

2255

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MARMARA BÖLGESİNDE
YERE YAKIN HAVA TABAKALARINDAKİ
REFRAKSİYON KATSAYISININ ARAŞTIRILMASI

(DOKTORA TEZİ)

Yük. Müh. Ünal ÖĞÜN

Tezin Fen Bilimleri Ens. Verildiği Tarih : 11 Temmuz 1984
Tezin Savunulduğu Tarih : 22 Kasım 1984

Doktorayı Yöneten Öğretim Üyesi : Prof. M.Gündoğdu ÖZGEN
Diğer Jüri Üyeleri : Prof.Dr. Ahmet AKSOY
: Doç.Dr. Orhan BAYKAL

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
İNŞAAT FAKÜLTESİ MATBAASI
1984

T. C.
Yükseköğretim Kurulu
Dokümantasyon Merkezi

İÇİNDEKİLER

ÖZET

SUMMARY

SEMBOLLER

I.BÖLÜM: TRİGONOMETRİK NİVELMANIN TEMEL İLKELERİ

1.1. Trigonometrik nivelman

1.1.1. Yer küreselliğinin trigonometrik nivelmana etkisi

1.1.2. Düşey refraksiyonun trigonometrik nivelmana etkisi

II.BÖLÜM: IŞIK DALGALARININ ATMOSFERDE YAYILMASI

2.1. Genel

2.2. Atmosfer

2.3. Atmosferde sıcaklık dağılımı

2.4. Sıcaklığın yükseklikle değişimi-Düşey temperatur gradyenti

2.4.1. Yeryüzüne yakın hava tabakalarının yapısı

2.4.2. Zamanın ve yüksekliğin fonksiyonu olarak atmosfer sıcaklığının değişmesi

2.5 Düşey temperatur gradyentinin belirlenmesi için yapılan çalışmalardan bazıları

2.5.1. J.J.LEVALLOIS' ın çalışması

2.5.2. P.V.ANGUS LEPPAN' ın çalışması

2.5.3. K.BROCKS' un çalışması

2.5.4. T.J.KUKKAMAEBKI' nin çalışması

- 2.6. Işıık yolunun eğriliği
- 2.7. Lokal refraksiyon katsayısı

III.BÖLÜM: YERSEL REFRAKSİYON TEORİ VE FORMÜLLERİ

- 3.1. BIOT-BOUGER teorisi
- 3.2. Yersel refraksiyonun temel formülü
- 3.3. H.M.DUFOUR refraksiyon formülü
- 3.4. JORDAN refraksiyon formülü

IV.BÖLÜM: DENEYSEL YOLDAN REFRAKSİYON KATSAYISININ BELİRLENMESİ

- 4.1. Uygulama bölgesi ve yöntem seçimi
 - 4.1.1. Ölçmelerin yapılması
 - 4.1.2. Matematik modelin seçimi
 - 4.1.3. Ulaşılan açı ölçme presizyonu
- 4.2. Seçilen yöntem ve ölçme düzenine göre refraksiyon katsayısının, umulan presizyonunun araştırılması
 - 4.2.1. Yükseklik farkının karesel ortalama hatası
 - 4.2.2. Uzaklık ölçmesinin karesel ortalama hatası
 - 4.2.3. Eğrilik yarıçapı hatası
- 4.3. k refraksiyon katsayısının günlük değişimi
- 4.4. Sonuçların istatistik analizi
 - 4.4.1. Farklı günlerdeki refraksiyon katsayıları arasındaki korelasyon
 - 4.4.2. Aynı gün içindeki refraksiyon katsayıları arasındaki korelasyon
- 4.5. Sonuçlar ve öneriler

ÖZET

Noktalar arasındaki yükseklik farklarını belirleme yöntemlerine genel olarak nivelman denir. En çok kullanılan nivelman yöntemlerinden biri de trigonometrik nivelmandır. Jeodezide kullanma alanı bulunan tüm ölçme yöntemlerinde olduğu gibi trigonometrik nivelmanda da ölçme sonuçlarını etkileyen birçok düzenli hata kaynağı söz konusu olmaktadır. Bu hata kaynaklarının en önemlilerinden biri de düşey refraksiyondur.

Düşey refraksiyonun etkisi global olarak meteorolojik koşullara dolayısıyla iklime, ölçme bölgesinin topoğrafyasına ve bitki örtüsüne bağlı olarak değişmektedir.

Düşey refraksiyonunun etkisi jeodezide refraksiyon katsayısı ile ifade edilir ve halen Türkiyede, Orta Avrupa için verilen $k = 0.13$ değeri kullanılmaktadır. Refraksiyonun etkisinin geniş anlamda iklim koşullarına ve bölgelere bağlı olarak değiştiği gözönüne alınırsa, refraksiyon katsayısının belirlenmesinde iklim koşulları farklı bölgelerin ayrı ayrı düşünülmesi en doğru yol olacaktır.

Bu çalışmada Marmara bölgesinde yere yakın hava tabakalarından geçen ışık ışınları ile yapılan trigonometrik nivelmandaki düşey refraksiyonun etkisi araştırılmıştır.

Çalışmanın I. bölümünde trigonometrik nivelmanın genel prensibi ve düşey refraksiyonun etkisi incelenmiştir.

II. bölümde düşey refraksiyon katsayısına etki eden faktörler tek tek incelenmiş ve düşey sıcaklık gradyentinin en önemli faktör olduğu açıklanmıştır. Düşey sıcaklık gradyentinin belirlenmesi için bugüne kadar yapılan çalışmalar özetlenmiştir.

III. bölümde düşey refraksiyon katsayısının belirlenmesine yönelik çalışmalar ele alınmıştır. Düşey sıcaklık gradyentine bağlı matematik modellerle düşey refraksiyon katsayısını gerçekçi ve pratik olarak belirlenemeyeceği sonucuna varılmıştır. Bu durumda karşılıklı ve aynı anda gözleme yöntemi (BIOT-BOUGER TEORİSİ) ve bilinen nokta yüksekliklerinden refraksiyon katsayısının türetilmesi yönteminin en uygun iki çözüm yolu olduğu belirlenmiştir.

IV. bölüm, seçilen iki test bölgesinde, bilinen nokta yüksekliklerinden refraksiyon katsayısının türetilmesi yöntemine ait uygulamaları kapsamaktadır. Bu test bölgesinde, arazide tesis edilmiş noktalar arasındaki yükseklik farkları presizyonlu nivelmanla belirlenmiş ve düşey açı gözlemleri ile refraksiyon katsayıları elde edilmiştir. Elde edilen katsayılar istatistik testlerle irdelenmiş ve tüm Marmara bölgesi için tek bir katsayının verilemeyeceği sonucuna varılmıştır.

Etkin refraksiyon katsayısının, genel olarak mevsimlere göre ve ayrıca bir gün içinde de önemli değişiklikler gösterdiği ortaya çıkmaktadır.

Sonuç olarak, refraksiyon katsayısının ani değişikliklerini azaltıcı önlemler ve trigonometrik nivelman hesabında ortalama bir katsayı kullanıldığı takdirde;

a- Ölçmelerin yapıldığı mevsim

b- Ölçmelerin yapıldığı saatler

gözönüne alınarak aşağıdaki ortalama katsayılar önerilmiştir:

Güneşin batışından iki saat öncesi ile doğuşundan iki saat sonrasını kapsayan zaman aralığı içinde yapılan ölçmeler için;

Kış aylarında: $k = 0.207 \pm 0.004$

Yaz aylarında: $k = 0.124 \pm 0.005$

Güneşin doğuşundan iki saat sonra başlayarak batışından iki saat öncesine kadar olan zaman aralığı için;

Kış aylarında: $k = 0.116 \pm 0.003$

Yaz aylarında: $k = 0.027 \pm 0.003$

RESEARCH ON THE REFRACTION COEFFICIENT OF THE LOWER
ATMOSPHERIC AIR LAYERS IN THE MARMARA REGION

SUMMARY

Trigonometric levelling, as the fastest method of determining the height differences between two points; is continually attracting the interests of the geodesist.

The accuracy of the surveying observations and the effect of the atmosphere are assuming greater importance. The atmosphere is far from being homogenous and the property which affects surveying observations is the refractive index which varies from point to point. In the vertical angle measurements bending of the light ray at any point is proportional to the rate of change ($\frac{dn}{dh}$) of the refractive index in the direction normal to the line of sight. The curvature must be integrated from point to point over the line of sight to obtain the total angle of refraction.

The coefficient of refraction is defined as $k = \frac{R}{\sigma}$ where, R is the radius of curvature of the earth and σ is the radius of curvature of the line of sight. Many surveyors have tried to find the relations between meteorological data and the radius of curvature of line of sight which is dependent on the gradient of refractive index which in turn is dependent on the temperature gradient ($\frac{dT}{dh}$). The temperature

VII

gradient is not a quantity which can be measured easily in the field. Many difficult investigations on this problem have been carried out, quite a few very recently, yet in practice we still can not use temperature, pressure or other meteorological data to measure atmospheric refraction.

The significance of the Gaussian average refraction coefficient $k = 0.13$ did not change in spite of development of surveying techniques and instruments.

The purpose of this thesis, is to determine the daily variation of the coefficient of refraction (k) in the Marmara region and to establish a relation between them.

In order to determine the coefficient of refraction, two lines of sight were chosen and the elevation differences of the two points were determined by precise levelling.

Area I. was in the west part of Istanbul and very close to Büyükçekmece lake.

The length of sight of line is

$$S = 6399.981 \text{ m}$$

and the height difference between the end points is

$$H = 84.237 \text{ m} \pm 2.25 \text{ mm}$$

Area II. was between Istanbul Technical University and Bosphorus University campuses. The station was near Istanbul Technical University and the two targets which were very close

VIII

to each other, were near Bosphorus University.

The length of sight of lines are

$$S_1 = 3258.018 \text{ m}$$

$$S_2 = 3249.390 \text{ m}$$

and the height differences are

$$H_1 = 35.196 \text{ m} \pm 2.02 \text{ mm}$$

$$H_2 = 31.940 \text{ m} \pm 2.02 \text{ mm}$$

The length was measured by K+E UNIRANGER E.D.M. and the vertical angle was measured by seconds-theodolite WILD T3 on the observation pillar. The temperature was measured by Assmann psychrometer and the pressure was measured by Paulin barometer.

The refraction coefficient calculations are based on the formulation given by Jordan as given below.

$$H = S \cdot \cot Z + \frac{S^2}{2R} - k \frac{S^2}{2R} + a - t$$

At the end of observations, the value of k is obtained with ± 0.017 mean square error.

Based on the daily variation of refraction coefficient and the statistical analysis of the results indicate that it is not possible to suggest a practically applicable equation and it is evident that an average coefficient would not be valid for all seasons and during all hours of a day.

IX

As a result it appears more realistic to consider the possible precautions to minimize the effect of refraction on trigonometric levelling. These precautions can be listed as given below depending on the season, weather conditions, the position of the sun and the profile of the area.

1^o) An effort should be made to perform measurements during the days when the weather conditions are more stable in this way, it is possible to keep the sudden variation of the refraction coefficient at a minimum level.

2^o) No measurements should be made the hours of sunrise and sunset. Eventhough it seems very suitable to take measurements during these hours since, the image is very clear and there are no vibrations, but the refraction coefficient attains its maximum value and it shows a rapid variation during these hours.

3^o) In case average value is used for the calculation of trigonometric levelling,

a- The season

b- The time

of the measurements should be taken in consideration and different coefficients should be used.

These average coefficients are determine as given below based on the measurements performed.

Coefficint, k is defined as $k_{ave} = \frac{k}{n}$ where n is the

number of measurements performed, the mean square error for a single k value is shown as " m_k " and the mean square error of the average k is shown as " M_k ".

1- Maximum refraction coefficient values, for the measurements conducted during the two hours before the sunset and two hours after the sunrise may be given as;

for winter months $k_{ave} = 0.207$, $n=124$, $m_k=0.043$, $M_k=0.004$

for summer months $k_{ave} = 0.124$, $n=51$, $m_k=0.035$, $M_k=0.005$

2- Minimum refraction coefficient values, for the measurements conducted during the time span beginning two hours after sunrise and ending two hours before sunset may be given as;

for winter months $k_{ave} = 0.116$, $n=118$, $m_k=0.029$, $M_k=0.003$

for summer months $k_{ave} = 0.027$, $n=61$, $m_k=0.025$, $M_k=0.003$

4^o) Performing measurements during the hours when refraction coefficient has its minimum value and shows limited variation would eliminate the error due to sudden changes of the refraction coefficient. However, in summer vibrations during these hours will cause difficulty in aiming to the target and as a result the significant effect of aiming error on angle measurements should be taken into consideration.

SEMBOLLER

<u>Sembol:</u>	<u>Anlamı:</u>	<u>Birimi:</u>
Z	Başucu açısı	Grad
S	Yatay uzunluk	m
R	Yer küresi yarıçapı	m
k	Refraksiyon katsayısı	
λ	Ortamda dalga boyu	m
$\frac{dT}{dh}$	Düşey temperatur gradyenti	$^{\circ}\text{C}/\text{m}$
h	Yeryüzünden olan yükseklik	m
Δh	Noktalar arasındaki yükseklik farkı	m
T	Sıcaklık	$^{\circ}\text{C}$
T_0	Yeryüzündeki sıcaklık	$^{\circ}\text{C}$
P	Basınç	mmHg
σ	Işın yolu eğrilik yarıçapı	

I. BÖLÜM

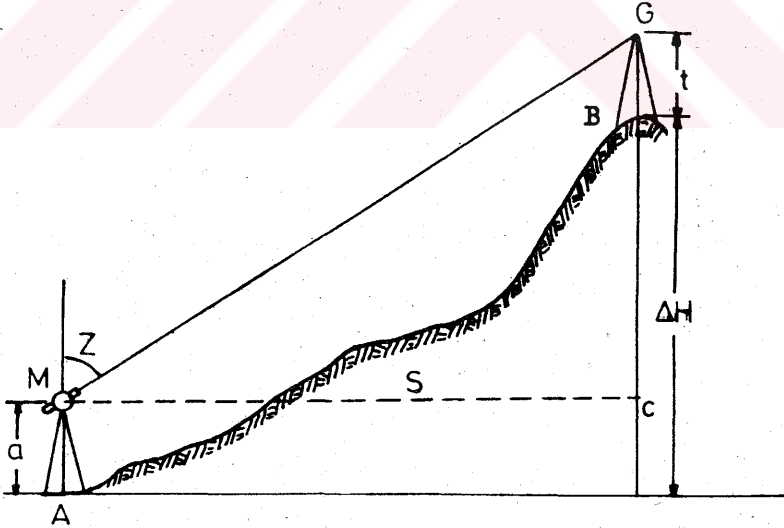
TRIGONOMETRİK NİVELMANIN TEMEL
İLKELERİ1.1. Trigonometrik nivelman :

Tek taraflı düşey açı gözlemlerinden iki nokta arasındaki yükseklik farkı Şekil: 1.1 de görüldüğü gibi

$$\Delta H = S \cdot \cot Z + a - t$$

1.1

bağıntısı ile hesaplanır. Burada, S yatay uzaklık, a alet yüksekliği, t gözleme işareti yüksekliği ve Z başucu açısıdır.



Şekil:1.1 Trigonometrik nivelmanda ölçme prensibi

(1.1) bağıntısı çıkarılırken nivo yüzeyleri düzlem olarak düşünölmüş, ayrıca M den G ye gelen gözleme ışınının doğrusul yayıldığı varsayılmıştır. Her iki varsayım da gerçekte doğru değildir. Gerçekte nivo yüzeyleri eğri yüzeylerdir. Gözleme ışını ise, hava tabakaları içinden geçerken kırılarak doğrultusunu değiştirmekte ve sonuç olarak doğrusallığını yitirmektedir. Işık ışınının, yalnızca boşlukta doğrusal olarak yayıldığı bilinmektedir. Sonuç olarak (1.1) bağıntısı ile bulunan yükseklik farkında iki hata etkisi sözkonusu olur. Bunlar, yer küreselliği ve refraksiyon etkileridir. Gözleme uzaklığı 250-300 m den küçük olduğu sürece bu hata etkileri, çok küçüktür. Gözleme uzaklığı büyödükçe söz konusu hatalar büyür ve sonuç üzerinde etkili olur. Bu nedenle uzak noktalar arasında yapılan trigonometrik nivelmanda bu hata etkilerinin gözönüne alınması zorunludur.

1.1.1 Yer küreselliğinin trigonometrik nivelmana etkisi :

Nivo yüzeylerinin eğriliğinden doğan hata etkisi, yer küreselliği olarak adlandırılmaktadır. Şekil 1.2 de göröldüğü gibi, A ve B noktaları arasındaki yükseklik farkı BB' dür. Buna karşılık (1.1) bağıntısı ile BB'' hesaplanmaktadır. Hesaplanan bu yükseklik farkının h_k kadar düzeltilmesi gerekir yani

$$\Delta H = \Delta h + h_k$$

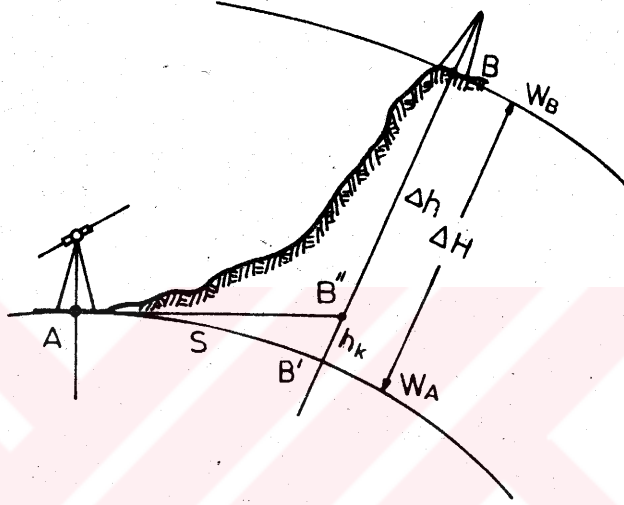
olur. Nivo yüzeylerinin aynı merkezli küre yüzeyleri olduğu

varsayımı ile

$$h_k = \frac{s^2}{2R}$$

1.2

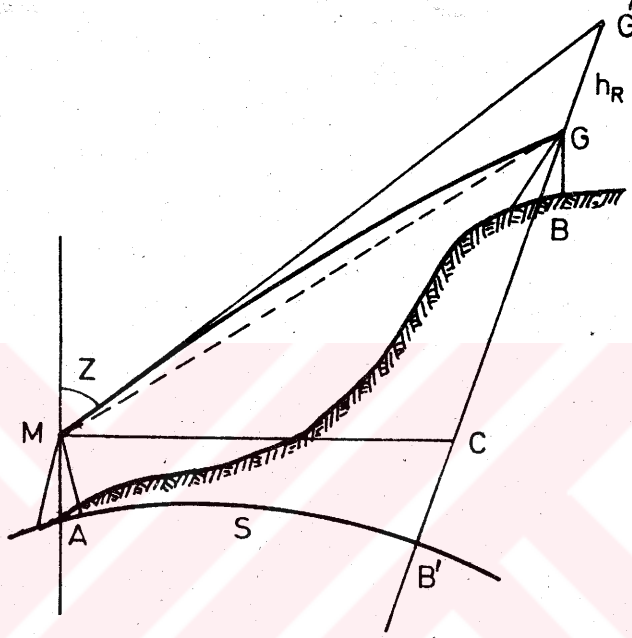
bulunur. Burada R ortalama yer küresi yarıçapıdır.



Şekil:1.2 Yer küreselliğinin trigonometrik nivelmana etkisi

1.1.2. Düşey refraksiyonun trigonometrik nivelmana etkisi :

İkinci hata etkisi M den G ye giden gözleme ışınının doğrusal yayılmasından kaynaklanacaktır. (1.1) bağıntısındaki $S \cdot \cot Z$ terimi, Şekil 1.1 de MGC dik üçgeninden yararlanılarak çıkarılmıştır. Bu dik üçgen Şekil 1.3 de MG'C üçgenine karşılık gelir, diğer bir deyişle M den çıkan gözleme ışını eğri bir yol izleyerek G ye gelir, buna karşılık dürbün gözleme eksenini B den geçen düşey doğrultuyu G' noktasında keser ve ölçülen Z düşey açısı MG' doğrultusuna ait olur. O halde (1.1) bağıntısındaki $S \cdot \cot Z$ teriminin $\frac{h_k}{R}$ kadar düzeltilmesi gerekir.



Şekil:1.3 Düşey refraksiyonun trigonometrik nivelmana etkisi

M den G ye giden ışın yolu yörüngesinin dairesel olduğu varsayımı ile,

$$h_R = \frac{s^2}{2R'} \quad 1.3$$

yazılabilir. Burada R' ışın yolu eğrisinin yarıçapıdır.

$$\frac{R}{R'} = k \quad \text{ile gösterilirse}$$

$$h_R = k \frac{s^2}{2R} \quad 1.4$$

bulunur. Burada k 'ya "düşey refraksiyon katsayısı" adı verilir. Şekil: 1.1 , 1.3 ve 1.3 ile (1.1) bağıntısı göz önüne alınarak A ve B noktaları arasındaki yükseklik farkı

$$\Delta H = S \cot Z + \frac{S^2}{2R} - k \frac{S^2}{2R} + a - t \quad 1.5$$

olarak hesaplanır [1],[2],[3],[4].

Trigonometrik nivelman yönteminin kısa sürede yapılabilmesi ve dağlık arazide çoğu kez tek yol olması nedeniyle , refraksiyon katsayısının belirlenmesi üzerine araştırmalar 18. yüzyıldan beri süregelmektedir. Çağımızın modern teodolit ve uzaklık ölçerleri, jeodezik ölçmelerde, yapım yönünden istenilen ölçme presizyonuna ulaşmış olmalarına karşılık, bu aletlerle yapılan jeodezik ölçmelerdeki atmosferik refraksiyonun etkisi kesin olarak belirlenememektedir. Işık ışını için, Gauss' un vermiş olduğu $k = 0.13$ katsayısı bugüne kadar geçerliliğini korumuş, yapılan çok sayıdaki araştırmalar sonucunda, kabul edilebilir daha uygun ortalama bir katsayı verilememiştir [5].

Refraksiyon katsayısı, yeryuvarı yarıçapının, ışık yörüngesi yarıçapına oranı olarak tanımlanır [1],[2],[3],[4]. Işık ışını ve uzaklık ölçerlerdeki değişik dalga boylu radyasyon, atmosfer içinde yayılırken kırılmaya uğrar. Işın kırılmasının, trigonometrik nivelman ve elektromagnetik

uzaklık ölçmelerini, diğer yersel jeodezik ölçmelerden daha fazla etkilediği gözlenmiştir. Bilindiği gibi trigonometrik nivelmanda ve elektromagnetik uzaklık ölçmelerinde, ışın kırılmasından kaynaklanan etkiler, ölçülerin düzeltilmesiyle giderilmeye çalışılmaktadır. Bu çalışmada, gözle görünen ışık ışını için geçerli refraksiyon katsayısı ele alınmaktadır.

(1.5) bağıntısında görüldüğü gibi, refraksiyonun etkisi, uzaklığın karesi ile doğru orantılıdır. Çok büyük uzaklıklardaki ölçmelerde, refraksiyon katsayısının belirlenmesinde yapılacak küçük bir hata, ölçülen yükseklik farkında desimetre boyutlarına ulaşan hataya neden olacaktır. Refraksiyon katsayısının, bütün bir gün ve gece boyunca gösterdiği değişim gözönüne alınacak olursa, ortalama bir refraksiyon katsayısı ile yapılacak hesabın hatalı olacağı ortaya çıkmaktadır.

Jeodezik ölçmelerde, atmosferin farklı yüksekliklerinde yol alan ışık ışını, özellikle ölçme aleti ve gözleme işareti yakınlarında atmosferin özel bir bölgesi olan ve yere yakın hava tabakaları olarak adlandırılan bölge içinden geçmektedir. Bu bölgedeki atmosferik olayların karmaşıklığı nedeni ile [13], yere yakın tabakalardaki ışın yayılması problemi, başlı başına araştırma konusu olarak görülmektedir.

Refraksiyon katsayısı, jeodezik uygulamalarda ya aynı anda karşılıklı yapılan düşey açı gözlemleri yöntemiyle,

ya da bilinen yüksekliklerde yapılan düşey açı gözlemleri sonucunda (1.5) bağıntısından saptanmaktadır. Araştırmacıların bir bölümü de, düşey açı gözlemlerindeki refraksiyon düzeltmesini, meteorolojik ölçmelerle saptamaya çalışmaktadır. Sıcaklık, basınç, güneş radyasyonu, rüzgâr hızı, nemlilik ve düşey temperatur gradyenti gibi elemanları içeren bu ölçmelerin yapılabilmesi için bazı özel araçlar gerekmekte, zaman uzamakta ve maliyet artmaktadır. Meteorolojik faktörler pratik olarak sadece ölçme aleti ve gözleme işareti yakınlarında ölçülebildiğinden, gözleme ışını boyunca refraksiyon etkisinin belirlenebilmesi için yeterli veri sağlanamamaktadır. Bunun yanında atmosferde uygulanacak fizik kurallarının geçerliliği için, model atmosfer düşünülmesi zorunlu olmakta, sözü edilen idealleştirilmiş atmosfer ile gerçek atmosfer arasındaki farklar, modele dayanılarak türetilen refraksiyon etkisinde belirsizlikler ortaya çıkarmaktadır. Teori ile uygulama arasındaki farklar bunu göstermektedir [6], [7].

Refraksiyonu etkileyen atmosfer koşullarının zamana, yer-yüzünün topoğrafyasına ve bölgelere göre değişim gösterdiği araştırmalar sonucu belirlenmiştir [6]. Bu çalışma ile Marmara bölgesinde jeodezik yöntemlerle refraksiyon katsayısının belirlenmesi ve ortalama bir katsayının geçerli olup olmayacağının araştırılması amacı güdülmüştür.

II. BÖLÜM

IŞIK DALGALARININ ATMOSFERDE YAYILMASI

2.1 Genel:

Elektromagnetik dalgaların bir ortamda yayılma hızları ve yörüngesi, elektromagnetik dalganın frekansına ve ortamın parametrelerine bağlıdır[8]. Trigonometrik nivelmanda, elektromagnetik dalga olarak gözle görülür ışık ($\lambda = 0.4 \mu\text{m} - 0.7 \mu\text{m}$) ve ortam olarak atmosfer sözkonusudur. Yersel jeodezik ölçmeler, yaklaşık olarak yere paralel biçimde geçen ışık ışınları ile gerçekleştirildiğinden, atmosferin yatay modellenmesi ve özellikle atmosferin yere yakın tabakalarının yapısı önem kazanmaktadır. Astronomik ve yapay uydu gözlemlerinde ise, atmosferi yaklaşık dikey olarak geçen ışık ışınları sözkonusudur ve konunun dışındadır kalmaktadır.

2.2 Atmosfer :

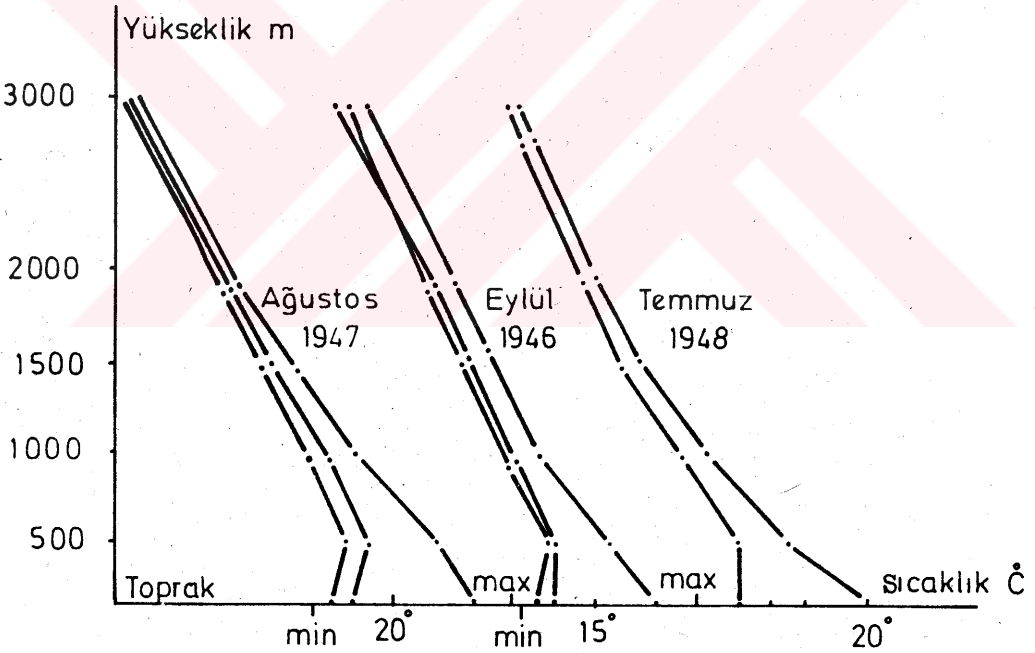
Atmosferin yeryüzünden yaklaşık 80 km yüksekliğe kadar uzandığı ve oldukça sabit oranda birçok gaz karışımından ve değişik oranda su buharından oluştuğu bilinmektedir. Homojen olmayan atmosferde, ışık ışını yörüngesi, atmosferin yoğunluğuna, basıncına, nemliliğine ve buhar basıncına bağlı olarak

biçimlenir. Herhangi bir noktada kolayca belirlenebilen bu faktörlerin, atmosfer içinde değişik konumlarda, yeryüzünden yükseldikçe farklılıklar gösterdiği ve meteorolojik olaylardan fazlası ile etkilendiği gözlenmiştir. Meteorolojik olayların da bölgesel olarak değiştiği gözönüne alınırsa, ışık ışınının, atmosfer içindeki yörüngesinin matematik modelinin belirlenmesi için, bazı varsayımlara dayanan model atmosfer kabulü zorunlu olmaktadır. Bu şekilde, bilinen fizik kurallarının atmosfere uygulaması olanağı sağlanır ve ölçülebilen değişkenlere bağlı olarak ölçülemeyen değişkenleri ifade eden bağıntılar geliştirilebilir.

2.3 Atmosferde sıcaklık dağılımı :

Atmosfer, sıcaklığını Güneş radyasyonu ile sağlar. Bütün bir gün ve gece boyunca, Güneş radyasyonu oldukça büyük değişim gösterir. Saydam olmayan pürüzlü yeryüzü, radyasyon alırken havadan daha sıcak, radyasyon verişinde havadan daha soğuk olur. Enerji topraktan yeryüzüne yakın hava tabakalarına dağılmaktadır. Bu dağılımın ufak bir kısmı radyasyon ve doğrudan ısı taşınması ile olmakta, asıl kısmı ise, hava kütlelerindeki değişim (konveksiyon) sonucu meydana gelmektedir [9]. Basit bir gözlem toprak ısısının sabit kalmadığını, günlük Güneş hareketinin konumuna ve mevsimlere göre değiştiğini göstermektedir. Atmosferdeki sıcaklık dağılımı hakkındaki

bilgiler, gözlem evleri tarafından gönderilen sondaj balonlarından elde edilmektedir. Bu bilgilerin değerlendirilmesi sonucu çizilen grafiklerden, sıcaklığın yükseklikle azaldığı ve belli bir yükseklikten sonra, bu azalmanın yaklaşık lineer olduğu gözlenmiştir. Şekil 2.1 de görüldüğü gibi [10], atmosferin üst tabakalarında yükseklikle sıcaklık azalması, mevsimlerden ve meteorolojik değişkenlerden bağımsızdır ve lineer değişmektedir.



Şekil:2.1 Değişik aylarda yüksekliğin fonksiyonu olarak atmosfer sıcaklığının değişimi [10]

Sıcaklığın yükseklikle değişimine "düşey temperatur gradyenti" adı verilmekte ve $\frac{dT}{dh}$ ile gösterilmektedir[3],[9],[10]. Refraksiyon katsayısının değişimini etkileyen en önemli faktör olarak ortaya çıkan düşey temperatur gradyenti, daha geniş olarak bundan sonraki bölümlerde incelenmektedir.

Şekil 2.1 de görüldüğü gibi, belli bir yükseklikten sonra (atmosferin üst tabakalarında), yükseklik artışına bağlı sıcaklık azalışı lineer olmakta, diğer bir deyişle düşey temperatur gradyenti sabit kalmaktadır. Bu sabit değer $\frac{dT}{dh} = -0.6^{\circ}\text{C}$ ile $-0.7^{\circ}\text{C} / 100\text{ m}$ ise, böyle bir atmosfer meteorolojide "politrop" atmosfer olarak tanımlanmaktadır. Alt sınırının 1500-2000 m olarak verildiği politrop atmosferin yüksekliği, yeryüzünün ısınma miktarı ile değişmektedir. Politrop atmosferdeki koşullara ancak dağlık bölgelerde rastlanmaktadır. Böyle bir ortamda yapılacak olan jeodezik ölçmelerde, refraksiyon katsayısının ani değişimlerinden ileri gelen hata etkisi fazla önemli değildir[11].

2.4. Sıcaklığın yükseklikle değişimi- Düşey temperatur gradyenti :

Düşey temperatur gradyenti esas olarak yeryüzünün ısınma miktarına ve bu ısının yukarıya transferine bağlıdır. Bunları etkileyen faktörler de, yeryüzünün sıcaklığı ve hava kütlelerinin türbülanslı hareketidir, bunları da etkileyen faktörler

kısaca aşağıdaki gibi açıklanabilir [7]:

a- Yeryüzünün sıcaklığı :

1- Güneşin yeryüzüne etkisi, mevsimlerle düzenli, buna karşılık bulutluluk oranı, havadaki asılı maddeler ve su buharı ile düzensiz olarak değişir.

2- Arazinin topoğrafyası, gölgelenmeyi, Güneş ışınlarının geliş açısını ve ısıtılan yüzeyi etkiler.

3- Yüzeyin yapısı yani, renk, yerüstü ve yeraltı malzemelerinin ısı özellikleri ve bitki örtüsünün bulunup bulunmaması, doğrudan doğruya alınan, emilen ve yansıtılan ısı miktarını ve yüzeyde oluşan sıcaklığı etkiler.

b- Türbülans :

Yukarı doğru yükselen ısı miktarı, türbülansın karekterine ve frekansına bağlı olmaktadır. Buna etki eden faktörler şunlardır:

1- Yüzey ısısı,

2- Rüzgârın hızı ve ani esişi,

3- Yüzeyin pürüzlülüğü (bitki örtüsü, yerleşim bölgeleri v.b.),

4- Rüzgârı belirli bölgelere yönelten veya belirli bölgeleri koruyan, arazinin topoğrafik özellikleri.

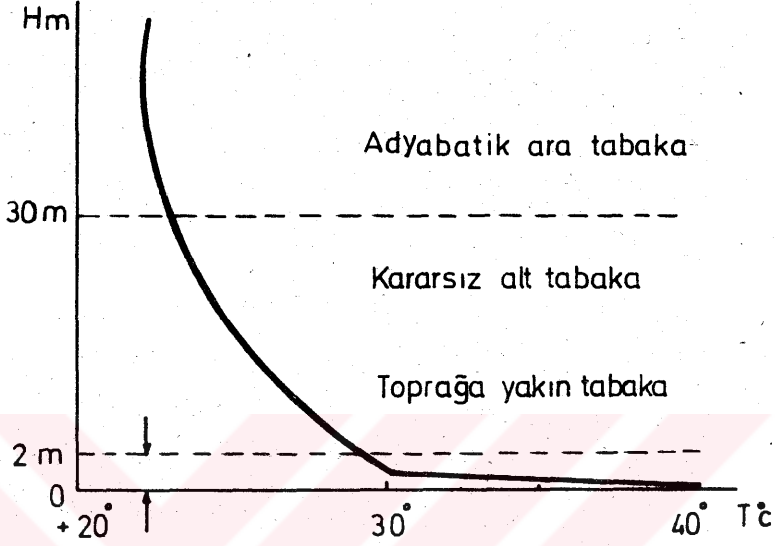
Karmaşık biçimde gelişen bu olaylara karşı koymak olanaksızdır. Bu nedenle düşey temperatur gradyentinin belirlen-

mesinde etkili olan her faktörün tek, tek hesabı oldukça zordur. Araştırmalar sonucu düzey temperatur gradyentinin, Güneşin doğmasından itibaren negatif değerler aldığı ve maksimum Güneş yüksekliğine kadar bu değerlerin arttığı, öğleden sonra azalarak Güneşin batmasından ancak 1-2 saat sonra pozitif değere geçtiği belirlenmiştir[9].

2.4.1. Yeryüzüne yakın hava tabakalarının yapısı :

Brocks' un 1948 yılında yapmış olduğu araştırmalara göre [11], gece ve sabah erken saatlerde zemin ve yere yakın alt tabakalar üst tabakalardan daha soğuktur. Sıcaklık aşağıdan yukarı doğru artar. Bu nedenle, bu sıcaklık dağılımı pozitif gradyent olarak tanımlanır ve inversiyon olarak anılır. Bu kararlı hava tabakalanması yaklaşık 20 m.yüksekliğe çıkar. Tabakalanma yukarı doğru, 500 m.kalınlığındaki izoterm ara tabakaya kadar uzanır.

Güneşin etkisinin artması ile zemin, öncelikle öğleye yakın saatlerde ve öğleyin kuvvetle ısınır. En alt hava tabakaları yukarı doğru kuvvetli ve logaritmik bir sıcaklık artımı gösterir, tabakalanma böylece kararsız olur (Şekil 2.2). Bu nedenle, hava kütleleri yukarı doğru çıkarken daha serin hava kütlelerinin aşağı doğru hareketi başlar. Böylece meydana gelen türbülans, titreşim olarak bilinir. Yaz aylarında atmosferin bu kararsız alt tabakası, öğleyin 20-30 m.ye kadar



Şekil :2.2 Sıcak bir yaz gününde, yere yakın hava tabakalarının sıcaklığının yükseklikle değişimi [11]

ulaşır, kışın bu yükseklik daha azdır. Bu tabakanın üstündeki adyabatik ara tabakada sıcaklık düşüşü, 200 m.ye kadar çok yavaş olur ve hava bir dereceye kadar denge halindedir. Bu durum politrop atmosfere geçişe kadar devam eder. Kararsız alt tabakanın en alt bölgesi olan, zeminin hemen üzerindeki ve yaklaşık 2 m. kalınlığındaki hava tabakası mikroklimatolojide "yere yakın hava tabakaları" olarak tanımlanmış ve atmosferin özel bir bölgesi olarak ele alınmıştır. Şekil 2.2 de izlenebileceği gibi, yere yakın kısımlarda, günlük ve mevsimlik hava koşullarına bağlı olarak değişen radyasyon nedeni ile

büyük sıcaklık farkları ortaya çıkmaktadır. Ayrıca daha önce de belirtilen zeminin etkileri tam olarak kendini göstermektedir (renk, bitki örtüsü, pürüzlülük v.b). Yersel jeodezik ölçmeler genellikle sehpalar üzerinde, yani yere yakın hava tabakalarında yapılmaktadır. Bu nedenle ışın yolu üzerindeki farklı zemin ve topoğrafik özellikler de gözönüne alınırsa, yere yakın hava tabakalarının başlıbaşına bir araştırma konusu olması gerektiği ortaya çıkmaktadır.

2.4.2. Zamanın ve yüksekliğin fonksiyonu olarak atmosfer sıcaklığının değişmesi :

Bölüm 2.4.1. de açıklandığı gibi atmosfer sıcaklığı, günlük Güneş hareketinin bir fonksiyonu olarak değişim gösterir; bu değişim 24 saatlik periyotlar halindedir. Yeryüzüne yakın hava kütlelerinin yukarı doğru hareketi zamanın bir fonksiyonu olarak, K_1 sabit kabul edilirse

$$\frac{\delta T}{\delta t} = K_1 \frac{\delta^2 T}{\delta h^2} \quad 2.1$$

denklemleri ile verilir [7], [12], [13]. Burada T sıcaklık, h yeryüzünden olan yükseklik, t zaman, K_1 havanın ısı iletim katsayısıdır. K_1 durgun havalar için çok küçük, türbülans halinde ise çok büyüktür. t 'nin fonksiyonu olarak zemin seviyesindeki T ve K_1 verilmişse, herhangi bir yükseklikteki

ve zamandaki T hesaplanabilir. Zemindeki $T_{(o,t)}$ sıcaklığı yaklaşık olarak

$$T_{(o,t)} = T_{(o,m)} + A \cos\left(\frac{1}{12\pi}\right) (t - t_o) \quad 2.2$$

şeklinde ifade edilir[10]. Burada $T_{(o,m)}$ zemindeki günlük ortalama sıcaklık, t gece yarısından itibaren saat olarak zaman, t_o maksimum sıcaklığın zamanı, A günlük sıcaklık salınımıdır. Buradan, K_1 sabit kabul edilirse, verilen bir t zamanı ve h yüksekliğindeki $T_{(h,t)}$

$$T_{(h,t)} = T_{(o,m)} + \left(\frac{dT}{dh}\right)_h A \cdot e^{-h'/h} \cos\left(\frac{1}{12\pi}\right) (t - t_o) \frac{h}{h'} \quad 2.3$$

denklemleri ile bulunur. Burada [10] a göre $\frac{dT}{dh} = -0.0055 \text{ } ^\circ\text{C/m}$ dir ve eğer K_1 , m^2 biriminde ise

$$h' = \left(24 \frac{K_1}{\pi} \right)^{1/2}$$

dir. Fakat bu basit teori, K_1 in, dolayısıyla h' nün, türbülansın kuvvetine bağlı olarak değiştiği ve bu olayın da engellenemediği gözönüne alınırsa oldukça karmaşık bir çözüm olmaktadır.

2.5. Düsey temperatur gradyentinin belirlenmesi için yapılan çalışmalardan bazıları :

2.5.1. J.J. LEVALLOIS ' ın çalışması :

Levallois sıcaklığı, zaman ve yüksekliğin fonksiyonu olarak

$$T(h,t) = T_o + \left(\frac{dT}{dh}\right)_o (h - h_o) + e^{-k^2(h-h_o)} f \left[t - \left(\frac{h-h_o}{V}\right) \right] + \Phi(t) \quad 2.4$$

biçiminde vermektedir [6], [10]. Burada

$T(h,t)$; h yüksekliğinde ve t zamanındaki sıcaklık,

T_o ; belli bir bölge ve zemindeki ortalama sabit sıcaklık,

$\frac{dT}{dh}$; -6°C/km olan sabit temperatur gradyenti,

$e^{-k^2(h-h_o)}$; h yüksekliğindeki genliğe karşılık gelen

h_o yüksekliğindeki genliğin çarpanı,

k^2 ; sönümleme katsayısı olup yükseklikle ısı genliği farklarından belirlenir. Meteorolojik sondajlarla bulunan katsayının değeri 1.5 - 4.5 arasındadır,

$\frac{h-h_o}{V}$; yükseklikle sıcaklık değişmesi olayının yayılmasının üst tabakalardaki gecikmesini gösterir,

V ; farklı yüksekliklerdeki sıcaklık ölçmelerinden elde edilen, günlük maksimum sıcaklığının yukarıya yayılma hızıdır [10], [13], [14],

$\Phi(t)$; Güneş enerjisinin doğrudan etkisinde olan sinüzoidal bir fonksiyondur. Periyodu 24 saat ve genliği yeryüzündeki genliğin 1/8 i oranındadır. Maksimumu saat 17 civarında ve yükseklikten bağımsızdır.

$$\Phi(t) = \frac{1}{8} (T_{(h_o, t)} - T_o) \quad 2.5$$

bağıntısı ile belirlenir. Burda $T_{(h_o, t)}$ zeminde ölçülen sıcaklıktır.

Başlangıç yüksekliği, $h = h_o$ alınırsa (2.4) bağıntısı

$$T_{(h_o, t)} = T_o + f(t) + \Phi(t) \quad 2.6$$

şeklini alır. Buradan

$$f(t) = T_{(h_o, t)} - T_o + \Phi(t) \quad 2.7$$

bağıntısı elde edilir. (2.5) eşitliğinden $\Phi(t)$ nin değeri (2.7) bağıntısında yerine konursa

$$f(t) = \frac{7}{8} (T_{(h_o, t)} - T_o) \quad 2.8$$

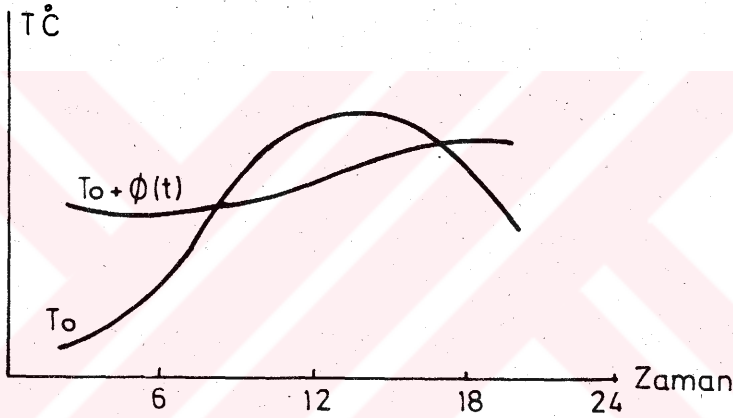
bulunur. Eğer $f(t) = 0$ olursa (2.4) eşitliği

$$T_{(h, t)} = T_o + \left(\frac{dT}{dh}\right)_o + \Phi(t) \quad 2.9$$

şeklini alır. Böyle bir durum, sıcaklık dağılımının lineer olduğu zaman ortaya çıkar. Bu ise aynı zamanda

$$T(h_o, t) = T_o + \Phi(t_1) \quad 2.10$$

demektir. Deneyler sonucu (2.10) daki durumun, sabah saat 9-10 ve akşam üstü 17-18 saatlerinde iki kez gerçekleştiği belirlenmiştir (Şekil 2.3). Burdan $f(t)$, T_o ve $T(h_o, t)$ eğrilerinin ordinat farklarından bulunur.



Şekil: 2.3 $f(t)$ fonksiyonunun grafik yoldan bulunması [7]

(2.4) bağıntısından, sıcaklığın yükseklikle değişimini bulmak için, yüksekliğe göre diferansiyel alınırsa

$$\frac{dT}{dh} = \left(\frac{dT}{dh}\right)_o - e^{-k^2(h-h_o)} \left[k^2 f\left(t - \frac{h-h_o}{V}\right) + \frac{1}{V} \cdot f'\left(t - \frac{h-h_o}{V}\right) \right] \quad 2.11$$

elde edilir. Ancak bu bağıntılar yeryakını hava tabakaları için geçerli değildir [10].

2.5.2. P.V.ANGUS LEPPAN' nın çalışması :

Bu çalışmada, gözlenen gradyentin belirlenebilmesi için,

$$\frac{dT}{dh} = A(h) + B(h) f(t) \quad 2.12$$

ifadesinden hareket edilmektedir [15] . Burada,temperatür gradyenti zeminden olan yüksekliğin ve zamanın bir fonksiyonudur. $A(h)$ her h yüksekliği için günlük salınımların ortalamasını temsil eden bir fonksiyondur. Bu fonksiyon, büyük h değerleri için sabit bir değere giden tipte olmalıdır. $B(h)$, her h için günlük değişimlerin toplam genliğini temsil eden bir fonksiyondur. $B(h)$, h nin küçük değerleri için büyük değerler alan,fakat h arttıkça hızla küçük bir değere doğru sönen bir fonksiyondur. $f(t)$, belli bir t zamanı için günlük salınımların oranını belirleyen bir fonksiyondur.

Formülün en uygun biçimi

$$\frac{dT}{dh} = c_1 + c_2 h^{-c_3} + c_4 + c_5 h^{-c_6} \sin(t + c_7 + c_8 h) + c_9 \sin(2t + c_{10}) \quad 2.13$$

şeklindedir. Her istasyonda farklı 3 veya 4 yükseklikte ölçülen 72-96 gradyentten, enküçük kareler yöntemi ile 10 bilinmeyen belirlenmiştir.

2.5.3. K.BROCKS'un çalışması :

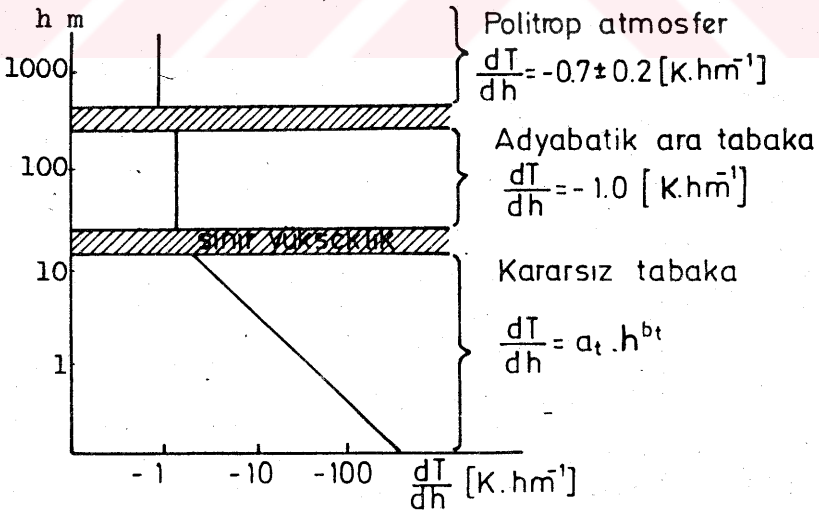
1948 yılından itibaren yapmış olduğu çalışmalarda, genellikle atmosferin alt tabakalarına yönelmiştir. Düşey sıcaklık gradyenti için

$$\log \frac{dT}{dh} = \log a + b \log h \quad 2.14$$

ifadesini vermiştir [9], [14]. Buradan

$$\frac{dT}{dh} = a h^b \quad 2.15$$

bulunur. Bu bağıntı mevsim ve saatlere uygun yükseklikler için geçerlidir. Gündüz saatlerindeki hava tabakalarının yapısı Şekil 2.4 de görülmektedir [16].



Şekil: 2.4 Brocks' a göre gündüz saatlerinde toprağa yakın hava tabakalarının yapısı [16]

(2.15) bağıntısının integrali alınır

$$T = T_o + a \int_{h_o}^h h^b dh \quad 2.16$$

veya

$$T = T_o + \frac{a}{1+b} (h^{1+b} - h_o^{1+b}) \quad 2.17$$

elde edilir. b nin değeri -1 e çok yakın olduğu için genellikle $b = -1$ alınır. b nin bu değeri (2.16) ifadesinde yerine konursa

$$T = T_o + a \log \frac{h}{h_o} \quad 2.18$$

bağıntısı elde edilir.

2.5.4. T.J.KUKKAMAËKI' nin çalışması :

Kukkamaeki tarafından sıcaklık formülü

$$T = a + b.h^c \quad 2.19$$

şeklinde verilmiştir [17]. (2.19) ifadesinde yüksekliğe göre diferansiyel alınır

$$\frac{dT}{dh} = b.c.h^{c-1} \quad 2.20$$

bulunur. burada, b ve c katsayıları farklı yükseklikler için ölçülen sıcaklıkların, (2.19) ifadesinde değerlendirilmesi

sonucu bulunur. c katsayısı -8 ile +8 arasında bulunmuştur. Refraksiyon araştırmalarında mutlak sıcaklığın tam olarak belirlenmesine ihtiyaç olmadığından, sadece sıcaklığın değişiminin incelenmesi yeterli olmaktadır. Dolayısıyla a katsayısının hesabına gerek yoktur.

Sıcaklığın yükseklikle değişimine yönelik diğer çalışmalarda,

LALLEMAND

$$T = a + b \log (h+c)$$

HUERSHOFF

$$T = a + b h^2$$

KOHLMÜLLER

$$T = a + b.h + c.h^2$$

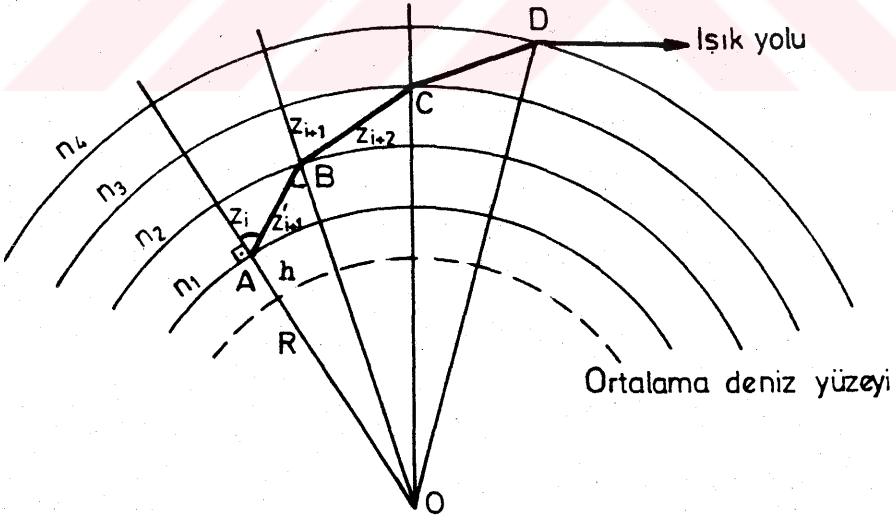
matematik modelleri kullanmışlardır [17].

2.6 Işık yolunun eğriliği :

Işık ışını, farklı yoğunluktaki bir ortamdan ikinci bir ortama geçerken kırılır. Bu iki ortamdan birisi katı bir cisimse, kırılmaya neden olan sınır yüzeyi belirlenebilir. Ancak gazlardan oluşan farklı iki ortam için kırılma yüzeyini belirleme zorluğu ortaya çıkmaktadır. Jeodezik ölçmelerde, bu ortamın atmosfer olduğu belirtilmiştir. Refraksiyonun ana problemi, atmosferin farklı yüksekliklerinde yol alan ışık ışınının saptırıldığı, kırılma endisleri eşit yüzeylerin saptanmasıdır. Bu yüzeylerin, her noktasındaki kırılma endis-

leri bilinseydi çözümü oldukça kolaylaşacaktı. Ancak, meteorolojik olayların doğurduğu karmaşık atmosfer ortamını idealleştirmek için kabul edilen bazı varsayımlarla, atmosferde yol alan ışık ışınına, bilinen kırılma kanunları uygulanabilir.

Eşit kırılma endisli yüzeylerin, yerküresi ile aynı merkezli küre yüzeyleri olduğu kabul edilirse, ışık ışını havanın yoğunluğunun değiştiği her sınır yüzeyinde kırılarak doğrultusunu değiştirmekte ve sonuç olarak eğri bir yol izlemektedir. Bu yüzeyler sonsuz sayıda düşünülürse, izlenen yol bir daire yayı biçiminde olur. n_1 ve n_2 kırılma endisli tabakalar arasındaki bir B noktası düşünülür ve Snellius kanunları uygulanırsa (Şekil 2.5).



Şikil: 2.5 Işık ışınının, atmosferde farklı kırılma endisli tabakalardan geçerken izlediği yol

$$n_1 \sin Z'_{i+1} = n_2 \sin Z_{i+1} \quad 2.21$$

yazılabilir. OAB üçgeninden

$$\frac{\sin Z_i}{OB} = \frac{\sin Z'_{i+1}}{OA} \quad 2.22$$

bulunur. (2.22) eşitliğinden $\sin Z'_{i+1}$ in değeri bulunup (2.21) de yerine konursa

$$(R + h) \cdot n \cdot \sin Z = \text{sabit} \quad 2.24$$

yazılabilir [18]. Burada. R ortalama yer yarıçapı, h ölçme bölgesinin ortalama deniz yüzeyinden olan yükseltisi, n havanın kırılma endisi ve Z zenit açısıdır. Z yerine

$$\alpha = 90 - Z$$

konursa

$$(R + h) \cdot n \cdot \cos \alpha = \text{sabit} \quad 2.25$$

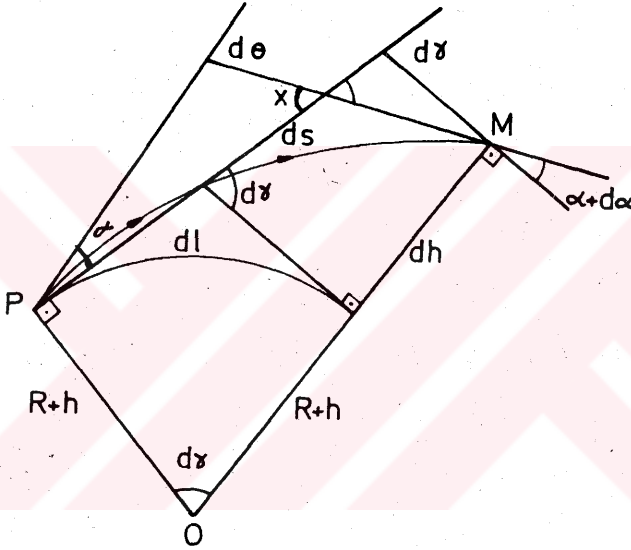
bulunur. (2.25) e göre, n kırılma endisini, h yüksekliklerinin fonksiyonu olarak veren genel bir bağıntı bulunabilirse, ışık yolu eğrisinin biçimi saptanmış olacaktır.

AB ışın yolu üzerinde küçük bir ds elemanı gözönüne alınırsa (Şekil 2.5), P noktasının ortalama deniz yüzeyinden olan yüksekliği h , M noktasınıninki ise (h + dh) olur.

Eğrilik ise

$$\frac{1}{\sigma} = \frac{d\theta}{ds}$$

şeklinde tanımlanır. $d\theta$, ışın yolunun P ve M noktalarındaki teğetleri arasındaki açıdır.



Şekil: 2.5 Işın yolu eğriliği

Şekildeki x açısı gözönüne alınırsa

$$d\theta = d\gamma - d\alpha$$

olduğu görülür. Böylece eğrilik

$$\frac{1}{\sigma} = \frac{d\gamma - d\alpha}{ds}$$

şeklinde ifade edilir. Ayrıca

$$d\gamma \approx \frac{dl}{R+h} \quad \text{ve} \quad ds \approx dl \cdot \sec \alpha$$

olduğu dikkate alınır, eğrilik

$$\frac{1}{\sigma} \approx \frac{\left(\frac{dl}{R+h}\right) - d\alpha}{dl \cdot \sec \alpha}$$

$$\frac{1}{\sigma} \approx \frac{\cos \alpha}{R+h} - \frac{d\alpha}{dl} \cdot \cos \alpha$$

olur. $dl \approx dh \cdot \cot \alpha$ yazılır ve yukardaki eşitlikte yerine konursa

$$\frac{1}{\sigma} \approx \frac{\cos \alpha}{R+h} - \frac{d\alpha}{dh} \cdot \sin \alpha \quad 2.27$$

bağıntısı elde edilir. (2.24) ün logaritmik diferansiyeli alınır

$$\frac{dh}{R+h} + \frac{dn}{n} - \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} d\alpha = 0$$

bulunur. Buradan

$$d\alpha = \left(\frac{dh}{R+h} + \frac{dn}{n}\right) \cot \alpha$$

olur. $d\alpha$ nın bu değeri (2.27) de yerine konursa

$$\frac{1}{\sigma} \approx - \frac{1}{n} \frac{dn}{dh} \cos \alpha \quad 2.28$$

elde edilir [12],[18]. Işık eğrisinin çok basık olması durumunda $\cos \alpha = 1$ ve $1/n = 1$ alarak

$$\frac{1}{\sigma} = - \frac{dn}{dh} \quad 2.29$$

sonuç bağıntısı yazılabilir. Buradan, ışık ışını eğrilığının, düşey kırılma endisi gradyenti adı verilen kırılma endisinin yükseklikle değişimine bağlı olduğu görülmektedir.

Kırılma endisinin meteorolojik değişkenlerle yakın ilişkisi vardır. Ölçme aleti ile gözleme işareti yanında yapılacak olan sıcaklık, nem ve basınç ölçmeleri ile iki noktada kırılma endisi saptanabilir. Ancak yukardaki açıklamalardan anlaşılacağı üzere, ışın yolu eğrisinin biçimini bulabilmek için, ışın yolu üzerinde, yeterli sıklıktaki noktalarda söz konusu ölçmelerin yapılması gerekecektir. Sürekli değişen atmosfer koşullarında sözü edilen uygulama pratik bir çözüm değildir.

2.7. Bölgesel refraksiyon katsayısı :

Işık ışınının eğrilik kriteri jeodezik uygulamalarda refraksiyon katsayısı ile ifade edilir. (2.29) bağıntısındaki düşey kırılma endisi gradyentinin değişimi, ışık ışını boyunca sabit alınamıyacağından, ışık yörüngesinin herhangi bir noktasındaki ışık ışınının eğrilığının büyüklüğü, K refraksi-

yon katsayısı ile tanımlanmış ve

$$K = \frac{R}{\sigma} \quad 2.30$$

şeklinde ifade edilmiştir [12]. Burda R yeryüzü yarıçapı σ ise herhangi bir noktadaki ışık yolu eğriliği yarıçapıdır. (2.30) eşitliğinde σ nın (2.29) bağıntısındaki değeri yerine konursa

$$K = -R \frac{dn}{dh} \quad 2.31$$

eşitliği elde edilir. Jordan bu katsayıyı "lokal refraksiyon katsayısı" olarak isimlendirmiştir. Bu katsayı, tüm ışık yolu için geçerli ve yol boyunca lokal katsayıların entegraline karşılık gelen etkin "k" refraksiyon katsayısı ile karıştırılmamalıdır [11].

Havanın kırılma endisini, sıcaklığın, hava basıncının ve nemliliğin fonksiyonu olarak ifade eden Barrel ve sears formülü, atmosferik koşullar altında

$$(n - 1) = \frac{n_0 - 1}{\alpha T} \cdot \frac{P}{1013.25} - \frac{42 \cdot 10^{-9} e}{\alpha T} \quad 2.32$$

şeklindedir. burada

n_0 ; 0°C de ve 760 mm de ışığın kırılma endisi,

P ; mbar olarak toplam hava basıncı

T ; $^{\circ}K$ olarak mutlak sıcaklık,

e ; mbar olarak kısmi subuharı basıncı,

$\alpha = \frac{1}{273}$ havanın genleşme katsayısıdır [12].

(2.32) eşitliğinin h ye göre diferansiyeli alınır ve e li terim ihmal edilirse

$$\frac{dn}{dh} = \frac{n_o - 1}{\alpha T} \cdot \frac{1}{1013.25} \left(\frac{dP}{dh} - \frac{dT}{dh} \cdot \frac{P}{T} \right)$$

elde edilir. Burada

$(n_o - 1) = 293 \cdot 10^{-6}$ ve $\alpha = \frac{1}{273}$ değerleri yerine konursa

$$\frac{dn}{dh} = \frac{7.9}{T \cdot 10^{+5}} \left(\frac{dP}{dh} - \frac{dT}{dh} \cdot \frac{P}{T} \right) [m^{-1}] \quad 2.33$$

bulunur. (2.33) eşitliği ışık yolu eğrilikliğini veren (2.28) bağıntısında yerine konur ve $n = 1$ alınır

$$\frac{1}{\sigma} = \frac{7.9}{T \cdot 10^{+5}} \left(\frac{dT}{dh} \cdot \frac{P}{T} - \frac{dP}{dh} \right) \cos \alpha \quad [rad.m^{-1}] \quad 2.34$$

bağıntısı elde edilir. (2.34) eşitliğinde $\frac{dP}{dh} = -0.0342 \frac{P}{T}$

mbar/m değeri yerine konursa [12], [18].

$$\frac{1}{\sigma} = \frac{7.9 P}{10^5 T^2} (0.0342 + \frac{dT}{dh}) \cos \alpha \quad [rad.m^{-1}] \quad 2.35$$

bağıntısı elde edilir. Burada $\cos \alpha$ nın değeri 1 e çok yakın

olduğundan genellikle ihmal edilir. (2.35) eşitliği (2.30) bağıntısında yerine konarak ($R=6370$ km.). Lokal refraksiyon katsayısı

$$K = 503.23 \frac{P}{T^2} \left(0.0342 + \frac{dT}{dh} \right) \quad 2.36$$

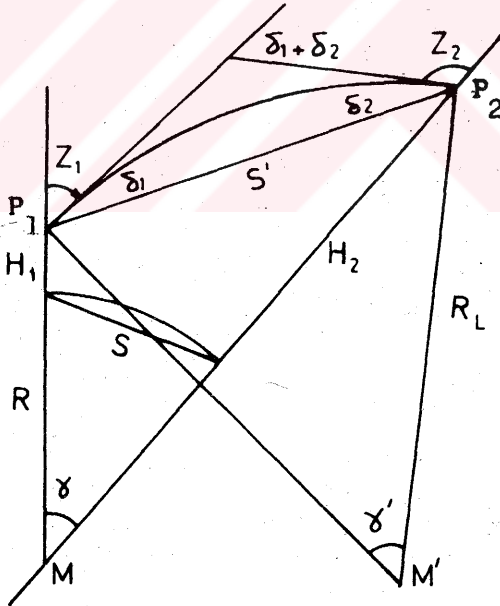
şeklinde elde edilir. Bu eşitlik refraksiyon katsayısının temel olarak düşey temperatur gradyentine bağlı olduğunu göstermektedir. Düşey temperatur gradyentinin, trigonometrik nivelmana uygulanmasının pratik bir yolu bugüne kadar bulunamamıştır. Bunun sebebi ışın yolu üzerindeki her noktada, o yüksekliğe karşılık gelen düşey temperatur gradyentinin belirlenme güçlüğünden ileri gelmektedir.

III. BÖLÜM

YERSEL REFRAKSİYON TEORİ VE FORMÜLLERİ

3.1. BIOT-BOUGER teorisi :

Deniz yüzeyinden H_1 yüksekliğindeki P_1 noktası ve H_2 yüksekliğindeki P_2 noktaları arasında yapılan, karşılıklı ve aynı andaki düşey açı gözlemelerinde refraksiyon açıları δ_1 ve δ_2 olsun (Şekil 3.1).



Şekil: 3.1 BIOT-BOUGER teorisinin geometrik prensibi

Işık yolunun R_L yarıçaplı bir daire yayı olarak kabul edilmesi ile [7], [14].

$$\gamma' = \delta_1 + \delta_2 \quad 3.1$$

yazılabilir. Buradan, $\delta_1 = \delta_2 = \delta$ olduğuna göre $\gamma' = 2\delta$ olur ve

$$\gamma' = \frac{S'}{R_L} = 2\delta \quad 3.2$$

yazılabilir. Böylece refraksiyon açısı

$$\delta = \frac{S'}{2R_L} \quad 3.3$$

olur. $S = S' \cdot \sin Z_1$ kabul edilir ve yatay uzunluk işleme sorulursa

$$\delta = \frac{S}{2R_L} \cdot \frac{1}{\sin Z_1} \quad 3.4$$

olarak elde edilir. P_1 ve P_2 noktalarındaki çekül doğrultularını birleştiren merkez açı $\gamma = \frac{S}{R}$ dir. Buradan S çözülür ve (2.4) bağıntısında yerine konursa

$$\delta = \frac{\gamma}{2} \cdot \frac{R}{R_L} \cdot \frac{1}{\sin Z_1}$$

bulunur. $\frac{R}{R_L} = k$, refraksiyon katsayısı olarak tanımlanmıştı, $\sin Z_1 = 1$ kabul edilebileceğinden

$$\delta = k \frac{\gamma}{2} \quad 3.5$$

elde edilir. Şekil 3.1 den

$$(Z_1 + \delta_1) + (Z_2 + \delta_2) - \gamma - 200^g = 0 \quad 3.6$$

dir. $\delta_1 + \delta_2 = 2\delta$ olduğu gözönüne alınır ve (3.6) ifadesinde yerine konursa (3.5) den

$$k = 1 - \frac{Z_1 + Z_2 - 200^g}{\gamma} \quad 3.7$$

sonuç bağıntısı elde edilir.

3.2 Yersel refraksiyonun temel formülü :

Lokal refraksiyon katsayısı K , (2.36) bağıntısına göre, P hava basıncının, T sıcaklığının ve $\frac{dT}{dh}$ düşey temperatur gradyentinin ölçüldüğü, ışık ışınının bir noktasındaki eğriliğini verir. Işık ışınının tüm sapması ise, ışık kırılmasının diferansiyel değişiminin, bütün eğri eğri için entegrali alınarak bulunur. Yani

$$\delta_1 + \delta_2 = \int_0^S K ds \quad 3.8$$

dir . Entegral sınırları, ışın yolunun yarısı ile sınırlanır-
sa

$$\delta_1 = \int_0^{S/2} K ds$$

$$\delta_2 = \int_{S/2}^S K ds \quad 3.10$$

bağıntıları elde edilir [14].

3.3. H.M. DUFOUR refraksiyon formülü :

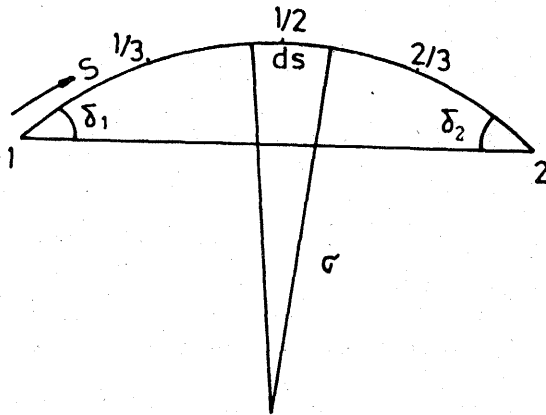
Herhangibir eğrinin, kirişine indirgenmesi için verilen formüller

$$\delta_1 = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\sigma} \right)_{2/3} \cdot S + \frac{1}{72} \left(\frac{1}{\sigma} \right)_1'' S^3 \quad 3.11$$

$$\delta_2 = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\sigma} \right)_{2/3} \cdot S + \frac{1}{72} \left(\frac{1}{\sigma} \right)_2'' S^3 \quad 3.12$$

$$\delta_1 + \delta_2 = \left(\frac{1}{\sigma} \right)_{1/2} \cdot S \quad 3.14$$

biçimindedir (Şekil 3.2). Burda σ , verilen noktalardaki eğrilik yarıçapı, S ise eğri uzunluğudur.



Şekil: 3.2 Refraksiyon açıları ile ışık ışını eğrilikleri arasındaki ilişki

Dufour, aynı doğrulukta fakat, daha kullanışlı ifadeler türetmiştir. Bunlar

$$\delta_1 = \frac{1}{6} S \left\{ \left(\frac{1}{\sigma} \right)_1 + 2 \left(\frac{1}{\sigma} \right)_{1/2} \right\} \quad 3.14$$

$$\delta_1 = \frac{1}{6} S \left\{ \left(\frac{1}{\sigma} \right)_{1/2} + \left(\frac{1}{\sigma} \right)_2 \right\} \quad 3.15$$

$$\delta_1 - \delta_2 = \frac{1}{6} S \left\{ \left(\frac{1}{\sigma} \right)_1 - \left(\frac{1}{\sigma} \right)_2 \right\} \quad 3.14$$

şeklinde verilmiştir [19]. Burdan (2.30) gözönüne alınarak

$$\delta_1 = \frac{1}{6} \cdot \frac{S}{R} (K_1 + 2 K_{1/2}) \quad 3.17$$

$$\delta_1 = \frac{1}{6} \cdot \frac{S}{R} (2K_{1/2} + K_2) \quad 3.18$$

$$\delta_1 - \delta_2 = \frac{1}{6} \cdot \frac{S}{R} (K_1 - K_2) \quad 3.19$$

bağıntıları bulunur. Ayrıca (3.6) eşitliğinden

$$\delta_1 + \delta_2 = \gamma + 200^{\circ} - (Z_1 + Z_2) \quad 3.20$$

yazılabilir. (3.19) ve (3.20), ışın yolunun iki uç noktasındaki refraksiyon açılarının hesaplanması olanağını verir.

(3.19) a göre bu hesabın yapılabilmesi için, iki uç noktadaki K_1 ve K_2 lokal refraksiyon katsayılarının (2.36) dan bulunması, diğer bir deyişle bu noktalarda basınç, sıcaklık ve düşey temperatur gradyentinin ölçülmesi gerekir.

3.4. JORDAN refraksiyon formülü :

Jordan, meteorolojik elemanlara bağı olarak lokal refraksiyon katsayısını

$$K = 0.2325 \frac{P}{P_0} \cdot \frac{1}{(1 + \alpha T)} \left(1 + 29.39 \frac{dT}{dh} \right) \quad 3.21$$

olarak vermiştir[4]. Burada

P ; mmHg olarak hava basıncı,

P_0 ; normal hava basıncı (760 mmHg),

T ; $^{\circ}C$ olarak sıcaklık,

$\frac{dT}{dh}$; düşey sıcaklık gradyenti $^{\circ}C/m$ dir.

(3.21) denkleminde hava basıncı mbar, sıcaklık $^{\circ}K$, sıcaklık gradyenti $^{\circ}C/100 m$. alınır

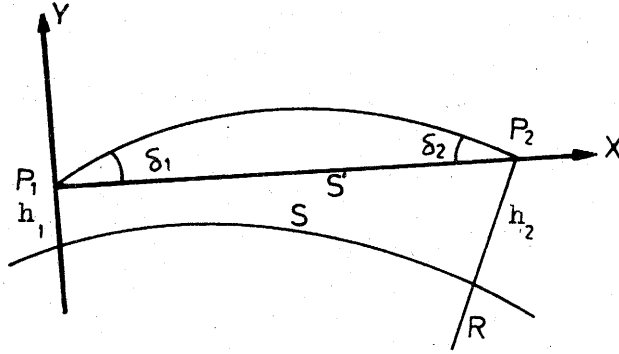
$$K = 5.0036 \frac{P}{T^2} \left(3.40 + \frac{dT}{dh} \right) \quad 3.22$$

elde edilir[14].

Lokal refraksiyon katsayısından, etken refraksiyon katsayısına geçebilmek için öncelikle, ışık eğrisinin 3. dereceden bir parabol olduğu var sayılmıştır;

$$y = Ax + Bx^2 + Cx^3$$

Burada(x ; y), Şekil 3.3 de görülen dik koordinat sistemidir.



Şekil: 3.3 Işın yoluna ait dik koordinat sistemi

P_1 ve P_2 noktalarındaki bilinenler yardımıyla A, B, C katsayıları bulunarak, lokal ve etkin refraksiyon katsayıları arasında aşağıdaki bağıntılara ulaşılır[4];

$$k_1 = \frac{2K_1 + K_2}{3} \quad k_2 = \frac{K_1 + 2K_2}{3} \quad 3.23$$

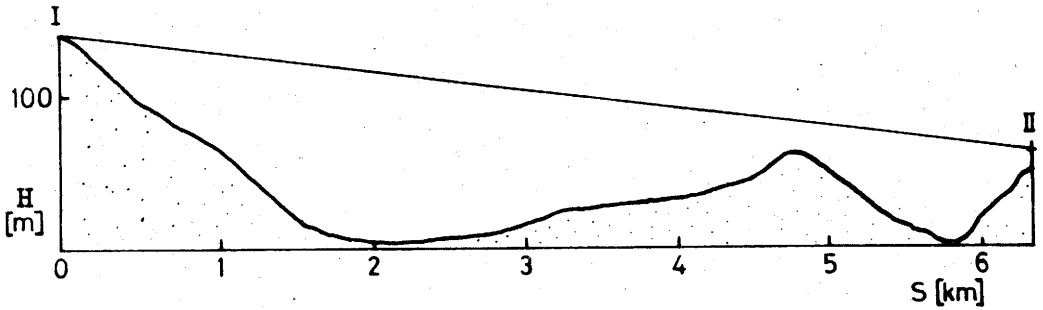
Burda kısaca açıklananlardan başka, Helmert [20] ve Fearnley-Brooks [14] da bu konuda çalışmalar yapmışlardır. Bu çalışmaların tümü belirli bir model atmosfer varsayımlarına dayanmakta ve düşey sıcaklık gradyentinin ölçülmesini zorunlu kılmaktadır. Bu nedenle, trigonometrik nivelmana uygulanabilirlik açısından pratik değeri taşımamaktadırlar.

IV . BÖLÜM

DENEYSEL YOLDAN REFRAKSİYON KATSAYISININ BELİRLENMESİ

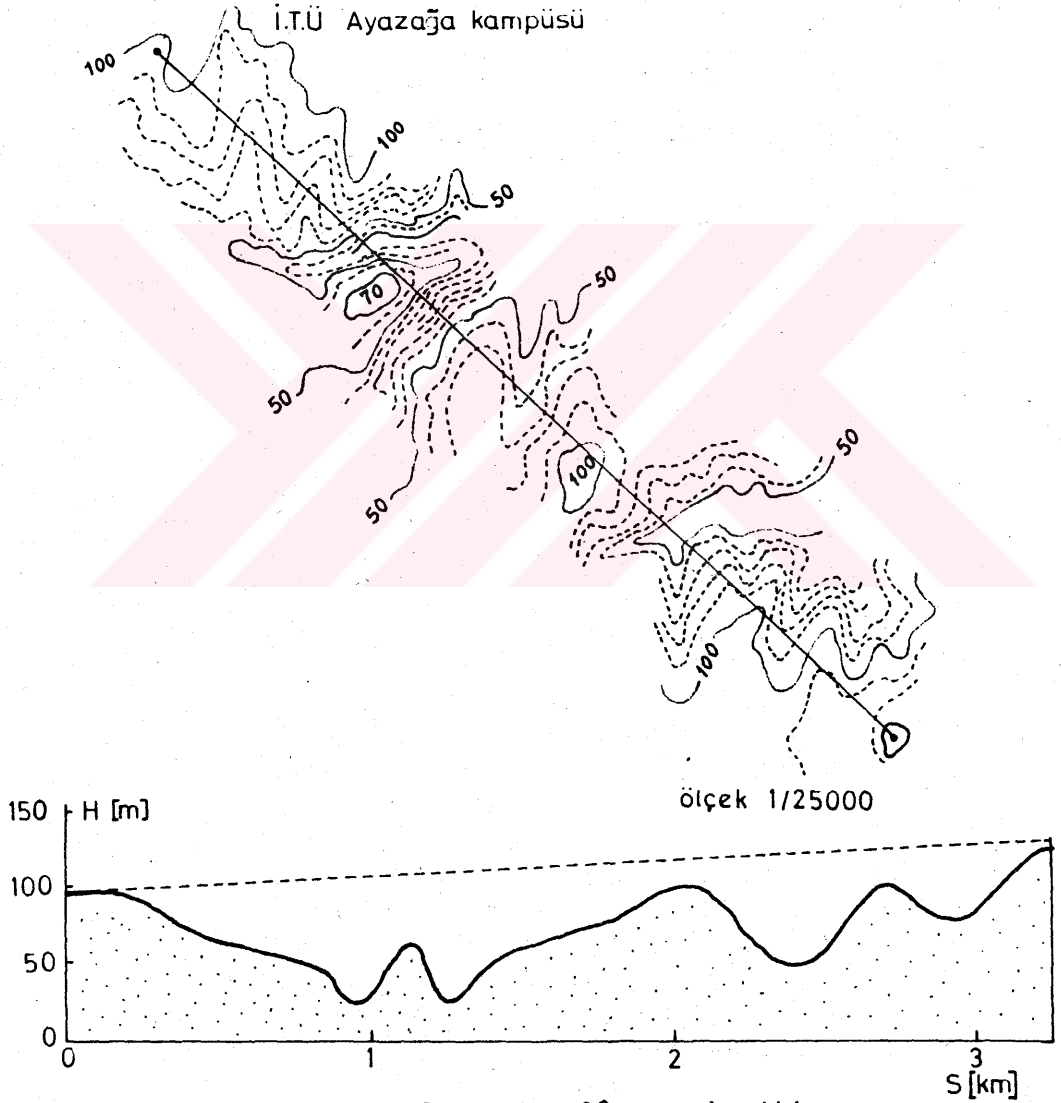
4.1. Uygulama bölgesi ve yöntem seçimi :

I.bölge Külçükçekmece gölünün Kuzey kıyısındaki Atınşehir ile, Batısındaki Kapadık çiftliği arasında seçilmiştir. Uzaklık TELLUROMETRE CA 1000 mikrodalga uzaklık ölçeri ile ölçülmüş, ayrıca mevcut nirengi noktalarının bilinen koordinatlarından hesaplanmış ve $S = 6399.981$ m. olarak elde edilmiştir. Noktalar arasındaki yükseklik farkı, presizyonlu nivelmanla $\Delta H = 84.237$ m. ± 2.25 mm. presizyonla bulunmuştur. Şekil 4.1 de arazinin kesiti görülmektedir.



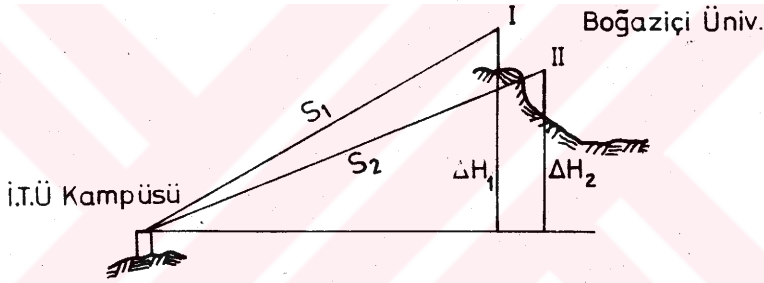
Şekil: 4.1 I. uygulama bölgesinin kesiti

Açı ölçmeleri 1 numaralı noktada başlangıçta sehpa üzerinde son iki gün ölçmeleri ise inşa edilen pilye üzerinde yapılmıştır. Hedef olarak II numaralı noktadaki mevcut demir balizden yararlanılmıştır.



Şekil:4.2 II. uygulama bölgesinin plânı ve kesiti

II. bölge İ.T.Ü. Ayazağa Kampüsü ile Boğaziçi Üniversitesi arasında seçilmiştir (Şekil 4.2). Ayazağa Kampüsündeki noktada, mevcut bir kulübenin içine, teodolitın aynı noktaya merkezleştirilmesini sağlayan bir altlıkla beraber pilye inşa edilmiştir. Boğaziçi Üniversitesi yakınlarındaki bir tepe üzerinde, birbirine çok yakın iki nokta betona gömülen çivi ile tesbit edilmiştir (Şekil 4.3)



Şekil: 4.3 II.Bölgede ölçme düzeni

Uzaklıklar, K+E UNIRANGER elektrooptik uzaklık ölçeri ile ölçülerek $S_1 = 3258.018$ m. $S_2 = 3249.39$ m. bulunmuştur. Noktalar arasındaki yükseklik farkı presizyonlu nivelmanla, $\Delta H_1 = 35.196$ m. , $\Delta H_2 = 31.940$ m. ± 2.02 mm presizyonla elde edilmiştir. Boğaziçi Üniversitesi yakınında tesis edilen noktalara 3.00 m. ± 1 cm. yüksekliğinde ağaç balız dikilmiştir.

4.1.1. Ölçmelerin yapılışı :

Açı ölçmelerinde WILD T3 (alet no: 69372) teodoliti ile Güneşin doğuşu ve batışı arasındaki zaman içinde, enaz yarım saatte bir açı ölçmesi amaçlanmış, ancak, özellikle I. bölgede sis nedeni ile sabah erken saatlerde ölçme yapılamamıştır. Bazı günlerde görülen eksik açı ölçmelerinin nedeni budur.

Hava sıcaklığı, I.bölgede normal termometre, II. bölgede Assmann psikrometresi, hava basıncı Paulin aneroid barometresi ile ölçülmüştür.

4.1.2. Matematik modelin seçimi :

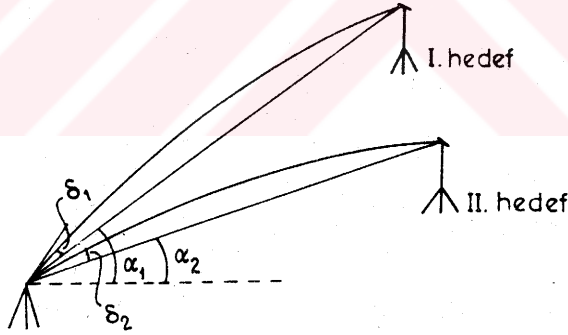
k , refraksiyon katsayısının günlük değişiminin incelenmesi amacı ile, ışık yolu eğrisinin bir daire yayı olduğu varsayımından hareket edilmiştir. Bilinen değerlerden, ölçülen eğim açısına bağlı olarak k nın hesaplanması olanağını veren (1.5) bağıntısı matematik model olarak seçilmiş, buradan elde edilen

$$k = \frac{2R}{S} \tan \alpha - \Delta H \frac{2R}{S^2} + 1 \quad 4.1$$

bağıntısı esas alınmıştır. ΔH , teodolitin nişanlı ekseni ile hedef arasındaki yükseklik farkıdır.

4.1.3. Ulaşılan açı ölçme presizyonu :

II. bölgede yapılan açı ölçmelerinin kontrolü amacı ile, birbirine çok yakın seçilen ve aralarındaki yükseklik farkı presizyonlu nivelman ile belirlenen iki hedef ,aynı zamanda sayılabilecek zaman aralıkları ile gözlenmiştir. Bunun için I. hedefte, aletin 1. durumunda düşey açı ölçmesi yapıldıktan sonra, II. hedefe yönlendirilerek ölçme yapılmıştır. Teodolit'in ikinci durumunda da aynı sıra izlenerek her iki hedefte düşey açılar ölçülmüştür. Bu durumda, iki hedef arasındaki $\Delta\alpha$ düşey açı farkının, refraksiyondan etkilenmeyeceği düşünülmüştür (Şekil 4.4).



Şekil: 4.4 Açı ölçme düzeni

Şekil 4.4 den

$$(\alpha_1 + \delta_1)_i - (\alpha_2 + \delta_2)_i = (\alpha_1 + \alpha_2)_i + (\delta_1 - \delta_2)_i$$

4.2

$$i = 1, \dots, n$$

olur. (4.2) den

$$\delta_1 = \delta_2 \quad \text{için,}$$

$$(\alpha_1 - \alpha_2)_i = \Delta\alpha_i \quad i = 1, \dots, n \quad 4.3$$

bulunur.

Presizyonlu nivelmanla bulunan yükseklik farkına karşılık gelen, refraksiyon hatasından arınmış $\Delta\alpha$ değerini hesaplamak için, (1.5) eşitliği

$$\tan \alpha = \frac{\Delta H}{S} - \frac{S}{2R}$$

biçiminde yazılıp $R = 6370$ km. alınarak ölçülen değerlerden,

$$\alpha_1 = 0.67143 \text{ grad}$$

$$\alpha_2 = 0.60951 \text{ grad}$$

bulunmuştur. Buradan da

$$\Delta\alpha_{\text{kesin}} = 0.06192 \text{ grad}$$

olarak elde edilmiştir.

Her iki hedefe değişik günlerde ve günün değişik saatlerinde yapılan $n = 280$ açı ölçmesinin ortalamasından;

$$\Delta\alpha_{\text{ort}} = 0.06190 \text{ grad}$$

bulunmuştur. Birbirine çok yakın olan bu iki değer,

$(\alpha_1 - \alpha_2)_i = \Delta\alpha_i$ değerlerinin düşey refraksiyon etkisinden bağımsız olduğunu kanıtlamaktadır.

Açı ölçmesinde ulaşılan presizyonu saptamak için;

$$v_i = \Delta\alpha_{\text{ort}} - \Delta\alpha_i \quad i = 1, \dots, n \quad 4.4$$

bağıntısından v_i düzeltmeleri hesaplanmış ve

$$m\Delta\alpha_i = \sqrt{\frac{\sum v_i v_i}{n-1}} \quad 4.5$$

den $m\Delta\alpha_i = \pm 2.65^{\circ}$ bulunmuştur. (4.3) eşitliğine hata yayılma yasası uygulanırsa

$$m\alpha_i = \frac{m\Delta\alpha_i}{\sqrt{2}} \quad 4.6$$

yazılabilir. Buradan bir düşey açı gözlemesinin karesel ortalama hatası;

$$m\alpha_i = \pm 1.87^{\circ}$$

olarak elde edilir.

4.2 Seçilen yöntem ve ölçme düzenine göre refraksiyon katsayısının, umulan presizyonunun araştırılması :

(4.1) bağıntısına hataların yayılma yasası uygulanırsa

$$\begin{aligned} m_k^2 = & \frac{4R^2}{S^4} m_{\Delta H}^2 + \frac{4}{S^4} (\Delta H - S \cdot \tan \alpha)^2 m_R^2 + \frac{4R^2}{S^6} (S \cdot \tan \alpha - 2 \Delta H)^2 m_S^2 + \\ & + \frac{4R^2}{S^2 \cos^4 \alpha} + \frac{m_\alpha^2}{\rho^2} \end{aligned} \quad 4.7$$

bulunur. (4.7) bağıntısı

$$m_k^2 = a m_{\Delta H}^2 + b m_R^2 + c m_S^2 + d m_\alpha^2 \quad 4.8$$

biçiminde yazılabilir.

(4.8) bağıntısında a, b, c, d katsayılarının belirlenebilmesi için, I numaralı hedefe ait değerler yerine konursa;

$$\begin{aligned} a &= 1,44 \cdot 10^{-4} \\ b &= 2,47 \cdot 10^{-18} \\ c &= 1,76 \cdot 10^{-8} \\ d &= 3.77 \cdot 10^{-5} \end{aligned}$$

bulunur.

4.2.1. Yükseklik farkının karesel ortalama hatası :

$$\Delta H = \Sigma \Delta h + a - t$$

olduğundan, hataların yayılma yasası uygulanırsa

$$m_{\Delta H}^2 = m_{\Sigma \Delta h}^2 + m_a^2 + m_t^2 \quad 4.9$$

olur. Burda alet yüksekliğinin ölçülmesinde yapılan hata,

$$m_a = \pm 0.1 \text{ cm.}$$

hedef yüksekliğinin ölçülmesinde yapılan hata,

$$m_t = \pm 1 \text{ cm.}$$

yapılan presizyonlu nivelmandaki hata ise

$$m_{\Sigma \Delta h} = \pm 0.8 \sqrt{S [\text{km}]} \quad [\text{mm.}]$$

bağıntısından, $S = 6 \text{ km}$ için

$$m_{\Sigma \Delta h}^2 = \pm 0.038 \text{ cm}^2.$$

olarak bulunur. Bu değerler (4.9) bağıntısında yerine konursa;

$$m_{\Delta H}^2 = 1.048 \text{ cm}^2.$$

elde edilir.

4.2.2. Uzaklık ölçmesinin karesel ortalama hatası :

Uzaklık ölçmesinde kullanılan aletin prospektüsünde verilen karesel ortalama hatası

$$m_S^2 = 25 + (2S \text{ [km]})^2 \text{ [mm.]}^2$$

dir. Burdan $S = 3258 \text{ m.}$ için

$$m_S^2 = 0.675 \text{ cm}^2$$

bulunur.

4.2.3. Eğrilik yarıçapı hatası :

Ortalama eğrilik yarıçapında $M_R = \pm 5 \text{ km.}$ lik bir hata yapıldığı kabul edilirse (4.8) den

$$m_k^2 = 1.44 \cdot 10^{-4} \times 1.048 + 2.47 \cdot 10^{-18} \times 25 \cdot 10^{10} + 1.76 \cdot 10^{-8} \times 0.675 + 3.77 \cdot 10^{-5} \times 1.87^2$$

$$m_k^2 = 1.5 \cdot 10^{-4} + 6.17 \cdot 10^{-7} + 1.19 \cdot 10^{-8} + 1.32 \cdot 10^{-4}$$

elde edilir. Burada eğrilik yarıçapı ve uzaklık ölçmesinde

yapılacak hataların çok küçük olduğu ve sonucu etkilemediği görülmektedir.

Sonuç olarak

$$m_k^2 = 2.83 \cdot 10^{-4}$$

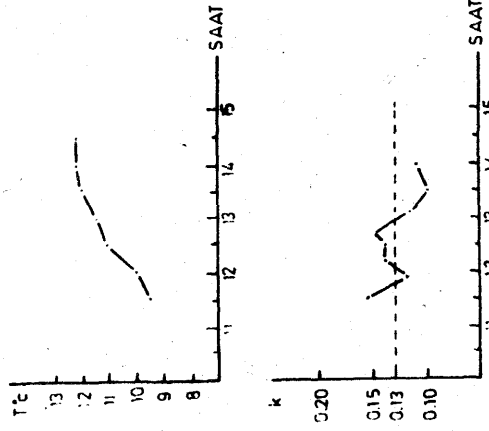
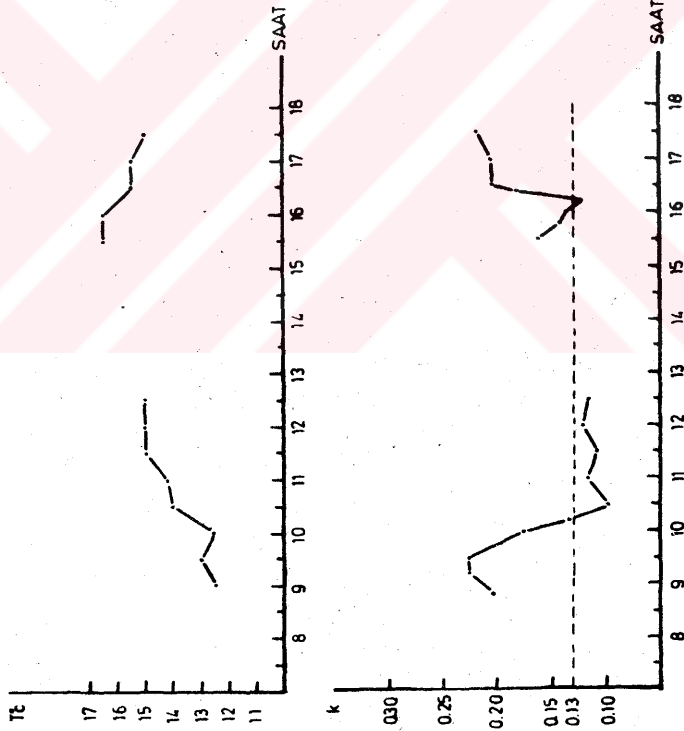
$$m_k = \pm 0.017$$

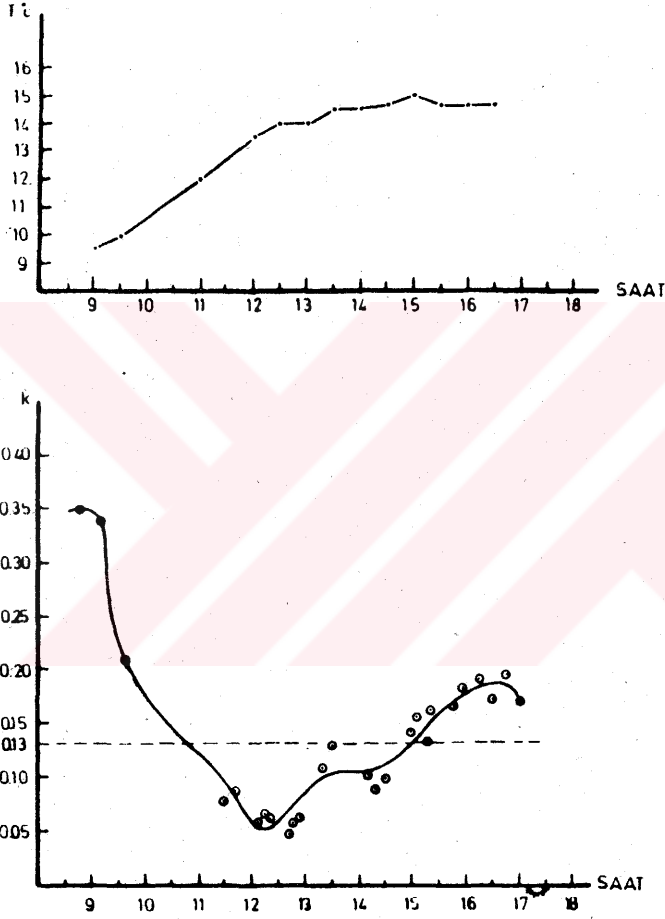
elde edilir.

4.3. k refraksiyon katsayısının günlük değişimi :

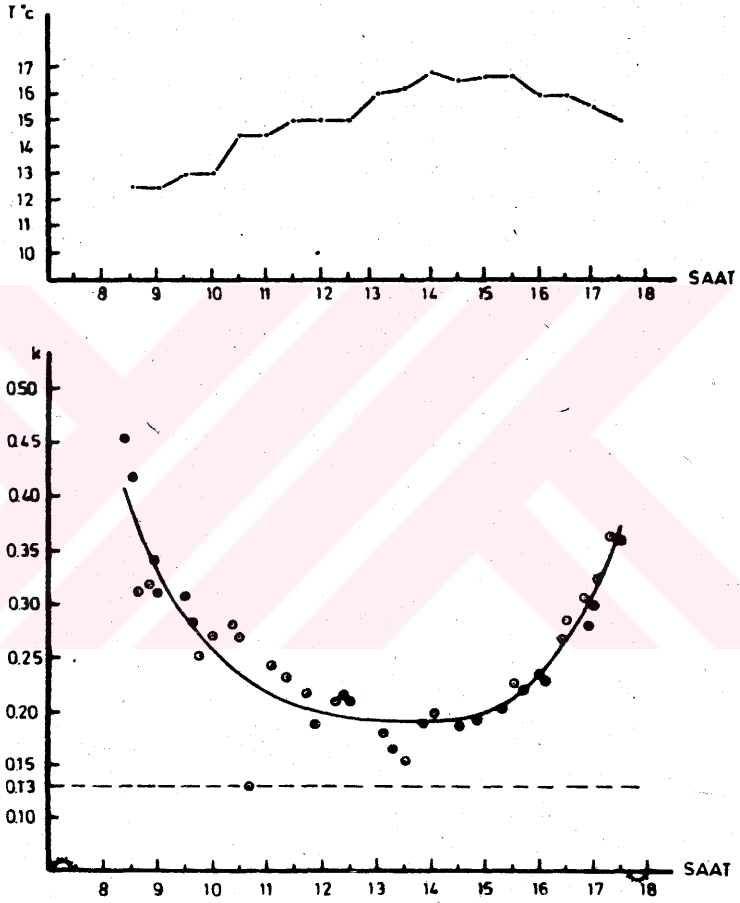
Bölüm (4.1.2) de belirtildiği biçimde değişik mevsim ve günlerde yapılan düşey açı ölçmelerinden, (4.1) eşitliği ile hesaplanan k refraksiyon katsayılarının, bir gün içindeki ve değişik günlerde aynı saatlere karşılık gelen değerlerinin birbirinden oldukça farklı olduğu görülmektedir (Şekil 4.5-4.28). Grafikler,iki hedefte hesaplanan k değerlerinin ortalamalarından çizilmiştir. Söz konusu k değerleri Çizelge 4.1 - 4.18 de verilmiştir.

Refraksiyon katsayısının, Güneşin konumu, sıcaklık ve hava durumu ile yakın ilişki içinde olduğunu Şekil 4.11 açık olarak göstermektedir. Genelde sabah ve akşamüstü, Güneşin doğuşu ve batışından iki saat önce ve sonrasındaki saatlerde maksimum refraksiyon katsayısı değerleri, öğle saatlerinde ise minimum refraksiyon katsayısı değerleri gözlenmektedir.

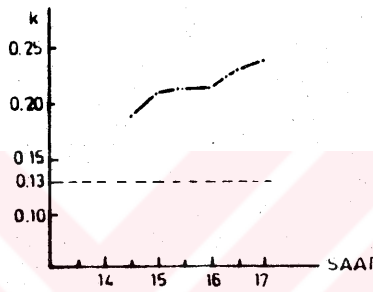
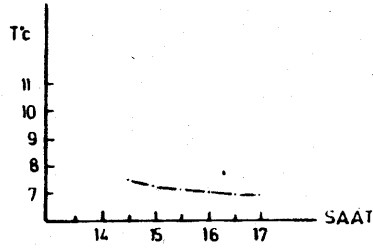




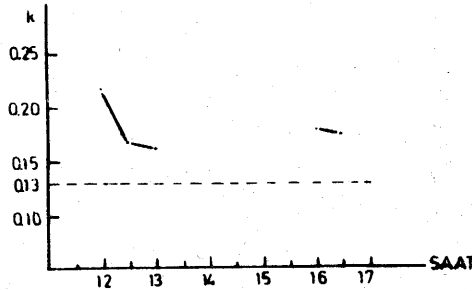
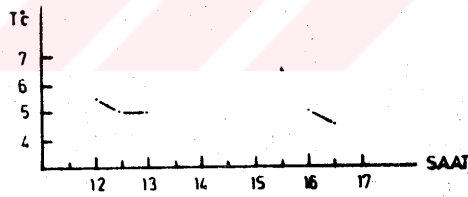
Şekil: 4.7, 22-12-1982, açık hava



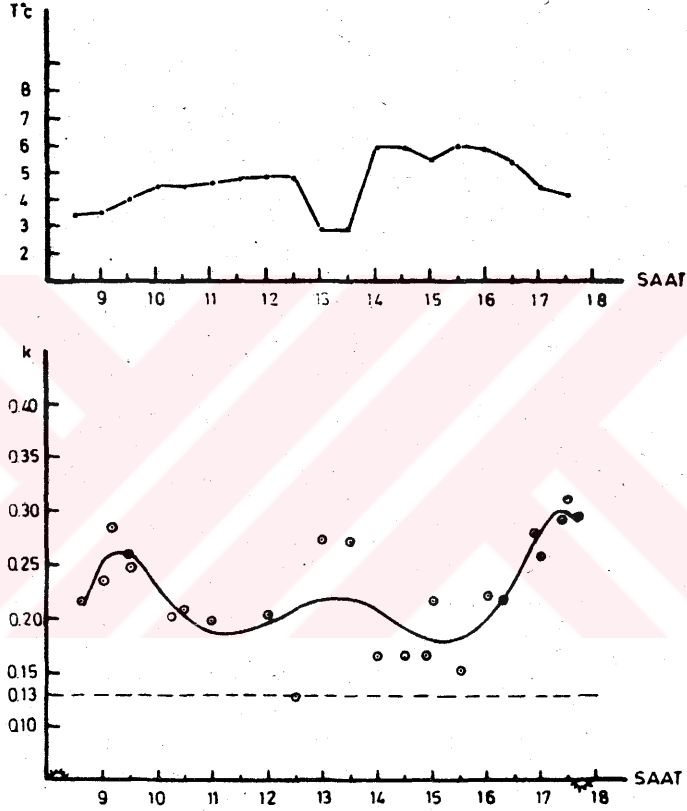
Şekil: 4.8, 23-12-1982, sabah kapalı saat 11.30 dan
sonra açık hava



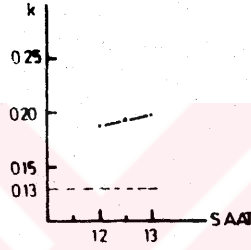
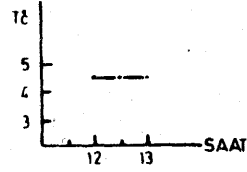
Şekil:4.9, 28-12-1982 kapalı hava



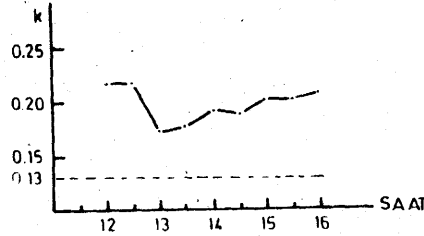
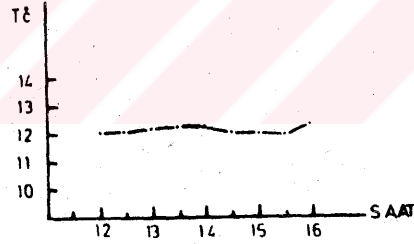
Şikil:4.10, 30-12-1982, kapalı ve kar yağışlı hava



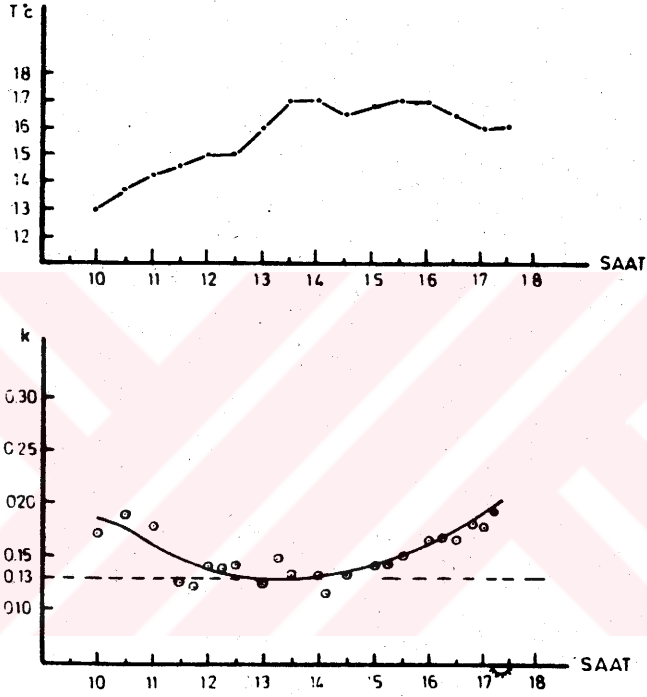
Şekil:4.11, 4-1-1983, parçalı çok bulutlu, 12.30-13.30
saatlerinde kar yağışlı, 15.30 dan sonra açık hava



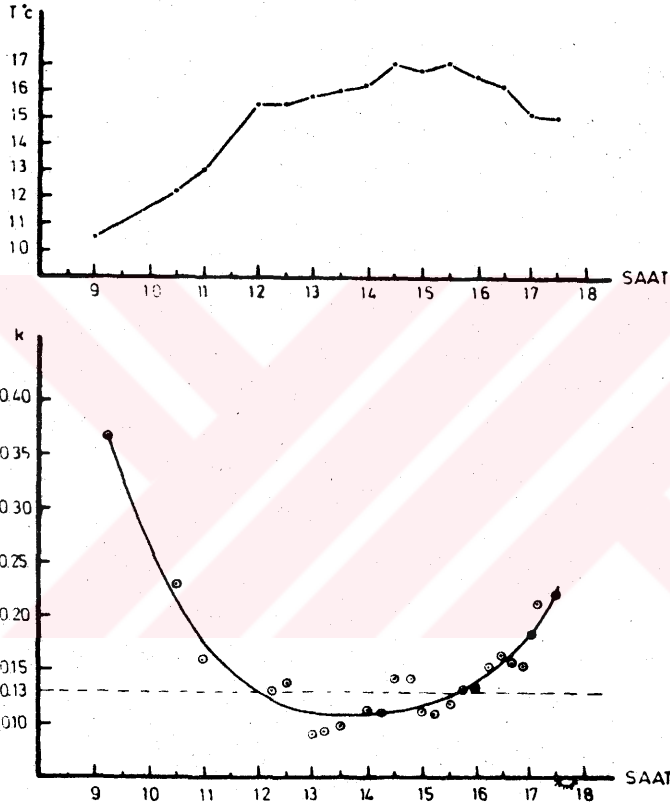
Şekil: 4.12, 17-12-1983, kapalı kar yağışlı hava



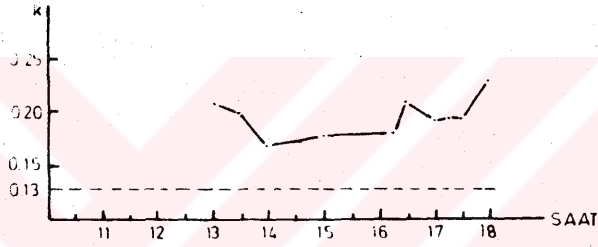
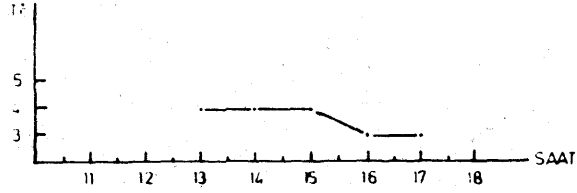
Şekil: 4.13, 19-1-1983 açık ve rüzgârlı hava



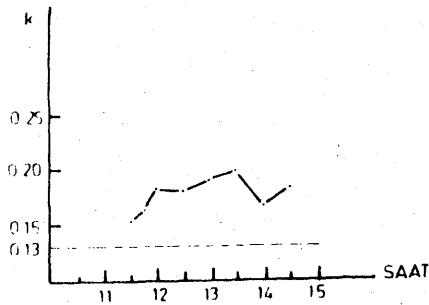
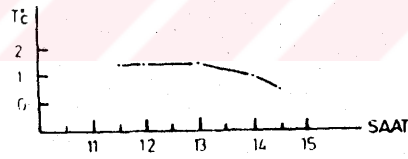
Şekil: 4.14, 8-2-1983, açık ve rüzgârlı hava



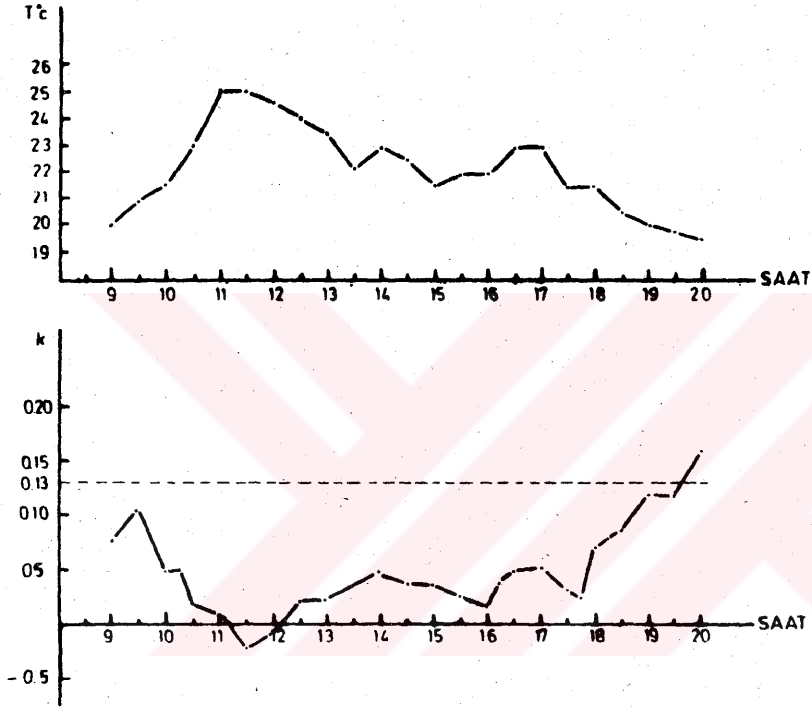
Şekil: 4.15, 9-2-1983, 10.30 a kadar kapalı sonra
açık hava



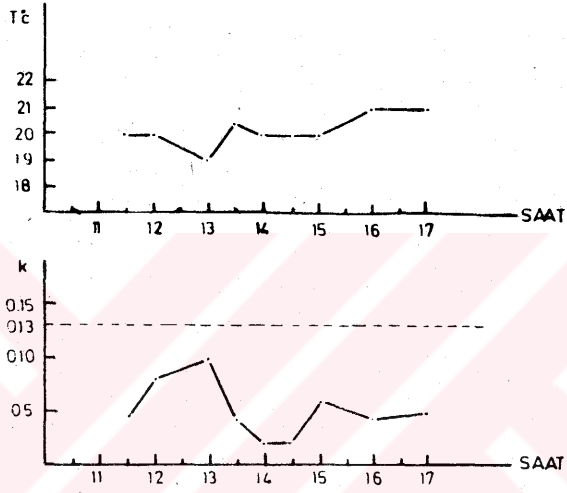
Şekil: 4.16, 21-2-1983, açık hava, yer karla örtülü



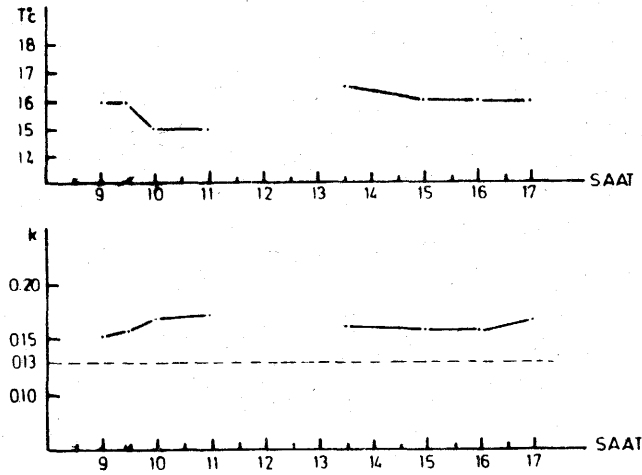
Şekil: 4.17, 25-2-1983, açık hava, yer karla örtülü



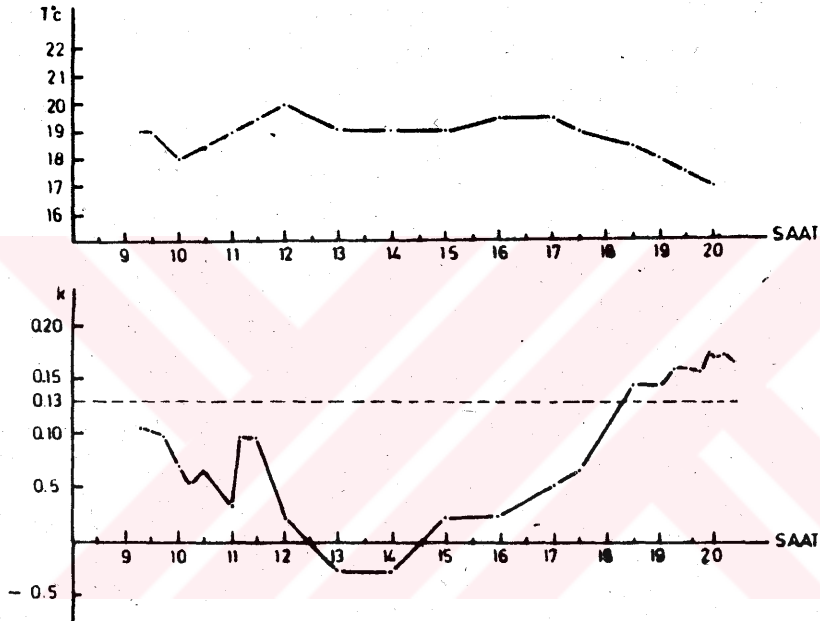
Şekil: 4.18, 2-6-1983, açık hava



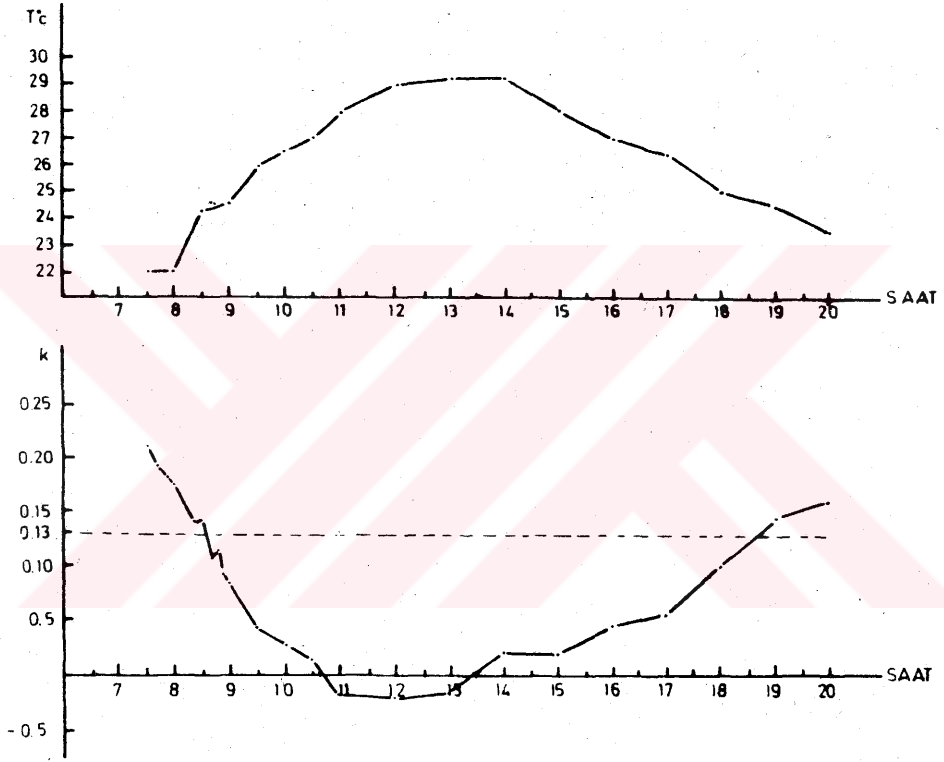
Şekil: 4.19, 3-6-1983, kapalı hava



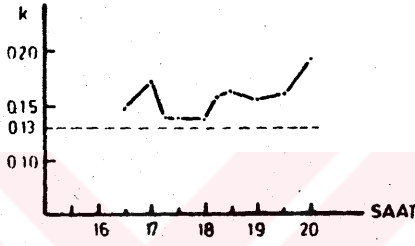
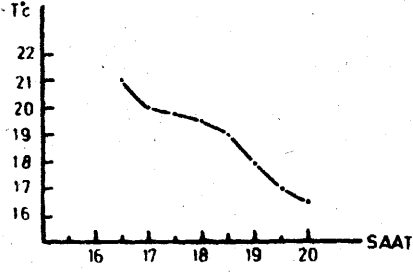
Şekil: 4.20, 8-6-1983 kapalı hava



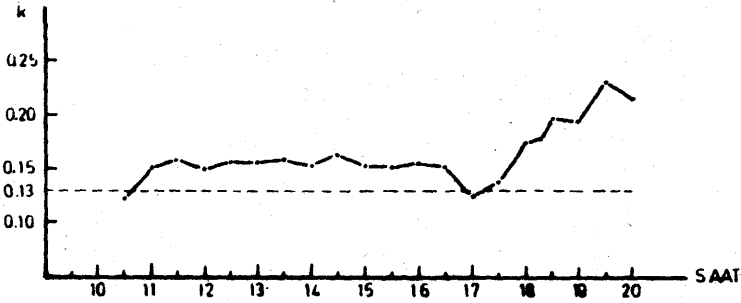
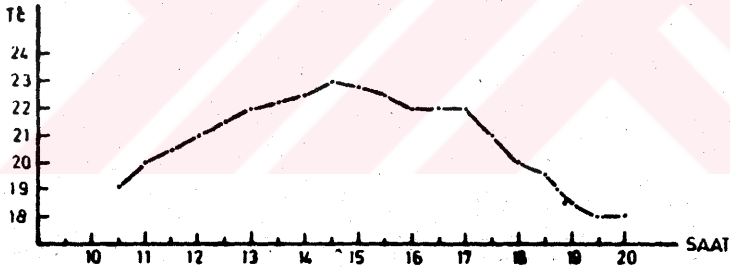
Şekil: 4.21, 10-6-1983, parçalı bulutlu, 18.30 dan
sonra açık hava



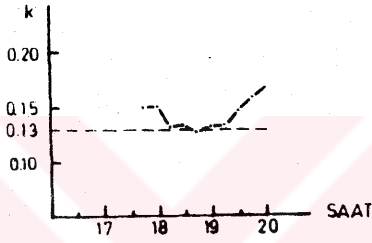
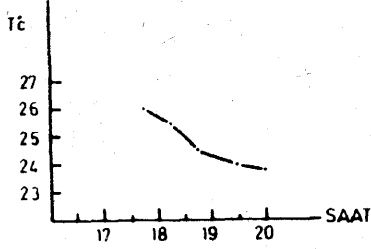
Şekil: 4.22, 20-7-1983 açık hava



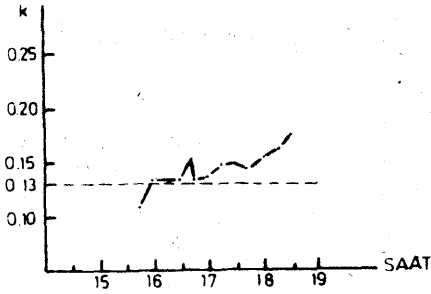
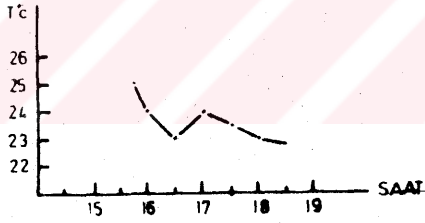
Şekil: 4.23, 1-6-1978, açık hava



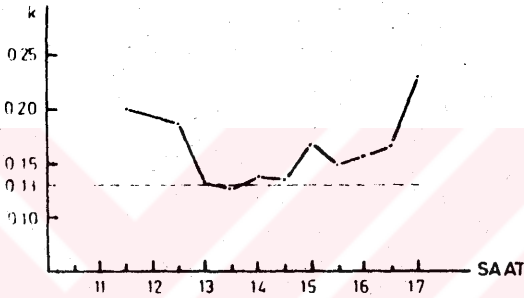
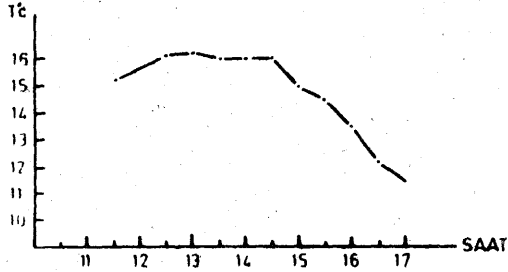
Şekil: 4.24, 2-6-1978 açık ve rüzgârlı hava



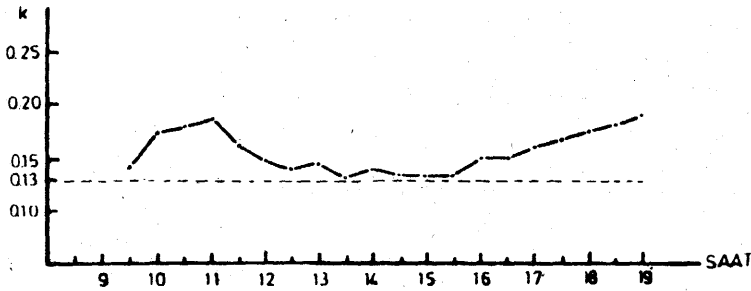
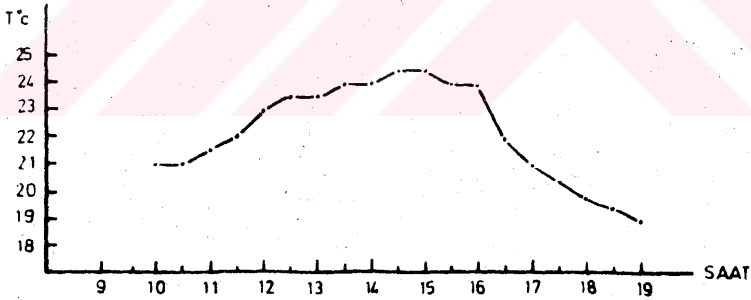
Şekil: 4.25, 2-7-1979 açık hava



Şekil: 4.26, 15-9-1979 açık hava



Şekil: 4.27, 25-10-1978 açık hava



Şekil: 4.28, 26-10-1978 açık ve rüzgârlı hava

Çizelge:4.1 17-12-1982 ölçme sonuçları

saman t	T°C nemli	T°C kuru	basiñ P mmHg	1.hedef α_1	2.hedef α_2	k ₁	k ₂	hava durumu
8.50	10.2	12.5	750	0.67469	0.61280	0.200	0.202	açık ve rüzgârlı
9.10				0.67504	0.61331	0.222	0.233	" "
9.30	10.3	13.0	750.3	0.67484	0.61354	0.209	0.247	" "
10.00	10.5	12.5	751	0.67401	0.61225	0.158	0.168	" "
10.10				0.67366	0.61161	0.137	0.128	" "
10.30	10.5	14.0	750	0.67281	0.61132	0.085	0.110	" "
11.00	10.5	14.2	"	0.67325	0.61160	0.111	0.128	" "
11.30	11.0	15.0	"	0.67322	0.61124	0.113	0.106	" "
12.00	11.0	15.0	"	0.67341	0.61154	0.122	0.124	" "
12.30	11.0	15.0	"	0.67327	0.61146	0.113	0.119	" "
15.30	11.5	16.5	"	0.67395	0.61224	0.155	0.167	" "
15.50				0.67378	0.61192	0.140	0.147	" "
16.00	11.5	16.5	"	0.67371	0.61168	0.140	0.133	" "
16.05				0.67341	0.61153	0.122	0.123	" "
16.15				0.67443	0.61265	0.184	0.192	" "
16.30	11.5	15.5	"	0.67508	0.61259	0.224	0.189	" "
17.00	11.5	15.5	"	0.67506	0.61261	0.223	0.190	" "
17.30	11.0	15.0	"	0.67502	0.61309	0.220	0.220	" "

Çizelge:4.2 21-12-1982 ölçme sonuçları

11.30	7.5	9.5	751	0.67388	0.61214	0.150	0.161	parçalı çok bu-
11.55	7.5	9.5	"	0.67314	0.61160	0.105	0.128	lutlu
12.10	7.5	10.0	"	0.67388	0.61160	0.150	0.128	" "
12.25				0.67352	0.61188	0.128	0.145	" "
12.30	9.0	11.2	"	0.67382	0.61189	0.147	0.146	" "
13.10	9.0	12.0	"	0.67334	0.61119	0.117	0.103	" "
13.20				0.67284	0.61130	0.087	0.109	" "
13.50	9.0	12.2	"	0.67308	0.61119	0.101	0.115	" "

Çizelge: 4.3 22-12-1982 ölçme sonuçları

saman t	T°C nemli	T°C kuru	baskı P mmHg	1.hedef α_1	2.hedef α_2	k ₁	k ₂	hava durumu
8.45	7.5	9.5	754	0.67690	0.61543	0.336	0.364	hafif sisli
9.10				0.67732	0.61466	0.362	0.316	" "
9.35	7.5	10.0	"	0.67478	0.61294	0.206	0.210	" "
10.00								çok sisli
11.20	8.5	12.0	754	0.67320	0.61148	0.109	0.120	açık
11.30				0.67240	0.61110	0.060	0.097	"
11.35				0.67281	0.61099	0.085	0.090	"
12.10	8.5	13.5	"	0.67224	0.61062	0.050	0.067	"
12.15				0.67238	0.61089	0.058	0.084	"
12.20				0.67232	0.61062	0.055	0.067	"
12.40	9.0	14.00	"	0.67220	0.61033	0.047	0.050	"
12.45				0.67225	0.61063	0.050	0.068	"
12.50				0.67220	0.61086	0.047	0.082	"
13.20	9.0	14.5	"	0.67288	0.61126	0.089	0.107	"
13.25				0.67290	0.61152	0.090	0.123	"
13.30	9.3	14.5	"	0.67347	0.61176	0.125	0.138	"
14.15	9.3	14.5	"	0.67272	0.61157	0.079	0.126	"
14.20				0.67258	0.61122	0.071	0.104	"
14.30	9.5	15.0	"	0.67288	0.61122	0.089	0.104	"
15.00	9.5	15.0	"	0.67356	0.61199	0.130	0.152	"
15.05				0.67386	0.61218	0.149	0.163	"
15.20				0.67369	0.61164	0.138	0.130	"
15.45	9.5	14.5	"	0.67400	0.61226	0.158	0.168	"
15.50				0.67420	0.61225	0.170	0.168	"
15.55				0.67442	0.61252	0.184	0.184	"
16.15	9.5	14.5	754.2	0.67446	0.61280	0.186	0.202	"
16.30				0.67435	0.61224	0.179	0.167	"
16.45				0.67505	0.61227	0.222	0.169	"
17.00	9.5	14.5	754	0.67398	0.61247	0.157	0.181	"

Çizelge: 4.4 23-12-1982 ölçme sonuçları

zaman t	T°C nemli	T°C kuru	basiñç P mmHg	1.hedef α_1	2.hedef α_2	k ₁	k ₂	hava durumu
8.20	8.0	12.5	755	0.67860	0.61713	0.440	0.469	bulutlu
8.30				0.67831	0.61619	0.423	0.411	"
8.40				0.67678	0.61428	0.329	0.293	"
8.50				0.67650	0.61483	0.311	0.327	"
9.00	8.0	12.5	755	0.67656	0.61448	0.315	0.305	"
9.30	8.0	12.5	"	0.67621	0.61470	0.294	0.319	"
9.35				0.67613	0.61382	0.289	0.265	"
9.40				0.67529	0.61380	0.237	0.263	"
10.00	8.5	13.0	"	0.67580	0.61398	0.268	0.274	parçalı çok bu- lutlu
10.15				0.67586	0.61432	0.272	0.295	"
10.30	9.5	14.5	"	0.67542	0.61428	0.245	0.293	" "
10.45				0.67362	0.61157	0.134	0.126	güneşli
11.10	9.5	14.5	"	0.67560	0.61327	0.256	0.231	bulutlu
11.20				0.67495	0.61359	0.216	0.250	"
11.45	9.5	14.5	"	0.67476	0.61326	0.204	0.230	açık
11.50				0.67423	0.61272	0.172	0.196	"
12.15	9.7	15.0	755.5	0.67452	0.61329	0.190	0.232	"
12.20				0.67495	0.61304	0.216	0.217	"
12.30	9.7	15.0	"	0.67479	0.61302	0.206	0.215	"
13.00	10.5	16.0	755.8	0.67434	0.61293	0.179	0.210	"
13.05				0.67420	0.61262	0.170	0.191	"
13.10				0.67400	0.61233	0.158	0.173	"
13.45	10.5	16.8	755.8	0.67370	0.61224	0.139	0.167	"
13.50				0.67456	0.61274	0.192	0.198	"
14.05	10.5	16.8	"	0.67480	0.61268	0.207	0.194	"
14.35	10.5	16.5	756	0.67438	0.61269	0.181	0.195	"
14.50	10.5	16.5	"	0.67446	0.61276	0.186	0.199	"
15.20				0.67469	0.61290	0.200	0.208	"
15.30	10.7	16.7	"	0.67500	0.61331	0.219	0.233	"

23-12-1982 ölçme sonuçları

zaman t	T°C nemli	T°C kuru	basınç P mmHg	1.hedef α_1	2.hedef α_2	k ₁	k ₂	hava durumu
15.45	10.7	16.7	756	0.67482	0.61340	0.208	0.239	açık
16.00	10.5	16.0	"	0.67532	0.61333	0.239	0.234	"
16.05				0.67498	0.61342	0.218	0.240	"
16.25				0.67574	0.61410	0.265	0.282	"
16.30	10.5	16.0	755.5	0.67592	0.61431	0.276	0.295	"
16.40				0.67653	0.61446	0.313	0.304	"
16.50				0.67588	0.61419	0.273	0.287	"
17.00	10.0	15.5	"	0.67606	0.61471	0.284	0.320	"
17.10				0.67664	0.61486	0.320	0.329	"
17.20				0.67722	0.61556	0.356	0.372	"
17.30	10.0	15.0	"	0.67712	0.61558	0.350	0.373	"

Cizelge: 4.5 28-12-1982 ölçme sonuçları

14.30	4.5	7.5	754.5	0.67452	0.61252	0.190	0.185	kapalı
15.00	4.3	7.3	"	0.67480	0.61294	0.207	0.210	"
15.20				0.67500	0.61290	0.219	0.208	"
15.30	4.2	7.2	"	0.67510	0.61280	0.225	0.202	"
16.00	4.2	7.2	"	0.67502	0.61294	0.220	0.210	"
16.15				0.67516	0.61310	0.229	0.220	"
16.30	4.0	7.0	"	0.67532	0.61310	0.239	0.220	"
17.00	4.0	7.0	"	0.67550	0.61318	0.250	0.225	"

Cizelge: 4.6 30-12-1982 ölçme sonuçları

12.00	3.7	5.5	751	0.67507	0.61290	0.223	0.208	kapalı kar yağış- lı
12.20				0.67400	0.61142	0.158	0.117	"
12.30	3.0	5.0	750.5	0.67413	0.61220	0.166	0.165	" "
13.00	3.0	5.0	"	0.67407	0.61212	0.162	0.160	" "
13.30								hedefler görün- müyor
16.10	2.0	4.5	"	0.67449	0.61226	0.188	0.168	kapalı
16.30	2.0	4.5	"	0.67451	0.61210	0.189	0.159	"

Çizelge: 4.7 4-1-1983 ölçme sonuçları

zaman t	T°C nemli	T°C kuru	basiñ P mmHg	1.hedef α_1	2.hedef α_2	k ₁	k ₂	hava durumu
8.40	1.6	3.4	760	0.67500	0.61293	0.219	0.210	kapalı
9.00				0.67534	0.61326	0.240	0.230	"
9.10				0.67624	0.61400	0.295	0.276	"
9.25				0.67596	0.61341	0.278	0.239	güneşli
9.30	1.6	3.5	"	0.67558	0.61347	0.255	0.243	"
10.15	2.5	4.5	"	0.67471	0.61279	0.201	0.201	"
10.30				0.67483	0.61290	0.209	0.208	kapalı
11.00	2.6	4.6	"	0.67494	0.61250	0.216	0.183	"
12.00	2.9	4.9	759.5	0.67486	0.61266	0.211	0.193	parçalı bulutlu
12.30	2.9	4.9	"	0.67380	0.61132	0.145	0.111	" "
13.00	1.9	2.9	759.8	0.67596	0.61384	0.278	0.266	kar yağıyor
13.30	1.9	2.9	"	0.67594	0.61384	0.277	0.266	"
14.00	4.0	6.0	759	0.67413	0.61223	0.166	0.167	güneşli
14.30	4.0	6.0	"	0.67400	0.61234	0.158	0.173	puslu
14.50				0.67396	0.61238	0.155	0.176	kapalı
15.00	3.8	5.5	"	0.67496	0.61305	0.217	0.217	"
15.30	3.0	6.0	"	0.67390	0.61197	0.152	0.151	açık
16.00	2.8	5.9	"	0.67496	0.61326	0.217	0.230	"
16.15				0.67496	0.61308	0.217	0.220	"
16.50	2.0	4.5	"	0.67622	0.61386	0.294	0.267	"
17.00	2.0	4.5	"	0.67550	0.61381	0.250	0.264	"
17.20				0.67618	0.61428	0.292	0.293	"
17.30	1.5	3.5	"	0.67630	0.61434	0.299	0.315	"
17.40	1.5	3.5	"	0.67602	0.61452	0.282	0.308	"

Çizelge: 4.8 17-1-1983 ölçme sonuçları

12.00	3.5	4.5	746	0.67438	0.61270	0.181	0.195	kar yağıyor
12.30	3.5	4.5	"	0.67460	0.61260	0.194	0.189	"
13.00	3.5	4.5	"	0.67450	0.61288	0.188	0.207	"

Çizelge: 4.9 19-1-1983 ölçme sonuçları

saman t	T°C nemli	T°C kuru	basınç P mmHg	1.hedef α_1	2.hedef α_2	k ₁	k ₂	hava durumu	
12.00	6.8	12.0	748	0.67502	0.61300	0.220	0.214	açık ve rüzgârlı	
12.30	6.8	12.0	"	0.67490	0.61311	0.213	0.221	"	"
13.00	6.5	12.2	747	0.67420	0.61230	0.170	0.171	"	"
13.30	6.5	12.2	"	0.67420	0.61256	0.170	0.187	"	"
14.00	6.5	12.2	"	0.67466	0.61256	0.198	0.187	"	"
14.30	7.0	12.0	"	0.67444	0.61270	0.182	0.196	"	"
15.00	7.2	12.0	"	0.67488	0.61260	0.212	0.189	"	"
15.30	7.2	12.0	"	0.67472	0.61282	0.202	0.203	"	"
16.00	7.5	12.5	"	0.67477	0.61288	0.205	0.207	"	"

Çizelge: 4.10 8-2-1983 ölçme sonuçları

10.00	8.0	13.0	752	0.67434	0.61220	0.179	0.165	açık ve rüzgârlı	
10.30	8.5	13.7	"	0.67462	0.61252	0.196	0.185	"	"
11.00	8.5	14.3	"	0.67428	0.61242	0.175	0.178	"	"
11.30	9.0	14.6	"	0.67356	0.61154	0.130	0.124	"	"
11.45				0.67332	0.61168	0.116	0.133	"	"
12.00	9.3	15.0	"	0.67382	0.61176	0.147	0.138	"	"
12.15				0.67385	0.61158	0.149	0.127	"	"
12.30	9.0	15.0	751.5	0.67386	0.61180	0.149	0.140	"	"
13.00	9.6	16.0	"	0.67352	0.61150	0.128	0.122	"	"
13.15				0.67390	0.61186	0.152	0.144	"	"
13.30	10.0	17.0	"	0.67372	0.61160	0.141	0.128	"	"
14.00	10.0	17.0	"	0.67360	0.61160	0.133	0.128	"	"
14.15				0.67340	0.61130	0.121	0.109	"	"
14.30	10.0	16.5	"	0.67364	0.61168	0.136	0.133	"	"
15.00	10.3	16.8	"	0.67370	0.61178	0.139	0.139	"	"
15.15				0.67370	0.61188	0.139	0.145	"	"
15.30	10.5	17.0	"	0.67390	0.61192	0.152	0.148	"	"
16.00	10.0	16.5	752	0.67422	0.61218	0.171	0.164	"	"
16.45				0.67437	0.61248	0.181	0.182	"	"

8-2-1983 ölçme sonuçları

zaman t	T°C nemli	T°C kuru	basınç P mmHg	1.hedef α_1	2.hedef α_2	k ₁	k ₂	hava durumu
16.15	10.0	16.5	752	0.67416	0.61212	0.168	0.160	açık ve rüzgârlı
16.30	9.3	16.0	"	0.67416	0.61221	0.168	0.165	" "
16.45				0.67437	0.61248	0.181	0.182	" "
17.00	9.3	16.0	"	0.67420	0.61250	0.170	0.183	" "
17.30	9.3	16.4	"	0.67429	0.61287	0.176	0.191	" "

Çizelge: 4.11 9-2-1983 ölçme sonuçları

9.15	7.0	10.5	755	0.67824	0.61621	0.418	0.412	kapalı
10.30	8.0	12.2	"	0.67522	0.61324	0.233	0.229	"
11.00	9.0	13.0	"	0.67406	0.61210	0.162	0.159	açık
12.15	9.5	15.5	"	0.67350	0.61168	0.127	0.133	"
12.30	9.5	15.5	"	0.67370	0.61174	0.139	0.136	"
13.00	9.5	15.8	"	0.67298	0.61092	0.095	0.086	"
13.15				0.67310	0.61086	0.103	0.082	"
13.30	9.5	16.0	"	0.67296	0.61120	0.094	0.103	"
14.00	9.7	16.2	"	0.67330	0.61135	0.115	0.112	"
14.15				0.67326	0.61125	0.112	0.106	"
14.30	10.0	17.0	"	0.67386	0.61168	0.149	0.133	"
14.45				0.67388	0.61168	0.150	0.133	"
15.00	10.0	16.8	"	0.67322	0.61136	0.109	0.113	"
15.15				0.67330	0.61120	0.115	0.103	"
15.30	10.2	17.0	"	0.67335	0.61142	0.118	0.117	"
15.45				0.67347	0.61172	0.125	0.136	"
16.00	10.0	16.5	"	0.67358	0.61170	0.132	0.134	"
16.15				0.67399	0.61191	0.157	0.147	"
16.30	11.0	16.2	"	0.67407	0.61224	0.162	0.167	"
16.45				0.67406	0.61198	0.162	0.151	"
17.00	11.1	16.1	"	0.67391	0.61206	0.152	0.156	"
17.10				0.67422	0.61252	0.171	0.184	"
17.20				0.67500	0.61285	0.219	0.205	"
17.30	11.1	16.1	"	0.67510	0.61303	0.225	0.216	"

Çizelge: 4.12 21-2-1983 ölçme sonuçları

saman t	T°C nemli	T°C kuru	basınç P mmHg	1.hedef α_1	2.hedef α_2	k ₁	k ₂	hava durumu
13.00	2.1	4.0	756.5	0.67482	0.61290	0.208	0.208	açık; yer karla örtülü
13.30	2.0	4.0	"	0.67452	0.61294	0.190	0.210	" "
14.00	2.0	4.0	"	0.67422	0.61222	0.171	0.166	" "
15.00	1.5	4.0	"	0.67446	0.61220	0.186	0.165	" "
16.15				0.67446	0.61280	0.186	0.202	" "
16.30	1.5	4.0	"	0.67500	0.61270	0.219	0.196	" "
17.00	1.1	3.0	"	0.67453	0.61264	0.190	0.192	" "
17.15				0.67466	0.61264	0.198	0.192	" "
17.30	1.1	3.0	"	0.67456	0.61262	0.192	0.191	" "
18.00	1.1	3.0	"	0.67520	0.61312	0.230	0.226	" "

Çizelge: 4.13 25-2-1983 ölçme sonuçları

11.30	0.5	1.5	766	0.67386	0.61206	0.146	0.156	açık; yer karla örtülü
11.45				0.67412	0.61208	0.165	0.157	" "
12.00	0.5	1.5	"	0.67452	0.61240	0.190	0.177	" "
12.30	0.5	1.5	"	0.67430	0.61252	0.176	0.184	" "
13.00	1.0	1.5	"	0.67452	0.61270	0.190	0.196	" "
13.30	1.0	1.5	"	0.67462	0.61278	0.196	0.200	" "
14.00	0.5	1.0	"	0.67430	0.61212	0.176	0.160	" "
14.30	0.0	0.5	"	0.67438	0.61240	0.186	0.177	" "
14.30								sisli, hedefler görünmüyor

Çizelge: 4.14 2-6-1983 ölçme sonuçları

zaman t	T°C nemli	T°C kuru	basınç P mmHg	1.hedef α_1	2.hedef α_2	k ₁	k ₂	hava durumu
9.00	18.5	20.0	755	0.67292	0.61047	0.091	0.058	parçalı bulutlu
9.30	18.0	21.0	"	0.67303	0.61132	0.098	0.111	" "
10.00	18.0	21.5	"	0.67218	0.61036	0.046	0.051	" "
10.15				0.67218	0.61014	0.046	0.054	" "
10.30	19.0	23.0	"	0.67170	0.60986	0.017	0.021	" "
11.00	21.0	25.0	754.8	0.67160	0.60970	0.010	0.011	" "
11.30	21.0	25.0	"	0.67098	0.60928	-0.028	-0.015	açık
12.00	21.0	24.6	754.6	0.67138	0.60928	-0.003	-0.015	"
12.30	19.5	24.0	"	0.67200	0.60969	0.035	0.010	"
13.00	19.0	23.5	"	0.67189	0.60984	0.028	0.019	"
13.30	19.2	22.2	"	0.67200	0.60994	0.035	0.025	"
14.00	20.0	23.0	754.5	0.67212	0.61043	0.042	0.056	"
14.30	19.5	22.5	"	0.67212	0.61008	0.042	0.034	"
15.00	18.5	21.5	"	0.67192	0.61020	0.030	0.041	"
15.30	19.0	22.0	"	0.67180	0.60998	0.023	0.028	"
16.00	19.0	22.0	"	0.67165	0.60982	0.013	0.018	"
16.15				0.67200	0.61025	0.035	0.045	"
16.30	19.0	23.0	754.2	0.67220	0.61030	0.047	0.048	"
17.00	19.0	23.0	"	0.67224	0.61038	0.050	0.053	"
17.30	18.5	21.5	"	0.67200	0.61000	0.035	0.029	"
17.45				0.67184	0.61006	0.025	0.033	"
18.00	18.5	21.5	"	0.67254	0.61069	0.068	0.072	"
18.15				0.67268	0.61076	0.077	0.076	"
18.30	18.0	20.5	"	0.67282	0.61090	0.085	0.085	"
19.00	18.0	20.0	"	0.67320	0.61156	0.109	0.125	parçalı bulutlu
19.30	18.0	19.8	"	0.67322	0.61141	0.110	0.116	" "
20.00	18.0	19.5	"	0.67396	0.61212	0.155	0.160	kapalı

Çizelge: 4.15 3-6-1983 ölçme sonuçları

zaman t	T°C nemli	T°C kuru	baskınç P mmHg	1.hedef α_1	2.hedef α_2	k ₁	k ₂	hava durumu
11.30	18.5	20.0	753.5	0.67220	0.61022	0.047	0.043	kapalı
12.00	18.5	20.0	"	0.67270	0.61084	0.078	0.081	"
13.00	18.0	19.0	"	0.67308	0.61110	0.101	0.097	"
13.30	19.0	20.5	"	0.67198	0.61029	0.034	0.047	"
14.00	19.0	20.0	"	0.67195	0.60978	0.032	0.016	"
14.30	19.0	20.0	"	0.67176	0.61002	0.020	0.030	"
15.00	19.0	20.0	"	0.67210	0.61080	0.041	0.078	"
16.00	18.0	21.0	"	0.67196	0.61036	0.032	0.051	"
17.00	18.5	21.0	"	0.67222	0.61022	0.048	0.043	"
17.30								yağmurlu, hedef- ler görünmüyor

Çizelge: 4.16 8-6-1983 ölçme sonuçları

9.00	14.5	16.0	756.2	0.67392	0.61192	0.153	0.150	kapalı
9.30	14.5	16.0	"	0.67406	0.61204	0.162	0.155	"
10.00	14.0	15.0	"	0.67422	0.61216	0.171	0.162	"
11.00	14.0	15.0	"	0.67426	0.61228	0.174	0.170	"
13.30	14.0	16.5	"	0.67412	0.61206	0.165	0.156	"
15.00	14.0	16.0	"	0.67410	0.61200	0.164	0.152	"
16.00	14.0	16.0	"	0.67400	0.61204	0.158	0.155	"
17.00	14.0	16.0	"	0.67423	0.61218	0.172	0.164	"
17.30								yağmurlu, hedef- ler görünmüyor

Çizelge: 4.17 10-6-1983 ölçme sonuçları

zaman t	T°C nemli	T°C kuru	baskı P mmHg	1.hedef α_1	2.hedef α_2	k ₁	k ₂	hava durumu
9.15	14.5	19.0	755	0.67306	0.61132	0.100	0.111	parçalı bulutlu
9.30	14.5	19.0	"	0.67306	0.61122	0.100	0.104	rüzgârlı "
9.45				0.67280	0.61098	0.084	0.090	" "
10.00	14.0	18.0	"	0.67254	0.61065	0.068	0.069	" "
10.15				0.67240	0.61028	0.060	0.046	" "
10.30	14.2	18.5	"	0.67258	0.61058	0.071	0.065	" "
11.00	14.0	19.0	"	0.67202	0.61002	0.036	0.030	" "
11.15				0.67308	0.61110	0.101	0.097	kapalı
11.30	14.5	19.5	"	0.67306	0.61102	0.100	0.092	"
12.00	15.0	20.0	"	0.67182	0.60988	0.024	0.022	az bulutlu
13.00	15.5	19.0	754.5	0.67110	0.60902	-0.020	-0.031	"
14.00	15.5	19.0	"	0.67112	0.60900	-0.019	-0.032	"
15.00	15.5	19.0	"	0.67180	0.60990	0.023	0.023	"
16.00	15.5	19.5	"	0.67176	0.61000	0.020	0.029	"
17.00	15.5	19.5	"	0.67234	0.61032	0.056	0.049	"
17.30	15.0	19.0	"	0.67250	0.61068	0.066	0.071	"
18.30	14.0	18.5	753.8	0.67390	0.61190	0.152	0.146	açık
19.00	14.0	18.0	"	0.67406	0.61172	0.162	0.135	"
19.15				0.67423	0.61200	0.172	0.152	"
19.30	13.5	17.5	"	0.67400	0.61218	0.158	0.164	"
19.45				0.67392	0.61222	0.153	0.166	"
19.50				0.67442	0.61230	0.184	0.171	"
20.00	13.5	17.5	753.5	0.67426	0.61214	0.174	0.161	"
20.10				0.67442	0.61222	0.184	0.166	"
20.15	13.3	17.5	"	0.67420	0.61216	0.170	0.162	"

Çizelge: 4.18 20-7-1983 ölçme sonuçları

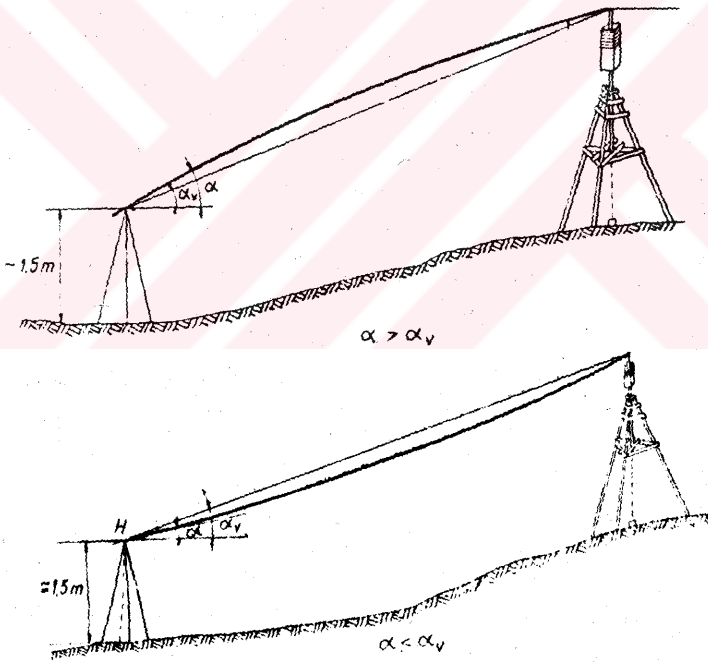
zaman t	T°C nemli	T°C kuru	basınç P mmHg	1.hedef α_1	2.hedef α_2	k ₁	k ₂	hava durumu
7.30	22.0	23.0	753	0.67490	kırık	0.213		puslu
7.50				0.67452		0.192		"
7.55				0.67442		0.184		"
8.00	22.0	23.5	"	0.67428		0.175		"
8.20				0.67370		0.139		"
8.30	22.5	24.2	"	0.67374		0.142		"
8.40				0.67318		0.107		"
8.45				0.67330		0.115		açık
8.55				0.67296		0.094		"
9.00	22.2	24.5	"	0.67280		0.084		"
9.30	22.0	26.0	"	0.67212		0.042		"
10.00	22.0	26.5	"	0.67168		0.015		"
10.30	21.5	27.0	"	0.67170		0.017		"
11.00	21.5	28.0	"	0.67114		-0.018		"
12.00	22.0	29.0	"	0.67110		-0.020		"
13.00	22.0	29.2	"	0.67118		-0.015		"
14.00	22.0	29.2	"	0.67180		0.023		"
15.00	21.5	28.0	"	0.67176		0.020		"
16.00	21.0	27.0	"	0.67220		0.047		"
17.00	21.0	26.5	"	0.67234		0.056		"
18.00	21.0	26.0	"	0.67310		0.103		"
19.00	21.0	24.0	"	0.67390		0.146		"
20.00	21.0	23.5	"	0.67406		0.162		"

Minimum, maksimum refraksiyon katsayıları arasındaki fark, o günkü hava durumu ve mevsimlerle ilişkili olarak çok değişik boyutlara ulaşmaktadır. Örneğin, Şekil 4.14 ve 4.15 incelendiğinde ard arda iki gün içinde birbirlerine çok yakın sıcaklık ve basınç koşullarında yapılan ölçmeleri, bulutluluk ve rüzgar değişik biçimde etkilemiştir. Maksimum ve minimum refraksiyon katsayısı arasındaki fark bir günde $k = 0.30$ iken diğer günde $k = 0.07$ dir. Rüzgârlı günleri içeren grafikler incelenirse sürekli rüzgârın refraksiyon katsayısındaki ani değişimleri ve maksimum refraksiyon katsayısı ile minimum refraksiyon katsayısı arasındaki farkı azaltıcı bir faktör olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır.

Kış aylarında yapılan ölçmelerde, refraksiyon katsayısının yüksek olduğu ve genellikle, Orta Avrupa için verilen, ve halen Türkiyede de kullanılan $k = 0.13$ değerinin üstündeki değerlerde değişim gösterdiği, Yaz aylarında ise genel olarak küçüldüğü ve $k = 0.13$ değerinin altındaki değerlerde değişim gösterdiği gözlenmektedir.

Kış mevsiminde $k = 0.45$ ve yaz mevsiminde $k = - 0.04$ değerini alan katsayılar yerine; trigonometrik nivelman hesabında $k = 0.13$ değeri kullanıldığı takdirde araştırmanın yapıldığı 3258.00 m. uzunluğundaki kenarda -0.14 m. ile $+0.266$ m. mertebesine ulaşan hatalar ortaya çıkacaktır. Uzaklığın artması ile yükseklik farkı hesabında yapılacak hata miktarı uzaklığın karesi ile orantılı olarak artacaktır.

Kış ve Yaz mevsimlerinde ışık ışınının izlediği yol, Bölüm (2.4.1.) de açıklandığı gibi, yeryüzüne yakın hava tabakalarındaki kararsız alt tabakanın yüksekliğine bağlı olarak değişmektedir. k nın pozitif işaretli olması, ışık yolu eğriliğinin yer eğriliği ile aynı yönde, negatif işaretli olması ise ışık yolu eğriliğinin yer eğriliğine ters yönde olduğunu göstermektedir (Şekil 4.29) [5] .



Şekil: 4.29 Işık yolu eğriliğinin yönü

Sıcak ve açık yaz günlerinde, Güneşin doğuşundan 1 saat sonra ve batışından 1 saat öncesi arasında kalan zaman

içinde negatif refraksiyonun varolduğu, negatif refraksiyonun negatif temperatur gradyentinden kaynaklandığı söylenmektedir [11]. Araştırma bölgesinde ise negatif refraksiyon saat 11.00 ile 14.00 saatlerinde ve açık yaz günlerinde elde edilmiştir.

Refraksiyon katsayısının daha güvenilir bir biçimde izlenebilmesi için enküçük kareler yöntemine göre polinomlar ve Fourier serileri ile dengeleyen eğrileri bulunmuştur. Dengelemeden bulunan katsayıların güvenilirliği test edilerek [21] uygun dengeleyen eğriler çizilmiştir. (Şekil 4.7 , 4.8, 4.11 , 4.14 , 4.15). Dengeleyen eğrilerden de görülebileceği gibi refraksiyon katsayısının belirlenebileceği genel bir matematik model elde edilememiştir.

Şekil 4.7 ve 4.8 incelenecek olursa, 22 ve 23 Ocak 1982 tarihlerinde yapılan ölçmelerde, sabah saatlerinde farklı olan hava koşulları saat 11.30 dan sonra açmış ve koşullar eşitlenmiştir. Sıcaklıklar arasında 1°C , basınçlar arasında 1 mbar fark olmasına karşılık, refraksiyon katsayıları arasında büyük farklılıklar görülmektedir. Genelde minimum refraksiyonun gözleendiği 12.00 - 13.00 saatlerindeki katsayılar gözönüne alınırsa, birinci günde $k = 0.05-0.07$ değerleri arasında değişen katsayının ikinci günde, $k = 0.15-0.20$ arasında değiştiği görülmektedir.

Havadaki bulutluluk yüzdesinin refraksiyon katsayısının değişiminin üzerindeki etkisi Şekil 4.11 de gözlenmektedir. Tamamen kapalı havalarda refraksiyon katsayısının genel olarak büyük değerler aldığı Şekil 4.9 , 4.10 , 4.11 , 4.20 de görülmektedir. Ancak 3 Haziranda $k = 0.02-0.10$ değerleri arasında değişirken (Şekil 4.19), 8 Haziranda $k = 0.15-0.172$ değerleri arasında değişmektedir (Şekil 4.20).

4.4. Sonuçların istatistik analizi :

Önceki bölümlerde yapılan açıklamalardan ve bu konudaki literatürden açıkça görüldüğü gibi refraksiyon katsayısını etkileyen en önemli parametre düşey sıcaklık gradyentidir. Düşey sıcaklık gradyenti güneş ışımasına, fiziksel yeryüzünün maddesel yapısına, bitki örtüsüne ve topoğrafyasına, ölçme sırasındaki rüzgâr durumuna bağlı olarak değiştiğinden (Bölüm 2.4) bağımsız bir parametre olarak düşünülemez. Dolayısıyla refraksiyon katsayısı da, yukarıda sayılan parametrelere bağlı bir büyüklüktür. Bu nedenle düşey refraksiyonun trigonometrik nivelmana etkisi kısa zaman aralıklarında bile değişebilmektedir.

Değişik zamanlarda hesaplanan refraksiyon katsayılarının en çok hangi parametrelere bağlı olarak değiştiği ve kendi aralarında bir ilişki olup olmadığı en iyi şekilde, korelas-

yon katsayılarının irdelenmesi ile anlaşılabilir ve gereken yorumlar yapılabilir. Yukarıda kısaca değinilen ilişkileri ortaya çıkarabilmek için iki tür korelasyon araştırması yapılmıştır:

1^o) Çizelge 4.1 - 4.18 de verilen refraksiyon katsayılarının, farklı günlerdeki değerleri arasında korelasyon araştırması,

2^o) Aynı günde, öğle zamanına göre simetrik refraksiyon katsayıları arasındaki korelasyonun araştırılması.

4.4.1. Farklı günlerdeki refraksiyon katsayıları arasındaki korelasyon :

Bir günlük ölçmeden elde edilen korelasyon katsayıları bir örnek küme olarak düşünülmüş, bu kümelerin ümit değeri (gerçek değer)

$$E(k) = \hat{k} = 0.13 \quad 4.10$$

alınmıştır. Her bir örnek kümenin varyansı

$$\sigma_j^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \epsilon_{j,i}^2 \quad 4.11$$

bağıntısından hesaplanmıştır. Burda $j = 1, \dots, k$ ölçme yapılan gün sayısı (örnek küme sayısı), $i = 1, \dots, n$ her bir örnek küme içinde hesaba katılan refraksiyon katsayısı

sayısı,

$$\epsilon_{i,j} = k_{j,i} - 0.13 \quad 4.12$$

dır.

Herhangi iki j ve l günü arasındaki kovaryans

$$\sigma_{j,l} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \epsilon_{j,i} \cdot \epsilon_{l,i} \quad 4.13$$

bağıntısından hesaplandığına göre, j ve l örnek kümeleri arasındaki korelasyon

$$r_{j,l} = \frac{\sigma_{j,l}}{\sigma_j \cdot \sigma_l} = \frac{\sum_{i=1}^n \epsilon_{j,i} \cdot \epsilon_{l,i}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n \epsilon_{j,i}^2 \cdot \sum_{i=1}^n \epsilon_{l,i}^2}} \quad 4.14$$

bağıntısından elde edilen korelasyon katsayıları ile ifade edilmiştir.

(4.11) , (4.13) ve (4.14) bağıntıları ile hesap yapılırken, yalnızca iki günün aynı saatte yapılan ölçmeleri dikkate alınmıştır. Bazı günlerde bu tür karşılıklı k değerleri çok az olduğundan, bu günlere ait korelasyon katsayıları hesaplanamamıştır. Sonuçlar çizelge (4.19) da topluca verilmiştir. Bu hesaplar yalnızca II. araştırma bölgesindeki ölçmelere uygulanmıştır (Çizelge 4.19).

TARİH	22-12-1982	23-12-1982	4-1-1983	19-1-1983	8-2-1983	9-2-1983	21-2-1983	2-6-1983	3-6-1983	8-6-1983	10-6-1983
1) 17-12-1982	0.77	0.68	0.74		0.53	0.38		-0.33			12
2) 22-12-1982		0.63	0.37	-0.40	0.47	0.42		0.08	0.20		-0.31
3) 23-12-1982			0.85	0.96	0.87	0.30	0.84	-0.82	-0.85	-0.90	0.08
4) 4-1-1983				0.72	0.66	0.22	0.97	-0.70	-0.81	0.94	-0.72
5) 19-1-1983					0.54	0.28		-0.98			-0.80
6) 8-2-1983						0.78	0.71	-0.63	-0.50		-0.52
7) 9-2-1983							0.25	-0.36	0.10		-0.12
8) 21-2-1982								-0.95			
9) 2-6-1983									0.94	-0.96	0.74
10) 3-6-1983											
11) 8-6-1983											-0.73

Çizelge: 4.19 Değişik günler arasındaki korelasyon katsayıları

Çizelge 4.19 un ve ilgili günlere ait şekillerin incelenmesinden şu sonuçlara varılabilir.

1^o) Negatif ve mutlak değerce küçük korelasyon katsayıları genellikle kış ve yaz günleri arasında görülmektedir. Bu bakımdan mevsim değişikliğinin refraksiyon katsayısı üzerinde en büyük etken olduğu söylenebilir. Fakat bu savla ilişkili sonuçlar da alınmıştır. Örneğin $r_{4,11} = 0.96$ değeri 4-1-1983 ile 3-6-1983 günleri için elde edilmiştir.

2^o) Sıcaklık ve basınç değişikliklerinin, aynı mevsim içindeki değişik günlerde refraksiyon katsayısı üstünde önemli bir etkisi olmadığı Çizelge 4.20 de belirtilen günler arasındaki korelasyon katsayılarından anlaşılmaktadır.

Tarih	T ^o C		P mbar		Hava durumu
	min.	max.	min.	max.	
23-12-982	12.5	16.8	755	756	Parçalı bulutlu 11.30 dan sonra açık
4-1-983	3.4	6.0	759	760	Parçalı bulutlu, kar yağışlı 15.30 dan sonra açık
19-1-983	12.0	12.5	747	748	Açık ve rüzgârlı
8-2-983	13.0	17.0	751.5	752	Açık ve rüzgârlı
21-2-983	3.0	4.0	756.5	-	Açık ve yer karla örtülü
3-6-983	15.0	16.0	756.2	-	Kapalı

Çizelge: 4.20 Değişik günlerdeki meteorolojik koşullar

Çizelge 4.20 deki günler arasındaki korelasyon katsayıları;

$$r_{3,4} = 0.85 , \quad r_{3,5} = 0.96 , \quad r_{3,6} = 0.87 , \quad r_{3,8} = 0.84$$

$$r_{4,5} = 0.72 , \quad r_{4,8} = 0.97 , \quad r_{4,11} = 0.94 ,$$

bulunmuştur.

Bu irdelemeler sonucunda sıcaklık, basınç, hava durumu ve farklı mevsimler ile refraksiyon katsayısı arasında kesin bir bağıntı kurmanın olanaksız olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır. Refraksiyon katsayısına, burada incelenmeyen Güneş ışıması ile düşey sıcaklık gradyanının etkisinin büyük olduğu ve dikkate alınması gerektiği söylenebilir. Fakat düşey sıcaklık gradyanının belirlenmesinin güçlüğü ve jeodezik ölçmelere uygulanmasının pratik olmadığı daha önceki bölümlerde açıklanmıştı.

4.4.2 Aynı gün içindeki refraksiyon katsayıları arasındaki korelasyon :

Aynı gün içindeki refraksiyon katsayıları arasındaki korelasyonun incelenmesi için, o günkü katsayılar öğle zamanına göre ikiye bölünmüş ve Güneşin doğuşu ile batışında yapılan ilk ölçmelere göre eşleştirilerek bir dizi oluşturulmuştur. Korelasyon katsayıları (4.10,....,4.14) bağıntı-

ları ile hesaplanmış ve korelasyon katsayıları hesaplanan günler aşağıda sıralanmıştır.

17-12-1982	$r = 0.83$
22-12-1982	$r = 0.80$
23-12-1982	$r = 0.99$
4-1-1983	$r = 0.77$
8-2-1982	$r = 0.87$
9-2-1983	$r = 0.67$
2-6-1983	$r = 0.96$
10-6-1983	$r = 0.89$

Elde edilen sonuçlardan, refraksiyon katsayısının, bir gün içindeki almış olduğu değerlerinden, meteorolojik koşullarda ani değişiklikler olmadığı sürece, öğle zamanına göre simetrik saatlerde aynı katsayının kullanılabileceği sonucu ortaya çıkmaktadır.

I. ci bölgedeki ölçmelerin II. bölge ile kıyaslanması yapıldığı zaman (Şekil 4.23-4.28). Ölçmelerin genel olarak yaz aylarında ve açık havada yapılmış olmalarına karşılık; II. bölgede elde edilen negatif refraksiyon katsayıları bulunamadığı gibi, refraksiyon katsayısının $k = 0.13$ değerinin üzerinde ve nisbeten düzgün bir biçimde değiştiği gözlenmektedir. Şekil 4.1 incelendiğinde, ışık ışınının izlediği yolun II. bölgeden çok farklı olduğu ve yere yakın hava tabakalarının etkisinden uzakta olduğu görülmektedir. Ayrıca Büyükçekmece gölünün sonuçlar üzerinde etkili olduğu da söylenebilir.

4.4.5. Sonuç ve öneriler :

Refraksiyon katsayısının günlük değişiminden ve sonuçların istatistik analizinden de görüldüğü gibi, refraksiyon katsayısı için kullanılabilir pratik bir formül verme olanağının olmadığı ve ortalama bir katsayının tüm mevsimler ve bütün bir gün boyunca geçerli olmayacağı sonucu ortaya çıkmaktadır. Sonuç olarak refraksiyon katsayısının, trigonometrik nivelman üzerindeki önüne geçilemeyen etkisinin mümkün olduğu kadar azaltılabilmesi için alınacak önlemler söz konusu olmaktadır. Bu önlemler; mevsimler, hava durumu, Güneşin konumu ve arazinin profili gözönüne alınarak aşağıdaki biçimde değerlendirilebilir.

1^o) Ölçmelerin mümkün olduğu kadar dengeli hava koşullarının bulunduğu günlerde yapılmasına çalışılmalıdır. Böylece refraksiyon katsayısının ani değişikliklerinin etkisi minimum düzeyde olacaktır.

2^o) Güneşin doğuşu ve batışına çok yakın saatlerde ölçmeler yapılmamalıdır. Bu saatler, görüntünün netliği ve titreşimin hiç olmaması gibi ölçmelerin yapılabileceği en uygun saatler gibi görünmesine karşılık, refraksiyon katsayısının en büyük değerinde olduğu ve çok hızla değiştiği saatlerdir.

3^o) Trigonometrik nivelman hesabında ortalama bir katsayı kullanıldığı takdirde

a- Ölçmelerin yapıldığı mevsim

b- Ölçmelerin yapıldığı saatler

gözönüne alınarak değişik katsayılar kullanılmalıdır.

Bu ortalama katsayılar, yapılan ölçmelerin değerlendirilmesi sonucunda aşağıdaki biçimde elde edilmiştir. Burada;

$$k_{\text{ort}} = \frac{k}{n} \quad n = \text{belirlenen } k \text{ değeri sayısı}$$

m_k = bir k değerinin karesel ortalama hatası,

M_k = ortalama k değerinin karesel ortalama hatasıdır.

1- Maksimum refraksiyon katsayılarının gözlendiği, Güneşin batışından iki saat öncesi ile doğuşundan iki saat sonrasını kapsayan zaman aralığı içinde yapılan ölçmeler için,

$$\text{Kış aylarında: } k_{\text{ort}} = 0.207, n = 124, m_k = 0.043, M_k = 0.004$$

$$\text{Yaz aylarında: } k_{\text{ort}} = 0.124, n = 51, m_k = 0.035, M_k = 0.005$$

bulunmuştur.

2- Minimum refraksiyon katsayılarının gözlendiği, Güneşin doğuşundan iki saat sonra başlayarak batışından iki saat öncesine kadar olan zaman aralığında yapılan ölçmeler için,

$$\text{Kış aylarında: } k_{\text{ort}} = 0.116, n = 118, m_k = 0.029, M_k = 0.003$$

$$\text{Yaz aylarında: } k_{\text{ort}} = 0.027, n = 61, m_k = 0.025, M_k = 0.003$$

bulunmuştur

4°) Ölçmelerin mümkün olduğu kadar refraksiyon katsayısının minimum olduğu ve az değiştiği saatlerde yapılması, refraksiyon katsayısının ani değişmelerinden doğacak hatayı giderme olanağını verecektir. Ancak yaz aylarında, bu saatlerdeki titreşimin, hedefe yöneltme güclüğü yarattığı, bu yüzden yöneltme hatasının açı ölçmesini fazlaca etkileyeceği gözönünde bulundurulmalıdır.

LITERATÜR

- [1] Olliver, J.G.-Clendinnig, J. Principal of Surveying, 4. edition,
- [2] Grossmann, W. Vermessungskunde III. De Gruyter, Berlin, 1979
- [3] Bachmann, E. Vermessungskunde, Archimedes Verlag, Germany, 1968
- [4] Jordan/Eggert/Kneissl Handbuch der Vermessungskunde, band III. Stuttgart, 1956
- [5] Kalman, H. Der Refraktionseinfluss in der trigonometrischen Höhenmessung, F.I.G. International Conference section II. Budapest, 1970
- [6] Levallois, J.J. Etude sur la refraction géodésique et le nivellement barométrique, Institut Géographique National, Paris, 1953
- [7] Angus-Leppan, F.V. A study of refraction in the lower atmosphere, E. Survey Review, no:120-121-122, 1961
- [8] Burnside, C.D. Electromagnetic distance measurement, London, Crosby Lockwood and son Ltd, 1971
- [9] Özgen, M.G. Optik olarak boyların ölçülmesi çeviri, İ.T.Ü. 1963
- [10] Levallois, J.J. Géodésie Générale, Tome: I, Eyrolles, Paris, 1969
- [11] Bahnert, G. Zum Refraktionseinfluss auf die trigonometrische Höhenmessung, Vermessungstechnik no:12 1971

- [12] Bomford, G. Geodesy, III. edition, Oxford 1971
- [13] Sutton, O.G. Atmospheric turbulence, Methuen Co Ltd. London 1960
- [14] Past Frans Kritischer Vergleich der Refraktionsformeln für trigonometrische Höhenmessung und Versuch einer systematischen Ordnung DGK, C/75 München, 1965
- [15] Angus-Leppan, P.V. Diurnal and seasonal variations in the coefficient of refraction, the Canadian Surveyor, Vol XXI, no:2, 1967
- [16] Brückner, R. Deterministische Meteorologische Modelle (EDM). In H. Pelzer (ed) Geodätische Netze In Landes- und Ingenieurvermessung, K. Wittwer-Verlag, 1980
- [17] Kukkamäki, T.J. Über die nivellitische Refraktion, Veröffentlichungen des Finnischen Geodätischen Institutes, Helsinki, no:25 1938
- [18] Cooper, M.A. Fundamental of Survey Measurement and Analysis, London, Locwood and Son Ltd, 1973
- [19] Dufour, H.M. Etude générale de la correction angulaire finie (reduction ala corde) pour une courbe quelconque tracée sur le plan ou sur la sphère, Bulletin Géodésique, no:25 1952
- [20] Helmert, F.R. Die mathematischen und physikalischen Theorien der höheren Geodäsie, teil 2, Leipzig, 1962
- [21] Aksoy Ahmet Jeodezik ölçülerin irdelenmesi İ.T.Ü. Kütüphanesi, 1974

TEŞEKKÜR

Çalışma süresince yardım, ilgi ve katkılarından dolayı Doktora Yöneticim sayın Prof.M.Gündoğdu ÖZGEN'e; görüş ve deneyimlerinden yararlandığım sayın Prof.Dr.Ahmet AKSOY'a; araştırma konusu ve kapsamının oluşturulmasında değerli bilgilerinden yararlandığım Doç.Dr.Orhan BAYKAL'a ; arazi ölçmeleri sırasında yardımlarını esirgemeyen Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümündeki tüm arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

ÖZGEÇMİŞ

1944 yılında Adapazarı'nda doğdum. İlk ve orta okul birinci sınıfını Anadolu'nun değişik kentlerinde okuduktan sonra İstanbul Gazi Osman Paşa Orta okulundan ve 1961 yılında Kabataş Erkek Lisesi'nden mezun oldum. Bir yıl D.D.Y.Liman Atelyesinde çalıştım. 1963 yılında K.T.Ü.İnşaat Fakültesi'ne girdim ve 1968 yılında mezun oldum. Aynı yıl İ.T.Ü Yapı İşleri Başkanlığında bir yıl çalıştıktan sonra vatani görevimi yaptım. 1971 yılında İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü Jeodezi Kürsüsüne teknisyen olarak girdim ve aynı yıl asistan olarak atandım. Halen Araştırma Görevlisi olarak vazifeme devam etmekteyim.

Evli ve iki çocuk babasıyım.

Y. G.
Yükseköğretim Kurulu
Doğrudan Kurumlar