktaya göre momenti de aerodinamik moment olarak adlandırılır.



Aerodinamik Momentler



Aerodinamik momentlerin sebep olduğu hareketler

2.1 Yunuslama Momenti

Taşıta etki eden sürüklenme ve kaldırma kuvvetlerinden kaynaklanan aracın ön ve arkasından etki eden kaldırma kuvvetlerinin birbirine eşit olmamasından kaynaklanan momenttir.

$$M_p = q \cdot A \cdot L \cdot C_{Mp}$$

M_p = Yunuslama Momenti

q = Dinamik Basınç

L = Taşıtın karakteristik uzunluğu (Ön ve arka aks arasındaki uzunluk)

C_{Mp} = Yunuslama Momenti katsayısı

2.2 Yana Kayış Momenti

Yanal kuvvetlerin taşıtın arka ve ön kısmına eşit derecede etki etmediği durumlarda ortaya çıkan momenttir.

$$M_Y = q \cdot A \cdot L \cdot C_{My}$$

M_Y = Yana Kayış Momenti

C_{My} = Yana Kayış Momenti Katsayısı

2.3 Yuvarlanma Momenti

Yanal kuvvetlerin taşıtın sağ ve sol kısmına eşit derecede etki etmediği durumlarda oluşan momenttir.

$$M_R = q \cdot A \cdot L \cdot C_{MR}$$

M_R = Yuvarlanma Momenti

C_{MR} = Yuvarlanma Momenti Sabiti

3. Akış Tiplerinin Belirlenmesi

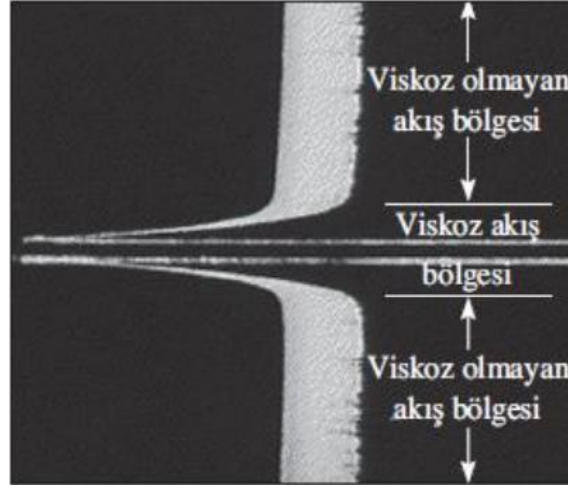
3.1. Viskoz ve Viskoz Olmayan Akış

3.1.1. Viskoz Akış

Sürtünme etkilerinin önemli olduğu akışlardır.

3.1.2. Viskoz Olmayan Akış

Viskoz kuvvetlerin atalet ve basınç kuvvetlerinin yanında ihmal edilebilecek kadar küçük kaldığı bölgelerdir. (tipik olarak katı yüzeylerden uzak bölgeler)



Viskoz ve Viskoz Olmayan Akış Bölgeleri

3.2. İç ve Dış Akışlar

3.2.1. Dış Akış

Akışkanın bir levha, tel ya da boru gibi bir yüzeyin üzerinden herhangi bir sınır olmaksızın akmasıdır.

3.2.2. İç Akış

Akışkanın katı yüzeyler ile tamamen sınırlanmış bir biçimde, örneğin bir boru ya da kanal içerisinden akmasıdır.

3.3. Sıkıştırılamaz ve Sıkıştırılabilir Akışlar

3.3.1. Sıkıştırılamaz Akış

Akış esnasında tüm akış alanında yoğunluk yaklaşık olarak sabit kalır. (sıvı akışlarında olduğu gibi)

3.3.2. Sıkıştırılabilir Akış

Akış esnasında akışkanın yoğunluğu değişir. (örn. yüksek hızlı gaz akışı)

Yüksek hızlı gaz akışlarının görüldüğü roketler, hava taşıtları ve diğer sistemlerde yapılan incelemelerde) akış hızı genellikle aşağıda tanımlanan boyutsuz Mach sayısı ile ifade edilir:

$$Ma = \frac{V}{c}$$

Ma = Mach Sayısı

V = Akış Hızı

C = Ses Hızı

Ma = 1 **Sonik Akış**

Ma < 1 **Sesaltı Akış (Subsonik Akış)**

Ma > 1 **Sesüstü Akış (Süpersonik Akış)**

Ma >> 1 **Hipersonik Akış**

3.4. Laminer ve Türbülanslı Akışlar

3.4.1. Laminer Akış

Akışkanın son derece düzenli tabakalar halinde aktığı hareket durumunu ifade eder. Yüksek viskoziteye sahip akışkanların düşük hızlı akışları genelde böyledir.

3.4.2. Türbülanslı Akış

Çoğunlukla yüksek hızlarda görülen düzensiz akışkan hareketi, akışkan hızındaki dalgalanmalardan anlaşılır ve türbülanslı olarak nitelendirilir. Hava gibi düşük viskoziteli akışkanların yüksek hızlı akışı böyledir.

3.4.3. Geçiş Akışı

Laminer ve türbülanslı akış rejimleri arasında gidip gelen akış türüdür.

Laminer ve türbülanslı akışlar genellikle aşağıda tanımlanan Reynolds Boyutsuz sayısı ile belirlenir:

$$Re = \frac{\rho v_s d}{\mu} = \frac{v_s d}{\nu}$$

Re = Reynold Sayısı

v_s = Akışkanın hızı

d = Boru çapı

μ = Akışkanın dinamik viskozitesi

ν = Akışkanın kinematik viskozitesi

ρ = Akışkanın yoğunluğu

$Re < 2100$

Laminer Akış

$2100 < Re < 4000$

Geçiş Akışı

$Re > 4000$

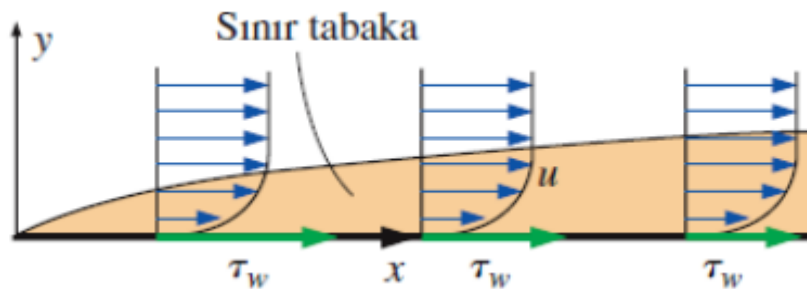
Türbülanslı Akış

4. Taşıt Yüzeyinde Akışın İncelenmesi

Taşıt yüzeylerinde oluşan akışları incelersek akışın viskoz, subsonik ve geçiş bölgesi ve türbülanslı akışlara girdiğini görürüz. Bu durumda aracın etrafında oluşan akışla ilgili önemli kavramlar;

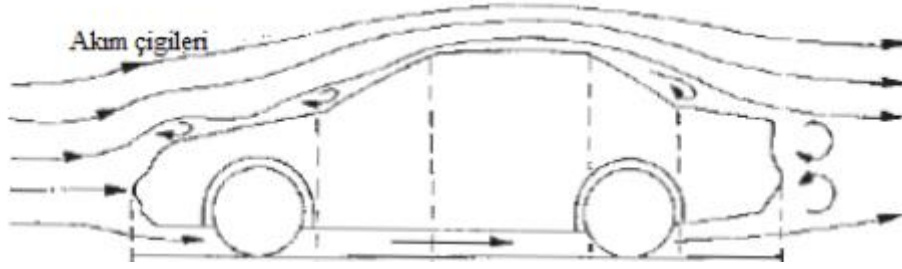
4.1. Yüzey Düzgünlüğü

Bir katı yüzeyle temas halinde olan hava parçacıkları yüzeye çekilmeye çalışır. Bu nedenle, viskoz sürtünme direnci yüzeye yakın olan yerde hareket eden hava tabakasının hızını kesmeye çalışır. Ancak, sınır tabakasındaki hava hızında içten dışa doğru parabolik bir şekilde artış olur. Sınır tabakası kalınlığı yüzey cilasından etkilenir.



4.2. Hava Akım Çizgileri

Hava içerisinde hareket eden bir araç önündeki havayı ileri doğru sürüklemeye çalışacağı için hava aracın yanlarına ve arkasına doğru akmaya zorlanır. Araç üzerindeki hava hareketinin yörüngesi iki boyutlu (yan tarafa doğru akış yokmuş gibi) akım çizgileriyle görselleştirilebilir. Bu akım çizgileri aracın gövdesinin dış hatlarını bariz bir şekilde takip eder. Ancak aracın gövdesinde herhangi bir değişiklik yapılırsa akım çizgileri hareketsiz hava boşluğu bölgesine doğru yayılarak yön değiştirmeye zorlanır. Gövdeden daha uzakta kalan akım çizgileri ise dışarı doğru gitme eğilimi gösterir.



4.3. Akış Ayrılması

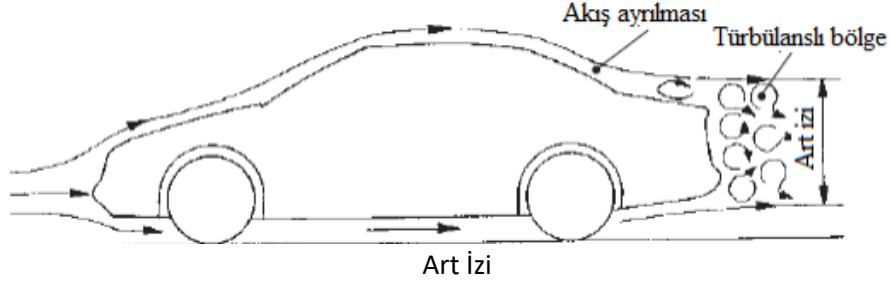
Basıncın akış yönünde pozitif olarak hızlı bir şekilde arttığı yüzey üzerinde akış ayrılması meydana gelir. Akış ayrılması, basıncın daha da artmasını önler ve basınç direnci üzerinde olumsuz bir durum yaratır. Yüzeye yakın yerdeki ters akış, yüzey direncini düzgün bir şekilde azaltır. Akış ayrılmasının daha sonra yeniden birleşmeyle sonuçlanması sonraki yüzey geometrisine bağlıdır. Ters akış, viskoz etki yüzünden ana hava akımından enerji harcanmasına yol açarak büyük düzensiz girdaplar oluşturur.

Bir aracın üzerinden geçen havanın akım çizgileri, aracın dış gövdesinde ani bir değişme olmaz ise araç gövdesinin dış hattını takip ederek oluşur.



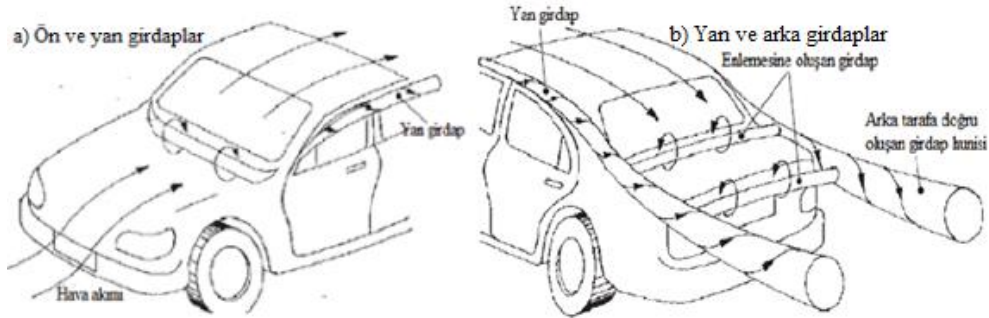
4.4. Art İzi Bölgesi

Öne doğru hareket eden bir aracın arka tarafında oluşup araçla aynı yönde gitmeye çalışan türbülanslı hava bölgesine art izi bölgesi denir. Art izi bölgesi, aracın arka tarafında oluşan akış ayrılmasının başladığı yerden başlayarak aracın arka tarafına doğru ilerler.



4.5. Girdaplar

Hareket halinde olan bir aracın değişik bölgelerinde girdaplar oluşur. Girdap, halka şeklinde olan dönen bir hava kütlesi olarak tanımlanabilir. Girdabın çevresel hızı yarıçapıyla ters orantılı olarak artar. O yüzden, merkezine yakın bölgedeki çevresel hızı maksimum, en dış bölgesindeki çevresel hızı minimumdur. Girdabın merkez bölgesi çok az dönme hareketi yapar. Dolayısıyla, durgun halde olan merkez hava tabakaları ile hızlı dönme hareketi yapan dış hava tabakaları arasında viskoz kayma meydana gelir. Bu nedenle girdap içerisindeki basınç atmosferik basıncın altında olur. Bu durumda, girdabın merkezinin yakınındaki basınç en dış bölgesindeki basınçtan çok daha düşük olur.



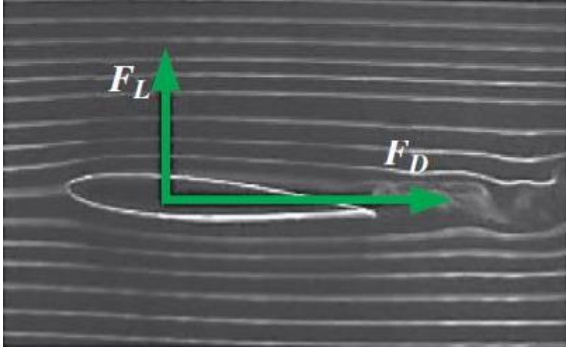
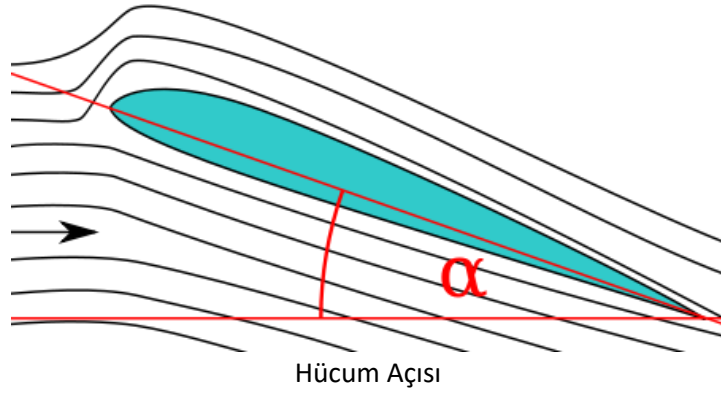
Aracın farklı bölgelerinde oluşan girdaplar

4.6. Hücum Açısı

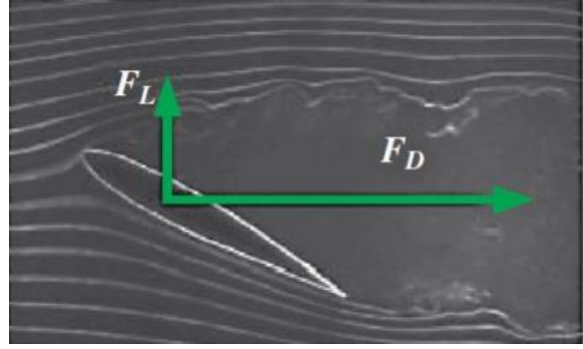
Hücum açısı, aerodinamikte akış çizgileri ile kanat profilinin veter çizgisi arasında kalan açı. Hareket doğrultusu ile veter çizgisi arasında kalan açıdır.

Taşıma kuvveti, hücum açısının büyüklüğü ile yakından ilintilidir. Ancak hücum açıları aerodinamiğin ve fiziğin temel kuralları gereği sınırlı açılardır ve genellikle ($\alpha < 15 \sim 20^\circ$) arasındadırlar. Hücum açısı büyüdükçe taşıma kuvveti de artar ancak bu aynı zamanda sürüklemeyi de artırır. Bu doğru orantılı ilişki tutunma kaybının (perdövites, STOL) başladığı yer olan yani akış çizgilerinin kanat profilinden ayrılmaya başladığı yere kadar devam eder. Ancak bu noktadan sonra ayrılma başladığı için taşıma kuvveti küçülmeye başlar.

Büyük hücum açılarında uçan uçaklar, (örnek olarak) eğer çok güçlü ve ani bir rüzgâr patlamasına girerlerse aniden tutunma kaybına maruz kalabilirler. Ayrıca belli bir taşıma kuvvetinin sürekliliğini sağlayabilmek için hız düştükçe hücum açısı artırılmalıdır. İşte bu da bize tutunma kaybının neden daha çok düşük hızlarda oluştuğunu açıklayan bir etmendir.



Hücum Açısı 5°



Hücum Açısı 30°

Birçok kanat profili için kritik açı 15°'dir. Ancak bu değer ek aerodinamik yüzeyler sayesinde arttırılabilir, savaş uçakları ise bu konuda en yüksek kapasiteye sahip uçaklardır; hücum açıları 20° ile 45° arasında değişebilmektedir. Bazı tasarımlarda ise bu değer 90°'yi bile bulabilmektedir.

5. Rüzgar Tünelleri

Rüzgar tünelleri, herhangi bir katı cismin hava içinde hareket ederken veya sabit duran katı bir cismin hava akımına maruz kaldığı durumlarda (rüzgara maruz kalan bina, köprü vb. sabit yapılar gibi) etrafında gelişen akım yapısının cisim üzerinde meydana getirdiği etkileri (kuvvetleri, momentleri vb.) incelemek, araştırmak, ölçmek ve yorumlamak için tasarlanmış ve imal edilmiş yapılardır. Bu tüneller; gerçek boyutlu cisim veya yapıların aerodinamik testlerini yapmak için olabildiği gibi geometrik olarak benzer (her bir boyutu belli bir oranda küçültülmüş) modellerin aerodinamik testleri için yaygın olarak kullanılan sistemlerdir.

5.1. Rüzgar Tünellerinin Sınıflandırılması

Rüzgar tünelleri, hava akış hızının büyüklüğü ve kullanım amacına göre veya tünelin tasarım şekline göre sınıflandırılabilir. Hava akış hızı dikkate alınarak tasarlanan rüzgar tünelleri;

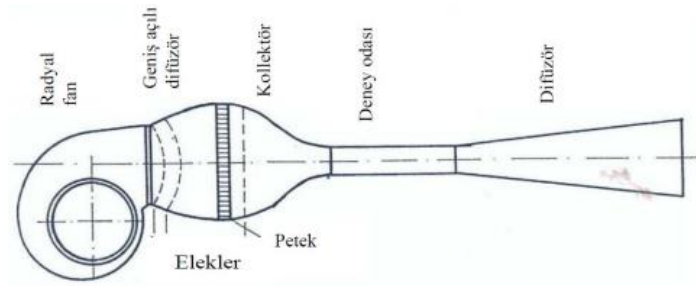
- Ses altı rüzgar tünelleri (0-0,40 Mach)
- Transonik rüzgar tünelleri (0,40-1,30 Mach)
- Süpersonik rüzgar tünelleri (1,30-5,00 Mach)
- Hipersonik rüzgar tünelleri (5,00 Mach ve üstü)

Olarak sınıflandırılabilir.

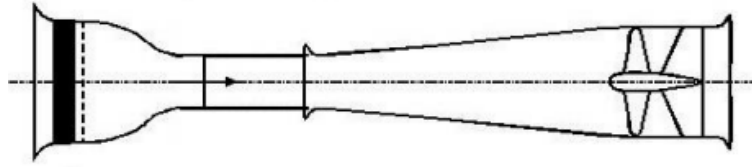
Test odası, rüzgar tünellerinin en önemli unsurlardan biri olduğundan, test odası tasarımının şekli önemlidir. Bu nedenle, test odalarının şeklini dikkate alarak rüzgar tünellerini açık çevrim veya kapalı çevrim tünelleri olarak sınıflandırmak da mümkündür.

Rüzgar Tünellerinin ikinci bir gruplandırma şekli de akışkanın tekrar kullanılıp kullanılmamasına göre belirlenir. Buna göre rüzgar tünelleri açık ve kapalı döngü olarak iki çeşittir.

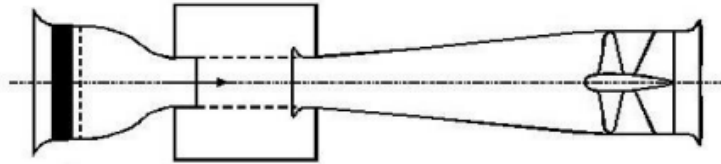
Ek olarak, açık çevrim rüzgar tünelleri de kendi içinde NPL tipi (Ulusal Fiziksel Laboratuvar) açık döngü ve kapalı test odası rüzgar tünelleri ve Eyfel tipi açık çevrim ve açık test odası rüzgar tünelleri olarak ikiye ayrılır. Açık çevrim rüzgar tünelleri için diğer bir sınıflandırma da fanın yerleştirildiği yere bağlı olarak basma (üfleli) veya emme tiptir.



Açık çevrim üfleli tip rüzgar tüneli – NPL tipi

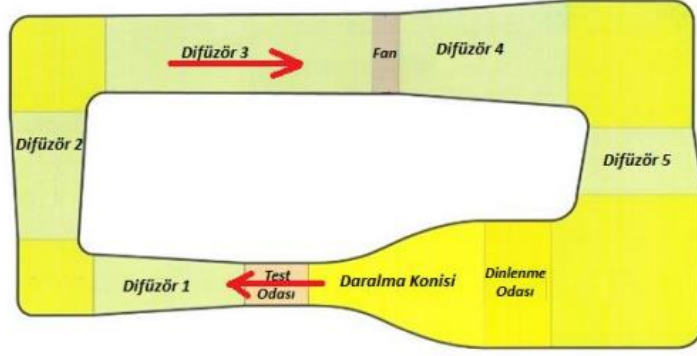


Açık çevrim emme tip rüzgar tüneli – NPL tipi



Eyfel tipi rüzgar tüneli

Kapalı çevrim rüzgar tünelleri kurulduğu ilk üniversitedeki Alman bilim adamlarından Prandtl ve Göttingen adlarından esinlenerek Prandtl veya Göttingen tipi rüzgar tünelleri olarak da adlandırılır.



Kapalı çevrim rüzgar tüneli

5.2. Akım Niteliğini Etkileyen Faktörler

Test odasındaki akımın özellikleri genellikle rüzgar tüneli geometrik şeklinin sonucudur. Bununla birlikte, rüzgar tüneline yerleştirilen modelin örneğin şekli, büyüklüğü veya yüzey pürüzlülüğünün akış kalitesi üzerinde olumsuz etkisi olması ihtimal dahilindedir. Bu problemin öngörülerek yapılacak işlemlerle ve alınacak önlemlerle giderilmesine gayret edilir. Tünel geometrisinin etkisi ile alakalı olarak önce kollektörün geometrisini belirlemek gerekir.

Test odasından önce yer alan dinlenme odası, bal peteği, elek gibi elemanların, özellikle köşeler, köşe düzeltme plakaları, difüzörler, pervaneler vb. gibi kapalı devre tünellerde kapalı devre içindeki etkisi açık devreli rüzgar tünellerinde tüneller ve hava giriş alığının bir etkisi vardır. Ek olarak, test odasından sonraki elemanların geometri ve boyutunun da akım niceliği ve kalitesi üzerinde etkisi vardır.

Modeli test odasında sabitlemek amacıyla kullanılan elemanlar veya ölçüm aletleri de akımı bozabilecekleri için kaliteyi doğrudan etkileyebilir. Bu elemanlar, modele etki eden sürüklenme ve taşıma kuvvetlerine ek kuvvetler oluşturarak ölçülecek aerodinamik kuvvetlerin büyüklüğünü etkileyebilir, ayrıca bunlar üzerinde meydana gelebilecek akım ayrılmaları, model etrafındaki akım yapısını bozabilir.

6. Rüzgar Tüneli Tasarımının Temelleri

Rüzgar tüneli tasarlarken öncelikle deneylerin hangi amaçla yapılacağını, ne mertebelerde hız istendiğini belirlemek şarttır. Bunlara göre tünelin tipini belirlemek ve sonrasında da tünelin içindeki basınç kayıplarının hesaplanması neticesinde bu kayıpları telafi edecek fan ve motor seçimi yapılmalıdır.

6.1. Test Odası ve Akım Karakteri

Rüzgar tünelinin deney odası haricindeki bileşenleri deney odasının amacına uygun şekilde hizmet etmesi için tasarlanır ve imal edilir. Deney odası rüzgar tünelinin merkezidir bu yüzden tünelin tasarımı deney odasının tasarımı ile başlar diğer bileşenlerle devam eder.

Test odasının kesit şekli enerji kayıpları açısından büyük bir etkiye sahip değildir. Test odası kesit şekli seçiminde hava akış kalitesi ve kullanım kolaylığı ilk kriterlerdir. Test odası kesit şekli dikdörtgen, kare, daire, altıgen veya sekizgen olabilir. Modelin kolayca içine yerleştirilmesine izin verecek genişlik, yükseklik ve montajın kolaylıkla yapılacağı duvar malzemesine, ölçüm ve görüntüleme cihazlarının kolay yerleştirilmesine imkân tanınmalıdır.

Test odasının çok kısa olması da modelden önce homojen ve düzenli (uniform) bir akış sağlanamayacağı için istenmez. Test odası uzunluğu için önerilen değer hidrolik çapın yaklaşık 3 katıdır.

6.1.1. Kollektörün Amacı ve Gerekliliği

Kollektörün asıl amacı hava akımını ivmelendirerek hızlandırmaktır. Açık devre rüzgar tünellerinde atmosferden alınan havanın hızının neredeyse sıfır olduğu kabul edildiğinde test odasında istenen-gereken hıza ulaşmak için havanın bir daralma kanalından geçirilmesi şarttır. . Kollektör içindeki hız artışının değeri Bernoulli denklemine göre kollektörün daralma oranı ile direkt ilgilidir. Kollektörün yapısı gereği kesitlerdeki daralmasının kollektör girişindeki hızlardaki dalgalanmaları, türbülansı azalttığı da bilinmektedir. Bu azalmaların miktarı kollektörün daralma oranı ile de yakından alakalıdır.

Kollektör, akımı test bölgesine doğru ivmelendirir, bunu yaparken önemli olan kesit boyunca düzenli bir akım dağılımı oluşturacak profile sahip olmasıdır. Çünkü bu durum test odasındaki akımın düzgünlüğünü önemli derecede etkilemektedir.

Kollektörün uzunluğu; dinlenme odası, kollektörün kendi boyu ve çıkış bölümünün uzunluğunun toplamıdır. Bu uzunluk duvarlar boyunca ayrılmasına sınır tabaka ayrılmasını engelleyecek bir basınç gradyeni oluşturacak sınırlar arasında olmalıdır.

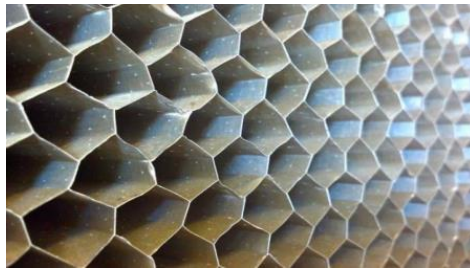
Daire en ideal kollektör kesit şeklidir ancak üç boyutlu bir geometriye sahip olması sebebiyle dairesel kollektör imalatı nispeten zor ve maliyetli olduğundan kare veya dikdörtgen kesit en çok tercih edilenlerdir.

6.2. Dinlenme Odası

Havanın kollektöre mümkün olabildiğince paralel, homojen, düzenli (üniform) ve de düşük türbülanslı olarak girmesini sağlayan, kollektörün öncesinde konulan rüzgar tüneli parçasına dinlenme odası denir. Duvarları birbirine paralel yani kesiti değişmeyen, genişliğine göre uzunluğu fazla olmayan bu kanalın başlangıcında akımı paralelleştirmek (düzgünleştirmek) bal peteği ve türbülansı azaltmak için elekler (screens) bulunur.

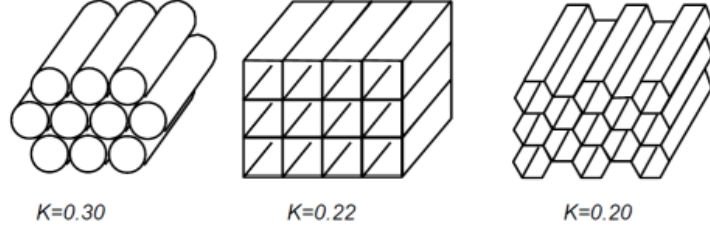
6.2.1. Bal Peteği ve Önemi

Bal peteklerini kullanma amacı akımın mümkün olduğunca paralel olmasını sağlamak ve türbülans seviyesini azaltmaktır. Kollektöre girecek hava ne kadar düzgünse çıkacak hava yani test odasına girecek hava da o kadar düzgün olacaktır. Ama yararı kadar basınç kayıplarına, dolayısıyla gerekli güç artışına yani yüksek maliyete sebep olan etkilerini de göz önüne alarak mümkün olan en az kayıp oluşturacak bal peteği seçimi gibi hususlar daha tasarım sırasında göz önüne bulundurulmalıdır.



Bal Peteği Örneği

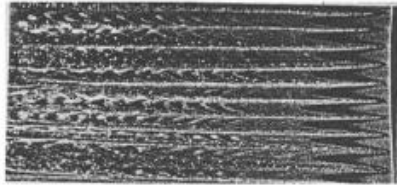
Bal petekleri, isminden de anlaşıldığı gibi, genelde bal peteği şekli gibi altıgen formda tasarlanmıştır. Dairesel, dikdörtgen ve üçgen gözenekler olarak da üretilebilirler.



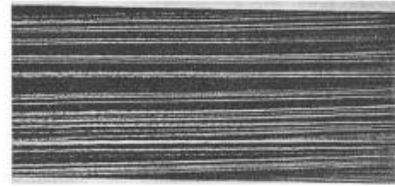
Farklı Profillerdeki Bal Peteklerinin Basınç Kaybı Katsayıları

Petek uzunluğunun (derinliğinin) akış yönünde artması akışın paralelleştirilmesi açısından olumludur. Çünkü akımın paralel hale gelmesinde akım doğrultusunda belli bir mesafe gereklidir. Uzun bir kanalda (bal peteğinin bir hücresi içinde) sürtünme de artacağından, mevcut doğrultuda bozulmaların düzeltilmesine de katkıda bulunması düşünülür. Ancak basınç kayıplarının artmasına neden olacağı için optimum bir değer tercih edilmelidir.

Bal peteklerinin dinlenme odası ve kollektör içindeki türbülans seviyesine etkileri konusunda Loehrke ve Nagib tarafından araştırma yapılmış, petekten hemen sonra bir elek yerleştirilirse petek tarafından üretilen türbülansın azaltılabileceği görülmüştür.



a) Eleksiz hal



b) Elekli hal

6.3. Elekler

Dinlenme odası girişlerinde yer alan bal peteklerinin arkasına eleklerin konulmasının iki ana amacı bulunmaktadır. Biri akıştaki homojenliği, düzgünlüğü artırmak diğeri de türbülansı azaltmaya çalışmaktır. Elekler dinlenme odası girişine ve bal peteğinin hemen arkasına yerleştirilirler.

6.4. Difüzör

Difüzör rüzgar tünellerinde test odasının sonrasında akımın yavaşlatılması için ilerledikçe kesitleri genişleyen konik bir kanaldır. Ana görevi test odası çıkışındaki yüksek hızdaki hava akımını yavaşlatmaktır.

Difüzörler genellikle kare, dikdörtgen, yada daireselden kareden ve dikdörtgenden dairesel kesite geçiş yapılan konik olarak genişleyen kanallardır.

Difüzörün çıkış kesit alanının giriş kesit alanına oranına genişleme oranı n_d denir. Bu oran kollektör için seçilen daralma oranına yakın bir değer seçilmesi önerilir. Tecrübeler difüzörün genişleme açısı için en uygun değer 7° olduğunu. Genişleme açısı 8° 'den büyükse geri basınç gradyeni oluşabilir ve difüzör duvarında sınır tabakası ayrılmasına hem difüzörün hem de deney odasındaki performansını kötü yönde etkilemesine sebep olabilir.

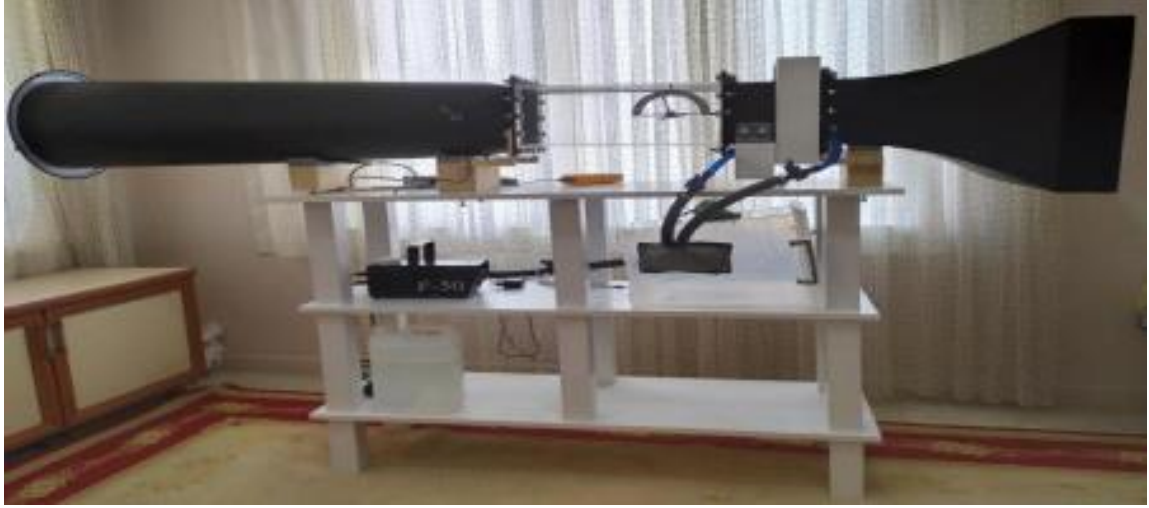
7. Deney Düzenegi

7.1. Deneyin Amacı

Yaptığımız deneyde amacımız hücum açısına bağlı olarak kanat üzerinde gerçekleşen akım farklarını gözlemlemek.

7.2. Deney Düzenegi

Deneyde daha evvel bölümümüz lisans öğrencileri tarafından 2209 kapsamında yapılan açık çevrim emme tipi bir rüzgar tüneli kullanılacaktır.



Rüzgar tüneline kanat profili sabitlenip hücum açısı ayarlanabilmektedir. Aynı zamanda deney düzenegi ölçegi uygun olan araçlar ve Ahmed Body üzerinde deney yapmaya uygundur.



