



UCUS PRENSIPLERİ

GİRİŞ

Aerodinamik; hareket eden katı kütlelerin havayla etkileşimlerini, hava ve benzeri gazların hareketlerini ve bu hareketlerle birlikte ortaya çıkan kütle ve enerji transferi problemlerini inceleyen bilim dalıdır. Özellikle uçakların, roketlerin ve füzelerin havadaki hareketlerini belirleyen ilkeleri açıklar.

Aerodinamik konusunu incelemeye başlamadan önce fiziğin temel taşları olan mekanikleri ve bunlara bağlı ölçüm birimlerini anlamak gerekir. Aerodinamik biliminde, teknik iletişimi kolaylaştırmaya yönelik, bilim ve teknolojiye kullanılmak üzere önerilen Uluslararası Birim Sistemi veya Uluslararası Ölçüm Sistemi kullanılmaktadır. Uluslararası Birim Sistemi veya Uluslararası Ölçüm Sistemi kısaca **(SI)** "International System" olarak belirtilir.

SI, **MKS**(Metre, kilogram, saniye) birim sistemi ile doğrudan ilgilidir. Uzunluk birimini metre(m), kütle birimini kilogram(kg), zaman birimini ise saniye(s) olarak esas alır. Genellikle mühendislikte ve fiziğin temel seviyelerinde kullanılır.

KÜTLE : Bir cisimdeki özdek niceliklerin ölçüsüdür. Aynı zamanda cismin hareket etmeye karşı gösterdiği direnç olarak da adlandırılabilir. Kütle her yerde aynı değere sahiptir. Kütlenin ölçü birimi kilogram(kg)'dir.

UZUNLUK : Bir cismin boyunu ifade eden büyüklüktür. Bu büyüklük en, boy veya yükseklik yönlerinde olabilir. Fizikte ise uzunluk, mesafe ile eşdeğer anlamda kullanılır. Yani iki nokta arasındaki mesafedir ve ölçü birimi metre(m)'dir.

ZAMAN : Olayların içinde ardarda gerçekleştiği boyut, vakit veya süre olarak tanımlanabilir. Ölçü birimi saniye(s)'dir.

SI TEMEL BİRİMLERİ

Fiziksel Nicelik	Birimin Adı	Sembol
Kütle	Kilogram	kg
Uzunluk	Metre	m
Zaman	Saniye	s

Yukarıdaki temel birimlerden diğer standart birimler türemiştir.

TÜREMİŞ BİRİMLER

ALAN : Bir yüzeyin kapladığı yer miktarını ölçen bir büyüklüktür. Temel alan birimi metrekare(m²)'dir.

HACİM : Bir cismin uzayda kapladığı yer miktarına hacim denir. Temel hacim birimi metreküp(m³)'tür. **V** sembolü ile gösterilir.

HIZ (VELOCITY) : Bir cismin birim zamanda aldığı yol veya alınan yolun zamana göre değişimi olarak tanımlanabilir. Hız ölçü birimi (m/s) olarak ifade edilir.

$$1 \text{ ft/s} = 30,6 \text{ cm/s}$$

$$1 \text{ mil/saat} = 1,6 \text{ km/saat}$$

$$1 \text{ m/s} = 3,6 \text{ km/saat}$$

İVME (ACCELERATION) : Hızın zamana göre değişim hızı veya zamana göre türevi olarak tanımlanır. Ölçüm birimi (m/s²) olarak ifade edilir.

MOMENTUM : Cismin kütlesi ile hızının çarpımına verilen addır ve cismin hareket miktarının bir ölçüsüdür ($\mathbf{p} = \mathbf{m} \times \mathbf{v}$). Momentum (**p**) ile gösterilir. Bu formülde **m** cismin kütlesi, **v** cismin hızıdır. Ölçü birimi (kgm/s) olarak ifade edilir.

KUVVET : Bir cismin hareketine sebep olan, yani duran bir cismi hareket ettiren, hareket eden bir cismi durduran, doğru ve yönünü değiştiren, ona şekil değişikliği veren etkidir. Kuvvet (**F**) ile gösterilir. Birimi de Newton ya da (kgm/s^2) 'dir.

$$\text{Kuvvet} = \text{Kütle} \times \text{İvme}$$

$$F = m \times a$$

AĞIRLIK : Bir cisme uygulanan kütle çekim kuvvetidir. Ölçü birimi kilogram(kg)'dır fakat bir kuvvete maruz kaldığı için Newton(N)'da kullanılır. Dünya'da bir cismi ele alırsak yükseğe çıktıkça ağırlığı azalır, kutuplara gidildikçe ağırlığı fazlalaşır, ekvatora gittikçe ağırlığı azalır. Normal şartlar altında kütlesi 1 kg olan bir cismin ağırlığı Dünya'da 9.81 N veya 9.81 m/s^2 'dir.

$$\text{Ağırlık} = \text{Kütle} \times \text{Kütle Çekim}$$

İŞ : Bir cisme uygulanan kuvvetin, o cismin konumunda yaptığı değişiklik etkisine denir. Kütleyle uygulanan yatay net kuvvet ile kütlenin aldığı yolun çarpımına eşittir. Birimi, Newton-metre(Nm)'dir.

$$\text{İş} = \text{Kuvvet} \times \text{Mesafe}$$

1 Nm = 1 joule(J)'dir. 1 Nm'lik yatay kuvvet sonucu 1 metre yol alındığında 1 joule iş yapılmış olur.

GÜÇ : Belli bir işi yapmanın hızıdır veya birim zamanda yapılan iş olarak açıklanabilir. Ölçü birimi Watt(W) olarak ifade edilir.

$$1 \text{ Watt} = 1 \text{ J/s veya } 1 \text{ Nm/s}$$

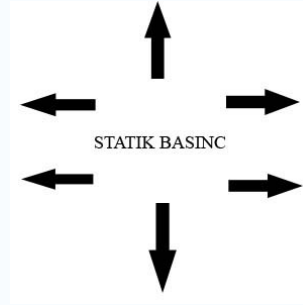
$$\text{Güç} = \text{İş} / \text{Zaman} = \text{Kuvvet} \times \text{Hız}$$

ENERJİ : Bir cisim ya da sistemin iş yapabilme yeteneğidir. Enerji ölçü birimi Joule(J)'dir. 1 Joule = 1 Nm. Enerji çeşitli şekillerde bulunabilir. Fakat bu şekillerin tamamı iki ana başlığa indirgenebilir.

- **Potansiyel Enerji** : Bir nesnenin konumundan dolayı, diğer nesnelere bağlı olan enerjisidir.
- **Kinetik Enerji** : Hareketin sebep olduğu enerjidir.

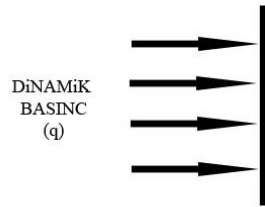
BASINÇ : Bir yüzey üzerine etkide bulunan kuvvetin birim alana düşen miktarıdır. Ölçü birimi (N/m²) veya Pascal (Pa) olarak ifade edilir. Havacılıkta ise genellikle basınç ölçü birimi olarak **BAR** kullanılır. 1 bar = 10⁵ Pa veya 1 mb = 1 hPa 'dır. Aerodinamik bilimi üç çeşit basınç tipini ele alır.

- **Statik Basınç (Ps)** : Durağan bir havada basınç her yöne eşit kuvvette dağılır. Barometreler statik basınç ölçerler ve bu sisteme göre çalışırlar. Örneğin; bir kutunun içindeki sabit hava kütlesi kutunun kapaklarına belirli bir kuvvet uygulayacaktır.



Resim 1.1

- **Dinamik Basınç (Pd)** : Hareket eden hava akımının gövde yüzeyi üzerinde hareketsiz hale gelmesi ile oluşur. (Örneğin, hava akımı ile gövde yüzeyi arasında göreceli bir hareket varsa.)



Resim 1.2

Dinamik Basınç aşağıdaki formülde belirtildiği şekilde de açıklanabilir :

$$Q = \frac{1}{2} \rho v^2$$

ρ (rho) olarak belirtilen havanın yoğunluğudur ve irtifa arttıkça yoğunluk düşecektir. v ile tanımlanan ise gövdenin hava akımı içindeki süratidir.

- **Toplam Basınç (Pt)** : Statik basınç ile dinamik basıncın toplamıdır. Kaldırma, sürtünme kuvvetlerinin ve gösterge süratlerinin hesaplanmasında önemli bir yeri olduğundan aerodinamik konusunda bilinmesi gereken önemli terimlerden biridir. Ayrıca **Pitot Basıncı** ile de ilgilidir.

$$\text{Toplam Basınç} = \text{Statik Basınç} + \text{Dinamik Basınç}$$

YOĞUNLUK : Birim hacimdeki madde miktarıdır. Ölçü birimi (kg/m^3) olarak gösterilir. Havanın yoğunluğu sıcaklık, basınç ve nemden etkilenir ve değişir. Aerodinamik konusunda dikkatli çalışılması gereken konulardan biridir, ayrıca uçakların performansı ile doğrudan ilgilidir.

SICAKLIK : Cismin sıcaklığının ya da soğukluğunun bir ölçüsüdür. Santigrat Derece ($^{\circ}\text{C}$) olarak tabir edilir. Termodinamik ısı ölçü birimi Kelvin(K) 'dir ve genellikle fizikle ilgili hesaplamalarda kullanılır. Santigrat'ı Kelvin'e çevirmek için Santigrat Derece ($^{\circ}\text{C}$) ile 273 toplanır. Örneğin;

$$15^{\circ}\text{C} + 273 = 288\text{K}$$

HAVA SÜRATLERİ

- **Gösterge Sürati (IAS – Indicated Airspeed)** : Pitot-statik sistemdeki basıncın gösterge süratine yansıtılması ile elde edilen ve üzerinde herhangi bir düzeltme yapılmamış olan sürattir. Kısaca sürat göstergesinden okunan hızdır.
- **Kalibre Edilmiş Hava Sürati (CAS - Calibrated Airspeed)** : Pozisyon ve alet hatası giderilmiş gösterge süratidir. Deniz seviyesindeki standart atmosfer koşullarında; CAS = Hakiki Hava Sürati (TAS-True Air Speed).
- **Eşdeğer Hava Sürati (EAS - Equivalent Airspeed)** : Kalibre edilmiş hava süratinin sıkıştırma hatasının giderilmesi ile elde edilir. 300kt 'ın altındaki hızlarda eşdeğer hava sürati kalibre edilmiş hava süratine eşittir. Ayrıca deniz seviyesindeki standart atmosfer koşullarında; EAS = TAS.
- **Hakiki Hava Sürati (TAS – True Air Speed)** : Yoğunluk hatası giderilmiş hava süratidir. Daha çok seyrüsefer amaçlı hesaplamalarda kullanılır. EAS ile TAS arasındaki ilişkiyi aşağıdaki şekilde açıklayabiliriz:

$$TAS = EAS \left(\rho_0 / \rho \right)^{1/2}$$

ρ_0 = deniz seviyesindeki yoğunluk
 ρ = irtifadaki yoğunluk

- **Mach No. (Mach Number)** : Hakiki hava süratinin (TAS) mahalli ses süratine (LLS – Local Speed Of Sound) olan oranıdır.

$$Mach\ Number = TAS / LLS$$

NEWTON HAREKET KANUNLARI

Birinci Hareket Kanunu Eylemsizlik Prensibi : Herhangi bir cisim üzerine bir kuvvet etki etmiyorsa, ya da etki eden kuvvetlerin bileşkesi sıfırsa, cisim durumunu değiştirmez; yani duruyorsa durur, hareket ediyorsa, hareketini bir doğru boyunca devam ettirir.

İkinci Hareket Kanunu : Birinci kanundan biliyoruz ki, kuvvet olmadığında cismin hızında bir değişim, yani ivme söz konusu değildir. O halde cisme kuvvet uygulandığında, cisim bir ivme yani bir hız kazanacaktır. Ayrıca ivme uygulanan kuvvetle doğru orantılı ve kuvvet yönünde olacaktır.

$$Kuvvet = Kütle \times İvme$$

$$F = m \times a$$

Üçüncü Hareket Kanunu Etki Tepki Prensibi : Doğadaki bütün gerçek kuvvetler çevreyle etkileşme sonucu oluşurlar. Bir cisim diğer bir cisme bir kuvvetle etki ettiğinde, diğer cisim de bu cisme bir kuvvet uygular. Buna ek olarak bu kuvvetlerin büyüklükleri eşit, yönleri zıttır. İki cisim arasındaki etkileşimde bu kuvvetlerden birine "etki" diğerine "tepki" kuvveti denir.

ATMOSFER

Yerçekiminin etkisiyle, yerkürenin etrafını saran, çoğunlukla gaz ve buharlardan oluşan ve yüksekliği yaklaşık 900 km 'ye ulaşan gaz tabakasına "Atmosfer" denir. Atmosferin bir diğer adı da hava küredir. Atmosfer, %21'i Oksijen, %78 'i Nitrojen ve %1'i Diğerleri olmak üzere çeşitli gazlardan meydana gelmiştir. Yeryüzünden ortalama 11 km yüksekliğe kadar olan tabaka çeşitli miktarlarda su buharı ihtiva eder, hemen hemen bütün hava olayları bu bölümde meydana gelir.

Havanın taşıyabileceği su buharı miktarı sıcaklık ile ilgilidir. Sıcaklığın azalmasıyla hava kütlesi su buharının fazlasını taşıyamaz hale gelir. Sıcaklık artarsa ise havanın taşıyabileceği su buharı miktarı artar. Havanın ağırlığı ve sıkıştırılabilir özelliği vardır. Basınç, yoğunluk ve sıcaklık irtifa arttıkça düşer. Bunlar bir uçağın uçuşuna etki eden önemli faktörlerdendir. Basıncın, yoğunluğun veya sıcaklığın değişmesi uçağın performansına doğrudan etki eder.

GAZ KANUNU

Basınç, yoğunluk ve sıcaklık arasındaki ilişkiyi aşağıdaki şekilde açıklayabiliriz:

$$P / \rho T = \text{Sabit}$$

P = Basınç (N/m²)

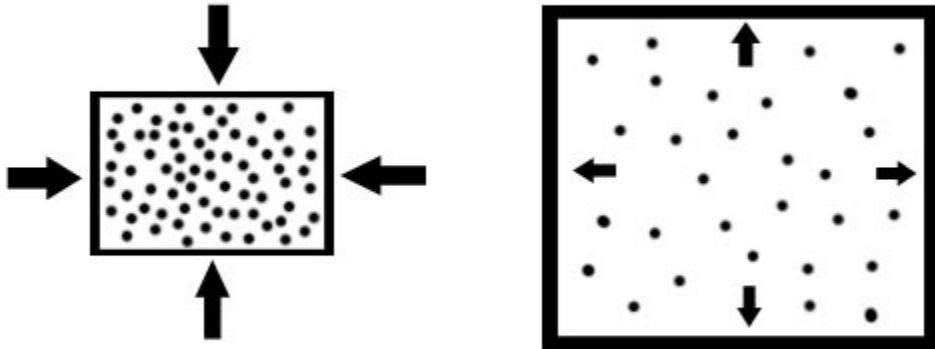
T = Sıcaklık (K)

ρ = Yoğunluk veya Hacim birime düşen kütle miktarı (kg/m³)

Basınç ve sıcaklığın yoğunluğa etkisi sonucu çıkarılabilir.

BASINCIN YOĞUNLUĞA ETKİSİ

Hava çeşitli gazlardan oluşmuştur, kolayca sıkıştırılabilir veya genişebilir. Hava sıkıştırıldığında yoğunluk artacak, genişlediğinde ise yoğunluk düşecektir. Bunun nedeni hava kütlesi içinde bulunan molekül sayısının artması veya azalması şeklinde açıklanabilir. Yoğunluk basınç ile doğru orantılıdır.



Resim 2.1.

SICAKLIĞIN YOĞUNLUĞA ETKİSİ

Hava ısıtıldığında moleküler hareketler hızlanacak ve moleküller arasındaki boşluklar artacaktır. Bu da mevcut hacimdeki molekül sayısının azalmasına ve yoğunluğun düşmesine neden olacaktır. Hava soğutulduğunda ise, moleküler hareketler yavaşlayıp mevcut hacimdeki moleküllerin sayısı artacaktır buna bağlı olarak da yoğunluk artacaktır. Yoğunluk sıcaklık ile ters orantılıdır.

İRTİFANIN YOĞUNLUĞA ETKİSİ

İrtifa arttıkça basınç ve sıcaklık düşecektir. Daha önceden de belirtildiği gibi sıcaklığın düşmesi yoğunluğun artmasına, basıncın düşmesi ise yoğunluğun azalmasına neden olacaktır. Her ne kadar bu faktörler birbirlerine ters yönde etki etseler de, basıncın diğer faktörlere göre yoğunluk üzerinde daha büyük etkisi vardır. Sonuçta irtifa arttıkça basınç, sıcaklık ve yoğunluk düşecektir.

NEMİN YOĞUNLUĞA ETKİSİ

Bundan önceki paragraflarda, hava tamamen kuru olarak ele alınmıştı. Atmosferde belirli bir oranda su buharı vardır ve bu yerden yere, gündün güne değişiklik gösterir. Hava, su buharı taşıdığı zaman yoğunluğu kuru havaya göre daha azdır çünkü kuru hava su buharından daha yoğundur. Deniz seviyesindeki standart atmosfer koşullarında, su buharının yoğunluğu 0.760 kg/m³ iken, kuru hava 1.225 kg/m³ tür. Bu nedenle, su buharı kuru havaya göre 5/8 oranında daha hafiftir.

ULUSLARARASI STANDART ATMOSFER

Uçakların sistemlerini kalibre edebilmek ve performanslarını hesaplayabilmek için uluslararası düzeyde mütabakata varılmış, farklı irtifalardaki basıncı, sıcaklığı ve yoğunluğu belirten standart bir atmosfere gerek duyulmaktaydı. Bu ihtiyaçları karşılayabilmek için Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü (ICAO) tarafından Uluslararası Standart Atmosfer (ISA) özellikleri belirlendi.

İrtifa (ft)	Sıcaklık (°C)	Basınç (hpa) (p)	Yoğunluk (kg/m ³) (ρ)	Nispi Nem (σ)
0	15	1013.25	1.225	1.0
5,000	5.1	843.1	1.056	0.86
10,000	- 4.8	696.8	0.905	0.74
15,000	- 14.7	571.8	0.771	0.63
20,000	- 24.6	465.6	0.653	0.53
25,000	- 34.5	376.0	0.549	0.45
30,000	- 44.4	300.9	0.458	0.37
35,000	- 54.3	238.4	0.386	0.31
40,000	- 56.5	187.6	0.302	0.25
45,000	- 56.5	147.5	0.237	0.19
50,000	- 56.5	116.0	0.186	0.15

KANAT GEOMETRİSİ VE TERİMLERİ

Kanatlar, uçağın gövdesine üstten, ortadan veya alttan olacak şekilde monte edilebilir.

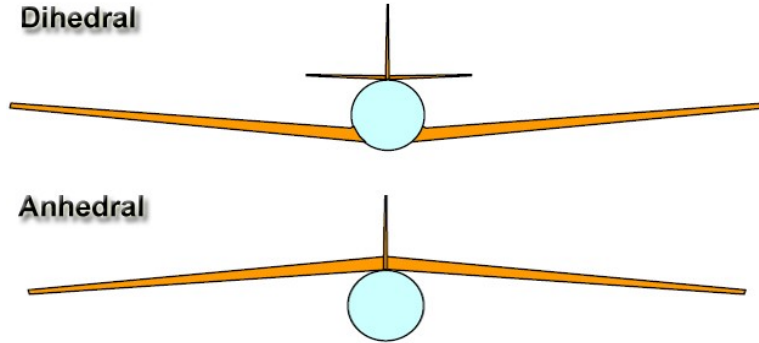


Resim 3.1

Aşağıdaki maddeler, kanadın monte yerini belirleyen önemli unsurlardandır :

- Motorun yeri
- Pervane pallerinin uzunluğu
- İniş takımlarının yeri
- Kısa meydanlara iniş-kalkış performansı

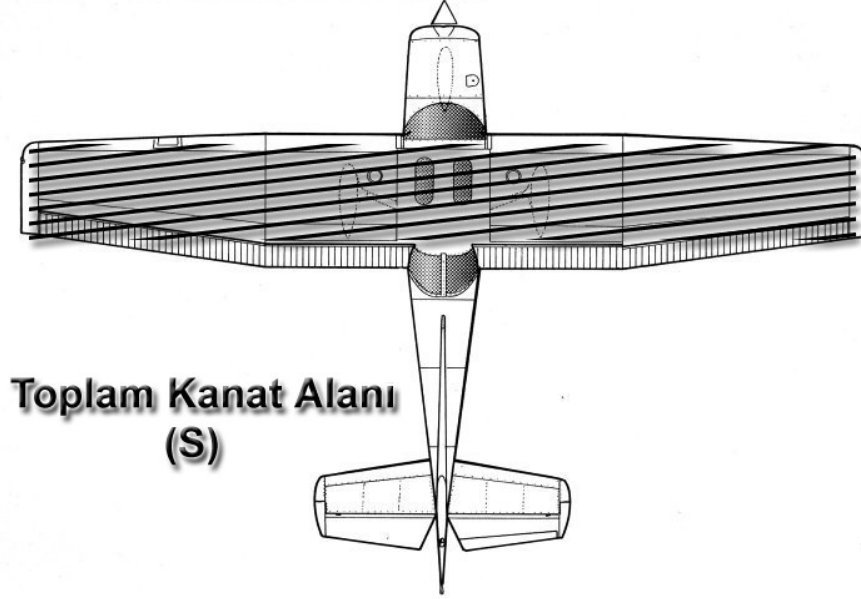
Ayrıca, kanatlar önden arkaya doğru bakıldığında aşağı veya yukarı doğru bir eğime sahip olabilirler. Kanat ucunun kanat köküne göre yukarıda olmasına "**DiHEDRAL**", aşağıda olmasına "**ANHEDRAL**" denir. Bu açının miktarı yaklaşık olarak 0° ile 10° derece arasındadır. Günümüz uçaklarının kanat yapılarında genellikle dihedral açı kullanılmaktadır.



Resim 3.2

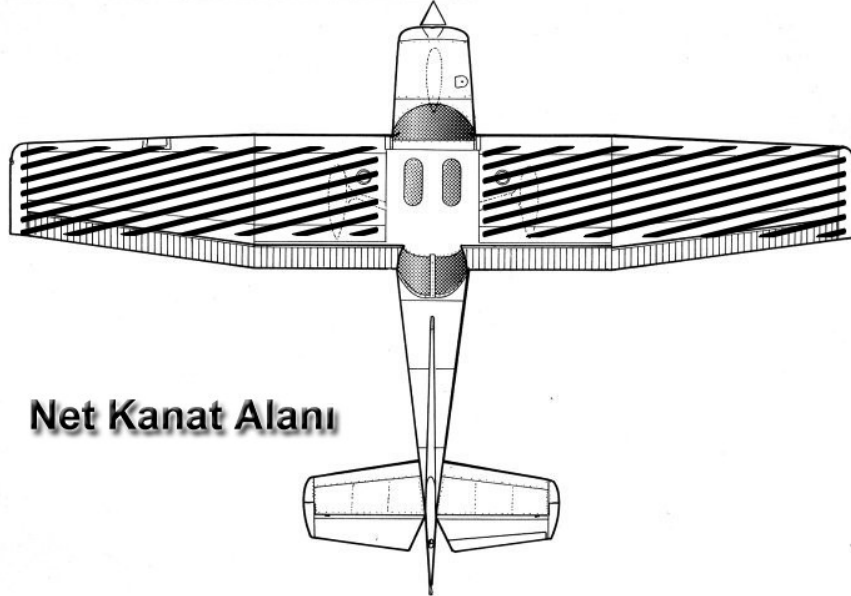
- **Toplam Kanat Alanı (S)** : Bir uçak kanadına yukarıdan bakıldığında uçağın gövde bölümü dahil, bütün kanadın üst görünüm alanı için kullanılan terimdir. Uçak ağırlığının kanat alanına bölünmesi ile kanat yükü hesaplanır.

$$\text{Kanat Yükü} = \text{Uçak Ağırlığı} \div \text{Kanat Alanı}$$



Resim 3.3

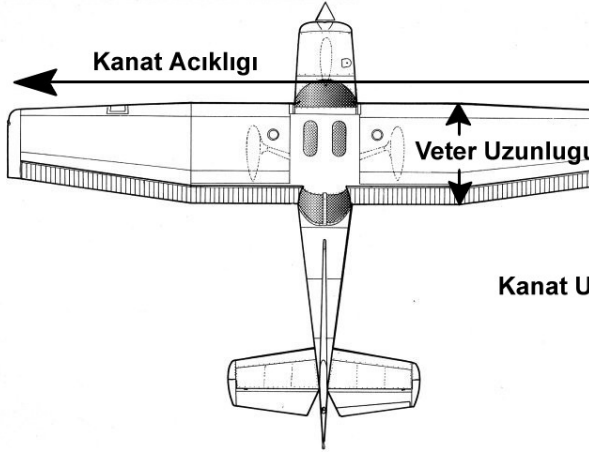
- **Net Kanat Alanı** : Uçağın gövde bölümü haricindeki kanat alanına verilen isimdir.



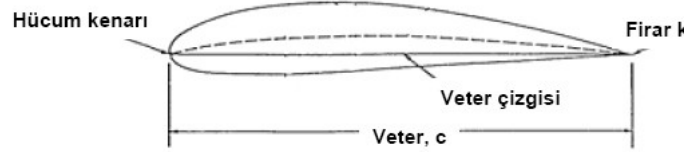
Resim 3.4

- **Kanat Açıklığı (B) ve Veter Uzunluğu (C)** : Dikdörtgen bir kanada üstten bakıldığında iki kanat ucu arasındaki mesafeye “**Kanat Açıklığı – Wing Span**”, kanadın gövde uzunluğundaki genişliğine ise “**Veter Uzunluğu – Chord Length**”, bir kanat profilinin hücum ve firar kenarlarından geçen doğruya “**Veter Çizgisi – Chord Line**” denir. Kanat açıklığı ile veter uzunluğunun çarpımı toplam kanat alanını verir.

$$B \times C = S$$



Resim 3.5

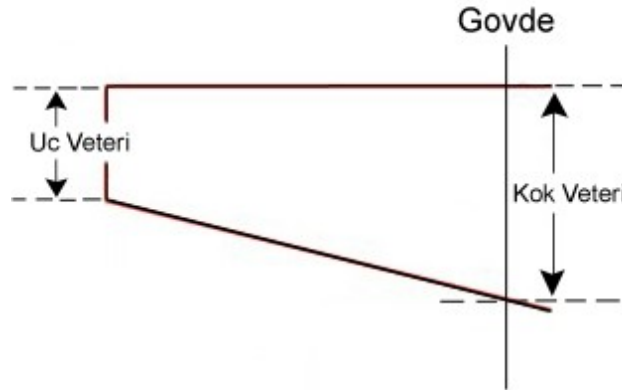


Resim 3.6

- **Açıklık Oranı (Aspect Ratio – AR)** : Dikdörtgen bir kanadın, kanat açıklığının veter uzunluğuna olan oranına denir fakat değişik kanat tasarımları vardır ve veter uzunlukları kanat açıklığı boyunca farklılık gösterir. Bu tip kanatlar için açıklık oranını aşağıdaki gibi açıklamak daha uygun olur.

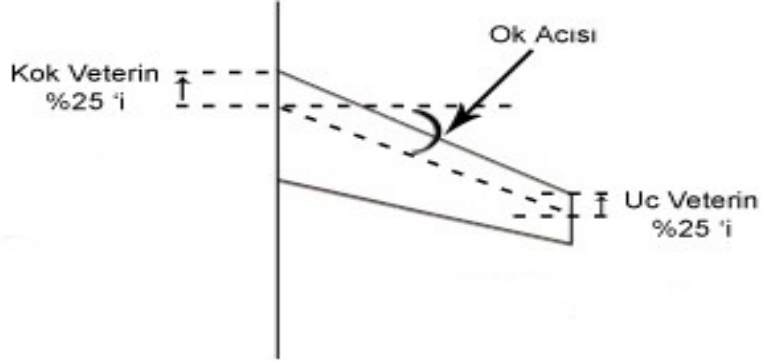
$$AR = (B \div CAV) \text{ veya } [S \div (CAV)^2] \text{ veya } [(B)^2 \div S]$$

- **Sivrilme Oranı (Taper Ratio – TR)** : Uç veterin (Ct) kök vetere (Cr) oranıdır.



Resim 3.7

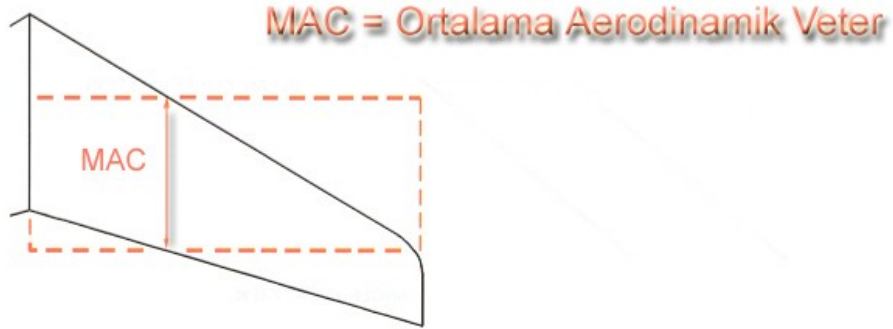
- **Ok Açısı (The Angle Of Sweepback)** : Kanada üstten bakıldığında, veter çeyrek noktalarının geometrik yerinin kök vetere dik olan düzlem ile yaptığı açıdır.



Resim 3.8

- **Ortalama Aerodinamik Veter (Mean Aerodynamic Chord – MAC)** : Kanadın üst görünüm alanının geometrik merkezinden geçecek şekilde çizilen doğruya denir. Ortalama Aerodinamik Veter (MAC) ile Veter Uzunluğu (C) aynı şeyler değildir ve birbirine karıştırmamak gerekir.

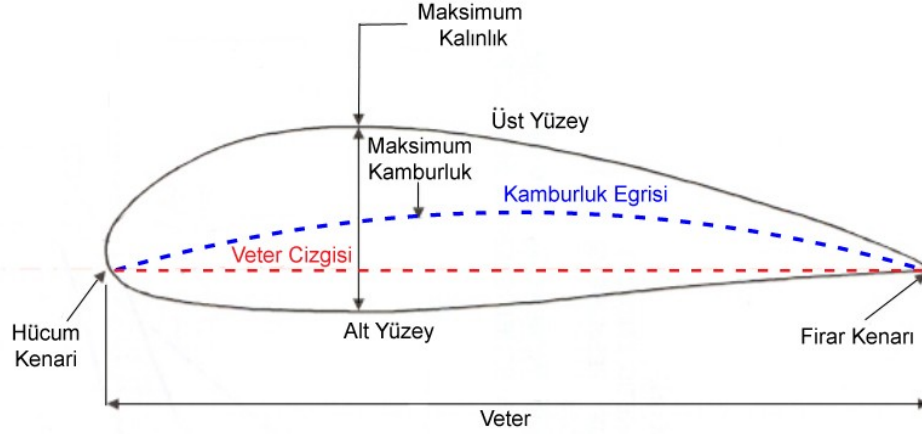
Açıklık oranı, sivrilme oranı ve ok açısı, bir kanadın aerodinamik özelliklerinin belirlenmesinde etkili olan başlıca faktörlerdendir.



Resim 3.9

KANAT KESİTİ (PROFİLİ) VE TERİMLERİ

Bir kanadın uygun aerodinamik özelliklere sahip olabilmesi birçok kanat çeşidi veya kanat profili kullanılabilir. Bu bölümde de kanat kesitini incelemeye çalışacağız.

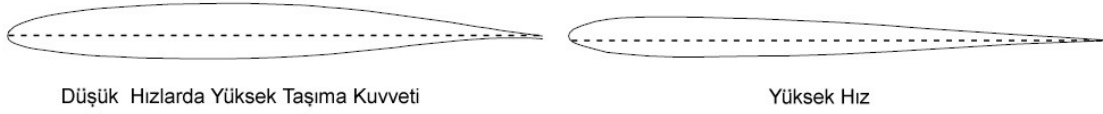


Resim 3.10

- **Veter Çizgisi (Chord Line)** : Bir kanat profilinin hücum ve fırar kenarlarından geçen doğruya denir.
- **Veter (Chord) veya Veter Uzunluğu** : Kanadın gövde uzunluğundaki genişliğine denir.
- **Kamburluk Eğrisi (Mean Camber Line)** : Kanat profilinin alt ve üst yüzeyleri arasındaki noktaları birleştiren çizgidir.
- **Maksimum Kamburluk (Max. Camber)** : Veter çizgisi ile kamburluk eğrisi arasındaki maksimum dikey uzaklıktır.
- **Maksimum Kalınlık (Max. Thickness)** : Kanat profilinin alt ve üst yüzeyleri arasındaki maksimum dikey uzaklıktır.
- **Maksimum Veter Kalınlık Oranı (Max. Thickness Chord Ratio)** : Bir kanat profilinin, maksimum kalınlığının veter uzunluğuna oranıdır. Bu oran sesaltı hızlardaki uçakların kanat profillerinde %12 ile %14 arasındadır.

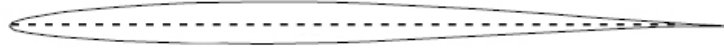
KESİT ŞEKİLLERİ

Bazı kanat profilleri yuvarlak hücum kenarlı, fazla kamburlu ve kalın olarak tasarlanmıştır. Bu tip kanatlar düşük süratlerde yüksek taşıma kuvveti sağlarlar. Yüksek süratler için tasarlanan kanat profilleri ise sivri hücum kenarlı, daha basık ve incedir.



Resim 3.11

Yukarıdaki kanat profilleri asimetrik profillerdir. Simetrik kanat profili ,kamburluk eğrisinin vetere simetrik olarak kamburluğun "0" olmasıdır. Simetrik profillerde alt ve üst yüzeyler birbirine eşit olduğundan, düz bir hücum açısı ile uçurulan kanat hiçbir taşıma kuvveti yaratmayacaktır.



Resim 3.12

TAŞIMA KUVVETİ

GİRİŞ

Bir uçakta taşımayı sağlayan iki eleman vardır, bunlar kanat ve kuyruk yüzeyleridir. Kanatlar taşıma kuvvetini üretirken, kuyrukta taşımayı dengeler fakat biz bu bölümde kanatları inceleyeceğiz.

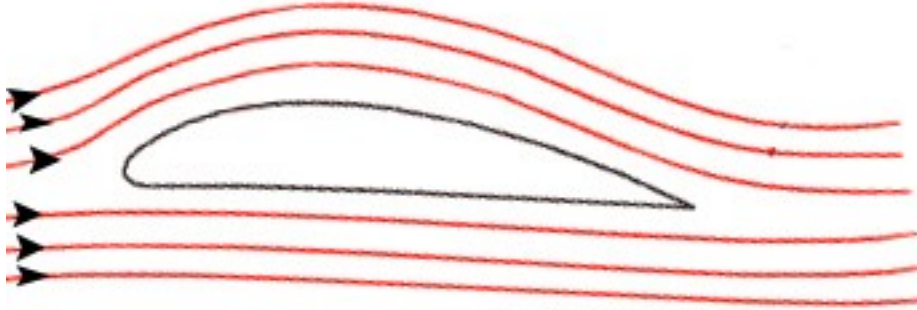
Kanat etrafında dolaşan hava akışı, kanadın alt ve üst yüzeylerinde basınç farkı oluşturarak bir kuvvet üretir. Hava akışına dik olacak şekilde hareket eden bu kuvvete “**Taşıma Kuvveti**” denir. Bir uçuşun devamlılığı ağırlığa eşit bir taşıma kuvvetinin olması ile mümkündür.

Bir kanadın taşıma kuvveti oluşturabilmesi için üst yüzeyindeki basıncın alt yüzeyindeki basınca göre daha küçük olması gerekir. Bu fark ne kadar fazla olursa taşıma kuvveti o kadar büyük olur. Kanat yüzeyleri arasında basınç farkının oluşmasının nedeni kanat etrafındaki havanın hızı ile ilgilidir. Hava hızlandıkça basınç azalır. Kanadın üst yüzeyindeki havanın hızı, alt yüzeyindeki havanın hızına göre daha fazla olduğundan üst yüzeydeki basınç daha düşüktür.

Taşıma kuvvetinin, kanadın geometrisiyle, alanıyla, uçuş hızıyla ve havanın yoğunluğuyla ilgili olduğunu da belirtmek gerekir. Örneğin, büyük bir uçağın taşıma kuvveti, küçük bir uçağa göre daha büyüktür çünkü büyük uçağın kanat üst görünüm alanı daha büyüktür ve daha büyük bir taşıma kuvveti üretmektedir.

HAVA AKIŞI

Uçağın üzerinde bulunan taşıma ve sürüklenme gibi aerodinamik kuvvetleri daha iyi anlayabilmek için hava akışının etkilerini incelemek gerekir.



Şekil 4.1

Laminer Akış (Streamline Flow) : Katmanlı akış olarak da bilinir daha basit açıklamak gerekirse akışkanın katmanlar halinde aktığı düzgün akıştır. Burada moleküller birbirlerine mümkün olduğunca yakın kalmaya ve benzer hareketler göstermeye meyillidir. Katmanlardaki akışkan parçacıklarının hızları ve basınçları her yerde aynı değildir ve bu parçacıklar tabakalar arasında yer değiştirmez. Katmanlar arasındaki genişlikler akımın hızını gösterir. Genişlik fazla ise akış yavaş, az ise hızlıdır. Hız her tabakada farklı olabilir. Bu katmanlar birbirine karışmıyor ise akış laminardır.

Kapalı bir odada, hareketsiz duran bir yanık sigaradan çıkan ip gibi düzenli duman, laminar akışa bir örnektir.

Laminer akış hemen hemen bütün uçuş safhalarında arzu edilen, uçak etrafındaki ideal hava akışıdır. Hava akışının yönünde ani bir değişiklik olursa, laminer akış bozulacak ve düzensiz (türbülanslı) bir akış haline gelecektir.

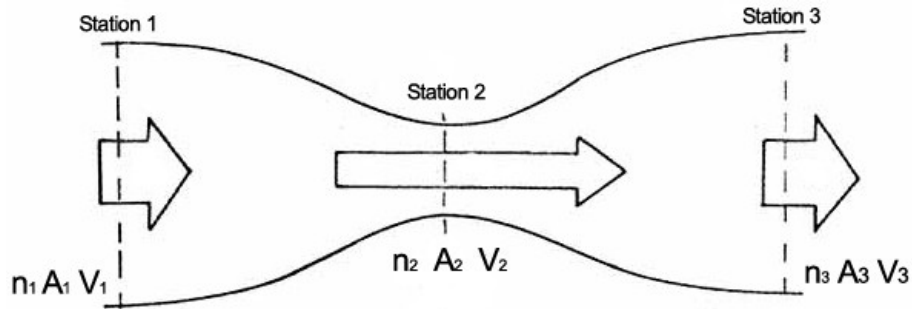
Düzensiz Akış (Turbulent Flow) : Bir akışkanın herhangi bir noktasındaki hızının hem doğrultu hem de büyüklük bakımından değişiklik ve düzensizlik gösterdiği akış biçimidir. Burada moleküller birbirlerine göre farklı hareketler içindedir ve düzensiz hareket ederler. Düzensiz akışta, akışkan içinde girdaplar ve akışkanın hareketinde ani değişiklikler meydana gelir. Akışın hızı, yönü ve büyüklüğü sürekli değişir. Hızdaki dalgalanmalar basınçta da dalgalanmalara neden olur. İp gibi yükselen sigara dumanının bir süre sonra dağılıp düzensizleşmesi, düzensiz akışa örnektir. Düzensiz akış enerji kaybına yol açar ve birçok uçuş safhasında istenmeyen bir durumdur.



Resim 4.2

SÜREKLİLİK DENKLEMİ

Süreklilik denklemi yalnızca akışın sabit ve düzenli olduğu akışlara uygulanabilir. Bir akışkandaki kütle ve hacmin, zamana ve konuma göre değişimi ile ilgilidir. Süreklilik denklemi kütle korunumu prensibine dayanır. Yani bir kesitten geçen akışkan miktarı başka bir kesitten geçen akışkan miktarına eşittir.



Resim 4.3

Kesitin herhangi bir noktasındaki hava akışı miktarı; yoğunluğun(ρ), kesit alanının(A) ve hızın(V) çarpımına eşittir.

$$\text{Hava Akışı Miktarı} = \rho AV$$

Hava Akışı Miktarı (kg/s) olarak ifade edilir ;

$$\rho = \text{kg/m}^3$$

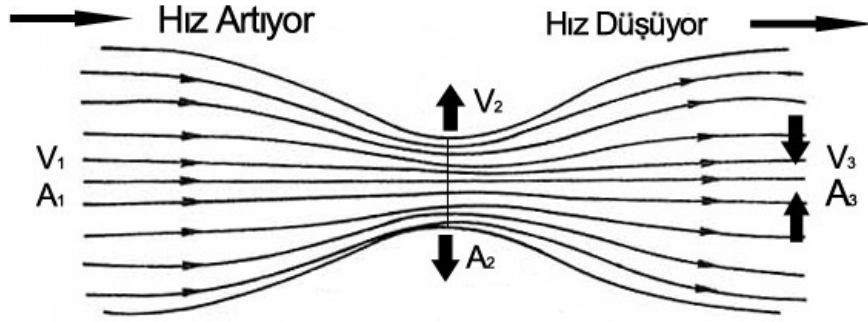
$$A = \text{m}^2$$

$$V = \text{m/s}$$

Bu denklem, akışın sabit olduğu subsonik ve supersonik akışlara uygulanabilir. 0.4 Mach değerinin altındaki hızlarda hava ideal olarak kabul edilmez ve sıkıştırılmaz olarak tanımlanır. Bu yüzden yoğunluk sabit olarak ele alınır ve denklemden çıkarılabilir.

Hava Akış Miktarı $\propto AV$

Kesit alanı ile hız ters orantılıdır, kesit alanının azalması veya daralması hızın artmasına neden olur.



Resim 4.4

BERNOULLI PRENSİBİ

Bernoulli Prensibi, akışkanlar mekaniğinde önemli bir prensiptir ve enerjinin korunumu ile ilgilidir. Bu prensibe göre; sürekli, sürtünmesiz, sıkışmaz ve sabit debili bir akışta akım çizgisi boyunca toplam enerji sabittir. Ayrıca akışkan, potansiyel ve kinetik enerjiye sahiptir.

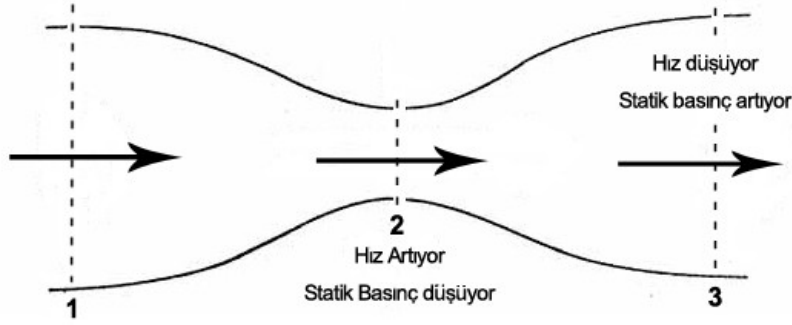
- **Kinetik Enerji :** Akışkanın hareket halindeyken sahip olduğu enerjidir.
- **Potansiyel Enerji :** Akışkanın basıncı sonucunda oluşan enerjidir.

Akışkanın enerjisi potansiyel ve kinetik enerjinin toplamıdır.

$$\text{Potansiyel Enerji} + \text{Kinetik Enerji} = \text{Toplam Enerji}$$

Bernoulli Prensibi, birim hacim başına Dinamik Basınç ($\frac{1}{2}\rho V^2$) ve Statik Basınç (P_s) toplamının akış çizgisi üzerindeki bütün noktalarda aynı değere sahip olduğunu ifade eder.

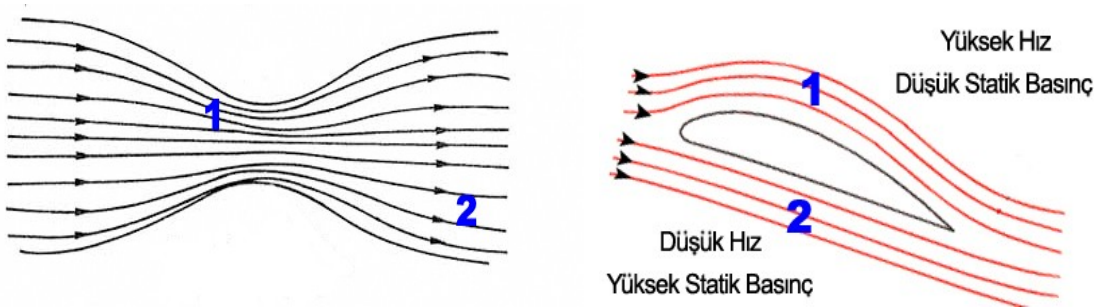
$$\text{Statik Basınç (Ps)} + \text{Dinamik Basınç (}\frac{1}{2}\rho V^2\text{)} = \text{Toplam Basınç (Pt)}$$



Resim 4.5

Bernoulli Prensibi' ne göre; bir akışkanın hızı arttıkça o akışkanın içindeki basınç azalır veya bir akışkanın hızı azaldıkça o akışkanın içindeki basınç artar. Akış boyunca her noktada, akışkanın statik basıncı ile hızı ters orantılıdır. Temel gaz yasasına göre, gazın miktarı ve hacmi sabit ise sıcaklık basınç ile doğru orantılıdır. Örneğin venturi boğazını ele alırsak; hava borudan geçerken dar kısma geldiğinde sürati artar, basıncı ve sıcaklığı azalır.

Taşıma Kuvveti, Bernoulli Prensibi' ne dayanır. Prensibe göre akışkanın hızı artarsa basıncı düşer. Uçak kanadındaki taşıma kuvveti bu prensip ile açıklanabilir.

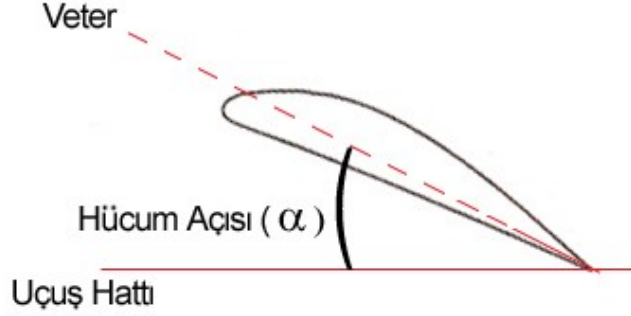


Resim 4.6

Kanadın üst yüzeyi daha kamburlu ve eğimlidir, alt yüzeyi ise düzdür. Kanadın üst yüzeyinden geçen hava alt yüzeyinden geçen havaya göre eşit zamanda daha uzun bir yol kateder bu yüzden üst yüzeydeki havanın hızı daha yüksektir. Bu da üst yüzeydeki basıncın düşük, alt yüzeydeki basıncın yüksek olmasına ve taşıma kuvvetinin oluşmasına yol açar.

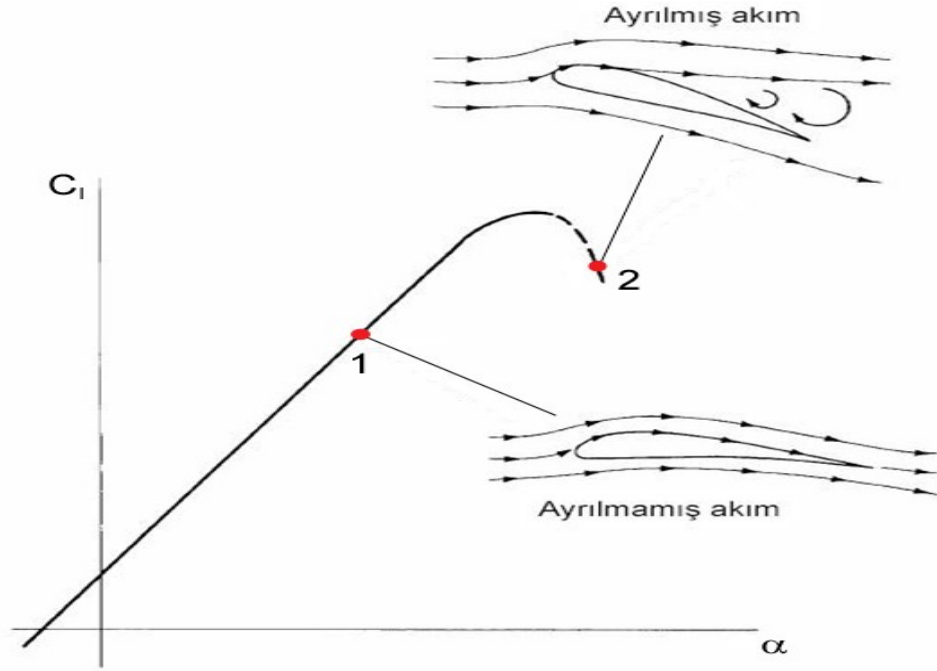
HÜCUM AÇISI (ANGLE OF ATTACK – AOA)

Kanat profilinin, uçuş hattı veya uçağa gelen izafi rüzgar ile veter çizgisi arasında kalan açığı "Hücum Açısı" denir. Hücum açısının büyüklüğü kanadın taşıma kuvveti ile ilgilidir ve açısı sınırlıdır.



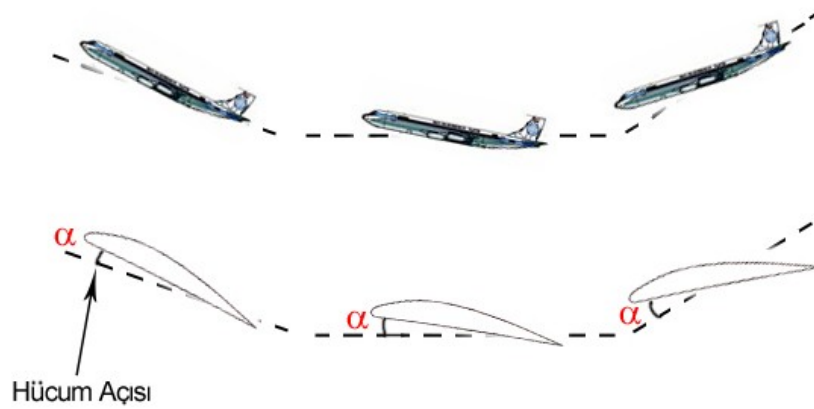
Resim 4.7

Hücum açısının değişmesi, kanadın üst ve alt yüzeylerindeki basıncın ve akış hızının değişmesine neden olur. Küçük hücum açılarında hava kanadın etrafından düzgün bir şekilde, kanat yüzeyini izleyerek geçer ve kanadı firar kenarından yine düzgün bir şekilde terk eder. Hücum açısı büyüdükçe taşıma kuvveti de artar fakat hücum açısının büyümesi sürüklemeyi de artırır. Hücum açısı ile taşıma kuvveti arasındaki bu doğru orantı kanat üzerindeki maksimum taşıma noktasına kadar artarak devam eder. Bu noktadan sonra taşıma kuvveti azalmaya başlar. Taşıma kuvvetinin azalmaya başladığı bölgeye Tutunma Kaybı (Stall) Bölgesi denir. Bu bölgede hava akışı kanat yüzeyini izleyemez hale gelir ve yüzeyden düzensiz bir şekilde ayrılmaya başlar, gerisinde ise düzensiz, girdaplı ve karmaşık bir akım bölgesi oluşturur. Bu da sonuç olarak taşıma kuvvetinin artışını sınırlar ve engeller. Ayrıca taşıma kuvvetinin devamlılığını sağlamak içinde hız düştükçe hücum açısı artırılır.



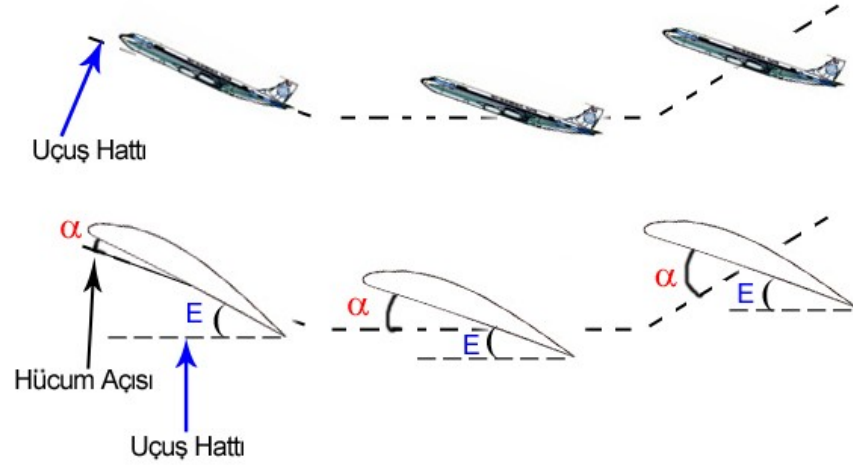
Resim 4.8

Hücum açısı bazen Tırmanış – Dalış Açısı (Pitch Angle), Uçuş Hattı Açısı (Flight Path) Angle veya **Angle Of Incidence** ile karıştırılmaktadır. Tırmanış – Dalış Açısı uçağın uzunlamasına eksenini ile yerkürenin yatay eksenini arasındaki açıdır. Bu açı uçakların durum göstergesinde veya suni ufuk göstergesinde gösterilir. Uçuş hattı açısı, uçuş hattı ile lokal atmosfer arasındaki açıdır. Uçağın kanadının eksenini ile uçağın gövdesinin eksenini arasındaki açıya "**Angle Of Incidence**" denir. Bu açı uçaklarda sabittir ve değişmez. Aşağıdaki resimde hücum açısının değişmesine bağlı olarak Tırmanış – Dalış Açısı değişmektedir.



Resim 4.9

Dalış – Tırmanış açısı sabit iken uçağın hücum açısı değişmektedir.



Resim 4.10

IVAO-TR Eğitim Departmanı (2014)

TR-TC Ali Osman Atabay
TR-TAC Güner Ercan
TR-TA1 Mehmet Kılıç
TR-TA2 Mert Tufan Vatandost
TR-TA3 Berk Çolakoğlu
TR-TA4 Öner Ocak