

RÜZGAR TÜNELİNDE BİLGİSAYARLA BALANS DENEYLERİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Uçak Müh. Ali Levent Hasanreisoglu

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 12 Haziran 1995

Tezin Savunulduğu Tarih : 30 Haziran 1995

Tez Danışmanı : Doç. Dr. M. Adil YÜKSELEN 27.7.1995 
Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. M. Zeki ERİM 27.7.95 
Doç. Dr. Süleyman TOLUN 27.7.1995 

HAZİRAN 1995

ÖNSÖZ

Günümüzde her ne kadar bilgisayar teknolojisi ve yazılımları son derece gelişme gösterse de, hiç bir zaman, özellikle, aerodinamik uygulamalarda tek başlarına yeterli olamayacaklarına inanmaktayım. Öte yandan bilgisayarların deneysel çalışmaları gizliden gizliye tehdit ettiği günümüzde, bilgisayarların gücünü ve aerodinamik deney tekniklerini bir araya getirerek yaptığım bu çalışmanın sonuçları açısından çok faydalı ve önemli olduğu kanısındayım. Özellikle böyle bir sistemin bu pratiklikte ilk defa Gümüşsuyu rüzgar tüneline uygulanması ve benden sonra geleceklerin bu sistemi kendi deneylerinde kullanacak olması çalışmalarında bana daha büyük bir şevk ve azim vermiştir. Sonuçta ortaya çıkan bu çalışmanın yapabileceğimin en iyisi olduğu düşüncesindeyim.

Bu çalışma sırasında bana her türlü maddi manevi desteği olan aileme, Değerli danışmanım Doç. Dr. M. Adil Yükselen' e, Gümüşsuyu Labaratuarı çalışanlarına ve sorumlularına buradan teşekkürü bir borç bilirim.

Bu tezin, geliştirdiğim deney sisteminin ve yazılımların benden sonra kullanacaklara faydalı olması dileğiyle...

Haziran 1995, İSTANBUL

Uçak Müh.A. Levent Hasanreisoglu

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	ii
SEMBOLLER ve KISALTMALAR.....	v
ŞEKİL LİSTESİ.....	viii
TABLO LİSTESİ.....	ix
ÖZET.....	x
SUMMARY.....	xi
BÖLÜM 1 GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2 DENEYSEL AERODİNAMİK.....	3
2.1 Giriş.....	3
2.2 Rüzgar Tünelleri	5
2.3 Diğer Alternatif Deneysel Metodlar	7
2.4 Aerodinamik Büyüklüklerin Tanımlanması	9
2.4.1 Koordinat Sistemleri	9
2.4.2 Aerodinamik Kuvvetler Momentler ve Boyutsuz Katsayılar	10
2.5 Benzerlik Kriterleri.....	12
BÖLÜM 3 TÜNEL-DUVAR ETKİLEŞİMLERİ.....	17
3.1 Giriş.....	17
3.2 Zorlanmış Sınır Şartları ve Tünel İçerisindeki Etkileşimler	17
3.3 Tünel Etkileşimlerini Hesaplama Metodları.....	21
BÖLÜM 4 BLOKAJ ETKİLERİ ve DÜZELTMELER.....	24
4.1 Giriş.....	24
4.2 Kısıtlamalar	26
4.3 Kapalı Dikdörtgen Kesitli Tüneller İçin Katı Blokaj Faktörü	27
4.3.1 Dönel Cisimler	27
4.3.2 Kanat ve Kanat-Gövde Kombinasyonları.....	31
4.4 Kapalı Dikdörtgen Kesitli Tüneller İçin İz Blokajı Faktörü.....	33
4.4.1 Üç Boyutlu Modeller.....	33
4.4.2 İz Blokajı Gradyenti.....	35
4.5 Blokaj Etkilerinin Ölçülen Büyüklüklere Uygulanması	36
4.5.1 Akım Karakteristikleri Üzerinde Düzeltmeler.....	36
4.5.2 Model Karakteristikleri Üzerinde Düzeltmeler	39

4.6 Blokaj Etkilerinin Sonuçları.....	41
4.6.1 Kapalı Dikdörtgen Kesitli Tüneller İçin Blokaj Formülasyonları.....	42
4.6.2 DeneySEL Sonuçlar İçin Düzeltmeler	44
BÖLÜM 5 BALANS DENEYLERİ ve DATA ACQUISITION	49
5.1 Giriş.....	49
5.2 Mekanik Balanslar.....	51
5.3 Data-Acquisition	53
5.4 Balans Kalibrasyonu	56
5.4.1 Kalibrasyona Giriş.....	56
5.4.2 Neden Kalibrasyon Yapılır	57
5.4.3 Kalibrasyon Öncesi Belirlenmesi Gereken Nitelikler ve Hassasiyet	58
5.4.3.1 Yapılan Kabuller ve Tespitler.....	58
5.4.4 Balansın Kalibrasyonun Yapılması.....	66
5.4.4.1 Data-Acquisition ile Kalibrasyon	70
5.4.5 Kalibrasyon Sonuçları	71
5.5 Rüzgar Tünellerinde Balans Deneyleri.....	72
5.5.1 Tünel Hızının Ölçülmesi ve Deney Parametrelerinin Tespiti	73
5.5.2 Data-Acquisition Programları ile Deneyler ve Sonuçların Analizi.....	75
BÖLÜM 6 RÜZGAR TÜNELİNDE RPV TESTLERİ	78
6.1 Giriş.....	78
6.1.1 Deney Öncesi Hazırlık.....	79
6.1.2 Model	79
6.2 Deneylerin Yapılması	81
6.3 Deney Sonuçları.....	82
SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	89
KAYNAKLAR.....	91
EKLER	92
EK A TEM BALANSI (MODEL 158).....	92
EK B PCL-818 DATA-ACQUISITION KARTI	96
EK C TEM BALANSI KALİBRASYON SONUÇLARI.....	98
EK D GELİŞTİRİLEN BİLGİSAYAR PROGRAMLARI.....	102
EK E PROGRAMLARIN KAYNAK KODLARI.....	107
EK F GÜMÜŞSUYU RÜZGAR TÜNELİ	175
ÖZGEÇMİŞ	176

SEMBOLLER ve KISALTMALAR

a^*	kritik ses hızı
A	kanat profili kesit alanı
A_m	modelin akışa dik yöndeki maksimum kesit alanı
b	tünelin genişliği
c	veter uzunluğu
C	tünel kesit alanı
C_L	taşıma katsayısı
C_D	sürüklenme katsayısı
C_M	moment katsayısı
C_{D0}	sıfır taşıma sürüklenme katsayısı
C_p	basınç katsayısı
C_R	toplam aerodinamik kuvvet katsayısı
d	modelin tünelin tabanından uzaklığı
D	sürüklenme kuvveti
f	uygunluk oranı (fineness ratio) = l/t
g	yerçekimi ivmesi ($9,806 \text{ kg/sn}^2$)
Gr	Grashof sayısı
h	tünelin yüksekliği, U manometresinde okunan sıvı yüksekliği (mm)
l	modelin uzunluğu
M	rahatsız edilmemiş akımın Mach sayısı
M^*	U/a^*
M_x	yuvatlanma momenti
M_y	sapma momenti
M_z	yunuslama momenti
P_s	yerel statik basınç
P_T	toplam basınç

p_{∞}	sonsuz akımdaki statik basınç
Q	kaynak şiddeti
R	toplam aerodinamik kuvvet, gaz sabiti (hava için 287)
Re	Reynolds number
S	modelin karakteristik alanı
t	modelin max. kalınlığı, profil yüksekliği
T	tünelin şekil parametresi, sıcaklık ($^{\circ}K$)
u	hızın x -bileşeni
U	sonsuz akımdaki hava hızı
V	modelin hacmi
V_w	kanadın hacmi
X	sürükleme kuvveti
Y	taşıma kuvveti
Z	yanal kuvvet
XC_p	basınç merkezinin konumu
α	modelin hücum açısı
β	$(1-M^2)^{1/2}$
γ	spesifik ısı oranı (hava için 1.4)
Δ	duvar düzeltmelerini ifade eden ön ek
ϵ_b	blokaj faktör
ϵ_s	katı blokaj faktörü
ϵ_w	iz blokaj faktörü
θ	sonsuz akımdaki statik sıcaklık
λ_2	kanat profili için şekil faktörü
λ_3	üç boyutlu model için şekil faktörü
ρ	rahatsız edilmemiş hava yoğunluğu
τ	tünelin şekil parametresi
σ	Prandtl sayısı
ν	kinematik viskozite
μ	dinamik viskozite

Alt-indisler

hava	havaya ait özellikleri ifade eder
B	blokaj etkilerini ifade eder
C	düzeltilmiş değerleri ifade eder
e	eşdeğer büyüklüğü ifade eder
S	katı blokaj etkisini ifade eder
W	iz blokaj etkisini ifade eder

Kısaltmalar

A/D	analog-dijital çevrim
DA	data-acquisition
DAC	data-acquisition kartı
DMA	direct memory access (direkt hafıza erişimi)
LSB	least significant bit
RPV	insansız hava aracı (remotely piloted vehicle) veya UAV

ŞEKİL LİSTESİ

		<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1	Klasik, tek dönüşlü rüzgar tüneli	6
Şekil 2.2	Açık dolaşimli rüzgar tüneli	7
Şekil 2.3	Uçak üzerinde hız ve sabit eksen takımları	9
Şekil 2.4	Hız koordinat sistemine göre kuvvet ve momentler ve açıların yönleri	11
Şekil 3.1	Tam çizgiler açık havadaki akım çizgilerini, kesikli çizgiler ise tünel duvarlarını gösterir resim	18
Şekil 3.2	Deney odasında ve açık havada model üzerindeki aerodinamik büyüklükler ve hücum açısı (α)	21
Şekil 3.3	İmajlar metodu ile duvarların akım çizgilerine olan etkilerinin kaldırılması	22
Şekil 4.1	İz bölgesinin model üzerindeki hız dağılımına etkisi	25
Şekil 4.2	Kanat profili için şekil parametresi λ_2	46
Şekil 4.3	Gövde için şekil parametresi λ_3	46
Şekil 4.4	Küçük modeller için tünel şekil parametresi T	47
Şekil 4.5	Değişik formüllerden hesaplanmış tünel şekil parametresi T	47
Şekil 4.6	Geniş açıklıklı modeller için tünel şekil parametresi	48
Şekil 4.7	Çeşitli (kapalı) tüneller için model açıklığının T üzerine etkisi	48
Şekil 5.1	Koordinat sistemleri ve aerodinamik kuvvet ve momentlerin izdüşümü	49
Şekil 5.2	Modern elektro-mekanik bir balans(TEM Engineering Lmted.)	52
Şekil 5.3	DA(data-acquisition) olayının şeması	54
Şekil 5.4	Balans kalibrasyonunda temel yöntem	67
Şekil 5.5	Rüzgar tüneli balansları kalibrasyonu için önerilen güvenilir bir yöntem	69
Şekil 5.6	Kalibrasyon programının ve kalibrasyon işleminin akış şeması	70
Şekil 5.7	Deney programının blok akış şeması	76

Şekil 5.7	Analiz programının blok akış şeması	77
Şekil 6.1	Testleri yapılan prototip RPV'nin teknik resmi	80
Şekil 6.2	Farklı tünel hızlarında, iniş takımları bağlı iken, model için elde edilen taşıma katsayısının hücum açısına göre değişimi	85
Şekil 6.3	Farklı tünel hızlarında, iniş takımları bağlı iken, model için elde edilen sürüklenme katsayısının hücum açısına göre değişimi	85
Şekil 6.4	Farklı tünel hızlarında, iniş takımları bağlı iken, model için elde edilen yunuslama momenti katsayısının hücum açısına göre değişimi	85
Şekil 6.5	Farklı tünel hızlarında, iniş takımları bağlı iken, model için elde edilen basınç merkezinin hücum açısına göre değişimi	85
Şekil 6.6	Farklı tünel hızlarında, iniş takımları bağlı iken, model için elde edilen polar eğrisinin hücum açısına göre değişimi	85
Şekil 6.7	$V=30$ m/s tünel hızında, iniş takımlarının taşıma katsayısına etkisi	86
Şekil 6.8	$V=30$ m/s tünel hızında, iniş takımlarının sürüklenme katsayısına etkisi	86
Şekil 6.9	$V=30$ m/s tünel hızında, iniş takımlarının yunuslama momenti katsayısına etkisi	86
Şekil 6.10	$V=30$ m/s tünel hızında, iniş takımlarının basınç merkezine etkisi	86
Şekil 6.11	$V=30$ m/s tünel hızında, iniş takımlarının polar eğrisine etkisi	86
Şekil 6.12	$V=30$ m/s hızda, blokaj etkilerinin taşıma katsayısı üzerinde etkisi	87
Şekil 6.13	$V=30$ m/s hızda, blokaj etkilerinin sürüklenme katsayısı üzerinde etkisi	87
Şekil 6.14	$V=30$ m/s hızda, blokaj etkilerinin yunuslama momenti katsayısı üzerinde etkisi	87
Şekil 6.15	$V=30$ m/s hızda, blokaj etkilerinin polar eğrisi üzerinde etkisi	87

TABLO LİSTESİ

		<u>Sayfa No</u>
Tablo 5.1	Gümüşsuyu Rüzgar Tünelinde küçük çaptaki deneyler sırasında elde edilebilecek maksimum yükler	59
Tablo 5.2	Gümüşsuyu Rüzgar Tünelindeki balansın deney sınır yükleri altında üreteceği voltaj değerleri	60
Tablo 5.3	Gümüşsuyu Rüzgar Tünelinde, data-acquisition kartı için belirli range code değerlerine karşılık elde edilebilecek hassasiyetler	63
Tablo 5.4	Gümüşsuyu Rüzgar Tünelinde, seçilen range code'lara göre balans mekanizması tarafından algılanabilecek en küçük büyüklükler	64
Tablo 5.5	Gümüşsuyu Rüzgar Tüneli balansı için iki ayrı deney tipine göre <i>range-code</i> değerleri	66

ÖZET

Deneyisel aerodinamik özellikle günümüzde gelişen deney teknikleriyle daha etkili bir hale gelmiştir. Öte yandan gerek bilgisayarlı hesaplamalar gerekse deneyel çalışmalar birbirlerini tamamlayıcı unsurlardır ve beraber olarak yürütülmesi çalışmanın etkinliği açısından günümüzde gereklidir. Bundan dolayı, bu yüksek lisans tez çalışmasında, Gümüşsuyu Rüzgar Tünelinde bilgisayar kontrolü ile deney yapılabilecek bir sistem oluşturulmuş ve bu amaca yönelik üç ayrı yazılım geliştirilmiştir. Çalışmanın devamı olarak tasarlanmakta olan bir RPV'nin (remotely piloted vehicle) hazırlanan sistemde rüzgar tüneli testleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar analiz edilmiştir.

Çalışmanın gerçekleştirilmesi için önce Gümüşsuyu Rüzgar Tüneli incelenmiş, balans mekanizmaları ve bilgi akışı ile deneylerin kontrolünü sağlayacak data-acquisition (bilgi-aktarımı) sistemi üzerinde durulmuştur. Bilgi aktarımı sırasında elde edilecek hassasiyetler araştırılmış ve tespit edilmiştir. Daha sonra sistemin kalibrasyonu üzerinde çalışılmış ve bir adet örnek kalibrasyon yapılmıştır.

Rüzgar tünellerinde aerodinamik testler yapılırken sonuçların güvenilirliği açısından blokaj etkileri son derece önemlidir ve bu yüzden blokaj etikleri ile tünel duvar etkileşimleri incelenmiş, oluşturulan programramlar sayesinde RPV'nin blokaj etkileri de hesaplarda göz önünde bulundurulmuştur.

Test sisteminin hazırlıklarının tamamlanmasından sonra üzerinde deneylerin yapılacağı RPV için uygun ölçekte bir model hazırlanmış ve testler tamamlanmıştır. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde oluşturulan sistemin aerodinamik katsayıların belirlenmesi açısından oldukça hassas ve son derece pratik bir çözüm sağladığı görülmüştür.

SUMMARY

COMPUTER AIDED BALANCE EXPERIMENTS IN WIND-TUNNELS

Object

Purpose of this thesis is to produce such a measurement system that is able to make data-acquisition controlling a computer program while making aerodynamic experiments in Gümüşsuyu Wind Tunnel. Due to this purpose, first, some studies are made over wind tunnels particularly Gümüşsuyu Wind Tunnel, and data-acquisition systems. In addition, because wind tunnel balances have importance on experiments and measurements, also balances especially TEM balance are subject of this thesis.

After completion of this initial study, three computer programs have been written to make calibration, experiment and analysis of results. As the blockage and tunnel-wall interference in small scaled closed wind tunnels are also very important and have to be estimated, blockage factors have been added the experiment program. So automatically interferences can be calculated while doing experiments.

On the other hand, wind tunnel tests of RPV, which has been designed in another working, have been done. For this tests, 1/6 scale of real RPV which has been made of composite materials was used and the results of the tests were successful. Thus, the experiment system discussed above has become tested.

Experimental Aerodynamics

Problems of fluid motion arise in many branches of science and engineering. Apart from the propagation of disturbances in an unlimited extent of fluid, and mass movements such as occur in tides, fluid dynamics is mainly concerned with the relative motion of fluid and a solid boundary.

Although the theory of the potential flow of an incompressible fluid and methods of computational fluid dynamics, it is necessarily of somewhat limited applicability because it can not account for profile drag and other boundary-layer effects. The mathematical theory of boundary layer motion is complex and solution of this problems in computational methods is required more and more computer power time especially in three-dimension. On the other hand, while also some methods provides the essential basis of extrapolation from the model to full-scale conditions, it is not

readily adaptable for use in routine performance calculations.

A considerable amount of theoretical work has already been done on the motion of an inviscid compressible fluid at both subsonic and supersonic speed, and theory is still being developed; the theory of boundary layers in compressible fluids has naturally not yet been elaborated to the same extent as for incompressible fluids.

In general, therefore, the theory is incomplete and needs to be supplemented by experiment, which often is most conveniently conducted on a scale model in a wind tunnel. From the point of view of aircraft design, such experiments have two principal uses.

Firstly they make it possible to determine the influence of the various features of the design, and of modifications to them, in manner which is safe, quick, direct and relatively cheap. As regards the determination of the behavior of an individual component, the alternative of flight tests provides only an indirect method, because an aircraft, in order to be flown safely, must be complete and controllable, and preferably stable as well. In a wind tunnel, the component itself may be tested alone; or tests may be made with the component removed model airplane. Investigations of this type are usually small steps, although even here it is advisable, whenever possible, to make successive modifications in a systematic manner. Such tests are usually fairly straightforward to plan, execute and analyze.

The second use of experiments in fluid flow is for the provision of information of a fundamental nature, usually in conjunction with theoretical work. By this means the theory is confirmed or extended, so laying the foundation for future design improvements of fundamental character. Research of this type needs to be planned and followed work discussed in the previous paragraph, and it is essentially a long-term project which, in its early stages, may not appear to have any direct bearing on the practical engineering problems of aircraft design.

It may be shown that the flow pattern around a body depends only on the relative motion, and is the same whether the body is moving through a fluid at rest or is held stationary in moving stream of uniform velocity at infinity. In practice it is more convenient to make measurements on a stationary body. Since the body is supported, it need not be stable or complete; and the aerodynamic features of its various components can be measured separately and their mutual interference determined. Moreover, steady conditions can more readily be achieved and sustained for any position of the body and settings of its adjustable parts, such as control surfaces of an airplane.

Wind Tunnels and Balances

A device for producing a moving airstream for experimental purposes is termed a *wind tunnel*. The aerodynamic forces are usually measured by the reactions in the members supporting the model, or from the distribution of pressure over its surface and of total head in the wake.

Balances at wind tunnels are an important component of this experimental aerodynamics. The aerodynamic forces and moments effect the model can be measured easily by aid of this mechanisms. But like all the complex apparatus, the wind tunnel balances must be calibrated before the making an experiment because to obtain the transformed values taken them to forces and moments and obtain their interferences. With the computer programs and data-acquisition techniques this process can be done more easily and quickly than the other traditional methods. There are a lot kind of balances, but as a general, it can be put some groups such as internal balances and external balances according to their location on wind tunnel.

Criteria of Similarity and Aerodynamic Extents

Whether the experiment is made on a stationary body in a moving stream or on body moving through a fluid at rest, it is seldom possible to reproduce the conditions of full-scale motion exactly. The principal limitations are imposed by consideration of cost and power. Unless special arrangements are made, the power is greater in the first case since the resistance of the wind tunnel circuit must be overcome as well as that of the body. It is therefore desirable to use models: this also effects an economy in the cost of manufacture and subsequent modification as well as economizing in power. Thus it is necessary to inquire as to the conditions which must be satisfied in order that the results obtained with the model shall be applicable to full scale.

It is found that the model must be geometrically similar to prototype including, strictly, scale reproduction of a small design details and of the surface roughness. In practice, on the other hand the most important need to obtain the best and agreeable results from the model, the dynamic similarity must also be provided. The investigations show that the aerodynamic coefficients of aerodynamic forces and moments are only depend on Reynolds and Mach number in general. In special cases, for example in low speed, Mach number loss its importance because this is not an important parameter in low speed calculations and theory. Thus only the parameter is to be provided in experimental cases becomes the Reynolds number. It is, however, usually difficult to achieve the full-scale value of even this single parameter on the model scale, and it is necessary to consider the departures which may be permissible.

Total aerodynamic forces act a body which moves in a fluid are propotional density of fluid, square of velocity and square of a lineer dimension of body. But, in experimental aerodynamics, reference area of body was used instead of square of a lineer dimension. So the expression is;

$$R = C_R \rho \frac{V^2}{2} S ,$$

Here, C_R is depend on shape of the body, position of the body in flow and criateria of smilarity and called total coefficient of aerodynamic forces. Total moment caused by total aerodynamic forces also defined for a fixed point usually gravity center of the body. This formula is like that;

$$M = m_M \rho \frac{V^2}{2} S.L ,$$

m_M is total coefficient of aerodynamic moments. If these expressions are projected to proper coordinate systems, all six components of aerodynamic forces and moments coefficients can be easily obtained. Here are the three of more used;

$$C_L = \frac{L}{\frac{1}{2} \rho U^2 S} ,$$

$$C_D = \frac{D}{\frac{1}{2} \rho U^2 S} ,$$

$$C_M = \frac{M}{\frac{1}{2} \rho U^2 S \bar{c}} .$$

Tunnel-Wall Interference and Blockage Effects

Sometimes, in addition to maintaining geometrical similarity and equality Reynolds and Mach numbers, certain corrections have to be introduced to take into account the distortion of the flow around the model, caused by restricted cross-sectional area of the test section, and the influence of the flow boundaries, supports, etc. At small velocities, when the air can be considered as incompressible, these corrections differ from the corresponding corrections when the flow velocity in the tunnel approaches the value at which the tunnel becomes blocked. At supersonic velocities it is necessary to ensure that perturbation reflected from the walls the not reach the model, since in such cases the distortion of the flow around it cannot be taken into account by corrections.

We can reduce the interference between model and supports by correctly locating and properly streamlining the latter. A suitable selection of the relative dimensions of model and test section sometimes enables the corrections for tunnel blockage by the model and its wake to be reduced to values less than 0.5 to 1 % of the measured forces, so that they can be ignored altogether. However, the introduction of corrections to the results of tests in tunnel is often unavoidable, since their magnitudes become comparable with those characterizing the tested phenomena.

The streamline pattern about the model is thereby distorted compared with free air conditions, and this distortion exists even at zero model lift. The magnitude of the streamline displacement will depend, amongst other things, on the relative sizes of the model and the wind tunnel section, and on their cross-sections; the direction of the distortion depends on whether the tunnel boundaries are of the fixed-wall or open-jet type.

This interference is said to arise from the blockage of the model and its wake, that associated with the model itself being called “solid blockage”, and that due to the

wake “wake blockage”. For most purposes it is sufficiently accurate to assume that two blockage components are independent both of each other and of the model lift.

In the simplest case, the flow about a small model in a tunnel corresponds to that about the same model in free air, but a corrected velocity $U + \Delta U_B$, where U is the nominal velocity of the tunnel stream and ΔU_B is the sum of velocity increments associated with the solid and wake blockages. For streamline flow it is convenient to express the ratio $\Delta U_B/U$ by the blockage factor ϵ_B , which is then the sum of corresponding solid and wake blockage factors

$$\epsilon_B = \epsilon_S + \epsilon_W .$$

For bluff bodies this subdivision of blockage effects is not applicable. The principle of correspondence between the observed flow and some free-air flow at a different velocity is valid for a wide range of flow conditions. In terms of solid and wake blockage factors this becomes

$$U_C = (1 + \epsilon_S + \epsilon_W) U .$$

The walls of a completely closed tunnel impose a constraint on the flow near the walls follows that surface. The stream tubes surrounding the model do not take up their free air shape but are compressed together, causing a corresponding increase in the local fluid velocities. A similar conclusion may be reached by equating the mass flow well upstream of the model to that at the model position. The velocity correction, and hence the solid blockage factor, will therefore be positive in a closed wind tunnel.

When the flow departs significantly from the classical streamline flow, it becomes necessary to reconsider the mathematical model of the flow. The representation must incorporate the essential features of the separated flow and still remain simple enough to leave a tractable problem when there are closed boundaries.

The summary of the principle blockage formula that most use in general as follows:

For $\gamma = 1.4$,

$$\left. \begin{aligned} \Delta U &= (\epsilon_S + \epsilon_W) U = \epsilon_B U \\ \Delta M &= (1 + 0.2M^2) M \epsilon_B \\ \Delta p_\infty &= -1.4M^2 p_\infty \epsilon_B \\ \Delta \rho &= -M^2 \rho \epsilon_B \\ \Delta \theta &= -0.4M^2 \theta \epsilon_B \\ \Delta \left(\frac{1}{2} \rho U^2 \right) &= (2 - M^2) \left(\frac{1}{2} \rho U^2 \right) \epsilon_B \\ \Delta R_N &= (1 - 0.7M^2) R_N \epsilon_B \end{aligned} \right\} .$$

For incompressible flow,

$$\Delta p_{\infty} = -\rho U^2 \epsilon_B .$$

Corrections to model quantities:

$$\Delta C_A = -(2 - M^2) C_A \epsilon_B ,$$

Where C_A is a non-dimensional force and moment coefficients other than drag coefficients C_D .

For two-dimensional airfoils:

$$\Delta C_D = -[(1 + 0.4M^2) \epsilon_S + (2 - M^2) \epsilon_B] C_D .$$

For three-dimensional models:

$$\Delta C_D = -(1 + 0.4M^2) \epsilon_S C_{D0} - (2 - M^2) \epsilon_B C_D .$$

In both cases:

$$\Delta C_p = [2 - (2 - M^2) C_p] \epsilon_B .$$

Data-Acquisition

In this method, a computer and special data-acquisition cards controlled from this computer are used. The wind tunnel balances is connect this card with a proper signal amplifier to obtain a true level of signal. And the aid of computer programs the all process including calibration , making experiments, controlling models inside wind tunnel, and obtain and analyze aerodynamics forces and moment coefficients.

By the use of data-acquisition system, also we can short the time period of experiment and calibration process. While doing experiment, all data that comes from wind tunnel balances through the data-acquisition card, are the electrical signal and they transform to integer values between -2047 and 2048 or 0 and 4096 by this system in real time or using DMA access. When the first, integer values could be obtained, any can be able to any operation on this data by computer program easily.

RPV's Wind Tunnel Tests

Testing of RPV in wind tunnel is considered as a proof of wind tunnel test system and also RPV's aerodynamic coefficients were needed to be obtained. The 1/6 scaled of real RPV's was chosen because of blockage affects and prototype of RPV's was made from composite materials.

While experiments, wind tunnel velocity was calculated from pressure manometer that works Bernoulli principle;

$$P_T = P_s + q ,$$

Here q is dynamic pressure and equivalent of $\frac{1}{2}\rho U^2$. While experiments dynamic pressure is read from “U” manometer of which inlet is in entrance room, outlet is in test section. Of course a proper exchange must be apply because reading values are mmWater or mmAlcohol. Ambient temperature and pressure also must be measure while experiments.

Results

Results of wind tunnel testing have been analyzed by use of computer program and obtained all needed coefficients as both tables and graphics. According to these results, designing of RPV will continue with some changes. But more important result about the experimental system is that it is more practical, efficient and works truly.

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Akışkanın hareketi, bilimin ve mühendisliğin bir çok dalında gittikçe önem kazanan bir konudur. Akışkanlar mekaniğindeki gelişmeler, bu teorilerin çekirdeğini oluşturan fiziksel olaylar üzerinde çalışmaları daha olanaklı kılmaktadır. Günümüzde bilgisayarların hesaplama ve depolama kapasitelerinin baş döndürücü bir şekilde artması sayesinde, kurulan bu teoriler üzerinde hesaplamalı bilgisayar uygulamaları yapmak dahi olanaklı hale gelmiştir ve akışkanlar mekaniğinin en popüler uygulamalarından biri olmuştur.

Deneysel aerodinamik ise, var olan teorilerin gerçek hayatla ilişkisinin kontrolüne hizmet eder. Öte yandan, teorik ve hesaplamalı akışkanlar mekaniği geliştikçe, deneysel ölçme teknikleri ve teçhizatlar da gelişmeye zorlanmaktadır. Bununla birlikte, deneysel aerodinamik de özellikle günümüzde gelişen deney teknikleriyle daha etkili bir hale gelmiştir. Fakat gerek bilgisayarlı hesaplamalar gerekse deneysel çalışmalar birbirlerini tamamlayıcı unsurlardır ve beraber olarak yürütülmesi çalışmanın etkinliği açısından günümüzde gereklidir.

Bilindiği gibi, aerodinamikte deneysel metodları gerçekleştirmek için kullanılan temel çalışma ortamı rüzgar tünelleridir. Rüzgar tünelleri, gerçek uçuş şartlarının yapay olarak yaratıldığı ve bu sayede modeller üzerinde bir takım testlerin ve ölçmelerin yapıldığı yapılardır. Rüzgar tünellerinde deneyler yapılırken istisnalar dışında küçük ölçekli modeller kullanılır. Bu modeller için, sonuçların gerçek modelle ilişkilendirilmesi ve tünel-duvar etkileşimlerinin kontrolü açısından, geometrik benzerlik ve dinamik benzerlik şartlarını sağlanması gerekir.

Rüzgar tünellerinde deney yaparken kuvvet ve momentleri ölçmenin en iyi yolu balans mekanizmalarıdır. Model, kollarla balansa bağlanır ve modele etkiyen kuvvet ve momentler ölçülür. Fakat bu mekanizmalar kullanılmadan önce iç etkileşimlerinin ve dönüşüm matrislerinin elde edildiği kalibrasyon işlemi yapılmaktadır. Bir çok değişik tipi olmasına karşın günümüzde artık bilgisayarlarla kontrol edilebilenleri ve bilgileri data-aktarımı (data-acquisition) ile iletebilenleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu bilgi aktarımını ve bilgisayarla kontrolü ön plana çıkarır ki bunun da en iyi yolu uygun bilgisayar programları yazmaktır. Bu programlar sayesinde hem kalibrasyon işlemi hem de deneyler sırasında gerekli ölçme ve kontroller yapılabildiği gibi deney sonrası elde edilen sonuçların analizi de rahatlıkla yapılabilmektedir.

Yukarda bahsedilen deney tekniklerini hayata geçirmek amacıyla bu çalışma kapsamında gerekli bilgisayar programları yazılırken, gelişmiş arabirimi sayesinde kolay kullanımlı, etkin ve deneyi başlangıcından bitişine kadar kontrol edebilecek bir araç olması tasarlanmıştır. Ayrıca, kullanılan algoritmalar ve programın kendisi oldukça genel ve modüler bir yapıya sahiptir ve kısa bir uğraşla benzer sistemlere adapte edilebilirler

Bundan sonraki bölümlerde, yukardaki açıklamalar ışığında sırasıyla rüzgar tünelleri ve deneysel aerodinamik incelenmiş, daha sonra tünel-duvar etkileşimleri, özellikle blokaj etkileri ve deney sonuçlarına yapılacak düzeltmeler üzerinde durulmuştur. Akabinde balans mekanizmalarından ve data-aktarım sisteminin bahsedilmiş, rüzgar tünellerinde deney yapılması konusu irdelenmiştir. Sonrasında, geliştirilmeye çalışılan bir RPV'nin rüzgar tüneli testleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar sunulmuştur.

Tezin sonundaki EKLER bölümünde, kullanılan data-aktarım sistemi ve TEM Balans mekanizması tanıtılmıştır. Gene örnek bir çalışma olması amacıyla balans için yapılan kalibrasyonun sonuçları da eklenmiştir. Ayrıca geliştirilen programlar hakkında açıklayıcı bir takım bilgiler, grafik kullanıcı arabirimini yansıtan ekran görüntüleri ve programın kaynak kodları sunulmuştur.

BÖLÜM 2

DENEYSEL AERODİNAMİK

2.1 Giriş

Hava içerisinde hareket eden bir cisme etki eden kuvvet ve moment sisteminin, cismin etrafındaki akışa ait özelliklerin ve dolayısıyla aerodinamik karakteristiklerin tayini aerodinamiğin en temel problemlerinden biridir. Günümüzde, artık bu çalışmalar hesaplamalı yöntemlerle beraber yürütülmektedir. Böylece, bilgisayar ortamında yapılan çalışmalar, hem kullanılan teorilerin hem de elde edilen sonuçların doğruluğu açısından, deneysel çalışmalarla desteklenebilmektedir. Bilgisayar ortamında kullanılan hesaplamalı yöntemlerdeki yaklaşımlardan dolayı ve elde edilen sonuçların hayata geçirilmesi açısından deneysel aerodinamik önemini daha uzun yıllar koruyacaktır.

Sıkıştırılamaz akım için kullanılan potansiyel akış teorisi hayli geliştirilmiş olmasına rağmen, dayandığı bazı limitasyonlardan dolayı (akışkanın inviscid olması esası), çözümlerin doğruluğu konusunda tam yeterli olamamaktadır. Potansiyel akış teorisi kullanılarak profil sürüklemesinin ve sınır tabaka etkilerinin tam olarak hesaplanabilmesi mümkün değildir. Bununla birlikte sınır tabaka kavramının matematiksel ifadesinde de oldukça karmaşıktır ve aynı zamanda model ile birlikte tüm sınır şartlarının sağlanması (komple çözüm) gerektiğinden rutin performans hesaplamalarında kullanmaya henüz tam elverişli değildirler. Öte yandan hem subsonik hem de süpersonik hızlarda, sıkıştırılabilir ve inviscid akışkan için oldukça

fazla teorik çalışmalar yapılmıştır ve teori hala geliştirilmeye devam etmektedir¹. Aynı zamanda sıkıştırılabilir akışlar için sınır tabaka teorisi sıkıştırılmaz akışlardaki kadar açıklığa, doğal olarak henüz kavuşturulamamıştır.

Teoriler tam olarak tamamlanamadığı için deneysel çalışmalar tarafından desteklenmeye ihtiyaç duymaktadır ve bunun için rüzgar tünellerinde ölçeklenmiş bir model üzerinde deneysel çalışmalar zorunludur. Uçak dizaynında, bu noktadan hareketle, aerodinamik deneysel teknikler iki temel kullanıma sahiptirler.

Birincisi, deneysel yöntemler dizayn aşamasında, değişik unsurların olaya etkisini ve modifikasyonların sonucunu, güvenilir, çabuk, direkt ve nispeten ucuz bir şekilde belirlenmesini sağlar. Tek bir komponentin dahi davranışının belirlenmesi ile, indirekt metodlar sağlayan alternatif uçuş testleri, güvenli, tamamlanmış ve kontrollü olarak yapılabilir. Bilindiği gibi rüzgar tünellerinde, uçağı oluşturan parçaların modelleri her biri tek başına test edilebildiği gibi, prototip uçaktan alınan bileşenler direkt olarak rüzgar tüneline de kullanılabilir.²

İkinci kullanımı ise, teorik çalışmalarla beraber, akışkanın doğal davranışlarının temelleri hakkındaki bilgilerin tedarik edilmesi üzerinedir. Bu sayede teoriler de desteklenebilir ve geliştirilebilir. Bu tip çalışmalar genelde çok iyi planlanmak zorundadır ve son derece detaylı araştırmaları gerektirirler. Bu uzun dönem devam eden araştırma projelerinin sonuçları da, pratik olarak mühendisliğe uygulanabilir olmayabilir.

Gösterilebilir ki, cisim (model) etrafındaki akış, tamamiyle görecelidir ve cismin, durgun akışkan içerisinde hareketli olması ile, sonsuzda uniform hıza sahip bir akışkanın içerisinde sabit durması arasında bir fark yoktur. Pratikte de, sabit olarak duran model üzerinde ölçümler yapmak daha kolay olacağı için tercih edilmektedir. Model sabitlendiği için bitirilmiş olmaya veya kararlı olmaya ihtiyaç duymaz ve

* ¹ Transonik olaylar hem teorik açıdan hemde deneysel açıdan zorluklar içermektedir

* ² Dünya üzerinde ve özellikle Amerika'da uçakların bire bir deneylerinin yapılabildiği çok büyük rüzgar tünelleri mevcuttur.

böylece modelin değişik unsurlarının aerodinamik özellikleri ayrı ayrı test edilebilir ve karşılıklı etkileşimleri tespit edilebilir. Daha fazlası, sürekli (steady) şartlar daha hızlı bir şekilde elde edilir ve daha uzun bir süre, modelin herhangi bir pozisyonu için veya ayarlanabilir unsurlarının (kontrol yüzeyleri) modele göre değişik konumları için korunabilir.

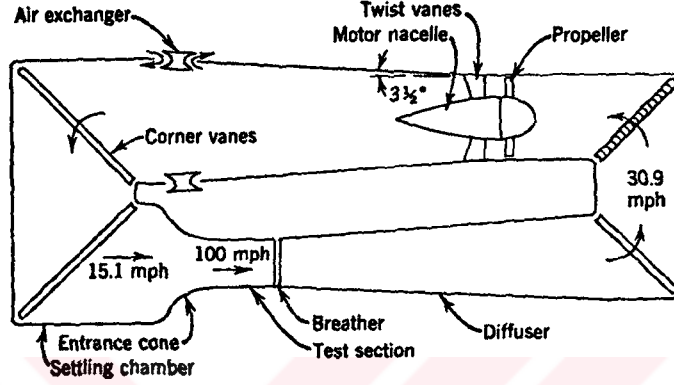
2.2 Rüzgar Tünelleri

Yukarıdaki anlatılanlar doğrultusunda, deneysel aerodinamik amacına yönelik olarak, belli bir alanda hava akımı yaratan ve deney imkanı sunan yapılara “**rüzgar tüneli**” denir. Günümüzde, deneysel aerodinamiğin temelini rüzgar tünelleri oluşturmaktadır. Uçuş şartlarının belli bir mekanda, yapay olarak oluşturulmasını ve bu sırada bir takım ölçümlerin yapılmasını sağlayan rüzgar tünelleri, gerek yapılarına ve gerekse sundukları deney imkanlarına göre değişik kategorilere ayrılmaktadır. Rüzgar tünellerini çalışma hızlarına göre genel olarak beş ayrı kısma ayırabiliriz.

1. Düşük subsonik hızlı rüzgar tünelleri,
2. Yüksek subsonik hızlı rüzgar tünelleri,
3. Transonik rüzgar tünelleri,
4. Süpersonik rüzgar tünelleri,
5. Hipersonik rüzgar tünelleri.

Günümüzde de, düşük hızlardaki deneysel çalışmalar için **N. E. Joukowski**, **L. Prandtl** ve diğer önde gelen bilim adamlarının çalışmaları temel alınmaktadır. Bu hız aralığı, hala, endüstriyel aerodinamik çalışmaları, yüzey araçları ve uçakların kalkış ve iniş karakteristikleri açısından önemlidir. Genel olarak, ileri derecede eğitim veren üniversitelerde ve enstitülerde özellikle düşük performanslı rüzgar tünelleri mevcuttur. Test edilen uçakların doğal davranışlarının simülasyonu için, büyük aerodinamik laboratuvarları ve araştırma enstitüleri, gücü yüzlerce megawattlara kadar çıkabilen dev boyutlu rüzgar tünelleri kullanmaktadırlar. Rüzgar tünellerinde, düşük hızlarda,

kuvvetlerin, momentlerin, basınç dağılımlarının ve hızların ölçülmesinde ve akışın görsel olarak izlenmesinde (akım görünürlüğü deneyleri) araştırmacılar tarafından bir çok değişik yöntem kullanılmaktadır.



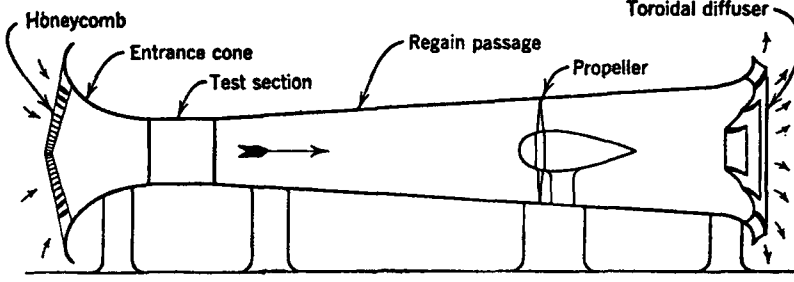
Şekil 2.1 Klasik tek dönüşlü rüzgar tüneli.

Araştırmacılar, geçiş hızlarındaki (transonik) deney tekniklerine, özel bir ilgi göstermektedirler. Çünkü, uçak üzerindeki akustik etkiler ses hızına yakın hızlarda ortaya çıkmaktadırlar. Bu hız aralığında, ihmal edilemeyecek deneysel parametrelerin ölçümünde ve katsayıların hesaplanmasında, önemli ve farklı teknikler tanımlanır.

Yüksek subsonik akım hızlarında çalışmalar ise ilk kez 1930' larda önem kazanmaya başlamıştır. Hızın artmasıyla deney teknikleri de daha karmaşıklaşmıştır ve daha fazla teçhizat gerektirir hale gelmiştir. Çünkü hız artarken, viskozitenin önem kazanmasıyla beraber sıkıştırılabilirlik etkileri de ön plana çıkmaktadır. Bu yüzden değişik büyüklükteki rüzgar tünelleri, karmaşık kontrol ve ölçme üniteleriyle beraber kullanılmaya başlanmıştır.

Hipersonik hızlarda yapılan deneyler ise yeni çalışmalardır ve yüksek sıcaklıklar ve gazlarda fizikokimyasal işlemler içerirler. Dolayısıyla bu tür deneyler rüzgar tünellerinde yeni yaklaşımlar, yeni teknikler ve özel teçhizatlar gerektirmektedir. Son

yıllarda bu konularda hem teorik hem de deneysel olarak bir çok çalışma yapılmıştır ve yeni gelişmeler kaydedilmiştir. Fakat bu deneylerin çok masraflı olduğu da bilinmektedir.



Şekil 2.2 Açık dolaşımli rüzgar tüneli

Günümüzde ise bilgisayarlar aerodinamik deneylerin ve rüzgar tünellerinin bir parçası haline gelmiştir. Bilgisayarlarla çok hassas bir şekilde kontrol edilebilen bu tip modern tünellerde, aerodinamik ölçümler bilgisayarlarla, otomatik olarak yapılmakta, elde edilen deney verileri değerlendirilmekte ve manyetik ortamlarda saklanabilmektedirler. Özellikle yüksek hızda data aktarımı (data acquisition) ile çok kısa sürede deney verileri toplanabilmekte, geçiş olayları ve yüksek frekansta cereyan eden olaylar gözlenebilmektedir. Bu sayede çok yüksek hızlarda, zaten kısıtlı olan deney süresi etkin bir şekilde değerlendirilebilmektedir. Daha fazlası artık sınır tabaka ve türbülans üzerine laser yardımı ile ölçümler yapmak da mümkün hale gelmiştir.

2.3 Diğer Alternatif Deneysel Metodlar

Bazı durumlarda (özellikle serbest akım Mach sayısının 1' e yakın olduğu durumlar), normal rüzgar tüneli deneylerinden faydalı sonuçlar elde etmek mümkün olmayabilir [1]. Bu yüzden aerodinamikçilerin ihtiyaçlarına cevap verebilecek yeni deneysel metodlar geliştirilmiştir. Bunlar;

(1) Su Tünelleri. Temel olarak rüzgar tünellerine benzerler. Akışkan genel olarak sarmal pervane ile yada üstteki bir depodan beslenerek yerçekimi ağırlığı ile hareket ettirilir. Suyun kinematik viskozitesinden ötürü (15°C de $1.23 \times 10^{-5} \text{ ft}^2/\text{sec}$), istenilen herhangi bir Reynolds sayısına, havadakine göre çok daha rahat bir şekilde ulaşılır.

(2) Uçuş Testleri. Deneysel olarak elde edilen sonuçların tam geçerliliği de modelin tam ölçekli testlerinden gelen sonuçlarla uyuşmasına bağlıdır. Burada karşılaşılabilecek temel zorluk gerekli teçhizatları taşımak ve uçuş sırasında gerekli şartları, kontrollü ve kararlı bir şekilde sağlayabilmektir. Daha fazlası, sadece deneysel testleri ve geliştirmeleri yapılmış bir uçağın uçuş emniyetine fazlası ile dikkat edilmesi gerekmektedir. Bu şekilde faydalı bilgiler, radyo kumandalı bire bir modellerle veya başka bir uçağa bağlı şekilde uçan ve telemetre ile kontrol edilen prototiplerden elde edilebilirler.

(3) Gemi ve Deniz Uçağı Tankları. Bu daha çok iki tarafı kanal şeklinde olan su havuzlarına benzer ve prototip, gerekli teçhizatları ile birlikte yürüyen bir aksamla hareket ettirilir. Daha çok gemi modellerinde ve deniz uçaklarının iniş ve kalkışlarında karşılaşılan problemlerin belirlenmesinde tercih edilir.

(4) Deneysel Kıyas Metodu. Bazı problemlerde, olayın genel hareket denklemleri elde edilebilir ama mertebelerinden dolayı matematiksel yöntemlerle çözülemezler. Böyle durumlarda, bazen benzer bir fiziksel olayla bağdaştırıp (mesela elektiksel alan gibi, denklemleri karşılık gelen sınır şartlarında aynı formda olan), incelemek faydalı olabilir. Orjinal problemin çözümü, deneysel olarak benzeştirilen bu tür bir analog sistemden ölçülerek elde edilebilir. Ayrıca bu tür yöntemler gösteri veya başka bir amaç için, nispeten daha az teçhizat gerektireceğinden ve daha az masraflı olacağından dolayı kullanılabilir.

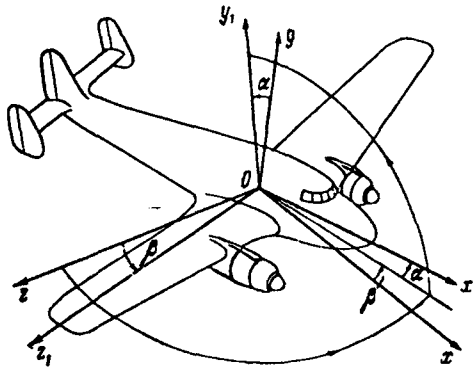
2.4 Aerodinamik Büyüklüklerin Tanımlanması

2.4.1 Koordinat Sistemleri

Deneysel aerodinamikte ve uçak dizaynında üç tip koordinat eksenini kullanılır. Bunlar, hız koordinat sistemi, sabit ve yarı sabit koordinat sistemleridir. Bütün bu sistemler sağ el sistemleridir ve herhangi bir eksen etrafında pozitif dönme yönü saat yönü olacak şekilde belirlenir. Bütün sistemlerin orijini uçağın ağırlık merkezidir.

Hız eksen takımında, x -ekseninin pozitif yönü uçuş hızı vektörü ile aynıdır, y -ekseni ise uçağın simetri düzleminde yatar, uçağın taşımasına paraleldir ve yönü yukarı doğrudur. Dolayısıyla z -ekseni Oxy düzlemine normaldir ve sancak yönünde pozitifdir. (Şekil. 2.3)

Sabit eksen takımı $Ox_1y_1z_1$ ise uçağın geometrik eksenlerine karşılık gelir. x_1 -ekseni gövde merkezine veya hücum açısını belirlemek için kullanılan kanat veter çizgisine paraleldir ve pozitif yönü ileri doğrudur. Yarı sabit eksen takımı ise, uçağın hareketinde (düz uçuşta) yana yalpa veya dönme hareketi yoksa hız eksen sistemi ile aynıdır [2].



Şekil 2.3 Uçak üzerinde hız ve sabit eksen takımları

Şayet yana yatma açısı değişirse, sistem y -ekseni etrafında döner. Hız eksen takımı yarı sabit eksen takımına göre hücum açısı kadar farklıdır. Böylece hücum açısı cismin, yarı sabit eksen takımına göre oriyantasyonunu belirler.

Rüzgar tünellerinde sabitlenmiş olarak test edilen modeller için serbest akım hızı, serbest uçuş hızı ile eşdeğer olarak kabul edilir. Bunun sebebi de, bazen uçuş koordinat sisteminde x -ekseni, OQ (Şekil 2.4) eksen olarak, ters yönde kabul edilebildiğinden, deneyler sırasında negatif sürüklenme kuvveti ile karşılaşmamak içindir. Rüzgar tüneline yana yalpa veya dönme hareketi olmadı zaman ($\beta = 0$), tünel yarı eksen takımı, hız eksen takımı ile aynı olur. Fakat dönme açısı değişirse, yarı sabit eksen takımı da modeli takip eder ve Oy etrafında β kadar döner.

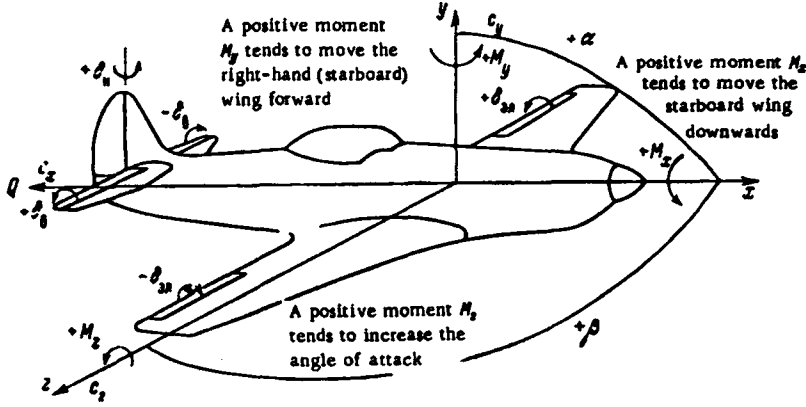
Rüzgar tünellerinde kuvvet ve momentler genellikle ilk ölçümlerinde **ağırlık koordinat sistemleri** olarak adlandırılan eksen takımına göre belirlenir, fakat sonuçlar akış veya tünel eksen takımına göre sunulur. Momentlerin yönleri ve dönme açılarının işaretleri hız eksen takımına göre (Şekil 2.4)' te sunulmuştur.

2.4.2 Aerodinamik Kuvvetler Momentler ve Boyutsuz Katsayılar

Bir akışkan içerisinde hareket eden bir cisme etkiyen toplam aerodinamik kuvvet, akışkanın yoğunluğu, hızın karesi ve lineer bir uzunluğun karesi ile doğru orantılıdır. Yani $R \approx C_R \rho V^2 l^2$ ' dir. Fakat deneysel aerodinamikte l^2 yerine cismin karakteristik alanı olan (kanat yüzey alanı veya cismin kesit alanı) S ve ρV^2 yerine $\rho V^2/2$ daha çok tercih edilir. Dolayısıyla toplam aerodinamik kuvvet için,

$$R = C_R \rho \frac{V^2}{2} S . \quad (2.1)$$

ifadesi yazılabilir. Bu ifadedeki C_R katsayısı cismin şekline, akış içerisindeki duruşuna ve benzerlik şartlarına bağlıdır ve toplam aerodinamik kuvvet katsayısı olarak isimlendirilir.



Şekil 2.4 Hız koordinat sistemine göre kuvvet ve momentler ve açıların yönleri.

Toplam aerodinamik kuvvetten ötürü oluşan toplam aerodinamik moment de, $M = R.L$ şeklinde olur ve sabit bir nokta, genellikle ağırlık merkezi etrafında tanımlanır.

$$M = m_M \rho \frac{V^2}{2} SL \quad (2.2)$$

İfadedeki m_M ise toplam aerodinamik momentlerin katsayısını temsil etmektedir.

Toplam aerodinamik kuvvetin hız eksen takımına göre izdüşürülmesiyle (Şekil 2.4),

$C_y (= C_L)$ taşıma katsayısı olmak üzere taşıma (lift) için;

$$Y = L = C_y \rho \frac{V^2}{2} S \quad (2.3)$$

$-C_x (= -C_D)$ sürüklenme katsayısı olmak üzere sürüklenme (drag) için;

$$X = D = -C_x \rho \frac{V^2}{2} S \quad (2.4)$$

C_z yanal kuvvet katsayısı olmak üzere yanal kuvvet (side-force) için;

$$Z = C_z \rho \frac{V^2}{2} S \quad (2.5)$$

şeklinde ifade edilirler.

Aerodinamik kuvvetten doğan moment bileşenleri ise;

yalpa (rolling) momenti için (m_x yalpa momenti katsayısı) ;

$$M_x = m_x \rho \frac{V^2}{2} SL , \quad (2.6)$$

sapma (yawing) momenti için (m_y sapma momenti katsayısı) ;

$$M_y = m_y \rho \frac{V^2}{2} SL , \quad (2.7)$$

yunuslama (pitching) momenti için ($m_z = C_M$ yunuslama momenti katsayısı) ;

$$M_z = m_z \rho \frac{V^2}{2} SL , \quad (2.8)$$

şeklinde tanımlanırlar. Momentlerin pozitif yönlerini şu kurala göre belirleyebiliriz: orijin cismin ağırlık merkezidir ve dışardan bakan bir kimse için ilgili eksen (eksen kendisine doğru yönelmiş olacak) saat yönünde çevirmeye çalışan momet “pozitif” yönlüdür (Şekil 2.4). [1], [2].

2.5 Benzerlik Kriterleri

Rüzgar tünelleri, her ne kadar gerçek uçuş şartlarına yakınlaştırılmaya çalışılsa da, hiç bir zaman model üzerinde tam anlamıyla gerçek uçuş şartlarını oluşturamazlar. Bunun sebepleri arasında, tünelin yeterince büyük olmamasından dolayı küçük ölçekli modelin kullanılmasını, tünel içerisinde dolaşan havanın gerçek uçuş hızında, gerçek hava yoğunluğunda ve sıcaklığında olmaması sayılabilir. Dolayısıyla, deneyler sonucu elde edilen bilgilerin serbest uçuş hali ile uyuşması için bir takım kontroller yapılmalı ve deney öncesi bir takım şartlar sağlanmalı, gerekiyorsa sonuçlar üzerinde düzeltmeler yapılmalıdır. Aksi halde deney sonucu elde edilen boyutsuz katsayılar gerçeklerden uzak olur.

Elbette sağlanması gereken ilk şart **geometrik benzerlik'** tir. Deney odasına genelde gerçek model konamayacağından dolayı, kullanılacak modelin ölçekli ve gerçeğine tam uygun olması gerekmektedir. Model üzerinde en küçük ayrıntıların dahi atlanmaması gerektiği gibi, özellikle sınır tabaka ve basınç dağılımı inceleniyorsa, yüzey pürüzlülüğüne de dikkat edilmelidir.

Öte yandan bizi burada asıl ilgilendiren **dinamik benzerlik'** tir. Bilindiği gibi rüzgar tüneli deneylerinde temel olarak ölçülen büyüklükler aerodinamik kuvvet ve momentlerdir. Doğal olarak daha ufak bir model üzerinde farklı şartlarda oluşan bu büyüklükler bize gerçek aerodinamik kuvvet ve momentler açısından pek birşey ifade etmezler. Bizim için anlam taşıyan büyüklüklerin boyuttan arındırılmış olması gerekmektedir ki basınç, kuvvet ve moment katsayıları böyledir. Bu boyutsuz büyüklüklerin gerçek modele ait katsayılar olarak kabul edilebilmesi için dinamik benzerliğinde sağlanması gereklidir.

Akışkan içerisindeki bir cisme etki eden F kuvveti, temel olarak, göreceli hız U , cismin büyüklüğü l , akışkanın yoğunluğu ρ ve viskozitesi μ ile ilgilidir. Gerçekte hareket, akışkanın içerisindeki bir elementin ivmelenmesinin viskoz gerilmesinin kütlesine oranına bağlı olduğu için μ/ρ oranına ($\mu/\rho = \nu$ kinematik viskozite diye adlandırılır), μ' ye ve kısmen de ρ' ya bağlı olduğundan daha çok bağlıdır. Teori gösterir ki, sağlanan U/ν oranı aynı ise, geometrik olarak benzer olan cisimler üzerindeki, karşılık gelen akım çizgilerine göre aynı konumdaki bir noktadaki p basıncı, ρU^2 ile, F kuvveti ise $\rho U^2 l^2$ veya $\rho U^2 S$ ile orantılıdır. Buradaki S , cismin karakteristik alanıdır. Diğer bir değişle, boyutsuz katsayılar $p/(\rho U^2)$ ve $F/(\rho U^2 S)$ sadece U/ν ' nün fonksiyonudur. Bu önemli parametre **Reynolds sayısı** (Re) olarak isimlendirilir. (Eşitlik 2.15)

Sınırsız kapsamdaki viskoz, sıkıştırılabilir akışa ait boyutsuz katsayılar Reynolds sayısının ve göreceli hızın ses hızına oranı olarak tanımlanan Mach ($M = U/a$) sayısının fonksiyonudur. Diğer boyutsuz parametreler de akışın karakterinin belirlenmesinde başka özellikler ön plana çıktığı zaman düşünülmelidir. Sözgelimi, ısı

transferi katsayısı da **Prandtl sayısına** (σ) ve **Grashof sayısına** (Gr) bağlıdır. Bu parametreler ise şu şekilde tanımlanırlar:

$$\sigma = \frac{\mu C_p}{k} , \quad (2.9)$$

$$Gr = \frac{l^3 g \Delta T}{\nu^2 T_0} , \quad (2.10)$$

şeklinde tanımlanırlar. Burada C_p sabit basınçtaki spesifik ısı katsayısı, k ısı iletkenlik, ΔT ise sistemde tanımlanmış iki nokta arasındaki sıcaklık farkıdır [2].

Uçuş şartları sırasında karşılaşılan şartlar altında havanın davranışı ideal gaz davranışı olarak kabul edildiğinden, bu davranışın deney sırasındaki hava tüneline kullanılan akışkan üzerinde de oluşturulması gerekmektedir. Aynı zamanda belirli bir basınçta ve hacimde, γ spesifik ısı katsayısı ($\gamma = C_p/C_v$) aynı olmalıdır.

Çoğu aerodinamik problemde, havanın hareketi üzerinde yerçekiminin etkisi de düşünülmeceğinden (böylece Grashof sayısı önemini yitirir) kısaca geometrik olarak benzer cisimler etrafındaki daimi akış hali için kuvvet veya momentlerin,

$$F = \rho U^2 S \cdot f \left(\frac{Ul}{\nu}, \frac{U}{a}, \frac{C_p}{C_v}, \frac{\mu C_p}{k} \right) , \quad (2.11)$$

şeklinde ifade edilmesi mümkündür.

Gazların kinetik teorisine göre Prandtl sayısı, şayet C_p/C_v oranı iki sistem için de aynı olduğu takdirde otomatik olarak sağlanmaktadır. Böylece, kullanılan akışkan da daima hava olacağından dolayı, Reynolds sayısı ve Mach sayısı aerodinamik deneylerde ve dinamik benzerlikte en önemli iki parametre haline gelirler. Öte yandan, göreceli deney hızı, ses hızının üçte birinden daha az ise, çoğu deneyler açısından gerçek Mach sayısı da önemini yitirir ve böylece Reynolds sayısı tek önemli parametre olarak kalır. Fakat yüksek Mach hızlarında veya kritik Mach sayılarında

aerodinamik olaylar inceleniyorsa, gerçek uçuş şartlarındaki Mach sayıları model üzerinde de aynen gerçekleşmelidir.

Dinamik benzerlik konusunda fikir vermesi açısından diğer bir metod da, bir takım kabullerle beraber boyut analizi yapmak olabilir. Şayet hava içerisindeki cisme etkiyen aerodinamik kuvvet F için şöyle bir kabul yapılırsa,

$$F = f(\rho, \mu, K, U, l, \dots) , \quad (2.12)$$

daha açık olarak üssel parametrelerle şu şekilde yazılabilir:

$$F = C U^a l^b \rho^c \mu^d K^e . \quad (2.13)$$

Yukarıdaki tanım şu ifadelerle birlikte,

$$K = \delta p / (\delta V / V) = \rho \alpha^2 , \quad (2.14)$$

$$Re = \rho U l / \mu , \quad (2.15)$$

kullanılır ve yerlerine sadece boyutları yazılarak boyut analizine tabii tutulursa, sonuçta F için şu denklem karşımıza çıkar:

$$F = C \rho U^2 l^2 (1/Re)^d (1/M)^{2e} . \quad (2.16)$$

Görülmektedir ki, karşımıza (2.11) eşitliğine benzeyen (yaptığımız kabullerden dolayı aynısı değil) bir ifade elde edilmiştir. Kuvvetlerden boyutsuz katsayılara geçerseniz ($C_R = F / (\rho U^2 l^2)$),

$$C_R = C . f(Re, M) , \quad (2.17)$$

denklemini karşımıza çıkar. Bu işlemler momentler için de tekrarlandığında benzer sonuç alınır.

Şayet sınır tabaka biliniyorsa, yüzey sürüklemesinin Reynolds sayısı ile değişimi tahmin edilebilir. Çoğu aerodinamik deneylerde, Reynolds sayısındaki değişim yüzey sürüklemesinde bir değişim oluşturduğu gibi sınır tabakanın kararlılığını da değiştirir. Özellikle geçiş ve ayrılma (kopma) noktalarının ve ayrılmanın karakteristiğinin belirlenmesi açısından bunun üzerinde durulmalıdır. Düşük Reynolds sayılarında, genellikle kopma noktası sınır tabakanın hala laminar olduğu durumda gerçekleşir. Oysaki yüksek veya kritik Reynolds sayılarında, türbülanslı akışa geçiş, ayrılmadan önce olur ve ayrılma noktası arkaya doğru kayar. Çoğu gerçek uçuş şartları kritik Reynolds sayılarının üstünde olurken, deneysel olaylar nispeten daha düşük Reynolds sayılarında gerçekleşirler ve böylece, model üzerinde laminar ayrılma olasılığı artar.

Deney sırasında, dinamik benzerliği sağlamak açısından Reynolds sayıları hesaplanırken dikkat edilmesi gereken husus, hangi karakteristik uzunluğun alınacağıdır. Komple bir model için sadece kanat açıklığını alarak Reynolds sayısını tespit etmek kuyruk ve diğer küçük komponentler için yeterli değildir. Model üzerindeki, gerek deneyler sırasında ve gerekse gerçek uçuşta aerodinamik etkileri ihmal edilmeyecek olan her türlü unsur önemlidir ve dinamik benzerlik açısından kontrol edilmelidirler. Şayet sadece kuyruğun testleri yapılıyor olsa idi, doğal olarak Reynolds sayısı için kuyruk açıklığı veya veter uzunluğu alınması gerekecekti.

Öte yandan özellikle büyük uçakların testleri yapılacaksa veya deney odasının boyutları yeterince büyük değilse, prototip üzerinde gerçek uçuş Reynolds sayılarını elde etmek mümkün olmayacaktır. Bu durumda yapılması gereken şey mümkün olan en yüksek Reynolds sayılarını sağlayacak yüksek deney hızlarında deney yapmaktır. Yapılan çalışmalar göstermiştir ki, Reynolds sayısı 1.10^5 ten daha fazla ise farklı hızlarda elde edilen boyutsuz katsayılar birbirleriyle ve gerçek şartlarla benzeşim gösterecektir.

BÖLÜM 3

TÜNEL-DUVAR ETKİLEŞİMLERİ

3.1 Giriş

Bilindiği gibi doğal olarak en mükemmel subsonic hava tünelleri bile model etrafında rahatsız edilmemiş hava akımı yaratamazlar. Bu problem sürekli olarak deneycileri ve teoritisyenleri tünel dizayn ederken, model oluştururken ve deneysel teknikler yıllar içerisinde geliştirilirken meşgul etmiştir. Hatta Mart 1959 da Brussels'te yapılan AGARD¹ etkinliklerinde subsonic hava tünelleri için bir monograph² yapılmasına bile karar verilmiştir [3].

Bu ve bundan sonraki bölümde de daha evvel bu konuda yapılmış çalışmalardan yola çıkılarak hava tünellerindeki etkileşimler incelenecek ve özellikle bunların arasından blokaj etkileri olarak tanımlanan kısım üzerinde durulacaktır.

3.2 Zorlanmış Sınır Şartları ve Tünel İçerisindeki Etkileşimler

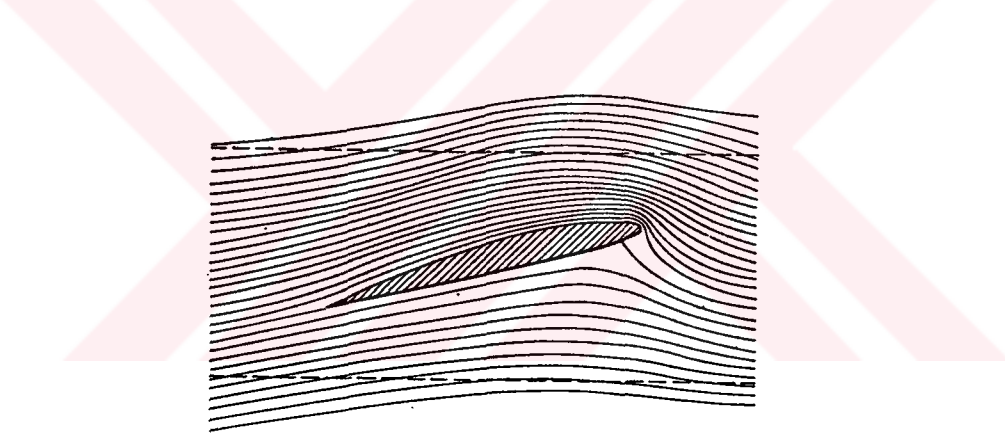
Şekil 1.1' de de görüldüğü gibi, açık havadaki bir cisim üzerinde oluşan akım çizgileri model duvarlar arasına konduğu zaman özellikle duvarlara yakın olan kısımlarda duvarlar tarafından değişmeye zorlanmaktadır. Bu olaya sebep olan duvar sınırı

* ¹ Advisory Group For Aerospace Research & Development

* ² Monograph, bu etkileşimleri hesaplamak için geliştirilmiş tablo ve grafiklerdir.

şartları gerek tünel kesitinden geçen hava debisi gerekse model üzerindeki hava üzerinde değişimler yaratmakta, modeli normalde görüldüğünden daha farklı bir hücum açısına maruz bırakmaktadır. Temel olarak tünel duvarlarından kaynaklanan bu etkilere **tünel etkileşimleri** (*Tunnel interference effects or wall interference effects*) denir ve bunlar üzerinde bir takım düzeltmelerin yapılması mümkündür.

Subsonic hava tünellerindeki bu etkileşimler (*interference effects*), tünel duvarlarının akışa etkilerinden kaynaklandığı gibi buna ek olarak sınır tabaka etkilerinden, ölçüm aparatlarından ve model bağlantı çubuklarından, serbest akımın kendisinin non-uniform olmamasından veya küçük ölçekli türbülanslardan da kaynaklanabilir. Farklı uygulamalarda yukarıda sayılan sebepler önemli olsalar dahi bir çok yöden bazıları ihmal edilebilirler.



Şekil 3.1 Tam çizgiler açık havadaki akım çizgilerini kesikli çizgiler ise tünel duvarlarını gösterir.

Düşük Mach Sayılarında bu düzeltmeler belli bir doğrulukla uygulanabilseler dahi, düzeltmelerin magnitudü büyüdükçe doğrulukları azalacaktır. Bu kuram özellikle Mach Sayısı artarken kendini gösterir. Hatta Mach Sayısı belli bir değere ulaştığında artık tünel içerisindeki modelin etrafındaki akış modeli ile açık havadaki akış modeli arasındaki benzerliği kurmak bile mümkün olamayacaktır. Bu yüzden yüksek Mach sayılarında model etrafındaki akış için bir takım düzenlemeler yapmak mümkündür ve gereklidir.

Yukarda şimdye kadar bahsedilen etkileşimlere (*interference effects*) ek olarak hava tüneli içerisindeki türbülansın, oluşan ses dalgalarının ve bir takım geçiş rejimlerinden doğan etkilerin de model üzerindeki akışa önemli etkilerinin olabileceği unutulmamalıdır.

Genel olarak, bu etkileşimleri gruplar altında toplayıp bir takım yöntemlerle tespit etmek mümkündür. Bunları meydana geliş sebeplerine ve oluştuğu durumlarına göre şu temel guruplara ayırabiliriz:

(a) Blokaj etkisi (*Blockage interference*) : Tünel içerisinde, tünel duvarlarından kaynaklanan sınır şartlarının varlığından dolayı akışın bloke edilip model etrafındaki eksenel hızın değişmesini içerir. Daha sonraki bölümlerde de bahsedileceği gibi bu etkileşim, engellemenin modelin kendisinden veya iz bölgesinden kaynaklanmasına göre solid blockage ve wake blockage olarak ikiye ayrılır.

(b) Taşıma etkileşimi (*Lift interference*) : Model etrafındaki hız alanında ve kenar vortexlerinde tünel duvarlarından dolayı kabul edilen sınırlamalardan kaynaklanır (Şekil 3.1). Bu etkileşim tipi modelin tünel kesit alanına göre çok küçük olması durumunda dahi meydana gelir. Taşıma hattı ve vortex çifti diye bilinen lifting line ve vortex doublet ile metodları ile incelenebilir.

(c) Statik basınç gradyentinden dolayı etkileşim (*Interference due to static pressure gradient*) : Yatayda batmazlık anlamına gelen *horizontal buoyancy* etkisinden dolayı sürüklemeye meydana gelen sapma ile ilgilidir ve ivmelenen akış için bir takım ileri düzeltme metodları içermektedir.

(d) Tünel duvarları arasında duran kanat üzerinde duvar sınır tabaka etkisi (*Wall boundary-layer interference on wing spanning a closed tunnel*) : Tünel içerisinde, deney odasının enine olarak tümüyle kaplayacak şekilde yerleştirilen kanatlar üzerinde tünel duvarlarının oluşturduğu sınır tabaka etkilerini temsil eder. Bu etkiler iki boyutlu akıştan ayrılma şeklinde kendini gösterir.

Genel olarak blokaj etkileri, düşük hızlarda küçük düzeltmeler olmasına karşılık yüksek Mach sayılarında en temel etkileşim haline gelir. Öte yandan taşıma etkileşimi ise düşük hızlarda en önemli etkileşim olmasına rağmen, yüksek hızlarda modelin (kritik Mach sayılarına ulaşmamak için) küçük yapıma zorunluluğundan ötürü göreceli olarak önemini yitirir.

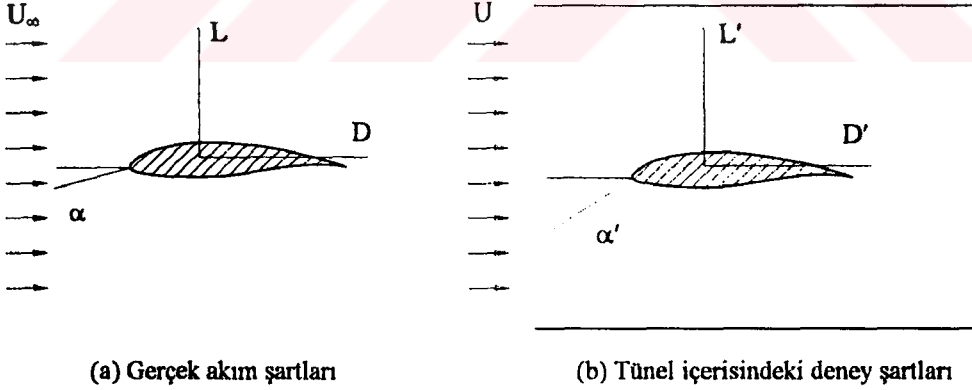
Olayın teorik yönüne bakıldığı zaman, model etrafındaki akışın ifadesi olan diferansiyel denklemler, modelin açık havada veya tünel içinde olmasına bağlı olmaksızın aynı olsada, her iki durumda dış sınır şartlarının farklı olduğu görülebilir. Model etrafındaki etkilenmiş (duvarlardan) akışı doğru ve yerel olarak lineer teoriye göre elde edebilmek için ilk olarak tünel duvarlarının da göz önünde bulundurulduğu potansiyel akış çözülür. İkinci çözüm olarak, bütün sınırlar ihmal edilir ve ilk çözümden elde edilen model yüzeyi üzerindeki potansiyel hız çözümleri ile sonuçlar karşılaştırılır. Model yüzeyine dik olarak potansiyel hızlardaki çalkantının değişimi serbest akım alanına yapılabilecek düzeltmeler olarak kabul edilen etkilenmiş akım alanı olarak tanımlanır. Pratikte bu düzeltme düşeyde ve akım doğrultusunda daha önemlidir. Şayet model yeterince küçükse, bu sonuçlar serbest akımın hızına ve yönüne ilişkin düzeltmeler olarak yorumlanabilir. Öte yandan, model farkedilebilir küçüklükteyse averaj değerler yeterli olabilir. Model uzun olarak kabul edilebilirse bileşenlerin kendileri, yunuslama momenti ve sürüklenme kuvveti düzeltmelerinin sonucu olan akım çizgilerinin eğriliğini ve boylamasına basınç değişimini içerir. Akım yönü ve akım çizgilerinin eğriliği ile ilgili düzeltmeler **lift interference** (*taşıma etkileşimi*) olarak bilinir. Lift interference genelde model etrafındaki sirkülasyon ve vorticity ile ilgilidir ve çoğu uygulamalarda **blockage interference** (*blokaj etkileşimi*) olarak bilinen ve model ve izbölgesi tarafından kaplanan hacimden kaynaklanan boylamasına hızın (akım doğrultusunda) değişiminden bağımsız olarak düşünülür.

Tünel etkileşimlerinde temel problem **etkilenmiş akım alanını** (*interference flow field*) belirlemektir ve buna göre hemen hemen ölçülen bütün aerodinamik büyüklükler yorumlanmalıdır.

3.3 Tünel Etkileşimlerini Hesaplama Metodları

Bu etkileri hesaplamak için en çok baş vurulan yöntem, potansiyel akış teorisine dayanır. Bugüne kadar, bu konuda yapılan teorik çalışmalar yardımıyla gerek iki boyutlu profiller gerekse üç boyutlu modeller için kullanılabilecek ampirik denklemler elde edilmiştir. Bu denklemler geneldir ve bir takım katsayılar ve bunların tespiti için başvurulacak grafikler yardımı ile modelin bazı şekil karakteristikleri de hesaba katılmasıyla istenilen modele uygulanabilir.

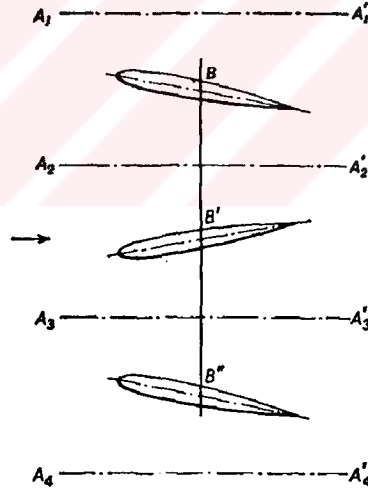
Teorik olarak, potansiyel teori yardımı ile sözkonusu olan modelin potansiyel çözümü bir kez model açık havada farzedilerek yapılır. Daha sonra ikinci çözümde model, deney odasını simgeleyen sınır şartları altında tekrar çözülür. Bu çözümde tünel duvarları olaya sınır şartları olarak katılmış olur. Bu iki çözüm arasındaki fark direkt olarak duvarların olaya etkisini belirler. Bu sonuçlar gerektiği gibi değerlendirildiği takdirde deney sonuçlarına uygulanabilecek olan düzeltmeler de belirlenmiş olur.



Şekil 3.2 Deney odasında ve açık havada model üzerindeki aerodinamik büyüklükler ve hücum açısı (α)

Fakat bu yöntem özellikle üç boyutlu modellerde, model etrafında komple potansiyel çözüm gerektirdiğinden oldukça zordur ve hesaplamalar için yüksek kapasiteli bilgisayarlara ihtiyaç duyar. O halde çözüm bu yöntemi biraz daha basitleştirmektir.

Bunun için model, **imajlar methodu** (*Method of Images*) yöntemine göre belli bir uzaklıkta simetrik bir modelle beraber düşünülür. Bu iki simetrik modelin simetri eksenini aynı zamanda akım çizgisidir (A-A'). Böylece problem iki simetrik profilin akış problemine dönüşürken duvarlardan birinin etkisi de ortadan kaldırılmıştır. Yine ilk modele simetrik olan bir model daha gene belli bir uzaklıkta ve bu sefer de ilkinin aksine istikamette düşünüldüğünde, diğer duvarın etkisi de ortadan kaldırılmış olur. Çünkü yeni simetri düzlemi de aynı zamanda bir akım çizgisidir. Bu yöntem sürekli olarak yön değiştiren bir şekilde tekrarlandığı zaman, sonuçta birbirlerine simetrik bir profil gurubu elde edilmiş olur. Bu basitleştirme ile yukarıda bahsedilen problem, profilin bir seri imajlarından oluşan yeni modelin etrafındaki akışın çözülmesine dönüşür. Sınır zorlamasından doğan duvar etkileri, böylece modelin sonsuz sayıda yansımalarının model etrafındaki akışa etkileri ile ifade edilmiş olur.



Şekil 3.3 İmajlar metodu ile duvar etkilerinin akım çizgilerine olan etkilerinin ortadan kaldırılması.

Fakat bu yöntemde dikkat edilmesi gereken noktalardan birisi de simetri eksenlerine dik olarak herhangi bir hız bileşeninin bulunmaması şartıdır. Bu yöntem kapalı jet tünelleri için de kesin ve doğru bir çözümdür ve bu sayede blokaj ve taşıma etkileşimleri (duvar sınır tabaka etkisi hariç) bulunabilir.

Duvar etkileşimlerini hesaplamak için yukarıda bahsedilen teorik yöntem, **imajlar yöntemi** (*medhod of images*) olarak adlandırılır ve modeller genellikle **kaynak, kuyu ve girdapların** uygun kombinasyonları ile ifade edilir. Bu tip modellerin çözümü de günümüzde rahatlıkla (üç boyutlu olanlar da dahil) yapılmaktadır. Fakat bilgisayarların hesaplama kabiliyetlerinin hızla ilerlediği ve yazılımların son derece güçlendiği günümüzde, artık üç boyutlu modeller etrafında komple potansiyel çözümler ve hatta Full Navier Stokes çözümleri de yapılmaya başlanmıştır. Bu ilerleme de, yukarıda anlatılan ve çözümün basitleştirilmesine dayanan bir çok ara basamağı ortadan kaldırabilecektir.

Bu bölümden sonra, giriş bölümünde de bahsedildiği gibi tünel duvarları etkileşimi olarak sadece blokaj etkileri, genel olarak üç boyutlu durumlar göz önüne alınarak incelenecektir. Fakat bazı durumlarda yardımcı olması açısından iki boyutlu durumlara da değinilecektir. Diğerleri konusunda ayrıntılı bilgi ve çalışmalar referanslarda görülebilir.

BÖLÜM 4

BLOKAJ ETKİLERİ ve DÜZELTMELER

4.1 Giriş

Önceden de belirtildiği gibi, blokaj etkileri modelin kendisinin ve iz bölgesinin çevrelenmiş tünel akışı içerisinde kapladıkları belirli bir hacim gerçeğiyle ilgilidir. Model etrafında akım çizgileri dağılımı incelenirse, tünel içerisindeki durumun serbest akım şartlarındaki durumdan farklı olduğu görülür. Bu farklılık sıfır model taşıması durumunda dahi geçerlidir. Akım çizgilerinin deplasman genliği model büyüklüğünün tünel çalışma kesitine oranı ve modelin kesiti ile ilgilidir. Bozuntunun yönü ise tünelin sabit-kapalı veya açık jet tipi olmasına bağlıdır.

Daha önce de, kısaca bahsedildiği gibi modelin kendisinden ve onun iz bölgesinin blokajından kaynaklanan bu etkileşimin, modelden kaynaklan kısmına **katı blokaj** (*solid blockage*), iz bölgesinden kaynaklanana da **iz blokajı** (*wake blockage*) etkisi denir. Çoğu durumda bu iki bileşenin birbirlerinden ve modelin taşımasından bağımsız olduğunu kabul etmek doğrudur. Bu kabul analizleri kolaylaştırır ve sıfır taşımada blokaj etkileri düzeltmelerinin kolayca elde edilmesini mümkün kılar. Fakat unutulmamalıdır ki; model tünel çalışma kesit alanı ile kıyaslandığında küçüktür; blokaj sadece akımın boylamasına bileşenine etki eder ve bunun olabilmesi için model, tünelin çalışma odasının merkezine bağlanmıştır.

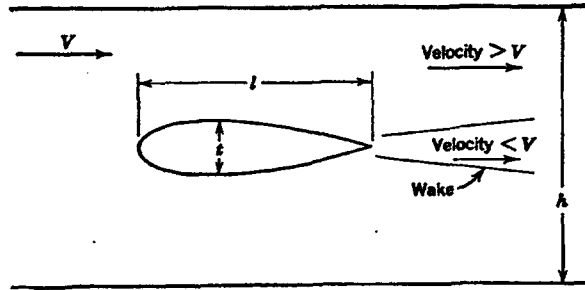
Basit durumlarda, tünel içerisindeki model etrafındaki akış serbest akım içerisindeki model etrafındaki akışa karşılık gelmekle beraber tünel hızının ΔU_B kadar değişmesi

kaçınılmazdır. Yani tünel içerisindeki akım hızı $U + \Delta U_B$ kabul edilir. U hızı tünel nominal hızı olup ΔU_B ise katı ve iz blokajı etkilerinden kaynaklanan serbest akım hızı değişimidir. Buradaki $\Delta U_B/U$ oranını blokaj faktör ϵ_B olarak tanımlayabiliriz:

$$\epsilon_B = \epsilon_S + \epsilon_W \quad (4.1)$$

Fakat bluff-body (karşı küt cisimler) cisimler için blokaj faktörünün yukarıdaki gibi ayrılması söz konusu değildir. Temel olarak gözlenen akış ile serbest hava akışı arasındaki bu uygunluk, değişik akım şartlarında ve farklı hızlarda da geçerlidir. Bununla birlikte bazen, uzun slender body (narin, akıma uygun) etrafındaki akışta veya blokaj etkisinin hücum açısına bağlı olarak değiştiği durumlarda, blokaj faktörünün model uzunluğu boyunca değişiminin belirlenmesi gerekebilir. Bu tip daha karmaşık analizler, daha basit bir yaklaşımla model tarafından tutulan hacim üzerine bazı averaj düzeltmelerin yapılmasından daha az rastlanır.

Tamamen kapalı tünel duvarları, kendi üzerlerinde olduğu gibi model etrafındaki yakın akım alanında da bir sınırlama oluştururlar. Modeli çevreleyen akım çizgileri serbest akım şartlarındaki şekillerini almazlar ve sıkışarak yerel akış hızında bir artış oluştururlar. Benzer sonuca, kütle akışını düşündüğümüzde, modelin duvarlar arasındaki akış kesitini daraltmasından dolayı hızda yerel bir artış yaratacağını düşünerek de ulaşabiliriz. Bu yüzden serbest akım hızının düzeltilmesi ve katı blokaj faktörünün kapalı tünellerde hesaplanması olumlu olacaktır.



Şekil 4.1 İz bölgesinin model üzerindeki hız dağılımına etkisi.

Kapalı tünellerde iz bölgesi etkisi de, etkin akım hızını arttırmaya yönelik olacağı için (Şekil 4.1), ε_w iz blokajı faktörü de göz ardı edilmemelidir. İz blokajı faktörü, modelin pozisyonuna bağlı olarak model boyunca boylamasına değişen bir basınç gradiyenti oluşturur. İz blokajı faktörünün ikinci etkisi ise sınır nedeni ile modelin üzerinde ek bir sürüklenme oluşturmaktır ve bunun içinde bir düzeltme yapılması gereklidir. Açık-jet tipi hava tünellerinde iz blokajı sebebiyle ilk bahsedilen yerel hız artımı etkisi olamamakla beraber, ikinci etki yani ek sürüklenme oluşmaktadır ve bu konuda bir düzeltme yine gereklidir.

Tünel içerisindeki modelin etrafındaki akışın, klasik akış modelinden iyice ayrıldığı durumlarda artık akışın matematik modelinin tekrar düşünülmesi gerekmektedir. Bu gibi durumlarda gerekli akım ayrılması özellikleri göz önünde bulundurulmakla beraber kapalı sınırlar söz konusu olduğunda uygulanabilir basitlikte olayın ele alınması zorunludur.

Bundan sonraki bölümde **katı blokaj** ve **iz blokajı** faktörlerinin elde edilme yöntemleri sunulmuştur. Bunların belirlenmesinde genel olarak iki önemli metod kullanılmaktadır. Birincisi, tünel ve model geometrisini, tünel Mach number ve model sürüklemesini içeren teorik yöntemlerdir. İkincisi de, tünel duvarlarında yapılan basınç ölçümleridir.

4.2 Kısıtlamalar

Bu bölümde blokaj etkileri ve bu konuda yapılabilecek iyileştirmeler araştırılırken bir takım kısıtlamalar ışığında çalışmalar yürütülmüştür. Bu yüzden elde edilecek sonuçların uygulanabilir olabilmesi için sağlanması gereken ön şartlar şunlar olacaktır:

- 1- Taşıma (*lift*) fazla büyük olmamalıdır. Yüksek taşıma değerlerinde bu

kabüller geçerli değildir.

2- Daha sonra açıklanacak olan katı ve iz blokaj etkilerinin birbirinden bağımsız olduğu kabul edilmiştir.

3- Sadece boylamasına akışın (*longitudinal flow*) blokaj etkilerine konu olmasından dolayı modelin tünel merkezine ba  lanmış olması gerekmektedir.

4- Kapalı tüneller için normal doğrultudaki hızların sıfır olması gerekir.

Yukardakilere ek olarak blokaj etkileri bu çalışmada sadece **kapalı ve dikdörtgen kesitli** subsonic hava tünelleri için incelenmiştir. Ayrıca iki boyutlu durum üzerinde fazla durulmamış daha çok üç boyutlu modeller için çalışılmıştır. Dolayısıyla bu çalışmadan çıkacak sonuçların sadece yukardaki şartların doğru olması durumunda geçerli olacağı unutulmamalıdır.

4.3 Kapalı Dikdörtgen Kesitli Tüneller için Katı Blokaj Faktörü

4.3.1 Dönel Cisimler

Dönel cisimler için blokaj faktörünün analizi profil için yapılan analizlere göre biraz daha karmaşık olmasına karşılık bir çok yönden benze  irler. Daha evvel Lock tarafından yapılan çalışmalarda küçük bir cisim, şiddeti serbest akım hızına λ_3 faktörü ile bağlı bir duble ile temsil edilmiştir. Böylece cisim,   apı $(4A_m/\pi)^{1/2}\lambda_3$ olan eşdeğer bir küre ile etkin olarak sunulmuş olur. Burada A_m , modelin akışa dik yöndeki maximum kesit alanını temsil etmektedir.

$$\lambda_3 = 4 \int \frac{q}{U} \frac{[z(s)]^2}{t^3} ds \quad (4.1)$$

Bu dublenin imaj sistemi (*method of images*) modelin her iki tarafında sonsuza kadar uzanır ki bu da, katı blokaj faktörünün belirlenmesi için sonsuz-duble çözümünü

gerektirir. Genişliği b ve yüksekliği h olan tünelin ortasına yerleştirilmiş olan bir model için ,

$$\epsilon_s = \tau \left(\frac{A_m}{bh} \right)^{3/2} \lambda_3 \quad (4.2)$$

Buradaki τ ise

$$\tau = \frac{1}{2\pi^{3/2}} \sum_{m=-\infty}^{\infty} \sum_{n=-\infty}^{\infty} \left(\frac{bh}{m^2 b^2 + n^2 h^2} \right)^{3/2} \quad (4.3)$$

$\sum_{m=-\infty}^{\infty} \sum_{n=-\infty}^{\infty}$ ise, (m,n) değişkenine göre $(0,0)$ hariç bütün noktalarda integral alınacağını

göstermektedir. τ , tünelin yüksekliğine oranının değiştiği her durumda belirlenmesi gereken nümerik bir katsayıdır. Lock, λ_3 katsayısını spheroid için hesaplamıştır ve bu çalışma daha sonra Borden tarafından geliştirilmiştir. λ_3 katsayısını değişik cisimler için tahmin edilebileceği bir tablo sunulmuştur (Tablo.4.1).

Young da çalışmalarında, sivrilerek biten cisimler için λ_3 katsayısını şu şekilde tahmin etmiştir

$$\lambda_3 = 0.4 + 0.49f \quad (4.4)$$

Buradaki f , düzgünlük oranı denen *fineness ratio*' dur. Her nekadar λ_3 için bir çok yöntem geliştirilmiş olmasına rağmen, çoğu araştırmacılar blokaj faktörün cismin hacmi ile ilgili olmasından dolayı alternatif bir yaklaşımı benimsemişlerdir. Bu yaklaşım ise şöyledir:

$$2.\lambda_3 A_m^{3/2} = \sqrt{\pi} . V \quad (4.5)$$

Modeli temsil eden dublenin şiddeti P , $V.U$ ile belirlenir. Buradaki V cismin hacmini U ise bilindiği gibi serbest akım hızını belirtmektedir. Böylece (4.5) eşitliği yeniden yazılırsa;

$$\epsilon_s = \left(\tau \frac{\sqrt{\pi}}{2} \right) \left(\frac{1}{bh} \right)^{3/2} V = T \left(\frac{1}{bh} \right)^{3/2} V \quad (4.6)$$

T, tünel şekil faktörü ise,

$$T = \frac{1}{4\pi} \sum_{-\infty}^{\infty} \sum_{-\infty}^{\infty} \left(\frac{bh}{m^2 b^2 + n^2 h^2} \right)^{3/2} \quad (4.7)$$

Small perturbation teorisi (küçük çalkantılar), sıkıştırılabilme etkisini kanat profilinde olduğu gibi tahmin edilmesine izin verir. Böylece

$$\epsilon_S = T \left(\frac{1}{bh} \right)^{3/2} \frac{V}{\beta^3} \quad (4.8)$$

denklemini yazılabilir. Evans , Thompson'nun bu konudaki bazı eski çalışmalarını kullanırken [3], cismin *fineness* oranının da etkilerini hesaba katabilmek için fazladan bir terim ekler ve sonuçta (4.8) eşitliği şu hali alır:

$$\epsilon_S = T \left(\frac{1}{bh} \right)^{3/2} \frac{V}{\beta^3} \cdot (1 + 0.4\beta/f) \quad (4.9)$$

Şayet, $V = k_3 l^2$ olarak kabul edilirse ki l cismin uzunluğu t de maksimum çapı temsil etmektedir, ve tanımlar Eşitlik (4.2)' de kullanılırsa,

$$\lambda_3 = \frac{4}{\pi} k_3 [f + 0.4] \quad (4.10)$$

denklemini elde edilir. $k_3 = 0.45$ tipik değeri için λ_3 oldukça sağlıklı bir şekilde elde edilir.

Katı blokaj faktörü bir profil için hesaplanırken, profil eşdeğer bir elips'le tanımlanır. Aynı uygulama dönel cisimlerin katı blokaj faktörünün belirlenmesi sırasında da, dönel cismin eşdeğer bir spheroid'le tanımlanmasıyla gerçekleştirilebilir. Yalnız spheroid'in hacmi ve maksimum çapı modelinki ile aynı olmalıdır. Fakat eşdeğer spheroid'in uzunluğu genelde l 'den (cismin uzunluğu) biraz daha azdır. Sonuçta eşdeğer cismin

uygunluk oranı (*finensess ratio*),

$$f_e = (6k_3 / \pi) \cdot f \quad (4.11)$$

şeklinde olacaktır.

Artık λ_3 katsayısı cisim için Şekil 4.3'den direkt olarak bulunabilir. Bir örnek olarak gerçek cisim için uyumluluk oranını 10 olarak düşünürsek, eşdeğer spheroid için λ_3 değeri 5.91 değerini alır. Öte yandan Eşitlik (4.10)'dan bu değer 5.96 olarak hesaplanabilir ki bu da ilk sonuca oldukça yakındır [3].

Şimdiye kadar model geometrisinin blokaj faktörüne ilave etmeye çalıştık. Tünel geometrisi (şekli) de T ve τ parametreleri ile belirli tünel tipleri için göz önünde bulunduruldu. Tünel şekil parametresi için en yaygın olarak kullanılan hesaplamalar Herriot tarafından kullanılan, b/h oranının 0.29 ile 3.5 arasındaki değerlerine karşılık τ 'nun 0.81 ile 1.73 arasındaki değerleridir. Bu sonuçların hepsi Şekil 4.4 ve Şekil 4.5'te grafiksel olarak sunulmuştur. Buradaki T değerleri, küçük modellerde τ 'nun modelin tünel duvarlarına göre oriyantasyonundan bağımsız olmasına göre elde edilmiştir.

Öte yandan çok hassas olamayan hesaplamalarda T için Thompson tarafından şu formül önerilmiştir

$$T = 0.36 \left[\frac{b}{h} + \frac{h}{b} \right], \quad (4.12)$$

Şekil 4.5'te de görüldüğü gibi sonuçlar Herriot eğrisine oldukça yakındır. b/h 'ın 1.2 ile 2.0 değerleri arasında ise Young ve Squire tarafından T için önerilen formül şudur:

$$T = 0.65 \left(\frac{b}{h} \right)^{1/2}, \quad (4.13)$$

ve böylece katı blokaj faktörü için sunulan (4.6) eşitliği şu yalın halini alır

$$\varepsilon_s = 0.65 \frac{V_m}{\beta^3 h^2 b} \quad (4.14)$$

Yukarıdaki son formül katı blokaj faktörü için herhangi bir üç boyutlu model için bile $\pm 5\%$ düzeltme sağlamaktadır. Özellikle dönel cisimler için formüldeki nümerik ifadenin 0.68 olarak alınması Young ve Squire tarafından önerilir.

Burada sunulan metodlar herhangi bir b/h değeri için rahatlıkla uygulanabilse dahi bazı iki boyutlu profillerde olduğu gibi, şayet cisim tünel boyutları ile kıyaslandığı zaman oldukça uzun ise, katı blokaj faktörü için daha kompleks ifadeler kullanmak gerekebilir. Dolayısıyla, yukarıdaki basitleştirilmiş ifadelerin kullanımı sırasında özel durumlar için doğruluğu kontrol edilmelidir.

4.3.2 Kanat ve Kanat-Gövde Kombinasyonları

Sonlu açıklıktaki küçük kanat ve kanat gövde kombinasyonları için katı blokaj etkisi için, aynı hacimdeki dönel bir cisimle eşdeğer olarak kabul edilip yukarıdaki çıkarımlar uygulanabilir. Bununla beraber bir kanadın eşdeğer bir spheroid'le temsil edilmesi eşdeğer bir silindirle temsil edilmesi kadar uygun değildir. Çok “küçük” kanatlar için doğru olarak sonuç alabilmek mümkün olsada, kanat açıklığının $(2s)$ tünel genişliğine (b) oranının 0.5'in altında kaldığı durumlarda yukarıda sunulan çıkarımlar uygun olarak kabul edilebilir. Bu sınırlar içerisinde Eşitlik (4.8) kullanılabileceği gibi Eşitlik (4.9)'da modifiye edilerek

$$\varepsilon_s = T \left(\frac{1}{C} \right)^{3/2} \frac{V}{\beta^3} \left[1 + 1.2\beta \left(\frac{t}{c} \right) \right], \quad (4.15)$$

haline getirilir. Burada $C = bh$ 'tır. Bu eşitlikte, kanattan kaynaklanan blokaj etkisinin gövdeye oranla daha önemli olduğu kabul edilmiştir.

Şayet model tünel boyutlarıyla kıyaslandığında yeterince küçük değilse, daha evvel kabul edilen duble benzeşimi geçersiz olur. Narin delta tipi yapılar için, gövde eksen

boyunca kaynak ve kuyu dağılımlarıyla model eşleştirilir ve buna göre dönel cisimler için kullanılan hesaplar yapılabilir. Pratikte de bu tür yapılar için tek bir kaynak kuyu çifti model olarak yeterlidir. Şayet kanat süpürülmemiş, yada kısmen süpürülerek elde edilmiş bir yapıdaysa, hat şeklinde ya kanat açıklığına paralel yada hücum kenarına paralel bir dizi sonlu sayıda kaynak ve kuyu ile ifade edilmesi daha uygun olabilir.

Kanatların bir dizi kaynak ve kuyu hattı ile ifadesi, Herriot tarafından sonuçların oldukça geniş bir tünel şekil parametresi aralığında olduğu ($0.29 < b/h < 3.5$) ve model açıklığının $0 < 2s/b < 1$ arasında kaldığı sıkıştırılamaz akışlar için kullanılmıştır. Herriot'un sonuçları, tünel-shape parametresi τ ve gövde-shape parametresi λ_2 ve λ_3 ile ifade edilebilir

$$\epsilon_s = \frac{\pi^{3/2} \tau A_m t \lambda_2}{4\beta^3 (bh)^{3/2}} \quad (4.16)$$

Burada τ artık $2s/b$ 'ye bağımlıdır. T 'de Şekil 4.6 ve Şekil 4.7'te görüldüğü üzere b/h ve $2s/b$ 'nin fonksiyonu durumundadır. Fakat $2s/b < 0.5$ olduğu durumlarda T , $2s/b$ ile çok değişmez. Genel olarak tek başına kanatlar söz için geçerli olduğu gibi kanat-gövde kombinasyonları içinde (4.9) ve (4.15) eşitlikleri, blokaj etkileri açısından kanatların daha çok önem taşımasından dolayı kullanılabilir. Bunun dışındaki hallerde kanat ve gövde ayrı ayrı düşünülüp etkileri hesaplanması zorunludur. Bazı durumlarda model bağlantı kollarının ve diğer bazı aparatların blokaj etkilerini de hesaplamak da gerekli olabilir.

4.4 Kapalı Dikörtgen Kesitli Tüneller İçin İz blokajı Faktörü

4.4.1 Üç Boyutlu Modeller

Glauert'te göre iz blokajı faktörü η üç boyutlu modeller ve kısmen de dönel cisimler için modifiye edilmiş formda kullanılmalıdır. Yeni faktör,

$$\eta' = \eta^2 \quad , \quad (4.17)$$

şeklinde tanımlanabilir. Bu tanımlamadaki η terimi aynı uyumluluk oranına sahip olan eşdeğer iki boyutlu cisimden elde edilebilir. Yukarıdaki eşitlik bize, üç boyutlu küçük modeller için iz blokajı etkisinin profillerde olduğu kadar önem taşımadığını anlatır. Bu tip ifadeler büyük kanatlar için ise daha az etkileyici olmakla beraber araştırmacılar, iz blokajı faktörünün model sürüklemesi ile olan ilişkisi üzerinde daha çok durmuşlardır. Tıpkı iki boyutlu akışta olduğu gibi iz bölgesi, model pozisyonunda yerleştirilmiş kaynak ile ifade edilmektedir. Bu bilgiler ışığında iki boyutlu profiller için elde edilmiş olan iz blokajı denklemi küçük bir modifikasyonla,

$$\varepsilon_w = \frac{1}{4} \left(\frac{S}{bh} \right) \frac{1}{\beta^2} C_D \quad , \quad (4.18)$$

şeklini alır. Buradaki S katsayısı C_D aerodinamik katsayısının elde edilmesinde göz önüne alınan karakteristik model alanıdır. Öte yandan Allen ve Vincenti ile Herriot bu denklemi şu hale getirmişlerdir

$$\varepsilon_w = \frac{1}{4} \left(\frac{S}{bh} \right) \frac{1 + 0.4M^2}{\beta^2} C_D \quad . \quad (4.19)$$

Denklem (4.19), genel olarak herhangi bir üç boyutlu model için kullanılabilir. Bununla beraber, yapılan araştırmalar sonucu görülmüştür ki, vortex sürüklemesinin iz blokajı üzerine etkisi ihmal edilebilir. Öyleyse (4.18) ve (4.19) eşitliklerinde kullanılan

C_D sürüklenme katsayısı yerine C_{D0} sıfır taşıma sürüklenme katsayısı kullanılabilir. Bu tür bir yaklaşım zaten daha evvel yapılmış olan, taşımanın fazla büyük olmadığı durumlarda, blokaj etkisinin taşımadan bağımsız olduğu kabulünde mevcuttur. Öte yandan model etrafında özellikle yüksek hücum açılarında akım ayrılması meydana geliyorsa, yukarıdaki eşitlikler geçerliliğini yitirir ve alternatif bir metod gerekli olur.

Öte yandan, şimdiye kadar anlatılan yöntemler iz bölgesinin doğal yapısını büyük miktarda göz ardı etmişlerdir. Bu konu üzerine ilk olarak Evans çalışmış ve işe momentum ve süreklilik denklemlerinden başlamış ve sonuçta ortaya çıkarmıştır ki, iz bölgesi içerisindeki hız dağılımın, modelin etrafındaki hız dağılımındaki değişikliğe olan katkısı, model etrafında yapılan ölçümlerden de anlaşıldığı gibi, oldukça azdır. İz bölgesinin içindeki hız yukardaki sebepten ötürü, düzeltilmemiş serbest akım hızı U' nun Ω katı bir sabit olarak düşünülebilir. Modelin arkasına doğru yeterince uzak bir bölgede (iz blokajı etkisinin daha fazla olduğu yer) şu eşiyliği yazmak mümkün olabilir

$$(\delta u)_{wake} = \left[\frac{1}{4} \left(\frac{S}{bh} \right) \frac{1}{\beta^2} C_D \right] 2UW \quad (4.20)$$

Bu denklemdeki W , şu şekilde tanımlıdır

$$W = \frac{1}{\Omega} \left[1 + \frac{1+\Omega}{2} (\gamma-1) M^2 \right] \quad (4.21)$$

Tünel eksenine üzerine modelle aynı pozisyonda yerleştirilen Q şiddetindeki bir kaynak şu hız üzerinde şu artımı oluşturur:

$$(\delta u)_{wake} = \frac{Q}{\beta^2 bh} \quad (4.22)$$

Böylece, (4.20) eşitliğide kullanılarak kaynak şiddeti,

$$Q_e = 1/2 WSC_D U \quad (4.23)$$

olarak bulunur. Eşitlik (4.18) Evans tarafından şu halde kabul görmüştür

$$\epsilon_w = \frac{1}{4} \left(\frac{S}{bh} \right) \left[\frac{1 + 0.2(1 + \Omega)M^2}{\Omega\beta^2} \right] C_D . \quad (4.24)$$

Şayet $\Omega = 1$ olarak alınırsa (bütün Mach sayıları için), bu Eşitlik (4.19) ile aynı hale gelir.

Uzun modeller için, Evans tarafından kaynağın modelin hacimsel merkezine yerleştirilmesi ve iz blokajı etkisinden dolayı oluşan hız değişimlerini sadece model boyunca değil aynı zamanda Tünel duvarları boyunca da hesaplanması tavsiye edilmektedir.

4.4.2 İz Blokajı Gradyenti

Şimdiye kadarki bölümlerde, tünelin duvarlarını simüle eden kaynak ve kuyu imajları tarafından oluşturulan model üzerindeki etkin hız artımı üzerinde duruldu. Bu artım tünelin ekseni boyunca ve dolayısıyla model üzerinde de değişkendir. Fakat yukardaki formülasyonlar yardımı ile hesaplanan iz blokajı etkisi, model üzerinde oluşacak hız artışının ortalama değeri olacaktır.

Katı blokaj etkisinin model etrafında simetrik olduğu gibi, iz blokajı etkisi simetrik değildir ama modelin burun kısmından kuyruk kısmına doğru düzenli bir artış gösterir. Bu yüzden model için sadece boylamasına hız gradyenti söz konusudur. Bu yüzdürme etkisi model üzerinde, açık havada mevcut olmayan bir sürüklenme kuvveti hasıl eder ve bunun da düzeltilmesi gerekir. Fakat bu konuya burada girilmeyecektir.

4.5 Blokaj Etkilerinin Ölçülen Büyüklüklere Uygulanması

Şimdiye kadar, modelin ve modelin iz bölgesinin hava tüneli içerisinde varlığından kaynaklanan katı blokaj faktörü ε_s ve iz blokajı faktörü ε_w parametrelerinin elde edilmesi üzerinde duruldu. Bundan sonra yapılması gereken, bu düzeltme faktörlerinin deney sonuçlarına nasıl uygulanacağını incelemesidir. Fakat dikkat edilmesi gereken noktalardan birisi, blokaj etkilerinin eklenebilmesi için modelin yeterince ufak olması gerekliliğidir. İkinci önemli husus ise, model üzerinde ve akım alanında Mach sayısının, etkileşimlerin tespitinde temel olan basit lineer-pertürbasyon teorisini geçersiz kılacak kadar büyük değerlere ulaşmaması gerektiğidir.

Sonuçta düzeltilecek karakteristik büyüklükler temel olarak iki gruba ayrılırlar; birinci grup hız, yoğunluk gibi akışkan ile ilgili özellikler, ikinci grup ise kuvvetler, momentler ve yüzey basınç dağılımı gibi deneysel olarak ölçülen/hesaplanan büyüklüklerdir. Bundan sonraki kısımlarda elde edilen düzeltme faktörlerinin bu gruplara uygulanmasını inceleyeceğiz.

4.5.1 Akım Karakteristikleri Üzerine Düzeltmeler

Blokaj teorisinin altında yatan en temel kabüllerden birisi de, modelin tünel içerisindeki davranışının açık havada, tünel nominal hızından biraz farklı bir hızda gösterecek olmasıdır. Teorinin ilk amacı, tünel hızı U ya yapılacak olan ΔU_B artımının elde edilebilmesidir. İkinciside, tünel içerisinde modelin tünel içerisindeki uygunluğunu tespit etmek ve tünel kalibrasyonunda buna ilişkin gerekli düzeltmeleri yapabilmektir.

Sonuç olarak tünelin etkin hızından farklı olarak model için geçerli olacak olan gerçek hız değeri

$$U_C = U + \Delta U_B \quad (4.25)$$

olacaktır. Katı ve iz blokajı faktörleri de göz önünde bulundurulursa denklem,

$$U_C = (1 + \varepsilon_s + \varepsilon_w) U \quad (4.26)$$

halini alır. Bununla beraber genelde tünel hızı deney odasının duvarları üzerindeki bir takım basınç prizlerinden gelen bilgilere göre tespit edilir. Fakat çoğu durumda bu ölçülen basınç değeri modelin kendisi tarafından etkilenmiş olabilir. Dolayısıyla rahatsız edilmemiş serbest akım hızı bilinmemektedir. Dolayısıyla modelin taşımaya etkisi ve blokaj etkileri tekrar düşünülmelidir. Taşımaya gelen etki (lift interference) basınç prizlerinin deney odasının alt ve üst duvarlarına yerleştirilip ortalama basınç değerinin alınmasıyla giderilebilir veya bu etkinin değeri model yerine uygun şiddette bir kaynağın yerleştirilmesiyle hesaplanabilir. Tünel hızı üzerindeki katı blokaj etkisi de Goldstein ve Thom tarafından uzunca araştırılmıştır. Yapılan araştırmalara göre serbest akımda, sıfır taşımadaki küçük, iki boyutlu kanatlarda, kanadın üst kısmında negatif bir hız indüklenmektedir ve bu perturbasyonun değeri kanattan uzaklaştıkça düşmektedir. Model kapalı dikdörtgen kesitli bir hava tüneline olduğu zaman bu etki, küçük pozitif bir hız indükleyen imajı tarafından dengelenir. Model merkezinden, tünel yüksekliğinin 1.5 katı kadar uzaklaştığı zaman bu iki etki de kaybolur ve pozisyonda rahatsız edilmemiş serbest akım hızına hemen hemen eşit bir hız dağılımı elde edilir. Goldstein, modelden bir tünel yüksekliği uzaklığında iz blokajı etkilerinin ihmal edilebilir olduğunu göstermiştir.

Sıkıştırılabilir akış söz konusu olduğu zaman serbest akım hızı, akım Mach sayısı yanında önemini oldukça yitirir. Mach sayısına yapılacak düzeltme adiyabatik-izentropik akış denkleminin türevinin alınmasıyla kolayca elde edilebilir. $\gamma = 1.4$ değeri için nominal Mach sayısı üzerine yapılabilecek düzeltme şu şekilde verilir:

$$\Delta M = (1 + 0.2M^2) M \varepsilon_B \quad (4.27)$$

Böylece,

$$M_C = M + \Delta M \quad (4.28)$$

şeklinde elde edilir. ΔM , kapalı tünellerde pozitif, açık tünellerde negatif olmak üzere ε_B 'nin işaretini alır.

Diğer akım karakteristikleri, serbest akım statik basıncı (p), yoğunluğu (ρ), statik sıcaklığı (θ) üzerinde de akışın adiyabatik ve izentropik olduğu ve $\gamma = 1.4$ kabulüne göre şu düzeltmeler yapılabilir:

$$\Delta p_{\infty} = -1.4M^2 p_{\infty} \epsilon_B , \quad (4.29)$$

$$\Delta \rho = -M^2 \rho \epsilon_B , \quad (4.30)$$

$$\Delta \theta = -0.4M^2 \theta \epsilon_B , \quad (4.31)$$

Sıkıştırılmaz akımda (4.29) eşitliği yerine ,

$$\Delta p_{\infty} = -\rho U^2 \epsilon_B , \quad (4.32)$$

denklemini kullanılır.

Dinamik akım basıncı için ise,

$$\Delta(1/2 \rho U^2) = (2 - M^2) (1/2 \rho U^2) \epsilon_B , \quad (4.33)$$

denklemini kullanılır.

Test Reynold sayısı (R_N) de blokaj etkileri bakımından modifiye edilmelidir. Genellikle bu tip bir modifikasyon ihmal edilir ama bu düzeltme akım hızı yoğunluğu ve basıncındaki değişimlerden gelen bilgiler ışığında yapılabilir. Akışın viskozitesi ile sıcaklığı arasında basit ama uygun bir ilişki sağlanabilirse, basit bir düzeltme denklemi elde edilebilir. Örneğin, viskozitenin $\theta^{3/4}$ ile orantılı olduğu varsayılırsa,

$$\Delta R_N = (1 - 0.7M^2) R_N \epsilon_B , \quad (4.34)$$

denklemini elde edilebilir.

4.5.2 Model Karakteristikleri Üzerine Düzeltmeler

Daha evvel bahsedilen “taşıma etkileşimi”, blokaj etkilerinden farklı olarak deneyler sırasında model üzerinde ölçülen hücum açısı, kuvvet ve momentler gibi karakteristikler üzerinde birtakım düzeltmeler yapılmasına olanak tanırken, model konumundaki akım hızı üzerinde bir düzeltme içermez. Oysa blokaj etkilerinin akım hızı üzerine etkilerini bir önceki konuda inceledik. Öte yandan boyutsuz parametreler için, düzeltilmiş dinamik basınç kullanılırsa, sonuçta bunlar da blokaj etkileri bakımından düzeltilmiş olur. Alternatif olarak bazen bu katsayılar direkt olarak düzeltilmemiş halleriyle kullanılırlar (ölçülen akım hızı ve yoğunluğu direkt kullanılır) ve düzeltme bu katsayıların kendisine uygulanabilir. Böylece C_A ,tipik boyusuz bir katsayı olarak tanımlanır;

$$C_A + \Delta C_A = C_A (1 - (2 - M^2) \varepsilon_B) , \quad (4.35)$$

olarak yazılabilir. Bu eşitlik (4.33) denklemi kullanılarak elde edilmiştir ve model için boyutsuz kuvvet ve moment katsayılarında kullanılabilir.

Öte yandan sürüklenme katsayısı için fazladan bir düzeltme yapılmasına ihtiyaç vardır. Çünkü yöntemde kullanılan kaynakların imajları boylamasına olarak basıncın değiştiği bir iz bölgesi hasil ederler ve bunun sonucunda ortaya çıkan ve yüzdürme etkisi olarak bilinen etkiden dolayı sürüklemeye bir değişim oluşur. Sonuç olarak ölçülen sürüklenme kuvveti gerçek değerinden biraz fazla olacaktır. Açık tünellerde ise bu durum tersine döner. Yüzdürme kuvveti D_g , modelin efektif hacmi V_e 'nin ve bahsedilen basınç gradyentinin bir ürünü olarak kabul edilebilir.

$$D_g = - \left(\frac{dp}{dx} \right)_B V_e = - \left(\frac{dp}{dx} \right)_B (V + V_V) . \quad (4.36)$$

V_V parametresi modelin sanal kütlesini ifade eder. Şimdi V_V şekil parametreleri λ_2 , λ_3 ve kaynağın şiddeti P ile cismin gerisinde potansiyel akışa göre ifade edilebilir.

Sıkıştırılmaz akımda yassı bir model için P parametresi şöyle yazılabilir,

$$P = V_e U = 1/4 \lambda_3 t^3 U . \quad (4.37)$$

Öte yandan lineer teoriye göre basınç gradyenti şöyle ifade edilebilir.

$$\left(\frac{dp}{dx} \right)_B = -\rho U \frac{\partial U_B}{\partial x} = -\rho U^2 \frac{\partial \epsilon_W}{\partial x} . \quad (4.38)$$

Şayet ΔU_s , P , şiddetindeki dublenin katı blokaj etkisini ifade ederse, kaynağın şiddeti Q ' dan dolayı, gradyent $(\partial/\partial x)(\epsilon_W U)$ ile $Q(\Delta U_s)/P$ eşdeğerdir. Daha fazlası, iz blokajı analizinde kullanılan kaynağın şiddeti, $D/\rho U$ ' ya eşittir.

Böylece (4.37) denklemi yardımı ile;

$$\left(\frac{dp}{dx} \right)_B = -\frac{DU\epsilon_s}{P} , \quad (4.39)$$

yazılabilir.

(4.36) denklemi, boyutsuz katsayı cinsinden yeniden yazabileceğimiz basit bir sürüklenme $(-D_g)$ ifadesidir

$$(\Delta C_D)_g = -C_D \epsilon_s . \quad (4.40)$$

Yukarıdaki denkleme sıkıştırılabilirlik etkisi de eklenmek istenirse tekrar şu şekilde yazılabilir,

$$(\Delta C_D)_g = -C_D (1 + 0.4M^2) \epsilon_B . \quad (4.41)$$

Sonuçta sürüklenme katsayısı için tam düzeltme denkelemi, (4.35) denklemi ile (4.40) veya (4.41) denkleminin ortak ifadesi ile elde edilir.

$$\Delta C_D = -[\epsilon_s + (2-M^2) \epsilon_B] C_D \quad (4.42)$$

$$\Delta C_D = -[(1 + 0.4M^2) \epsilon_s + (2 - M^2) \epsilon_B] C_D . \quad (4.43)$$

Üç boyutlu durumda C_D , C_{D0} ile yer değiştirilmelidir.

Model üzerindeki basınç katsayısı C_p dc, akım alanındaki statik ve dinamik basıncın blokajdan etkilenmesinden dolayı düzeltmeye ihtiyaç duyar. Bu düzeltme de şu kısaca şu şekilde yazılabilir:

$$C_{pC} = C_p + \Delta C_p \quad (4.44)$$

$$C_{pC} = \frac{p - (p_\infty + \Delta p_\infty)}{\frac{1}{2} \rho U^2 + \Delta \left(\frac{1}{2} \rho U^2 \right)} , \quad (4.45)$$

$$\Delta C_p = [2 - (2 - M^2) C_p] \varepsilon_B . \quad (4.46)$$

Basıncın boyutsuzlaştırılmamasından ötürü bu ifadenin kullanımı ile, (4.29) ve (4.32) denklemlerinin kullanımı aynı şeyi ifade eder. Gerçek manada, model etrafındaki basınç dağılımının blokaj faktöründen etkilenmesi, yüzdürme etkisinden ve diğer yüksek mertebedeki duvar düzeltmelerinden dolayı bu yöntemlerle elde edilemez. Bu tür detaylı çalışmalar Goldstein tarafından yapılmıştır. Öte yandan modelin küçük olduğu ve akım mach sayısının 1' e yaklaşmadığı durumlarda bu bozuntu da küçük olacaktır ve yukarıda sunulan yöntemler bu durumda rahatlıkla kullanılabilirler.

4.6 Blokaj Etkilerinin Sonuçları

Rüzgar tünellerinde deney yapılmaya başlamadan önce elbette önce bir modelin hazırlanması gerekmektedir. Bu model bire bir olabileceği gibi (nadiren) belli bir ölçekte, gerçeğinin bütün yönleriyle benzeri olmalıdır (Benzerlik Kriterleri).

Fakat geometrik benzerlik ve de özellikle dinamik benzerlik açısından modelin çok küçük yapılmasında sakıncalar vardır. Bu sakıncalar, model çok küçük olduğu zaman üzerinde olması gereken ayrıntıların yeterince işlenemesi ve fiziksel model hatalarının,

model boyutlarına oranının büyümesidir. Özellikle dinamik benzerlik açısından modelin aerodinamik etkileri açısından önem taşıyan bileşenleri üzerinde yeterince yüksek (gerçek uçuş şartlarına yakın) Reynolds sayılarını sağlamak zorlaşmaktadır. Bunun çözümü modelin olabildiğince büyük yapılmasıdır.

Ama ne yazık ki, tünel şartları açısından bunun bir üst sınırı vardır ve model büyüdükçe blokaj etkileri ve duvar etkileşimleri artar. Dolayısıyla artık belli bir mertebeden sonra ölçülen bilgiler sağlıklı kabul edilemezler. Bunun çözümü de modeli, yukarıdaki sebeplerden ötürü yeterince büyük yapmak, ve etkileşimlerden ötürü de yeterince küçük yapıp bu etkileşimleri hesaplamak olabilir.

Bu yüzden özellikle blokaj etkilerini hesaplamada en yaygın olarak kullanılabilecek ve en tatminkar olan ifadeleri bir arada ifade etmekte fayda vardır. Bu ifadeler, unutulmamalıdır ki, explicit ifadelerdir ve deney sonuçlarına direkt olarak uygulanabilirler. Gene unutulmamalıdır ki bu ifadeler mümkün olduğunca genelleştirilmiş olmasına rağmen geçerli olabilme şartları gözden kaçırılmamalıdır. Daha özel ve hassas deneyler için, daha karmaşık ifadeler detaylı hesaplamalar sonucu elde edilebilirler.

Bu bölümde sunulacak ifadeler, hesaplamalar sırasında bizimde karşımıza çıkan fakat direkt olarak incelemediğimiz iki boyutlu durumları da içerdiği gibi yeri geldikçe sıkıştırılabilirlik etkisini de göz önünde bulunduran ifadelerdir.

4.6.1 Kapalı Dikdörtgen Kesitli Tüneller için Blokaj Formülasyonları

İki boyutlu profiller için,

$$\epsilon_S = \frac{\pi^2}{12} \left(\frac{c}{h} \right)^2 \left(\frac{t}{c} \right)^2 \frac{1}{\beta^3} \lambda_2 , \quad (\text{Bkz., Şekil 4.2})$$

veya,

$$\epsilon_S = \frac{\pi}{6} \left[1 + 1.2 \beta \left(\frac{t}{c} \right) \right] \frac{A}{\beta^3 h^2} ,$$

ve,

$$\varepsilon_W = \frac{1}{4} \left(\frac{c}{h} \right) \left(\frac{1 + 0.4M^2}{\beta^2} \right) C_D .$$

Şayet hücum açısı etkisi hesaba katılmak istenirse,

$$\varepsilon_S(\alpha) = \varepsilon_S \left[1 + 1.1\beta \left(\frac{c}{t} \right) \alpha^2 \right] .$$

Model tünel duvarından d , kadar uzakta bağlanmışsa;

$$\varepsilon_S(d) = \varepsilon_S \left[1 + \frac{3}{4} \cot^2 \left(\frac{\pi d}{h} \right) \right] .$$

Üç boyutlu modeller için,

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon_s &= \tau \left(\frac{A_m}{bh} \right)^{\frac{3}{2}} \frac{1}{\beta^3} \lambda \\ \varepsilon_s &= T \left(\frac{1}{bh} \right)^{\frac{3}{2}} \frac{1}{\beta^3} VG \end{aligned} \right\} ,$$

buradaki λ ve G parametreleri kanatlar için,

$$\left. \begin{aligned} \lambda &= \lambda_2 , \quad (Bkz., \text{Şekil 4.2}) \\ G &= 1 + 1.2\beta \left(\frac{t}{c} \right) \end{aligned} \right\} .$$

gövdeler için ise,

$$\left. \begin{aligned} \lambda &= \lambda_3 , \quad (Bkz., \text{Şekil 4.3}) \\ G &= 1 + 0.4\beta / f \end{aligned} \right\} .$$

$\tau (=2T/\pi^{1/2})$ ve T , b/h ve $2s/b$ oranlarına bağımlıdır (Şekil 4.6 ve 4.7). Büyük ölçekli kanat ve gövde kombinasyonları için kanadı ve gövdeyi ayrı ayrı hesaplamak daha doğru olur.

$$\varepsilon_W = \frac{1}{4} \left(\frac{S}{bh} \right) \left(\frac{1+0.4M^2}{\beta^2} \right) C_{D0} .$$

Şayet modelin iz yapısı iyi biliniyorsa yukarıdaki denklem yerine (4.24) denkleminin kullanılması tavsiye edilir. Taşıma kanatları için sürüklenme katsayısı olarak, sıfır taşıma sürüklenme katsayısı C_{D0} tercih edilebilir.

4.6.2 Deneysel Sonuçlar İçin Düzeltmeler

Akım karakteristiklerine uygulanacak düzeltmeler,

$\gamma = 1.4$ için, (sıkıştırılabilir akım da dahil)

$$\left. \begin{aligned} \Delta U &= (\varepsilon_S + \varepsilon_W) U = \varepsilon_B U \\ \Delta M &= (1 + 0.2M^2) M \varepsilon_B \\ \Delta p_\infty &= -1.4M^2 p_\infty \varepsilon_B \\ \Delta \rho &= -M^2 \rho \varepsilon_B \\ \Delta \theta &= -0.4M^2 \theta \varepsilon_B \\ \Delta \left(\frac{1}{2} \rho U^2 \right) &= (2 - M^2) \left(\frac{1}{2} \rho U^2 \right) \varepsilon_B \\ \Delta R_N &= (1 - 0.7M^2) R_N \varepsilon_B \end{aligned} \right\} .$$

Sıkıştırılmaz akım için,

$$\Delta p_\infty = -\rho U^2 \varepsilon_B .$$

Model karakteristikleri üzerine düzeltmeler,

$$\Delta C_A = -(2 - M^2) C_A \varepsilon_B ,$$

Burada C_A , sürüklenme katsayısı hariç diğer boyutsuz kuvvet ve moment katsayıları olabilir.

İki boyutlu profiller için,

$$\Delta C_D = -[(1 + 0.4M^2) \epsilon_S + (2 - M^2) \epsilon_B] C_D .$$

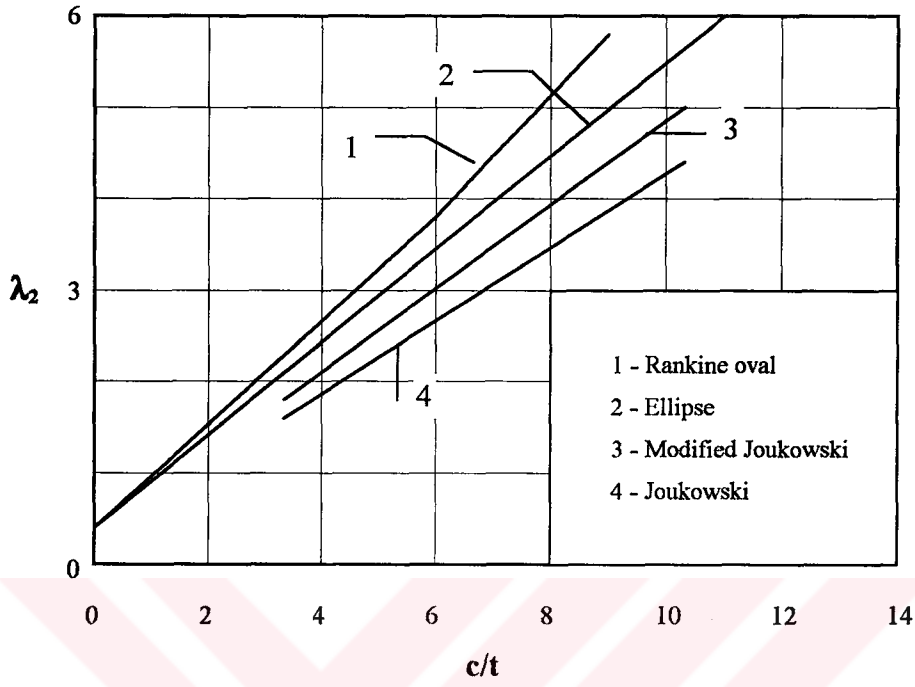
Üç boyutlu modeller için,

$$\Delta C_D = -(1 + 0.4M^2) \epsilon_S C_{D0} - (2 - M^2) \epsilon_B C_D .$$

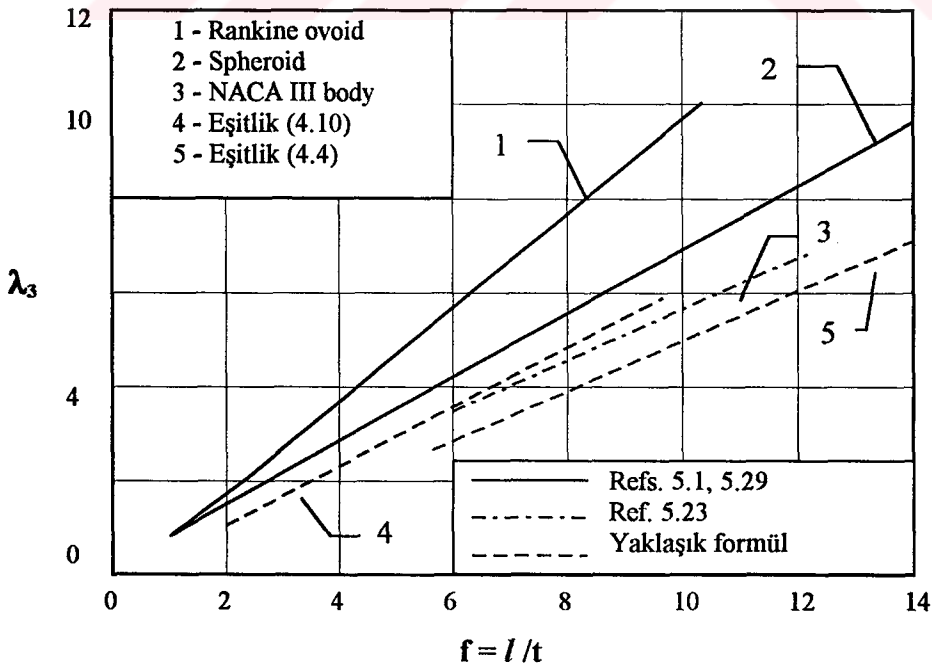
Basınç katsayısı için her iki durumda,

$$\Delta C_p = [2 - (2 - M^2)C_p] \epsilon_B .$$

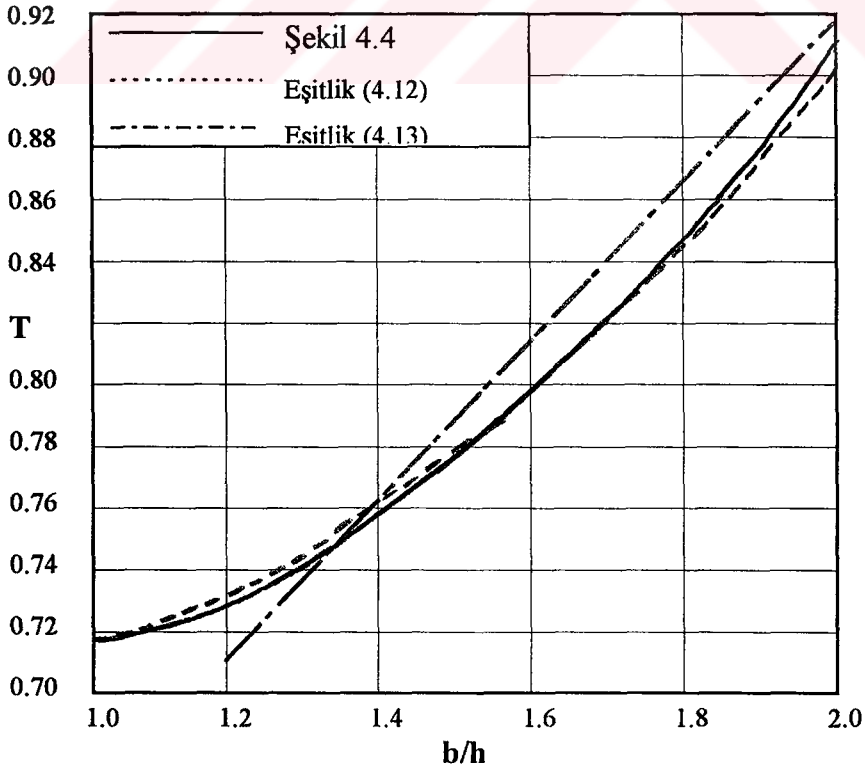
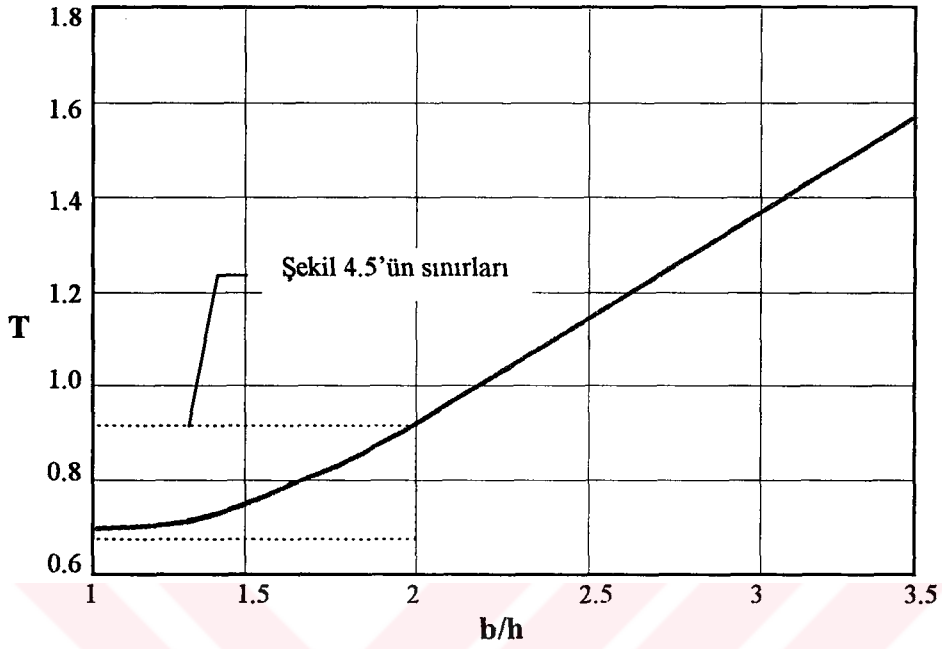
Unutulmaması gereken bir nokta, boyutsuz katsayılar üzerindeki yukarıdaki düzeltmeler, sadece düzeltilmemiş akım karakteristiklerinden elde edilmiş oldukları takdirde uygulanır.

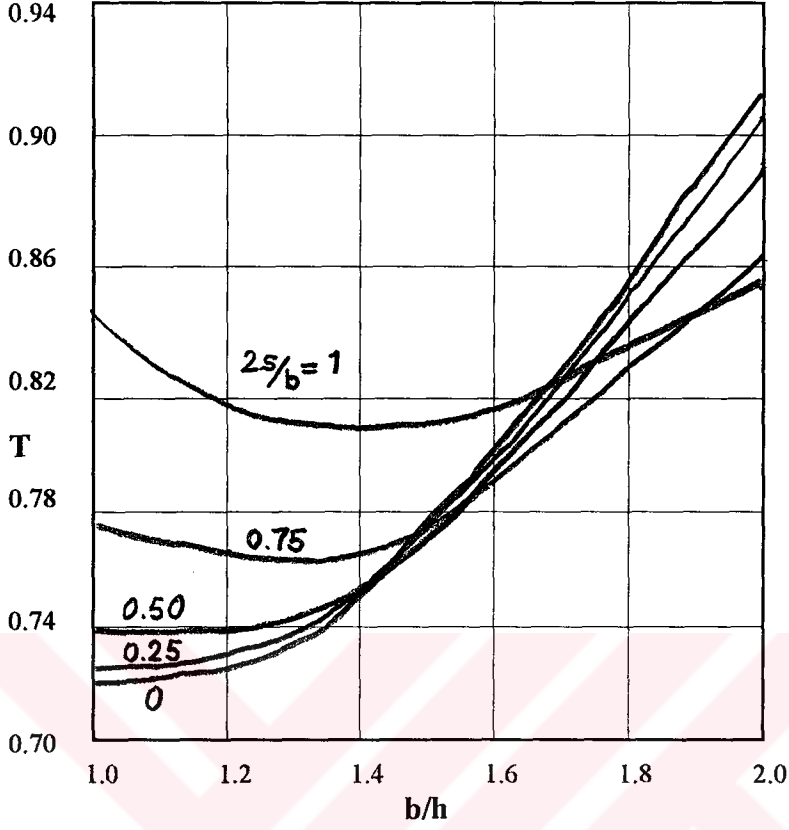


Şekil 4.2 Kanat profili için şekil parametresi

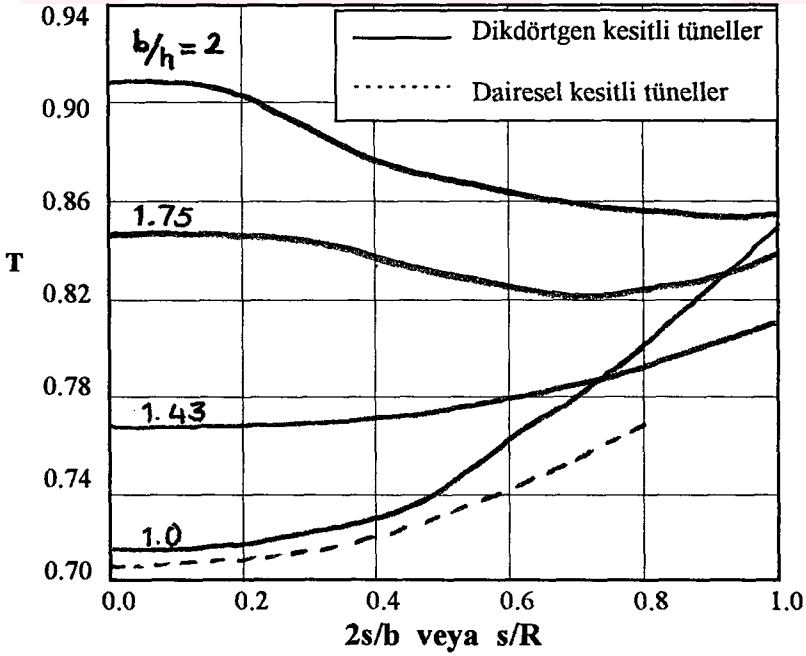


Şekil 4.3 Gövde için şekil parametresi





Şekil 4.6 Geniş açıklıklı modeller için tünel şekil parametresi



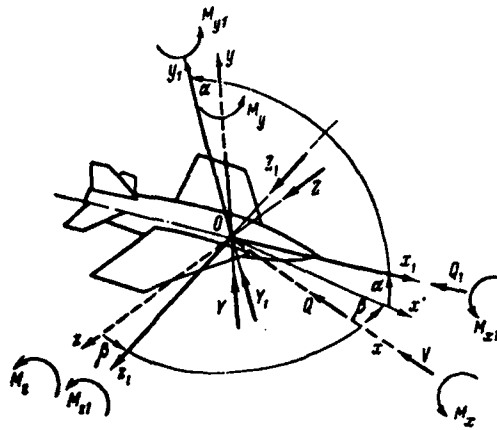
Şekil 4.7 Çeşitli (kapalı) tüneller için model açıklığının T üzerine etkisi

BÖLÜM 5

BALANS DENEYLERİ ve DATA-ACQUISITION

5.1 Giriş

Rüzgar tüneli deneyleri sırasında model üzerine etkiyen aerodinamik kuvvet ve momentleri, dolaylı olarak model yüzeyi üzerindeki birçok noktadaki basınçları ölçerek belirleyebiliriz. Daha doğru ve uygulanabilir bir yöntem ise, kuvvetlerin ve momentlerin rüzgar tüneli balansları yardımı ile direkt olarak ölçülmesidir. Toplam aerodinamik kuvvet ve momentlerin kullanılan balans eksenleri üzerine izdüşümlerinin belirlenmesinden sonra, bu büyüklükleri diğer eksen takımlarına rahatlıkla dönüştürebiliriz (Şekil 5.1).



Şekil 5.1 Koordinat sistemleri ve aerodinamik kuvvet ve momentlerin projeksiyonu. Kesikli çizgilerakış eksen sistemini, tam çizgiler ise modele ait eksen sistemini ifade ederler.

Rüzgar tüneli balanslarının temel karakteristikleri, ölçüm yapabildikleri bileşen sayısıdır. Üzerinde çalışılan problemin türüne bağlı olarak bu sayı 1' den 6' ya kadar değişebilir. Balanslar aerodinamik büyüklükleri ölçtükleri gibi, hücum açısını hatta sapma açısını da ölçebilmeli ve bunların deney sırasındaki kontrolünü de sağlamalıdır. Öte yandan sadece iki boyutlu bir çalışma söz konusu ise (sapma açısı sıfır), gerekli büyüklükler taşıma, sürüklenme ve yunuslama momenti olacaktır ve üç bileşenli hücum açısını ölçebilen ve kontrol edebilen balanslar bunun için yeterli olacaktır.

Yerleşimlerine göre, rüzgar tüneli balansları iki kısma ayrılabilir. Birinci guruba girenler, modelin ve deney odasının (test alanı) dışında yerleştirilenler, ikinci guruba girenler ise, modelin içine veya destek kollarına yerleştirilenlerdir. Birinci tip balanslar aerodinamik kuvvet ve momentleri ölçebilmek için bir çok karmaşık mekanizmanın bir araya getirilmesi ile oluşurlar ve mekanik balanslar olarak adlandırılırlar. Gene aynı guruba giripte, üzerine gelen büyüklükleri, elektrik sinyallerine çevirenler vardır ki bunlar da elektro-mekanik balanslar olarak anılırlar. Bunların gelişmiş modelleri elektronik olarak kumanda edilmekte ve gelen bilgiler de bilgisayar aracılığı ile işlenmektedir.

Genelde ilk guruba giren balanslarda, model test odasında balans mekanizmalarına bağlı bir takım destek çubukları yardımı ile sebitlenirler. Böylece bu kollar ve yardımcı aparatlarda test odasında modelle birlikte aerodinamik yüklere maruz kalırlar ve elde edilen sonuçlarda bunların etkilerinin elimine edilmesi gereklidir. Aynı zamanda bu kollar akım alanında bozucu etkiler yaratıp, modelle etileşime girebilirler. Gerekli ise bu tür etkilerin de tespiti yapılmalıdır.

Öte yandan, destek kollarının sürüklenme etkisi üzerinde özellikle durmak gerekir. Bilhassa yüksek deney hızlarında bu etkiler modelden gelen büyüklüklere göre oldukça artar. Bu yüzden balanslara ait bu kolların minimum sürüklenme oluşturacak şekilde dizayn edilmesi gerekir. Hatta deneyler sırasında, özellikle model bağlı değilken de bir test yapıp direkt olarak bu kolların oluşturdukları etkiler bulunabilir. Ama bunların arasında kollarla modelin etkileşimi bulunmayacaktır.

Harici rüzgar tüneli balanslarında kuvvet ve momentler, balans eksen takımına göre belirlenirler ve bu eksen takımı akış eksen takımı ile genelde aynıdır. Bazı döndürülebilir balanslarda da yarı sabit eksen takımları geçerli olur.

Modelin içine yerleştirilen dahili tip rüzgar tüneli balanslarında -özellikle yüksek süpersonik hızlarda kol etkilerinin çok önem kazandığı durumlarda- destek kollarını gerektirmeme özellikleriyle ön plana çıkarlar. Diğer yandan çok yüksek hızlarda, küçük deney odalarında ufak modeller kullanılarak yapılan deneylerde dahili balansları modelin içine yerleştirmek de imkansızdır. Bunun çözümü ise dizaynı tamamen *strain gage* ile ölçme metodlarındaki gelişmelere bağlı olan dahili tip balansları kullanmaktır.

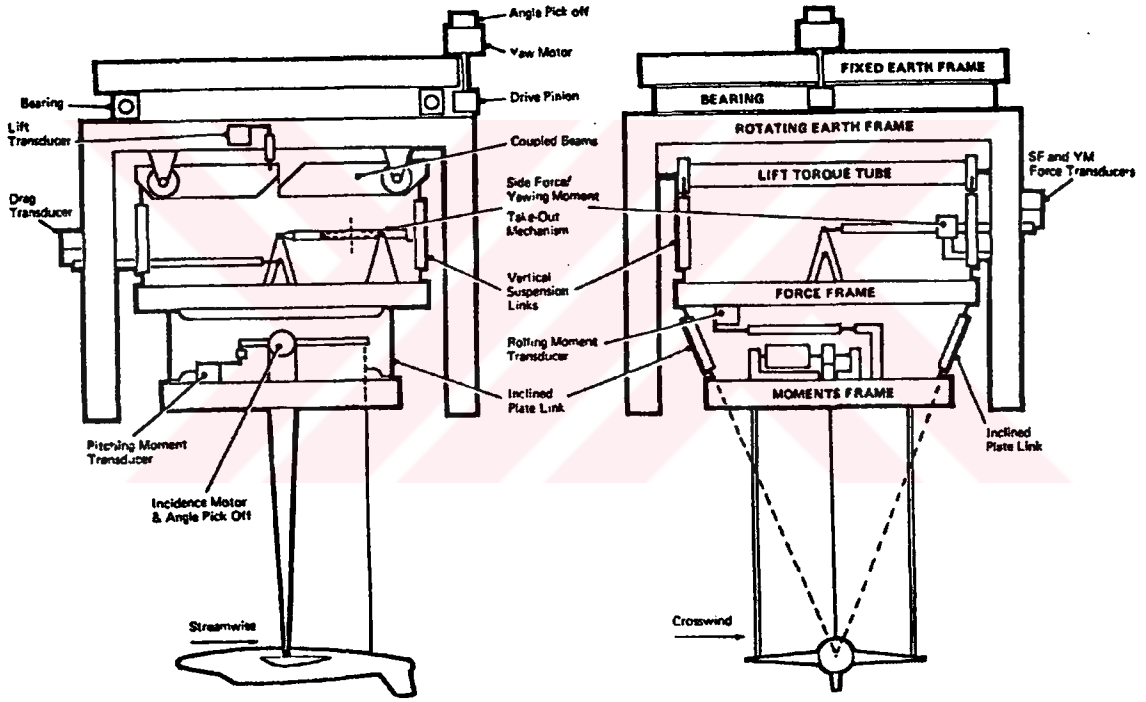
Strain gage’li balansların çalışma prensibi, üzerine gelen deformasyonları, ki bunlar aerodinamik kuvvet ve momentlerden doğmaktadır, yapısındaki *strain gage*’ler yardımı ile küçük elektrik sinyallerine dönüştürmesine dayanır. Daha sonra bu sinyaller önceden yapılmış kalibrasyona göre kuvvet ve momentlere çevrilirler. Bu tip *strain gage*’li balansların yüksek subsonik hızlı rüzgar tünellerinde son derece geniştir. Diğer bir avantajları da, *strain gage*’lerin olaylara çok hızlı cevap verebilme yeteneklerinden ötürü, anlık olaylarda dahi ölçüm yapabilmeleri, yüksek frekanslı titreşimleri yakalayabilmeleridir. Özellikle mekanik balansların bu konuda oldukça hantal olduklarını söylemekte fayda vardır.

Bu bölümde, bundan sonraki konularda sadece mekanik balanslar üzerinde durulacak (özellikle elektro-mekanik TEM balansı Şekil 5.2) ve deney öncesi kalibrasyonları anlatılacaktır.

5.2 Mekanik Balanslar

Mekanik balanslar açısından uygulanan çok çeşitli tasarımlar bulunsa da, genelde hepsi yaygın olarak kullanılan bir kaç unsuru içerirler. Bunlar, model destek çubukları, model üzerine gelen kuvvetleri ve momentleri alan destek çubuklarının

bağlandığı oynar tabla, alınan kuvvetleri ve momentleri bileşenlerine ayıran mekanizmalar, hücum açısını ve yaw açısını değiştirebilmek için elektrik motoru sistemleri ve bazılarında da sistemleri ile “*transducer*” denen ve üzerlerine gelen kuvvet ve momentleri önce çok hassas bir şekilde deplasmana çeviren ve daha sonra bunlardan elektrik sinyalleri elde eden dönüştürücülerdir. Doğal olarak gelişmiş olanlarında konum algılayıcı sensörler ve tahrik etmek için adım motorları da bulunur. Aşağıdaki şekilde, bir elektro-mekanik balansın temel yapısı ve mekanik bileşenleri görülebilir [8].



Şekil 5.2 Modern, elektro-mekanik bir balans (TEM Engineering Lmted.)

Mekanik balanslar konusunda günümüze kadar epey gelişmeler katedilmiştir. Mekanik prensiplerine göre çalışmaları mükemmel kayıpları ise minimum hale getirilirken aynı zamanda da deney sonuçlarını görsel olarak alma veya göstergelerden okuma zorunluluğu da ortadan kaldırılmış, günümüzün elektronik ve bilgisayar teknolojisi ile birleştirilerek, hem bilgilerin çok kısa bir zamanda otomatik

olarak alımı hem de modelin pozisyonun kumandası sağlanmıştır. Yapılan bu gelişmelerden dolayı, eski tip mekanik balanslar üzerinde de fazla durulmayacak ve direkt olarak bilgisayarla kumanda edilen elektronik bir balansın kalibrasyonunun yapılması ve deneylerde kullanılması konusu işlenecektir.

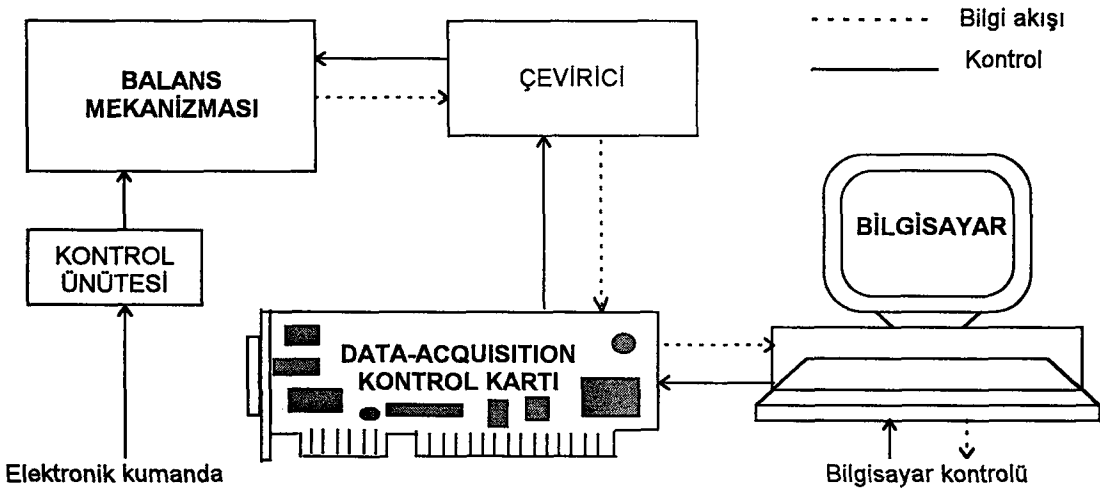
5.3 Data-Acquisition

Daha evvelki konularda da değinildiği gibi data-acquisition nispeten yeni yeni kullanılmaya başlanan, fakat işlemin hızını ve kontrol edilebilirliğini kat kat arttıran bir sistemdir. Bu sistemdeki temel mantık, bilgisayarla kontrol edilen ve bu tür işler için tasarlanmış özel kartlar vasıtasıyla, rüzgar tünelineki balans mekanizmasından gelen elektrik sinyallerini önce bilgisayar için anlamlı tamsayılara çevirmek ve daha sonra gene program vasıtasıyla, bu tamsayıları kalibrasyon verileri yardımı ile kuvvet ve momentlere dönüştürmektir. Verilerin bilgisayara geçişini sağlayan bu ilk dönüşüme **analog/dijital** dönüşümü, bu dönüşümü yapan, labaratuvarlar için tasarlanmış bilgisayar kartlarına **data-acquisition kartı** ve bu işlemin kendisine de **data-acquisition** denir. Kısaltma amacıyla bundan böyle, analog/dijital çevrimi A/D , data-acquisition kartı DAC ve data-acquisition da DA şeklinde adlandırılacaktır.

DAC' ların en önemli özelliği, çok yüksek hızda, birden fazla ve bağımsız kanaldan veri alabilmesidir. Genel olarak aerodinamik deneyler açısından, kuvvet ve momentler için 6 kanal düşünülürse ve hücum açısı ile sapma açısı da göz önünde bulundurulursa en fazla 8 ayrı kanaldan bilgi alabilenler yeterli olacaktır. Yapılacak deneyin türüne göre belki DAC' ın hızının da göz önünde bulundurmak gerekebilir. Sözelimi, yüksek frekanslı olaylar gözlenecekse kısa aralıklarda hızlı bir data aktarımı gerekecektir. Fakat gerek kartların hızlarının çok yüksek oluşunun gerekse, mekanik veya yarı mekanik (*strain-gage* kullanmayan) balansların tepkilerinin yavaş olması sebebiyle (ki yüksek frekanslı titreşimleri yakalamak zaten mümkün değildir) henüz ortdada böyle bir sorun yoktur. Gene misal olarak, Gümüşsuyu rüzgar tüneline yapılan araştırmalar göstermiştir ki, kullanılan elektro-mekanik balansın frekansı 20 -

25 1/sn 'den daha fazla olan olayları yakalaması mümkün değildir. Bunun sebebi de balansın çok hızlı değişimleri algılayamaması ve verdiği cevabın yavaş olmasıdır. Öte yandan rüzgar tünellerinin kendisi de bu tür deneyler için üzerinde ayrıca düşünülmesi gereken bir unsurdur.

Şekil 5.3' te, DA çevrimi şematik olarak ifade edilmiştir. Balans mekanizmasından gelen ve modelin üzerine etki eden kuvvet ve momentlerin ifadesi olan küçük elektrik akımları önce araya konmuş olan uyarlayıcı ile DAC' ın anlayabileceği seviyeye getirilmekte ve daha sonra DAC' a girerek A/D dönüşümü ile tamsayılara dönüşmektedir. Bu tam sayılar genelde -2047 ile 2048 arasında veya 0 - 4096 arasındaki sayılar olmaktadır. Dolayısıyla bu dönüşümün kendisinde bir hata içermektedir. Çünkü dönüşümün birebir olma zorunluluğu çok küçük voltaj farklılıklarının aynı tamsayıya tekabül etmesine yol açar. Sonuçta belli değerden küçük input sinyalleri, doğru olarak dönüştürülemez. Fakat bunu da dönüşüm sırasında kullanılacak olan *range-code*' ları vasıtasıyla bir miktar kontrol etmek mümkündür. Range-code' lar, dönüşüm sırasında kanaldan gelebileceği kabul edilen max. ve min. voltaj değerleridir ve her kanal için ayrı ayrı tanımlanabilir (Bkz., Kalibrasyon Öncesi Belirlenmesi Gereken Nitelikler ve Hassasiyet).



Şekil 5.3 DA (data-acquisition) olayının şeması

DA olayında diğerk önemli bir husus, yapılacak deneyin hızına bağılı olarak, program vasıtasıyla kartın nasıl konyrol edileceğidir. İki şekli mevcuttur bunlar; alınan bilgilerin direkt olarak bir dosyaya yazdırılması veya kuvvet ve moment dönüşümlerine tabii tutulması ve ikincisi de bilgilerin önce hafızada çok hızlı bir şekilde toplanıp, deney bittikten sonra işlenmesidir. İlki basitliği, güvenilirliği ve sonuçların deney sırasında gerçek zamanda kullanılıp, görölmesine zaman vermesinden ve çok fazla hafıza gerektirmemesinden dolayı, hızının yeterli olduğı durumlarda daha avantajlıdır. İkincisi ise kartı DMA (direkt memory access) modunda kullanmak anlamına gelmekle beraber, biraz daha karmaşıktır, yüksek hafıza isteyebilir ve elde edilen sonuçlar ancak deney sonrası göröllebilir. Ama direkt olarak hafıza çiplerinin gücü kullandığından çok hızlı data alımına olanak sağlar.

Her iki halde de bilginin ne zaman alınacağı konusunda ufak bir problem doğar. Birinci durumda bu hızı direkt olarak program içindeki rutin döngülerden, gelen bilgilere uygulanan dönüşümlerden, vc bilginin ekranda görölülenmesinden oluşan gecikmelerle sağlamak mümkündür. DMA modunda ise her bir dönüş, kullanıcı tarafından önceden belirlenen parametreler vasıtasıyla belirlenir. Bu sayede kartın sahip olduğı hızın tamamını elde etmek mümkündür. Fakat her iki durumda da, bütün kanallardan aynı döngü içerisinde okunan değerler aynı t zamanında kabul edilebilir. Kontrol edilen gecikme, sadece yeni bir okumanın ne zaman yapılacağına dairdir. Aksi durumda, yavaş bir şekilde bilgi alındığı durumlarda, aynı anda alındığı farzedilen kanal bilgileri, aynı zaman dilimine ait olmayacaklardı.

Bu sistemde elde edilebilecek diğerk bir avantaj da, hücum açısının, sapma açısının ve hatta tünel hızının bilgisayar aracılığıyla gözlenmesi ve bunlardan hücum ve sapma açısının otomatik kontrolüdür. Günümüzde, gelişmiş rüzgar tünellerinde rüzgar tünelinin kontrolü de artık bu şekilde sağlanmaktadır. Kullanıcılar, yazdıkları programlar sayesinde deney sırasında otomatik olarak modeli yönlendirip deneylerini ara vermeden, kısa zamanda tamamlayabilirler.

DA olayının sağladığı bir fayda da, özellikle titreşimler ve türbölanslar üzerinede çalışanlara olabilir. Böyle hızlı bir sistemle çok yüksek frekansta alınan veriler

incelenir ve zaman göre dağılımlarından içerdikleri, gürültüler, tünel içi türbülans etkileri ve diğer olumsuz etkenler filtre edilebilir. Kuşkusuz sıcak telle yapılan basınç ölçümlerinde ve iz bölgesi incelemelerinde gene idealdir.

Gümüşsuyu rüzgar tüneline de, PCL-818 isimli bir DAC içeren DA sistemi mevcuttur ve yukarıda anlatılanlar ışığında bu sistemi rüzgar tüneli ile beraber en etkin bir şekilde kullanabilmek için gerekli çalışmalar yapılmıştır. Bu kartın özellikleri arasında 16 single-ended 8 differential kanal içermesi 100 kHz dönüşüm hızında olması ve data transferini programlama, interrupt veya DMA yoluyla yapabilmesi sayılabilir. (Kart hakkında detaylı bilgi için, Bkz., EK B)

5.4 Balans Kalibrasyonu

5.4.1 Kalibrasyona Giriş

Rüzgar tüneli balanslarının, genel olarak birden fazla kanaldan aynı anda bağımsız olarak bilgi alabilen, elektro-mekanik veya mekanik cihazlar olduğu daha önce de belirtilmişti. Bu kısımda oldukça modern sayılabilecek, TEM Engineering Ltd.' e ait olan ve İTÜ Gümüşsuyu Laboratuvarındaki subsonik hava tüneline monte edilmiş olan bir elektro-mekanik balans oldukça gelişmiş bir bilgisayar ve özel bir data-acquisition kartı ile beraber kullanılmış ve bir kalibrasyon yazılımı geliştirilmiştir. Her ne kadar yapılan bu çalışma özel bir çalışma gibi gözükse de aslında yapılanlar geneldir ve bu genel prosedürler bu bölümde anlatılırken zaman zaman örnekleme yoluna gidilecektir. Yapılan uygulamalar, elde edilen sonuçlar, kullanılan teçhizatlar ve geliştirilen yazılımlar konusunda EKLER bölümünde yardımcı bilgiler bulunabilir.

5.4.2 Neden Kalibrasyon Yapılır

Genel olarak her ölçüm cihazı kullanılmadan önce bir kalibrasyona ihtiyaç duyar. Bu TEM Balansı için de geçerli bir kuraldır. Elektro-mekanik bir balansının kalibrasyonu sonucunda kalibrasyondan gelen voltaj değerlerini kuvvet ve momentlere dönüştüren, bir takım balans iç etkileşimlerinden doğan hataları da düzelter, balansın ölçüm karakteristiğini de içeren (lineer olarak çalışmayan balanslarda daha önemli) bir kalibrasyon matrisi elde edilir ve deneyler sırasında bu matris (veya denklemler) çevirici olarak kullanılır.

Elde edilen bu kalibrasyon matrisi balansın o andaki çalışma şartlarına ve balansın bir takım karakteristik değerlerine bağlı olduğundan, bu şartların değiştiği durumlarda kalibrasyonun tekrar yapılması önemle gerekmektedir. Söz konusu değişiklikler ortam şartlarının (hava sıcaklığı, basınç, vb.) değişmesi, balansın bakımdan geçirilmesi (yağlanması, sökölüp tekrar monte edilmesi, vb.) gibi durumlardır. Ek olarak, balansın aşırı yük altında kalması da yeniden kalibrasyonu gerektirir.

Kalibrasyon matrisi, bir kere elde edildikten sonra deneyler sırasında kullanılan bilgisayar programları vasıtası ile (Bkz., EK D) simultane olarak kanallardan alınan bilgileri, ki bunlar data-acquisition kartından gelen tamsayı değerleridir, deney sonuçları olan kuvvet ve momentlere dönüştürmek için kullanılır.

Burada dikkat edilmesi gereken noktalardan biri de, sisteme bilgisayarın ve araya çevirici olarak bir data-acquisition kartının bağlanmış olmasıdır (Bkz. Şekil 5.3). Bu sayede hem kalibrasyon hem de deney direkt ve tam kontrolü bilgisayar kullanımı vasıtası ile çok daha hızlı ve kolay hale getirilmiş olmaktadır. Dolayısıyla çevrim içinde düşünülmesi incelenmesi bileşenlerden biride data-acquisition'dır. Bu konu hakkındaki açıklamalar Data-Acquisition adlı bölümde bulunabilir.

5.4.3 Kalibrasyon Öncesi Belirlenmesi Gereken Nitelikler ve Hassasiyet

Kalibrasyon yapılmadan önce data-acquisition kullanan sistemler açısından, balansın her bir kanaldan deney sırasında verebileceği voltaj değerlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu voltaj aralıkları tamamiyle balansın nihai yük değerlerine ve deney sırasında balansın maruz kalabileceği düşünülen alt ve üst yük sınırlarına bağlıdır ve belirlenmesi kanallardan bilgi alırken bağlı kalınacak hassasiyet açısından önem taşımaktadır.

Balansın taşıyabileceği sınır yükler için “**balans nihai yükleri**” tanımı yapabiliriz. Nihai yükler ve balansın ölçme hassasiyeti kullanılan balansın kendisi ile ilgilidir ve örnek olarak Tem Balansındaki EK A’ da bulunabilir. Fakat deney şartları ve yapılacak deneyler düşünüldüğünde elde edilebilecek sınır yüklerinin nihai yüklerden daha az olacağı (olması da gerektiği) görülebilir. Deneyler sırasında balansın maruz kalabileceği yada deneylerde modele etkiyecek sınır yükler (kuvvet ve momentler) “**deney sınır yükleri**” olarak adlandırılırsa, deney sınır yüklerinin önceden belirlenmesi hem balansın uygun çalışma aralığında kalıp kalınmadığının bilinmesi, hemde bilgilerin belirli ve istenen bir hassasiyette alınabilmesi açısından gereklidir.

5.4.3.1 Yapılan kabuller ve tespitler

Ön araştırmalar sonucu, Gümüşsuyu rüzgar tüneline (max. akım hızı 30-35 m/sn) orta boy (kanat açıklığı 40-50 cm) modeller için yapılacak küçük çaptaki aerodinamik deneyler sırasında elde edilebilecek deney sınır yükleri belirlenmiştir ve Tablo 5.1’ de sunulmuştur. Parantez içerisindeki değerler, balans açısından güvenli ölçme limitini ifade etmektedirler. Görülebilir ki, deney sınır yükleri ile balans sınır yükleri arasında belirli bir emniyet payı bırakılmıştır.

Bu tespitler sırasında unutulmaması gereken bir konu da, yüksek aerodinamik kuvvetlerin ve momantlerin ölçümündeki hata payı, özellikle kullanılan data-

acquisition sistemi nedeniyle, küçük ölçümlerdekine göre daha fazladır (Bkz., Data-acquisition). Bu yüzden deney yapılmadan önce deney sınır yüklerinin tahmin edilip balansın kalibrasyonunda bu yükler baz alınmalıdır.

Tablo 5.1’de sunulan değerler tünel hızı maximum 40 m/s iken ve orta büyüklükteki bir model için varsayılmış ve kabul edilmiştir. Gene yapılan araştırmalar göstermiştir ki, değişik şartlardan dolayı belirlenmiş olan bu tür deney sınır yüklerini değişik yollardan aşmak sakıncalı olmaktadır. Rüzgar tünellerinde testi yapılan modeller üzerine etkiyen aerodinamik yükleri aşmanın sakıncaları, aşma sebepleriyle beraber şu şekilde incelenebilir.

Tablo 5.1 Gümüşsuyu rüzgar tüneline küçük çaptaki deneyler sırasında elde edilebilecek max. yükler. Sağ taraftaki parantez içindeki değerler balans açısından üretici firma tarafından belirlenen nihai yükleri temsil etmektedir.

BİLEŞEN	Ölçüleceği düşünülen max. yükler (Deney sınır yükleri)	
Yalpa momenti	$\pm 2 \text{ Nm}$	($\pm 3.5 \text{ Nm}$)
Yunuslama momenti	$\pm 8 \text{ Nm}$	($\pm 11 \text{ Nm}$)
Sürükleme	50 N	(67 N)
Yanal kuvvet	$\pm 40 \text{ N}$	($\pm 135 \text{ N}$)
Taşıma	40 N	(220 N)
Sapma momenti	$\pm 2 \text{ Nm}$	($\pm 3.5 \text{ Nm}$)

Daha büyük model kullanmak : Blokaj etkilerinin fazlaca arttıracığından sakıncalıdır. Hatta belli bir değerden sonra oluşacak etkileşimler, sağlıklı deney yapılmasını imkansızlaştırır. Gümüşsuyu rüzgar tüneli tipindeki rüzgar tünelleri için (subsonik, 80x110cm, dikdörtgen kesitli, kapalı dolaşım) genel olarak, model kesiti tünel kesitinin % 10’ undan daha fazla olunca oluşacak etkileşimleri sağlıklı bir şekilde hesaplamak mümkün olamayacağından deney yapmak anlamsızlaşır. Model kesitinden kastedilen, modelin herhangi bir duruş pozisyonundaki akım yönündeki

izdüşüm alanıdır. Dolayısıyla yüksek hücum açılarında özellikle kanatlar söz konusu olunca artar. Bu dikkat edilmesi gereken bir husustur.

Tünelin çalışma hızını arttırmak : Her rüzgar tünelini belli bir çalışma hızı sınırı vardır. Deneyler sırasında bu hız limitini aşmak hem tünel sağlığı açısından hem de tünelin türbülans seviyesinin ve titreşim miktarının kabul edilebilir bir değerde kalmaması açısından sakıncalıdır.

Yukarıdaki iki durum aynı anda da söz konusu olabilir. Ama görülüyor ki, gerek tünel hızını arttırmak gerekse modeli büyütme, doğurduğu sonuçlar açısından tünelde kullanılan balansın lineer ve sağlıklı olarak çalıştığı bölgeden çıkmasına sebebiyet vereceğinden deney sonuçlarının doğruluğu açısından sakıncalı olabilir. Bu yüzden kullanılan balansın nihai değerlerine yaklaşıp yaklaşmadığının kontrolü önemlidir.

Örnek olarak yukarıdaki bilgiler ışığında, Gümüşsuyu rüzgar tünelinde yapılacak deneyler sırasında balans mekanizmasının üreteceği max voltaj değerleri de Tablo 5.2’de belirlenmiştir. Dikkat edilmesi gereken nokta, ölçülecek büyüklüğün tek yönlü veya çift yönlü olmasına göre, voltaj değerleri de *bipolar* veya *unipolar*’dır.

Tablo 5.2 Gümüşsuyu rüzgar tünelindeki balansın deney sınır yükleri altında üreteceği voltaj değerleri.

Kanal	Bileşen	Voltaj değerleri		
		min		max
(0)	Yalpa momenti	-2V	~	2V
(1)	Yunuslama momenti	-2.5V	~	2.5V
(2)	Sürükleme	0V	~	2V
(3)	Yanal kuvvet	2V	~	7V
(4)	Taşıma	0V	~	0.8V
(5)	Sapma momenti	-4V	~	4V

Bu bilgilerin ışığında artık data-acquisition kartı için her bir kanala ayrı ayrı verilebilen ve dönüşüm sırasında uygulanacak olan *range code*'lar (her kanal için, dönüşüm sırasında gelebilecek max voltaj değerlerine göre kabul edilmiş standart voltaj değerleri, Bkz., Data-Acquisition) belirlenebilir. Bunların belirlenmesi, ilgili kanalın dönüşüm hassasiyetini de belirlemektedir.

Bilindiği üzere data-acquisition sırasında her bir kanaldan gelen ve balans tarafından üretilen voltaj bilgileri bilgisayarın anlayacağı ve üzerinde işlem yapabileceğimiz tamsayılara dönüştürülür. Bu tamsayılar ki bunlara *LSB* (Bkz., Data-acquisition) değerleri diyoruz, ya -2048 ile 2047 arasında yada 0 ile 4096 arasındadır. Dönüşüm sırasında gelen voltaj değerleri standart olarak bir takım aralıklarda kabul edilerek yukarıda belirtilen tam sayılarla birebir olarak eşleştirilir. Diğer bir deyişle o kanal için kabul edilen *range code* değeri toplam olarak 4096 adet parçaya bölünür ve her parça belli bir voltaj değerini temsil eder.

Kabul edilen *range code* değeri ne kadar küçükse *LSB/voltaj* oranı o kadar küçük olur ve sonuçta voltajdaki değişimler de bu orana bağlı olarak daha hassas olarak algılanabilir.

Sözgelimi herhangi bir kanalı ve onun *range code* değerini kabul edebileceğimiz standart değerlerden biri olan $\pm 5V$ olarak farzedelim. Yukarıdaki açıklamaya göre; -5V ile 5V arasındaki voltaj farkı 10V' tur. Her bir kanal için aşağıdaki tanımlamayı düşünersek;

$$\text{Hassasiyet oranı (kanal için)} = \text{volt (range code)}/4096,$$

$$\text{Hassasiyet} = 10/4096 = 2.44 \text{ E-3 volt/LSB} = 2.44 \text{ mVolt/LSB}.$$

olur. Yani *LSB* değerindeki bir değişim, o kanaldaki voltaj değerindeki 2.44 mV luk bir değişime karşılık gelmektedir. Diğer bir deyişle, biz bu şartlar altında o kanalda meydana gelen 2.44 mV 'luk değişimlerden daha azını, *LSB* (bu değerler tamsayıdır) değeri olarak nitelendiremediğimizden dolayı algılayamamaktayız.

Örnekteki *range code* kabulümüzü $\pm 0.5V$ olarak değiştirirsek, ilgili kanal için hassasiyet oranını;

$$\text{Hassasiyet oranı} = (0.5 - (-0.5)) / 4096 = 0.24 \text{ mVolt/LSB}$$

olarak buluruz. Yani *LSB* değerindeki bir değişiklik 0.24 mV ' luk bir değişimi ifade etmektedir ve dolayısıyla o kanalda algılayabileceğimiz en küçük voltaj değişim aralığı 0.24 mV ' a kadar inmiş bulunmaktadır. Bu değer 2.44 mV ile kıyaslandığında ilk yapmış olduğumuz kabule göre son derece hassas sonuçlar alabileceğimizi göstermektedir.

Fakat dikkat edilmesi gereken ve bizi hassasiyet bakımından da sınırlayan diğer önemli bir nokta da, ilgili kanaldan gelebilecek voltaj değerinin o kanalın kabul edilen *range code* değerini aşmama zorunluluğudur. Şayet ikinci kabulümüzde, kanaldan $1.5V$ ' luk bir değer gelseydi seçilen *range code* değeri $\pm 0.5V$ olduğundan ve $1.5V$ bu aralığın dışında kaldığından dolayı doğru olarak dönüştürülmesi mümkün olamayacaktı.

Tablo 5.3' te Gümüşsuyu rüzgar tüneline, data-acquisitionun kartının sahip olduğu *range code* değerlerine karşılık elde edilebilecek hassasiyetler sunulmuştur. (Balansın çalışma şartları ve hassasiyeti için Bkz., EK A.)

Kalibrasyon, hangi *range code* değerlerinde yapıldıysa, elde edilecek kalibrasyon matrisi değerlerinin *range code* ' lara bağlı olmasından dolayı, deneylerinde aynı *range code* değerlerinde yapılması gerekmektedir. Bu sorun programlama esnasında *LSB* değerlerinin kanalların *range code* değerlerinden bağımsız hale getirilmesi ile çözülebilir. Fakat her halikarda, gerek kalibrasyon yapılırken gerekse deneyler sırasında, her kanal için elde edilebilecek sınır voltaj değerleri tahmin edilen deney yüklerine göre belirlenmelidir. Bu değerlere uygun olarak ama bize maksimum hassasiyeti sağlayacak *range code* değerinin seçilmesi gereklidir.

Tablo 5.3 Gümüşsuyu rüzgar tüneline, data-acquisition kartı için belirli *range code* değerlerine karşılık elde edilebilecek hassasiyetler (*volt/LSB* cinsinden)

<i>Range code</i>	Hassasiyet oranı (<i>mV/LSB</i>)
-5v,+5v	2.44
-2.5v,+2.5v	1.22
-1v,+1v	0.49
-0.5v,+0.5v	0.24
0,+10v	2.44
0,+5v	1.22
0,+2v	0.49
0,+1v	0.24
-10v,+10v	4.89

Yukarıdaki bilgilerden yola çıkarak sözgelimi taşıma (*LIFT*) için sadece data-acquisition sırasında sözkonusu olacak hassasiyetleri (veya hata miktarlarını) her bir *range code* değeri için belirlemek de mümkündür.

PCL-818 Test Programı ile yapılan denemeler göstermiştir ki (Taşıma için);

0 gr (referans) karşılığında 0.0620 Volt

500 gr karşılığında da 0.1122 Volt

okunmuştur.

Diğer bir değişle; 500 gr ağırlık, taşıma kuvvetini ölçen kanalda $0.1122V - 0.0620V = 0.0502V$ 'luk bir değişim oluşturmıştır. Sonuç olarak 1 gr 'lık bir etki yaklaşık olarak 0.1 mV' luk bir değişim meydana getirmektedir. Örnek olarak $\pm 5V$ range değerinde;

$1gr = 0.1 mV$ 'luk değişim ise,

$(2.44 mV/LSB) / (0.1 mV) = 24.4 I/LSB$

$24.4 \times 1 gr = 24.4 gr/LSB$

yani 1 *LSB* değerine karşılık 24.4 *gr* okumaktayız ki bu da 24.4 *gr* ağırlığın altındaki ağırlıkları algılanmaması anlamına gelmektedir.

Buna göre, her bir range değeri için elde edilecek hassasiyetler Tablo 5.4 ' teki gibi olacaktır. Tablo 5.4 ' ün sadece taşıma için elde edildiği unutulmamalıdır. Diğer kanallar için dolayısıyla aerodinamik bileşenler için de benzer yolla ilgili *range code* değerinde algılanabilecek en değerinin etkinin elde edilmesi mümkün olmakla beraber, temel ölçütün taşıma olmasından ve diğerlerinin de tablodaki sonuçlara benzer olacağından dolayı burada üzerinde durulmamıştır. Unutulmamalıdır ki, özellikle hangi aerodinamik bileşenle ilgileniliyorsa, daha çok onun üzerinde durmakta fayda vardır.

Tablo 5.4 Gümüşsuyu rüzgar tüneline, seçilecek range code lara göre balans tarafından algılanabilecek en küçük ağırlıklar

<i>Range code</i>	Algılanabilecek en küçük ağırlık (<i>gr</i>)
-5v,+5v	24.4
-2.5v,+2.5v	12.2
-1v,+1v	4.9
-0.5v,+0.5v	2.4
0,+10v	24.4
0,+5v	12.2
0,+2v	4.9
0,+1v	2.4
-10v,+10v	48.9

Fakat yapılan denemelerde görülmüştür ki, $\pm 5V$ range değerinde 10 *gr* ' lık bir ağırlık ilk denemede 10 *gr* ikincisinde 9 *gr* olarak okunabilmiştir. Oysaki bu range değerinde 10 *gr* ' ı hissetmememiz gerekiyordu. Bunun nedeni ise yukardaki sonuçların tek bir değer alınması durumunda tam geçerli olmasıdır. Halbuki normalde belli bir zaman periyodunda alınan dataların ortalamasının alınması sözkonusu

olduğundan böyle bir neticeye varılmıştır ve kısmen daha hassas sonuçların alınabilmesi mümkün olmaktadır.

Unutulmaması gereken noktalardan birisi de, yukardaki hassasiyet sonuçları (veya hata mertebeleri) bizim için mutlak yani esas hassasiyeti gösterememektedir. Bu sonuçlar sadece data-acquisition sırasında yapılabilecek dönüşüm hatalarını içermektedir. Oysa ki, deney sonuçlarını etkileyen sadece dönüşümden kaynaklanan hatalar değildir. Buna ek olarak, balanstaki kaynaklanan ölçüm hataları (balansın hassasiyeti ile ilgilidir ve Bkz., EK A), tünel içerisindeki türbülans seviyesinden doğan hatalar, tünel içerisindeki titreşimlerden ve olayın zaman bağlı olmasından kaynaklanan hatalar, blokaj etkisinden (duvar etkileri, Bkz., BÖLÜM 3, BÖLÜM 4) doğan hatalar ve işlemler sırasında yapılan yuvarlatma ve hane atmadan kaynaklanan hatalar vb. şeklinde bir takım hatalar da sonuçlarımızı etkileyenler arasındadır. Bu yüzden genel hatayı kesin belirlemek zor olmakla beraber bazılarını bir takım yaklaşımlarla belirleyip sonuçlara eklemek mümkün olabilecektir.

Bütün bu bilgiler ışığında Gümüşsuyu rüzgar tünelineki balansın kalibrasyonunda ve deneylerde kullanılacak, kanallara ait *range code* değerleri iki ayrı deney tipine göre şu şekilde tespit edilmiş ve kullanılmıştır.

I. Kalibrasyon Seçeneği : Şayet yapılacak deneylerde nispeten daha büyük yükler oluşacağı düşünülüyorsa veya sonuçların hassasiyeti büyüklüğü yanında fazla önem taşıyorsa, yapılacak kalibrasyonda kullanılmalıdır.

II. Kalibrasyon Seçeneği : Deneyin daha küçük yükler oluşturacağı düşünülüyorsa ve sonuçların hassasiyeti de fazlaca önem taşıyorsa ikinci seçenek tercih edilmelidir. Fakat deney yüklerinin *range code* değerlerini aşp aşmadığına dikkat edilmelidir.

Her iki seçenek için de, range değerlerine ait bir tablo oluşturulmuş ve Tablo 5.5' te sunulmuştur. Özellikle, çok düşük deney hızlarında ve çok küçük modellerde tabloda götülen kuvvet ve moment sınırları çok büyük kalacağından, bunların amaca uygun olarak yeniden belirlenmesi gerekmektedir.

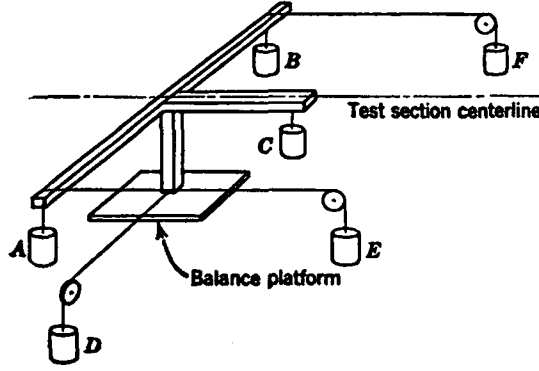
Tablo 5.5 Gümüşsuyu rüzgar tüneli balansı için iki ayrı deney tipine göre range code değerleri.

Kanal	Bileşen	Range code değerleri	
		(1. seçenek)	(2.seçenek)
(0)	Yuvarlanma momenti	$-5V, +5V$	$-2.5V, +2.5V$
(1)	Yunuslama momenti	$-5V, +5V$	$-2.5V, +2.5V$
(2)	Sürüklenme	$0, +5V$	$0, +2V$
(3)	Yanal kuvvet	$0, +10V$	$0, +10V$
(4)	Taşıma	$0, +2V$	$0, +1V$
(5)	Sapma momenti	$-10V, +10V$	$-5V, +5V$

5.4.4 Balansın Kalibrasyonun Yapılması

Rüzgar tünelleri balanslarının iki tip kalibrasyonu söz konusudur: ilk ayarlama (primary) kalibrasyonu ve kontrol kalibrasyonudur. Ayarlama kalibrasyonu balans üretici firma tarafından üretilir üretilmez, özel bir yerde yapılan kalibrasyondur. Balansı oluşturan unsurlar ilk başta ayrı ayrı kalibre edilirler ve sonra balans tünümüyle kalibrasyondan geçirilir. Bu işlem sonucunda, gene üretici firma tarafından, kalibrasyon değerlerini ve bileşenler arasında doğan içteki ilişkileri düzeltme faktörleri yayımlanır. Kontrol kalibrasyonu ise (Bkz., Neden Kalibrasyon Yapılır.), bu balansı deneylerinde kullanacak araştırmacılar tarafından, balansı daha evvel yapılmış olan kalibrasyon değerlerinin kontrolü ve gerekiyorsa iyileştirilmesi için sistematik olarak belirli periyodlarla yapılır.

Balansın tipine ve bağlı bulunduğu rüzgar tüneli tipine bağlı olmaksızın, balansı donanımını oluşturan elemanların bozulmadığının ve üzerine gelen kuvvetleri de tam olarak ayırabildiğinin kontrolü yapılmalıdır. Bu kontrol için uygulanabilecek bir yöntem Şekil 5.4' te görülebilir.



Şekil 5.4 Balans kalibrasyonunda temel yöntem.

Bu tip bir donanıyla değişik kuvvet ve momentler birbirlerinde bağımsız olarak uygulanabilirler. Bu işlemler sonucunda okunan değerlere göre balansın doğruluğu kontrol edilebileceği gibi kalibrasyon matrisi (veya denklemleri) de yeniden oluşturulabilir. Örnek olarak, A, B ve C yükleri ne sürüklemeye ne de yanal kuvvet oluşturmazken, E ve F ağırlıkları ise beklenen sürüklemeyi fazlasını oluşturmamalıdır.

Kalibrasyon işlemi, aslında iki temel mantığa ve gerekçeye dayanır. Birincisi, sadece bir bileşene yük verildiği zaman diğer bileşenlerin bu yükten ne kadar etkilendiklerini tespit etmek yani iç etileşimleri bulmak, ikincisi de balanstaki okunan değerlerin bizim için anlamlı büyüklükler olan kuvvet ve momentlere dönüşümünü sağlamaktır. Özellikle arada data-acquisition işlemi de söz konusu ise, bu sistem komple bir bütün olarak düşünülme zorundadır. Çünkü deneyler sırasında modele etkiyen aerodinamik kuvvet ve momentler, önce balans mekanizması tarafından, bir takım deplasman değerlerine ya da elektrik akımlarına dönüştürülmekte ve daha sonra bu bilgiler bir bilgisayar ve kart vasıtasıyla (Bkz., Data-Acquisition), belli aralıklardaki tamsayılarla eşleştirilmektedir. Sonuçta bu tamsayıların bize birşey ifade edebilmesi için tekrar kuvvet ve momentlere dönüştürülmesi gereklidir. Bu da kalibrasyon sırasında elde edilen kalibrasyon matrisi ya da denklemleri vasıtasıyla olur.

Kalibrasyon yapılırken dikkat edilmesi gereken en önemli nokta ise, kuvvet ve momentlerin uygulanış tarzıdır. Sözelimi, taşıma için bir yük oluşturulması isteniyorsa, ilgili kola bir ağırlık asılması uygundur. Bu sayede kuvvet başka hiç bir bileşene ayrılmaz ve sadece taşıma elde edilmiş olur. Fakat diğer bileşenlerde gene bir takım büyüklükler okunuyorsa işte bunlar iç etkileşimleri ifade etmektedirler ve kalibrasyon sırasında bunların belirlenmesi amaçtır ve zorunludur. Gene önemli bir hususta, kalibrasyonun davranışı lineer (doğrusal) olamayabilir. Bu durumda kalibrasyonun, yüklere göre tepkisini ifade eden bir eğri uydurulmalıdır. Bunun gerekiyorsa sadece ana bileşen için yapılması yeterlidir. Etkileşimler çok küçük olacağı için onlarda pek anlamlı olmazlar. Sonuçta genel dönüşüm ifadesi şu şekilde yazılabilir:

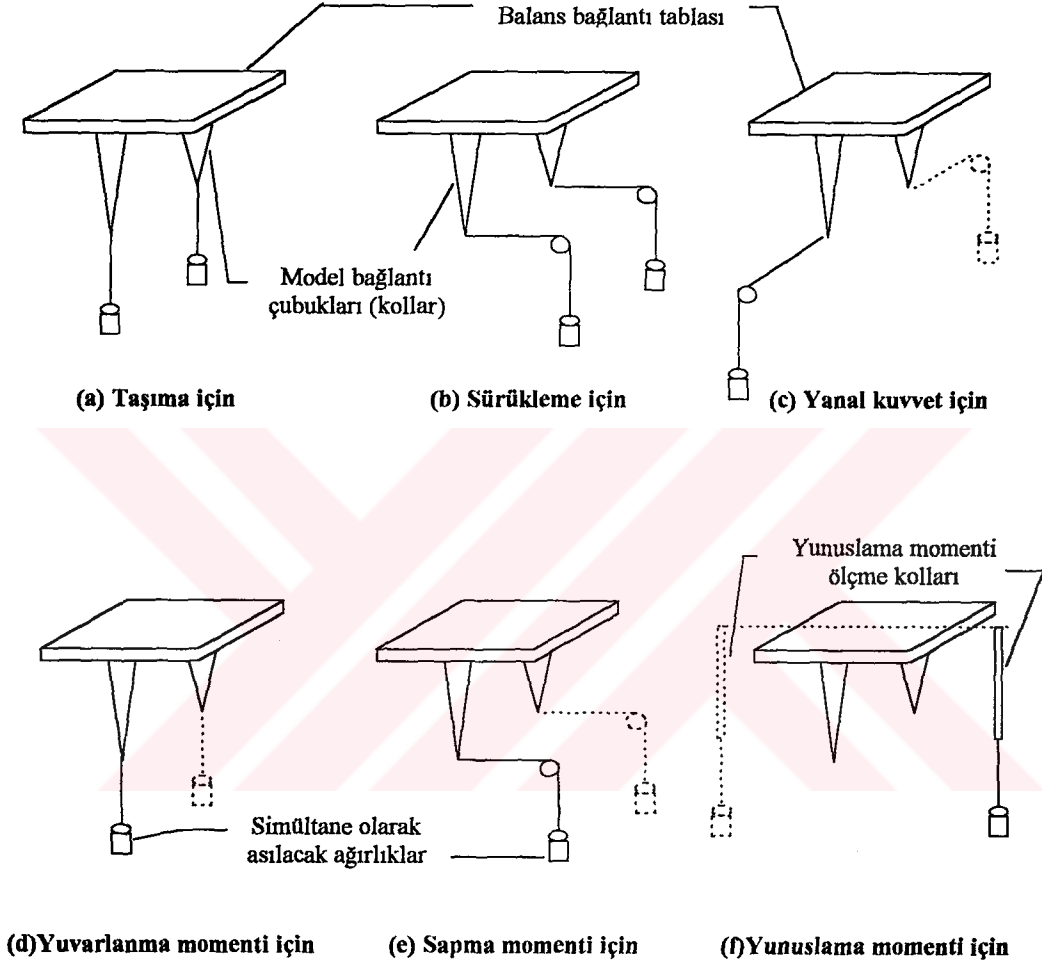
$$R = a \cdot \left[R_M + \sum_{i=1}^n b_i \cdot I_i \right] . \quad (5.1)$$

Buradaki denklemde, R sözkonusu olan herhangi bir bileşeni, R_M ise sadece ilgili kanaldan alınan bilgiyi gösterir. Toplam ifadesindeki I_i geriye kalan diğer kanallardan okunan değerleri ve b_i çarpanı ise etileşim katsayılarını göstermektedir. Genel çarpan a ise o kanalın dönüşüm katsayısıdır. Şayet balans lineer davranmıyorsa buradaki a çarpanı sabit olmak yerine uydurulmuş eğriyi ifade eden bir denkleme dönüşür.

Kalibrasyon sırasında önerilen yükleme sistemi Şekil 5.5' te görülebilir. Yapılan çalışmalar göstermiştir ki, sonuçların güvenilirliği ve iç etkileşimlerin doğru tespiti için, balansa mümkün olan en yalın halde yüklerin uygulanması gereklidir. Araya konacak her bir aparat, kendisinden kaynaklanacak hatalardan (fiziksel hatalar, deformasyonlar) dolayı, özellikle iç etileşimlerde yanlış sonuçlar doğurmaktadırlar.

Unutulmamalıdır ki, kalibrasyon sırasında uygulanacak hassasiyet, daha sonra yapılacak deneyelerin doğruluğu açısından son derece önem taşımaktadır. Malesef çok hassas balans mekanizmalarında, dış etkenlerden, aşırı yüklemelerden ve benzeri etkenlerden dolayı, kalibrasyonun doğruluğu daha evvel anlatılan pratik yöntemlerle

periyodik olarak kontrol edilmeli ve gerekiyorsa yeni bir kalibrasyon yapılmalıdır. Modern sistemlerde bu işlemler bilgisayar aracılığıyla pratik bir hale getirilmiştir.

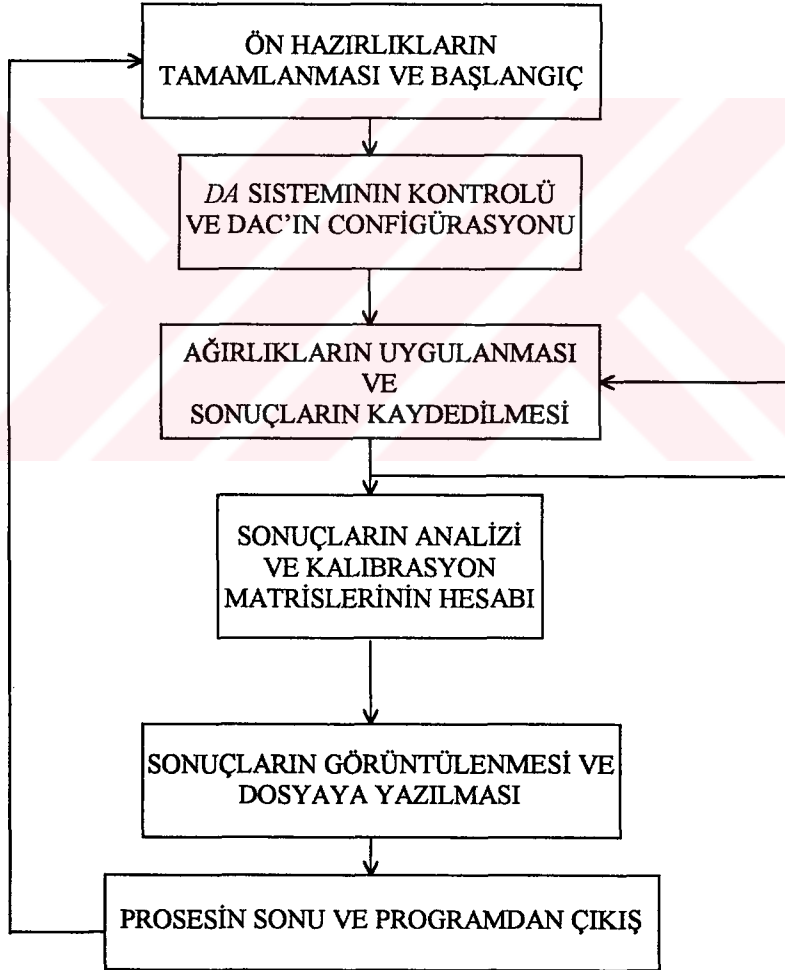


Şekil 5.5 Rüzgar tüneli balansları kalibrasyonu için önerilen güvenilir bir yöntem. Kesikli çizgiler negatif yönleri temsil etmektedirler.

Şayet balans mekanizması aynı zamanda, hücum açısının ve sapma açısının ölçümüne ve kontrolüne de izin veriyorsa, yukarıda anlatılan kalibrasyon işlemleri onlar içinde geçerlidir ve yapılmalıdır. Bu sayede, deneylerin baştan sona uygun bir bilgisayar programı yardımı ile otomatik olarak yapılması mümkün olabilmektedir.

5.4.4.1 Data-acquisition ile kalibrasyon

Tem balansın kalibrasyonu da hazırlanan kalibrasyon programı ile yapılmıştır. Ağırlıkların uygulanması önceki konuda tavsiye edildiği gibidir. İşlem tümüyle bilgisayar programı kontrolünde olduğu için programın blok-akış diyagramı hem programın mantığını izah etmekte hem de kalibrasyonun yapılış aşamalarını göstermektedir.



Şekil 5.6 Kalibrasyon programının ve kalibrasyon işleminin akış şeması.

5.4.5 Kalibrasyon Sonuçları

Yukarıda anlatılanlar ışığında Gümüşsuyu hava tünelineki balans için kalibrasyon da yapılmıştır. Bu kalibrasyon işlemi, gerekli aparatlar hazırlandıktan sonra kullanılan bilgisayar ve data-acquisition sistemi ve geliştirilen programlar sayesinde yarım günde rahatlıkla bitirilebilmiştir. Kalibrasyon sırasında kullanılan ağırlıklar, yukarıda anlatılanlara ışık tutması ve örnek oluşturması açısından EK C de sunulmuştur. Fakat burada, kalibrasyon sonrası elde edilen kalibrasyon denklemleri matrisler halinde sunulacaktır. Denklemler herhangi bir balans için geçerli olup sadece katsayılar duruma özeldir.

Dönüşüm denklemini (Eşitlik 5.1) matrissel olarak şu şekilde yazabiliriz;

$$R = [R_M + R_M.b].a \quad (5.2)$$

Buradaki matrisler şu şekildedir;

(D (sürüklenme) = X, L (taşıma) = Y, M_z = yunuslama momenti, “ M ” ‘indisi , okunan değerleri gösterir. Kullanılan birim ise kg, m, sn’ dir.)

$$R = [M_x, M_z, D, Z, L, M_y] ,$$

$$R_M = [M_x, M_z, D, Z, L, M_y]_M ,$$

ve,

$$a = 110^{-3} \cdot \begin{bmatrix} 0.5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1.2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 8 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 14.2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 26.9 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 5 \end{bmatrix} ,$$

$$b=110^{-3} \cdot \begin{bmatrix} 0 & 27 & -31 & 78 & 0 & 5 \\ 0 & 0 & 6 & -1 & 0 & -1 \\ -1 & -3 & 0 & -21 & 10 & -2 \\ 1 & 1 & 6 & 0 & -10 & -1 \\ 0 & 3 & 0 & 6 & 0 & 0 \\ -1 & -14 & -58 & -80 & 3 & 0 \end{bmatrix}$$

Veya Eşitlik 5.1' e göre dönüşüm denklemlerini ifade etmek istersek;

$$M_x = 5.10^{-4} [M_x + 0.027M_z - 0.031D + 0.078Z + 0.005M_y]$$

$$M_z = 1.2.10^{-3} [M_z + 0.006D - 0.001Z]$$

$$M_y = 5.10^{-4} [M_y - 0.001M_x - 0.014M_z - 0.058D - 0.080Z + 0.003L]$$

$$D = 8.10^{-3} [D - 0.003M_z - 0.021Z + 0.010L - 0.002M_y]$$

$$Z = 1.42.10^{-2} [Z + 0.006D - 0.010L]$$

$$L = 2.69.10^{-2} [L + 0.003M_z + 0.006Z]$$

şeklinde yazabiliriz.

Elde edilen bu kalibrasyon değerlerini kullanarak yapılan denemeler göstermiştir ki, balansın ucuna asılan 10 gr 'lık bir ağırlık bilgisayar ekranından yaklaşık olarak ± 2 gr hassasiyetle okunabilmektedir. Bu değer, ölçülmesi tasarlanan 1-2 kg'lık kuvvetler yanında oldukça iyi sayılabilir. Öte yandan bu tespit yapıldığında balansın kalibrasyon değerleri olarak başka bir mevsimde (yaz) yapılmış kalibrasyon kullanılmıştır. (Tem balansı ve kalibrasyon dataları için Bkz., EK A, EK C)

5.5 Rüzgar Tünellerinde Balans Deneyleri

Rüzgar tünellerinde balans ölçümleri, farklı hücum ve sapma açılarında aerodinamik kuvvet ve momentlerin katsayılarının belirlenmesinden ibarettir. Genel olarak bu tip testlerde, sabit hız adımlarında (sabit Reynolds, ve Mach sayıları) deneyler yapılır.

Bütünüyle veya tek tek bileşenleriyle teste tabii tutulan uçak modellerinin bu testler yardımı ile aerodinamik açıdan en uygun şekillerinin belirlenmesi kolaylaşır. Genel olarak taşıma sürükleme ve yunuslama momenti katsayılarının belirlendiği gibi, hareketli aerodinamik yüzeyler için değişik pozisyonlarda ve şartlarda menteşe momentlerinin elde edilmesi ve uçağın kararlılığın belirlenmesi de söz konusudur.

Deneye hazırlık olarak ilk yapılması gereken kullanılacak modelin boyutlarının belirlenmesidir. Bunun için daha evvelki bölümlerde bahsedilen tünel etkileşimleri ve dinamik benzerlik de göz önünde bulundurularak, test alanı için en uygun ölçüler çıkarılır. Gene dikkat edilmesi gereken noktalardan biri, modelin aslı ile tam geometrik benzerlik de göstermesidir. Yüzey pürüzlülüğü dahi önemlidir.

Daha evvel de belirtildiği gibi, rüzgar tüneli balans deneyleri, peşisıra yapılması gereken bir çok testlerden oluşur. Bu testlerin her birinde sistemin sürekli hale ulaşması için ve balansın kararlı hale gelebilmesi için yeterince beklenilmeli ve gerekiyorsa hiç bir deney koşulunu değiştirmeden ikinci kez veriler alınmalıdır.

5.5.1 Tünel Hızının Ölçülmesi ve Deney Parametrelerinin Tespiti

Deneyler sırasında akım hızını (göreceli hava hızı) hesaplamak için en iyi yöntem statik basınç tüpü ölçümüdür. Bir ucu deney odasında uygun bir yerde diğer ucu ise deney odasının girişindeki dinlenme bölümünde olan U manometre yardımı ile hız tespiti yapılabilir. Bu iki uç arasındaki basınç farkı dinamik basıncı verir (Bernoulli yasası) ve bu ifade de,

$$p_T = p_0 + q , \quad (5.3)$$

$$q = 1/2 \rho U^2 , \quad (5.4)$$

Bu ifadede $\rho = \rho_{\text{hava}}$, q ise U manometreden okunan dinamik basıncı gösterir. Buradan tünel hava hızı U,

$$U = (2.q / \rho_{\text{hava}})^{1/2} . \quad (5.5)$$

şeklinde elde edilir. Havanın yoğunluğu standart atmosfer şartlarında $\rho_{\text{hava}} = 1,2256 \text{ kg/m}^3$ tür. Fakat genelde deney şartlarında bu değerden farklı olacağı için

hesaplanması gereklidir. Bunun için, havanın ideal gaz olduğu kabulü ile,

$$P = \rho \cdot R \cdot T \quad (5.6)$$

$$\rho_{hava} = P_{hava} / (R T_{hava}) \quad (5.7)$$

formülünü kullanabiliriz. R gaz sabiti hava için $R = 287$ alınır. Yapılması gereken deney anındaki hava basıncını ve sıcaklığını tespit etmektir. Formüllerde SI birimleri yani basınç birimi olarak N/m^2 ve sıcaklık olarak da K kullanılmalıdır.

Eşitlik (5.7), (5.5)'te yerine konursa ($U = V_{t\ddot{u}nel}$) ;

$$V_{t\ddot{u}nel} = (2 \cdot q \cdot R T_{hava} / P_{hava})^{1/2} \quad (5.8)$$

Deneyler sırasında, dinamik basıncın U manometresinden h mmHH olarak okunduğu varsayılırsa q 'nun ifadesi şöyledir:

$$q = h \cdot 10^{-3} \cdot \rho_{su} \cdot g , \quad (5.9)$$

Eşitlik (5.9), Eşitlik (5.8)' de yerine konursa;

$$V_{t\ddot{u}nel} = (2 \cdot h \cdot 10^{-3} \cdot \rho_{su} \cdot g \cdot R T_{hava} / P_{hava})^{1/2} \quad (5.10)$$

basit ifadesi elde edilir. U manometrede su ($\rho_{su} = 1000 \text{ kg/m}^3$) kullanılırsa (okuma hassasiyetini arttırmak için manometre eğik tutulabileceği gibi su yerine alkol de kullanılabilir) ve sabitler yerine konursa;

$$V_{t\ddot{u}nel} = 75 \cdot (h \cdot T_{hava} / P_{hava})^{1/2} \quad (5.11)$$

basit formülü elde edilir.

Reynolds sayısı da hesaplanırken dikkat edilmesi gereken noktalar mevcuttur. (2.15)

Eşitliği hatırlanırsa;

$$Re = \rho_{hava} \cdot V_{t\ddot{u}nel} \cdot l / \mu_{hava} , \quad (5.11)$$

şeklindedir. Eşitlikteki l modele ait referans uzunluğu göstermektedir ve genelde akım yönündeki büyüklükler alınır. Şayet, kanat için Reynolds sayısı hesaplanıyorsa c , tüm model için hesaplanıyorsa l_m model uzunluğu alınabilir. Havanın viskozitesi ise $0^\circ C$ ' de $\mu = 1,714 \cdot 10^{-5} \text{ kg/ms}$ olmasına karşın sıcaklığa göre değişmektedir ve

$$\mu_2 / \mu_1 = (T_2 / T_1)^{3/4} \quad (5.12)$$

formülü ile verilir [9]. Sonuç olarak;

$$\mu_{hava} = 2,6 \cdot 10^{-7} (T_{hava})^{3/4} \quad (5.13)$$

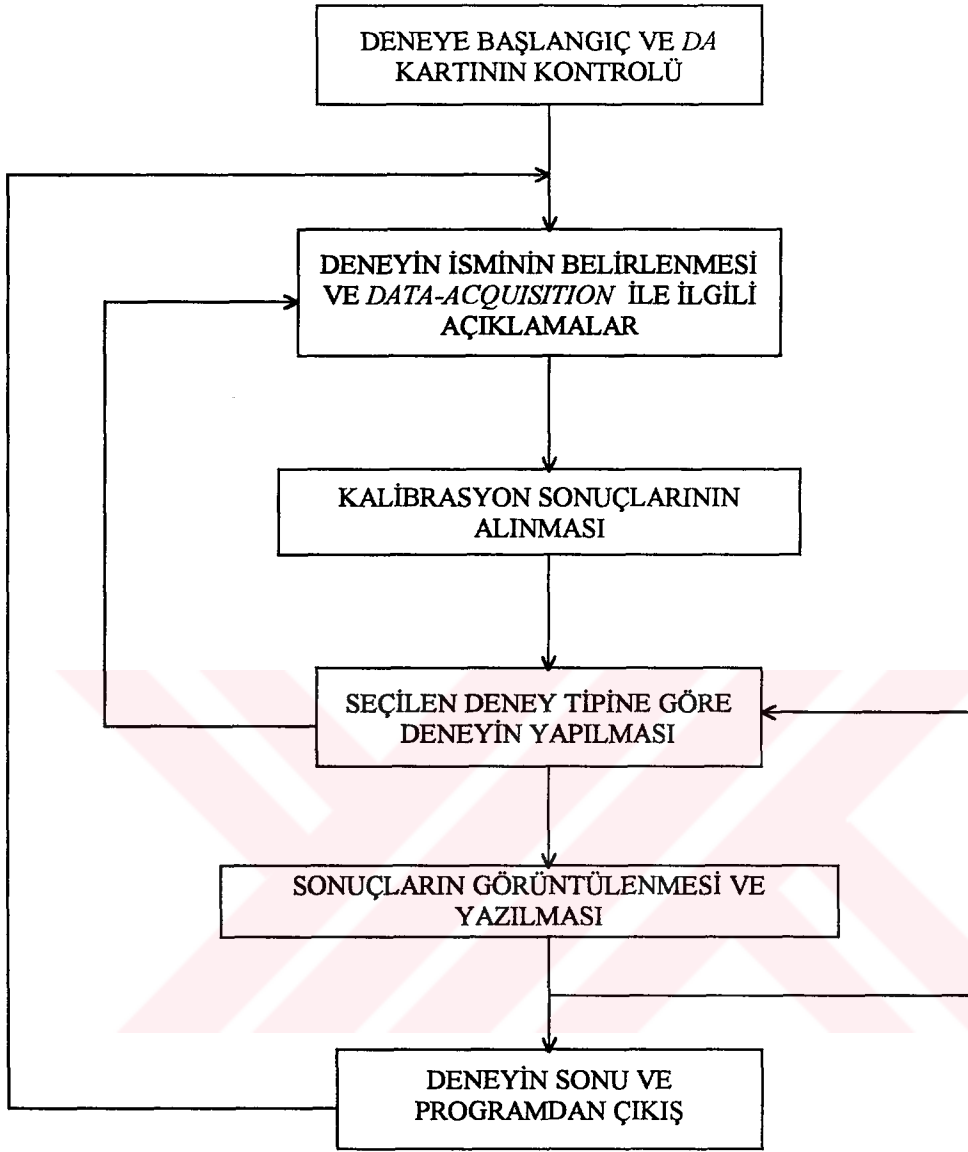
şeklinde elde edilir.

Daha evvel yapılan çalışmalara dayanarak söylenebilir ki yüksek Reynolds sayılarında daha iyi neticeler almak mümkündür. Fakat rüzgar tünellerinin türbülans seviyelerini de göz önünde bulundurmak gerekir. Bundan sonra kısaca Gümüşsuyu rüzgar tüneline kullanılmak üzere yazılmış programlar yardımı ile deney yapılmasından ve sonuçların analizinden bahsedilecektir.

5.5.2 Data-Acquisition Programları ile Deneyler ve Sonuçların Analizi

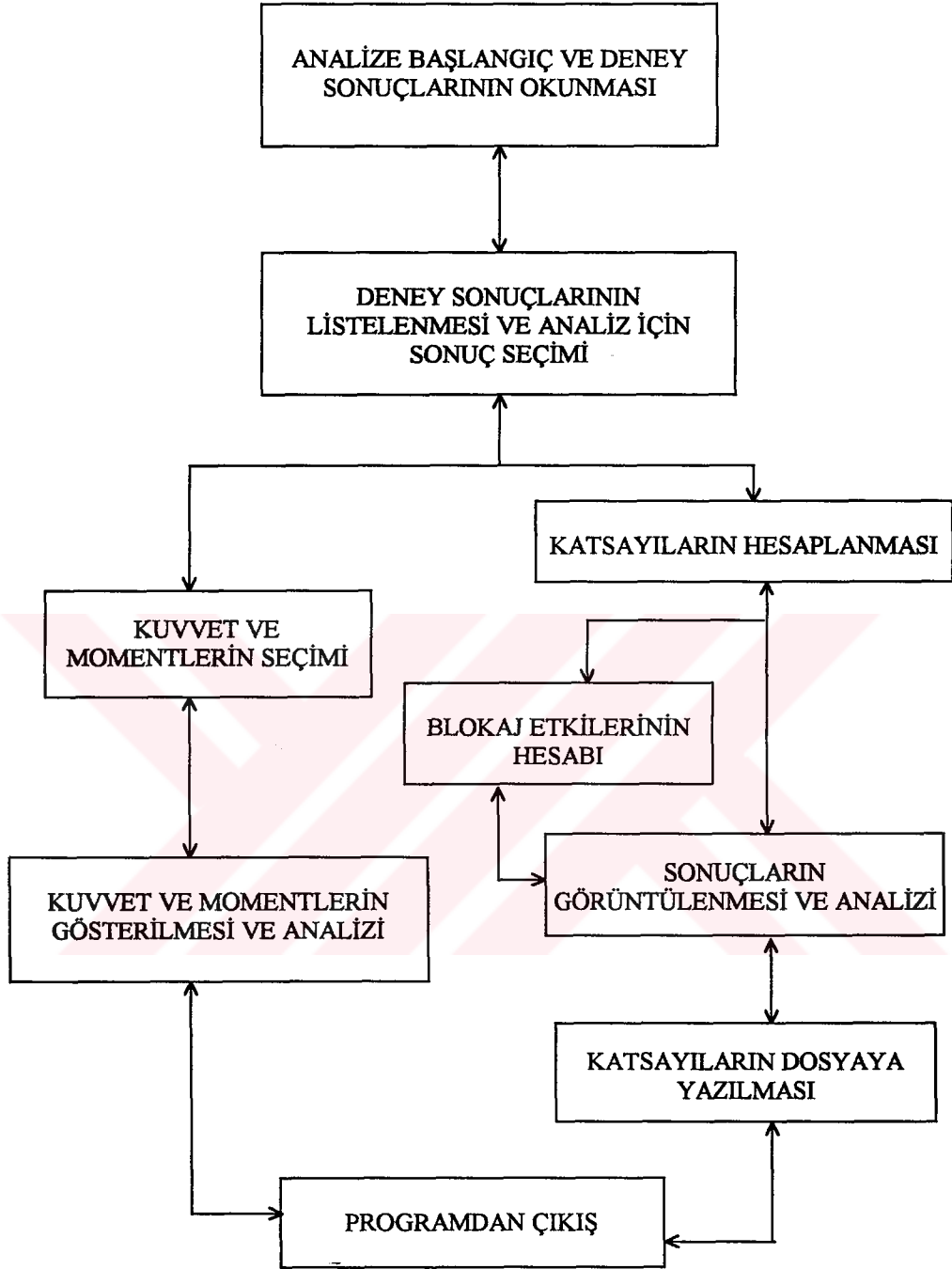
Gümüşsuyu rüzgar tüneli için hazırlanmış olan sistemde, deneyler sırasında da iki ayrı program kullanılmaktadır. Birincisi, deneylerin yapılmasında kullanılan deney programı, ikinciside sonuçların analizinde ve blokaj etilerinin hesaplanmasında kullanılan analiz ve görüntüleme programıdır. Bu programların blok-akış şemaları da deneyin yürütülmesi ile eşdeğerdir ve Şekil 5.7' de deney programının blok-akış şeması, Şekil 5.8' de analiz programının akış şeması görülebilir.

Yapılması gereken, diğer bütün hazırlıklar tanımlandıktan sonra, deney programının kontrolünde deneye başlamaktır. Programların gelişmiş arabirimleri kullanıcının kontrolünü arttırmakta ve etkinliği sağlamaktadır. Bu program daha evvel yapılmış olan kalibrasyon sonuçlarını otomatik olarak alır, ve deney sırasında gerçek zamanda, dönüşümü ve veri akışını sağlayarak, kuvvet ve momentlerin görüntülenmesini sağlar. Ayrıca sonuçlara etki edecek herhangi bir dış parametreyi de programa girmek mümkündür. Kuvvet ve momentlerin gerçek zamanda veya ortalama değerler olarak görüntülenmesi mümkün olmakla beraber, sonuçların daha doğru olması açısından kullanıcının belirleyeceği zaman içerisindeki her bir bileşene ait dataların tümünün ortalaması esastır. Deneyin sonunda sonuçlar gene bir dosyaya anlaşılır bir düzende yazılır. Bu aşamaya kadar kullanılan kuvvet birimi Kg' dır.



Şekil 5.7 Deney programının blok-akış şeması

Son olarak, deney bittikten sonra analiz programı çalıştırılır. Bu program deney sırasında yazılmış dosyadan, deneyle ilgili gerekli tüm bilgileri okur ve gerekiyorsa kuvvet ve momentlerin grafiklerini, tekli veya çoklu grafik olmak üzere, istenilen değişkene bağlı olarak oluşturmaktadır. Aerodinamik katsayıları basınç merkezinin yerini hıza bağlı olarak hesaplar ve değişik opsiyonlarda görüntüler. Aynı zamanda blokaj etkilerini de hesaplayıp sonuçlara ilave eder ve tümünü bir dosyaya anlaşılır bir düzende yazar.



Şekil 5.8 Analiz programının blok-akış şeması (programın akışı çift yönlüdür!)

Bu programlar yazılırken, kullanıcının daha verimli yararlanabilmesi düşünülmüş ve bir takım grafik özelliklerle hem kullanım kolaylığı hemde deneyin kontrolü artırılmıştır (Bkz., EK D, EK E).

BÖLÜM 6

RÜZGAR TÜNELİNDE RPV TESTLERİ

6.1 Giriş

Tez kapsamında hazırlanan ve önceki bölümlerde anlatılan deney sistemin denenmesi ve aynı zamanda yapılmakta olan bir RPV tasarım çalışmasının devamı olması açısından RPV'nin rüzgar tüneli testleri de yapılmıştır. Testlerde kullanılan bu RPV'nin gene bir yüksek lisans tezi kapsamında detay tasarımı ve yapı analizleri yapılmaktadır [10]. Testler sonrasında elde edilen boyutsuz katsayılar ve özellikle tüm uçağa ait polar eğrisi, tasarım aşamasında hedeflenen amaçların sağlanıp sağlanmadığının belirlenmesi için kullanılacaktır.

RPV'ler belli bir paralı yükü olan (genellikle bu yük kamera ve elektronik cihazlardır) ve gözlem amacıyla kullanılan pilotsuz uçaklardır. İngilizce olarak *remotely piloted vehicle* kelimelerinin baş harflerinde oluşur. Diğer bir ismi de UAV olup *unmanned aircraft vehicle* kelimelerinin kısaltılmışıdır. Bilgisayar kontrollu, gelişmiş elektronik teçhizatlarla donatılan, manevra kabiliyeti nispeten düşük bir hava aracıdır. Tasarımında, mümkün olduğunca uzun menzilli olması, kolayca iniş kalkış yapabilmesi ve kalkış pist uzunluğunun kısa olması gibi hedefler amaçlanır. Aynı zamanda asıl görevi olan gözlem ve fotoğraf çekme işlevini belirli bir irtifada yapacağı gözlem uçuşu ile yerine getirebilmelidir. Genelde askeri kuruluşlar tarafından dünya üzerinde gözlem ve bilgi toplamak için günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır ve popüleritesi hızla artmaktadır. Son yıllarda yangın vb. doğal afetlerin tespitinde de Dünya üzerinde kullanılmaya başlanmıştır

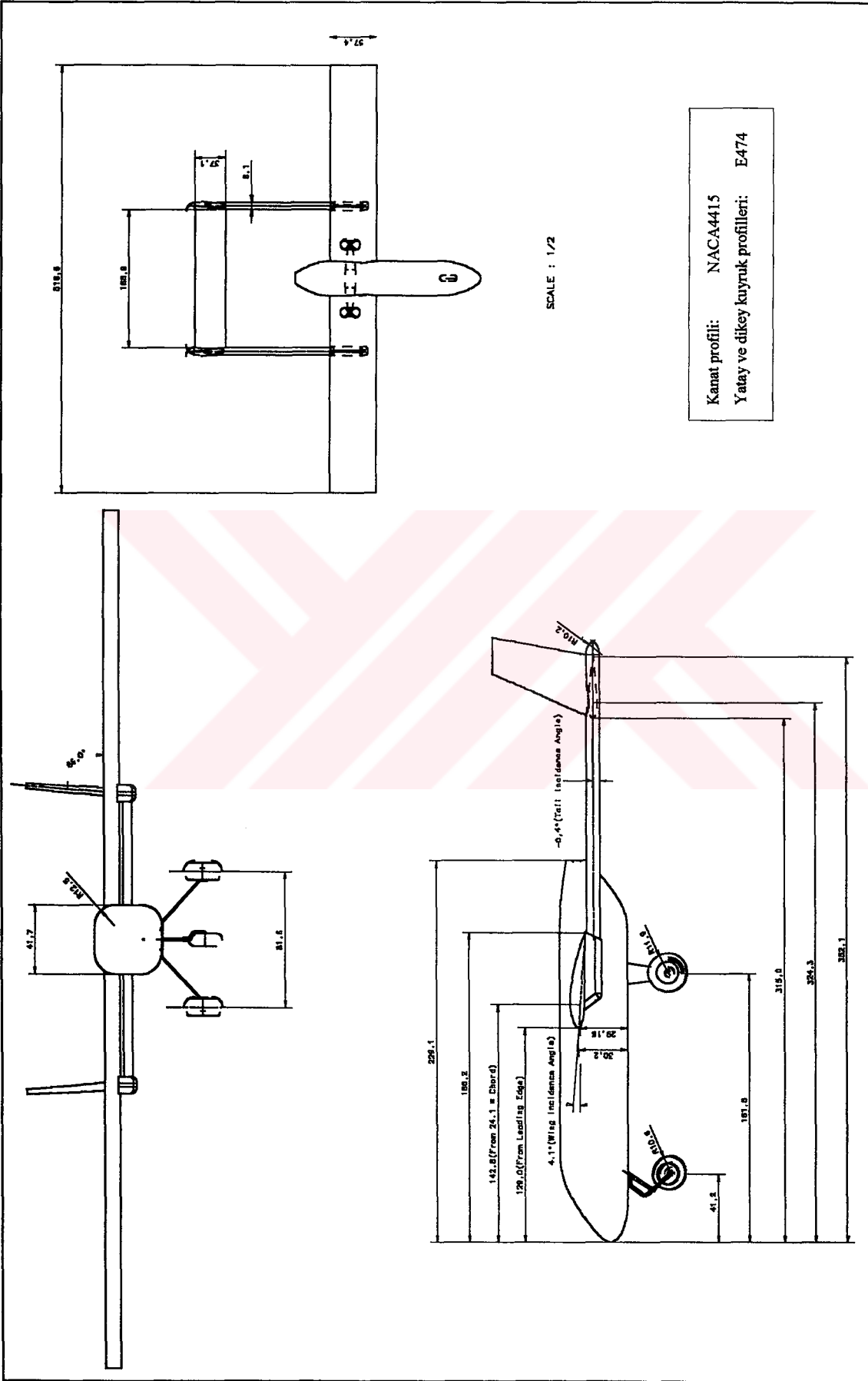
RPV'lerin görevleri ve performans özellikleri tasarım aşamasında hesaba katıldığından ve optimizasyon işlemlerinde bir takım aerodinamik değerler yaklaşık olarak kabul edildiğinden dolayı, sonuçta ortaya çıkan prototip doğal olarak testlere ihtiyaç duymaktadır. Bunun da bu aşamada en iyi yolu rüzgar tüneli testleridir. Bu yüzden tasarım sonucu ortaya çıkan modelin gerçek aerodinamik karakteristikleri, kararlılığı vb. gerekli özellikler rüzgar tüneli testlerinden elde edilecektir.

6.1.1 Deney Öncesi Hazırlık

Deneyler için bu tez kapsamında geliştirilen deney sistemi kullanılmıştır. Bu nedenle önce BÖLÜM 5'te de bahsedilen ve EK D'de ayrıntılarıyla sunulan kalibrasyon programı kullanılarak önce balansın yeniden kalibrasyonu yapılmıştır. Elde edilen kalibrasyon sonuçlarının doğruluğu balans mekanizmasına bilinen yükler uygulanarak kontrol edilmiş ve hassasiyetin 100 gr' taşımada ± 3 gr hata olduğu görülmüştür. Detaylı kalibrasyon sonuçları EK C'de görülebilir. Daha sonra gerek blokaj etkileri gerekse dinamik benzerlik şartları göz önünde bulundurularak modelinin yapılması aşamasına geçilmiştir.

6.1.2 Model

Model, kompozit malzemenin yanısıra balsa kullanılarak imal edilmiştir. Modelin ölçeği, deney odasının küçük olmasından ötürü -blokaj etkilerinin sonuçları geçersiz kılınması ve etkileşimlerin hesaplanabilir düzeyde olması, aynı zamanda model üzerinde yeterince ayrıntıya girebilmek ve Reynolds sayısını yüksek tutabilmek için (Bkz. BÖLÜM 2)- kanat açıklığı 52 cm. olacak şekilde hesaplanmış ve gerçeğinin 1/6'sı olarak alınmıştır. Modelin boyutları tesbit edilirken, deneyden gelen sabit genel deney hatalarının elde edilen sonuçlara oranını küçük tutabilmek için yeterince büyük kuvvet ve momentler üzerinde çalışabilme imkanı sağlamasına da dikkat edilmiştir. Aynı zamanda bu kuvvet ve momentlerin balans mekanizmasının kalibrasyon aralığında kalmasına da dikkat edilmiştir (Bkz. BÖLÜM 5).



Şekil 6.1 Testleri yapılan prototip RPV'nin teknik resmi.

İniş takımları yokken elde edilebilecek performansın tespiti için iniş takımları sökülebilir tarzda yapılmıştır. Testler sırasında modele gelecek kuvvetler kaba bir yaklaşımla tahmin edilmiş ve gerekli mukavemet kompozit yapıyla sağlanmıştır. Ayrıca yüzey sürüklemesini azaltmak için yüzeyin son derece pürüzsüz olmasına dikkat edilmiş ve bittikten sonra boyanmıştır. Modelin detaylı teknik çizimi Şekil 6.1’de görülebilir¹.

6.2 Deneylerin Yapılması

Deneyler, EK D’de kısa bir açıklama ile ekran görüntüleri sunulan deney programı yardımı ile yapılmıştır. EK E’de ise geliştirilen bu programın kaynak kodları bulunabilir.

Yapılan araştırmalar ve rüzgar tüneline limitasyonlar sonucu testlerin yapılacağı tünel hızları *20 m/s, 25 m/s ve 30 m/s olarak* tespit edilmiştir. Bu hızlara denk düşen Reynolds sayılarını hesaplamak için (5.11) eşitliği kullanılmıştır. Ortam şartlarında (296 °K sıcaklık ve 757 mmHg hava basıncı) havanın vizkozitesi (5.13)’ten $\mu_{\text{hava}} = 1,821.10^{-5} \text{ kg/ms}$ olarak, (5.7)’den ise $\rho_{\text{hava}} = 1,1884 \text{ kg/m}^3$ olarak bulunmuştur. Bu bilgilerin ışığında tüm model için Reynolds sayıları hesaplanırsa (*l* referans uzunluğu olarak modelin boyu alındı) $\approx 4,5.10^5$; $\approx 5,7.10^5$; $\approx 7.10^5$ şeklinde olur.

Tünel hızlarının tespiti için ise BÖLÜM 5.5’te de bahsedilen U manometresi kullanılmış ve (5.11) denkleminden yararlanılmıştır. Okunan 296 °K sıcaklık ve 757 mmHg basınç değerleri için:

$$h \text{ (mmAlkol)} = 0,0739.(V_{\text{tünel}})^2 \quad (6.1)$$

denklemine göre U manometre için sağlanması gereken *h (mmAlkol)* yüksekliği sırasıyla *29,7 mm, 46,2 mm ve 66,5 mm* olarak tespit edilmiştir.

* ¹ Prototip RPV I-DEAS’ta modellenmiş ve teknik çizimleri alınmıştır [10].

Deneyler sırasında sabit 0 derece sapma açısında (düşey düzlemde simetrik model), yuvarlanma ve sapma momentleri ile yanal kuvvet değerlerinin ihmal edilebilecek kadar küçük oldukları gözlenmiştir.

6.3 Deney Sonuçları

Deney sonuçlarının incelenmesi ve blokaj etkilerinin hesabı için geliştirilmiş olan analiz programı kullanılmıştır. EK D3’de programın ekran görüntüsü kısa bir açıklaması ve program kodu sunulmuştur.

Kısa sürede yapılabilen testlerin sonuçları oldukça umut vericidir. RPV ye ait boyutsuz katsayılar ve bir takım aerodinamik özellikler elde edilmiştir. İniş takımları yokken yapılan deneyler performansta sağladığı artışı görmek açısından değer taşımaktadır. Öte yandan blokaj etkileri hesaplandığında, sonuçlar üzerinde pek etili olmadığı (yüksek hücum açılarında bile) görülmüştür. Bundan çıkarılacak sonuç Gümüşsuyu Rüzgar Tüneli için bu boyutlarda bir modelin sakıncalı blokaj etkileri oluşturmadığı ve deney sonuçlarının gerçek şartlara uygulanabileceğidir.

Farklı Reynolds sayılarındaki sonuçlar analiz edildiğinde; grafiklerin yaklaşık olarak üst üste düştüğü görülmektedir (Şekil 6.2 - 6.3 - 6.4 - 6.5 - 6.6.). Bu, ulaşılan Reynolds sayılarının yeterince yüksek olduğu anlamına gelir ki, küçük bir ihmalde boyutsuz katsayıların Reynolds sayısı değişiminden bağımsız olduğu kabul edilebilir (zaten deney hızları düşük olduğu için hava sıkıştırılmaz ve sonuçlar Mach sayısından bağımsız kabul edilmiştir.).

Sonuçları model açısından incelediğimizde ise sıfır taşımanın yaklaşık olarak -6° hücum açısında elde edildiği görülür ki kanadın 4° olan oturma açısı göz önünde bulundurulursa dahi, seçilen profilin kamburluğundan kaynaklanan taşımanın oldukça yüksek olduğu görülebilir. Çıkarılan diğer bir sonuç ise yaklaşık 8° hücum açısında modelin oluşturduğu taşımada ani düşüş olduğudur (*stall açısı*) (Şekil 6.2).

Öte yandan iniş takımları olmadığı durumun, özellikle sıfır hücum açısındaki C_D veya C_{D0} sıfır taşıma sürüklenme katsayısında beklenen etkiyi yapmadığı anlaşılmaktadır (Şekil 6.8). Sürüklenme açısından önemli bir nokta ise model bağlantı kollarının etkileridir. Bunları tespit edebilmek için model monte edilmeden önce de deneyler yapılmış ve bağlantı kollarının etkileri genel sonuçlardan çıkarılmıştır. Burada sunulmamakla beraber elde edilen kol etkileri dikkate değerdir ve ihmal edilemez kanısına varılmıştır.

Şekil 6.12'den 6.15'e kadar olan grafiklerde, $V=30$ m/s iken ve iniş takımlarının bağlı olduğu halde, blokaj etkileri açısından düzeltilmiş sonuçlar ilk sonuçlarla beraber görülmektedir. İki durum arasındaki fark gözle görülemeyecek kadar az olmasına karşılık, hücum açısı yükseldikçe biraz hissedilmektedir. Diğer hız adımlarında ve iniş takımları bağlı olmadığı durumda, blokaj etkileri hesaplanmış fakat sonuçlar açısından gereksiz görüldüğünden dolayı sunulmamıştır.

Blokaj etkilerinin hesaplanmasında BÖLÜM 4'te anlatılan yol izlenmiş ve;

$$\varepsilon_s = \tau \left(\frac{A_m}{bh} \right)^{\frac{3}{2}} \frac{1}{\beta^3} \lambda, \quad \tau (=2T/\pi^{1/2}),$$

kanat için $\lambda = \lambda_2$, gövde için $\lambda = \lambda_3$;

$$\varepsilon_W = \frac{1}{4} \left(\frac{S}{bh} \right) \left(\frac{1 + 0.4M^2}{\beta^2} \right) C_{D0},$$

$$\varepsilon_B = \varepsilon_s + \varepsilon_W,$$

boyutsuz büyüklüklere düzeltmeler:

$$\Delta C_A = -(2 - M^2) C_A \varepsilon_B,$$

burada C_A , sürüklenme katsayısı hariç diğer boyutsuz kuvvet ve moment katsayıları olabilir.

$$\Delta C_D = -(1 + 0.4M^2) \varepsilon_s C_{D0} - (2 - M^2) \varepsilon_B C_D,$$

ifadeleri modelin geometrisine daha uygun kabul edilip kullanılmıştır..

RPV için aşağıdaki değerler;

$$c \approx 5,8 \text{ cm}; \quad S \approx 301 \text{ cm}^2; \quad 2s \approx 52 \text{ cm}$$

$$t \approx 8,7 \text{ mm}; \quad l \approx 35,2 \text{ cm}; \quad t_m \approx 12 \text{ cm}; \quad f = 2,9$$

$$b = 1,1 \text{ m}; \quad h = 0,8 \text{ m}$$

$$V \approx 538,2 \text{ cm}^3$$

$$V_w = 2s.c.t.0,75 \approx 195 \text{ cm}^3$$

$$T \approx 0,755$$

$$\lambda_w \approx 3,5$$

$$\lambda_b \approx 2,1$$

$$\tau \approx 0,85$$

$$Am_{kanat}(\alpha) \approx 2s.t.|Cos\alpha| + |S.Sin\alpha|$$

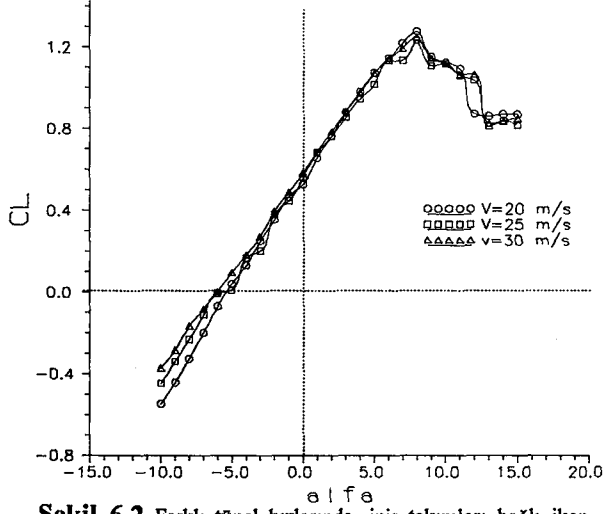
$$Am_{gövde}(\alpha) \approx Am_{kanat}(\alpha) / 2$$

$V = 30 \text{ m/s}$ için yerlerine konmuş ve hücum açısına bağlı olarak blokaj etkilerinin Şekil 6.12'den 6.15' e kadar olan sonuçları elde edilmiştir.

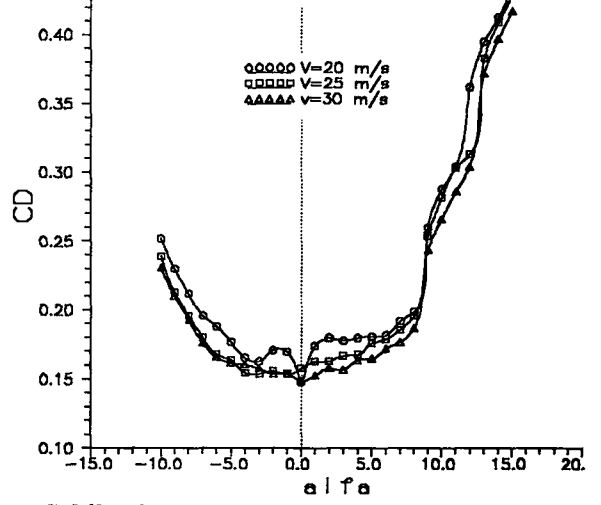
Testler genel olarak -10° ile $+20^\circ$ arasında birer derece artırımlarla yapılmıştır ve elde farklı hücum açılarında edilen dataların birbirleriyle olan uyumundan ve sürekliliğinden gerek hücum açılarının nispeten doğru ayarlandığı ve gerekse deney sonuçlarının güvenilir olduğu sonucuna varılabilir. Buna benzer başka çalışmalarla elde edilen sonuçlar kıyaslandığı zaman [11, 12], sonuçların karakteristiklerinin birbirine oldukça benzediği görülür.

Elde edilen bir olumsuz sonuç modelin sıfır taşıma katsayısının olması gerekenden biraz daha yüksek ($C_{D0} \approx 0.12$) çıkmış olmasıdır. Bunun nedeni de uçağın geometrisine ve yüzey sürüklemesine bağlanmıştır. C_{D0} 'ın daha düşük değerlere çekilmesi için bir takım modifikasyonların yapılması düşünülmektedir.

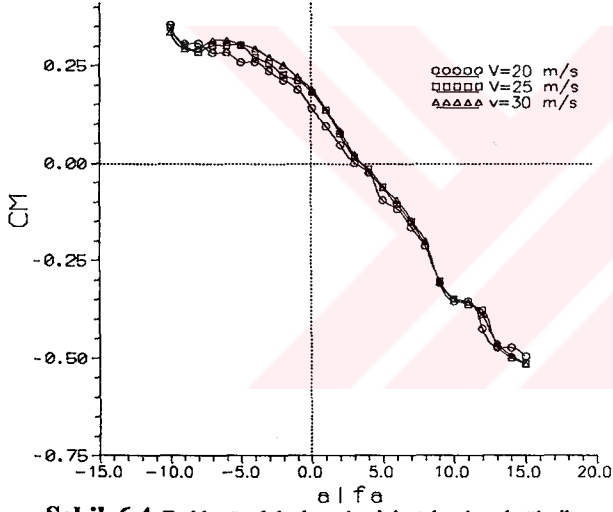
Yorumlanmakta güçlük çekilen bir sonuç ise basınç merkezinin (XC_P) yeridir (Şekil 6.5, 6.10). Bu değerler, özellikle küçük negatif hücum açılarındakiler tamamiyle modelin geometrisine ve iniş takımlarına (Şekil 6.10) bağlanmıştır.



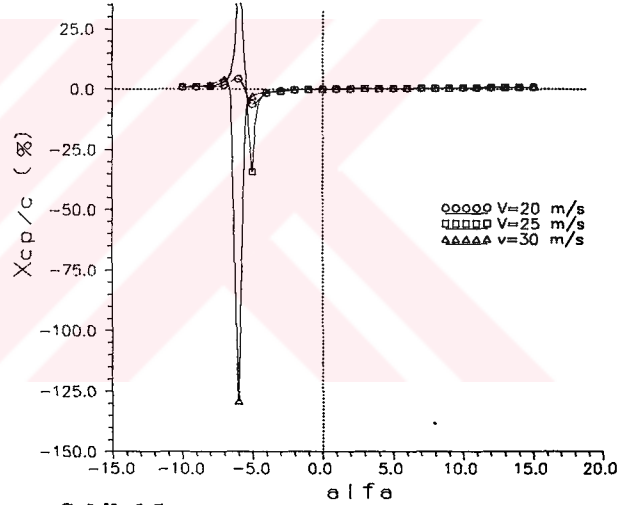
Şekil 6.2 Farklı tünel hızlarında, iniş takımları bağlı iken, model için elde edilen taşıma katsayısının hücum açısına göre değişimi.



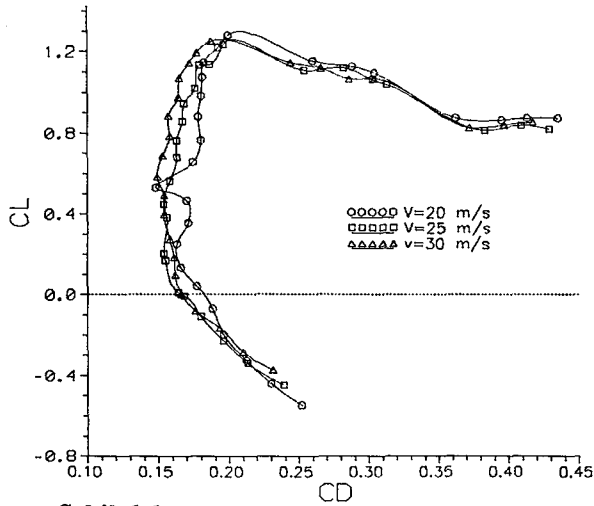
Şekil 6.3 Farklı tünel hızlarında, iniş takımları bağlı iken, model için elde edilen sürüklenme katsayısının hücum açısına göre değişimi.



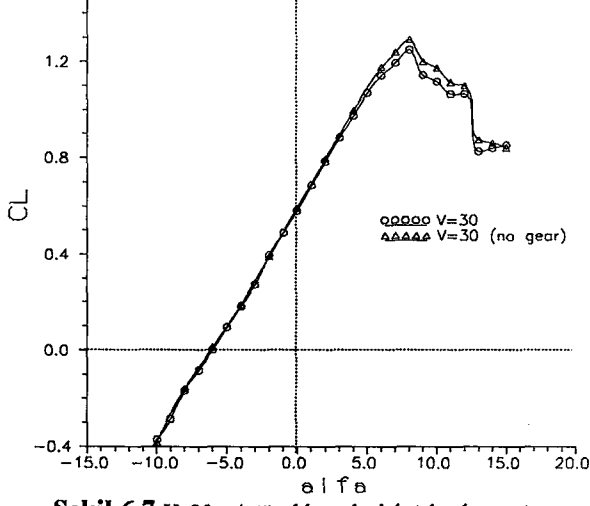
Şekil 6.4 Farklı tünel hızlarında, iniş takımları bağlı iken, model için elde edilen yunuslama momenti katsayısının hücum açısına göre değişimi.



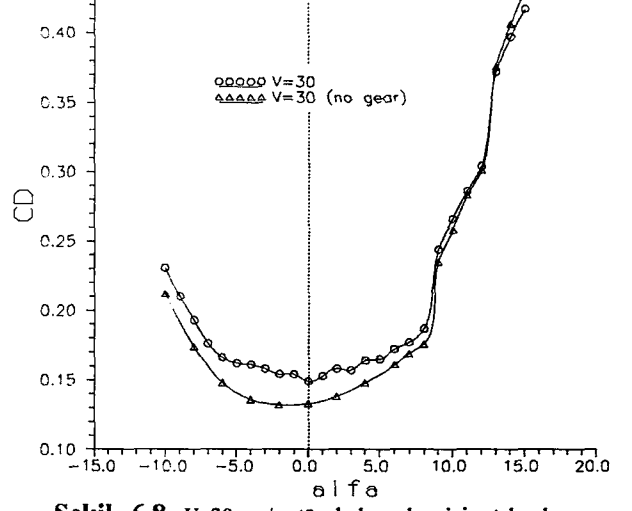
Şekil 6.5 Farklı tünel hızlarında, iniş takımları bağlı iken, modelin basınç merkezinin hücum açısına göre değişimi.



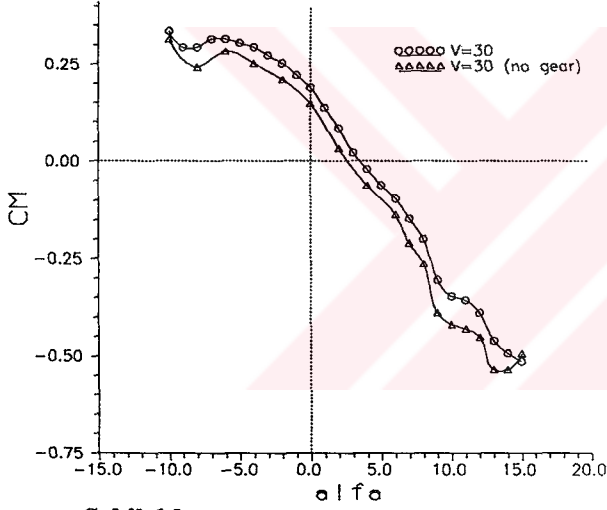
Şekil 6.6 Farklı tünel hızlarında, iniş takımları bağlı iken, model polar eğrisinin hücum açısına göre değişimi.



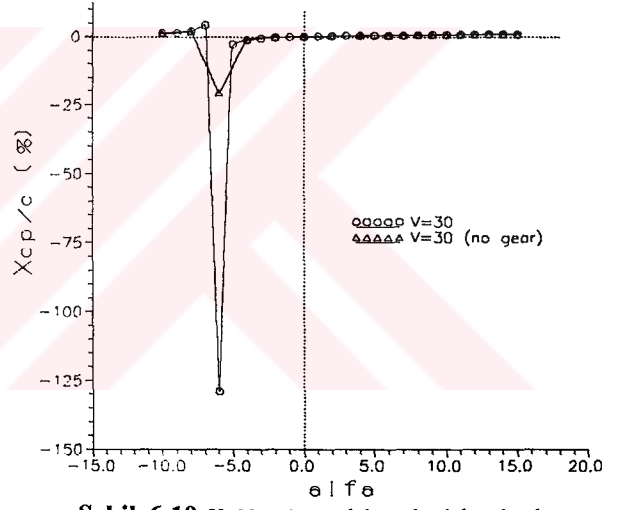
Şekil 6.7 $V=30$ m/s tünel hızında, iniş takımlarının taşıma katsayısına etkisi.



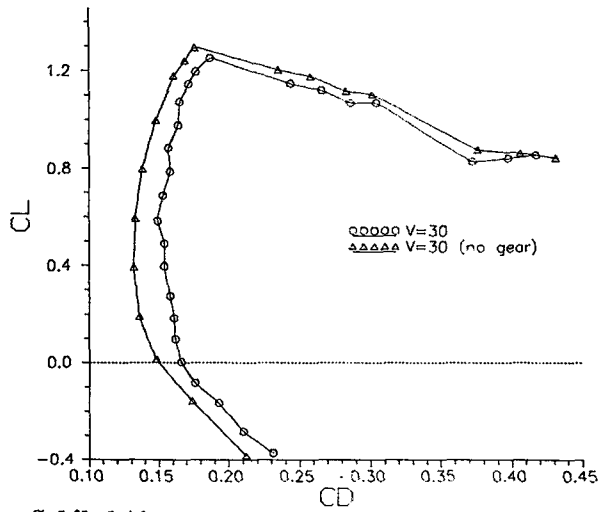
Şekil 6.8 $V=30$ m/s tünel hızında, iniş takımlarının sürüklenme katsayısına etkisi.



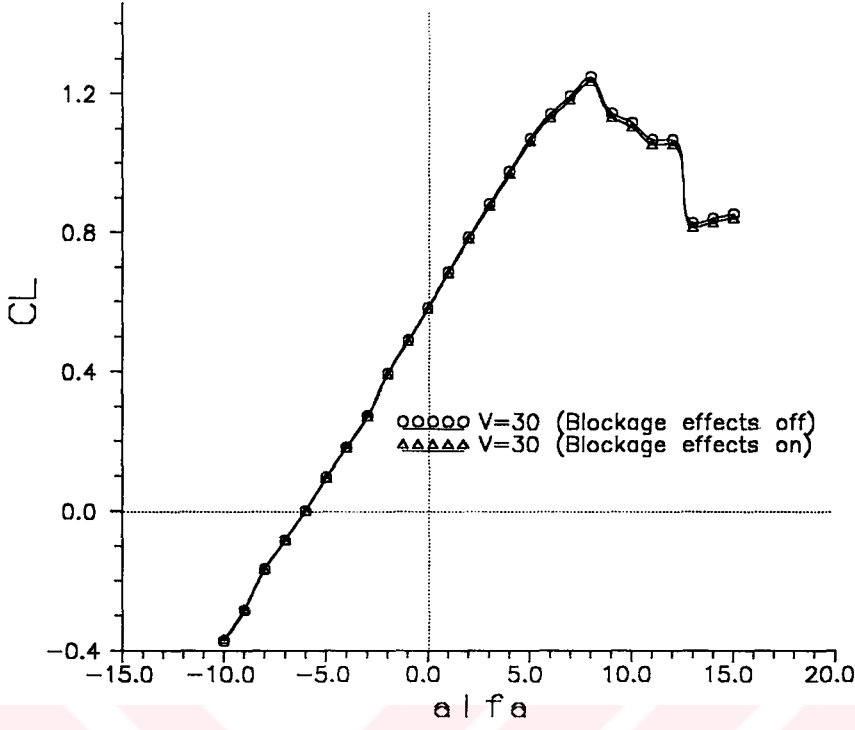
Şekil 6.9 $V=30$ m/s tünel hızında, iniş takımlarının model yunslama momenti katsayısına olan etkisi.



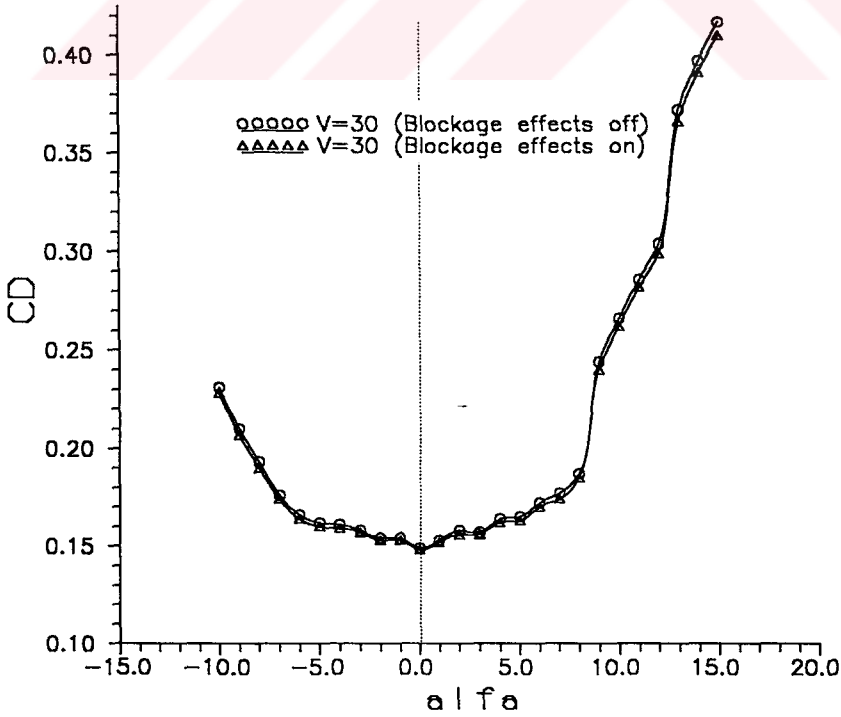
Şekil 6.10 $V=30$ m/s tünel hızında, iniş takımlarının model basınç merkezine olan etkisi.



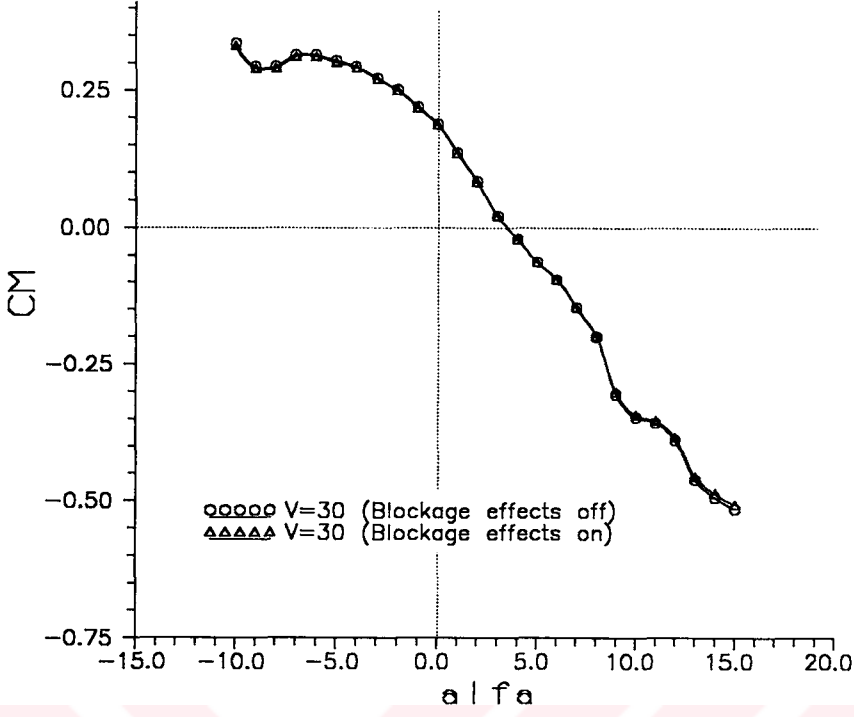
Şekil 6.11 $V=30$ m/s tünel hızında, iniş takımlarının model polar eğrisine etkisi.



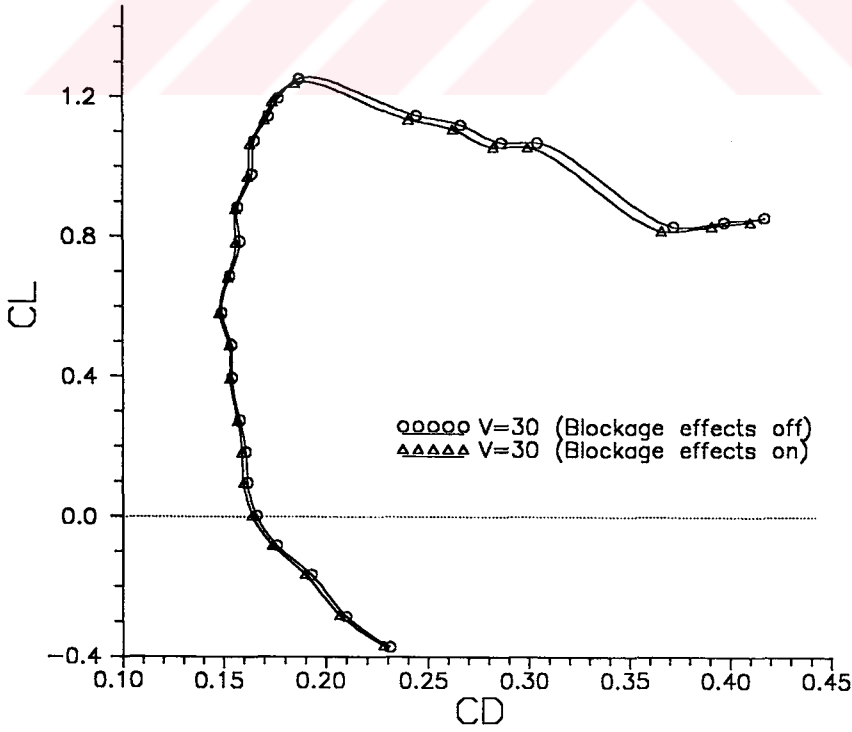
Şekil 6.12 $V=30$ m/s hızda, blokaj etkilerinin taşıma katsayısı üzerinde etkisi.



Şekil 6.13 $V=30$ m/s hızda, blokaj etkilerinin sürükleme katsayısı üzerinde etkisi.



Şekil 6.14 $V=30$ m/s hızda, blokaj etkilerinin yunuslama moementi katsayısı katsayısı üzerinde etkisi.



Şekil 6.15 $V=30$ m/s hızda, blokaj etkilerinin polar eğrisi üzerinde etkisi.

SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Yapılan bu yüksek lisans tez çalışmasında, günümüzün deney metodları arasında bilgisayarla kontrolün ve data-aktarım tekniklerinin ne kadar önemli bir yer tuttuğu bir kez daha anlaşılmıştır. Gümüşsuyu Rüzgar Tünelinde uygulanmaya çalışılan bu yeni deney sistemi pratikliği ve güvenilirliği açısından son derece başarılı olmuştur. Yeni teknikle balans mekanizması kullanılarak yapılan deneyler tüm sonuçların alınması dahil saatler mertebesine indirilmiştir.

Bu amaçları gerçekleştirebilmek için 3 ayrı bilgisayar programı geliştirilmiştir. Böylece deney öncesi bileşenli balansın tüm bileşenlerinin kalibrasyonu gibi rutin işlemler kolay ve standart hale getirilmiş, deneyler sırasında gerekli büyüklüklerin tespiti ve ölçümlerin yapılması otomatikleştirilmiş ve deney sonrası gerekli analizlerin ve düzeltmelerin (blokaj etkisi) çabucak yapıp sonuçların görsel bir biçimde incelenmesi sağlanmıştır. Daha önemlisi oluşturulan bu sistem herhangi bir modele veya deneye göre değil genel kurallara tasarlanmıştır.

Çalışmanın devamı olarak yapılan, bir RPV'nin aerodinamik testleri hem bir örnek olması açısından hem de RPV tasarım çalışmalarına katkısı açısından önem taşımaktadır. RPV ile ilgili elde edilen sonuçlar BÖLÜM 6'da detaylarıyla incelenmiştir. Deneysel sonuçlar açısından, üzerinde çalışılan Gümüşsuyu Rüzgar tüneli için model bağlantı kollarının etkilerinin ihmal edilemeyeceği, blokaj etkileşimlerinin ise daha küçük modeller için ihmal edilebileceği gibi sonuçlar ortaya çıkmıştır. Bu testler sırasında da tasarlanan sistemin amaçlanan tüm ihtiyaçlara cevap verip vermediği, sonuçların güvenilirliği ve yöntemin pratikliği sınanmıştır ve sonuç oldukça olumlu bulunmuştur. Daha genel bir sonuç ise elde edilen data-aktarım sisteminin başka ortamlarda da, küçük adaptasyonlarla kullanılabileceğidir.

Çalışmanın devamı açısından modelin hücum açısının ve sapma açısının kontrolü de program yardımı ile bilgisayar tarafından yapılmasını sağlayacak bir geliştirme yapılmasının uygun olacağı düşünülmektedir. Bunun, çok fazla ölçüm yapılmasını gerektiren nispeten uzun deneyler sırasında, sağlayacağı otomasyon ile deneyleri son derece kısıltacağı kesindir.



KAYNAKLAR

- [1] **PANKHURST, R. C., and HOLDER D. W.,** Wind Tunnel Technique, Sir Isaac Pitman & Sons, Ltd., 1952.
- [2] **GORLIN, S. M., and SLEZINGER, I. I.,** Wind Tunnels And Their Instrumentation, Translated from Russian, Moskva, 1964.
- [3] **AGARD,** No.109, by Garner, H. C., Rogers, E. W. E., Acum, W. E. A., and Maskell, E. C., Subsonic Wind Tunnel and Wall Corrections, 1966.
- [4] **POPE, ALAN, M. S.,** Wind Tunnel Testing, New York, John Wiley & Sons, Inc. Chapman & Hall, Limited, London, 1947.
- [5] **AGARD,** Report No.692, Wind Tunnel Corrections For High Angle Of Attack Models, 1981.
- [6] **AGARD,** Conference Proceedings No.348, Wind Tunnels and Testing Techniques, February 1984.
- [7] **PCL-818** High Performance Data Acquisition Card, User's Manual, 1990.
- [8] **TEM ENGINEERING LIMITED,** Calibration Report, Model 158 Six-Component Wind Tunnel Balance, England, 1977.
- [9] **YÜKSELEN, M. A.,** Aerodinamik Ders Notları, Hava Harp Okulu, 1993.
- [10] **ÇETİN, GÜRHAN,** İnsansız Hava Aracı Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, Haziran (1995).
- [11] **YIP, L. P., FRATELLO, D. J., and ROBELEN, D. B., , and MAKOWIEC, G. M.,** Wind-Tunnel and Flight Tests of a Delta-Wing RPV, NASA, Vignyan Research, Virginia, J. AIRCRAFT.
- [12] **STOLLERY, J. L., and DYER, D. J.,** Wing-Section Effects on the Flight Performance of a Remotely Piloted Vehicle, College of Aeronautics, England, U. K., J.AIRCRAFT.

EKLER

EK A TEM BALANSI (MODEL 158)

Tem Balansının Temel Özellikleri

- (1) TEM balansı kullanılarak üç kuvvetin (taşıma, sürüklenme ve yan kuvvet) ve üç momentin (yunuslama, sapma ve yalpa) birbirinden bağımsız olarak ölçülmesi mümkündür.
- (2) Balans değişik birim sistemlerine göre kalibre edilebilen oldukça geniş yükleme aralıklarına sahiptir.
- (3) Bilinen tüm mühendislik uygulamaları için yeterli hassasiyette sonuç almak mümkündür. Tablo A.1' deki değerler artık etkileşimler çıkarıldıktan sonra ve sıcaklığın da ± 2.5 'C dereceden daha fazla değişmemesi kaydıyla, yapılan ölçümler sırasında elde edilebilir.
- (4) Bileşenler arasında oluşan etkileşimlerin çoğu fabrikasyon kalibrasyonu sırasında yok edilmiştir. Geriye kalan etkileşimler %1 'e ayarlanmıştır ve artıklar etkileşimlerde belirlenmiştir.
- (5) Her bir balans için ayrı ayrı fabrikasyon kalibrasyonu yapılmış ve rapor hazırlanmıştır.
- (6) Tam kapasiteli yükleme halinde bile her bir kanaldan 1V doğru gerilim değerinde kararlı elektriksel çıkış elde edilir.
- (7) Balansın koordinat eksenleri için uygun tanımlama yapılmıştır. Bütün ölçümlerde, modelle birlikte sapma hareketini yapan fakat yunuslama hareketini yapmayan bir eksen referans alınmıştır.
- (8) Hücum açısının motor kontrol aralığı ± 40 , sapma açısının motor kontrolü ise -115 ile +225 derece arasındadır. Balans bu sıcaklık değerlerin dışına çıkarılmamalıdır.
- (9) Bu balans hava tüneli üzerine monte edilmeye elverişlidir. Deneyler sırasında tavsiye edilen minimum test alanı boyutları; genişlik 1200 mm yükseklik ise 670 mm

olacak şekildedir.

(10) Yük sınırları, istenirse Tablo A.1' de verilen standart değerlerin dört katına kadar genişletilebilir.

Tablo A.1 Tem balansı için değişik birim sistemlerine göre standart yük sınırları ve hata oranları

Bileşen	S.I.	METRIC	IMPERIAL	hata(percent of full range)
LIFT	0-220 N	0-23 kgf	0-50 lbf	-/+0.1 %
DRAG	0-67 N	0-7 kgf	0-15 lbf	-/+ 0.1 %
SIDE	-/+135 N	-/+13.5 kgf	-/+30 lbf	-/+0.25 %
PITCH	-/+11 Nm	-/+1.1 kgf m	-/+100 lbf in	-/+0.1 %
ROLL	-/+3.5 Nm	/+0.35 kgf m	-/+30 lbf in	-/+0.25 %
YAW	-/+3.5 Nm	-/+0.35 kgf m	-/+30 lbf in	-/+0.25 %

Kullanım Gereksinimleri

Her bir altı bileşen için Model 158 balansı içerisine yerleştirilen çeviricilerin, yaklaşık olarak 1V değerinde çıkış gerilimi vardır. Bu değer, bileşenin maksimum değerindeki ölçüm için geçerlidir. Balans üzerine yerleştirilen iki potansiyometreden alınan iki geribesleme işareti, modelin sapması ve hücum açısı hakkında bilgi verir.

Bahsedilen bu sekiz işaret basit bir analog voltmetrede görülebilir. Fakat bu, balans yapımından kaynaklanan bozuklukları artırır ve sonuçların kesinliğini azaltır. Daha ileri işlemleri gerçekleştirmek için sayısal göstergeler kullanılabilir.

Yük Kapasitesi ve Yönleri

Balans; taşıma, sürüklenme, yan kuvvet, yunuslama momenti, yalpa momenti ve sapma momentinden oluşan altı bileşeni, modelle birlikte sapma yapan fakat yunuslama hareketi yapmayan bir referans eksen takımına göre okur.

Kuvvet ve momentler için yön kabulü, balansa bağlanan modelin taşması aşağıya doğru pozitif kabul edilerek yapılır. Buna göre pozitif yük ve momentler, '0' sapma açısında duran model için Tablo A.2' deki gibidir.

Modelin, modifikasyonların, düzeltme faktörlerinin ve etkileşimlerin yönlerine göre yapılması gerekir. Bu yüzden tünele doğru olarak tutturulmalıdır.

Tablo A.2 Yön tayini

Bileşen	Pozitif yön
Taşıma	<i>Aşağıya doğru</i>
Sürükleme	<i>Akım yönünde</i>
Yan kuvvet	<i>Modelin sancak yönü</i>
Yunuslama momenti	<i>Pozitif hücum açısı oluşturacak yönde</i>
Yalpa momenti	<i>Modeli sancak tarafına yatıracak şekilde</i>
Sapma momenti	<i>Sancak tarafını geri çekecek yönde</i>
Hücum açısı	<i>Model burun aşağı yönde</i>
Sapma açısı	<i>Modelin sancak tarafını geri çekecek yönde</i>

Kullanım Sınırları

Rapordaki temel kavram ve prosedürleri tanımlamaya yardımcı olmak amacıyla kullanılabilecek bir diyagram Şekil 1'de verilmiştir. Bu diyagram balansın, test bölgesinin eksenine göre yatayda dönmesine izin veren bir tablaya monte edilmiş olan ana gövdeden oluştuğunu gösterir. Modele balansın live portionuna monte edilmiş bir sistemle yunuslama hareketi verilebilir. Aynı zamanda model, balansa eklenmiş bir sistem sayesinde yunuslama hareketine tabi tutulabilir. Bu sırada sistem modelle birlikte yunuslama hareketi yapabilir fakat sapma hareketi yapamaz.

- * Not: Model balansa bağlanırken kuyruk dikmesinin modelin kuyruğuna birleştirilmesinde dikkat edilmelidir. Bu, modelin paralel hareketini sağlar ve yunuslama momentinin düzgün olarak ölçülebilmesi için gereklidir.

Özel Durum

Kalibrasyon sırasında, elde edilen sonuçları okumadan önce balansın hafifçe titretildiği unutulmamalıdır. Bunun sebeplerinden birisi, bağlantı kollarının kenarlarındaki delinmeyi azaltmaktır. Delinmeyi mümkün olduğu kadar azaltmak ve tekrarlanabilirliği sağlayabilmek için, modelin bağlantı kollarına yerleşiminin iyi tasarlanması gerekir.

Yapıdaki vidaların kilitlenmesi, konunun dışındaki birisinin yapı ile uğraşması sonucu balansın yeniden kalibre edilmesinin gerekmemesi içindir. Benzer şekilde, yük

eviricilerinin aşırı yüklenmelerini engellemek için de özen gösterilmelidir. Özellikle modelin yerleştirilmesi sırasında buna dikkat edilmelidir. Tutturma vidaları, moment ve kuvvet tablalarının köşelerine yerleştirilir, böylelikle bu tablaların yüzeye sabitlenmeleri sağlanmış olur. Modelin yerleştirilmesi sırasında ve balansın uzun bir süre kullanılmadığı zamanlarda jakların hafifçe vidalanması yerinde bir harekettir.



EK B PCL-818 DATA-ACQUISITION KARTI

Tanıtım

PCL-818 yüksek performanslı, hızlı, çok fonksiyonlu ve IBM uyumlu PCler için programlama kabiliyeti olan bir data acquisition kartıdır. Bu kartla, yüksek hızda 16 ayrı kanaldan veri alıp bunları işlemek ve değerlendirmek mümkündür. Bu yüzden endüstride ve laboratuvarlarda data-acquisition; proses kontrol, test ve fabrika otomasyonları konusunda kullanılabilir.

Kartın sahip olduğu anahtar (key) özellikler

(a) 16 single-ended veya 8 differential analog giriş kanal konfigürasyon seçimi

(b) Endüstriyel standarda uygun 12 bit dönüştürücü. Maksimum A/D örnekleme hızı DMA (Direct Memory Accessing) modunda 100kHz'dir.

(c) Analog input *range* kontrolünün iki şekli vardır:

Local (bölgesel) mod : Seçenekler anahtarla seçilebilir ve tamamıyla PCL-718 uyumludur. Tüm kanallar standart ek bir *range*' e sahip olabilir.

Remote mod : Program vasıtasıyla kontrol edilebilir. Böylece her kanal kendi *range*'ine sahip olabilir ve bunlar board üzerindeki RAM'da saklanır.

(d) Anahtarla veya program yardımıyla yerleştirebilecek *range* ' ler şunlardır:

Bipolar:	$\pm 0.5V$	$\pm 1V$	$\pm 2.5V$	$\pm 5V$ - $\pm 10V$
Unipolar:	$0-1V$	$0-2V$	$0-5V$	$0-10V$

Bu *range* ' ler remote modda iken bir RAM üzerinde saklanır ve böylece bu özellik PC-818'e, program yardımı olmaksızın her kanalın *range*'ini otomatik olarak değiştirebilme özelliğini sağlar.

(e) Üç türlü tetikleme mekanizması vardır:

- Program yardımıyla
- Pacer tetikleyici
- Harici darbe tetikleyici

Analogdan sayısal dönüştürülen bilgi, ya program kontrolü ile ya da DMA ile transfer edilir.

I/O Port Address Map

Location	Read	Write
PORT+0	<i>A/D low byte channel</i>	Software A/D tetikleme
PORT+1	<i>A/D high byte</i>	A/D range kontrol
PORT+2	<i>Maximum scan channel</i>	Maksimum scan channel and range control pointer
PORT+3	<i>D/I byte</i>	D/O low byte
PORT+4	<i>N/A</i>	D/A 0 low byte
PORT+5	<i>N/A</i>	D/A 0 high byte
PORT+6	<i>N/A</i>	D/A 1 high byte
PORT+7	<i>N/A</i>	D/A 1 high byte
PORT+8	<i>Status</i>	Clear interrupt request (kesme isteğini temizle)
PORT+9	<i>Control</i>	Control
PORT+10	<i>N/A</i>	Counter enable
PORT+11	<i>D/I high byte</i>	D/O high byte
PORT+12	<i>Counter 0</i>	Counter 0
PORT+13	<i>Counter 1</i>	Counter 1
PORT+14	<i>Counter 2</i>	Counter 2
PORT+15	<i>N/A</i>	Counter control

EK C TEM BALANSI KALİBRASYON SONUÇLARI

5/31/94 tarihinde Gümüşsuyu rüzgar tüneline, Tem balansı için daha evvel anlatılanlar doğrultusunda yapılmış bir kalibrasyonda, kullanılan ağırlıkların listesidir. Kalibrasyon için TEMCALIB isimli kalibrasyon programı kullanılmıştır. Listenin sonunda kalibrasyon sonuçlarını gösteren bir dosya örneği de mevcuttur.

Name of this file : BALANCE.CLB UNITS : Kg, m
Date of calibration : 05-31-1994
Time of calibration : 17:30:04

CALIBRATION OF LIFT

kg/kgm	roll	pitch	drag	side-f	lift	yaw
0.050	-0.0	-0.0	-0.0	0.0	1.9	0.0
0.100	0.1	-0.0	-0.0	0.0	3.8	0.0
0.250	0.1	-0.0	-0.1	0.2	9.3	-0.0
0.500	-0.1	-0.1	-0.2	0.3	18.6	-0.2
0.750	-0.2	-0.0	-0.4	0.4	27.7	-0.4
1.000	-0.8	-0.0	-0.5	0.4	37.1	-0.4
1.500	-0.3	-0.0	-0.7	0.6	55.5	-0.4
2.000	-0.4	-0.0	-0.9	0.8	73.8	-0.2
2.500	0.6	-0.0	-1.1	0.8	92.5	0.4
3.000	0.5	-0.0	-1.2	0.9	110.9	0.4
4.000	0.2	0.0	-1.6	1.2	147.8	0.6

CALIBRATION OF SIDE-FORCE

kg/kgm	roll	pitch	drag	side-f	lift	yaw
-1.000	7.4	-0.2	-1.6	-70.7	0.4	-2.6
-0.750	4.6	-0.2	-1.2	-52.9	0.1	-3.5
-0.500	3.1	-0.1	-0.8	-35.5	0.1	-2.8
-0.250	1.4	-0.0	-0.5	-17.5	0.0	-1.3
-0.100	0.5	-0.0	-0.2	-6.9	0.0	-0.4
-0.050	0.3	-0.0	-0.1	-3.5	0.0	-0.3
0.050	-0.2	0.0	0.1	3.4	-0.0	0.2
0.100	-0.5	0.0	0.1	7.3	-0.1	0.7
0.250	-1.4	0.0	0.2	17.6	-0.2	1.7
0.500	-2.6	0.0	0.4	35.5	-0.4	3.3
0.750	-4.3	0.1	0.8	53.0	-0.6	4.9
1.000	-5.5	0.1	1.2	70.5	-0.9	6.5

CALIBRATION OF PITCH

kg/kgm	roll	pitch	drag	side-f	lift	yaw
-0.7500	10.7	-605.8	-2.5	0.7	110.8	-7.8
-0.5000	8.6	-406.8	-1.9	0.7	74.0	-6.2
-0.3750	6.9	-305.8	-1.5	0.6	55.8	-5.2
-0.2500	6.3	-203.6	-0.9	0.4	37.1	-3.5
-0.1875	5.2	-153.0	-0.7	0.4	28.0	-2.5
-0.1250	4.2	-102.2	-0.5	0.3	18.7	-1.7
-0.0625	2.6	-51.5	-0.2	0.2	9.4	-0.9
-0.0250	1.2	-21.0	-0.0	0.2	4.0	-0.1
0.0250	-0.4	20.8	0.0	0.1	3.8	0.3
0.0625	-1.1	52.0	0.1	0.1	9.2	0.7
0.1250	-2.3	103.8	0.2	0.2	18.5	1.3
0.1875	-3.4	155.8	0.4	0.3	27.8	2.0
0.2500	-3.4	206.0	0.8	0.4	35.8	3.7
0.3750	-6.1	306.7	1.3	0.4	54.1	4.3
0.5000	-7.8	416.0	1.4	0.5	72.7	5.5
0.7500	-11.2	625.1	2.4	0.6	109.1	8.0

CALIBRATION OF DRAG

kg/kgm	roll	pitch	drag	side-f	lift	yaw
0.050	0.2	-0.1	5.7	-0.0	-0.0	0.3
0.100	0.4	-0.1	12.4	-0.1	0.0	0.5
0.250	0.9	-0.2	27.7	-0.2	0.0	1.4
0.500	1.9	-0.4	63.1	-0.2	0.0	3.4
0.750	2.9	-0.5	95.9	-0.4	0.1	5.5
1.000	3.8	-0.5	129.3	-0.8	0.1	7.9
1.500	5.7	-0.7	192.9	-1.7	0.0	11.4
2.000	7.6	-1.1	258.4	-2.3	0.0	16.7
2.500	9.6	-1.4	322.5	-2.7	-0.1	21.7
3.000	11.5	-1.6	387.6	-3.2	-0.2	29.4

CALIBRATION OF ROLL

kg/kgm	roll	pitch	drag	side-f	lift	yaw
-0.255	-482.3	-0.1	-0.6	0.2	31.6	-1.1
-0.225	-426.2	-0.0	-0.6	0.3	28.0	-0.8
-0.150	-284.5	-0.0	-0.4	0.0	18.8	-0.8
-0.105	-199.4	-0.1	-0.3	0.1	13.2	-0.7
-0.075	-142.8	-0.1	-0.3	0.1	9.7	-0.6
-0.030	-57.3	-0.0	-0.2	0.1	4.0	-0.4
-0.015	-28.9	-0.1	-0.1	0.1	2.1	-0.2
0.015	28.5	-0.0	-0.0	0.0	2.0	0.0
0.030	56.9	-0.0	-0.0	-0.0	3.8	-0.1
0.075	142.4	0.0	-0.0	-0.2	9.4	-0.2
0.105	197.1	0.1	-0.1	-0.1	12.9	-0.3
0.150	279.1	0.0	-0.1	-0.1	18.6	-0.5
0.225	410.4	0.1	-0.4	-0.1	27.7	-0.6
0.255	479.1	0.1	-0.6	-0.2	31.2	-0.7

CALIBRATION OF YAW

kg/kgm	roll	pitch	drag	side-f	lift	yaw
-0.255	2.9	-0.5	107.6	1.8	-0.4	-519.4
-0.225	2.5	-0.4	95.1	1.4	-0.2	-460.6
-0.150	1.4	-0.3	63.6	0.8	-0.2	-309.2
-0.105	0.7	-0.1	44.7	0.5	-0.1	-217.5
-0.075	0.5	-0.1	32.0	0.3	-0.0	-157.3
-0.030	0.3	-0.0	12.9	0.2	0.0	-64.1
-0.015	0.2	0.0	6.7	0.0	0.0	-33.9
0.015	-0.3	0.0	6.4	0.0	0.0	30.5
0.030	-0.3	0.1	12.7	0.3	-0.0	61.4
0.075	-0.4	0.1	31.6	0.5	-0.1	152.5
0.105	-0.9	0.2	44.3	0.9	-0.2	213.5
0.150	-1.2	0.2	63.2	1.2	-0.3	305.0
0.225	-2.2	0.3	94.7	1.9	-0.4	458.3
0.255	-2.9	0.4	107.5	2.0	-0.4	519.8

THESE EQUATIONS ARE THE RESULTS OF THE TEM BALANCE
CALIBRATION OBTAINED USING TEMCALIB.EXE.

Name of the file : TEMCALIB.EQU UNITS : Kg, m

Date of calibration : 09-27-1994

Time of calibration : 22:48:25

$roll = +0.00053x[ROLL + 0.027xPITCH - 0.031xDRAG + 0.078xSIDEF - 0.000xLIFT + 0.005xYAW]$
 $pitch = +0.00121x[PITCH - 0.000xROLL + 0.006xDRAG - 0.001xSIDEF + 0.000xLIFT - 0.001xYAW]$
 $drag = +0.00803x[DRAG - 0.001xROLL - 0.003xPITCH - 0.021xSIDEF + 0.010xLIFT - 0.002xYAW]$
 $sidef = +0.01421x[SIDEF + 0.001xROLL + 0.001xPITCH + 0.006xDRAG - 0.010xLIFT - 0.001xYAW]$
 $lift = +0.02688x[LIFT + 0.000xROLL + 0.003xPITCH - 0.000xDRAG + 0.006xSIDEF + 0.000xYAW]$
 $yaw = +0.00048x[YAW - 0.001xROLL - 0.014xPITCH - 0.058xDRAG - 0.080xSIDEF + 0.003xLIFT]$

EK D GELİŞTİRİLEN BİLGİSAYAR PROGRAMLARI

TEMCALIB

Bu program rüzgar tünellerinde kalibrasyon yapmak amacı ile QBasic4.5 dilinde yazılmıştır. Grafiksel arabirim içerdiği için kullanımı kolaydır. Program tek başına çalışır ve kullanıldıktan sonra kalibrasyon datalarını yazmak için BALANCE.DAT ve BALANCE.CLB dosyalarını bulunduğu dizinde yaratır. İki dosya da aynı şeyi ifade etmekle beraber, ikinci dosya kullanıcının anlayabileceği bir formata sahiptir. Kalibrasyon sonuçlarının program yardımı ile analizinden sonra isteniyorsa program tarafından kalibrasyon matrisleri oluşturulur ve gerekli görülürse TEMCALIB.EQU dosyasına uygun bir formatta yazılır.

Program ilk çalıştığı anda, DA kartının bilgisayarda mevcut olup olmadığını kontrol eder. Daha sonra kartın parametrelerinin girilmesini (16 kanala kadar DA imkanı sunar) ve istenilen bileşenin kalibrasyonun yapılmasını sağlar.

Program Qbasic4.5 ile geliştirilmiş ve bu programlama dilinin tüm üstün özelliklerinden sonuna kadar yararlanılmıştır. Ne yazık ki, derleyici programın daha fazla geliştirilmesine kapasitesinin yetmemesinden dolayı izin vermemektedir. Diğer bir özelliği de modüler yapısından dolayı herhangi bir DA sistemine adapte edilmesinin çok kolay olmasıdır.

TEMCALIB.BAS programının ekran görüntüleri Şekil D.1 ve Şekil D.2’de görülebilir.

TEMDENEY

Bu program da, DA sistemi yardımı ile rüzgar tünellerinde deney yapmak amacı ile Qbasic4.5’ te yazılmıştır. Bulunduğu dizinde giriş konfigürasyon dosyası CONFIG.TEM ve kalibrasyon sonuçlarını içeren TEMCALIB.EQU dosyalarının olması çalışması için gereklidir. Giriş aşamasında DA kartının varlığını kontrol eder ve deney için DA tanımlamaları yapılır. Deney ile ilgili tüm parametreleri girmek veya programı kendi içinden konfigüre etmek mümkündür. Deney sırasında kuvvet ve momentleri, gerçek zamanda, daha evvel okumuş olduğu kalibrasyon dosyası sayesinde gösterebilir ve deney aşamalarını WINTUNEL.EXP dosyasına belli bir düzenle yazar.

Programın arabirimi ve modüler yapısı bir öncekine göre daha gelişmiş ve yine derleyici son sınırlarına kadar zorlanmıştır. Bu programı başka bir sisteme adapte etmek daha kolaydır.

TEMdeneY.BAS programının ekran görüntüleri ve grafik arabirimi Şekil D.3 ve Şekil D.4'te görülebilir.

TEMSTUDY

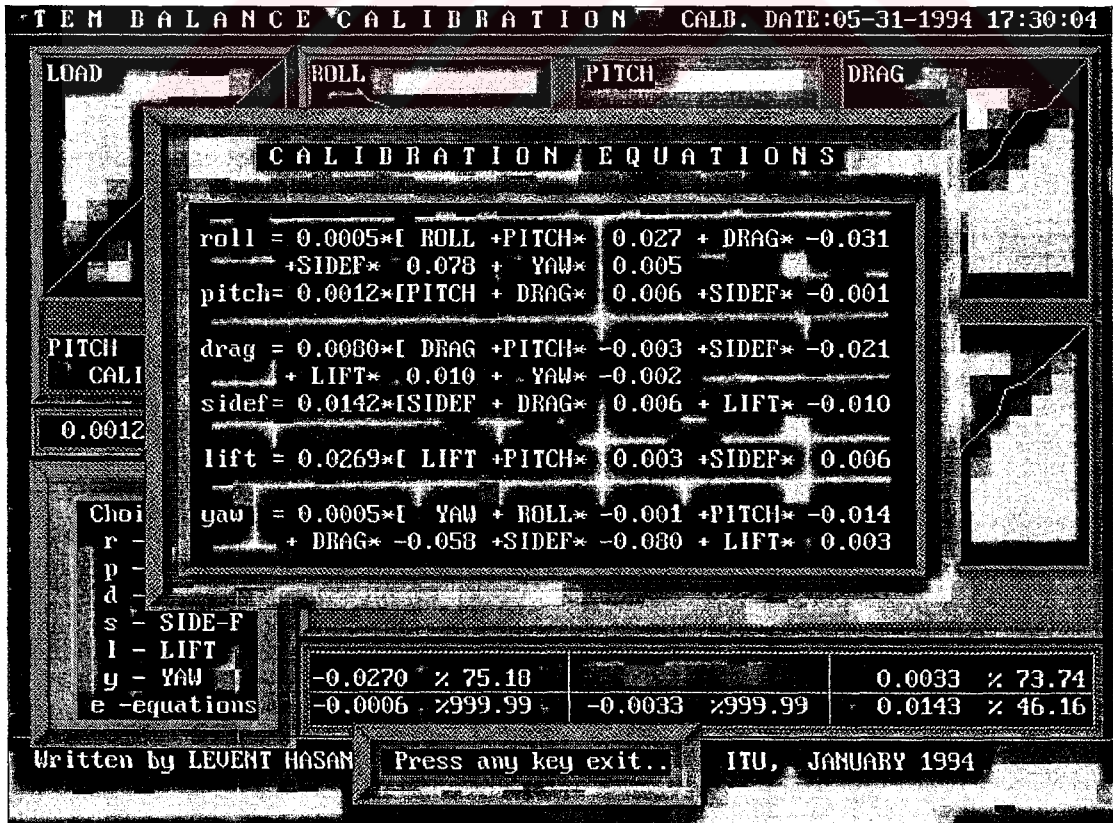
Bu son programda Qbasic4.5' te yapılan deneylerin, sonuçlarının incelenmesi aerodinamik katsayıların hesaplanması, blokaj etilerinin tespiti amacı ile oluşturulmuştur. Bulunduğu dizinde deneyin yapıldığı modele ait MODEL.INF dosyasını arar. Şayet dosya yoksa program içinden yaratılmasına izin verir. Aynı zamanda deneylerle ilgili tüm sonuçları WINTUNEL.EXP (birden fazla deney içerebilir) dosyasından okur ve etileşimli bir şekilde görüntüler. Katsayıları, basınç merkezinin yerini hesaplar ve gerek kuvvet momentlerin gerekse katsayıların istenilen değişkene göre çoklu ve tekli olmak üzere grafiklerini çizer. Sonuçlar isteniliyorsa bir dosyaya uygun formatta yazılır.

Aralarında en gelişmiş arabirime sahip olanı budur. Değişik deneylere ait sonuçların incelenmesi amacıyla, post-processor gibi kullanılabilir. Menülü sistemi sayesinde hızlı ve pratik bir şekilde analiz ve display olanağı sağlar.

TEMSTUDY.BAS programının ekran görüntüleri ve grafik arabirimi Şekil D.5 ve Şekil D.6'da sunulmuştur.



Şekil D.1 Kalibrasyon programının data-acquisition sırasında bir görüntüsü.



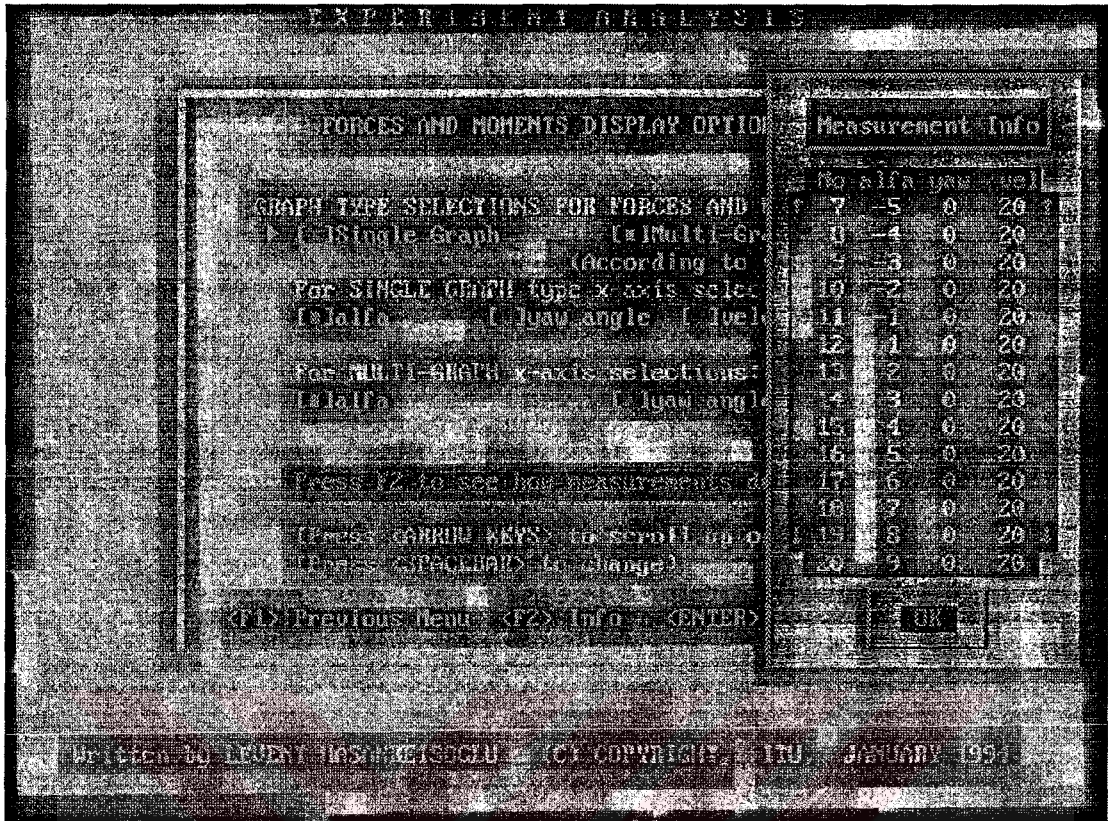
Şekil D.2 Aynı programında sonuçların değerlendirilmesi ve kalibrasyon matrisinin oluşturulması



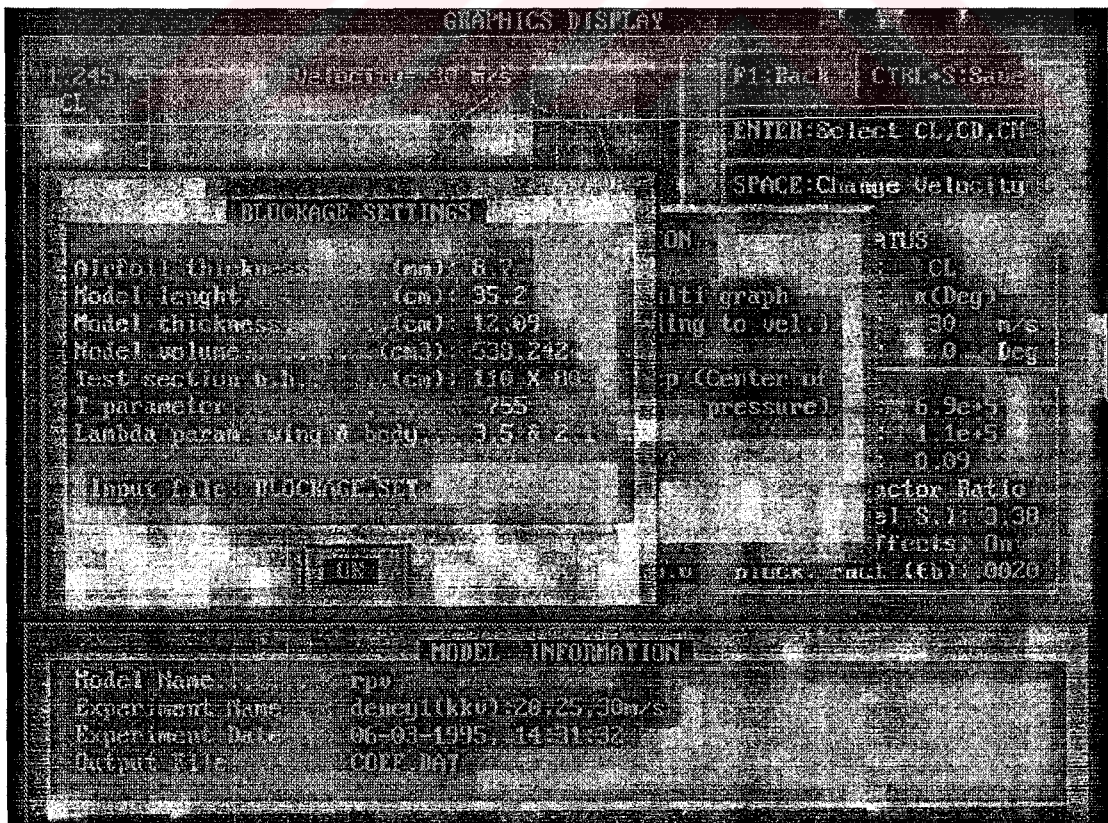
Şekil D.3 Deney programı ile DA parametrelerinin ve yapılacak deney tipinin belirlenmesi.



Şekil D.4 Deney programı ile dataların alınmasından bir görüntü.



Şekil D.5 Analiz programı yardımı ile deney sonuçlarının incelenmesi.



Şekil Analiz programı ile boyutsuz katsayıların elde edilmesi ve blokaj etkilerinin hesabı.

EK E PROGRAMLARIN KAYNAK KODLARI

TEMCALIB.BAS Programının Kaynak Kodu

Written by Levent HASANREISOGLU, January 1994 (c)

***** DATA AQHUISITION AND CALIBRATION PROGRAM *****

* This program performs software triggered 8 channel data *
* aqhuisation without using the PCL-818 driver and make *
* calibration of the TEM balance. *

description	channel
roll.....	0
pitch.....	1
drag.....	2
sideforce.....	3
lift.....	4
yaw.....	5
yaw motor.....	6
incremental motor.....	7

```
DECLARE SUB maxmin (k!, j, goal!(), mx!, mn!)
DECLARE SUB equprint (rtc!, ptc!, dte!, stc!, ltc!, ytc!, ix!(), ip!(), id!(), isf!(),
il!(), iy!())
COMMON SHARED datetime$
```

CLS

SCREEN 12

VIEW (1, 17)-(638, 425), 0, 9

```
DIM volt$(10)
DIM gain(16)
DIM refer(8)
DIM deger(8)
DIM mkind$(6)
DIM s(6)
DIM rcal(20, 8), pcal(20, 8), dcal(20, 8)
DIM scal(20, 8), lcal(20, 8), ycal(20, 8)
DIM mx(7)
DIM ix(6), irmax(6), irmin(6), irerror(6)
DIM ip(6), ipmax(6), ipmin(6), iperror(6)
DIM id(6), idmax(6), idmin(6), iderror(6)
DIM isf(6), isfmax(6), isfmin(6), isferror(6)
DIM il(6), ilmax(6), ilmin(6), ilerror(6)
DIM iy(6), iymax(6), iymmin(6), iyerror(6)
```

```
volt$(1) = " +/-5v "
volt$(2) = " +/-2.5v "
volt$(3) = " +/-1v "
volt$(4) = " +/-0.5v "
volt$(5) = " 10v "
volt$(6) = " 5v "
volt$(7) = " 2v "
volt$(8) = " 1v "
volt$(9) = " +/-10v "
```

```
mkind$(0) = " ROLL "
mkind$(1) = " PITCH "
mkind$(2) = " DRAG "
mkind$(3) = " SIDE-FORCE "
mkind$(4) = " LIFT "
mkind$(5) = " YAW "
```

REM to exit program suddenly while running *****

```

KEY 19, CHR$(&H0) + CHR$(&H1)
ON KEY(19) GOSUB exitingting
KEY(19) ON
GOTO 15

exittingting:
  KEY(19) OFF
  GOTO 500 'exittingting
  RETURN
REM *****
15 'continue

REM user choose... 1- take new data from tunnel obtain balance.dat or
REM 2- use already taken data to make calibration

  LOCATE 1, 3: PRINT "T E M B A L A N C E C A L I B R A T I O N"
  LOCATE 28, 3: PRINT "Written by LEVENT HASANREISOGLU (C) COPYRIGHT, ITU, JANUARY 1994"

  VIEW (180, 170)-(450, 260), 10, 8 ' büyük box
  LINE (0, 90)-(10, 80), 8 ' sol alt kosegen
  LINE (270, 0)-(260, 10), 8 ' sag ust kosegen
  LINE (0, 0)-(10, 10), 2 ' sol ust kosegen
  VIEW (190, 180)-(440, 250), 2, 8 ' kucuk box
  VIEW (0, 0)-(639, 439) ' global axis
  PAINT (220, 258), 8 ' golge boyama

  LOCATE 13, 25: PRINT "          CHOOSE          "
  LOCATE 14, 25: PRINT " Any key to continue or (d) to "
  LOCATE 15, 25: PRINT "make calibration using old data"
5  c$ = INKEY$: IF c$ = "" THEN GOTO 5
  IF c$ = "d" OR c$ = "D" THEN GOTO 408

REM continue on calibration...

  port = &H300 ' set I/O port base address

REM initialize & select software trigger *****
  value = &H70 ' port+9 control register
  OUT port + 9, value ' select software trigger
  cont = INP(port + 9)
  IF cont = value THEN

REM shaded box for information
  VIEW (180, 170)-(450, 260), 10, 8 ' büyük box
  LINE (0, 90)-(10, 80), 8 ' sol alt kosegen
  LINE (270, 0)-(260, 10), 8 ' sag ust kosegen
  LINE (0, 0)-(10, 10), 2 ' sol ust kosegen
  VIEW (190, 180)-(440, 250), 2, 8 ' kucuk box
  VIEW (0, 0)-(639, 439) ' global axis
  PAINT (220, 258), 8 ' golge boyama

  LOCATE 14, 26: PRINT "          INFORMATION!          "
  LOCATE 15, 26: PRINT "Initialization PCL-818 is Ok."
  FOR g = 1 TO 100000: NEXT g ' delay
  ELSE
  BEEP: BEEP: BEEP
  VIEW (150, 170)-(480, 260), 12, 4 ' büyük box
  LINE (0, 90)-(10, 80), 4 ' sol alt kosegen
  LINE (330, 0)-(320, 10), 4 ' sag ust kosegen
  LINE (0, 0)-(10, 10), 4 ' sol ust kosegen
  VIEW (160, 180)-(470, 250), 4, 4 ' kucuk box
  VIEW (0, 0)-(639, 439) ' global axis
  PAINT (220, 258), 4 ' golge boyama

  LOCATE 13, 34: PRINT " WARNING!!! "
  LOCATE 14, 22: PRINT "PCL-818 initialization and hardware "
  LOCATE 15, 29: PRINT "verification failed!.."
  FOR i = 1 TO 100000: NEXT i ' delay
  GOTO 500
  END IF

REM asking for continue *****
  VIEW (140, 160)-(490, 275): CLS
  VIEW (180, 170)-(450, 260), 12, 4 ' büyük box
  LINE (0, 90)-(10, 80), 4 ' sol alt kosegen
  LINE (270, 0)-(260, 10), 4 ' sag ust kosegen
  LINE (0, 0)-(10, 10), 4 ' sol ust kosegen
  VIEW (190, 180)-(440, 250), 4, 4 ' kucuk box
  VIEW (0, 0)-(639, 439) ' global axis
  PAINT (220, 258), 4 ' golge boyama

  LOCATE 13, 25: PRINT "          W A R N I N G          "
  LOCATE 14, 25: PRINT " Ok. to continue will overwrite"
  LOCATE 15, 25: PRINT " to BALANCE.CLB and BALANCE.DAT"

```

```

6      c$ = INKEY$: IF c$ = "" THEN GOTO 6
      IF c$ = "n" OR c$ = "N" THEN GOTO 500      'exit
      VIEW (140, 160)-(490, 275): CLS
REM end of asking *****

REM opening the output files *****
OPEN "balance.clb" FOR OUTPUT AS #10
PRINT #10, "TABLE FOR CALIBRATION OF TEM BALANCE.THESE VALUES HAVE BEEN OBTAINED"
PRINT #10, "BY RUNNING TEMCALIB.EXE FILE. BOTH BALANCE.CLB AND BALANCE.DAT ARE"
PRINT #10, "THE SAME BUT FIRST ONE IS FOR USER WHILE SECOND IS FOR TEMCALIB.EXE"
PRINT #10, "Name of the file      :   BALANCE.CLB      "; "UNITS : Kg, m"
PRINT #10, "Date of calibration   :   "; DATE$
PRINT #10, "Time of calibration   :   "; TIME$

      OPEN "balance.dat" FOR OUTPUT AS #11      ' for program reading
      PRINT #11, DATE$: " "; TIME$
REM end of opening *****

REM clear interrupt request
      OUT port + 8, 1

REM read A/D status register *****
      st.end = 0
      status = INP(port + 8)
      IF (status AND &H20) = &H20 THEN
        st.end = 1
      ELSE
        st.end = 0
      END IF

REM initial screen is being prepared
88      LOCATE 1, 3: PRINT "T E M   B A L A N C E   C A L I B R A T I O N"
      LOCATE 28, 3: PRINT "Written by LEVENT HASANREISOGLU      (C) COPYRIGHT, ITU, JANUARY 1994"

      VIEW (380, 2)-(630, 150), 2, 9      ' information screen
      LOCATE 1, 52: PRINT "description      channel"
      LOCATE 2, 52: PRINT "  roll..... 0  "
      LOCATE 3, 52: PRINT "  pitch..... 1  "
      LOCATE 4, 52: PRINT "  drag..... 2  "
      LOCATE 5, 52: PRINT "  sideforce..... 3  "
      LOCATE 6, 52: PRINT "  lift..... 4  "
      LOCATE 7, 52: PRINT "  yaw..... 5  "
      LOCATE 8, 52: PRINT "  yaw motor..... 6  "
      LOCATE 9, 52: PRINT "  incidence motor.... 7  "

90      IF st.end = 1 THEN      ' start channel number
        LOCATE 3, 3: PRINT "
        VIEW (5, 26)-(310, 54), 4, 2
        LOCATE 3, 3: INPUT "Enter start channel number <0-15>", start
        VIEW (140, 160)-(490, 275): CLS
        IF start < 0 OR start > 15 THEN
          BEEP      ' shaded box for error
          VIEW (180, 170)-(450, 260), 12, 4      ' buyuk box
          LINE (0, 90)-(10, 80), 4      ' sol alt kosegen
          LINE (270, 0)-(260, 10), 4      ' sag ust kosegen
          LINE (0, 0)-(10, 10), 4      ' sol ust kosegen
          VIEW (190, 180)-(440, 250), 4, 4      ' kucuk box
          VIEW (0, 0)-(639, 439)      ' global axis
          PAINT (220, 258), 4      ' golge boyama

          LOCATE 13, 37: PRINT "ERROR!"
          LOCATE 15, 25: PRINT "Invalid channel number! RE-DO!": GOTO 90
        END IF
      ELSE
        LOCATE 3, 3: PRINT "
        VIEW (5, 26)-(310, 54), 4, 2
        LOCATE 3, 3: INPUT "Enter start channel number <0-7> ", start
        VIEW (140, 160)-(490, 275): CLS
        IF start < 0 OR start > 7 THEN
          BEEP      ' shaded box for error
          VIEW (180, 170)-(450, 260), 12, 4      ' buyuk box
          LINE (0, 90)-(10, 80), 4      ' sol alt kosegen
          LINE (270, 0)-(260, 10), 4      ' sag ust kosegen
          LINE (0, 0)-(10, 10), 4      ' sol ust kosegen
          VIEW (190, 180)-(440, 250), 4, 4      ' kucuk box
          VIEW (0, 0)-(639, 439)      ' global axis
          PAINT (220, 258), 4      ' golge boyama

          LOCATE 13, 37: PRINT "ERROR!"
          LOCATE 15, 25: PRINT "Invalid channel number! RE-DO!": GOTO 90
        END IF
      END IF
    END IF
  
```

```

92 IF st.end = 1 THEN ' stop channel number
LOCATE 5, 3: PRINT "
VIEW (5, 58)-(310, 85), 4, 2
LOCATE 5, 3: INPUT "Enter stop channel number <0-15>", stopp
VIEW (140, 160)-(490, 275): CLS
IF stopp < 0 OR stopp > 15 THEN

    BEEP ' shaded box for error
    VIEW (180, 170)-(450, 260), 12, 4 ' büyük box
    LINE (0, 90)-(10, 80), 4 ' sol alt kosegen
    LINE (270, 0)-(260, 10), 4 ' sag ust kosegen
    LINE (0, 0)-(10, 10), 4 ' sol ust kosegen
    VIEW (190, 180)-(440, 250), 4, 4 ' kucuk box
    VIEW (0, 0)-(639, 439) ' global axis
    PAINT (220, 258), 4 ' golge boyama

    LOCATE 13, 37: PRINT "ERROR!"
    LOCATE 15, 25: PRINT "Invalid channel number! RE-DO!": GOTO 92
END IF
ELSE
LOCATE 5, 3: PRINT "
VIEW (5, 58)-(310, 85), 4, 2
LOCATE 5, 3: INPUT "Enter stop channel number <0-7> ", stopp
VIEW (140, 160)-(490, 275): CLS
IF stopp < 0 OR stopp > 7 THEN

    BEEP ' shaded box for error
    VIEW (180, 170)-(450, 260), 12, 4 ' büyük box
    LINE (0, 90)-(10, 80), 4 ' sol alt kosegen
    LINE (270, 0)-(260, 10), 4 ' sag ust kosegen
    LINE (0, 0)-(10, 10), 4 ' sol ust kosegen
    VIEW (190, 180)-(440, 250), 4, 4 ' kucuk box
    VIEW (0, 0)-(639, 439) ' global axis
    PAINT (220, 258), 4 ' golge boyama

    LOCATE 13, 37: PRINT "ERROR!"
    LOCATE 15, 25: PRINT "Invalid channel number! RE-DO!": GOTO 92
END IF
END IF

REM input channel error checking
IF diff = 1 AND stopp > 7 THEN

    BEEP ' shaded box for error
    VIEW (180, 170)-(450, 260), 12, 4 ' büyük box
    LINE (0, 90)-(10, 80), 4 ' sol alt kosegen
    LINE (270, 0)-(260, 10), 4 ' sag ust kosegen
    LINE (0, 0)-(10, 10), 4 ' sol ust kosegen
    VIEW (190, 180)-(440, 250), 4, 4 ' kucuk box
    VIEW (0, 0)-(639, 439) ' global axis
    PAINT (220, 258), 4 ' golge boyama

    LOCATE 13, 37: PRINT "ERROR!"
    LOCATE 15, 25: PRINT "Entered channel failed! RE-DO!"
    GOTO 90
END IF
IF start > stopp THEN

    BEEP ' shaded box for error
    VIEW (180, 170)-(450, 260), 12, 4 ' büyük box
    LINE (0, 90)-(10, 80), 4 ' sol alt kosegen
    LINE (270, 0)-(260, 10), 4 ' sag ust kosegen
    LINE (0, 0)-(10, 10), 4 ' sol ust kosegen
    VIEW (190, 180)-(440, 250), 4, 4 ' kucuk box
    VIEW (0, 0)-(639, 439) ' global axis
    PAINT (220, 258), 4 ' golge boyama

    LOCATE 13, 37: PRINT "ERROR!"
    LOCATE 15, 26: PRINT "Must be less then stop!RE-DO!"
    GOTO 90
END IF

REM set A/D range *****
VIEW (3, 90)-(165, 270), 2, 9
LOCATE 7, 5: PRINT " Range codes "
FOR i = 0 TO 8
    LOCATE 8 + i, 4: PRINT "("; i; ")..."; volt$(i + 1); " "
NEXT i

d1 = 1: d2 = 0
FOR i = start TO stopp
110 LOCATE 18 + d1, 2 + d2: PRINT "Enter range code <0---8> of channel"; i
    LOCATE 18 + d1 + 1, 20 + d2: PRINT "
    LOCATE 18 + d1 + 1, 20 + d2: INPUT "=> ", range
    VIEW (170, 160)-(460, 265): CLS ' error box clear
    IF range < 0 OR range > 8 THEN

```

```

BEEP
VIEW (180, 170)-(450, 260), 12, 4 ' shaded box for error
LINE (0, 90)-(10, 80), 4 ' büyük box
LINE (270, 0)-(260, 10), 4 ' sol alt kosegen
LINE (0, 0)-(10, 10), 4 ' sag ust kosegen
VIEW (190, 180)-(440, 250), 4, 4 ' sol ust kosegen
VIEW (0, 0)-(639, 439) ' kucuk box
PAINT (220, 258), 4 ' global axis
' golge boyama

LOCATE 13, 37: PRINT "ERROR!"
LOCATE 15, 27: PRINT "Invalid range code! RE-DO!": GOTO 110
ELSE
OUT port + 2, i ' channel setting
OUT port + 1, range ' range setting
gain(i) = range
END IF
IF 18 + d1 >= 24 THEN
d1 = -1
d2 = 40
ELSE
END IF
d1 = d1 + 2
NEXT i

REM set scan channel range *****
s.ch.val = stopp * 16 + start ' set scan channel value
OUT port + 2, s.ch.val
b.ch.val = INP(port + 2) ' read back channel value
IF b.ch.val <> s.ch.val THEN

BEEP: BEEP ' shaded box for error
VIEW (180, 170)-(450, 260), 12, 4 ' büyük box
LINE (0, 90)-(10, 80), 4 ' sol alt kosegen
LINE (270, 0)-(260, 10), 4 ' sag ust kosegen
LINE (0, 0)-(10, 10), 4 ' sol ust kosegen
VIEW (190, 180)-(440, 250), 4, 4 ' kucuk box
VIEW (0, 0)-(639, 439) ' global axis
PAINT (220, 258), 4 ' golge boyama

LOCATE 13, 37: PRINT "ERROR!"
LOCATE 15, 29: PRINT "set scan channel failed!"
GOTO 500 ' stop
END IF

REM question to the user
116 VIEW (180, 165)-(450, 255), 10, 8 ' shaded box for question
LINE (0, 90)-(10, 80), 8 ' büyük box
LINE (270, 0)-(260, 10), 8 ' sol alt kosegen
LINE (0, 0)-(10, 10), 2 ' sag ust kosegen
VIEW (190, 175)-(440, 245), 2, 8 ' sol ust kosegen
VIEW (0, 0)-(639, 439) ' kucuk box
PAINT (220, 253), 8 ' global axis
' golge boyama

LOCATE 12, 26: PRINT " QUESTION! "
LOCATE 13, 26: PRINT " Do you want to continue with"
LOCATE 14, 26: PRINT " these card settings? (y/n) "
LOCATE 15, 39: INPUT ">", c3$
IF c3$ <> "y" AND c3$ <> "n" THEN
BEEP: GOTO 116
ELSE
IF c3$ = "y" THEN
VIEW (0, 0)-(639, 426): CLS ' all screen clear
ELSE
VIEW (1, 17)-(638, 425), 0, 9: CLS ' screen is prepared for
GOTO 88 ' initialize the settings again
END IF
END IF

c5$ = "n" ' initial value to determine writting to file

REM preparing the screen and initial values for reading data
114 VIEW (0, 0)-(639, 479): CLS ' clearing the screen for restart
118 LOCATE 1, 3: PRINT "T E M B A L A N C E C A L I B R A T I O N"
LOCATE 28, 3: PRINT "Written by LEVENT HASANREISOGLU (C) COPYRIGHT, ITU, JANUARY 1994"
120 LOCATE 21, 10: PRINT " "
VIEW (30, 300)-(350, 350), 6, 9
LOCATE 21, 6: INPUT "Enter number of data(24-24000):", ndp
VIEW (170, 160)-(460, 265): CLS ' clearing the error screen
IF ndp < 24 THEN

```

```

      BEEP
      VIEW (180, 170)-(450, 260), 12, 4      ' shaded box for error
      LINE (0, 90)-(10, 80), 4                ' büyük box
      LINE (270, 0)-(260, 10), 4              ' sol alt kosegen
      LINE (0, 0)-(10, 10), 4                 ' sag ust kosegen
      VIEW (190, 180)-(440, 250), 4, 4        ' sol ust kosegen
      VIEW (0, 0)-(639, 439)                  ' küçük box
      PAINT (220, 258), 4                      ' global axis
                                              ' golge boyama

      LOCATE 13, 37: PRINT "ERROR!"
      LOCATE 15, 27: PRINT "invalid data number! RE-DO!": GOTO 120
    END IF
    IF ndp > 24000 THEN

      BEEP
      VIEW (180, 170)-(450, 260), 12, 4      ' shaded box for error
      LINE (0, 90)-(10, 80), 4                ' büyük box
      LINE (270, 0)-(260, 10), 4              ' sol alt kosegen
      LINE (0, 0)-(10, 10), 4                 ' sag ust kosegen
      VIEW (190, 180)-(440, 250), 4, 4        ' sol ust kosegen
      VIEW (0, 0)-(639, 439)                  ' küçük box
      PAINT (220, 258), 4                      ' global axis
                                              ' golge boyama

      LOCATE 13, 37: PRINT "ERROR!"
      LOCATE 15, 28: PRINT "too many data! Decrease!": GOTO 120
    END IF

    REM channel number and data number per channel
    nch = stopp - start + 1                    ' channel number
    dpc = INT(ndp / nch)                       ' data number per channel
    m = 1                                       ' which measurement

    REM determining of load types
    IF m = 1 THEN
      VIEW (455, 160)-(630, 320), 2, 9        ' information screen
      LOCATE 12, 60: PRINT "L O A D   T Y P E S"
      LOCATE 14, 60: PRINT " (r) ----   roll  "
      LOCATE 15, 60: PRINT " (p) ----   pitch  "
      LOCATE 16, 60: PRINT " (d) ----   drag   "
      LOCATE 17, 60: PRINT " (s) ----sideforce"
      LOCATE 18, 60: PRINT " (l) ----   lift   "
      LOCATE 19, 60: PRINT " (y) ----   yaw    "

129  VIEW (450, 345)-(630, 385), 2, 9
      LOCATE 23, 60: PRINT "What kind of load?"
      LOCATE 24, 67: INPUT "->", kind$

      IF kind$ = "r" THEN kin = 0
      IF kind$ = "p" THEN kin = 1
      IF kind$ = "d" THEN kin = 2
      IF kind$ = "s" THEN kin = 3
      IF kind$ = "l" THEN kin = 4
      IF kind$ = "y" THEN kin = 5

      VIEW (170, 160)-(452, 265): CLS ' clearing the error screen
      IF kind$ = "" OR kind$ <> "r" AND kind$ <> "p" AND kind$ <> "d" AND kind$ <> "s" AND kind$
      <> "l" AND kind$ <> "y" THEN
        BEEP
        VIEW (180, 170)-(450, 260), 12, 4      ' shaded box for error
        LINE (0, 90)-(10, 80), 4                ' büyük box
        LINE (270, 0)-(260, 10), 4              ' sol alt kosegen
        LINE (0, 0)-(10, 10), 4                 ' sag ust kosegen
        VIEW (190, 180)-(440, 250), 4, 4        ' sol ust kosegen
        VIEW (0, 0)-(639, 439)                  ' küçük box
        PAINT (220, 258), 4                      ' global axis
                                              ' golge boyama

        LOCATE 13, 37: PRINT "ERROR!"
        LOCATE 15, 27: PRINT "just press letters in table!"
        GOTO 129
      END IF
    END IF

    REM checking for reference measurement
124  VIEW (2, 345)-(430, 385), 2, 9
      LOCATE 23, 3: PRINT "Do you want to make a reference measurement? (y/n)"
      LOCATE 24, 25: INPUT "->", c$
      IF m = 1 THEN : VIEW (170, 160)-(450, 265): CLS ' clearing the error screen
      IF c$ <> "y" AND c$ <> "n" THEN
        BEEP
        IF m = 1 THEN                          'm=1 ise error box yaratilir ve silinir

          BEEP
          VIEW (180, 170)-(450, 260), 12, 4      ' shaded box for error
          LINE (0, 90)-(10, 80), 4                ' büyük box
          LINE (270, 0)-(260, 10), 4              ' sol alt kosegen
          LINE (0, 0)-(10, 10), 4                 ' sag ust kosegen

```

```

LINE (0, 0)-(10, 10), 4      ' sol ust kosegen
VIEW (190, 180)-(440, 250), 4, 4      ' kucuk box
VIEW (0, 0)-(639, 439)      ' global axis
PAINT (220, 258), 4      ' golge boyama

LOCATE 13, 37: PRINT "ERROR!"
LOCATE 15, 29: PRINT "just press (y) or (n)!"
END IF
GOTO 124
ELSE
IF c$ = "y" THEN
FOR k = 0 TO 7
refer(k) = 0      ' for referance measurement all refer(k)
NEXT k      ' must be zero for beginning...
END IF
END IF

REM determining of loads
IF c$ <> "y" THEN
VIEW (2, 377)-(510, 420), 5, 9: LOCATE 25, 3
PRINT "What is the force or moment that you act the balance?"
LOCATE 26, 37: PRINT "(kg/kgm)"
IF c$ = "y" THEN : LOCATE 26, 25: INPUT ">", wfmr
IF c$ = "n" THEN : LOCATE 26, 25: INPUT ">", wfm
END IF

REM user confirm to continue
IF m = 1 THEN      ' confirm that only for first measurement
VIEW (210, 170)-(430, 260), 12, 4      ' buyuk box
LINE (0, 90)-(10, 80), 4      ' sol alt kosegen
LINE (220, 0)-(210, 10), 4      ' sag ust kosegen
LINE (0, 0)-(10, 10), 4      ' sol ust kosegen
VIEW (220, 180)-(420, 250), 4, 4      ' kucuk box
VIEW (0, 0)-(639, 439)      ' global axis
PAINT (260, 258), 4      ' golge boyama

LOCATE 13, 35: PRINT " "
LOCATE 14, 35: PRINT " O K E Y "
LOCATE 15, 35: PRINT " "
132 con$ = INKEY$: IF con$ = " " THEN 132
IF con$ = "n" THEN
VIEW (0, 0)-(639, 479): CLS
GOTO 118
END IF
END IF

REM screen is preparing for writting data
VIEW (0, 0)-(639, 479): CLS      ' all of screen clear
LOCATE 1, 3: PRINT "T E M B A L A N C E C A L I B R A T I O N"
LOCATE 28, 3: PRINT "Written by LEVENT HASANREISOGLU (C) COPYRIGHT, ITU, JANUARY 1994"

VIEW (1, 17)-(638, 425), 0, 9: CLS      ' clearing and preparing all screen

VIEW (8, 25)-(200, 54), 2, 10
LOCATE 3, 3: PRINT "NUMBER OF DATA :"; dpc
LOCATE 3, 27: PRINT "per channel"
VIEW (397, 25)-(460, 54), 2, 10
LOCATE 3, 43: PRINT " TOTAL:"
LOCATE 3, 51: PRINT ndp

VIEW (200, 60)-(400, 85), 6, 2
LOCATE 5, 29: PRINT " R E F E R E N C E "

VIEW (6, 90)-(75, 116), 2, 9
LOCATE 7, 3: PRINT "RANGE »"
IF 0 >= start AND 0 <= stop THEN LOCATE 7, 11: PRINT volt$(gain(0) + 1)
IF 1 >= start AND 1 <= stop THEN LOCATE 7, 20: PRINT volt$(gain(1) + 1)
IF 2 >= start AND 2 <= stop THEN LOCATE 7, 29: PRINT volt$(gain(2) + 1)
IF 3 >= start AND 3 <= stop THEN LOCATE 7, 38: PRINT volt$(gain(3) + 1)
IF 4 >= start AND 4 <= stop THEN LOCATE 7, 46: PRINT volt$(gain(4) + 1)
IF 5 >= start AND 5 <= stop THEN LOCATE 7, 55: PRINT volt$(gain(5) + 1)

VIEW (6, 122)-(72, 273), 6, 12
VIEW (8, 125)-(70, 175), 2, 10
VIEW (8, 221)-(70, 271), 2, 10

VIEW (78, 122)-(492, 273), 0, 9

VIEW (498, 25)-(633, 273), 6, 12
VIEW (505, 30)-(626, 65), 2, 10
LOCATE 3, 66: PRINT "TEM BALANCE"
LOCATE 4, 66: PRINT " CONTROL "
IF 6 >= start AND 6 <= stop THEN LOCATE 7, 64: PRINT volt$(gain(6) + 1)
IF 7 >= start AND 7 <= stop THEN LOCATE 7, 73: PRINT volt$(gain(7) + 1)

```

```

LOCATE 13, 66: PRINT "yaw      alfa"

VIEW (495, 280)-(635, 310), 2, 9
LOCATE 19, 64: PRINT " « MEASUREMENT "

REM hangi olcumun yapildigi belli olacak
IF kind$ = "x" THEN VIEW (80 + 70 * 0, 180)-(140 + 70 * 0, 216), 12, 1
IF kind$ = "p" THEN VIEW (80 + 70 * 1, 180)-(140 + 70 * 1, 216), 12, 1
IF kind$ = "d" THEN VIEW (80 + 70 * 2, 180)-(140 + 70 * 2, 216), 12, 1
IF kind$ = "s" THEN VIEW (80 + 70 * 3, 180)-(140 + 70 * 3, 216), 12, 1
IF kind$ = "l" THEN VIEW (80 + 70 * 4, 180)-(140 + 70 * 4, 216), 12, 1
IF kind$ = "y" THEN VIEW (80 + 70 * 5, 180)-(136 + 70 * 5, 216), 12, 1

LOCATE 13, 4: PRINT "LOAD"
LOCATE 13, 11: PRINT " ROLL      PITCH      DRAG      SIDE-F      LIFT      YAW  "
IF kin = 0 OR kin = 1 OR kin = 5 THEN
  LOCATE 19, 3: PRINT " Kgm "
END IF
IF kin = 2 OR kin = 3 OR kin = 4 THEN
  LOCATE 19, 3: PRINT " Kg "
END IF

VIEW (180, 315)-(423, 340), 6, 2
LOCATE 21, 28: PRINT " L S P   V A L U E S "

FOR i = 80 TO 638 STEP 70
  VIEW (i, 125)-(60 + i, 175), 2, 10
NEXT i
FOR i = 80 TO 638 STEP 70
  VIEW (i, 221)-(60 + i, 271), 2, 10
NEXT i

LOCATE 10, 3: PRINT wfmr
IF c$ = "n" THEN LOCATE 16, 3: PRINT wfm      ' for the load output

troll = 0
tpitch = 0      ' for initialization of for-next loop
tdrag = 0      ' all total channel values is being
tsidef = 0      ' zero for beginning...
tlift = 0
tyaw = 0
tcntyaw = 0
tcontalf = 0

REM for second measurement reference values rewritting
IF m >= 2 OR c$ = "y" THEN
  IF 0 >= start AND 0 <= stopp THEN LOCATE 10, 12: PRINT USING "#####."; refer(0)
  IF 1 >= start AND 1 <= stopp THEN LOCATE 10, 21: PRINT USING "#####."; refer(1)
  IF 2 >= start AND 2 <= stopp THEN LOCATE 10, 29: PRINT USING "#####."; refer(2)
  IF 3 >= start AND 3 <= stopp THEN LOCATE 10, 38: PRINT USING "#####."; refer(3)
  IF 4 >= start AND 4 <= stopp THEN LOCATE 10, 47: PRINT USING "#####."; refer(4)
  IF 5 >= start AND 5 <= stopp THEN LOCATE 10, 56: PRINT USING "#####."; refer(5)
  IF 6 >= start AND 6 <= stopp THEN LOCATE 10, 64: PRINT USING "#####."; refer(6)
  IF 7 >= start AND 7 <= stopp THEN LOCATE 10, 73: PRINT USING "#####."; refer(7)
END IF

REM which measurement, reference or not?
FOR k = 0 TO 5
  IF k = kin AND m > 1 THEN LOCATE 19, 15 + 9 * k: PRINT "R"
  IF s(k) > 0 THEN LOCATE 19, 14 + 9 * k: PRINT s(k)
NEXT k

REM the last confirm for the start
VIEW (200, 350)-(400, 420), 12, 4      ' shaded okey box
LINE (0, 70)-(10, 60), 4
LINE (200, 0)-(190, 10), 4
LINE (0, 0)-(10, 10), 4
VIEW (210, 360)-(390, 410), 4, 4
VIEW (0, 0)-(639, 439)
PAINT (300, 417), 4

LOCATE 24, 28: PRINT "      O K E Y      "
LOCATE 25, 28: PRINT "To start hit a key..."
126 a$ = INKEY$: IF a$ = "" THEN GOTO 126

VIEW (200, 350)-(400, 430), 7, 8      ' shaded information box
LINE (0, 80)-(10, 70), 8
LINE (200, 0)-(190, 10), 8
LINE (0, 0)-(10, 10), 8
VIEW (210, 360)-(390, 420), 3, 8
VIEW (0, 0)-(639, 439)
PAINT (300, 427), 8
LOCATE 24, 29: PRINT "      "
LOCATE 25, 29: PRINT "      R U N N I N G      "
LOCATE 26, 29: PRINT "      "

```

```

REM numaratorler sifirlaniyor
  n0 = 0: n1 = 0: n2 = 0: n3 = 0: n4 = 0: n5 = 0: n6 = 0: n7 = 0: nn = 0

REM perform single A/D conversion *****
REM beginning for-next loop
  FOR i = 1 TO ndp

REM running indicator
  IF (i \ (ndp \ 19)) * (ndp \ 19) = i THEN
    LOCATE 26, 29 + nn: PRINT "|"
    nn = nn + 1
    IF nn >= 19 THEN nn = 18
  END IF

  OUT port + 0, 0
130  status = INP(port + 8)
  IF (status AND &H80) = &H80 THEN GOTO 130 'check conversion ok?
  dtl% = INP(port + 0) ' reading channels as low byte
  dth% = INP(port + 1) ' reading channels as high byte
  adl% = dtl% \ 16
  adt% = dth% * 16 + adl% ' reading data as integer number
  chv% = dtl% - adl% * 16 ' which channel

  IF gain(chv%) MOD 8 > 3 THEN ' selecting as bipolar ranges
    adt% = adt% ' or unipolar ranges...
  ELSE
    adt% = adt% - 2048
  END IF

  IF c$ = "y" THEN d = 0 ' for screen y location of data
  IF c$ = "n" THEN d = 6

  IF chv% = 0 THEN ' obtaining overall data
    n0 = n0 + 1
    troll = troll + adt% ' writting to the screen...
    roll = troll / n0
    LOCATE 10 + d, 12: PRINT USING "####.#"; roll - refer(0)
  END IF
  IF chv% = 1 THEN
    n1 = n1 + 1
    tpitch = tpitch + adt%
    pitch = tpitch / n1
    LOCATE 10 + d, 21: PRINT USING "####.#"; pitch - refer(1)
  END IF
  IF chv% = 2 THEN
    n2 = n2 + 1
    tdrag = tdrag + adt%
    drag = tdrag / n2
    LOCATE 10 + d, 29: PRINT USING "####.#"; drag - refer(2)
  END IF
  IF chv% = 3 THEN
    n3 = n3 + 1
    tsidef = tsidef + adt%
    sidef = tsidef / n3
    LOCATE 10 + d, 38: PRINT USING "####.#"; sidef - refer(3)
  END IF
  IF chv% = 4 THEN
    n4 = n4 + 1
    tlift = tlift + adt%
    lift = tlift / n4
    LOCATE 10 + d, 47: PRINT USING "####.#"; lift - refer(4)
  END IF
  IF chv% = 5 THEN
    n5 = n5 + 1
    tyaw = tyaw + adt%
    yaw = tyaw / n5
    LOCATE 10 + d, 56: PRINT USING "####.#"; yaw - refer(5)
  END IF
  IF chv% = 6 THEN
    n6 = n6 + 1
    tcontyaw = tcontyaw + adt%
    contyaw = tcontyaw / n6
    LOCATE 10 + d, 64: PRINT USING "####.#"; contyaw - refer(6)
  END IF
  IF chv% = 7 THEN
    n7 = n7 + 1
    tcontalf = tcontalf + adt%
    contalf = tcontalf / n7
    LOCATE 10 + d, 73: PRINT USING "####.#"; contalf - refer(7)
  END IF

  NEXT i

REM ending for-next loop and A/D conversion *****

REM processing reading data

```

```

IF c$ = "y" THEN
    refer(0) = roll
    refer(1) = pitch
    refer(2) = drag
    refer(3) = sidef
    refer(4) = lift
    refer(5) = yaw
    refer(6) = contyaw
    refer(7) = contalf
ELSE
    deger(0) = roll - refer(0)
    deger(1) = pitch - refer(1)
    deger(2) = drag - refer(2)
    deger(3) = sidef - refer(3)
    deger(4) = lift - refer(4)
    deger(5) = yaw - refer(5)
    deger(6) = contyaw - refer(6)
    deger(7) = contalf - refer(7)
END IF

REM preparing the output file BALANCE.CLB c5$:another measurement or continue
IF c5$ = "n" THEN
    PRINT #10,
    PRINT #10, "CALIBRATION OF", mkind$(kin)
    PRINT #10, "-----"
    PRINT #10, " kg/kgm      roll    pitch    drag    side-f    lift    yaw"
END IF

REM user confirm to write to the file BALANCE.CLB
IF c$ = "n" THEN
    VIEW (140, 350)-(460, 430), 11, 1
    LINE (0, 80)-(10, 70), 1
    LINE (320, 0)-(310, 10), 1
    LINE (0, 0)-(10, 10), 1
    VIEW (150, 360)-(450, 420), 3, 1
    VIEW (0, 0)-(639, 439)
    PAINT (300, 427), 1

    LOCATE 24, 21: PRINT "          CONFIRMATION!"
    LOCATE 25, 21: PRINT " Do you want to write BALANCE.CLB?"
    LOCATE 26, 21: PRINT " press a key for YES or (n) for NO "
    con2$ = INKEY$: IF con2$ = "n" THEN GOTO 143
    IF con2$ = "n" THEN GOTO 154

143 REM last values(not reference values) are being writting to the calibration file
    PRINT #10, USING "####.####"; wfm;
    PRINT #10, USING "#####.##"; deger(0); deger(1); deger(2); deger(3); deger(4); deger(5)
    PRINT #11, kin; USING "####.####"; wfm;
    PRINT #11, USING "#####.##"; deger(0); deger(1); deger(2); deger(3); deger(4); deger(5)

REM which measurement kin=0 roll, kin=1 pitch,...
    IF kin = 0 THEN s(0) = s(0) + 1
    IF kin = 1 THEN s(1) = s(1) + 1
    IF kin = 2 THEN s(2) = s(2) + 1
    IF kin = 3 THEN s(3) = s(3) + 1
    IF kin = 4 THEN s(4) = s(4) + 1
    IF kin = 5 THEN s(5) = s(5) + 1

END IF

REM indicator for screen: indicates reference or which measurement...
FOR k = 0 TO 5
    IF k = kin THEN LOCATE 19, 15 + 9 * k: PRINT "R"
    IF s(k) > 0 THEN LOCATE 19, 14 + 9 * k: PRINT s(k)
NEXT k

154 VIEW (140, 350)-(460, 430), 12, 4
    LINE (0, 80)-(10, 70), 4
    LINE (320, 0)-(310, 10), 4
    LINE (0, 0)-(10, 10), 4
    VIEW (150, 360)-(450, 420), 4, 4
    VIEW (0, 0)-(639, 439)
    PAINT (300, 427), 4

    LOCATE 24, 21: PRINT "          QUESTION!"
    LOCATE 25, 21: PRINT "Another measurement for CALIBRATION"
    LOCATE 26, 28: PRINT "          "
    LOCATE 26, 21: PRINT "          OF"; mkind$(kin)
    LOCATE 26, 42: INPUT " (y/n/q) ", c5$

    IF c5$ <> "y" AND c5$ <> "n" AND c5$ <> "q" THEN
        BEEP: GOTO 154
    ELSE
        IF c5$ = "y" THEN
            m = m + 1: GOTO 124
        ELSE
            ' performs a new measurement
        END IF
    END IF

```

```

        IF c5$ = "n" THEN GOTO 114      ' performs new measurement under new load
        IF c5$ = "q" THEN GOTO 400      ' stop
    END IF

400 'continue

REM balance.dat dosyasinin sonuna hangi calibrasyonda ne kadar olcum(gecerli)
REM yapildigini ekliyor...
    WRITE #11, 1000, s(0), s(1), s(2), s(3), s(4), s(5), 1000

REM closing the output files
    CLOSE #1
    CLOSE #2
    CLOSE #3
    CLOSE #4
    CLOSE #5
    CLOSE #6
    CLOSE #7
    CLOSE #8
    CLOSE #10 'balance.clb
    CLOSE #11 'balance.dat

REM all screen is clear for new process
    VIEW (0, 0)-(639, 479)
    CLS

REM question to the user for calibration process
402 VIEW (180, 165)-(450, 255), 10, 8 ' buyuk box
    LINE (0, 90)-(10, 80), 8          ' sol alt kosegen
    LINE (270, 0)-(260, 10), 8        ' sag ust kosegen
    LINE (0, 0)-(10, 10), 2           ' sol ust kosegen
    VIEW (190, 175)-(440, 245), 2, 8 ' kucuk box
    VIEW (0, 0)-(639, 439)            ' global axis
    PAINT (220, 253), 8               ' golge boyama

    LOCATE 12, 26: PRINT "          QUESTION!"
    LOCATE 13, 26: PRINT "          Do you want to make a "
    LOCATE 14, 26: PRINT "          calibration process? (y/n) "
    LOCATE 15, 39: INPUT "->", q1$
    IF q1$ <> "y" AND q1$ <> "n" THEN
        BEEP: GOTO 402
    ELSE
        IF q1$ = "y" THEN
            GOTO 408 ' continue the calibration process
        ELSE
            GOTO 500 ' goto end
        END IF
    END IF

REM *****

REM *****
REM ***** CALIBRATION PROCESS *****

408 VIEW (1, 17)-(638, 425), 0, 9 ' screen is ready

REM part II *****
REM beginning the process of calibration and obtaining the
REM calibration matrices of six components

REM reading from balance.dat *****
    ON ERROR GOTO 405
    OPEN "balance.dat" FOR INPUT AS #11
    INPUT #11, datetime$
    LOCATE 1, 3: PRINT "T E M B A L A N C E C A L I B R A T I O N"
    LOCATE 28, 3: PRINT "Written by LEVENT HASANREISOGLU (C) COPYRIGHT, ITU, JANUARY 1994"
    LOCATE 1, 50: PRINT "CALB. DATE:"; datetime$

    sr = 0: sp = 0: sd = 0: ss = 0: sl = 0: sy = 0 ' initial
407 INPUT #11, x, xx(0), xx(1), xx(2), xx(3), xx(4), xx(5), xx(6)

    IF x = 0 THEN
        sr = sr + 1
        FOR j = 0 TO 6
            rcal(sr, j) = xx(j)
        NEXT j
    END IF

    IF x = 1 THEN
        sp = sp + 1
        FOR j = 0 TO 6
            pcal(sp, j) = xx(j)
        NEXT j
    END IF

    IF x = 2 THEN

```

```

sd = sd + 1
FOR j = 0 TO 6
  dcal(sd, j) = xx(j)
NEXT j
END IF

IF x = 3 THEN
  ss = ss + 1
  FOR j = 0 TO 6
    scal(ss, j) = xx(j)
  NEXT j
END IF

IF x = 4 THEN
  sl = sl + 1
  FOR j = 0 TO 6
    lcal(sl, j) = xx(j)
  NEXT j
END IF

IF x = 5 THEN
  sy = sy + 1
  FOR j = 0 TO 6
    ycal(sy, j) = xx(j)
  NEXT j
END IF

IF x = 1000 THEN
  FOR j = 0 TO 5
    s(j) = xx(j)
  NEXT j
  GOTO 409
END IF

GOTO 407
REM end of reading *****

409 'continue

REM checking data
IF sr <> s(0) OR sp <> s(1) OR sd <> s(2) THEN GOTO 411 'error
IF ss <> s(3) OR sl <> s(4) OR sy <> s(5) THEN GOTO 411 'error

REM CALCULATIONS *****

REM calibration of roll *****
IF sr <> 0 THEN 'calibrasyon olcumu yapilmamissa atlar
IF rcal(1, 1) = 0 THEN GOTO 420
rmax = rcal(1, 0) / rcal(1, 1)
rmin = rmax
FOR i = 1 TO s(0) 's(0)=sr
  IF rcal(i, 1) = 0 THEN GOTO 420
  tc = rcal(i, 0) / rcal(i, 1)
  IF tc > rmax THEN rmax = tc
  IF tc < rmin THEN rmin = tc
  rtc = rtc + tc
NEXT i
rtc = rtc / s(0)
rerror = ABS((rmax - rmin) / (2 * rtc)) * 100
IF rerror > 99.999 THEN rerror = 99.999

REM all interactions on roll
FOR k = 0 TO 5 'k=0:roll,k=1:pitch,k=2:drag,k=3:sidef,k=4:lift,k=5:roll

  irmax(k) = rcal(1, k + 1) / rcal(1, 1)
  irmin(k) = irmax(k)
  FOR i = 1 TO s(0)
    intr = rcal(i, k + 1) / rcal(i, 1)
    IF intr > irmax(k) THEN irmax(k) = intr
    IF intr < irmin(k) THEN irmin(k) = intr
    ir(k) = ir(k) + intr
  NEXT i
  ir(k) = ir(k) / s(0)
  IF ir(k) <> 0 THEN
    irerror(k) = ABS((irmax(k) - irmin(k)) / (2 * ir(k))) * 100
    IF irerror(k) > 999.99 THEN irerror(k) = 999.99
  ELSE
    irerror(k) = 0
  END IF
NEXT k
END IF

REM end of roll calibration *****

```

```

REM calibration of pitch *****
IF sp <> 0 THEN
  IF pcal(1, 2) = 0 THEN GOTO 420
  pmax = pcal(1, 0) / pcal(1, 2)
  pmin = pmax
  FOR i = 1 TO s(1)
    IF pcal(i, 2) = 0 THEN GOTO 420
    tc = pcal(i, 0) / pcal(i, 2)
    IF tc > pmax THEN pmax = tc
    IF tc < pmin THEN pmin = tc
    ptc = ptc + tc
  NEXT i
  ptc = ptc / s(1)
  perror = ABS((pmax - pmin) / (2 * ptc)) * 100
  IF perror > 99.999 THEN perror = 99.999

REM all interactions on pitch
FOR k = 0 TO 5
  ipmax(k) = pcal(1, k + 1) / pcal(1, 2)
  ipmin(k) = ipmax(k)
  FOR i = 1 TO s(1)
    intp = pcal(i, k + 1) / pcal(i, 2)
    IF intp > ipmax(k) THEN ipmax(k) = intp
    IF intp < ipmin(k) THEN ipmin(k) = intp
    ip(k) = ip(k) + intp
  NEXT i
  ip(k) = ip(k) / s(1)
  IF ip(k) <> 0 THEN
    iperror(k) = ABS((ipmax(k) - ipmin(k)) / (2 * ip(k))) * 100
    IF iperror(k) > 999.99 THEN iperror(k) = 999.99
  ELSE
    iperror(k) = 0
  END IF
NEXT k
END IF

REM end of pitch calibration *****

REM calibration of drag *****
IF sd <> 0 THEN
  IF dcal(1, 3) = 0 THEN GOTO 420
  dmax = dcal(1, 0) / dcal(1, 3)
  dmin = dmax
  FOR i = 1 TO s(2)
    IF dcal(i, 3) = 0 THEN GOTO 420
    tc = dcal(i, 0) / dcal(i, 3)
    IF tc > dmax THEN dmax = tc
    IF tc < dmin THEN dmin = tc
    dtc = dtc + tc
  NEXT i
  dtc = dtc / s(2)
  derror = ABS((dmax - dmin) / (2 * dtc)) * 100
  IF derror > 99.999 THEN derror = 99.999

REM all interactions on drag
FOR k = 0 TO 5
  idmax(k) = dcal(1, k + 1) / dcal(1, 3)
  idmin(k) = idmax(k)
  FOR i = 1 TO s(2)
    intd = dcal(i, k + 1) / dcal(i, 3)
    IF intd > idmax(k) THEN idmax(k) = intd
    IF intd < idmin(k) THEN idmin(k) = intd
    id(k) = id(k) + intd
  NEXT i
  id(k) = id(k) / s(2)
  IF id(k) <> 0 THEN
    iderror(k) = ABS((idmax(k) - idmin(k)) / (2 * id(k))) * 100
    IF iderror(k) > 999.99 THEN iderror(k) = 999.99
  ELSE
    iderror(k) = 0
  END IF
NEXT k
END IF

REM end of drag calibration *****

REM calibration of sideforce *****
IF ss <> 0 THEN
  IF scal(1, 4) = 0 THEN GOTO 420
  smax = scal(1, 0) / scal(1, 4)
  smin = smax
  FOR i = 1 TO s(3)
    IF scal(i, 4) = 0 THEN GOTO 420
    tc = scal(i, 0) / scal(i, 4)

```

```

    IF tc > smax THEN smax = tc
    IF tc < smin THEN smin = tc
    stc = stc + tc
NEXT i
stc = stc / s(3)
serror = ABS((smax - smin) / (2 * stc)) * 100
IF serror > 99.999 THEN serror = 99.999

REM all interactions on sidef
FOR k = 0 TO 5      'k=0:roll,k=1:pitch,k=2:drag,k=3:sidef,k=4:lift,k=5:roll

    isfmax(k) = scal(1, k + 1) / scal(1, 4)
    isfmin(k) = isfmax(k)
    FOR i = 1 TO s(3)
        intsf = scal(i, k + 1) / scal(i, 4)
        IF intsf > isfmax(k) THEN isfmax(k) = intsf
        IF intsf < isfmin(k) THEN isfmin(k) = intsf
        isf(k) = isf(k) + intsf
    NEXT i
    isf(k) = isf(k) / s(3)
    IF isf(k) < 0 THEN
        isferror(k) = ABS((isfmax(k) - isfmin(k)) / (2 * isf(k))) * 100
        IF isferror(k) > 999.99 THEN isferror(k) = 999.99
    ELSE
        isferror(k) = 0
    END IF

NEXT k
END IF

REM end of sidef calibration *****

REM calibration of lift *****
IF sl < 0 THEN
    IF lcal(1, 5) = 0 THEN GOTO 420
    lmax = lcal(1, 0) / lcal(1, 5)
    lmin = lmax
    FOR i = 1 TO s(4)      ' s(4)=sl
        IF lcal(i, 5) = 0 THEN GOTO 420
        tc = lcal(i, 0) / lcal(i, 5)
        IF tc > lmax THEN lmax = tc
        IF tc < lmin THEN lmin = tc
        ltc = ltc + tc
    NEXT i
    ltc = ltc / s(4)
    lerror = ABS((lmax - lmin) / (2 * ltc)) * 100
    IF lerror > 99.999 THEN lerror = 99.999

REM all interactions on lift
FOR k = 0 TO 5      'k=0:roll,k=1:pitch,k=2:drag,k=3:sidef,k=4:lift,k=5:roll

    ilmax(k) = lcal(1, k + 1) / lcal(1, 5)
    ilmin(k) = ilmax(k)
    FOR i = 1 TO s(4)
        intl = lcal(i, k + 1) / lcal(i, 5)
        IF intl > ilmax(k) THEN ilmax(k) = intl
        IF intl < ilmin(k) THEN ilmin(k) = intl
        il(k) = il(k) + intl
    NEXT i
    il(k) = il(k) / s(4)
    IF il(k) < 0 THEN
        ilerror(k) = ABS((ilmax(k) - ilmin(k)) / (2 * il(k))) * 100
        IF ilerror(k) > 999.99 THEN ilerror(k) = 999.99
    ELSE
        ilerror(k) = 0
    END IF

NEXT k
END IF

REM end of lift calibration *****

REM calibration of yaw *****
IF sy < 0 THEN
    IF ycal(1, 6) = 0 THEN GOTO 420
    ymax = ycal(1, 0) / ycal(1, 6)
    ymin = ymax
    FOR i = 1 TO s(5)      ' s(5)=sy
        IF ycal(i, 6) = 0 THEN GOTO 420
        tc = ycal(i, 0) / ycal(i, 6)
        IF tc > ymax THEN ymax = tc
        IF tc < ymin THEN ymin = tc
        ytc = ytc + tc
    NEXT i
    ytc = ytc / s(5)
    yerror = ABS((ymax - ymin) / (2 * ytc)) * 100
    IF yerror > 99.999 THEN yerror = 99.999

```

```

REM all interactions on yaw
FOR k = 0 TO 5      'k=0:roll,k=1:pitch,k=2:drag,k=3:sidef,k=4:lift,k=5:roll

    iymax(k) = ycal(1, k + 1) / ycal(1, 6)
    iymin(k) = iymax(k)
    FOR i = 1 TO s(5)
        inty = ycal(i, k + 1) / ycal(i, 6)
        IF inty > iymax(k) THEN iymax(k) = inty
        IF inty < iymin(k) THEN iymin(k) = inty
        iy(k) = iy(k) + inty
    NEXT i
    iy(k) = iy(k) / s(5)
    IF iy(k) <> 0 THEN
        iyerror(k) = ABS((iymax(k) - iymin(k)) / (2 * iy(k))) * 100
        IF iyerror(k) > 999.99 THEN iyerror(k) = 999.99
    ELSE
        iyerror(k) = 0
    END IF

NEXT k
END IF

REM end of yaw calibration *****

REM END OF CALCULATIONS *****

VIEW (1, 17)-(638, 425), 0, 9      ' screen is ready

REM graphics of each calibration components *****

REM general graphics screen is preparing *****
REM transducer calibration graphics screen
VIEW (15, 24)-(165, 230), 10, 8
LINE (0, 206)-(5, 201), 8
LINE (150, 0)-(145, 5), 8
LINE (0, 0)-(5, 5), 8
VIEW (20, 29)-(161, 225), 2, 8
VIEW (21, 30)-(160, 170), 8, 10
VIEW (0, 0)-(639, 439)
PAINT (100, 227), 8

REM interactions graphics screen
VIEW (169, 24)-(632, 365), 10, 8
LINE (0, 341)-(5, 336), 8
LINE (463, 0)-(458, 5), 8
LINE (0, 0)-(5, 5), 8
VIEW (174, 29)-(627, 360), 2, 8
FOR b = 0 TO 155 STEP 155
FOR a = 0 TO 320 STEP 155
    VIEW (175 + a, 30 + b)-(315 + a, 170 + b), 8, 10
NEXT a
NEXT b
VIEW (0, 0)-(639, 439)
PAINT (400, 363), 8

REM interactions values screen
VIEW (15, 235)-(165, 260), 10, 8
LINE (0, 25)-(2, 23), 8
LINE (150, 0)-(148, 2), 8
LINE (0, 0)-(2, 2), 8
VIEW (17, 237)-(163, 258), 2, 8
VIEW (19, 239)-(161, 256), 8, 2
VIEW (0, 0)-(639, 439)
PAINT (100, 260), 8

VIEW (169, 372)-(632, 423), 10, 8
LINE (463, 0)-(461, 2), 8
LINE (0, 51)-(2, 49), 8
LINE (0, 0)-(2, 2), 8
VIEW (171, 374)-(630, 421), 2, 8
VIEW (0, 0)-(639, 479)
PAINT (200, 423), 8
VIEW (174, 377)-(627, 418), 8, 2

REM user choose menu
VIEW (14, 265)-(164, 430), 7, 8
LINE (0, 165)-(10, 155), 8
LINE (150, 0)-(140, 10), 8
LINE (0, 0)-(10, 10), 8
VIEW (24, 275)-(154, 420), 3, 8
VIEW (0, 0)-(639, 439)
PAINT (100, 425), 8

LOCATE 19, 6: PRINT " Choice Menu "
LOCATE 20, 6: PRINT " r - ROLL "
LOCATE 21, 6: PRINT " p - PITCH "
LOCATE 22, 6: PRINT " d - DRAG "
```

```

LOCATE 23, 6: PRINT " s - SIDE-F "
LOCATE 24, 6: PRINT " l - LIFT "
LOCATE 25, 6: PRINT " y - YAW "
LOCATE 26, 6: PRINT " e -equations"

790 a$ = INKEY$: IF a$ = "" THEN GOTO 790
IF a$ = "r" THEN GOTO 800
IF a$ = "p" THEN GOTO 801
IF a$ = "d" THEN GOTO 802
IF a$ = "s" THEN GOTO 803
IF a$ = "l" THEN GOTO 804
IF a$ = "y" THEN GOTO 805
IF a$ = "e" THEN GOTO 478
GOTO 790
REM end of graphics initialization *****

REM roll calibration graphics *****
800 LOCATE 13, 4: PRINT " ROLL TRANSDUCER "
LOCATE 14, 4: PRINT " CALIBRATION "

REM transducer calibration values
VIEW (19, 239)-(161, 256), 0, 2
LOCATE 16, 4: PRINT USING "##.###"; rtc
LOCATE 16, 13: PRINT "%"; USING "##.###"; rerror

LOCATE 22, 37: PRINT " INTERACTIONS ON ROLL "

a = 0: b = 0: d = 0
CALL maxmin(sr, 1, rcal(), mxr, mnr)
FOR j = 0 TO 6
VIEW (20 + a, 30 + b)-(160 + a, 170 + b), 8, 10
CALL maxmin(sr, j, rcal(), mx, mn)
IF mx = 0 AND mn = 0 THEN GOTO 567 'means there is no interaction
IF j = 1 THEN GOTO 567
IF mn = mx THEN
mn = 0: mx = 2 * mx
END IF

VIEW (20 + a, 30 + b)-(160 + a, 170 + b), 0, 10
WINDOW (mnr, mn)-(mxr, mx)
LINE (mnr, rcal(1, j))-(mxr, rcal(1, j)), 12
LINE (rcal(1, 1), mn)-(rcal(1, 1), mx), 12

FOR i = 1 TO sr
IF i <= sr - 1 THEN
LINE (rcal(i, 1), rcal(i, j))-(rcal(i + 1, 1), rcal(i + 1, j)), 9
END IF
PSET (rcal(i, 1), rcal(i, j)), 11
NEXT i

567 IF a + 170 < 550 THEN
a = a + 155
b = d
ELSE
a = 155
d = 155
b = d
END IF
NEXT j

LOCATE 3, 4: PRINT "LOAD"
LOCATE 10, 17: PRINT "ROLL"

LOCATE 3, 23: PRINT "ROLL"
LOCATE 3, 43: PRINT "PITCH"
LOCATE 3, 62: PRINT "DRAG"
LOCATE 13, 23: PRINT "SIDEF"
LOCATE 13, 43: PRINT "LIFT"
LOCATE 13, 62: PRINT "YAW"

REM interaction values are being written
VIEW (174, 377)-(627, 418), 0, 12
WINDOW SCREEN (0, 0)-(453, 40)

aa = 25: k = 0
FOR i = 0 TO 5
IF i = 3 THEN
aa = aa + 1: k = 0
END IF
IF ir(i) = 0 OR ir(i) = 1 THEN GOTO 763
LOCATE aa, 23 + k: PRINT USING "##.###"; ir(i)
LOCATE aa, 32 + k: PRINT "%"; USING "##.###"; irerror(i)
763 k = k + 20
NEXT i

LINE (0, 21)-(453, 21), 12
LINE (151, 0)-(151, 41), 12

```

```

LINE (302, 0)-(302, 41), 12

REM bagil hata istenirse yaziliyor
DO
  a$ = INKEY$
LOOP WHILE a$ = ""
IF a$ = "r" THEN
  VIEW (174, 377)-(627, 418), 0, 12
  WINDOW SCREEN (0, 0)-(453, 40)

  aa = 25: k = 0
  FOR i = 0 TO 5
    IF i = 3 THEN
      aa = aa + 1: k = 0
    END IF
    IF ir(i) = 0 OR ir(i) = 1 THEN GOTO 773
    LOCATE aa, 23 + k: PRINT USING "##.####"; ir(i) - ir(i) * irerror(i) / 100
    LOCATE aa, 33 + k: PRINT USING "##.####"; ir(i) + ir(i) * irerror(i) / 100
773   k = k + 19
  NEXT i

  LINE (0, 21)-(453, 21), 12
  LINE (151, 0)-(151, 41), 12
  LINE (302, 0)-(302, 41), 12
END IF

IF a$ = "p" THEN GOTO 801
IF a$ = "d" THEN GOTO 802
IF a$ = "s" THEN GOTO 803
IF a$ = "l" THEN GOTO 804
IF a$ = "y" THEN GOTO 805
IF a$ = "e" THEN GOTO 478

GOTO 790

REM end of roll calibration graphics *****

REM pitch calibration graphics *****
801 LOCATE 13, 4: PRINT "PITCH TRANSDUCER"
   LOCATE 14, 4: PRINT "CALIBRATION"

REM transducer calibration values
VIEW (19, 239)-(161, 256), 0, 2
LOCATE 16, 4: PRINT USING "##.####"; ptc
LOCATE 16, 13: PRINT "%"; USING "##.####"; perror

LOCATE 22, 37: PRINT "INTERACTIONS ON PITCH"

a = 0: b = 0: d = 0
CALL maxmin(sp, 2, pcal(), mxp, mnp)
FOR j = 0 TO 6
  VIEW (20 + a, 30 + b)-(160 + a, 170 + b), 8, 10
  CALL maxmin(sp, j, pcal(), mx, mn)
  IF mx = 0 AND mn = 0 THEN GOTO 577
  IF j = 2 THEN GOTO 577
  IF mn = mx THEN
    mn = 0: mx = 2 * mx
  END IF

  VIEW (20 + a, 30 + b)-(160 + a, 170 + b), 0, 10
  WINDOW (mnp, mn)-(mxp, mx)
  LINE (mnp, pcal(1, j))-(mxp, pcal(1, j)), 12
  LINE (pcal(1, 2), mn)-(pcal(1, 2), mx), 12

  FOR i = 1 TO sp
    IF i <= sp - 1 THEN
      LINE (pcal(i, 2), pcal(i, j))-(pcal(i + 1, 2), pcal(i + 1, j)), 9
    END IF
    PSET (pcal(i, 2), pcal(i, j)), 11
  NEXT i

577 IF a + 170 < 550 THEN
  a = a + 155
  b = d
ELSE
  a = 155
  d = 155
  b = d
END IF
NEXT j

LOCATE 3, 4: PRINT "LOAD"
LOCATE 10, 16: PRINT "PITCH"

LOCATE 3, 23: PRINT "ROLL"
LOCATE 3, 43: PRINT "PITCH"
LOCATE 3, 62: PRINT "DRAG"

```

```

LOCATE 13, 23: PRINT "SIDEF"
LOCATE 13, 43: PRINT "LIFT"
LOCATE 13, 62: PRINT "YAW"

REM interaction values are being written
VIEW (174, 377)-(627, 418), 0, 12
WINDOW SCREEN (0, 0)-(453, 40)

aa = 25: k = 0
FOR i = 0 TO 5
  IF i = 3 THEN
    aa = aa + 1: k = 0
  END IF
  IF ip(i) = 0 OR ip(i) = 1 THEN GOTO 765
  LOCATE aa, 23 + k: PRINT USING "##.####"; ip(i)
  LOCATE aa, 32 + k: PRINT "%"; USING "##.####"; iperror(i)
765  k = k + 20
NEXT i

LINE (0, 21)-(453, 21), 12
LINE (151, 0)-(151, 41), 12
LINE (302, 0)-(302, 41), 12

REM bagil hata istenirse yaziliyor
DO
  a$ = INKEY$
  LOOP WHILE a$ = ""
  IF a$ = "p" THEN
    VIEW (174, 377)-(627, 418), 0, 12
    WINDOW SCREEN (0, 0)-(453, 40)

    aa = 25: k = 0
    FOR i = 0 TO 5
      IF i = 3 THEN
        aa = aa + 1: k = 0
      END IF
      IF ip(i) = 0 OR ip(i) = 1 THEN GOTO 774
      LOCATE aa, 23 + k: PRINT USING "##.####"; ip(i) - ip(i) * iperror(i) / 100
      LOCATE aa, 33 + k: PRINT USING "##.####"; ip(i) + ip(i) * iperror(i) / 100
774  k = k + 19
NEXT i

LINE (0, 21)-(453, 21), 12
LINE (151, 0)-(151, 41), 12
LINE (302, 0)-(302, 41), 12
END IF

IF a$ = "x" THEN GOTO 800
IF a$ = "d" THEN GOTO 802
IF a$ = "s" THEN GOTO 803
IF a$ = "l" THEN GOTO 804
IF a$ = "y" THEN GOTO 805
IF a$ = "e" THEN GOTO 478

GOTO 790
REM end of pitch calibration graphics *****

REM drag calibration graphics *****
802  LOCATE 13, 4: PRINT " DRAG TRANSDUCER "
      LOCATE 14, 4: PRINT "  CALIBRATION  "

REM transducer calibration values
VIEW (19, 239)-(161, 256), 0, 2
LOCATE 16, 4: PRINT USING "##.####"; dtc
LOCATE 16, 13: PRINT "%"; USING "##.####"; derror

LOCATE 22, 37: PRINT " INTERACTIONS  ON  DRAG "

a = 0: b = 0: d = 0
CALL maxmin(sd, 3, dcal(), mxd, mnd)
FOR j = 0 TO 6
  VIEW (20 + a, 30 + b)-(160 + a, 170 + b), 8, 10
  CALL maxmin(sd, j, dcal(), mx, mn)
  IF mx = 0 AND mn = 0 THEN GOTO 587
  IF j = 3 THEN GOTO 587
  IF mn = mx THEN
    mn = 0: mx = 2 * mx
  END IF

  VIEW (20 + a, 30 + b)-(160 + a, 170 + b), 0, 10
  WINDOW (mnd, mn)-(mxd, mx)
  LINE (mnd, dcal(1, j))-(mxd, dcal(1, j)), 12
  LINE (dcal(1, 3), mn)-(dcal(1, 3), mx), 12

  FOR i = 1 TO sd
    IF i <= sd - 1 THEN
      LINE (dcal(i, 3), dcal(i, j))-(dcal(i + 1, 3), dcal(i + 1, j)), 9
    
```

```

    END IF
    PSET (dcal(i, 3), dcal(i, j)), 17
NEXT i

587 IF a + 170 < 550 THEN
    a = a + 155
    b = d
ELSE
    a = 155
    d = 155
    b = d
END IF
NEXT j

LOCATE 3, 4: PRINT "LOAD"
LOCATE 10, 17: PRINT "DRAG"

LOCATE 3, 23: PRINT "ROLL"
LOCATE 3, 43: PRINT "PITCH"
LOCATE 3, 62: PRINT "DRAG"
LOCATE 13, 23: PRINT "SIDEF"
LOCATE 13, 43: PRINT "LIFT"
LOCATE 13, 62: PRINT "YAW"

REM interaction values are being written
VIEW (174, 377)-(627, 418), 0, 12
WINDOW SCREEN (0, 0)-(453, 40)

aa = 25: k = 0
FOR i = 0 TO 5
    IF i = 3 THEN
        aa = aa + 1: k = 0
    END IF
    IF id(i) = 0 OR id(i) = 1 THEN GOTO 766
    LOCATE aa, 23 + k: PRINT USING "###.####"; id(i)
    LOCATE aa, 32 + k: PRINT "&"; USING "###.##"; iderror(i)
766 k = k + 20
NEXT i

LINE (0, 21)-(453, 21), 12
LINE (151, 0)-(151, 41), 12
LINE (302, 0)-(302, 41), 12

REM bagil hata istenirse yaziliyor
DO
    a$ = INKEY$
LOOP WHILE a$ = ""
IF a$ = "d" THEN
    VIEW (174, 377)-(627, 418), 0, 12
    WINDOW SCREEN (0, 0)-(453, 40)

    aa = 25: k = 0
    FOR i = 0 TO 5
        IF i = 3 THEN
            aa = aa + 1: k = 0
        END IF
        IF id(i) = 0 OR id(i) = 1 THEN GOTO 775
        LOCATE aa, 23 + k: PRINT USING "###.####"; id(i) - id(i) * iderror(i) / 100
        LOCATE aa, 33 + k: PRINT USING "###.####"; id(i) + id(i) * iderror(i) / 100
775 k = k + 19
NEXT i

LINE (0, 21)-(453, 21), 12
LINE (151, 0)-(151, 41), 12
LINE (302, 0)-(302, 41), 12
END IF

IF a$ = "r" THEN GOTO 800
IF a$ = "p" THEN GOTO 801
IF a$ = "s" THEN GOTO 803
IF a$ = "l" THEN GOTO 804
IF a$ = "y" THEN GOTO 805
IF a$ = "e" THEN GOTO 478

GOTO 790
REM end of drag calibration graphics *****

REM sidef calibration graphics *****
803 LOCATE 13, 4: PRINT "SIDE-F TRANSDUCER"
    LOCATE 14, 4: PRINT "    CALIBRATION    "

REM transducer calibration values
VIEW (19, 239)-(161, 256), 0, 2
LOCATE 16, 4: PRINT USING "###.####"; stc
LOCATE 16, 13: PRINT "&"; USING "###.####"; serror

```

```

LOCATE 22, 37: PRINT " INTERACTIONS ON SIDE-F "

a = 0: b = 0: d = 0
CALL maxmin(ss, 4, scal(), mxs, mns)
FOR j = 0 TO 6
  VIEW (20 + a, 30 + b)-(160 + a, 170 + b), 8, 10
  CALL maxmin(ss, j, scal(), mx, mn)
  IF mx = 0 AND mn = 0 THEN GOTO 597
  IF j = 4 THEN GOTO 597

  VIEW (20 + a, 30 + b)-(160 + a, 170 + b), 0, 10
  IF mn = mx THEN
    mn = 0: mx = 2 * mx
  END IF
  WINDOW (mns, mn)-(mxs, mx)
  LINE (mns, scal(1, j))-(mxs, scal(1, j)), 12
  LINE (scal(1, 4), mn)-(scal(1, 4), mx), 12

  FOR i = 1 TO ss
    IF i <= ss - 1 THEN
      LINE (scal(i, 4), scal(i, j))-(scal(i + 1, 4), scal(i + 1, j)), 9
    END IF
    PSET (scal(i, 4), scal(i, j)), 11
  NEXT i
597 IF a + 170 < 550 THEN
  a = a + 155
  b = d
ELSE
  a = 155
  d = 155
  b = d
END IF
NEXT j

LOCATE 3, 4: PRINT "LOAD"
LOCATE 10, 15: PRINT "SIDE-F"

LOCATE 3, 23: PRINT "ROLL"
LOCATE 3, 43: PRINT "PITCH"
LOCATE 3, 62: PRINT "DRAG"
LOCATE 13, 23: PRINT "SIDEF"
LOCATE 13, 43: PRINT "LIFT"
LOCATE 13, 62: PRINT "YAW"

REM interaction values are being written
VIEW (174, 377)-(627, 418), 0, 12
WINDOW SCREEN (0, 0)-(453, 40)

aa = 25: k = 0
FOR i = 0 TO 5
  IF i = 3 THEN
    aa = aa + 1: k = 0
  END IF
  IF isf(i) = 0 OR isf(i) = 1 THEN GOTO 767
  LOCATE aa, 23 + k: PRINT USING "###.####"; isf(i)
  LOCATE aa, 32 + k: PRINT "&"; USING "###.##"; isferror(i)
767 k = k + 20
NEXT i

LINE (0, 21)-(453, 21), 12
LINE (151, 0)-(151, 41), 12
LINE (302, 0)-(302, 41), 12

REM bagil hata istenirse yaziliyor
DO
  a$ = INKEY$
LOOP WHILE a$ = ""
IF a$ = "s" THEN
  VIEW (174, 377)-(627, 418), 0, 12
  WINDOW SCREEN (0, 0)-(453, 40)

  aa = 25: k = 0
  FOR i = 0 TO 5
    IF i = 3 THEN
      aa = aa + 1: k = 0
    END IF
    IF isf(i) = 0 OR isf(i) = 1 THEN GOTO 776
    LOCATE aa, 23 + k: PRINT USING "###.####"; isf(i) - isf(i) * isferror(i) / 100
    LOCATE aa, 33 + k: PRINT USING "###.####"; isf(i) + isf(i) * isferror(i) / 100
776 k = k + 19
NEXT i

LINE (0, 21)-(453, 21), 12
LINE (151, 0)-(151, 41), 12
LINE (302, 0)-(302, 41), 12
END IF

```

```

IF a$ = "r" THEN GOTO 800
IF a$ = "p" THEN GOTO 801
IF a$ = "d" THEN GOTO 802
IF a$ = "l" THEN GOTO 804
IF a$ = "y" THEN GOTO 805
IF a$ = "e" THEN GOTO 478

GOTO 790
REM end of sidef calibration graphics *****

REM lift calibration graphics *****
804 LOCATE 13, 4: PRINT " LIFT TRANSDUCER "
    LOCATE 14, 4: PRINT " CALIBRATION "

REM transducer calibration values
VIEW (19, 239)-(161, 256), 0, 2
LOCATE 16, 4: PRINT USING "##.###"; ltc
LOCATE 16, 13: PRINT "%"; USING "##.###"; lerror

LOCATE 22, 37: PRINT " INTERACTIONS ON LIFT "

a = 0: b = 0: d = 0
CALL maxmin(s1, 5, lcal(), mxl, mnl)
FOR j = 0 TO 6
    VIEW (20 + a, 30 + b)-(160 + a, 170 + b), 8, 10
    CALL maxmin(s1, j, lcal(), mx, mn)
    IF mx = 0 AND mn = 0 THEN GOTO 607
    IF j = 5 THEN GOTO 607

    VIEW (20 + a, 30 + b)-(160 + a, 170 + b), 0, 10
    WINDOW (mnl, mn)-(mxl, mx)
    LINE (mnl, lcal(1, j))-(mxl, lcal(1, j)), 12
    LINE (lcal(1, 5), mn)-(lcal(1, 5), mx), 12

    FOR i = 1 TO s1
        IF i <= s1 - 1 THEN
            LINE (lcal(i, 5), lcal(i, j))-(lcal(i + 1, 5), lcal(i + 1, j)), 9
        END IF
        PSET (lcal(i, 5), lcal(i, j)), 11
    NEXT i

607 IF a + 170 < 550 THEN
    a = a + 155
    b = d
ELSE
    a = 155
    d = 155
    b = d
END IF
NEXT j

LOCATE 3, 4: PRINT "LOAD"
LOCATE 10, 17: PRINT "LIFT"

LOCATE 3, 23: PRINT "ROLL"
LOCATE 3, 43: PRINT "PITCH"
LOCATE 3, 62: PRINT "DRAG"
LOCATE 13, 23: PRINT "SIDEF"
LOCATE 13, 43: PRINT "LIFT"
LOCATE 13, 62: PRINT "YAW"

REM interaction values are being written
VIEW (174, 377)-(627, 418), 0, 12
WINDOW SCREEN (0, 0)-(453, 40)

aa = 25: k = 0
FOR i = 0 TO 5
    IF i = 3 THEN
        aa = aa + 1: k = 0
    END IF
    IF il(i) = 0 OR il(i) = 1 THEN GOTO 768
    LOCATE aa, 23 + k: PRINT USING "##.###"; il(i)
    LOCATE aa, 32 + k: PRINT "%"; USING "##.###"; ilerror(i)
768 k = k + 20
NEXT i

LINE (0, 21)-(453, 21), 12
LINE (151, 0)-(151, 41), 12
LINE (302, 0)-(302, 41), 12

REM bagil hata istenirse yaziliyor
DO
    a$ = INKEY$
LOOP WHILE a$ = ""
IF a$ = "l" THEN
    VIEW (174, 377)-(627, 418), 0, 12

```

```

WINDOW SCREEN (0, 0)-(453, 40)

aa = 25: k = 0
FOR i = 0 TO 5
  IF i = 3 THEN
    aa = aa + 1: k = 0
  END IF
  IF il(i) = 0 OR il(i) = 1 THEN GOTO 777
  LOCATE aa, 23 + k: PRINT USING "##.####"; il(i) - il(i) * ilerror(i) / 100
  LOCATE aa, 33 + k: PRINT USING "##.####"; il(i) + il(i) * ilerror(i) / 100
777 k = k + 19
NEXT i

LINE (0, 21)-(453, 21), 12
LINE (151, 0)-(151, 41), 12
LINE (302, 0)-(302, 41), 12
END IF

IF a$ = "r" THEN GOTO 800
IF a$ = "p" THEN GOTO 801
IF a$ = "d" THEN GOTO 802
IF a$ = "s" THEN GOTO 803
IF a$ = "y" THEN GOTO 805
IF a$ = "e" THEN GOTO 478

GOTO 790
REM end of lift calibration graphics *****

REM yaw calibration graphics *****
805 LOCATE 13, 4: PRINT " YAW TRANSDUCER "
    LOCATE 14, 4: PRINT " CALIBRATION "

REM transducer calibration values
VIEW (19, 239)-(161, 256), 0, 2
LOCATE 16, 4: PRINT USING "##.####"; ytc
LOCATE 16, 13: PRINT "&"; USING "##.####"; yerror

LOCATE 22, 37: PRINT " INTERACTIONS ON YAW "

a = 0: b = 0: d = 0
CALL maxmin(sy, 6, ycal(), mxy, mny)
FOR j = 0 TO 6
  VIEW (20 + a, 30 + b)-(160 + a, 170 + b), 8, 10
  CALL maxmin(sy, j, ycal(), mx, mn)
  IF mx = 0 AND mn = 0 THEN GOTO 617
  IF j = 6 THEN GOTO 617

  VIEW (20 + a, 30 + b)-(160 + a, 170 + b), 0, 10
  WINDOW (mny, mn)-(mxy, mx)
  LINE (mny, ycal(1, j))-(mxy, ycal(1, j)), 12
  LINE (ycal(1, 6), mn)-(ycal(1, 6), mx), 12

  FOR i = 1 TO sy
    IF i <= sy - 1 THEN
      LINE (ycal(i, 6), ycal(i, j))-(ycal(i + 1, 6), ycal(i + 1, j)), 9
    END IF
    PSET (ycal(i, 6), ycal(i, j)), 11
  NEXT i

617 IF a + 170 < 550 THEN
  a = a + 155
  b = d
ELSE
  a = 155
  d = 155
  b = d
END IF
NEXT j

LOCATE 3, 4: PRINT "LOAD"
LOCATE 10, 18: PRINT "YAW"

LOCATE 3, 23: PRINT "ROLL"
LOCATE 3, 43: PRINT "PITCH"
LOCATE 3, 62: PRINT "DRAG"
LOCATE 13, 23: PRINT "SIDEF"
LOCATE 13, 43: PRINT "LIFT"
LOCATE 13, 62: PRINT "YAW"

REM interaction values are being written
VIEW (174, 377)-(627, 418), 0, 12
WINDOW SCREEN (0, 0)-(453, 40)

aa = 25: k = 0
FOR i = 0 TO 5
  IF i = 3 THEN
    aa = aa + 1: k = 0

```

```

END IF
IF iy(i) = 0 OR iy(i) = 1 THEN GOTO 769
LOCATE aa, 23 + k: PRINT USING "##.####"; iy(i)
LOCATE aa, 32 + k: PRINT "%"; USING "##.##"; iyerror(i)
769 k = k + 20
NEXT i

LINE (0, 21)-(453, 21), 12
LINE (151, 0)-(151, 41), 12
LINE (302, 0)-(302, 41), 12

REM bagil hata istenirse yaziliyor
DO
  a$ = INKEY$
  LOOP WHILE a$ = ""
  IF a$ = "y" THEN
    VIEW (174, 377)-(627, 418), 0, 12
    WINDOW SCREEN (0, 0)-(453, 40)

    aa = 25: k = 0
    FOR i = 0 TO 5
      IF i = 3 THEN
        aa = aa + 1: k = 0
      END IF
      IF iy(i) = 0 OR iy(i) = 1 THEN GOTO 778
      LOCATE aa, 23 + k: PRINT USING "##.####"; iy(i) - iy(i) * iyerror(i) / 100
      LOCATE aa, 33 + k: PRINT USING "##.####"; iy(i) + iy(i) * iyerror(i) / 100
778 k = k + 19
    NEXT i

    LINE (0, 21)-(453, 21), 12
    LINE (151, 0)-(151, 41), 12
    LINE (302, 0)-(302, 41), 12
    END IF

    IF a$ = "r" THEN GOTO 800
    IF a$ = "p" THEN GOTO 801
    IF a$ = "d" THEN GOTO 802
    IF a$ = "s" THEN GOTO 803
    IF a$ = "l" THEN GOTO 804
    IF a$ = "e" THEN GOTO 478

    GOTO 790
  REM end of yaw calibration graphics *****

  REM end of graphics *****

478
REM calibration matrices is being writting *****
VIEW (80, 60)-(550, 350), 12, 8      ' buyuk box
WINDOW SCREEN (0, 0)-(470, 290)
LINE (0, 290)-(10, 280), 8          ' sol alt kosegen
LINE (470, 0)-(460, 10), 8          ' sag ust kosegen
LINE (0, 0)-(10, 10), 8             ' sol ust kosegen
VIEW (90, 70)-(540, 340), 4, 8      ' kucuk box
VIEW (0, 0)-(639, 479)              ' global axis
WINDOW SCREEN (0, 0)-(639, 479)
PAINT (220, 345), 8                 ' golge boyama

VIEW (100, 110)-(530, 330), 12, 8
WINDOW SCREEN (0, 0)-(430, 220)
LINE (0, 220)-(5, 215), 8           ' sol alt kosegen
LINE (430, 0)-(425, 5), 8           ' sag ust kosegen
LINE (430, 220)-(425, 215), 8
VIEW (105, 115)-(525, 325), 0, 8    ' kucuk box
VIEW (0, 0)-(639, 479)              ' global axis
WINDOW SCREEN (0, 0)-(639, 479)
PAINT (220, 113), 8                 ' golge boyama

LOCATE 6, 19: PRINT " C A L I B R A T I O N   E Q U A T I O N S "

REM roll calibration results *****
ht = .00099      'equation lari ekrana yazdirma hatasi
LOCATE 9, 15: PRINT "roll="; USING "##.####"; rtc
LOCATE 9, 28: PRINT "[ ROLL"
col = 35: row = 9: cc = 0
LOCATE row, col

IF ABS(ip(0)) > ht THEN
  PRINT " +PITCH* "; USING "##.####"; -ip(0);
  col = col + 15
  LOCATE row, col
  cc = cc + 1
END IF
IF ABS(id(0)) > ht THEN
  PRINT " + DRAG* "; USING "##.####"; -id(0)

```

```

cc = cc + 1
col = col + 15
IF cc = 2 THEN row = row + 1: col = 20
LOCATE row, col
END IF
IF ABS(isf(0)) > ht THEN
PRINT " +SIDEF* "; USING "##.###"; -isf(0)
cc = cc + 1
col = col + 15
IF cc = 2 THEN row = row + 1: col = 20
LOCATE row, col
END IF
IF ABS(il(0)) > ht THEN
PRINT " + LIFT* "; USING "##.###"; -il(0)
cc = cc + 1
col = col + 15
IF cc = 2 THEN row = row + 1: col = 20
LOCATE row, col
END IF
IF ABS(iy(0)) > ht THEN
PRINT " + YAW* "; USING "##.###"; -iy(0)
cc = cc + 1
col = col + 15
IF cc = 2 THEN row = row + 1: col = 20
END IF

REM pitch calibration results *****
row = row + 1
LOCATE row, 15: PRINT "pitch="; USING "##.###"; ptc
LOCATE row, 28: PRINT "[PITCH"
col = 35: cc = 0
LOCATE row, col

IF ABS(ir(1)) > ht THEN
PRINT " + ROLL* "; USING "##.###"; -ir(1)
col = col + 15
LOCATE row, col
cc = cc + 1
END IF
IF ABS(id(1)) > ht THEN
PRINT " + DRAG* "; USING "##.###"; -id(1)
cc = cc + 1
col = col + 15
IF cc = 2 THEN row = row + 1: col = 20
LOCATE row, col
END IF
IF ABS(isf(1)) > ht THEN
PRINT " +SIDEF* "; USING "##.###"; -isf(1)
cc = cc + 1
col = col + 15
IF cc = 2 THEN row = row + 1: col = 20
LOCATE row, col
END IF
IF ABS(il(1)) > ht THEN
PRINT " + LIFT* "; USING "##.###"; -il(1)
cc = cc + 1
col = col + 15
IF cc = 2 THEN row = row + 1: col = 20
LOCATE row, col
END IF
IF ABS(iy(1)) > ht THEN
PRINT " + YAW* "; USING "##.###"; -iy(1)
cc = cc + 1
col = col + 15
IF cc = 2 THEN row = row + 1: col = 20
END IF

REM drag calibration results *****
row = row + 1
LOCATE row, 15: PRINT "drag ="; USING "##.###"; dtc
LOCATE row, 28: PRINT "[ DRAG"
col = 35: cc = 0
LOCATE row, col

IF ABS(ir(2)) > ht THEN
PRINT " + ROLL* "; USING "##.###"; -ir(2)
col = col + 15
LOCATE row, col
cc = cc + 1
END IF
IF ABS(ip(2)) > ht THEN
PRINT " +PITCH* "; USING "##.###"; -ip(2)
cc = cc + 1
col = col + 15
IF cc = 2 THEN row = row + 1: col = 20
LOCATE row, col
END IF
IF ABS(isf(2)) > ht THEN

```

```

PRINT " +SIDEF* "; USING "##.###"; -isf(2)
cc = cc + 1
col = col + 15
IF cc = 2 THEN row = row + 1: col = 20
LOCATE row, col
END IF
IF ABS(il(2)) > ht THEN
PRINT " + LIFT* "; USING "##.###"; -il(2)
cc = cc + 1
col = col + 15
IF cc = 2 THEN row = row + 1: col = 20
LOCATE row, col
END IF
IF ABS(iy(2)) > ht THEN
PRINT " + YAW* "; USING "##.###"; -iy(2)
cc = cc + 1
col = col + 15
IF cc = 2 THEN row = row + 1: col = 20
END IF

REM sidef calibration results *****
row = row + 1
LOCATE row, 15: PRINT "sidef="; USING "##.###"; stc
LOCATE row, 28: PRINT "[SIDEF"
col = 35: cc = 0
LOCATE row, col

IF ABS(ir(3)) > ht THEN
PRINT " + ROLL* "; USING "##.###"; -ir(3)
col = col + 15
LOCATE row, col
cc = cc + 1
END IF
IF ABS(ip(3)) > ht THEN
PRINT " +PITCH* "; USING "##.###"; -ip(3)
cc = cc + 1
col = col + 15
IF cc = 2 THEN row = row + 1: col = 20
LOCATE row, col
END IF
IF ABS(id(3)) > ht THEN
PRINT " + DRAG* "; USING "##.###"; -id(3)
cc = cc + 1
col = col + 15
IF cc = 2 THEN row = row + 1: col = 20
LOCATE row, col
END IF
IF ABS(il(3)) > ht THEN
PRINT " + LIFT* "; USING "##.###"; -il(3)
cc = cc + 1
col = col + 15
IF cc = 2 THEN row = row + 1: col = 20
LOCATE row, col
END IF
IF ABS(iy(3)) > ht THEN
PRINT " + YAW* "; USING "##.###"; -iy(3)
cc = cc + 1
col = col + 15
IF cc = 2 THEN row = row + 1: col = 20
END IF

REM lift calibration results *****
row = row + 1
LOCATE row, 15: PRINT "lift ="; USING "##.###"; ltc
LOCATE row, 28: PRINT "[ LIFT"
col = 35: cc = 0
LOCATE row, col

IF ABS(ir(4)) > ht THEN
PRINT " + ROLL* "; USING "##.###"; -ir(4)
col = col + 15
LOCATE row, col
cc = cc + 1
END IF
IF ABS(ip(4)) > ht THEN
PRINT " +PITCH* "; USING "##.###"; -ip(4)
cc = cc + 1
col = col + 15
IF cc = 2 THEN row = row + 1: col = 20
LOCATE row, col
END IF
IF ABS(id(4)) > ht THEN
PRINT " + DRAG* "; USING "##.###"; -id(4)
cc = cc + 1
col = col + 15
IF cc = 2 THEN row = row + 1: col = 20
LOCATE row, col
END IF

```

```

IF ABS(isf(4)) > ht THEN
PRINT " +SIDEF* "; USING "##.###"; -isf(4)
cc = cc + 1
col = col + 15
IF cc = 2 THEN row = row + 1: col = 20
LOCATE row, col
END IF
IF ABS(iy(4)) > ht THEN
PRINT " + YAW* "; USING "##.###"; -iy(4)
cc = cc + 1
col = col + 15
IF cc = 2 THEN row = row + 1: col = 20
END IF

REM yaw calibration results *****
row = row + 1
LOCATE row, 15: PRINT "yaw ="; USING "##.###"; ytc
LOCATE row, 28: PRINT "[ YAW"
col = 35: cc = 0
LOCATE row, col

IF ir(5) <> 0 THEN
PRINT " + ROLL* "; USING "##.###"; -ir(5)
col = col + 15
LOCATE row, col
cc = cc + 1
END IF
IF ABS(ip(5)) > ht THEN
PRINT " +PITCH* "; USING "##.###"; -ip(5)
cc = cc + 1
col = col + 15
IF cc = 2 THEN row = row + 1: col = 20
LOCATE row, col
END IF
IF ABS(id(5)) > ht THEN
PRINT " + DRAG* "; USING "##.###"; -id(5)
cc = cc + 1
col = col + 15
IF cc = 2 THEN row = row + 1: col = 20
LOCATE row, col
END IF
IF ABS(isf(5)) > ht THEN
PRINT " +SIDEF* "; USING "##.###"; -isf(5)
cc = cc + 1
col = col + 15
IF cc = 2 THEN row = row + 1: col = 20
LOCATE row, col
END IF
IF ABS(il(5)) > ht THEN
PRINT " + LIFT* "; USING "##.###"; -il(5)
cc = cc + 1
col = col + 15
IF cc = 2 THEN row = row + 1: col = 20
END IF

REM end of writting of matrices *****

REM calibration equations are being written to TEMCALIB.EQU *****
OPEN "temcalib.equ" FOR OUTPUT AS #12
PRINT #12, "THESE EQUATIONS ARE THE RESULTS OF THE TEM BALANCE"
PRINT #12, "CALIBRATION OBTAINED USING TEMCALIB.EXE."
PRINT #12, "Name of the file      : TEMCALIB.EQU      "; "UNITS : Kg, m"
PRINT #12, "Date of calibration      : "; DATE$
PRINT #12, "Time of calibration        : "; TIME$
PRINT #12,
CALL equprint(rtc, ptc, dte, stc, ltc, ytc, ir(), ip(), id(), isf(), il(), iy())
CLOSE #12

REM end of writting to TEMCALIB.EQU *****

REM exiting program *****
VIEW (200, 418)-(400, 462), 12, 8      ' büyük box
WINDOW SCREEN (0, 0)-(200, 44)
LINE (0, 44)-(10, 34), 8                ' sol alt kosegen
LINE (200, 0)-(190, 10), 8              ' sag ust kosegen
LINE (0, 0)-(10, 10), 8                 ' sol ust kosegen
VIEW (210, 428)-(390, 453), 4, 8        ' küçük box
VIEW (0, 0)-(639, 479)                  ' global axis
WINDOW SCREEN (0, 0)-(639, 479)
PAINT (300, 460), 8                     ' golge boyama
LOCATE 28, 28: PRINT " Press any key exit.."

DO
a$ = INKEY$
LOOP WHILE a$ = ""
GOTO 500                                'end of program

```

```

REM *****
REM ***** E R R O R S *****
REM "balance.dat" not found error *****
405 BEEP: BEEP ' shaded box for error
    VIEW (180, 170)-(450, 260), 12, 4 ' büyük box
    LINE (0, 90)-(10, 80), 4 ' sol alt kosegen
    LINE (270, 0)-(260, 10), 4 ' sag ust kosegen
    LINE (0, 0)-(10, 10), 4 ' sol ust kosegen
    VIEW (190, 180)-(440, 250), 4, 4 ' kucuk box
    VIEW (0, 0)-(639, 439) ' global axis
    PAINT (220, 258), 4 ' golge boyama

    IF ERR = 53 THEN
        LOCATE 13, 26: PRINT "BALANCE.DAT file not found in"
        LOCATE 14, 26: PRINT "        current directory!"
        LOCATE 15, 26: PRINT "        press any key to exit!"
403  a$ = INKEY$: IF a$ = "" THEN GOTO 403
    ELSE
        LOCATE 13, 26: PRINT "        ERROR!"
        LOCATE 14, 26: PRINT "        graphics or file I/O error"
        LOCATE 15, 26: PRINT "        press any key to exit!"
    END IF
404  a$ = INKEY$: IF a$ = "" THEN GOTO 404
    GOTO 500 'exit

REM *****
REM data checking error *****
411 BEEP: BEEP ' shaded box for error
    VIEW (180, 170)-(450, 260), 12, 4 ' büyük box
    LINE (0, 90)-(10, 80), 4 ' sol alt kosegen
    LINE (270, 0)-(260, 10), 4 ' sag ust kosegen
    LINE (0, 0)-(10, 10), 4 ' sol ust kosegen
    VIEW (190, 180)-(440, 250), 4, 4 ' kucuk box
    VIEW (0, 0)-(639, 439) ' global axis
    PAINT (220, 258), 4 ' golge boyama

    LOCATE 13, 25: PRINT "DATA CHECKING ERROR IN READING!"
    LOCATE 14, 25: PRINT "        BALANCE.DAT"
    LOCATE 15, 25: PRINT "        press any key to exit!"
413  a$ = INKEY$: IF a$ = "" THEN GOTO 413
    GOTO 500 ' exit

REM *****
REM division by zero error *****
420 BEEP: BEEP ' shaded box for error
    VIEW (180, 170)-(450, 260), 12, 4 ' büyük box
    LINE (0, 90)-(10, 80), 4 ' sol alt kosegen
    LINE (270, 0)-(260, 10), 4 ' sag ust kosegen
    LINE (0, 0)-(10, 10), 4 ' sol ust kosegen
    VIEW (190, 180)-(440, 250), 4, 4 ' kucuk box
    VIEW (0, 0)-(639, 439) ' global axis
    PAINT (220, 258), 4 ' golge boyama

    LOCATE 13, 26: PRINT "        DIVISION BY ZERO!"
    LOCATE 14, 26: PRINT "        in BALANCE.DAT"
    LOCATE 15, 26: PRINT "        press any key to exit!"
427  a$ = INKEY$: IF a$ = "" THEN GOTO 427
    GOTO 500 ' exit

REM *****

500 END

REM Sub-program that writes the TEM calibration equations to the data file
REM TEMCALIB.EQU. This data file will be used to calibrate TEM balance while
REM making experiments in AIR-TUNNEL..
REM All the variables beetween the two barracets in SUB statment are the coefficients
REM of calibration equations.
    SUB equprint (rtc, ptc, dtc, stc, ltc, ytc, ir(), ip(), id(), isf(), il(), iy())

    PRINT #12, "roll="; USING "+###.####"; rtc;
    PRINT #12, "x[ ROLL"; USING "+###.####"; -ip(0);
    PRINT #12, "xPITCH"; USING "+###.####"; -id(0);
    PRINT #12, "xDRAG"; USING "+###.####"; -isf(0);
    PRINT #12, "xSIDEF"; USING "+###.####"; -il(0);
    PRINT #12, "xLIFT"; USING "+###.####"; -iy(0);
    PRINT #12, "xYAW ]"
    PRINT #12, "pitch="; USING "+###.####"; ptc;
    PRINT #12, "x[ PITCH"; USING "+###.####"; -ir(1);
    PRINT #12, "xROLL"; USING "+###.####"; -id(1);
    PRINT #12, "xDRAG"; USING "+###.####"; -isf(1);

```

```

PRINT #12, "xSIDEF"; USING "+###.###"; -il(1);
PRINT #12, "xLIFT"; USING "+###.###"; -iy(1);
PRINT #12, "xYAW ]"
PRINT #12, "drag="; USING "+###.#####"; dtc;
PRINT #12, "x[ DRAG"; USING "+###.###"; -ir(2);
PRINT #12, "xROLL"; USING "+###.###"; -ip(2);
PRINT #12, "xPITCH"; USING "+###.###"; -isf(2);
PRINT #12, "xSIDEF"; USING "+###.###"; -il(2);
PRINT #12, "xLIFT"; USING "+###.###"; -iy(2);
PRINT #12, "xYAW ]"
PRINT #12, "sidef="; USING "+###.#####"; stc;
PRINT #12, "x[ SIDEF"; USING "+###.###"; -ir(3);
PRINT #12, "xROLL"; USING "+###.###"; -ip(3);
PRINT #12, "xPITCH"; USING "+###.###"; -id(3);
PRINT #12, "xDRAG"; USING "+###.###"; -il(3);
PRINT #12, "xLIFT"; USING "+###.###"; -iy(3);
PRINT #12, "xYAW ]"
PRINT #12, "lift="; USING "+###.#####"; ltc;
PRINT #12, "x[ LIFT"; USING "+###.###"; -ir(4);
PRINT #12, "xROLL"; USING "+###.###"; -ip(4);
PRINT #12, "xPITCH"; USING "+###.###"; -id(4);
PRINT #12, "xDRAG"; USING "+###.###"; -isf(4);
PRINT #12, "xSIDEF"; USING "+###.###"; -iy(4);
PRINT #12, "xYAW ]"
PRINT #12, "yaw="; USING "+###.#####"; ytc;
PRINT #12, "x[ YAW"; USING "+###.###"; -ir(5);
PRINT #12, "xROLL"; USING "+###.###"; -ip(5);
PRINT #12, "xPITCH"; USING "+###.###"; -id(5);
PRINT #12, "xDRAG"; USING "+###.###"; -isf(5);
PRINT #12, "xSIDEF"; USING "+###.###"; -il(5);
PRINT #12, "xLIFT ]"
PRINT #12,

PRINT #12, datetime$
PRINT #12, USING "###.##### "; rtc;
PRINT #12, USING "###.### "; -ip(0); -id(0); -isf(0); -il(0); -iy(0)
PRINT #12, USING "###.##### "; ptc;
PRINT #12, USING "###.### "; -ir(1); -id(1); -isf(1); -il(1); -iy(1)
PRINT #12, USING "###.##### "; dtc;
PRINT #12, USING "###.### "; -ir(2); -ip(2); -isf(2); -il(2); -iy(2)
PRINT #12, USING "###.##### "; stc;
PRINT #12, USING "###.### "; -ir(3); -ip(3); -id(3); -il(3); -iy(3)
PRINT #12, USING "###.##### "; ltc;
PRINT #12, USING "###.### "; -ir(4); -ip(4); -id(4); -isf(4); -iy(4)
PRINT #12, USING "###.##### "; ytc;
PRINT #12, USING "###.### "; -ir(5); -ip(5); -id(5); -isf(5); -il(5)
CLOSE #12

```

END SUB

REM the sub-program that finds max and min value among a group of values

```

REM k      : number of value in group
REM j      : group identification
REM gcal() : group
REM mx     : maximum value of group
REM mn     : minimum value of group
SUB maxmin (k, j, gcal(), mx, mn)

```

```

maxi = gcal(1, j)
mini = gcal(1, j)
FOR i = 1 TO k
  IF gcal(i, j) > maxi THEN maxi = gcal(i, j)
  IF gcal(i, j) < mini THEN mini = gcal(i, j)
NEXT i
mx = maxi
mn = mini

```

END SUB

TEM DENEY.BAS Programının Kaynak Kodu

```

' Written by Levent HASANREISOGLU, March 1994 (c)
' *****
'
' * * * * * DATA ACQUISITION PROGRAM * * * * *
' * * * * * for AERODYNAMICS EXPERIMENTS ON WIND-TUNNEL * * * * *
'
' * * * * *
' * This program performs software triggered 8 channel data *
' * acquisition without using the PCL-818 driver and make *
' * data acquisition for aerodynamics experiments on TEM *
' * * * * *
'
' NOTE: This software must be used after finished calibration of TEM Ba-
' lance in wind-tunnel. Then the software can be able to read TEMCALB.EQU
' which contains result of calibration. Use of this file, information
' that comes from win-tunnel while making experiments, automatically
' transformed to their real values as force or moments in Kg,m system
'
' *****
'
' description          channel
' roll..... 0
' pitch..... 1
' drag..... 2
' sideforce..... 3
' lift..... 4
' yaw..... 5
' yaw motor..... 6
' incremental motor..... 7
'
' *****
'
' DECLARE SUB renkpalet (a$)
' DECLARE SUB shadbox (x1!, y1!, x2!, y2!, d!, r1!, r2!, r3!)
' DECLARE SUB defaults (st.end!, dpc!, error.check)
' DECLARE SUB config (st.end!, dpc!)
'
' COMMON SHARED gain(), volt$(), start, stopp, ndp
' COMMON SHARED image(), image1(), image2()
' COMMON SHARED modname$, expname$, dated$, timed$
'
' CLS
' SCREEN 12
' VIEW SCREEN (0, 0)-(639, 479)          ' ekran tanimlaniyor
' WINDOW SCREEN (0, 0)-(639, 479)        ' koordinat ekseni sol ust kose seciliyor
' KEY OFF
' CLEAR , , 40000
'
' REM $DYNAMIC
'
' DIM named$(8)          ' dosyadaki karakterler
' DIM volt$(10)          ' range degerlerinin atandi'i dizi
' DIM gain(15)
' DIM dg(8)
' DIM en$(30)            ' wintunel.exp dosyasindaki deney isimleri
' DIM mn$(30)            ' wintunel.exp dosyasindaki model isimleri
' DIM cr(6), cp(6), cd(6), cs(6), cl(6), cy(6)
' DIM image(300, 100), image1(80, 16), image2(80, 16)
' DIM deg(4, 6), n(8), don(6), tdon(6), realdeg(6)
'
' REM karakter dizinleri ataniyor *****
' volt$(0) = " +/-5v "
' volt$(1) = " +/-2.5v "
' volt$(2) = " +/-1v "
' volt$(3) = " +/-0.5v "
' volt$(4) = " 10v "
' volt$(5) = " 5v "
' volt$(6) = " 2v "
' volt$(7) = " 1v "
' volt$(8) = " +/-10v "
'
' REM *****

```

```

REM to exit program suddenly while running *****
KEY 19, CHR$(&H0) + CHR$(&H1)
ON KEY(19) GOSUB exiting
KEY(19) ON
GOTO 15

exiting:
KEY(15) OFF
KEY(17) OFF
KEY(18) OFF
KEY(19) OFF
GOTO 1000 'exiting
RETURN
REM *****
15 'continue

REM Preparing the screen *****
CALL renkpalet("shading")
COLOR 2
LOCATE 1, 19: PRINT "W I N D - T U N N E L E X P E R I M E N T S"
LOCATE 28, 6: PRINT "Written by LEVENT HASANREISOGLU (C) COPYRIGHT, ITU, JANUARY 1994"
LINE (1, 17)-(638, 430), 3, B
COLOR 11
REM *****

REM Initial screen *****
CALL shadbox(130, 500, 150, 280, 5, 2, 3, 4)
LINE (160, 175)-(470, 220), 0, BF
LOCATE 13, 29: PRINT "Make a new EXPERIMENT"
CALL shadbox(285, 340, 230, 265, 3, 2, 3, 4)
COLOR 8: LOCATE 16, 39: PRINT "OK"

16 KEY 17, CHR$(&H0) + CHR$(&H1C) ' enter to experiment
ON KEY(17) GOSUB enter1
KEY(17) ON

LOCATE 24, 11: PRINT "Note that Num Lock and Caps Lock are off in your keyboard!"
SLEEP 1: COLOR 0
LOCATE 24, 11: PRINT "Note that Num Lock and Caps Lock are off in your keyboard!"
SLEEP 1: COLOR 8
GOTO 16

enter1:
CALL shadbox(285, 340, 230, 265, 3, 4, 3, 2)
COLOR 8: LOCATE 16, 39: PRINT "OK": FOR gg = 1 TO 10000: NEXT gg
KEY(17) OFF
LINE (130, 150)-(500, 280), 0, BF 'clear box
COLOR 0
LOCATE 24, 11: PRINT "Note that Num Lock and Caps Lock are off in your keyboard!"
GOTO 18 'continue
RETURN

REM *****

18 'continue
OPEN "wintunel.exp" FOR APPEND AS #10
CLOSE #10
REM wintunel.exp dosyasından nameler okunuyor *****
i = 0
OPEN "wintunel.exp" FOR INPUT AS #10
WHILE EOF(10) <> -1
INPUT #10, e$
IF e$ = "MODEL NAME : " THEN
i = i + 1
INPUT #10, mn$(i), kk$, en$(i)
END IF
WEND
CLOSE #10
REM end of reading *****

REM displaying names *****
COLOR 2
LOCATE 3, 31: PRINT "Experiments So Far"
CALL shadbox(80, 550, 50, 300, 2, 9, 0, 12)
CALL shadbox(110, 300, 60, 290, 2, 12, 0, 9)
CALL shadbox(318, 520, 60, 290, 2, 12, 0, 9)
COLOR 2
LOCATE 5, 17: PRINT "No"
LOCATE 5, 24: PRINT "Model Name"
LOCATE 5, 44: PRINT "Experiment Name"
COLOR 8

```

```

FOR j = 1 TO i
  LOCATE j + 5, 16: PRINT j; "      "; mn$(j)
NEXT j
FOR j = 1 TO i
  LOCATE j + 5, 42: PRINT en$(j)
NEXT j
REM *****

REM input the experiment name *****
23 CALL shadbox(95, 535, 310, 405, 5, 2, 3, 4)
  LINE (110, 332)-(520, 388), 0, BF
  COLOR 11
  LOCATE 22, 15: PRINT "Please enter new unique names up to 24 characters!"
  COLOR 8
  IF error.check2 = 0 THEN
    LOCATE 24, 21: PRINT "Experiment name >"
    LOCATE 23, 21: INPUT "Model name >", modname$
    IF modname$ = "" THEN modname$ = "model": LOCATE 23, 33: PRINT modname$
  ELSE
    LOCATE 23, 21: PRINT "Model name >"; modname$
  END IF
  LOCATE 24, 21: INPUT "Experiment name >", expname$
  IF expname$ = "" THEN expname$ = "nameless"

  FOR ji = 1 TO i
    IF expname$ = en$(ji) AND modname$ = mn$(ji) THEN
      error.check2 = 1
      CALL shadbox(110, 520, 320, 390, 5, 5, 6, 7)
      LINE (130, 335)-(500, 374), 0, BF
      COLOR 8
      LOCATE 22, 20: PRINT "          ***Error!***"
      LOCATE 23, 19: PRINT "Model name is already exist in WINTUNEL.EXP"
      BEEP
27  a$ = INKEY$: IF a$ = "" THEN GOTO 27 'bekleme
      GOTO 23
    END IF
  NEXT ji
REM *****

  LINE (50, 30)-(600, 420), 0, BF 'clear the shaded box
  COLOR 0
  LOCATE 24, 11: PRINT "Note that Num Lock and Caps Lock are off in your keyboard!"
REM end of choosing *****

REM *****
REM *****
REM ***** EXPERIMENT *****
REM ***** (DATA ACQUISITION) *****
REM *****

REM Preparing the screen *****
  CALL renkpalet("shading")
  COLOR 2
  LOCATE 1, 15: PRINT "T E M B A L A N C E D A T A A C Q U I S I T I O N"
  LOCATE 28, 6: PRINT "Written by LEVENT HASANREISOGLU (C) COPYRIGHT, ITU, JANUARY 1994"
  LINE (1, 17)-(638, 430), 3, B
  COLOR 11
REM *****

REM Welcome to the DATA acquisition *****
  CALL shadbox(160, 460, 160, 260, 5, 1, 2, 3)
  LINE (175, 185)-(445, 240), 0, BF
  LOCATE 13, 25: PRINT "      W E L C O M E      "
  LOCATE 14, 25: PRINT "      "
  LOCATE 15, 25: PRINT "      TO DATA ACQUISITION ON TEM... "
  SLEEP 1

REM *****

REM reading from calibration reasults *****
  OPEN "temcalib.equ" FOR INPUT AS #11 ' for reading of calibration results
  FOR i = 1 TO 13
    LINE INPUT #11, sil$
  NEXT i
  INPUT #11, datetime$
  INPUT #11, or(0), or(1), or(2), or(3), or(4), or(5)
  INPUT #11, op(0), op(1), op(2), op(3), op(4), op(5)
  INPUT #11, od(0), od(1), od(2), od(3), od(4), od(5)
  INPUT #11, os(0), os(1), os(2), os(3), os(4), os(5)
  INPUT #11, ol(0), ol(1), ol(2), ol(3), ol(4), ol(5)
  INPUT #11, oy(0), oy(1), oy(2), oy(3), oy(4), oy(5)

REM checking results

```

```

check% = 0
FOR i = 0 TO 5
  IF ar(i) < 0! THEN check% = 1
  IF ap(i) < 0! THEN check% = 1
  IF ad(i) < 0! THEN check% = 1
  IF as(i) < 0! THEN check% = 1
  IF al(i) < 0! THEN check% = 1
  IF ay(i) < 0! THEN check% = 1
NEXT i
IF check% = 0 THEN
  CALL renkpalet("shading")
  CALL shadbox(160, 460, 160, 260, 5, 5, 6, 7)
  LINE (175, 185)-(445, 240), 0, BF
  COLOR 11
  LOCATE 13, 25: PRINT "      *** W A R N I N G ***"
  LOCATE 14, 25: PRINT "
  LOCATE 15, 25: PRINT "TEMCALIB.EQU file has only zero"
  FOR g = 1 TO 200000
    NEXT g
  END IF
REM *****

REM Reading Defaults for PCL818 card settings and data-acquisition *****
OPEN "CONFIG.TEM" FOR INPUT AS #1
LINE INPUT #1, file$
INPUT #1, name1$, start
INPUT #1, name2$, stopp
INPUT #1, name3$, ndp
FOR k = 0 TO 7
  INPUT #1, named$(k), gain(k)
NEXT k
INPUT #1, name9$, disp      'display type 0=dynamic, 1=average
INPUT #1, name4$, alfa
INPUT #1, name5$, angyaw
INPUT #1, name6$, tunspeed
INPUT #1, name7$, ambtemp
INPUT #1, name8$, atmpress
CLOSE #1
REM End of reading defaults data *****

REM initialize & select software trigger *****
port = &H300      ' set I/O port base address

value = &H70      ' port+9 control register
OUT port + 9, value
cont = INP(port + 9)

IF cont = value THEN
  LINE (150, 224)-(490, 354), 12, BF
  CALL shadbox(140, 480, 214, 344, 7, 5, 6, 7)
  LINE (170, 254)-(450, 304), 0, BF
  LOCATE 18, 25: PRINT "      INFORMATION!"
  LOCATE 19, 25: PRINT "Initialization PCL-818 is Ok."
  SLEEP 1
ELSE
  BEEP: BEEP
  LINE (150, 224)-(490, 354), 12, BF
  CALL shadbox(140, 480, 214, 344, 7, 5, 6, 7)
  LINE (160, 244)-(460, 314), 0, BF
  LOCATE 17, 23: PRINT "      WARNING!!!"
  LOCATE 18, 23: PRINT "PCL-818 initialization and hardware"
  LOCATE 19, 23: PRINT "verification failed!.."
  SLEEP 1
  GOTO 1000      'end of the program
END IF
LINE (100, 100)-(550, 400), 0, BF      'clearing shaded boxes

REM clear interrupt request *****
OUT port + 8, 1

REM read A/D status register *****
st.end = 0
status = INP(port + 8)
IF (status AND &H20) = &H20 THEN
  st.end = 1
ELSE
  st.end = 0
END IF
st.end = 0
REM end of initialization *****

REM information *****
CALL shadbox(400, 630, 26, 210, 3, 2, 3, 4)
LOCATE 4, 53: PRINT "description      channel"

```

```

LOCATE 5, 53: PRINT " roll..... 0 "
LOCATE 6, 53: PRINT " pitch..... 1 "
LOCATE 7, 53: PRINT " drag..... 2 "
LOCATE 8, 53: PRINT " sideforce..... 3 "
LOCATE 9, 53: PRINT " lift..... 4 "
LOCATE 10, 53: PRINT " yaw..... 5 "
LOCATE 11, 53: PRINT " yaw motor..... 6 "
LOCATE 12, 53: PRINT " incidence motor.... 7 "

CALL shadbox(445, 630, 220, 415, 3, 2, 3, 4)
LOCATE 16, 61: PRINT " Range codes "
FOR i = 0 TO 8
  LOCATE 17 + i, 60: PRINT " (; i; ")..."; volt$(i); " "
NEXT i
REM end of information *****

REM displays card settings and defaults *****
CALL defaults(st.end, dpc, error.check)
GET (180, 190)-(470, 280), image
IF error.check = 1 THEN ' an error occurred on default settings
  BEEP
  LINE (220, 200)-(450, 270), 12, BF
  CALL shadbox(210, 440, 190, 260, 4, 5, 6, 7)
  LOCATE 14, 32: PRINT " Error "
  LOCATE 15, 32: PRINT " Occured on Defaults"
67  a$ = INKEY$: IF a$ = "" GOTO 67
  PUT (180, 190), image, PSET
  yn1$ = "n"
  GOTO 82
END IF
REM end of defaults *****

REM config the card and change defaults *****
GET (150, 185)-(500, 275), image
80  LINE (160, 195)-(500, 275), 12, BF
  CALL shadbox(150, 490, 185, 265, 4, 5, 6, 7)
  LOCATE 14, 22: PRINT "Do you want to continue with defaults?"
  LOCATE 15, 22: PRINT " (y/n) -> "
  LOCATE 15, 43: INPUT yn1$
  PUT (150, 185), image, PSET

82  SELECT CASE yn1$
    CASE "y", "Y"
      GOTO 100 'continue for data acquisition
    CASE "n", "N"
      CALL config(st.end, dpc)
      error.check = 0
      GET (150, 185)-(500, 275), image
      LINE (220, 200)-(440, 270), 12, BF
      CALL shadbox(210, 430, 190, 260, 4, 5, 6, 7)
      LOCATE 14, 33: PRINT "Save as defaults?"
      LOCATE 15, 33: PRINT " (y/n) "
90  yn2$ = INKEY$: IF yn2$ = "" THEN GOTO 90
      IF yn2$ = "y" OR yn2$ = "Y" THEN
        OPEN "CONFIG.TEM" FOR OUTPUT AS #1
        LOCATE 1
        PRINT #1, file$
        WRITE #1, name1$, start
        WRITE #1, name2$, stopp
        WRITE #1, name3$, ndp
        FOR k = 0 TO 7
          WRITE #1, named$(k), gain(k)
        NEXT k
        WRITE #1, name9$, disp 'realtime or average selection
        WRITE #1, name4$, alfa
        WRITE #1, name5$, angyaw
        WRITE #1, name6$, tunspeed
        WRITE #1, name7$, ambtemp
        WRITE #1, name8$, atmpress
        CLOSE #1
      END IF
      PUT (150, 185), image, PSET
    CASE ELSE
      GOTO 80
  END SELECT
REM end of defaults or config *****

100 'continue
REM set A/D range according to values from previous level *****
FOR i = start TO stopp
  OUT port + 2, i ' channel selecting
  OUT port + 1, gain(i) ' range setting for selecting channel
NEXT i
REM *****

```

```

REM set scan channel range and checking *****
s.ch.val = stopp * 16 + start      ' set scan channel value
OUT port + 2, s.ch.val
b.ch.val = INP(port + 2)          ' read back scan channel value
IF b.ch.val <> s.ch.val THEN
    BEEP
    LINE (190, 200)-(470, 275), 12, BF
    CALL shadbox(180, 460, 190, 265, 3, 5, 6, 7)
    LOCATE 14, 29: PRINT "          ERROR          "
    LOCATE 15, 29: PRINT "set scan channel failed!"
    GOTO 1000                      ' stop the program
END IF
REM end of all settings *****

REM displays all defaults or settings again *****
CALL defaults(st.end, dpc, error.check)
REM End of card settings *****

REM output file created *****
OPEN "wintunel.exp" FOR APPEND AS #10
PRINT #10, "***** NEW EXPERIMENT *****"
WRITE #10, "MODEL NAME : ", modname$, "EXPERIMENT NAME : ", expname$
PRINT #10, "Name of the file      : WINTUNEL.EXP   UNITS : Kg, m"
WRITE #10, "Date of experiment    : ", DATE$
WRITE #10, "Time of experiment    : ", TIME$
CLOSE #10
REM *****

REM *****
expno = 1
130 'cycle new experiment
C = 0: cc = 0                      ' in choice and tunelinfo
IF typ = 3 THEN expno = expno + 1  ' deneyin sonunda bir arttiriliyor
REM *****
REM experiment definition *****
CALL shadbox(100, 540, 100, 395, 4, 2, 3, 4)
LINE (115, 125)-(525, 355), 0, BF
COLOR 8
LOCATE 8, 28: PRINT " EXPERIMENT DEFINITION "
COLOR 14
LOCATE 10, 17: PRINT "A - Wind-Tunnel (isn't running) without model [ ]"
LOCATE 11, 17: PRINT "B - Wind-Tunnel (is running) without model [ ]"
COLOR 11
LOCATE 12, 17: PRINT "C - Wind-Tunnel (isn't running) with model [ ]"
LOCATE 13, 17: PRINT "D - Wind-Tunnel (is running) with model [ ]"

SELECT CASE typ
CASE IS = 0
    LOCATE 10 + typ, 64: PRINT " _ "
CASE IS = 1
    LOCATE 10 + typ, 64: PRINT " _ "
CASE IS = 2
    LOCATE 10 + typ, 64: PRINT " _ "
CASE IS = 3
    LOCATE 10 + typ, 64: PRINT " _ "
END SELECT

COLOR 8
LOCATE 14, 28: PRINT "(Press SPACEBAR to change)"

COLOR 2
LOCATE 15, 19: PRINT "Display Type : Real time [ ] Average [ ]"
COLOR 11
SELECT CASE disp                    ' display type : 0=real, 1=average
CASE IS = 0
    LOCATE 15, 45: PRINT " _ ": LOCATE 15, 59: PRINT " _ "
CASE IS = 1
    LOCATE 15, 45: PRINT " _ ": LOCATE 15, 59: PRINT " _ "
END SELECT
COLOR 2

LOCATE 17, 25: PRINT "Attack Angle (Deg) : "; alfa
LOCATE 18, 25: PRINT "Yaw Angle (Deg) : "; angyaw
LOCATE 19, 25: PRINT "Tunnel Air Speed (m/s) : "; tunspeed
LOCATE 20, 25: PRINT "Ambient Temperature (°C) : "; ambtemp
LOCATE 21, 25: PRINT "Atmospheric Pressure (atm) : "; atmpress
COLOR 1
LOCATE 15, 19: PRINT "D": LOCATE 17, 25: PRINT "A": LOCATE 18, 25: PRINT "Y"
LOCATE 19, 36: PRINT "S": LOCATE 20, 33: PRINT "T": LOCATE 21, 37: PRINT "P"
COLOR 8
LOCATE 22, 19: PRINT "(Press highlighted letter enter a new value)"
LOCATE 24, 17: PRINT " CTRL+s: save as defaults "
LOCATE 24, 48: PRINT " ENTER: continue "

```

```

COLOR 11

KEY 15, CHR$(&H0) + CHR$(&H39) ' spacebar
ON KEY(15) GOSUB choice

KEY 17, CHR$(&H0) + CHR$(&H1C) ' enter
ON KEY(17) GOSUB okey ' reads information table and go on

KEY 18, CHR$(&H4) + CHR$(&H1F) ' ctrl+s
ON KEY(18) GOSUB saveas

KEY(15) ON
KEY(17) ON
KEY(18) ON

101 C$ = INKEY$: IF C$ = "" THEN GOTO 101
IF C$ = "d" OR C$ = "a" OR C$ = "y" THEN GOSUB tunnelinfo
IF C$ = "s" OR C$ = "t" OR C$ = "p" THEN GOSUB tunnelinfo
GOTO 101

choice:
  C = typ
  LOCATE 10 + C, 64: PRINT " "
  C = C + 1
  IF C >= 4 THEN C = 0
  LOCATE 10 + C, 64: PRINT "_"
  typ = C
  RETURN

tunnelinfo:
  cc = cc + 1
  IF cc >= 4 THEN cc = 1
  SELECT CASE C$
    CASE IS = "d"
      disp = disp + 1
      IF disp >= 2 THEN disp = 0
      IF disp = 0 THEN LOCATE 15, 45: PRINT "-": LOCATE 15, 59: PRINT " "
      IF disp = 1 THEN LOCATE 15, 45: PRINT "-": LOCATE 15, 59: PRINT "_"
    CASE IS = "a"
      KEY(17) OFF
      LOCATE 17, 48: PRINT " " " : LOCATE 17, 49: INPUT "", alfa
      KEY(17) ON
    CASE IS = "y"
      KEY(17) OFF
      LOCATE 18, 48: PRINT " " " : LOCATE 18, 49: INPUT "", angyaw
      KEY(17) ON
    CASE IS = "s"
      KEY(17) OFF
      LOCATE 19, 54: PRINT " " " : LOCATE 19, 56: INPUT "", tunspeed
      KEY(17) ON
    CASE IS = "t"
      KEY(17) OFF
      LOCATE 20, 54: PRINT " " " : LOCATE 20, 56: INPUT "", ambtemp
      KEY(17) ON
    CASE IS = "p"
      KEY(17) OFF
      LOCATE 21, 54: PRINT " " " : LOCATE 21, 56: INPUT "", atmpress
      KEY(17) ON
  END SELECT
  RETURN

okey:
  KEY(15) OFF
  KEY(17) OFF
  KEY(18) OFF
  GOTO 105
  RETURN

saveas:
  OPEN "CONFIG.TEM" FOR OUTPUT AS #1
  PRINT #1, file$
  WRITE #1, name1$, start
  WRITE #1, name2$, stopp
  WRITE #1, name3$, ndp
  FOR k = 0 TO 7
    WRITE #1, named$(k), gain(k)
  NEXT k
  WRITE #1, name9$, disp 'realtime or average selection
  WRITE #1, name4$, alfa
  WRITE #1, name5$, angyaw
  WRITE #1, name6$, tunspeed
  WRITE #1, name7$, ambtemp
  WRITE #1, name8$, atmpress
  CLOSE #1
  RETURN

REM end of experiment definition *****

```

```

105 'continue
REM Adding information to wintunel.exp file *****
IF wcheck = 0 THEN
  OPEN "wintunel.exp" FOR APPEND AS #10
  WRITE #10, "Ambient temperature (°C) = ", ambtemp
  WRITE #10, "Atmospheric pressure (atm) = ", atmpress
  PRINT #10,
  CLOSE #10
END IF
wcheck = 1
REM *****

REM defining experiment type and(number net(typ))from experiment definition ****
SELECT CASE typ
CASE IS = 0
  exptype$ = "Tunnel(isn't running) without model -(A)"
CASE IS = 1
  exptype$ = "Tunnel(is running) without model -(B)"
CASE IS = 2
  exptype$ = "Tunnel(isn't running) with model -(C)"
CASE IS = 3
  exptype$ = "Tunnel(is running) with model -(D)"
CASE ELSE
  exptype$ = "Error:Invalid experiment type!"
END SELECT
REM end of defining *****

REM preparing the screen for experiment *****
LINE (2, 18)-(637, 429), 0, BF 'clearing the screen

REM data acquisition information screen *****
CALL shadbox(10, 629, 23, 90, 2, 2, 3, 4)
LINE (20, 47)-(619, 83), 0, BF
COLOR 8
LOCATE 3, 26: PRINT " DATA ACQUISITION INFORMATION "
COLOR 2
LOCATE 4, 5: PRINT "Data /channel:"
LOCATE 5, 5: PRINT "Total : "
LOCATE 4, 60: PRINT "Start channel : "
LOCATE 5, 60: PRINT "Stop channel : "
COLOR 8
LOCATE 4, 19: PRINT dpc
LOCATE 5, 12: PRINT ndp
LOCATE 4, 75: PRINT start
LOCATE 5, 75: PRINT stopp
COLOR 11

REM experiment information screen *****
CALL shadbox(10, 629, 280, 426, 2, 2, 3, 4)
LINE (20, 308)-(619, 415), 0, BF
COLOR 8
LOCATE 19, 29: PRINT " EXPERIMENT INFORMATION "
LOCATE 21, 5: PRINT exptype$
COLOR 2
LOCATE 21, 47: PRINT "Calb. Date: "; datetime$
LOCATE 22, 5: PRINT "Experiment no : "
LOCATE 23, 5: PRINT "Units : "
LOCATE 24, 5: PRINT "Date : "
LOCATE 25, 5: PRINT "Input file : "
LOCATE 26, 5: PRINT "Output file : "
COLOR 8
LOCATE 22, 21: PRINT expno: LOCATE 22, 73: PRINT alfa
LOCATE 23, 22: PRINT "Kg,m,sn,°C": LOCATE 23, 73: PRINT angyaw
LOCATE 24, 11: PRINT DATE$: LOCATE 24, 73: PRINT tunspeed
LOCATE 24, 29: PRINT TIME$: LOCATE 25, 73: PRINT ambtemp
LOCATE 26, 20: PRINT "WINTUNEL.EXP": LOCATE 26, 73: PRINT atmpress
LOCATE 25, 20: PRINT "TEMCALIB.EQU, "; "CONFIG.TEM"
COLOR 11

REM data acquisition screen *****
CALL shadbox(10, 629, 95, 275, 2, 14, 13, 12)
FOR i = 0 TO 5
  FOR j = 0 TO 1
    IF i > start AND i < stopp OR i = start OR i = stopp THEN a = 0 ELSE a = 13
    CALL shadbox(83 + i * 90, 77 + (i + 1) * 90, 136 + j * 33, 131 + (j + 1) * 33, 3, 12, a,
14)
  NEXT j
NEXT i
FOR i = 0 TO 5
  IF i > start AND i < stopp OR i = start OR i = stopp THEN a = 0 ELSE a = 13
  CALL shadbox(83 + i * 90, 77 + (i + 1) * 90, 134 + 3 * 33, 129 + (3 + 1) * 33, 3, 12, a,
14)

```

```

NEXT i
COLOR 2
LOCATE 8, 3: PRINT " RESULT "
LOCATE 9, 3: PRINT " TYPE "
SELECT CASE typ
CASE IS = 0
  LOCATE 10, 4: PRINT "A(Ref)"
CASE IS = 1
  LOCATE 10, 5: PRINT "B-A"
CASE IS = 2
  LOCATE 12, 4: PRINT "C(Ref)"
  LOCATE 10, 5: PRINT "B-A"
CASE IS = 3
  LOCATE 16, 4: PRINT " Real "
  LOCATE 10, 5: PRINT "B-A"
  LOCATE 12, 5: PRINT "D-C"
END SELECT

COLOR 8
LOCATE 8, 13: PRINT " ROLL "; " "; " PITCH "; " "; " DRAG "; " "; "SIDE-F "; "
"; " LIFT "; " "; " YAW "
LINE (78, 205)-(622, 267), 6, B
LINE (79, 206)-(621, 266), 6, B
COLOR 2
LOCATE 14, 38: PRINT " REAL VALUES "
REM end of screen preparing *****

REM old experiment values if there are, displaying *****
IF expdispa = 1 THEN
  rowa = 10
  cola = 12
  typa = 1
  IF stopp > 5 THEN stpp = 5 ELSE stpp = stopp
  FOR j = start TO stpp
    cola = j * 11.15 + 13
    LOCATE rowa, cola: PRINT USING "###.###"; deg(typa, j)
  NEXT j
END IF
REM *****

REM light indicator and "press enter to start" window *****
COLOR 6
LOCATE 5, 26: PRINT " _____ "

GET (160, 205)-(480, 300), image
CALL shadbox(160, 480, 205, 290, 4, 5, 6, 7)
LINE (200, 230)-(440, 265), 0, BF
COLOR 11
LOCATE 16, 29: PRINT " Press <ENTER> to start "

120 KEY(17) ON
ON KEY(17) GOSUB enter
GOTO 120

enter:
  KEY(17) OFF
  GOTO 121
RETURN

121 'continue
  PUT (160, 205), image, PSET
REM *****

REM experiment type a gore sonuclar nereye yazilacak *****
IF typ = 0 THEN row = 10
IF typ = 1 THEN row = 10
IF typ = 2 THEN row = 12
IF typ = 3 THEN row = 12
COLOR 11
REM *****

nn = 0
' in indicator
REM beginning of acquisition *****
FOR i = 1 TO ndp

REM running indicator *****
IF (i \ (ndp \ 30)) * (ndp \ 30) = i THEN
  COLOR 6
  LOCATE 5, 26 + nn: PRINT " _ "
  nn = nn + 1
  IF nn >= 30 THEN nn = 29
  COLOR 11
END IF

```

```

REM *****
OUT port + 0, 0                                'software trigger
150  check = INP(port + 8)
    IF (check AND &H80) = &H80 GOTO 150        'checking conversion is ok?

    dtl% = INP(port + 0)                       ' reading channels as low byte
    dth% = INP(port + 1)                       ' reading channels as high byte
    adl% = dtl% \ 16
    adt% = dth% * 16 + adl%                    ' reading data as integer number
    chv% = dtl% - adl% * 16                    ' which channel

    IF gain(chv%) MOD 8 > 3 THEN                ' selecting as bipolar ranges
        adt% = adt%                            ' or unipolar ranges...
    ELSE
        adt% = adt% - 2048
    END IF

    FOR k = 0 TO 7
        IF chv% = k THEN dg(k) = adt%: n(k) = n(k) + 1
    NEXT k

    IF chv% = stopp THEN

REM calibrasyon sonuclarina gore donusum *****
    don(0) = ar(0) * (dg(0) + cr(1) * dg(1) + cr(2) * dg(2) + cr(3) * dg(3) + cr(4) * dg(4) +
ar(5) * dg(5))
    don(1) = ap(0) * (dg(1) + ap(1) * dg(0) + ap(2) * dg(2) + ap(3) * dg(3) + ap(4) * dg(4) +
op(5) * dg(5))
    don(2) = ad(0) * (dg(2) + ad(1) * dg(0) + ad(2) * dg(1) + ad(3) * dg(3) + ad(4) * dg(4) +
od(5) * dg(5))
    don(3) = as(0) * (dg(3) + as(1) * dg(0) + as(2) * dg(1) + as(3) * dg(2) + as(4) * dg(4) +
cs(5) * dg(5))
    don(4) = al(0) * (dg(4) + al(1) * dg(0) + al(2) * dg(1) + al(3) * dg(2) + al(4) * dg(3) +
cl(5) * dg(5))
    don(5) = ay(0) * (dg(5) + ay(1) * dg(0) + ay(2) * dg(1) + ay(3) * dg(2) + ay(4) * dg(3) +
cy(5) * dg(4))
REM *****

    IF disp = 0 THEN                            ' real time
        FOR k = 0 TO 5
            tdon(k) = tdon(k) + don(k)
            SELECT CASE typ
                CASE IS = 0
                    deg(typ, k) = don(k)
                CASE IS = 1
                    deg(typ, k) = don(k) - deg(0, k)
                CASE IS = 2
                    deg(typ, k) = don(k)
                CASE IS = 3
                    deg(typ, k) = don(k) - deg(2, k)
            END SELECT
        NEXT k
    END IF

    IF disp = 1 THEN                            ' average
        FOR k = 0 TO 5
            IF n(k) <> 0 THEN
                tdon(k) = tdon(k) + don(k)
                SELECT CASE typ
                    CASE IS = 0
                        deg(typ, k) = tdon(k) / n(k)
                    CASE IS = 1
                        deg(typ, k) = tdon(k) / n(k) - deg(0, k)
                    CASE IS = 2
                        deg(typ, k) = tdon(k) / n(k)
                    CASE IS = 3
                        deg(typ, k) = tdon(k) / n(k) - deg(2, k)
                END SELECT
            END IF
        NEXT k
    END IF

    END IF

REM displaying data to the screen *****
    IF stopp > 5 THEN stpp = 5 ELSE stpp = stopp
    FOR j = start TO stpp
        col = j * 11.15 + 13
        LOCATE row, col: PRINT USING "###.###"; deg(typ, j)
    NEXT j
REM *****

NEXT i
REM END OF DATA ACQUISITION *****

```

```

REM Real time alinmissa average degerler hesaplaniyor*****
IF disp = 0 THEN
  FOR k = 0 TO 5
    IF n(k) <> 0 THEN
      SELECT CASE typ
        CASE IS = 0
          deg(typ, k) = tdon(k) / n(k)
        CASE IS = 1
          deg(typ, k) = tdon(k) / n(k) - deg(0, k)
        CASE IS = 2
          deg(typ, k) = tdon(k) / n(k)
        CASE IS = 3
          deg(typ, k) = tdon(k) / n(k) - deg(2, k)
      END SELECT
    END IF
  NEXT k
END IF

```

```

REM *****

```

```

REM Real degerler hesaplaniyor *****
SELECT CASE typ
CASE IS = 1
  expdispa = 1
CASE IS = 3
  FOR k = 0 TO 5
    realdeg(k) = deg(3, k) - deg(1, k)
  NEXT k
END SELECT

```

```

REM *****

```

```

REM son durum yaziliyor *****
COLOR 2
IF stopp > 5 THEN stpp = 5 ELSE stpp = stopp
FOR j = start TO stpp
  col = j * 11.15 + 13
  LOCATE row, col: PRINT USING "###.###"; deg(typ, j)
NEXT j

COLOR 11
IF typ = 3 THEN
  IF stopp > 5 THEN stpp = 5 ELSE stpp = stopp
  FOR j = start TO stpp
    col = j * 11.15 + 13
    LOCATE 16, col: PRINT USING "###.###"; realdeg(j)
  NEXT j
END IF

```

```

REM *****

```

```

REM Deney tamamlanmissa sonuclar dosyaya yaziliyor *****
IF typ = 3 THEN
  CALL shadbox(175, 465, 193, 238, 4, 5, 6, 7)
  LINE (200, 205)-(440, 227), 0, BF
  COLOR 8
  LOCATE 14, 36: PRINT "writting...": SLEEP 1
  COLOR 11

```

```

  OPEN "wintunel.exp" FOR APPEND AS #10
  WRITE #10, "Experiment no : ", expno
  WRITE #10, "Attack angle (Deg) = ", alfa
  WRITE #10, "Yaw angle (Deg) = ", anyaw
  WRITE #10, "Tunnel air speed (m/s) = ", tunspeed
  PRINT #10, "    Roll    Pitch    Drag    Side-F    Lift    Yaw"
  PRINT #10, USING " ###.### "; deg(1, 0); deg(1, 1); deg(1, 2); deg(1, 3); deg(1, 4);
deg(1, 5)
  PRINT #10, USING " ###.### "; deg(3, 0); deg(3, 1); deg(3, 2); deg(3, 3); deg(3, 4);
deg(3, 5)
  PRINT #10, USING " ###.### "; realdeg(0); realdeg(1); realdeg(2); realdeg(3); realdeg(4);
realdeg(5)
  CLOSE #10
END IF
REM *****

```

```

REM press any key to continue *****
CALL shadbox(175, 465, 193, 238, 4, 5, 6, 7)
LINE (200, 205)-(440, 227), 0, BF
COLOR 11
LOCATE 14, 28: PRINT "Press <ENTER> to continue.."
COLOR 2
LOCATE 4, 36: PRINT "completed.."
COLOR 11

```

```

129 ON KEY(17) GOSUB 131
KEY(17) ON
GOTO 129

```

```

131 'continue
    KEY(17) OFF

REM *****

REM Gereklı de°ifkenler sıfırlanıyor *****
    FOR k = 0 TO 5
        n(k) = 0
        tdon(k) = 0
    NEXT k
REM *****

REM choose (if typ=3)*****
REM 1- Continue to the experiment <ENTER>
REM 2- Delete this experiment results from file <ctrl-D>
REM 4- Always <ESC> to exit

    IF typ = 3 THEN

        CALL shadbox(130, 500, 140, 280, 5, 2, 3, 4)
        LINE (150, 170)-(480, 250), 0, BF
        LOCATE 12, 21: PRINT "                CHOOSE! "
        LOCATE 13, 21: PRINT "* Continue to the experiment": COLOR 13
        LOCATE 14, 21: PRINT "* Delete this result from file": COLOR 11 'not yet available!'
        LOCATE 15, 21: PRINT "* Always <ESC> to exit.."
        COLOR 6
        LOCATE 13, 52: PRINT "<ENTER>": COLOR 7
        LOCATE 14, 52: PRINT "<CTRL+D>": COLOR 6
        LOCATE 15, 52: PRINT "<ESC>"
        COLOR 11

140    KEY 17, CHR$(&H0) + CHR$(&H1C)      ' enter key
        ON KEY(17) GOSUB enter2            ' continue to the acquisition
        KEY(17) ON
        GOTO 140

    ELSE
        GOTO 130      'new experiment
    END IF

enter2:
    KEY(17) OFF
    GOTO 130      'new experiment
RETURN

REM *****

REM End of program *****
1000 COLOR 11
    KEY(15) OFF
    KEY(17) OFF
    KEY(18) OFF
    KEY(19) OFF
    KEY(20) OFF
    IF typ <> 3 AND expno > 1 THEN
        OPEN "wintunel.exp" FOR APPEND AS #10
        WRITE #10, "End of experiment", expno - 1
        CLOSE #10
    END IF
    IF typ = 3 AND expno > 1 THEN
        OPEN "wintunel.exp" FOR APPEND AS #10
        WRITE #10, "End of experiment", expno
        CLOSE #10
    END IF

    END

REM End of the program *****

REM $STATIC
*****
' A subroutine that makes the configuration of PCL818 card and
' data-acquisition..Some values transferred by "COMMON SHARED"
*****
    SUB config (st.end, dpc)

        GET (180, 190)-(470, 280), image
        GET (265, 95)-(345, 111), image1

        IF st.end = 1 THEN      ' start channel number
75    LOCATE 7, 36: PRINT " "
        LOCATE 7, 36: INPUT "n", start
        PUT (180, 190), image, PSET
        IF start < 0 OR start > 15 THEN

```

```

BEEP
LINE (220, 200)-(450, 280), 12, BF
CALL shadbox(210, 440, 190, 270, 4, 5, 6, 7)
LOCATE 14, 32: PRINT "      Error!"
LOCATE 15, 32: PRINT "      Out of limits      "
PUT (265, 95), image1, PSET
GOTO 75
END IF
ELSE
76 LOCATE 7, 36: PRINT " "
LOCATE 7, 36: INPUT "", start
PUT (180, 190), image, PSET
IF start < 0 OR start > 7 THEN
BEEP
LINE (220, 200)-(450, 280), 12, BF
CALL shadbox(210, 440, 190, 270, 4, 5, 6, 7)
LOCATE 14, 32: PRINT "      Error!"
LOCATE 15, 32: PRINT "      Out of limits      "
PUT (265, 95), image1, PSET
GOTO 76
END IF
END IF

GET (265, 128)-(345, 143), image2
IF st.end = 1 THEN ' stop channel number
77 LOCATE 9, 36: PRINT " "
LOCATE 9, 36: INPUT "", stopp
PUT (180, 190), image, PSET
IF stopp < 0 OR stopp > 15 THEN
BEEP
LINE (220, 200)-(450, 280), 12, BF
CALL shadbox(210, 440, 190, 270, 4, 5, 6, 7)
LOCATE 14, 32: PRINT "      Error!"
LOCATE 15, 32: PRINT "      Out of limits      "
PUT (265, 128), image2, PSET
GOTO 77
END IF
ELSE
78 LOCATE 9, 36: PRINT " "
LOCATE 9, 36: INPUT "", stopp
PUT (180, 190), image, PSET
IF stopp < 0 OR stopp > 7 THEN
BEEP
LINE (220, 200)-(450, 280), 12, BF
CALL shadbox(210, 440, 190, 270, 4, 5, 6, 7)
LOCATE 14, 32: PRINT "      Error!"
LOCATE 15, 32: PRINT "      Out of limits      "
PUT (265, 128), image2, PSET
GOTO 78
END IF
END IF

IF diff = 1 AND stopp > 7 THEN
BEEP
LINE (220, 200)-(450, 280), 12, BF
CALL shadbox(210, 440, 190, 270, 4, 5, 6, 7)
LOCATE 14, 32: PRINT "      Error!"
LOCATE 15, 32: PRINT "      Diff=1 and stopp>7 "
PUT (265, 95), image1, PSET
PUT (265, 128), image2, PSET
GOTO 75
END IF

IF start > stopp THEN
BEEP
LINE (220, 200)-(450, 280), 12, BF
CALL shadbox(210, 440, 190, 270, 4, 5, 6, 7)
LOCATE 14, 30: PRINT "      Error!"
LOCATE 15, 30: PRINT "      Start channel must be "
LOCATE 16, 30: PRINT "      less than stop channel!"
PUT (265, 95), image1, PSET
PUT (265, 128), image2, PSET
GOTO 75
END IF

LOCATE 12, 37: PRINT " "
79 GET (288, 175)-(368, 191), image1
LOCATE 12, 37: INPUT "", ndp
PUT (180, 190), image, PSET
SELECT CASE ndp
CASE IS < 24, IS > 32192
BEEP
LINE (220, 200)-(450, 280), 12, BF
CALL shadbox(210, 440, 195, 270, 4, 5, 6, 7)
LOCATE 14, 30: PRINT "      Error!"

```

```

LOCATE 15, 30: PRINT " Number is out of range "
PUT (288, 175), image1, PSET
GOTO 79
END SELECT
nch = stopp - start + 1          ' channel number
dpc = INT(ndp / nch)             ' data number per channel

REM range codes *****
CALL shadbox(5, 410, 245, 410, 2, 14, 13, 12)
LINE (25, 265)-(193, 390), 0, BF
LINE (222, 265)-(392, 390), 0, BF

FOR i = 0 TO 7
  IF i < start OR i > stopp THEN
    IF i < 4 THEN
      CALL shadbox(25, 193, 265 + i * 32, 265 + (i + 1) * 32, 2, 12, 13, 14)
    ELSE
      CALL shadbox(222, 392, 265 + (i - 4) * 32, 265 + (i - 3) * 32, 2, 12, 13, 14)
    END IF
  END IF
NEXT i

FOR i = start TO stopp
  SELECT CASE i
    CASE 0 TO 3
      d1 = i * 2
      d2 = 0
    CASE 4 TO 7
      d1 = i * 2 - 8
      d2 = 25
    CASE 8 TO 11
      d1 = i * 2 - 15
      d2 = 0
    CASE 12 TO 15
      d1 = i * 2 - 23
      d2 = 25
  END SELECT
  LOCATE 18 + d1, 5 + d2: PRINT "Channel"; i; " : "
NEXT i

GET (180, 190)-(470, 270), image

FOR i = start TO stopp
  SELECT CASE i
    CASE 0 TO 3
      d1 = i * 2
      d2 = 0
    CASE 4 TO 7
      d1 = i * 2 - 8
      d2 = 25
    CASE 8 TO 11
      d1 = i * 2 - 15
      d2 = 0
    CASE 12 TO 15
      d1 = i * 2 - 23
      d2 = 25
  END SELECT
  LOCATE 18 + d1, 17 + d2: PRINT "      "
  LOCATE 18 + d1, 19 + d2: INPUT "", range
  PUT (180, 190), image, PSET
  IF range < 0 OR range > 8 THEN
    BEEP
    LINE (220, 200)-(450, 270), 12, BF
    CALL shadbox(210, 440, 190, 260, 4, 5, 6, 7)
    LOCATE 14, 32: PRINT "      Error!      "
    LOCATE 15, 32: PRINT "    Out of limits    "
    GOTO 83
  END IF
  gain(i) = range
NEXT i
REM *****

END SUB

' *****
' A sub-program that displays and checks default values for card settings
' and data acquisition definition...All variables in this subroutine are
' transferred from main program by "COMMON SHARED"
' *****
SUB defaults (st.end, dpc, error.check)

REM defaults *****
CALL shadbox(29, 288, 20, 75, 4, 2, 3, 4)
COLOR 8
LOCATE 3, 7: PRINT " PCL818 CARD SETTINGS AND "
LOCATE 4, 7: PRINT " DATA ACQUISITION DEFAULTS "

```

```

COLOR 11

GET (180, 190)-(470, 280), image
REM channel selecting *****
CALL shadbox(5, 320, 82, 157, 2, 14, 13, 12)
IF st.end = 1 THEN ' start channel number
  LOCATE 7, 3: PRINT "Start Channel Number (0-15) : "; start
  IF start < 0 OR start > 15 THEN
    error.check = 1
  END IF
ELSE
  LOCATE 7, 3: PRINT "Start Channel Number (0-7) : "; start
  IF start < 0 OR start > 7 THEN
    error.check = 1
  END IF
END IF
IF st.end = 1 THEN ' stop channel number
  LOCATE 9, 3: PRINT "Stop Channel Number (0-15) : "; stopp
  IF stopp < 0 OR stopp > 15 THEN
    error.check = 1
  END IF
ELSE
  LOCATE 9, 3: PRINT "Stop Channel Number (0-7) : "; stopp
  IF stopp < 0 OR stopp > 7 THEN
    error.check = 1
  END IF
END IF
REM input channel error checking
IF diff = 1 AND stopp > 7 THEN
  error.check = 1
END IF
IF start > stopp THEN
  error.check = 1
END IF
REM *****

REM number of data *****
CALL shadbox(5, 365, 164, 205, 2, 14, 13, 12)
LOCATE 12, 37: PRINT " "
LOCATE 12, 3: PRINT "Total Number of Data (24-24000) :"; ndp
SELECT CASE ndp
CASE IS < 24, IS > 24000
  error.check = 1
END SELECT
REM channel number and data number per channel
nch = stopp - start + 1 ' channel number
dpc = INT(ndp / nch) ' data number per channel
REM *****

REM range codes *****
COLOR 2
LOCATE 15, 13: PRINT "Range Codes of Each Channel"
COLOR 11
CALL shadbox(5, 410, 245, 410, 2, 14, 13, 12)
LINE (25, 265)-(193, 390), 0, BF
LINE (222, 265)-(392, 390), 0, BF

FOR i = 0 TO 7
  IF i < start OR i > stopp THEN
    IF i < 4 THEN
      CALL shadbox(25, 193, 265 + i * 32, 265 + (i + 1) * 32, 2, 12, 13, 14)
    ELSE
      CALL shadbox(222, 392, 265 + (i - 4) * 32, 265 + (i - 3) * 32, 2, 12, 13, 14)
    END IF
  END IF
NEXT i

FOR i = start TO stopp
  SELECT CASE i
  CASE 0 TO 3
    d1 = i * 2
    d2 = 0
  CASE 4 TO 7
    d1 = i * 2 - 8
    d2 = 25
  CASE 8 TO 11
    d1 = i * 2 - 15
    d2 = 0
  CASE 12 TO 15
    d1 = i * 2 - 23
    d2 = 25
  END SELECT
  IF error.check = 0 THEN
    IF gain(i) < 0 OR gain(i) > 8 THEN
      error.check = 1
    ELSE

```

```

        LOCATE 18 + d1, 5 + d2: PRINT "Channel"; i; " : "; volt$(gain(i))
    END IF
    END IF
    NEXT i
REM *****
50    REM error occurred

    END SUB

'***** A SUB-ROUTINE THAT MAKE YOUR PALETTE THE CURRENT PALETTE *****
' Thus you can use 63*63*63=250047 total color in a palette that contains
' only 16 color at a time.
' Example:
' PALETTE number, 65536 * blue + 256 * green + red
' Blue, green and red values can change from 0 to 63.
' Palette 0 is background color.
' This sub-routine make the current palette "shading" or "real" palette
' according to a$

    SUB renkpalet (a$)

        SELECT CASE a$
        CASE "shading"
            PALETTE 0, 65536 * 0 + 256 * 0 + 0
            PALETTE 0, 65536 * 20 + 256 * 14 + 9
            PALETTE 1, 65536 * 15 + 256 * 45 + 10
            PALETTE 2, 65536 * 13 + 256 * 30 + 9
            PALETTE 3, 65536 * 11 + 256 * 22 + 6
            PALETTE 4, 65536 * 9 + 256 * 14 + 4
            PALETTE 5, 65536 * 9 + 256 * 8 + 57
            PALETTE 6, 65536 * 11 + 256 * 10 + 38
            PALETTE 7, 65536 * 13 + 256 * 11 + 26
            PALETTE 8, 65536 * 35 + 256 * 34 + 20
            PALETTE 9, 65536 * 27 + 256 * 20 + 12
            PALETTE 10, 65536 * 13 + 256 * 15 + 25
            PALETTE 11, 65536 * 30 + 256 * 42 + 47
            PALETTE 12, 65536 * 15 + 256 * 12 + 6
            PALETTE 13, 65536 * 20 + 256 * 20 + 20
            PALETTE 14, 65536 * 28 + 256 * 29 + 27
            PALETTE 15, 65536 * 45 + 256 * 45 + 40
            CASE "real"
            PALETTE
        END SELECT

        ' siyah
        ' mavi fon
        ' en açık yefil
        ' yefil
        ' koyu yefil
        ' daha koyu yefil
        ' açık kırmızı
        ' kırmızı
        ' koyukırmızı
        ' açık mavi
        ' mavi
        ' koyu bej
        ' sari
        ' koyu fon
        ' kursuni
        ' gri
        ' açık gri

    END SUB

' The subroutine that makes the shaded box *****
' (x1,y1)-(x2,y2) : the coordinates of outhter box
' d : offset distance for inner box from outhter box
' r1,r2,r3 : color of shaded box, order of light color,
' inside color and dark color
' *****
' Shaded Box Examples and their values (light color, color, dark color):
' 1- Light green, green, dark green(
' 2- Light red, red, dark red(
' 3- Light gray, gray, dark grey(

    SUB shadbox (x1, x2, y1, y2, d, r1, r2, r3)

        xd1 = x1 + d
        yd1 = y1 + d
        xd2 = x2 - d
        yd2 = y2 - d

        LINE (x1, y1)-(x2, y2), r3, BF
        LINE (xd1, yd1)-(xd2, yd2), r2, BF

        LINE (x1, y2 - 1)-(x1, y1), r1
        LINE (x1, y1)-(x2 - 1, y1), r1
        LINE (x2 - 1, y1)-(xd2, yd1 - 1), r1
        LINE (xd2 - 1, yd1 - 1)-(xd1 - 1, yd1 - 1), r1
        LINE (xd1 - 1, yd1 - 1)-(xd1 - 1, yd2), r1
        LINE (xd1 - 1, yd2)-(x1, y2 - 1), r1
        IF d > 2 THEN
            PAINT (x1 + 1, y1 + 1), r1
        END IF

        LINE (x1, y1)-(xd1, yd1), r2

    END SUB

SUB variable.list
' start : Baflangıç kanalı
' stopp : Bitif kanalı
' volt$(i) :
' gain(i) :

```

```

en$(i) : Wintunel.exp dosyasındaki farklı deney isimleri
st.end :
error.check :
dpc : Data per channel
ndp : Total data number
chv% : Hangi kanal oldu' u bilgisi
dg(k) : Data acquisition de' ifkeni
don(k) : Kalibrasyon matrisi ile düzeltilmiş datalar
tdon(k) : O kanala ait dataların toplamı
n(k) : O kanala ait data sayısı
c, cc : Ara de' ifkenler.. (for experiment definition)
deg(typ,k) : De' ifik deney tiplerine ait kuvvet ve momentler
typ : {0,1,2,3} De' ifik deney tipleri
exptype$ : Deney tipi tanımı
disp : {0,1} Deney sonuçları display tipi.Real, average
realdeg(k) : Gerçek kuvvet ve momentler
expno : Deney sayısı.Her typ=3 de bir artar.
expname$ : Deney ismi.Her program girisinde sorar...
alfa : Hucum açısı
angyaw : Yaw açısı
tunspeed : Tunel air speed
ambtemp : Ortam sıcaklığı
atmpress : Ortam basıncı
row : Deney tipine göre print line number
col : Deney tipine göre print column number
expdispa : eski bilgileri tekrar display edip etmemek için
DATE$ : Tarih bilgisi
TIME$ : Saat bilgisi
modname$ : model name
mn$(i) : model name that read from file
en$(i) : experiment name that read from file
gmn$ : gecici model name
sell : {1,2} select one 1:display forces m. 2:compute coefficients
axis : {0,1} axis type 0: alfa, 1:velocity
block : {0,1} blockage factor on/off 0:off, 1:on
error.mp : {-1,0} error in model parameters -1:error, 0:okay
ax1,ax2 :
ay1,ay2 :
px
py
fm(30,6) : force and moments (expno,forces and moments type)
cof(30,3) : coefficient (expno,coefficient type)
af(30) :
yw(30) :
vl(30) :
END SUB

```

TEMSTUDY.BAS Programının Kaynak Kodu

```

'Written by Levent HASANREISOGLU, September 1994 (c)
'*****
'
' * * * * * AN ANALYSIS AND POST PROCESSOR * * * * *
' * * * * * PROGRAM * * * * *
' * * * * * for AERODYNAMICS EXPERIMENTS ON WIND-TUNNEL * * * * *
'
' * * * * *
' * This program performs calculating of coefficient and vs. *
' * from information that comes from experiments and evaluate *
' * blockage factors and some aerodynamics quantities and *
' * display them interactively.. *
' * * * * *
'
NOTE: This program is like a post-processor and must be used after
wind-tunnel experiments and user have WINTUNEL.EXP data file
in its directory. Output of this file is coefficient data file
named COEF.DAT.
'
'*****

DECLARE SUB renkpalet (a$)
DECLARE SUB shadbox (x1!, y1!, x2!, y2!, d!, r1!, r2!, r3!)
DECLARE SUB readfile (expno, t!, P!, af!(), yw!(), vl!(), fm!(), error.read%)
DECLARE SUB drawgrp (graphtyp, nxy, cx(), cy(), renk)
DECLARE SUB display ()
DECLARE SUB maxmin (nxy, aa(), mx, mn)
DECLARE SUB reorder (nxy, xx(), yy())

COMMON SHARED modname$, expname$, dated$, timed$
COMMON SHARED ax1, ax2, ay1, ay2, xmax, xmin, ymax, ymin
COMMON SHARED yscal, xscal, jcontrol, graphyaxis, sell
COMMON SHARED dx, dy, px, py

CLS
SCREEN 12
VIEW SCREEN (0, 0)-(639, 479) ' ekran tanimlaniyor
WINDOW SCREEN (0, 0)-(639, 479) ' koordinat ekseni sol ust kose seciliyor
KEY OFF

CLEAR , , 40000
REM $DYNAMIC

DIM en$(15) ' wintunel.exp dosyasindaki deney isimleri
DIM mn$(15) ' wintunel.exp dosyasindaki model isimleri

DIM fm(100, 6), af(100), yw(100), vl(100)
DIM cof(50, 3, 5), cofo(50, 3, 5), alfo(50, 5), xcpo(50, 5)
DIM xx(100), yy(100)
DIM tip$(6)
DIM xg(100)
DIM velstep(5), nxyk(5), alf(50, 5), Xcp(50, 5)
DIM eb(50), ebc(5), esl(50)

REM to exit program suddenly while running *****
KEY 19, CHR$(&H0) + CHR$(&H1)
ON KEY(19) GOSUB exiting
KEY(19) ON
GOTO 15

exiting:
KEY(15) OFF
KEY(17) OFF
KEY(18) OFF
KEY(19) OFF
GOTO 1000 'exiting
RETURN
REM *****

```

```

15 'continue
REM Preparing the screen *****
CALL renkpalet("shading")
COLOR 2
LOCATE 1, 21: PRINT "W I N D - T U N N E L A N A L Y S I S"
LOCATE 28, 6: PRINT "Written by LEVENT HASANREISOGLU (C) COPYRIGHT, ITU, SEPTEMBER
1994"
LINE (1, 17)-(638, 430), 3, B
COLOR 11
REM *****

REM Initial screen *****
CALL shadbox(130, 500, 150, 280, 5, 2, 3, 4)
LINE (160, 175)-(470, 220), 0, BF
LOCATE 13, 30: PRINT "Analyze an EXPERIMENT"
CALL shadbox(285, 340, 230, 265, 3, 2, 3, 4)
COLOR 8: LOCATE 16, 38: PRINT " OK "

16 KEY 17, CHR$(&H0) + CHR$(&H1C) ' enter to experiment
ON KEY(17) GOSUB enter1
KEY(17) ON

LOCATE 24, 11: PRINT "Note that Num Lock and Caps Lock are off in your keyboard!"
SLEEP 1: COLOR 0
LOCATE 24, 11: PRINT "Note that Num Lock and Caps Lock are off in your keyboard!"
SLEEP 1: COLOR 8
GOTO 16

enter1:
CALL shadbox(285, 340, 230, 265, 3, 4, 3, 2)
COLOR 8: LOCATE 16, 38: PRINT " OK ": FOR gg = 1 TO 10000: NEXT gg
KEY(17) OFF
LINE (130, 150)-(500, 280), 0, BF 'clear box
COLOR 0
LOCATE 24, 11: PRINT "Note that Num Lock and Caps Lock are off in your keyboard!"
sel2 = 1 'highlighting
GOTO 18 'continue
RETURN
REM *****

18 'continue
OPEN "wintunel.exp" FOR APPEND AS #10
CLOSE #10
REM wintunel.exp dosyasından isimler okunuyor *****
i = 0
OPEN "wintunel.exp" FOR INPUT AS #10
WHILE EOF(10) <> -1
INPUT #10, e$
IF e$ = "MODEL NAME : " THEN
i = i + 1
INPUT #10, mn$(i), kk$, en$(i)
END IF
WEND
CLOSE #10
REM end of checking *****

REM Selecting names for study and display *****

REM displaying names *****
COLOR 2: LOCATE 3, 22: PRINT "Existing Experiments in WINTUNEL.EXP"
CALL shadbox(80, 550, 50, 300, 2, 9, 0, 12)
CALL shadbox(110, 300, 60, 290, 2, 12, 0, 9)
CALL shadbox(318, 520, 60, 290, 2, 12, 0, 9)
COLOR 2
LOCATE 5, 17: PRINT "No"
LOCATE 5, 24: PRINT "Model Name"
LOCATE 5, 44: PRINT "Experiment Name"

COLOR 8
FOR j = 1 TO i
LOCATE j + 5, 16: PRINT j; " "; mn$(j)
LOCATE j + 5, 42: PRINT en$(j)
NEXT j
nume = i

REM sel2 = 1 'highlighting
COLOR 11: LOCATE sel2 + 5, 16: PRINT sel2; " "; mn$(sel2)
LOCATE sel2 + 5, 42: PRINT en$(sel2)
COLOR 8

CALL shadbox(110, 520, 310, 390, 3, 2, 3, 4)
LINE (130, 330)-(500, 370), 0, BF
LOCATE 22, 22: PRINT "Please choose one of the listed item..."
LOCATE 23, 19: PRINT "(To scroll items use arrow keys on keypad!)"

```

```

COLOR 11
CALL shadbox(130, 500, 395, 420, 2, 12, 0, 9)
LOCATE 26, 20: PRINT sel2; " "; mn$(sel2); " "; en$(sel2)
COLOR 8
REM *****
REM selecting *****
26 KEY 17, CHR$(&H0) + CHR$(&H1C) ' enter
   KEY 23, CHR$(128) + CHR$(72) ' up arrow(keypad)
   KEY 24, CHR$(128) + CHR$(80) ' down arrow(keypad)
   ON KEY(23) GOSUB backward
   ON KEY(24) GOSUB forward
   ON KEY(17) GOSUB entergo

   KEY(23) ON
   KEY(24) ON
   KEY(17) ON
   GOTO 26

backward:
  IF sel2 >= 2 THEN
    COLOR 8
    LOCATE sel2 + 5, 16: PRINT sel2; " "; mn$(sel2)
    LOCATE 5 + sel2, 42: PRINT en$(sel2)
    IF sel2 > 1 THEN
      sel2 = sel2 - 1
    ELSE
      sel2 = sel2
    END IF
    COLOR 11
    LOCATE sel2 + 5, 16: PRINT sel2; " "; mn$(sel2)
    LOCATE 5 + sel2, 42: PRINT en$(sel2)
    LINE (135, 400)-(495, 415), 0, BF
    LOCATE 26, 20: PRINT sel2; " "; mn$(sel2); " "; en$(sel2)
  END IF
  RETURN

forward:
  IF sel2 <= nume - 1 THEN
    COLOR 8
    LOCATE sel2 + 5, 16: PRINT sel2; " "; mn$(sel2)
    LOCATE 5 + sel2, 42: PRINT en$(sel2)
    IF sel2 < nume THEN
      sel2 = sel2 + 1
    ELSE
      sel2 = sel2
    END IF
    COLOR 11
    LOCATE sel2 + 5, 16: PRINT sel2; " "; mn$(sel2)
    LOCATE 5 + sel2, 42: PRINT en$(sel2)
    LINE (135, 400)-(495, 415), 0, BF
    LOCATE 26, 20: PRINT sel2; " "; mn$(sel2); " "; en$(sel2)
  END IF
  RETURN

entergo:
  modname$ = mn$(sel2)
  expname$ = en$(sel2)
  KEY(23) OFF
  KEY(24) OFF
  KEY(17) OFF
  GOTO 600 'study and display
  RETURN
REM end of selecting *****

600
REM *****
REM *****
REM ***** DISPLAYING *****
REM ***** EXPERIMENT DATA *****
REM *****

REM karakter dizinleri ataniyor *****
tip$(0) = "Roll "
tip$(1) = "Pitch"
tip$(2) = "Drag "
tip$(3) = "SideF"
tip$(4) = "Lift "
tip$(5) = "Yaw "
REM *****

REM reading from wintunel.exp *****
CALL readfile(expno, t, p, af(), yw(), vl(), fm(), error.read%)
IF error.read% = -1 THEN GOTO 1000 'exit

```

```

REM *****
REM Preparing the screen *****
601  CLS
      CALL renkpalet("shading")
      COLOR 2
      LOCATE 1, 23: PRINT "E X P E R I M E N T A N A L Y S I S"
      LOCATE 28, 6: PRINT "Written by LEVENT HASANREISOGLU (C) COPYRIGHT, ITU, JANUARY 1994"
      LINE (1, 17)-(638, 430), 3, B
      COLOR 11
REM *****

REM selection sell{0,1}*****
REM 1-  [0] Display Forces and Moments
REM 2-  [1] Compute and display Coefficients

      CALL shadbox(130, 520, 150, 300, 4, 2, 3, 4)
      LINE (155, 180)-(495, 273), 0, BF
      COLOR 11
      LOCATE 14, 23: PRINT "[ ] Display Forces and Moments"
      LOCATE 15, 23: PRINT "[ ] Compute and Display Coefficients.."
      LOCATE 14 + sell, 24: PRINT "_"
      COLOR 8
      LOCATE 11, 31: PRINT " <F1>: Previous Menu "
      LOCATE 17, 21: PRINT "<ARROW KEYS>:Change      <ENTER>:Continue"
      COLOR 11

605  KEY 23, CHR$(128) + CHR$(72)      ' up arrow(keypad)
      KEY 24, CHR$(128) + CHR$(80)      ' down arrow(keypad)
      KEY 17, CHR$(6H0) + CHR$(6H1C)    ' enter

      ON KEY(1) GOSUB main
      ON KEY(23) GOSUB uparrow
      ON KEY(24) GOSUB downarrow
      ON KEY(17) GOSUB enter2

      KEY(1) ON
      KEY(17) ON
      KEY(23) ON
      KEY(24) ON

      GOTO 605

main:
      KEY(1) OFF
      KEY(23) OFF
      KEY(24) OFF
      KEY(17) OFF
      GOTO 18

RETURN

uparrow:
      IF sell = 1 THEN
        LOCATE 14 + sell, 24: PRINT " "
        sell = sell + 1
        IF sell >= 2 THEN sell = 0
        LOCATE 14 + sell, 24: PRINT "_"
      END IF

RETURN

downarrow:
      IF sell = 0 THEN
        LOCATE 14 + sell, 24: PRINT " "
        sell = sell + 1
        IF sell >= 2 THEN sell = 0
        LOCATE 14 + sell, 24: PRINT "_"
      END IF

RETURN

enter2:
      KEY(1) OFF
      KEY(23) OFF
      KEY(24) OFF
      KEY(17) OFF
      GOTO 609      'continue

RETURN
REM end of sell selection *****

609  'continue
REM sell=0 display F and M sell=1 coef. *****
602  SELECT CASE sell
      CASE IS = 0
        GOTO 608      ' go for forces and moments display
      CASE IS = 1
        GOTO 620      ' go for coefficients calculate and display

```

```

CASE ELSE
  GOTO 602
END SELECT
REM *****

608 'continue for forces and moments display
REM *****
REM      DISPLAYING FORCES AND MOMENTS
REM *****
  sel3 = 1
  graphtyp = 1
  singx = 1: yedek1 = 1
  multx = 1
REM selection menu for forces and moments *****
610  fcontrol = 0
  LINE (0, 0)-(639, 479), 0, BF
  COLOR 2
  LOCATE 1, 23: PRINT "E X P E R I M E N T A N A L Y S I S"
  LOCATE 28, 6: PRINT "Written by LEVENT HASANREISOGLU (C) COPYRIGHT, ITU, JANUARY 1994"
  LINE (1, 17)-(638, 430), 3, B

  CALL shadbox(100, 540, 50, 380, 4, 2, 3, 4)
  LINE (120, 75)-(520, 340), 0, BF
  CALL shadbox(145, 495, 253, 292, 2, 12, 0, 9)
  COLOR 14: LOCATE 18, 22: PRINT "Press F2 to see how measurements done!"
  COLOR 8
  LOCATE 5, 23: PRINT " FORCES AND MOMENTS DISPLAY OPTIONS "
  LOCATE 23, 16: PRINT " <F1>:Previous Menu "
  LOCATE 23, 36: PRINT " <F2>:Info "
  LOCATE 23, 48: PRINT " <ENTER>:Continue "

  COLOR 2
  LOCATE 8, 19: PRINT "GRAPH TYPE SELECTIONS FOR FORCES AND MOMENTS:"
  LOCATE 11, 22: PRINT "For SINGLE GRAPH type x-axis selections:"
  LOCATE 14, 22: PRINT "For MULTI-GRAPH x-axis selections:"
  LOCATE 20, 22: PRINT "(Press <ARROW KEYS> to scroll up or down)"
  LOCATE 21, 22: PRINT "(Press <SPACEBAR> to change)"

  COLOR 8
  LOCATE 9, 22: PRINT "[ ]Single Graph [ ]Multi-Graph"
  LOCATE 10, 42: PRINT "(According to velocity)"
  LOCATE 12, 22: PRINT "[ ]alfa [ ]yaw angle [ ]velocity"
  LOCATE 15, 22: PRINT "[ ]alfa [ ]yaw angle"

  LOCATE 9 + (sel3 - 1) * 3, 20: PRINT " " 'alt-016"
  COLOR 11: LOCATE 9, 23 + (graphtyp - 1) * 23: PRINT " _ "
  IF graphtyp = 1 THEN
    LOCATE 12, 23 + (singx - 1) * 14: COLOR 11: PRINT " _ "
    LOCATE 15, 23 + (multx - 1) * 23: COLOR 14: PRINT " _ "
  ELSE
    LOCATE 12, 23 + (singx - 1) * 14: COLOR 14: PRINT " _ "
    LOCATE 15, 23 + (multx - 1) * 23: COLOR 11: PRINT " _ "
  END IF

  KEY 23, CHR$(128) + CHR$(72) ' up arrow(keypad)
  KEY 24, CHR$(128) + CHR$(80) ' down arrow(keypad)
  KEY 15, CHR$(&H0) + CHR$(&H39) ' spacebar
  KEY 17, CHR$(&H0) + CHR$(&H1C) ' enter

  ON KEY(1) GOSUB previous1
  ON KEY(23) GOSUB uparrow1
  ON KEY(24) GOSUB downarrow1
  ON KEY(15) GOSUB spacebar3
  ON KEY(17) GOSUB enter3
  ON KEY(2) GOSUB info

618  KEY(23) ON
  KEY(24) ON
  KEY(15) ON
  KEY(17) ON
  KEY(1) ON
  KEY(2) ON
  GOTO 618

uparrow1:
  LOCATE 9 + (sel3 - 1) * 3, 20: PRINT " "
  IF graphtyp = 1 THEN sel3 = sel3 - 1
  IF graphtyp = 2 THEN sel3 = sel3 - 2
  IF sel3 < 1 THEN sel3 = 1
  COLOR 8: LOCATE 9 + (sel3 - 1) * 3, 20: PRINT " "
RETURN

downarrow1:
  LOCATE 9 + (sel3 - 1) * 3, 20: PRINT " "
  IF graphtyp = 1 THEN
    sel3 = sel3 + 1
    IF sel3 > 2 THEN sel3 = 2

```

```

END IF
IF graphtyp = 2 THEN
  sel3 = sel3 + 2
  IF sel3 > 3 THEN sel3 = 3
END IF
COLOR 8: LOCATE 9 + (sel3 - 1) * 3, 20: PRINT "□"
RETURN

spacebar3:
COLOR 11
SELECT CASE sel3
CASE IS = 1
  LOCATE 9, 23 + (graphtyp - 1) * 23: PRINT " "
  graphtyp = graphtyp + 1
  IF graphtyp = 3 THEN graphtyp = 1
  LOCATE 9, 23 + (graphtyp - 1) * 23: PRINT "_"
  IF graphtyp = 1 THEN
    LOCATE 15, 23 + (multx - 1) * 23: COLOR 14: PRINT " "
    LOCATE 12, 23 + (singx - 1) * 14: COLOR 11: PRINT "_"
  ELSE
    LOCATE 12, 23 + (singx - 1) * 14: COLOR 14: PRINT " "
    LOCATE 15, 23 + (multx - 1) * 23: COLOR 11: PRINT "_"
  END IF
CASE IS = 2
  LOCATE 12, 23 + (singx - 1) * 14: PRINT " "
  singx = singx + 1
  IF singx = 4 THEN singx = 1
  LOCATE 12, 23 + (singx - 1) * 14: PRINT "_"
CASE IS = 3
  LOCATE 15, 23 + (multx - 1) * 23: PRINT " "
  multx = multx + 1
  IF multx = 3 THEN multx = 1
  LOCATE 15, 23 + (multx - 1) * 23: PRINT "_"
END SELECT
RETURN

enter3:
KEY(23) OFF
KEY(24) OFF
KEY(15) OFF
KEY(17) OFF
CALL shadbox(145, 495, 253, 292, 2, 12, 0, 9)
GOTO 630 'continue
RETURN

previous1:
KEY(23) OFF
KEY(24) OFF
KEY(15) OFF
KEY(17) OFF
KEY(18) OFF
KEY(1) OFF
KEY(2) OFF
GOTO 601 'go back previous menu
RETURN

REM (F2) info-gosub window about measurements type *****
info:
ud = 0
KEY(15) OFF
KEY(18) OFF
KEY(2) OFF

IF fcontrol = 2 THEN
  CALL shadbox(288, 352, 282, 309, 2, 4, 3, 2)
END IF

CALL shadbox(442, 625, 40, 390, 3, 14, 13, 12)
LINE (455, 110)-(610, 320), 0, BF
CALL shadbox(465, 605, 55, 85, 2, 12, 0, 14)
COLOR 8: LOCATE 5, 60: PRINT "Measurement Info"
CALL shadbox(501, 570, 342, 377, 2, 14, 13, 12)
COLOR 14: LOCATE 23, 66: PRINT " OK "

LOCATE 7, 59: PRINT " No alfa yaw vel": COLOR 2
FOR i = 1 TO 14
  IF i > expno THEN GOTO 698
  LOCATE i + 7, 59: PRINT USING " ##"; i;
  PRINT USING " ####"; af(i);
  PRINT USING " ####"; yw(i);
  PRINT USING " ### "; vl(i)
NEXT i

698 IF expno > 14 THEN
  COLOR 14: LOCATE 20, 58: PRINT CHR$(25): LOCATE 20, 76: PRINT CHR$(25)
END IF: COLOR 2

ON KEY(23) GOSUB upscroll

```

```

ON KEY(24) GOSUB downscroll
ON KEY(17) GOSUB exitinfo
700 KEY(23) ON
KEY(24) ON
KEY(17) ON
GOTO 700

downscroll:
IF expno > 14 THEN
IF 14 + ud >= expno THEN RETURN
COLOR 14: LOCATE 8, 58: PRINT CHR$(24): LOCATE 8, 76: PRINT CHR$(24)
ud = ud + 1
IF 14 + ud >= expno THEN LOCATE 20, 58: PRINT " ": LOCATE 20, 76: PRINT " "
COLOR 2
FOR i = 1 TO 14
LOCATE i + 7, 59: PRINT USING " ##"; i + ud;
PRINT USING " ###"; af(i + ud);
PRINT USING " ###"; yw(i + ud);
PRINT USING " ### "; vl(i + ud)
NEXT i
END IF
RETURN

upscroll:
IF expno > 14 THEN
COLOR 14: LOCATE 20, 58: PRINT CHR$(25): LOCATE 20, 76: PRINT CHR$(25)
IF ud >= 1 THEN
ud = ud - 1
IF ud = 0 THEN LOCATE 8, 58: PRINT " ": LOCATE 8, 76: PRINT " "
COLOR 2
FOR i = 1 TO 14
LOCATE i + 7, 59: PRINT USING " ##"; i + ud;
PRINT USING " ###"; af(i + ud);
PRINT USING " ###"; yw(i + ud);
PRINT USING " ### "; vl(i + ud)
NEXT i
END IF
END IF
RETURN

exitinfo:
CALL shadbox(501, 570, 342, 377, 2, 12, 13, 14)
COLOR 14: LOCATE 23, 66: PRINT " OK ": FOR i = 1 TO 35000: NEXT i
CALL shadbox(501, 570, 342, 377, 2, 12, 13, 14)
SELECT CASE fcontrol
CASE IS = 0
GOTO 610
CASE IS = 1
GOTO 606
CASE IS = 2
GOTO 650
END SELECT
RETURN
REM end of F2 gosub (info window) *****

630 'continue

REM constantlar belirleniyor *****
COLOR 8
IF graphtyp = 1 THEN
SELECT CASE singx
CASE IS = 1
LOCATE 17, 20: PRINT "Constant yaw (0.0)": LOCATE 17, 39: INPUT "", constyaw
LOCATE 18, 20: PRINT "Constant velocity (0.0)": LOCATE 18, 44: INPUT "", constvel
CASE IS = 2
LOCATE 17, 20: PRINT "Constant alfa (0.0)": LOCATE 17, 40: INPUT "", constalf
LOCATE 18, 20: PRINT "Constant velocity (0.0)": LOCATE 18, 44: INPUT "", constvel
CASE IS = 3
LOCATE 17, 20: PRINT "Constant alfa (0.0)": LOCATE 17, 40: INPUT "", constalf
LOCATE 18, 20: PRINT "Constant yaw (0.0)": LOCATE 18, 39: INPUT "", constyaw
END SELECT
ELSE
SELECT CASE multx
CASE IS = 1
LOCATE 17, 20: PRINT "Constant yaw (0.0)": LOCATE 17, 39: INPUT "", constyaw
LOCATE 18, 20: PRINT "Number of velocity steps (<15)": LOCATE 18, 51: INPUT "", nvs
IF nvs >= 16 THEN nvs = 15
IF nvs <= 0 THEN nvs = 1
FOR t = 1 TO nvs
LOCATE 18, 20: PRINT "Velocity value for step"; t; " "
LOCATE 18, 47: INPUT "", velstep(t)
NEXT t
CASE IS = 2
LOCATE 17, 20: PRINT "Constant alfa (0.0)": LOCATE 17, 40: INPUT "", constalf
LOCATE 18, 20: PRINT "Number of velocity steps (<15)": LOCATE 18, 51: INPUT "", nvs
IF nvs >= 16 THEN nvs = 15
FOR t = 1 TO nvs

```

```

    LOCATE 18, 20: PRINT "Velocity value for step"; t; ":
    LOCATE 18, 47: INPUT "", velstep(t)
    NEXT t
END SELECT
LOCATE 18, 20: PRINT "Y axis common scaling factor (2.0):
LOCATE 18, 55: INPUT "", yscal: IF yscal = 0 THEN yscal = 2
LOCATE 18, 20: PRINT "X axis common scaling factor (±20)":
LOCATE 18, 56: INPUT "", xscal: IF xscal = 0 THEN xscal = 20
END IF
KEY(1) OFF
KEY(2) OFF
REM *****
REM GRAPHING *****
REM displaying screen *****
CALL display
CALL shadbox(461, 561, 24, 54, 2, 9, 0, 12)
CALL shadbox(431, 591, 56, 87, 2, 9, 0, 12)
CALL shadbox(431, 591, 88, 119, 2, 9, 0, 12)
COLOR 8
LOCATE 3, 60: PRINT "F1:": LOCATE 7, 56: PRINT "ENTER:"
COLOR 2
LOCATE 3, 63: PRINT "Go Back": LOCATE 7, 62: PRINT "Change Graph"
LOCATE 9, 62: PRINT "STATUS"
CALL shadbox(410, 610, 142, 242, 2, 12, 0, 9)
CALL shadbox(412, 610, 280, 338, 2, 12, 0, 9)
LOCATE 10, 54: PRINT "Y-axis : "
LOCATE 11, 54: PRINT "X-axis : "
IF graphtyp = 1 THEN
    LOCATE 13, 54: PRINT "Velocity      :      m/s"
ELSE
    LOCATE 13, 54: PRINT "Velocity      : "
END IF
LOCATE 14, 54: PRINT "Yaw angle      :      Deg"
LOCATE 15, 54: PRINT "Attack angle:      Deg"
REM *****
    renk = 6
    IF graphtyp = 1 THEN GOTO 640 ' single graph mode
    yedek1 = singx 'singx degeri yedekleniyor
REM converting multi-graph mode to single graph mode *****
723 LINE (ax1 + 1, ay1)-(ax2 - 1), 0, BF
    singx = multx
    t = 1
    renk = 2
725 constvel = velstep(t)
REM *****
640 SELECT CASE singx
CASE IS = 1
    xaxistyp$ = "Attack Angle"
    xunit$ = "(Deg)"
    FOR i = 1 TO expno
        xg(i) = af(i)
    NEXT i
CASE IS = 2
    xaxistyp$ = "Yaw Angle"
    xunit$ = "(Deg)"
    FOR i = 1 TO expno
        xg(i) = yw(i)
    NEXT i
CASE IS = 3
    xaxistyp$ = "Tunnel Speed"
    xunit$ = "(m/s)"
    FOR i = 1 TO expno
        xg(i) = vl(i)
    NEXT i
END SELECT
626 COLOR 2
LOCATE 4, 4: PRINT tip$(fmtyp)
LOCATE 5, 3: PRINT "Kg,Kgm"
LOCATE 21, 22: PRINT xunit$
LOCATE 21, 34: PRINT xaxistyp$
COLOR 8
REM obtaining xx() and yy() *****
nxy = 0
FOR i = 1 TO expno
    xx(i) = 0
NEXT i
FOR i = 1 TO expno
    SELECT CASE singx
    CASE IS = 1
        IF yw(i) = constyaw AND vl(i) = constvel THEN

```

```

    FOR P = 1 TO nxy
      IF xg(i) = xx(P) THEN GOTO 711
    NEXT P
    nxy = nxy + 1
    xx(nxy) = xg(i)
    yy(nxy) = fm(i, ftyp)
711  END IF
    CASE IS = 2
    IF af(i) = constalf AND vl(i) = constvel THEN
      FOR P = 1 TO nxy
        IF xg(i) = xx(P) THEN GOTO 712
      NEXT P
      nxy = nxy + 1
      xx(nxy) = xg(i)
      yy(nxy) = fm(i, ftyp)
712  END IF
    CASE IS = 3
    IF af(i) = constalf AND yw(i) = constyaw THEN
      FOR P = 1 TO nxy
        IF xg(i) = xx(P) THEN GOTO 713
      NEXT P
      nxy = nxy + 1
      xx(nxy) = xg(i)
      yy(nxy) = fm(i, ftyp)
713  END IF
    END SELECT
  NEXT i
REM *****
REM error checking about number of nxy *****
error.gp = 0
IF graphtyp = 1 THEN
  IF nxy < 2 THEN
    CALL shadbox(150, 500, 190, 300, 4, 5, 6, 7)
    LINE (170, 230)-(480, 280), 0, BF
    BEEP
    COLOR 8
    LOCATE 14, 35: PRINT "*** Error ***"
    LOCATE 16, 24: PRINT "      Insufficient graph points!"
    LOCATE 17, 24: PRINT "Press any key to restart selection.."
627  a$ = INKEY$: IF a$ = "" THEN GOTO 627
    GOTO 610
  END IF
ELSE
  IF nxy < 2 THEN
    error.gp = -1
    GOTO 625
  END IF
END IF
REM *****
REM xx(nxy) axis is ordered from small to big number *****
IF nxy >= 2 THEN
  CALL reorder(nxy, xx(), yy())
END IF
REM *****

IF renk = 0 THEN renk = renk + 2
CALL drawgrp(graphtyp, nxy, xx(), yy(), renk)

REM for symbol *****
LOCATE 10, 66: PRINT tip$(ftyp)
LOCATE 11, 63: PRINT xaxistyp$
IF graphtyp = 1 THEN LOCATE 13, 68: PRINT constvel
IF graphtyp = 2 THEN LOCATE 13, 68: PRINT "multi"
IF multix = 1 THEN
  LOCATE 14, 68: PRINT "variable"
  LOCATE 15, 69: PRINT constalf
ELSE
  LOCATE 14, 69: PRINT constyaw
  LOCATE 15, 68: PRINT "variable"
END IF

LINE (450, 285)-(450 + 5, 285 + (ay2 - ay1) / 20), 2, B
LINE (450, 286)-(450, 284 + (ay2 - ay1) / 20), 0
LINE (440, 310)-(440 + (ax2 - ax1) / 20, 310 + 5), 2, B
LINE (441, 310 + 5)-(439 + (ax2 - ax1) / 20, 310 + 5), 0
LINE (420, 326)-(460, 326), 3, , &HFF10
COLOR 2
LOCATE 17, 62: PRINT "Legend"
LOCATE 19, 60: PRINT "      (y axis)"
LOCATE 20, 60: PRINT "      (x axis)"
LOCATE 21, 60: PRINT "      : zero axis lines"
COLOR 8
LOCATE 19, 61: PRINT USING "#.###"; (ymax - ymin) / 20
LOCATE 20, 61: PRINT USING "#.###"; (xmax - xmin) / 20
REM *****

```

```

REM do in only multi-graph mode to recycling all graph ****
625 IF graphtyp = 2 THEN
  IF error.gp <> -1 THEN : LINE (270, 22 + t * 16)-(300, 22 + t * 16), renk
  COLOR 2: LOCATE 2 + t, 40: PRINT "u="; constvel; "m/s"
  renk = renk + 3
  t = t + 1
  IF t > nvs THEN GOTO 621      'continue
  GOTO 725
END IF
REM *****

621 'continue

624 KEY 17, CHR$(&H0) + CHR$(&H1C) ' enter
ON KEY(17) GOSUB enter4
ON KEY(1) GOSUB goback1      'F1:go back key
KEY(17) ON
KEY(1) ON
GOTO 624

goback1:
KEY(1) OFF
KEY(17) OFF
singx = yedek1
GOTO 610      'go back menu selection
RETURN

enter4:
fntyp = fntyp + 1
IF fntyp = 6 THEN fntyp = 0
IF graphtyp = 2 THEN GOTO 723
CALL drawgrp(graphtyp, nxy, xx(), yy(), 0)
GOTO 626
RETURN
REM END OF FORCE MOMENTS GRAPHICS *****

620 'continue for coefficients calculate and display
REM *****
REM          CALCULATING AND DISPLAYING COEFFICIENTS
REM *****

REM Opening MODEL.INF file end reading model info *****
OPEN "MODEL.INF" FOR APPEND AS #12
CLOSE #12
OPEN "MODEL.INF" FOR INPUT AS #12
DO WHILE EOF(12) <> -1
  kc = 0
  INPUT #12, gmn$
  IF gmn$ = modname$ THEN
    IF EOF(12) <> -1 THEN INPUT #12, kk1$, ws ELSE GOTO 611
    IF EOF(12) <> -1 THEN INPUT #12, kk1$, RS ELSE GOTO 611
    IF EOF(12) <> -1 THEN INPUT #12, kk1$, veter ELSE GOTO 611
    IF EOF(12) <> -1 THEN INPUT #12, kk1$, acx ELSE GOTO 611
    IF EOF(12) <> -1 THEN INPUT #12, kk1$, mcsn ELSE GOTO 611
    IF EOF(12) <> -1 THEN INPUT #12, kk1$, dvis ELSE GOTO 611
    IF EOF(12) <> -1 THEN INPUT #12, kk1$, rho ELSE GOTO 611
    IF EOF(12) <> -1 THEN INPUT #12, kk1$, g ELSE GOTO 611
    ws = ws / 100: RS = RS / 10000: veter = veter / 100
    acx = acx / 100: mcsn = mcsn / 10000
    kc = kc + 1
    info$ = "okey": error.mp = 0
611 IF kc = 0 THEN info$ = "*** model info not found ***": error.mp = -1
    ELSE
      info$ = "*** model info not found ***": error.mp = -1
    END IF
  LOOP
  IF gmn$ = "" THEN info$ = "***MODEL.INF file not found***": error.mp = -1
  IF ws = 0 OR RS = 0 OR veter = 0 OR acx = 0 THEN error.mp = -1
  IF mcsn = 0 OR dvis = 0 OR rho = 0 OR g = 0 THEN error.mp = -1

  CLOSE #12
REM end of reading *****

606 'again
REM Setting up model info *****
fcontrol = 1
LINE (0, 0)-(639, 479), 0, BF
COLOR 2
LOCATE 1, 23: PRINT "E X P E R I M E N T A N A L Y S I S"
LOCATE 28, 6: PRINT "Written by LEVENT HASANREISOGLU (C) COPYRIGHT, ITU, JANUARY 1994"
LINE (1, 17)-(638, 430), 3, B

CALL shadbox(100, 540, 50, 415, 4, 2, 3, 4)
LINE (120, 75)-(520, 370), 0, BF
CALL shadbox(145, 495, 283, 322, 2, 12, 0, 9)
COLOR 14: LOCATE 20, 23: PRINT "Press F2 to see how measurement done!"

```

```

COLOR 8
LOCATE 5, 32: PRINT " MODEL INFORMATION "
LOCATE 25, 16: PRINT " <CTRL+S>: Save "
LOCATE 25, 34: PRINT " <F2>:Info "
LOCATE 25, 47: PRINT " <ENTER>: Continue "
COLOR 2
LOCATE 22, 22: PRINT " (Press <ARROW KEYS> to change selection)"
LOCATE 23, 22: PRINT " (Press <SPACEBAR> to enter a new value)"
COLOR 8
IF error.mp = -1 THEN
  LOCATE 8, 20: PRINT "INFORMATION : "; info$
END IF
COLOR 2: LOCATE 7, 24: PRINT "MODEL NAME : "
COLOR 8
LOCATE 9, 17: PRINT "□": LOCATE 9, 65: PRINT CHR$(17): ap = 1
615 COLOR 2
LOCATE 9, 19: PRINT "Wing span (2s).....(cm): "
LOCATE 10, 19: PRINT "Reference area of model (S)..(cm²): "
LOCATE 11, 19: PRINT "Chord of airfoil (c).....(cm): "
LOCATE 12, 19: PRINT "Distance of aerodynamic center(cm): "
LOCATE 13, 19: PRINT "Max. cross-section of model..(cm²): "
LOCATE 15, 19: PRINT "Dynamic viscosity (μ).....(kg/ms): "
LOCATE 16, 19: PRINT "Air density.....(kg/m3): "
LOCATE 17, 19: PRINT "Gravitational acceleration..(m/s²): "
COLOR 8
LOCATE 7, 37: PRINT modname$
LOCATE 9, 54: PRINT ws * 100
LOCATE 10, 54: PRINT RS * 10000
LOCATE 11, 54: PRINT veter * 100
LOCATE 12, 54: PRINT acx * 100
LOCATE 13, 54: PRINT mcsn * 10000
LOCATE 15, 54: PRINT dvis
LOCATE 16, 54: PRINT rho
LOCATE 17, 54: PRINT g

KEY 23, CHR$(128) + CHR$(72) ' up arrow(keypad)
KEY 24, CHR$(128) + CHR$(80) ' down arrow(keypad)
KEY 15, CHR$(&H0) + CHR$(&H39) ' spacebar
KEY 18, CHR$(&H4) + CHR$(&H1F) ' ctrl+s
KEY 17, CHR$(&H0) + CHR$(&H1C) ' enter key

ON KEY(23) GOSUB uparrow2
ON KEY(24) GOSUB downarrow2
ON KEY(15) GOSUB spacebar4
ON KEY(18) GOSUB save
ON KEY(17) GOSUB enter5
ON KEY(1) GOSUB previous1
ON KEY(2) GOSUB info

603 KEY(23) ON
KEY(24) ON
KEY(15) ON
KEY(17) ON
KEY(18) ON
KEY(1) ON
KEY(2) ON
GOTO 603

uparrow2:
IF ap > 1 THEN
  LOCATE 8 + ap, 17: PRINT " ": LOCATE 8 + ap, 65: PRINT " "
  ap = ap - 1
  IF ap = 6 THEN ap = ap - 1
  LOCATE 8 + ap, 17: PRINT "□": LOCATE 8 + ap, 65: PRINT CHR$(17)
END IF
RETURN

downarrow2:
IF ap < 9 THEN
  LOCATE 8 + ap, 17: PRINT " ": LOCATE 8 + ap, 65: PRINT " "
  ap = ap + 1
  IF ap = 6 THEN ap = ap + 1
  LOCATE 8 + ap, 17: PRINT "□": LOCATE 8 + ap, 65: PRINT CHR$(17)
END IF
RETURN

spacebar4:
KEY(23) OFF: KEY(24) OFF: KEY(18) OFF: KEY(17) OFF: KEY(15) OFF
LOCATE 8 + ap, 17: PRINT " ": LOCATE 8 + ap, 65: PRINT " "
LOCATE 8 + ap, 54: PRINT " "
SELECT CASE ap
CASE IS = 1
  LOCATE 8 + ap, 55: INPUT "", qx
  IF qx > 0 THEN ws = qx / 100
CASE IS = 2
  LOCATE 8 + ap, 55: INPUT "", qx
  IF qx > 0 THEN RS = qx / 10000
CASE IS = 3

```

```

LOCATE 8 + ap, 55: INPUT "", qx
IF qx > 0 THEN veter = qx / 100
CASE IS = 4
LOCATE 8 + ap, 55: INPUT "", qx
IF qx > 0 THEN acx = qx / 100
CASE IS = 5
LOCATE 8 + ap, 55: INPUT "", qx
IF qx > 0 THEN mcsm = qx / 10000
CASE IS = 7
LOCATE 8 + ap, 55: INPUT "", qx
IF qx > 0 THEN dvis = qx
CASE IS = 8
LOCATE 8 + ap, 55: INPUT "", qx
IF qx > 0 THEN rho = qx
CASE IS = 9
LOCATE 8 + ap, 55: INPUT "", qx
IF qx > 0 THEN g = qx
END SELECT
KEY(23) ON: KEY(24) ON: KEY(18) ON: KEY(17) ON: KEY(15) ON
LOCATE 8 + ap, 17: PRINT "□": LOCATE 8 + ap, 65: PRINT CHR$(17)
GOTO 615 'refresh and continue
RETURN

save:
error.mp = 0
IF ws = 0 OR RS = 0 OR veter = 0 OR acx = 0 THEN error.mp = -1
IF mcsm = 0 OR dvis = 0 OR rho = 0 OR g = 0 THEN error.mp = -1
IF error.mp <> -1 THEN
OPEN "MODEL.INF" FOR APPEND AS #12
PRINT #12, modname$
WRITE #12, "Wing span (2s).....(cm)=", ws * 100
WRITE #12, "Reference area of model (S).....(cm²)=", RS * 10000
WRITE #12, "Chord of airfoil (c).....(cm)=", veter * 100
WRITE #12, "Distance of aerodynamic center...(cm)=", acx * 100
WRITE #12, "Max. cross-section of model.....(cm²)=", mcsm * 10000
WRITE #12, "Dynamic viscosity (μ).....(kg/ms)=", dvis
WRITE #12, "Air density.....(kg/m³)=", rho
WRITE #12, "Gravitational acceleration.....(m/s²)=", g
CLOSE #12
COLOR 0: LOCATE 8, 17: PRINT SPC(48); : COLOR 8
GOTO 615
ELSE
GOSUB enter5
END IF
RETURN

enter5:
KEY(23) OFF
KEY(24) OFF
KEY(15) OFF
KEY(17) OFF
KEY(18) OFF
CALL shadbox(145, 495, 283, 322, 2, 12, 0, 9)
error.mp = 0
IF ws = 0 OR RS = 0 OR veter = 0 OR acx = 0 THEN error.mp = -1
IF mcsm = 0 OR dvis = 0 OR rho = 0 OR g = 0 THEN error.mp = -1
IF error.mp = -1 THEN
CALL shadbox(150, 500, 230, 310, 4, 5, 6, 7)
LINE (170, 250)-(480, 290), 0, BF
COLOR 8
LOCATE 17, 36: PRINT "****Error****"
BEEP: LOCATE 18, 23: PRINT "Model parameters are not properly set!"
616 a$ = INKEY$: IF a$ = "" THEN GOTO 616
GOTO 606 'go new setting from keyboard
END IF

COLOR 2
LOCATE 19, 20: PRINT "For the calculations of coefficients : "
COLOR 8: LOCATE 20, 20: PRINT "Constant yaw value (0.0) : "
LOCATE 20, 46: INPUT "", constyaw
IF constyaw = 0 THEN LOCATE 20, 46: PRINT constyaw
LOCATE 20, 20: PRINT "Number of velocity steps (<15):": LOCATE 20, 51: INPUT "", nvs
IF nvs = 0 THEN nvs = 1
IF nvs >= 16 THEN nvs = 15
FOR t = 1 TO nvs
LOCATE 20, 20: PRINT "Velocity value for step"; t; " "
LOCATE 20, 47: INPUT "", velstep(t)
NEXT t
GOTO 645 'go out from this cycle and calculate coeff.
RETURN

REM End of model info *****
645 'continue
arrowsel = 1: graphtyp = 1: graphyaxis = 1: block = 2
REM user graph selection *****
650 fcontrol = 2
CALL shadbox(140, 505, 115, 325, 4, 2, 3, 4)

```

```

LINE (158, 140)-(486, 275), 0, BF
LOCATE 9, 30: PRINT " GRAPH TYPE SELECTION "
COLOR 2
LOCATE 10, 24: PRINT "Graph type mode:"
LOCATE 13, 24: PRINT "Graph Y-AXIS selection:"
LOCATE 16, 24: PRINT "Blockage Effects:"
CALL shadbox(288, 352, 282, 309, 2, 2, 3, 4)
LOCATE 19, 39: PRINT " OK "
COLOR 8
LOCATE 11, 24: PRINT "[ ]Single graph      [ ]Multi graph"
LOCATE 12, 42: PRINT "(According to vel.)"
LOCATE 14, 24: PRINT "[ ]CL,CD,CM,POLAR  [ ]Xcp (Center of"
LOCATE 15, 52: PRINT "pressure)"
LOCATE 17, 24: PRINT "[ ]On          [ ]Off"
COLOR 8: LOCATE 10 + (arrowsel - 1) * 3, 22: PRINT "□"
COLOR 11
LOCATE 11, 25 + (graphtyp - 1) * 20: PRINT " _"
LOCATE 14, 25 + (graphyaxis - 1) * 20: PRINT " _"
LOCATE 17, 25 + (block - 1) * 20: PRINT " _"

KEY 23, CHR$(128) + CHR$(72)      ' up arrow(keypad)
KEY 24, CHR$(128) + CHR$(80)      ' down arrow(keypad)
KEY 15, CHR$(&H0) + CHR$(&H39)    ' spacebar
KEY 17, CHR$(&H0) + CHR$(&H1C)    ' enter key

670  ON KEY(23) GOSUB uparrow5
      ON KEY(24) GOSUB downarrow5
      ON KEY(15) GOSUB spacebar5
      ON KEY(17) GOSUB enter6
      ON KEY(1) GOSUB goback5
      ON KEY(2) GOSUB info

      KEY(23) ON
      KEY(24) ON
      KEY(15) ON
      KEY(17) ON
      KEY(1) ON
      KEY(2) ON
      GOTO 670

uparrow5:
COLOR 8
IF arrowsel >= 2 THEN
  LOCATE 10 + (arrowsel - 1) * 3, 22: PRINT " "
  arrowsel = arrowsel - 1
  LOCATE 10 + (arrowsel - 1) * 3, 22: PRINT "□"
END IF
RETURN

downarrow5:
COLOR 8
IF arrowsel <= 2 THEN
  LOCATE 10 + (arrowsel - 1) * 3, 22: PRINT " "
  arrowsel = arrowsel + 1
  LOCATE 10 + (arrowsel - 1) * 3, 22: PRINT "□"
END IF
RETURN

spacebar5:
COLOR 11
SELECT CASE arrowsel
CASE IS = 1
  LOCATE 11, 25 + (graphtyp - 1) * 20: PRINT " _"
  graphtyp = graphtyp + 1
  IF graphtyp > 2 THEN graphtyp = 1
  LOCATE 11, 25 + (graphtyp - 1) * 20: PRINT " _"
CASE IS = 2
  LOCATE 14, 25 + (graphyaxis - 1) * 20: PRINT " _"
  graphyaxis = graphyaxis + 1
  IF graphyaxis > 2 THEN graphyaxis = 1
  LOCATE 14, 25 + (graphyaxis - 1) * 20: PRINT " _"
CASE IS = 3
  LOCATE 17, 25 + (block - 1) * 20: PRINT " _"
  block = block + 1
  IF block > 2 THEN block = 1
  LOCATE 17, 25 + (block - 1) * 20: PRINT " _"
END SELECT
RETURN

enter6:
KEY(23) OFF
KEY(24) OFF
KEY(15) OFF
KEY(17) OFF
KEY(1) OFF
KEY(2) OFF

IF graphtyp = 2 THEN

```

```

CALL shadbox(288, 352, 282, 309, 2, 4, 3, 2)
COLOR 2: LOCATE 19, 39: PRINT " OK ": FOR i = 1 TO 5000: NEXT i
CALL shadbox(260, 382, 282, 309, 2, 12, 0, 9): FOR i = 1 TO 5000: NEXT i
CALL shadbox(230, 412, 282, 309, 2, 12, 0, 9): FOR i = 1 TO 5000: NEXT i
CALL shadbox(200, 442, 282, 309, 2, 12, 0, 9): FOR i = 1 TO 5000: NEXT i
CALL shadbox(178, 465, 282, 309, 2, 12, 0, 9)
COLOR 8
LOCATE 19, 25: PRINT "Y axis scaling factor (2.0): "
LOCATE 19, 53: INPUT "", yscal: IF yscal = 0 THEN yscal = 2
LOCATE 19, 25: PRINT "X axis scaling factor (±20)": "
LOCATE 19, 54: INPUT "", xscal: IF xscal = 0 THEN xscal = 20
ELSE
CALL shadbox(288, 352, 282, 309, 2, 4, 3, 2)
COLOR 2: LOCATE 19, 39: PRINT " OK "
END IF

OPEN "BLOCKAGE.SET" FOR INPUT AS #50
INPUT #50, kk50$, atick: atick = atick / 1000
INPUT #50, kk50$, mlen: mlen = mlen / 100
INPUT #50, kk50$, mtick: mtick = mtick / 100
INPUT #50, kk50$, mvol: mvol = mvol / 1000000
INPUT #50, kk50$, btest, htest: btest = btest / 100: htest = htest / 100
INPUT #50, kk50$, Tpar
INPUT #50, kk50$, wlamd, blamd
CLOSE #50

IF block = 1 THEN
blockage$ = "On"
CALL shadbox(20, 380, 95, 350, 3, 14, 13, 12)
LINE (35, 125)-(365, 300), 0, BF
COLOR 8: LOCATE 8, 17: PRINT " BLOCKAGE SETTINGS "
COLOR 2
LOCATE 10, 6: PRINT "Airfoil thickness.....(mm):"; atick * 1000
LOCATE 11, 6: PRINT "Model lenght.....(cm):"; mlen * 100
LOCATE 12, 6: PRINT "Model thickness.....(cm):"; mtick * 100
LOCATE 13, 6: PRINT "Model volume.....(cm3):"; USING "###.###"; mvol * 1000000
LOCATE 14, 6: PRINT "Test section b,h.....(cm):"; btest * 100; "X"; htest * 100
LOCATE 15, 6: PRINT "T parameter....."; Tpar
LOCATE 16, 6: PRINT "Lambda param. wing & body..."; wlamd; "&"; blamd
LOCATE 18, 7: PRINT "Input file: BLOCKAGE.SET"
CALL shadbox(171, 232, 312, 341, 2, 14, 13, 12)
COLOR 14: LOCATE 21, 24: PRINT " OK "
SLEEP
CALL shadbox(171, 232, 312, 341, 2, 12, 13, 14)
LOCATE 21, 24: PRINT " OK ": FOR i = 1 TO 10000: NEXT i
ELSE
blockage$ = "Off"
END IF

GOTO 675 'continue
RETURN

goback5:
KEY(23) OFF
KEY(24) OFF
KEY(15) OFF
KEY(17) OFF
KEY(1) OFF
GOTO 606 'previous menu
RETURN
REM end of user graph selection *****

675 'continue
REM obtaining the coefficients from forces and moments *****
REM obtaining cof(30,3,15) according to constant yaw and velstep
FOR k = 1 TO nvS 'according to velocity step
FOR j = 1 TO 3 'according to CL,CD,CM

IF j = 1 THEN tip = 4
IF j = 2 THEN tip = 2
IF j = 3 THEN tip = 1
nxy = 0
FOR i = 1 TO expno
IF yw(i) = constyaw AND vl(i) = velstep(k) THEN
FOR ii = 1 TO nxy
IF af(ii) = alf(ii, k) THEN GOTO 850
NEXT ii
nxy = nxy + 1
alf(nxy, k) = af(i)
IF j = 3 THEN
Xop(nxy, k) = (-fm(i, 1) * 9.81) / (fm(i, 4) * 9.81) + 1 / 3 * veter
Xop(nxy, k) = Xop(nxy, k) / veter
REM kl = ABS(Xop(nxy, k) * veter - 1 / 3 * veter)
kl = veter
ELSE
kl = 1
END IF
cof(nxy, j, k) = 2 * fm(i, tip) * 9.81 / (rho * vl(i) ^ 2 * RS * kl)

```

```

850     END IF
      NEXT i

      NEXT j
      nxyk(k) = nxy
    NEXT k
  REM end of calculating *****

  REM reordering coefficients *****
  FOR k = 1 TO nvs

    FOR j = 1 TO 3
      IF nxyk(k) < 2 THEN GOTO 765
      FOR i = 1 TO nxyk(k)
        xx(i) = alf(i, k)
        yy(i) = cof(i, j, k)
      NEXT i
      CALL reorder(nxyk(k), xx(), yy())
      FOR i = 1 TO nxyk(k)
        alfo(i, k) = xx(i)
        cofo(i, j, k) = yy(i)
      NEXT i
    765 NEXT j

    IF nxyk(k) < 2 THEN GOTO 766
    FOR i = 1 TO nxyk(k)
      xx(i) = alf(i, k)
      yy(i) = Xcp(i, k)
    NEXT i
    CALL reorder(nxyk(k), xx(), yy())
    FOR i = 1 TO nxyk(k)
      alfo(i, k) = xx(i)
      xcpo(i, k) = yy(i)
    NEXT i

  766 NEXT k
  REM end of reordering processing *****

  REM calculating of blockage factors *****
  IF block = 1 AND graphyaxis = 1 THEN
    FOR k = 1 TO nvs
      FOR i = 1 TO nxyk(k)
        a1 = cofo(i, 1, k)
        IF a1 > 0 THEN GOTO 911
      NEXT i
    911 a2 = cofo(i - 1, 1, k)
        b1 = cofo(i, 2, k)
        b2 = cofo(i - 1, 2, k)
        c1 = alfo(i, k)
        c2 = alfo(i - 1, k)
        cd0 = b1 - (a1 * (b1 - b2)) / (a1 - a2)
        alfa0 = c1 - (a1 * (c1 - c2)) / (a1 - a2)

        FOR j = 1 TO 3
          pi = 3.141592654#
          a = 324
          Mach = velstep(k) / a
          fin = mlen / mtick
          pto = (2 * Tpar) / SQR(pi)
          beta = SQR(1 - Mach ^ 2)
          Gparw = 1 + 1.2 * beta * (atick / veter)
          Gparb = 1 + .4 * beta / fin
          wvol = ws * veter * atick * .75

          es2w = Tpar * (1 / (btest * htest)) ^ (3 / 2) * wvol * Gparw / beta ^ 3
          es2b = Tpar * (1 / (btest * htest)) ^ (3 / 2) * (mvol - wvol) * Gparb / beta ^ 3
          es2 = es2w + es2b

          ew2 = .25 * RS / (btest * htest) * (1 + .4 * Mach ^ 2) / beta ^ 2 * cd0
          tot = 0
          FOR i = 1 TO nxyk(k)
            teta = alfo(i, k) * 2 * pi / 360
            amw = ws * atick * ABS(COS(teta)) + ABS(RS * SIN(teta))
            amb = amw / 2
            es1w = pto * (amw / (btest * htest)) ^ (3 / 2) * wlamd / beta ^ 3
            es1b = pto * (amb / (btest * htest)) ^ (3 / 2) * blamd / beta ^ 3
            es1(i) = es1w + es1b
            REM ew1 = .25 * RS / (btest * htest) * (1 + .4 * Mach ^ 2) / beta ^ 2 * cofo(i, 2, k)
            eb(i) = ew2 + es1(i)
            tot = tot + eb(i)
          NEXT i
          REM eba(k) = ew2 + es2
          eba(k) = tot / nxyk(k)

          FOR i = 1 TO nxyk(k)
            IF j <> 2 THEN

```

```

      cofo(i, j, k) = cofo(i, j, k) - (2 - Mach ^ 2) * cofo(i, j, k) * eb(i)
    ELSE
      cofo(i, 2, k) = cofo(i, 2, k) - (1 + .4 * Mach ^ 2) * es1(i) * cd0 - (2 - Mach ^ 2) *
eb(i) * cofo(i, 2, k)
    END IF
  NEXT i

```

```

NEXT j
NEXT k
END IF

```

REM end of calculating blockage factors *****

```

k = 1
j = 1
rank2 = 2
REM display screen preparing *****
840 CALL display
CALL shadbox(417, 492, 24, 53, 2, 9, 0, 12)
CALL shadbox(494, 600, 24, 53, 2, 9, 0, 12)
CALL shadbox(417, 600, 56, 87, 2, 9, 0, 12)
CALL shadbox(417, 600, 88, 119, 2, 9, 0, 12)
COLOR 8: LOCATE 3, 54: PRINT "F1:": LOCATE 3, 64: PRINT "CTRL+S:"
COLOR 2: LOCATE 3, 57: PRINT "Back": LOCATE 3, 71: PRINT "Save"
IF graphyaxis = 1 THEN
  COLOR 8: LOCATE 5, 54: PRINT "ENTER:"
  COLOR 2: LOCATE 5, 60: PRINT "Select CL,CD,CM"
END IF
IF graphtyp = 1 THEN
  COLOR 8: LOCATE 7, 54: PRINT "SPACE:"
  COLOR 2: LOCATE 7, 60: PRINT "Change Velocity"
END IF
COLOR 2: LOCATE 9, 62: PRINT "STATUS"
CALL shadbox(410, 610, 142, 210, 2, 12, 0, 9)
LOCATE 10, 54: PRINT "Y-axis      :"
LOCATE 11, 54: PRINT "X-axis      :"
IF graphtyp = 1 THEN
  LOCATE 12, 54: PRINT "Velocity      :          m/s"
ELSE
  LOCATE 12, 54: PRINT "Velocity      :"
END IF
LOCATE 13, 54: PRINT "Yaw angle      :          Deg"

CALL shadbox(410, 610, 220, 340, 2, 12, 0, 9)
LOCATE 15, 54: PRINT "Re(body)      :"
LOCATE 16, 54: PRINT "Re(wing)      :"
LOCATE 17, 54: PRINT "M(Mach N.):"
LOCATE 18, 54: PRINT "Blockage Factor Ratio"
LOCATE 19, 54: PRINT "(% of Tunnel S.):"
LOCATE 20, 54: PRINT "Blockage Effects:"
LOCATE 21, 54: PRINT "Block. Fact (_b):"
REM *****

```

REM error checking about number of nxy *****

```

860 error_gp = 0
SELECT CASE graphtyp
CASE IS = 1
  IF nxyk(k) < 2 THEN
    CALL shadbox(150, 500, 190, 300, 4, 5, 6, 7)
    LINE (170, 230)-(480, 280), 0, BF
    BEEP
    COLOR 8
    LOCATE 14, 35: PRINT "*** Error ***"
    LOCATE 16, 24: PRINT "Insufficient graph points at vel="; velstep(k)
    LOCATE 17, 24: PRINT "Press SPACEBAR to change velocity..."
    error_gp = -1
    GOTO 940
  END IF
CASE IS = 2
  IF nxyk(k) < 2 THEN
    error_gp = -1
    GOTO 930
  END IF
END SELECT
REM *****

```

REM Cd0 and alfa(CL=0) are calc.*****

```

IF graphtyp = 1 THEN
  FOR i = 1 TO nxyk(k)
    a1 = cofo(i, 1, k)
    IF a1 > 0 THEN GOTO 921
  NEXT i
921 a2 = cofo(i - 1, 1, k)
    b1 = cofo(i, 2, k)
    b2 = cofo(i - 1, 2, k)
    c1 = alfo(i, k)

```

```

INPUT #10, kk3$
IF kk3$ = "EXPERIMENT NAME : " THEN
  INPUT #10, kk4$
  IF kk4$ = expname$ THEN
    LINE INPUT #10, kk5$
    INPUT #10, kk5$, dated$
    INPUT #10, kk5$, timed$
    INPUT #10, kk5$, t
    INPUT #10, kk5$, p
    LINE INPUT #10, bosluk$
    INPUT #10, kk6$
    IF kk6$ = "Experiment no : " THEN
      INPUT #10, expno
      IF expno <> ensayac THEN
        GOTO 677
      END IF
      INPUT #10, kk5$, af(expno)
      INPUT #10, kk5$, yw(expno)
      INPUT #10, kk5$, vl(expno)
      LINE INPUT #10, kk5$
      LINE INPUT #10, kk5$
      LINE INPUT #10, kk5$
      INPUT #10, fm(expno, 0), fm(expno, 1), fm(expno, 2), fm(expno, 3), fm(expno, 4),
660 fm(expno, 5)
      INPUT #10, kk6$
      IF kk6$ = "Experiment no : " THEN
        ensayac = ensayac + 1
        GOTO 660
      ELSE
        IF kk6$ = "End of experiment" THEN INPUT #10, kk7
        IF kk7 <> expno THEN GOTO 677 'error
      END IF
      GOTO 680 'end of reading
    ELSE
      GOTO 677
    END IF
  END IF
END IF
END IF
END IF
END IF

LOOP

GOTO 680
REM *****
677 CALL shadbox(160, 490, 180, 270, 4, 5, 6, 7)
  LINE (185, 205)-(465, 245), 0, BF
  LOCATE 14, 32: PRINT "***Reading Error***"
  LOCATE 15, 26: PRINT "Unrecognize line in WINTUNEL.EXP"
  BEEP
  error.read% = -1
REM *****

680 CLOSE #10
END SUB

'***** A SUB-ROUTINE THAT MAKE YOUR PALETTE THE CURRENT PALETTE *****
' Thus you can use 63*63*63=250047 total color in a palette that contains
' only 16 color at a time.
' Example:
' PALETTE number, 65536 * blue + 256 * green + red
' Blue, green and red values can change from 0 to 63.
' Palette 0 is background color.
' This sub-routine make the current palette "shading" or "real" palette
' according to a$

SUB renkpalet (a$)

SELECT CASE a$
CASE "shading"
  PALETTE 0, 65536 * 0 + 256 * 0 + 0
  PALETTE 0, 65536 * 20 + 256 * 14 + 9
  PALETTE 1, 65536 * 15 + 256 * 45 + 10
  PALETTE 2, 65536 * 13 + 256 * 30 + 9
  PALETTE 3, 65536 * 11 + 256 * 22 + 6
  PALETTE 4, 65536 * 9 + 256 * 14 + 4
  PALETTE 5, 65536 * 9 + 256 * 8 + 57
  PALETTE 6, 65536 * 11 + 256 * 10 + 38
  PALETTE 7, 65536 * 13 + 256 * 11 + 26
  PALETTE 8, 65536 * 35 + 256 * 34 + 20
  PALETTE 9, 65536 * 27 + 256 * 20 + 12
  PALETTE 10, 65536 * 13 + 256 * 15 + 25
  PALETTE 11, 65536 * 30 + 256 * 42 + 47
  PALETTE 12, 65536 * 15 + 256 * 12 + 6
  PALETTE 13, 65536 * 20 + 256 * 20 + 20
  PALETTE 14, 65536 * 27 + 256 * 27 + 27
  PALETTE 15, 65536 * 45 + 256 * 45 + 40
  siyah
  mavi fon
  ' en açık yeşil
  yeşil
  koyu yeşil
  daha koyu yeşil
  açık kırmızı
  kırmızı
  koyukırmızı
  açık mavi
  mavi
  koyu bej
  sarı
  koyu fon
  kursuni
  gri
  açık gri

```

```

CASE "real"
  PALETTE
END SELECT

END SUB

'*****
' rem A sub-routine that re-order an group of variable arrays from to small
' to big number
' tot : number of elements
' xxg() : variable arrays to be re-ordered
' yyg() : the other one to be re-ordered
' gxx() : re-ordered variables array
'*****
SUB reorder (tot, xx(), yy())
  REDIM gxx(60), gyy(60)

  m = 1: n = tot

683  P = 1
  FOR i = 1 TO tot
    IF i <> kn THEN
      xx(P) = xx(i)
      yy(P) = yy(i)
      P = P + 1
    END IF
  NEXT i

  CALL maxmin(n, xx(), mx, mn)

  FOR i = 1 TO n
    IF xx(i) = mn THEN
      kn = i
      GOTO 674
    END IF
  NEXT i

674  gxx(m) = xx(kn)
  gyy(m) = yy(kn)
  m = m + 1
  n = n - 1
  IF m = tot + 1 THEN GOTO 678
  GOTO 683

678  FOR i = 1 TO tot
    xx(i) = gxx(i)
    yy(i) = gyy(i)
  NEXT i

  ERASE gxx, gyy
  REDIM gxx(1), gyy(1)

END SUB

' The subroutine that makes the shaded box *****
' (x1,y1)-(x2,y2) : the coordinates of outhter box
' d : offset distance for inner box from outhter box
' r1,r2,r3 : color of shaded box, order of light color,
' inside color and dark color
'*****
' Shaded Box Examples and their values (light color, color, dark color):
' 1- Light green, green, dark green(
' 2- Light red, red, dark red(
' 3- Light gray, gray, dark grey(
'
SUB shadbox (x1, x2, y1, y2, d, r1, r2, r3)

  xd1 = x1 + d
  yd1 = y1 + d
  xd2 = x2 - d
  yd2 = y2 - d

  LINE (x1, y1)-(x2, y2), r3, BF
  LINE (xd1, yd1)-(xd2, yd2), r2, BF

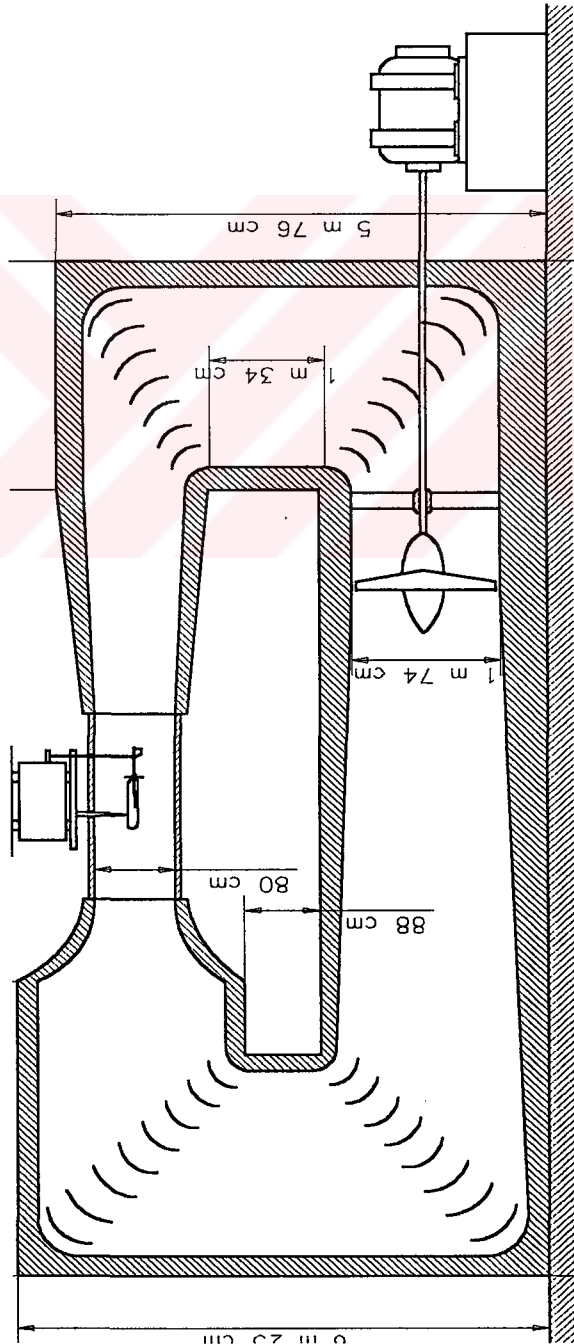
  LINE (x1, y2 - 1)-(x1, y1), r1
  LINE (x1, y1)-(x2 - 1, y1), r1
  LINE (x2 - 1, y1)-(xd2, yd1 - 1), r1
  LINE (xd2 - 1, yd1 - 1)-(xd1 - 1, yd1 - 1), r1
  LINE (xd1 - 1, yd1 - 1)-(xd1 - 1, yd2), r1
  LINE (xd1 - 1, yd2)-(x1, y2 - 1), r1
  IF d > 2 THEN
    PAINT (x1 + 1, y1 + 1), r1
  END IF
  LINE (x1, y1)-(xd1, yd1), r2

END SUB

```

EK F GÜMÜŞSUYU RÜZGAR TÜNELİ

Gümüşsuyu rüzgar tüneli, subsonik akımlar için dizayn edilmiş, kapalı devre, dikdörtgen kesitli bir rüzgar tünelidir. Deney odasının ölçüleri, yükseklik 80 cm. en 110 cm. ve derinlik 162 cm. şeklindedir. Kollektöre ait daralma oranı 8' dir. Deney odasındaki akım hızı 7m/s' den 40 m/sn' ye kadar değiştirilebilir. Aşağıdaki şekilde rüzgar tüneline ait bir kesit görülmektedir.



Şekil E.1 Gümüşsuyu kapalı devre, dikdörtgen kesitli rüzgar tünelinin yan kesit görünüşü. (Ölçek:1/90)

ÖZGEÇMİŞ

1971 yılında Rize' nin Fındıklı ilçesinde doğdu. İlk ve orta öğrenimini Fındıklı' da yaptı. 1987 yılında Fındıklı Lisesi' nden okul birincisi olarak mezun oldu ve aynı yıl İTÜ Uçak Mühendisliği Bölümünü kazandı. Dört sene sonra mezun olup aynı bölümde yüksek lisansa başladı. CFD, Viscous Flow, Optimization Techniques ve CAD/CAM ve benzeri dersler aldı. Master Tezi hazırlama aşamasında özel bir şirkette CAD/CAM üzerinde çalışmaya başladı. Yabancı lisan olarak İngilizce bilmektedir.

İTÜ UÇAK MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
YÜKSEK ÖĞRETİM KURULU
T.C. YÜKSEK ÖĞRETİM KURULU
BÖLÜM BAŞKANLIĞI