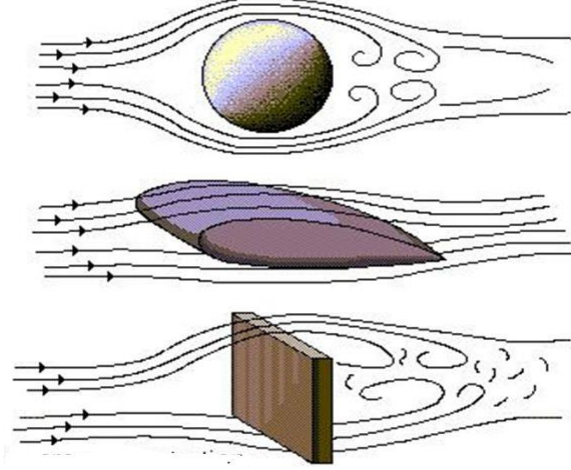


SÜRÜKLEME DENEYİ

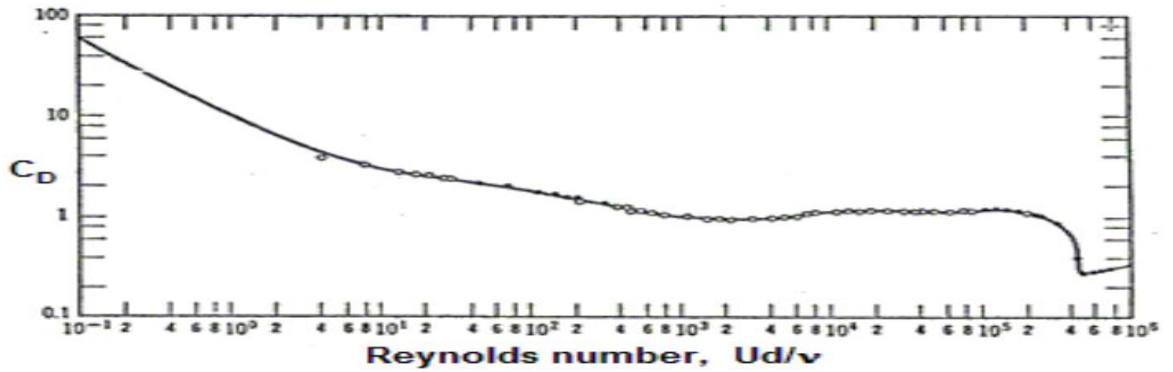
TEORİ



Sürüklenme kuvveti akışa maruz kalan cismin akışkan ile etkileşimi ve teması sonucu oluşan akış yönündeki kuvvettir. Sürüklenme kuvveti yüzey sürtünmesi, basınç ve taşıma kuvvetinden kaynaklanır. Sürüklenme kuvveti cismin şekline ve Reynolds sayısına ve özellikle yüksek hızlarda Mach sayısına bağlıdır. Sürüklenme kuvveti aşağıda gösterildiği şekilde ifade edilebilir.

$$D = C_d \frac{1}{2} \rho v^2 S$$

Aerodinamik bilimi sürüklenme kuvvetinden çok sürüklenme katsayısı ile ilgilenip belirlemeye çalışır.

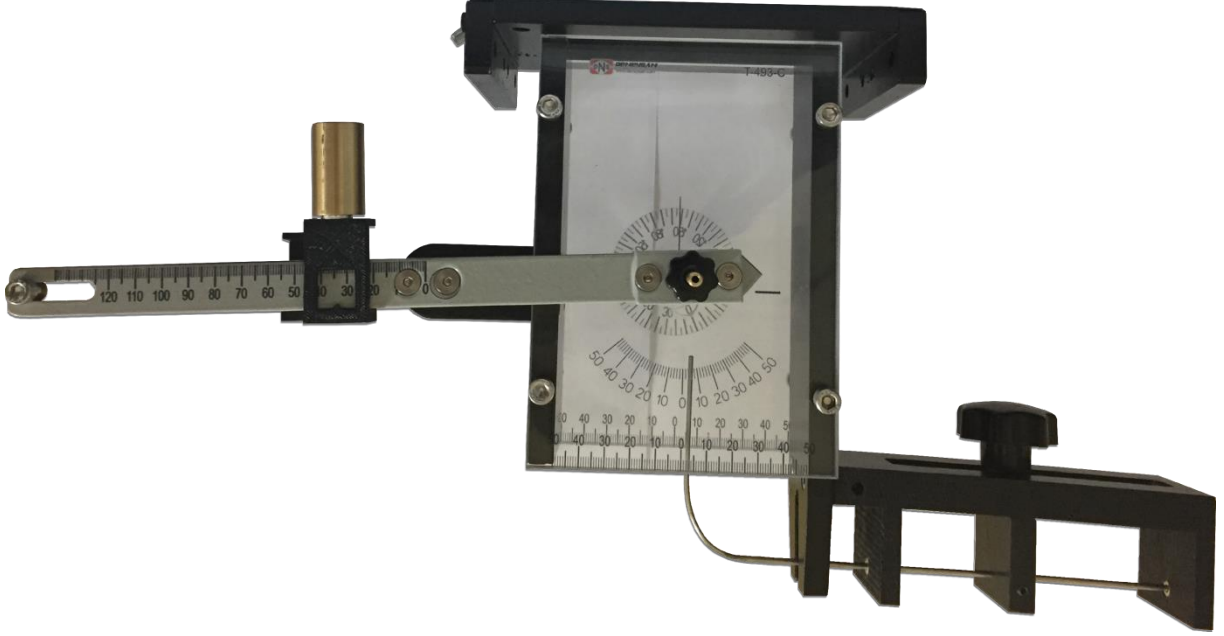


Grafik 1: Silindirin sürüklenme katsayısının Reynolds sayısı ile değişimi

Literatürde sürüklenme katsayısı belirlenmesinde çalışılan alanların biri de silindirin maruz kaldığı akışa bağlı olarak sahip olduğu sürüklenme katsayısıdır. Literatürde sürüklenme katsayısını sürüklenme kuvveti ölçerek, iz bölgesindeki hız dağılımından ve silindir yüzeyindeki basınç dağılımından elde edilebilir.

DENEY

Yapılacak deneyde amaç silindirin sürüklenme katsayısını üç farklı yöntem (kuvvet belirlenmesi, iz bölgesi ve basınç katsayısı dağılımından) ile elde etmektir.



Şekil 1: Silindir sürüklenme deney modülü

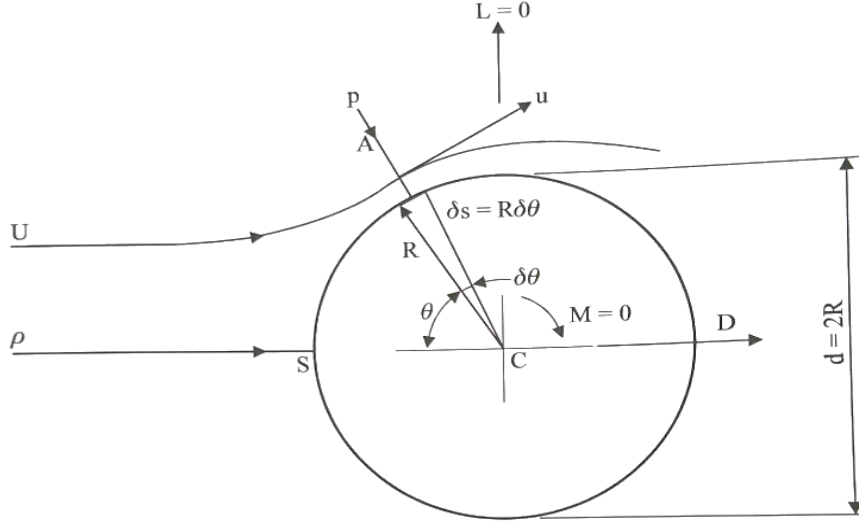
Silindirin sürüklenme katsayısını ilk elde etme yönteminde öğrenciler akışa maruz kalmadan önce silindir ağırlığını terazi düzeneği ile ölçecek ve daha sonra akış sağlayarak ölçecektir. Akışa maruz kalmadan önce ve akışa maruz kaldıktan sonraki terazideki ağırlık farkı silindirin maruz kaldığı sürüklenme kuvveti olarak belirlenecektir. Terazinin 1 gram hassasiyeti olan ve 0.1 gram hassasiyeti olan iki ağırlıktan oluşmaktadır. Öğrenciler önce hassasiyeti zayıf olan (1 gr hassasiyet) ağırlığı hareket ettirerek denge ağırlığına yakın bir noktaya ağırlığı getirecekler. Daha sonra hassasiyeti yüksek olan (0.1 gr hassasiyet) ağırlık ile denge konumunu bulacaklar. Öğrenciler teraziyi dengelerken terazinin vidası gevşetilmiş olarak ölçüme hazır olup olmadığına dikkat etmelidirler. Serbest akışın toplam ve statik basınçları belirlenecek ve bu değerlerden serbest akım hızı elde edilecektir. Bu noktada silindir sürüklenme katsayısı değeri aşağıda gösterilen denklem ile elde edilecektir.

$$C_d = \frac{(m_{\text{akışa maruz kalmadan sonra}} - m_{\text{akışa maruz kaldıktan önce}})g}{\frac{1}{2}\rho v^2 S}$$

Silindir çap: 15 mm

Silindir açıklık: 45 mm

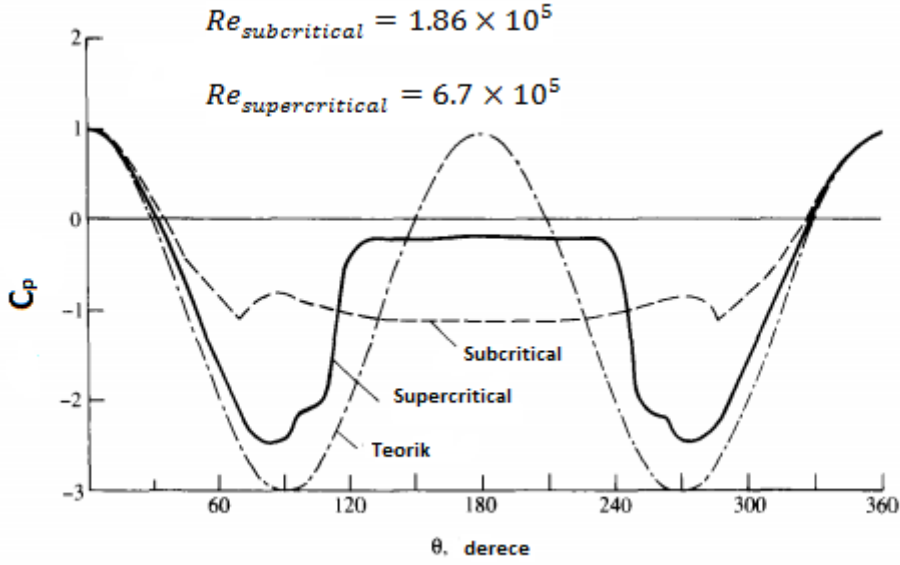
İkinci yöntem(basınç katsayısı dağılımı) geçmeden önce terazi sistemi vida ile sabitlenecektir.



Daha sonra manometre borusu silindir üzerinden ölçüm alınacak noktaya bağlanacaktır. Ayrıca serbest akış statik basıncı ve toplam basınç okunacak ve not edilecek ve bu basınç değerlerinden serbest akım hızı hesaplanacaktır. Silindirin konumu 5° aralıklarla değiştirilerek bir tam tur (360°) yapılacaktır. Her açı konumunda okunan basınç değerleri kaydedilecektir. Daha sonra bu basınç değerlerinden, serbest akım statik basınç değerinden ve daha önce bulunan serbest akım hızından silindir etrafında basınç katsayısı dağılımı aşağıdaki şekilde hesaplanacaktır.

$$C_p = \frac{P - P_{\text{serbest akım}}}{\frac{1}{2}\rho v^2}$$

Elde edilen değerlerden basınç katsayısı-silindir açısı grafiği elde edilecektir.



Grafik: Teorik ve deneysel silindir basınç katsayısı dağılımları

Elde edilen grafik literatürdeki deneysel olarak elde edilen grafiklerle karşılaştırılacaktır.

Silindirin sürükleme katsayısı basınç katsayısı dağılımından aşağıda gösterilen denklem ile elde edilecektir.

$$C_d = \frac{1}{2} \int_0^{2\pi} C_p \cos \theta \, d\theta$$

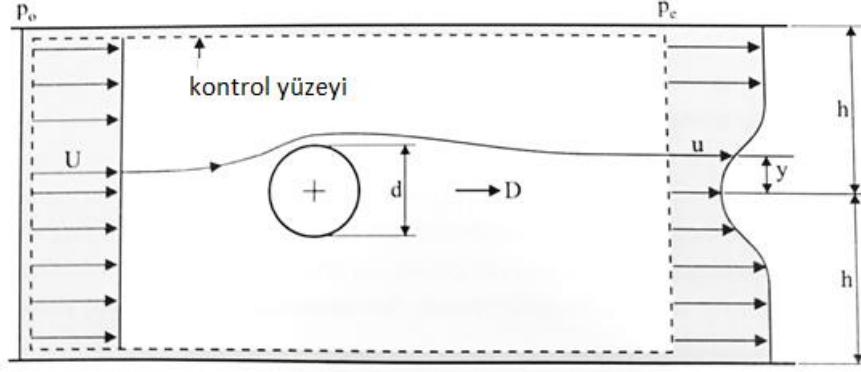
Silindirin basınç katsayısı dağılımı simetrik olması gerektiğinden formül aşağıdaki şekli alır.

$$C_d \sim \int_0^{\pi} C_p \cos \theta \, d\theta$$

Basınç katsayısı dağılımından sürükleme katsayısı hesabından dikkat edilmesi gereken nokta açı değerinin **radyan** olarak alınması gerektiğidir.

İntegral formdaki sürükleme katsayısı formülü nümerik yöntemlerle hesaplanacaktır.

Elde edilen sürükleme katsayısı değeri akışın Reynolds sayısına göre elde edilecek literatürdeki sürükleme katsayısı değeri ile karşılaştırılacaktır.



Şekil: Akışa maruz kalan silindirin iz bölgesi

İz bölgesinden sürüklemeye katsayısı hesabı için teoride sonsuz uzunlukta iz bölgesini temel alınması gerekmektedir. Ancak uygulamada cismin yarattığı akım bozulmasının etkisi iz bölgesinin sınırlı bir uzunluğunda gözlemlendiği için iz bölgesinden sürüklemeye kuvveti hesabına iz bölgesinin akış bozulmasının etkisinin gözlemlenebildiği kısmı dahil edilir. İz bölgesinden sürüklemeye kuvveti hesaplanabilmesi için aşağıdaki formül kullanılmaktadır.

$$D = L \times \int_{-h}^h \rho \times (v_1 \times (v_2 - v_1))$$

L: Açıklık (Span)

ρ : Hava yoğunluğu

v_1 : İz bölgesindeki verili konumdaki hız

v_2 : Serbest akış hızı

Öğrenci iz bölgesinde skala yardımıyla farklı konumlarda (5 mm aralıklarla) basınç ölçümleri yapacak. Elde edilen basınç ölçümlerinin serbest akış statik basıncından farkı elde edilerek hız hesaplanacaktır. Bulunan hız değerlerinden konum-hız tablosu oluşturulacak. Bu tablo yardımıyla integral formda bulunan iz bölgesinden sürüklemeye kuvveti hesabı denklemi nümerik olarak hesaplanacaktır.

Hesaplanan sürüklemeye kuvvetinden sürüklemeye katsayısı elde edilecektir.

Öğrenci üç farklı yöntemle elde ettiği sürüklemeye katsayısı değerlerinin literatürden elde ettikleri değerler arasındaki farktan her yöntem için yaklaşık hata oranını belirleyecek. Bulunan hata oranından yöntemlerin güvenilirliğini yorumlayacaktır.

Öğrenciler bütün nümerik hesaplamalarda kullanılan tabloları raporlarında göstereceklerdir.