

Silindir Etrafında Akış

GRUP 2

030140314 Betül Keçici

110140011 Halis Ateş

110160301 Berkay Soyluoğlu

110160708 Mustafa Ersin Bacaksız

Copyright © 2013 John Smith

This document is built upon on a \LaTeX theme made by John Smith.

Licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial 3.0 Unported License (the “License”). You may not use this file except in compliance with the License. You may obtain a copy of the License at <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>. Unless required by applicable law or agreed to in writing, software distributed under the License is distributed on an “as is” basis, without warranties or conditions of any kind, either express or implied. See the License for the specific language governing permissions and limitations under the License. *First printing, September, 2020*

CONTENTS

I	Silindir Etrafında Akış	
1	Teorik Bilgilendirme	6
1.1	Çevresel Koşullar	6
1.2	Teorik Buluşlar	6
1.3	Sürüklenme Katsayısı	7
2	DeneySEL Çalışmalar	9
2.1	Deneyin Amacı ve Metodolojisi	9
2.2	Malzemeler	9
2.3	Deney Kurulumu	10
2.4	Deneyde Elde Edilen Verilerin Değerlendirilmesi	10
2.4.1	İz Mesafesi	10
2.5	Bulgular ve Tartışma	10
A	Ekler	12
A.1	Figürler	12
A.2	Kaynak Kodu	14

Silindir Etrafında Akış

1	Teorik Bilgilendirme	6
1.1	Çevresel Koşullar	
1.2	Teorik Buluşlar	
1.3	Sürükleme Katsayısı	
2	DeneySEL Çalışmalar	9
2.1	Deneyin Amacı ve Metodolojisi	
2.2	Malzemeler	
2.3	Deney Kurulumu	
2.4	Deneyde Elde Edilen Verilerin Değerlendirilmesi	
2.5	Bulgular ve Tartışma	
A	Ekler	12
A.1	Figürler	
A.2	Kaynak Kodu	

TEORİK BİLGİLENDİRME

Bu Bölümün İçeriği

Silindir etrafındaki bir akış üniform ve doublet akımlarının süperpoze edilmesiyle elde edilir. Vortexin eksikliğinden ötürü taşıma kuvveti barındırmamaktadır. Bu da demektir ki silindir etrafındaki akış simetrik bir karakteristik göstermektedir.

1.1 Çevresel Koşullar

Bir silindirin etrafındaki ses altı akışı, teorik olarak temel aerodinamik hesaplamalar yoluyla belirlenebilir. İlk olarak, silindirin kabuğuna etki eden basınç katsayısı tanımlanmalıdır. Böyle bir değişkeni bulmak için Bernoulli denklemi uygulanabilir. Bernoulli denklemini kullanarak deneyin viskoz olmayan ve sıkıştırılmaz bir akışın etkisi altında olduğu varsayıldı. Ortamın basıncı ve sıcaklığı sırasıyla $764 \text{ mmHg} = 101858.2895 \text{ Pa}$ ve $16^\circ\text{C} = 289.15 \text{ K}$, olarak kabul edilecektir. Dolayısıyla yoğunluk:

$$\rho = \frac{p}{RT} = \frac{101858.2895}{(287)(289.15)} = 1.2679 \text{ kg m}^{-3}$$

Sabit bir Reynolds sayısı, bu tip bir deney için en uygun seçenek olacaktır. Sabitlenmiş Reynolds sayısı, sıvının yoğunluğunun, hızının ve dinamik viskozitesinin formül nedeniyle sabit olması gerektiği anlamına gelir, yani $Re = \frac{\rho V c}{\mu} = \text{constant}$. Sıvı yoğunluğu zaten sabit kabul edilmiştir çünkü Bernoulli denklemi bu önkoşulu gerektirir. Ayrıca, Reynolds sayısının denklemindeki değişiklikleri ortadan kaldırmak için deneyin sıvı hızı belirli bir değerde tutulabilir. Değişikliklerin önemsiz derecede küçük olması nedeniyle sıcaklıktaki herhangi bir değişiklik göz ardı edilir; bu nedenle, kinematik viskozite sabit bir 1.47×10^{-7} değerine ayarlanır.

1.2 Teorik Buluşlar

Bu makaledeki aerodinamik formüller temel düzeydedir ve kolayca çözülebilir. Kabuk boyunca basınç uyumlu varyansını ortaya çıkarmaya yardımcı olacak böyle bir fonksiyon, akım veya tercihen potansiyel, fonksiyon, yani üniform ve doublet akışın bir kombinasyon-

dur. Fonksiyonun hız unsurlarına fonksiyon farklılaştırılarak kolayca erişilebilir:

$$\psi = V_{\infty} r \sin \theta \left(1 - \frac{R^2}{r^2}\right) \quad (1.1)$$

$$V_r = \frac{1}{r} \frac{d\psi}{d\theta} = \frac{1}{r} V_{\infty} \cos \theta \left(1 - \frac{R^2}{r^2}\right) \quad (1.2)$$

$$V_{\theta} = -\frac{d\psi}{dr} = -\left(1 + \frac{R^2}{r^2}\right) V_{\infty} \sin \theta \quad (1.3)$$

Equation 1.1 akış fonksiyonunu tarif eder ve ψ ile gösterilir. R ve r arasındaki fark, büyük harfli R 'nin değişen yarıçapı ifade etmesidir. R ve r arasındaki fark R 'nin değişken yarıçap uzunluğunu belirtmesi. Eğer silindir etrafındaki akış bulunmak isteniyorsa R 'nin r 'ye eşit olması -bu durumda 1.25 mm- ve dolayısıyla da V_r değişkeni elimine edilerek **Equation 1.2**'nin sıfıra eşitlenmesi gerekiyor. Basınç katsayısı, Bernoulli'nin kabuk üzerindeki belirli bir nokta ile serbest akış hızı arasındaki denklemi kullanılarak bulunabilir. Bernoulli'nin denkleminin basınç katsayısı formülüyle ilgisi, basınç farkında yatmaktadır:

$$\begin{aligned} p_0 + \frac{1}{2}\rho V_0^2 &= p_1 + \frac{1}{2}\rho V_1^2 \\ C_p &= \frac{p - p_{\infty}}{\frac{1}{2}\rho V_{\infty}^2} = \frac{p_1 - p_0}{\frac{1}{2}\rho V_0^2} = \frac{\frac{1}{2}\rho(V_1^2 - V_0^2)}{\frac{1}{2}\rho V_{\infty}^2} \\ C_p &= 1 - 4 \sin^2 \theta \end{aligned} \quad (1.4)$$

Equation 1.4, daha sonraki bölümlerde hesaplanacak deney sonuçları ile birlikte Şekil 1'de görselleştirilmiştir.

Basınç katsayısının yanı sıra, iz mesafesinin hız üzerindeki etkisi, **Equation 1.3**'ün sonuçları kullanılarak çok az veya hiç etkili olmadan bulunabilir.

1.3 Sürükleme Katsayısı

Bu incelemede sürükleme katsayısına erismek için birçok yöntem kullanılabilir. Yüzey basınç farklılığı ile ilk yöntemde basınç değerlerinin integrasyonu ile sürükleme katsayısına erişilebilir. Silindir yüzeyine etki eden bir P_y kuvveti için

$$D = 2 \int_0^{\pi} P_y \cos \theta L r d\theta \quad (1.5)$$

Bu denklemde L silindir uzunluğunu, r yarıçapı, θ ise yatay eksen ile basıncın geldiği çizgi arasındaki açıdır. Serbest akış basıncı P_{∞} için şu soylenabilir.

$$\int_0^{\pi} P_{\infty} \cos \theta d\theta$$

Oyleyse **Equation 1.5** şu şekilde düzenlenebilir:

$$\begin{aligned} D &= L r \int_0^{2\pi} (P_y - P_{\infty}) \cos \theta d\theta \\ C_D &= \frac{D}{\frac{1}{2}\rho V^2 (2R)(L)} = \int_0^{2\pi} C_p \cos \theta d\theta \end{aligned} \quad (1.6)$$

Diger bir yontem ise iz bolgesi profilini incelemekten geciyor. Newton'un ikinci hareket yasasi $F = ma$ 'yi cismimize tanimlayalim.

$$T - D = \left[\iint p dS \right]_{\text{gaza etkileyen kuvvet}}$$

Bu denklemde itki olmadigi icin $T = 0$. Hava icin ise momentum denklemi kuralim.

$$\begin{aligned} \iiint_V \frac{\partial \rho V}{\partial t} dV + \iint_S (\rho V \cdot dS) V &= \iiint_V \rho f dV - \iint_S (p dS) \\ \int \rho V_0^2 dy - \int \rho V_e^2 dy &= -p_0 A + p_e A - \iint_S p dS \end{aligned}$$

Kutle debisi icin $\partial(\rho V A) = 0$ kosulu saglanacaktır. O halde denklem su sekilde yazilabilir:

$$\int \rho V_0 V_e dy - \int \rho V_e^2 dy = -p_0 A + p_e A - \iint_S p dS$$

Burada soyle bir iliski kurulabilir:

$$\left[\iint p dS \right]_{\text{gaza etkileyen kuvvet}} = - \iint_S p dS$$

Oyleyse momentum denklemi tekrardan duzenlenebilir:

$$D = b \int \rho V_e (V_0 - V_e) dy + p_0 A - p_e A$$

b silindirigin kalinligini temsil ediyor. Iki boyutlu analiz icin b olarak sabit alindi. Oyleyse surukleme katsayisi

$$C_D = \frac{D}{\frac{1}{2} \rho V_0^2 (2R)b} = \frac{p_0 - p_e}{\frac{1}{2} \rho V^2} + \frac{1}{R} \int \frac{V_e}{V_0} \left(1 - \frac{V_e}{V_0} \right) dy \quad (1.7)$$

olarak elde edilir.

DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bu Bölümün İçeriği

Deney, teorik analiz için bir öngörü yaratmayı amaçlamaktadır. Deney düzeneği, süreci, materyalleri okuyucuya tam bir anlayış kazandırmak için dahil edilmiştir, böylece aynı deneyi yapmak isteyen bir kişi bu bilgilerden yararlanarak deneyi yapabilir.

2.1 Deneyin Amacı ve Metodolojisi

Dairesel kesitli silindir için iki farklı yöntem kullanılarak sürüklenme katsayısının elde edilmesi amaçlanmaktadır. Deney kapsamında; ilk yöntem olarak silindir yüzeyindeki basınç ölçerek sürüklenme katsayısı elde edilecektir. Bu yöntemde, sürüklenme doğrultusundaki basınç gradyanlarının integrasyonu sonucunda sürüklüme kuvveti bulunur ve boyutsuzlaştırılır. Bu amaçla sabit bir Reynolds sayısında yüzey basınç katsayısının θ açısına göre değişimi elde edilecek ve viskoz olmayan teorik sonuçlarla karşılaştırılacaktır. Ardından, farklı bir akış hızında yapılacak deney ile Reynolds sayısının yüksek ve düşük olduğu durumlar için yüzey basınç dağılımı üzerindeki etkisi irdelenecektir. İkinci yöntem ise iz bölgesinde hız profili ölçerek sürüklenme katsayısını elde etmektir. Bu yöntemde, kontrol hacmine giren ve çıkan akışkanların hızlarını integre ederek, momentumlarını hesapladıktan sonra cisme giren ve cisimden çıkan akışkanların basınç farklarını da kullanarak eşitlik oluşturulup, boyutsuzlaştırılır. Bu amaçla, iz bölgesindeki hızın y eksenine boyunca değişimi elde edilecek ve sürüklenme katsayısı hesaplanacaktır.

2.2 Malzemeler

Bir adet dikey akış tezgahının hava akimini sağlaması gerekmektedir. Inside the flow bench, a compressor squeezes the air and sends it upwards so that it would rotate at the top and change its way to the experiment. A pitot tube should measure the total pressure via a micrometer. A hose is connected to the inlet section in order to measure the static pressure and another hose is connected to the pitot tube. During the experiment the hose that measures static pressure should be disconnected to measure the atmospheric pressure. A pressure transducer which is the device the hoses are connected to measures the pressure values associated with their respective flows. Also, a power supply should give enough power to run the whole experiment setup efficiently. Connector board is responsible for sending the information obtained from the experiment to a computer by means of a connector cable. LABVIEW is used to analyze the digital data obtained from the connector board. One might choose an alternate program.

2.3 Deney Kurulumu

Bu tür hesaplamaları yapabilmek için belirli parametrelerin elde edilmesi gerekir. Hava akış tezgahının hesaplamalar için kullanılacak ve özellikleri aşağıdaki gibidir: 1.25 milimetre çapında silindir, $50 \times 100 \text{ mm}^2$ boyutlarında test bölümü. Hesaplamalar için toplam 48 milimetre kullanılacaktır çünkü duvar yüzeyine çok yaklaşmak bu hesaplamaları bozacaktır.

Silindir üzerindeki basıncı hesaplamak için, statik ve dinamik basınç arasındaki fark, sıvıyı gerçek hesaplamanın yapıldığı elektronik parçalara taşıyan tüpler aracılığıyla hesaplanır. Statik basıncı hesaplamak için, akış tezgahının üst kısmına bir tüp bağlanır. Öte yandan, dinamik basıncı hesaplamak için silindir üzerindeki deliğe başka bir tüp bağlanır. Akış tezgahındaki güç kaynağı tarafından beslenen basınç transdüseri yardımıyla ölçülen voltaj değerleri, verileri bilgisayardaki veri toplama kartına aktarır. Bilgisayara aktarılan veriler LabVIEW yazılımı yardımıyla okunur. Silindirin açısı değiştirilerek farklı basınç ve hız değerleri kaydedilir. Deney aynı koşullar altında daha yüksek bir akış hızında tekrarlanır ve veriler kaydedilir.

2.4 Deneyde Elde Edilen Verilerin Değerlendirilmesi

Kalibrasyon denklemi şu şekildedir:

$$y = 25.407x - 1.245$$

Hesaplamalara başlamadan önce boş bir test bölümü ile sıvı hızını elde etmek için hava akış tezgahı boşaltılmalıdır. Basınç katsayısı, yani, basıncın belirtilen şekilde Pascal birimine dönüştürülmesinden sonra $\frac{\Delta p}{\frac{1}{2}\rho V^2}$ hesaplanacak ve çizilecektir. Bununla birlikte, bahsedilen bölümün yanı sıra, deneysel çizgiler teorik formülasyonlara yatkındır. Başka bir deyişle, yavaş akışın basınç katsayısı hızlı olanınkinden düşük değildir. Analiz için diğer bir parametre sürüklenme katsayısıdır. Sürüklenme katsayısını hesaplamak için Equation 1.6 ve Equation 1.7 uygulanabilir. Equation 1.6 ele alınacak olursa yavaş hız için 2.2699 ve yüksek hızlı akış için 2.9669 ile sonuçlanacak olan bu integrali çözmek için trapezoidal entegrasyon tekniği uygulanabilir.

2.4.1 İz Mesafesi

Ayrıca hız farkı da kontrol edilebilir. Vücuttaki hız varyasyonunun görüntülenmesi Figure A.2'de gösterilmektedir. Deneysel sonuçlar ayna görünümlü karakteristik göstermiştir. İz mesafesinin incelenmesinin arkasındaki neden önemli sayılabilecek viskoz etkilerini ihmal etmemekte yatar. O yüzden yalnızca basınç farklılığı üzerinden kurulan denklemler sürüklenme katsayısını hesaplamak için yeterli değildir. O yüzden viskoz etkilerinin de var olduğu bir momentum denklemi kurulmalı Bu durum momentum denklemini Equation 1.7'ye çevirir. Equation 1.6'da kullanılan trapezoidal entegrasyon tekniği, Equation 1.7'nin sağ tarafı için tekrar kullanılacaktır. Uygun hesaplamalardan sonra Equation 1.7, Figure A.2 olarak çizilir. Sürüklenme katsayısının, basınç farkı sürüklemenin ana kaynağı olarak düşünülerek ve momentum denklemini kullanılmayarak erişilen sayıdan çok daha yüksek olduğu görülmektedir.

2.5 Bulgular ve Tartışma

Figure A.1a'da temel olarak silindir etrafındaki basınç katsayısı dağılımının açıya göre değişimi elde edilmiş ve sonrasında teorik veri ile gerçek veri arasındaki fark görselleştirilmiştir. Teorik basınç katsayısı değeri, Rankine Ovali modeli kullanılarak θ açısına bağlı

olarak Equation 1.4'deki son denklem yardımı ile ifade edilir. C_p değeri teorik hesaba göre 0° ve 180° de maksimum değeri olan 1'e , 90° ve 270° açılarında ise minimum değeri olan -3'e ulaşmıştır. Bu sonuç Equation 1.4'in direkt sonucudur. Gerçek verilerde ise teorikten farklı sonuçlar vermektedir, bunun nedeni ise gerçek durumda viskoz etkisinin sıfırdan farklı olmasıdır. Dolayısıyla ölçülen veriler için teorik formülün kullanılması gerçeği yansıtmaz, ölçülen veriler için kullanılan formül Equation 1.4'deki ikinci formülde verilmiştir.

Figure A.1b'de iki farklı serbest akım hızı için hesaplanan C_p değerlerinin açıya göre değişimi görsel olarak karşılaştırılmıştır. Grafikte gösterilen düşük serbest akım hızı 8.65 m/sn yüksek serbest akım hızı 21.3 m/sn'dir. İki hız değeri de küçük olduğu ve benzer rejimde oldukları için aralarında gözle görülür büyük bir fark meydana gelmemiştir ve grafik Figure B.1a'daki teorik olmayan dağılım eğsirine benzer davranış göstermektedirler. Hız arttıkça yapılan ölçümlerin teorik sonuçlara yaklaştığı bilinmektedir. Fakat, elimizdeki ölçüm verileri çok yüksek hızlar için olmadığından sonuçlarımızda bu yaklaşımı göremedik. Eğer çok yüksek bir serbest akım hızı ile ölçüm yapılsaydı sınır tabaka inceleyeceğinden ölçülen C_p istenilen teorik dağılıma yaklaşacaktı.

Figure A.2'de silindir profilin arkasında kalan bölgede akışa dik doğrultuda belli mesafelerde basınç farkları ölçülerek, hız profili çıkarılmıştır. Bu ölçülen hız değerleri en başta standart çevre koşullarında ölçülen serbest akım hızına bölünerek birimsizleştirilip değerleri y eksenine göre iki Reynolds sayısı için grafikte gösterilmiştir. Sağlanan akışın silindirik cisim tarafından engellenmesi ile momentum kaybı yüzünden hız profilinde ayrılma bölgesinden itibaren düşüşler meydana gelmiştir. Beklenildiği gibi silindir cismin merkez doğrultusunda en düşük hız değerleri görülmüştür ve bu bölge bozulmanın en fazla olduğu alandır. Ölçüme devam edilip merkez doğrultusundan uzaklaştıkça hız profili başlangıçtaki serbest akım hızına yaklaşmaktadır. Hız oranı azaldıkça görülen dalgalanma ve simetri merkezinin sıfır noktasından kayması deney sürecinde mühendis, donanım veya yazılım temelli bir hataya işaret ediyor olabilir. Ayrıca, yüksek yavaş akışta iz bölgesindeki hız düşüşünün hızlı akışa göre daha fazla olduğu gözlemlenmektedir. Bu da hız azaldıkça silindir üzerindeki viskoz etkilerinin de arttığını gözlemlememizi sağlar.

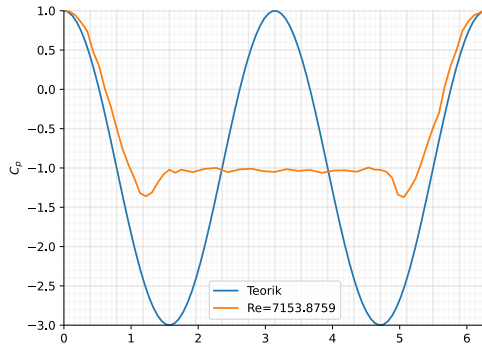
C_D	Yavas	Hızlı
Basınc farkı	2.2699	2.9669
Momentum	3.6303	2.6482

Farklı C_D değerlerinin olmasının nedeni

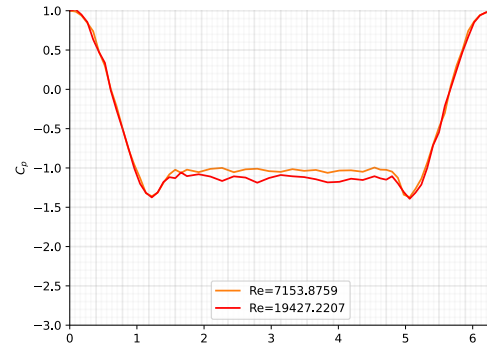
- İz bölgesi yönteminde viskoz etkiler göz ardı edilmemiştir. Ayrıca buradaki hızlanma sebebi kütleye korunumundan kaynaklanır.
- Momentumdan hesaplanan C_D daha yüksek çıkmıştır ve gerçeğe daha yakındır çünkü yüzey sürtünmesinden ortaya çıkan kayıp C_p ile elde edilen C_D değerinde ihmal edilir.

EKLER

A.1 Figürler



(a) Teorik ve düşük hızlı dağılım



(b) Düşük ve yüksek hızlı dağılım

Figure A.1: Silindir yüzeyindeki basınç katsayısı dağılımı

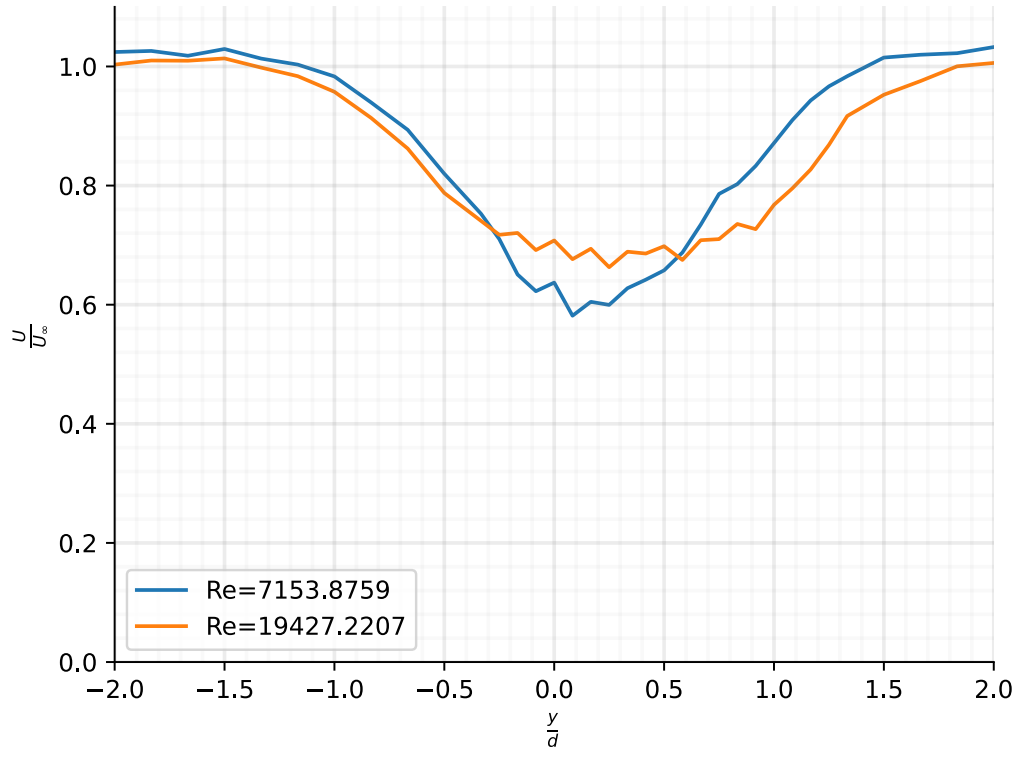


Figure A.2: Hız oranı ile iz mesafesi oranı

A.2 Kaynak Kodu

```

1  import numpy as np
2  from scipy.integrate import trapz
3  import matplotlib.pyplot as plt
4
5  def rearrangeticks(xmin, xmax, ymin, ymax, xstep, ystep):
6      gridx=np.arange(xmin,xmax+1,xmax)
7      gridy=np.arange(ymin,ymax+1,ymax)
8      for foo in np.linspace(ymin, ymax, ystep+1):
9          plt.plot(gridx, [foo]*len(gridx), color="gray",
10 alpha=.1)
11      for foo in np.linspace(xmin, xmax, xstep+1):
12          plt.plot([foo]*len(gridy), gridy, color="gray",
13 alpha=.1)
14      for foo in np.linspace(ymin, ymax, ystep*5+1):
15          plt.plot(gridx, [foo]*len(gridx), color="gray",
16 alpha=.05)
17      for foo in np.linspace(xmin, xmax, xstep*5+1):
18          plt.plot([foo]*len(gridy), gridy, color="gray",
19 alpha=.05)
20
21 nu = 1.47e-5 # kinematic viscosity
22 mmH2O_to_Pa=9.80665
23 x = np.loadtxt('x.dat')
24 p = np.loadtxt("pressure.dat", delimiter=",")
25 p = [i*mmH2O_to_Pa for i in p]
26 p = np.array(p)
27 degree =
28 np.deg2rad(np.loadtxt('cylinder_degree.dat',delimiter=','))
29 wake = np.loadtxt('wake.dat', delimiter=',')
30 wake = [i*mmH2O_to_Pa for i in wake]
31 wake = np.array(wake)
32 x = np.loadtxt('x.dat')/10**3
33 x = x-(max(x)-min(x))/2+min(x) # Symmetry for the wake
34 p_inf = 101858.28947 # free stream pressure
35 rho = p_inf/287/289.15 # rho = p/RT
36 V = np.sqrt(p[:,0]*2/rho) # 1/2rhoV^2 = P_0 - P_e
37 V_drag = [8.65, 21.3]
38 po_pe = np.array( [1.2865,9.1765] )
39
40 # Cp and Slow
41 fig, ax = plt.subplots()
42 ax.spines['right'].set_visible(False)
43 ax.spines['top'].set_visible(False)
44 theta=np.linspace(0,2*np.pi,100)
45 ax.plot(theta, 1-4*np.sin(theta)**2, label='Teorik')
46 plt.xlim(0,2*np.pi)
47 plt.ylim(-3,1)

```

```

43 plt.ylabel('$C_p$')
44 ax.plot(degree,p[0]/(.5*rho*V[0]**2),
↳ label='Re='+str(np.round(0.012*V[0]/nu,4)))
45 rearrangeticks(0, 2*np.pi, -3, 1, 16, 8)
46 ax.legend(loc='lower center')
47 plt.savefig('cp1.png')
48
49 fig, ax = plt.subplots()
50 ax.spines['right'].set_visible(False)
51 ax.spines['top'].set_visible(False)
52 plt.xlim(0,2*np.pi)
53 plt.ylim(-3,1)
54 plt.ylabel('$C_p$')
55 col=['tab:orange','r']
56 for i,c in zip(range(0,2),col):
57     ax.plot(degree,p[i]/(.5*rho*V[i]**2), c,
↳ label='Re='+str(np.round(0.012*V[i]/nu,4)))
58 rearrangeticks(0, 2*np.pi, -3, 1, 16, 8)
59 ax.legend(loc='lower center')
60 plt.savefig('cp2.png')
61
62 for i in range(0,2):
63     print(np.round(trapz(p[i]/(.5*rho*V_drag[ i
↳ ]**2)*np.cos(degree), degree),4))
64
65 fig, ax = plt.subplots()
66 ax.spines['right'].set_visible(False)
67 ax.spines['top'].set_visible(False)
68 for i in range(0,2):
69     ax.plot(x/0.012, np.sqrt(2/rho*wake[i])/V[i],
↳ label='Re='+str(np.round(0.012*V[i]/nu,4)))
70 plt.xlabel(r'$\frac{y}{d}$')
71 plt.ylabel(r'$\frac{U}{U_{\infty}}$')
72 plt.ylim([0, 1.1])
73 plt.xlim([-2, 2])
74 rearrangeticks(-2, 2, 0, 1.2, 8, 6)
75 ax.legend()
76 plt.savefig("uy.png")
77
78 for i in range(0,2):
79     foo = np.sqrt(2/rho*wake[i])/V_drag[i]
80     print(np.round(trapz(po_pe[i]/(.5*rho*V_drag[i]**2) +
↳ foo*(1-foo)/.006, x), 4))

```

INDEX

B

Bernoulli Denklemi 7

D

Deney

 Silindir deneyinin kurulumu 10

 Silindir deneyinin malzemeleri 9

S

Silindir Etrafındaki Akış 7