

BAROMETRİK YÜKSEKLİK TAYİNİNDE
HASSASİYET ARAŞTIRMASI

Y.Müh. Hüseyin Ince

Karadeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce

"D o k t o r"

Ünvanının Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Veriliş Tarihi : 31 Ekim 1986

Tezin Sözlü Savunma Tarihi : 3 Nisan 1987

Doktora Yöneticisi : Doç.Dr.Türkay Tüdeş
(K.Ü.)

Jüri Üyesi : Prof.Dr.Tahsin Tokmanoğlu
(I.Ü.)

Jüri Üyesi : Doç.Dr.Salih Zeki Uzuner
(K.Ü.)

TEŞEKKÜR

Bu araştırmada, ilk tez yöneticiliğini kabul eden fakat bu araştırma bitmeden vefat eden merhum değerli hocam Prof.Dr. Erdoğan ÖZBENLİ'yi rahmetle anarım.

1985 yılında hocamın vefatı üzerine yöneticiliği kabul eden değerli hocam Sayın Doç.Dr.Türkay TÜDEŞ'e; değerli jüri yeleri Sayın Prof.Dr.Tahsin TOKMANOLU ve Sayın Doç.Dr.Salih Zeki UZUNER'e Őükranlarımı; Selçuk niversitesi ğretim yelelerinden Sayın Yard.Doç.Dr.Gürol BANGER'e; Devlet Meteoroloji İŞleri Genel Müdürlüğünden Genel Müdür Yardımcısı Sayın Sadettin DEMİRKIRAN'a, Aletler Dairesi BaŐkanı ve personeline, Trabzon Bölge Meteoroloji Müdürü Sayın Yılmaz ARI'ya ve personeline; Őekillerin iziminde yardımcı olan bölümümüz teknik ressamı YaŐar YAVUZ'a ve çalıŐmam süresince sabır ve anlayıŐ gösteren kıymetli eŐime teŐekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

İ Ç İ N D E K İ L E R

1

ÖZET 1v

SUMMARY vi

GİRİŞ 1

1. ÖN BİLGİLER 3

1.1. Basınç Kavramı, Basınç Birimleri 3

1.2. Atmosferin Yapısı 4

1.2.1. Gaz Kanunları 5

1.2.2. Gaz Karışımlarının Yoğunluğu 6

1.3. Meteorolojik Faktörlerin Yükseklikle Değişimi 8

1.3.1. Sıcaklığın Yükseklikle Değişimi 8

1.3.2. Buhar Basıncının Yükseklikle Değişimi 9

2. BAROMETRİK YÜKSEKLİK TAYİNİ 13

2.1. Barometrik Yükseklik Tayininin Matematik Modeli 13

2.2. Kullanılan Aletler ve Ölçme Metodları 18

2.2.1. Kullanılan Aletler. 18

2.2.2. Ölçme Metodları 22

3. BAROMETRİK YÜKSEKLİK TAYİNİNİN HASSASİYETİ 25

3.1. Genel Formülün Elde Edilmesinde Yapılan

Kabullerden Doğan Hatalar 26

3.1.1. e'/P Oranının İncelenmesi 27

3.1.2. Ölçü Noktasındaki Hava Yoğunluğunun Dikkate

Alınması. 27

3.1.3. Yerçekimi Düşey Bileşeninin Dikkate Alınması 29

3.1.4. Meteorolojik Faktörlerin Değişimlerinin Etkisi 29

3.2. Ölçülerden Doğan Hatalar 34

3.2.1. K Değerinin Hatası. 36

3.2.2. Sıcaklık Ölçüsünün Hatası 37

3.2.3. Ortalama Enlemin Hatası 38

3.2.4. Buhar Basıncının Hatası 38

3.2.5. Ortalama Yüksekliğin Hatası 39

3.2.6. Basınç Ölçüsündeki Hata 40

- 3.3. Faktörlerin Hassasiyete Etkileri
4. BAROMETRİK YÜKSEKLİK GENEL FORMÜLÜNÜN YENİDEN DÜZENLENMESİ
 - 4.1. Yeniden Düzenlenmiş Barometrik Yükseklik Formülü
 - 4.2. Yeniden Düzenlenmiş Formül ile Genel Formülün Karşılaştırılması
5. GENEL FORMÜLÜN VE YENİDEN DÜZENLENMİŞ FORMÜLÜN SADELEŞTİRİLMESİ VE BÖLGESEL FORMÜLLER
 - 5.1. Genel formülün ve Yeniden Düzenlenmiş Formülün Sadeleştirilmesi
 - 5.2. Yükseklik Farklarının Grafik Metoda Bulunması
 - 5.3. Belirli Bir Bölge İçin Formül Düzenlenmesi
 - 5.3.1. Enlem Bakımından İnceleme
 - 5.3.2. Ortalama Yükseklik Bakımından İnceleme
 - 5.3.3. Ortalama Buhar Basıncı Bakımından İnceleme
 - 5.3.4. Genel Formülde Ortalama Basınç İçin İnceleme
6. ATMOSFER BASINCI VE SICAKLIĞININ ZAMANA GÖRE DEĞİŞİMLERİNİN BAROMETRİK YÜKSEKLİK TAYİNİNE ETKİSİ
 - 6.1. Basıncın Zamana Göre Diferansiyel Değişimlerinin İncelenmesi
 - 6.2. Bir Noktadaki Basınç Değişme Miktarı Biliniyorken Diğer Noktadaki Miktarın Teorik Olarak Hesaplanması
 - 6.3. Düzensiz Basınç Değişmelerinin Ölçüye Olan Etkilerinin Azaltılması
 - 6.3.1. Basıncın Düzeltilmiş Değişme Miktarlarının Hesaplanması
 - 6.3.2. Düzeltilmiş Basınçların Hesaplanması
 - 6.3.3. Düzeltilmiş Basınç Hesabında Özel Durumlar
 - 6.4. Sıcaklığın Zamana Göre Değişimlerinin İncelenmesi

7.	BÖLGESEL UYGULAMA	81
7.1.	Uygulama Bölgesi	81
7.2.	Uygulanan Barometrik Yükseklik Ölçme Metodu ve Kullanılan Aletler	83
7.2.1.	Basınç Ölçüsünde Kullanılan Aletler	83
7.2.2.	Sıcaklık ve Buhar Basıncı Ölçüsünde Kullanılan Aletler	85
7.2.3.	Kullanılan Madeni Barometrelerin Kalibrasyon Hatalarının İncelenmesi	86
7.3.	Uygulama Yerlerinde Noktaların Seçimi ve Ölçmelerin Yapılması	88
7.4.	Değerlendirme	94
7.4.1.	Bölgesel Formül Düzenlenmesi	94
7.4.1.1.	Enlem Bakımından İnceleme	94
7.4.1.2.	Ortalama Yükseklik Bakımından İnceleme	94
7.4.1.3.	Bölgede Buhar Basıncı - Sıcaklık İlişkileri	97
7.4.1.4.	Bölge İçin Uygun Barometrik Yükseklik Formülünün Geliştirilmesi	99
7.4.2.	Ölçülerin Değerlendirilmesi, Yükseklik Farklarının ve Hataların Hesabı	101
7.4.2.1.	Barometrik Ölçülerin Değerlendirilmesi	101
7.4.2.2.	Yükseklik Farklarının ve Hataların Hesabı	102
7.5.	Hata ve Varyans Analizi ve Hesap Sonuçlarının Yorumlanması	102
7.5.1.	Hata ve Varyans Analizi	104
7.5.2.	Hesap Sonuçlarının Yorumlanması	104
8.	SONUÇ	111
	FAYDALANILAN KAYNAKLAR	114
	EKLER	120
	ÖZGEÇMİŞİ	148

ÖZET

Atmosfer basıncının yükseklikle değişiminden belirli şartlar altında faydalanılarak yükseklik veya yükseklik farkı hesaplanmasına barometrik yükseklik tayini denir. Barometrik metodla yükseklik farklarının bulunmasında, esas olarak kullanılan basınç-yükseklik bağıntısı, barometrik yükseklik tayininin genel formülüdür. Ancak pratik maksadlar için basınç-yükseklik bağıntısı, mekanik bir sistemle gerçekleştirilerek yükseklik veya yükseklik farkı daha düşük prezisyonla doğrudan elde edilebilir.

Basınç-yükseklik bağıntısının çıkarılmasında, meteorolojik faktörlerin ölçü noktalarında zamana göre değişme miktarlarının aynı olduğu kabul edilmiştir. Fakat uygulamada bu faktörlerin düzensiz olabilecek değişmelerinin, ölçüye olacak olumsuz etkilerinin nasıl azaltılabileceği konusu yeterli şekilde ortaya konulmamıştır. Ayrıca barometrik yükseklik genel formülü uygulamada daha kolay kullanılması bakımından - araştırmacılar tarafından Orta Avrupa ülkeleri için geçerli olmak üzere kısıtıldığı halde, memleketimizde Doğu Karadeniz bölgesinin haricinde genel olarak barometrik yükseklik bağıntısının ne şekilde kısıtlanabileceği konusu yeteri kadar açıklığa kavuşturulmamıştır.

Yapılan bu çalışmada, önce barometrik yükseklik tayini ile ilgili fiziksel bağıntılar, kullanılan aletler ve ölçme metodları hakkında gerekli açıklamalar yapıldıktan sonra çeşitli faktörlerin barometrik yükseklik tayininin hassasiyetine olan etkileri araştırılmıştır.

Barometrik yükseklik tayininin hassasiyetine, genel formülün çıkarılmasında yapılan kabullerden doğan hataların ve ölçülere kaynaklanan hataların etkili olduğu görülerek, bunların içinde en önemlisinin basınç ve sıcaklık ölçü hataları olduğu tesbit edilmiştir. Yapılan incelemede, genel formülün çıkarılmasındaki kabullerden doğan hataların hassasiyet üzerindeki etkisinin, basınç ve sıcaklık ölçü hatalarının etkilerinin yanında önemsiz olduğu anlaşılmıştır.

Barometrik yükseklik genel formülünün çıkarılmasında, ha

yoğunluğuna ait bağıntısının bir kısmının entegral işleminden önce, içinde basınçla ilgili değişken bir terim bulunan bir kısım bağıntısının ise entegral işleminden sonra dikkate alındığı görülmüştür. Hava yoğunluğuna ait bağıntısının tamamının entegral işleminden önce dikkate alınmasının uygun olacağı göz önüne alındığında;

$$\Delta H = K(1+\alpha t)(1+\beta \cos 2\psi)\left(1 + \frac{2 H}{r}\right) \log \frac{P_1^{-0.378} e}{P_2^{-0.378} e}$$

bağıntısı elde edilmiştir. Yeniden düzenlenen formül ve genel formül ile hesaplanan yükseklik farklarının sonuçları arasındaki farkın $\Delta H=1500$ m'de -0.10 m olduğu görülmüştür.

Ölçü noktalarında basıncın zamana göre diferansiyel değişme miktarlarının (dp_1 , dp_2) yükseklik hesabına olan etkilerinin sıfır olması için indirgenmiş basınç değerleri (P_1 , P_2) ile basınç değişme miktarları arasında;

$$\frac{dp_1}{P_1} = \frac{dp_2}{P_2}$$

eşitliğinin sağlanması gerekmektedir. Barometrik ölçmelerde bu bağıntı sağlanamadığı durumlarda, ardışık çözümle düzeltilecek dp_2 ve P_2 hesaplanmıştır.

Bölgesel uygulamanın yapıldığı Doğu Karadenizde bölgenin coğrafi konumu, topoğrafik durumu ve buhar basıncı-sıcaklık ilişkileri dikkate alınarak bölge için yeni bir barometrik yükseklik formülü düzenlenmiştir. Bölgede sahil istasyonlarından alınan verilerle teşkil edilen $e=f(t)$ fonksiyonlarının, bir yıllık verilerden $e=A+B t$ şeklinde düzenlenmesinin yeterli olduğu görülmüştür. Bölge için örnek olarak alınan Trabzon-Zigana güzergahında seçilen üç ayrı sahada yapılan barometrik ölçmelerde, buhar basıncı yerine kullanılan $e=f(t)$ fonksiyonunun sonuca olan etkisinin ± 0.03 ile ± 0.35 m olduğu, buhar basıncı yerine, ölçünün yapıldığı aya ait geçmiş yıllardaki buhar basıncı aylık ortalama değerinin de belirli bir hataya kadar alınabileceği görülmüştür.

S U M M A R Y

Barometric height, at certain conditions can be determined by using atmospheric pressure changes. The general equation used for the calculation of height by barometric method is pressure-height relationship. However, for practical purposes, the pressure-height relationship for height determination, is obtained by a mechanical system with a low precision.

In deriving pressure-height relationship, it is assumed that the changes in all meteorological factors with time are similar. However, in practice, the effects of these changes on the measured values of height are not considered.

In central European countries the general barometric height equation is used in a modified form, however, in our country except Eastern Karadeniz region, there is no serious attempt to simplify this long and complex equation.

In this research, the effects of different factors including physical equations, the instruments and the measurement techniques on the precision of barometric height measurement values are investigated.

It was found that the most important factors which effect the accuracy of barometric height measurements were the errors introduced by pressure and temperature readings. It was found that the experimental errors were resulted from the calibration procedure used for this work. In this investigation it was observed that the assumptions made in deriving the general equation, had no effect on the precision of the experimental results.

In deriving barometric height equation there are two different parameters which depend on air pressure and density. Previous workers have used one of these parameters before the integral of the whole equation was taken, and the other parameter was used after the integral process. In this work the expression which depends on air density was taken into account before the integration and a new equation was obtained :

$$\Delta H = K(1+\alpha t)(1+\beta \cos 2\varphi)\left(1 + \frac{2H}{r}\right) \log \frac{P_1^{-0.378} e}{P_2^{-0.378} e}$$

At a $\Delta H=1500$ m the difference of the results obtained from the new formula and old general equation was found to be -0.10 m.

The correction procedure for the effects of pressure changes on the height determination was explained.

As a result of this work, a new barometric height equation was developed for the Eastern Karadeniz Region. This equation takes into account all the parameters including geographic and topographic positions, vapour pressure and temperature changes.

The $e = f(t)$ function, obtained using the data from the seaside stations is applied to measure the vapour pressure of the air for the inland of Karadeniz region. The results were used in general formula. As a results it was found that $e=f(t)$ function can sucessfully be used to measure the height differences instead of using vapour pressure technique.

GİRİŞ

Atmosfer basıncının yükseklikle değiştiği bilinmektedir. Bu değişimden belirli şartlar altında faydalanılarak yükseklik (veya yükseklik farkı) hesaplanmasına barometrik yükseklik tayini denir. Kabul edilen belirli atmosfere göre, geliştirilen basınç-yükseklik bağıntısı mekanik bir sistemle gerçekleştirilerek yükseklikler, doğrudan elde edilebildiği gibi, meteorolojik ölçü değerlerinin sözü edilen bağıntıda yerine konulması ile noktalar arasındaki yükseklik farkı hesapla da bulunabilir. Mekanik yoldan yükseklikleri doğrudan doğruya okuma imkânı veren aletlerle elde edilebilecek doğruluk derecesi sınırlıdır. Meteorolojik ölçü değerlerinden hesap yoluyla - gerekli düzeltmeler getirilerek - elde edilecek yükseklik farklarının doğruluk derecelerinin daha yüksek olacağı tabiidir. Bu çalışmada, söz konusu bu ikinci yol, ele alınacak ve incelenecektir.

Barometrik yükseklik tayininde doğruluk derecesinin, kullanılan aletin okuma inceliğine ve hesaplanacak yükseklik farkının büyüklüğüne göre ± 1 ila ± 3 m arasında değiştiği çeşitli araştırmalarla ortaya konmuştur (JORDAN/EGGERT/KNEISSL 1956, s. 155; GROSSMANN 1965, s.52). Noktalar arasındaki yükseklik farkını daha prezisyonlu elde edebilmek maksadıyla şimdiye kadar değişik tipte barometreler, çok sayıda fiziksel bağıntılar ve ölçme metodları geliştirilmiştir.

Basınç-yükseklik temel bağıntısının çıkarılmasında, meteorolojik faktörlerin ölçü noktalarında zamana göre değişme miktarlarının aynı olduğu kabul edilmiştir. Ancak bu faktörlerin ölçü noktalarında düzensiz olabilecek değişimlerinin ölçüye olacak olumsuz etkilerinin nasıl azaltılabileceği konusu yeterli şekilde ortaya konulmamıştır.

Barometrik yükseklik bağıntıları incelendiğinde, bir kısmının temel (genel) formülün bazı terimlerinin belirli bir bölge için ortalama değerleri alınarak kısaltıldığı, kısaltılan formüllerin başka yerlerde uygulanmasında bir takım mahzurlar olabileceği görülür. Topoğrafik özellik bakımından büyük fark-

lılıklar gösteren yurdumuzda, Doğu Karadeniz Bölgesi için geliştirilen formülün (UZUNER 1976) haricinde, diğer bölgelerde formülün özüne dokunulmadan ne şekilde kısaltılabileceği konusu yeteri kadar açıklığa kavuşturulmamıştır.

Bu çalışma, barometrik yükseklik tayininin hassasiyetine etkili olan faktörlerin detaylı olarak araştırılması; genel formülün çıkarılışının irdelenerek yeniden düzenlenmesi; belirli bir bölge için formül düzenlenmesi ve meteorolojik faktörlerin zamana göre değişimlerinin barometrik yükseklik tayinine etkilerinin araştırılması konularının aydınlatılması gayesiyle yapılmış ve konu yedi bölüm halinde ele alınmıştır.

Birinci bölümde; basınç kavramı, atmosfer basıncı, atmosferin yapısı, gaz kanunları ve meteorolojik faktörlerin yükseklikle değişimi hakkında ön bilgiler verilmiştir.

İkinci bölümde; barometrik yükseklik ölçüsünün matematik modeli, ölçüde kullanılan aletler ve ölçme metodları hakkında gerekli bilgiler sunulmuştur.

Üçüncü bölümde; barometrik yükseklik ölçüsünün hassasiyetine etkili olan faktörler araştırılmıştır.

Dördüncü bölümde; barometrik yükseklik genel formülünün çıkarılışı irdelenerek genel formülün yeniden düzenlenmesi konusu ele alınmıştır.

Beşinci bölümde; genel formülün ve yeniden düzenlenen formülün kısaltılması ve belirli bir bölge için formül düzenlenmesi araştırılmıştır.

Altıncı bölümde; meteorolojik faktörlerin zamana göre değişimlerinin barometrik yükseklik tayinine etkisi incelenmiştir.

Yedinci bölümde; bölgesel uygulama ile ilgili olarak bölgenin topoğrafik yapısı, coğrafi konumu, buhar basıncı-sıcaklık ilişkilerinin incelenmesi, bölge için uygun barometrik yükseklik formülünün geliştirilmesi ve bölgenin muhtelif yerlerinde yapılan barometrik ölçülerin değerlendirilmesi hakkında bilgiler verilmiştir.

Bu çalışma sonunda varılan, yeni sayılabilecek tesbit ve teklifler sonuç bölümünde ortaya konulmuştur.

1. ÖN BİLGİLER

Barometrik yükseklik tayini, atmosfer basıncının yükseklikle değişimiyle; basınç ise havanın yoğunluğu, sıcaklığı ve buhar basıncı ile çok yakından ilgili olduğu için, bu bölümde kısaca; basınç kavramı, birimleri, atmosfer basıncı, atmosferin yapısı ve belirtilen meteorolojik faktörlerin yükseklikle değişimleri hakkında bilgiler verilecektir.

1.1. Basınç Kavramı ve Basınç Birimleri

Genel olarak basınç, kuvvetin yüzeye oranı olarak tarif edilir (ENER 1972, s.176). Buna göre atmosfer basıncı, birim alan üzerindeki hava kütesinin ağırlığıdır. Atmosfer basıncı deniz seviyesinden itibaren yükseldikçe, üzerindeki hava kütle si azalacağından küçülür.

$$\text{Basınç (P)} = \frac{\text{Kuvvet}}{\text{Yüzey}}$$

Basınç birimi, tarif içinde yer alan birimlere göre ifade edilmektedir.

C.G.S. birimler sisteminde

$$P = \frac{\text{din}}{\text{cm}^2}$$

M.K.S. birimler sisteminde ise

$$P = \frac{\text{Newton}}{\text{m}^2}$$

dir.

$1.013 \cdot 10^6 \text{ din cm}^{-2} = 1.013 \cdot 10^5 \text{ Newton m}^{-2}$ lik bir basınç bir atmosfer adı verilir (SEARS/WEHR/ZEMASKY 1968, s.318).

Basınç birimi olarak ifade edilen bar (b) ve milibar (mb)

$$1 \text{ b} = 10^6 \text{ din cm}^{-2},$$

$$1 \text{ mb} = 10^{-3} \text{ b} = 10^3 \text{ din cm}^{-2}$$

şeklinde ifade edilmektedir. Buna göre

$$1 \text{ Atmosfer basıncı} = 10^3 \text{ mb}$$

dır.

Basınç ölçüsünde kullanılan bir kısım aletlerde basınç birimi olarak milimetre civa (mmHg) kullanılmaktadır. Milibar ile mmHg arasında şöyle bir bağıntı vardır (BEERY/BOLLAY/BEERS 1945 ,s.25) :

$$1 \text{ mmHg} = 1.33322387 \text{ mb,}$$

$$1 \text{ mb} = 0.75008 \text{ mmHg.}$$

Yine basınç birimi olarak ifade edilen torr ile mb ve mmHg arasındaki bağıntılar şöyledir (MÖLLER 1962,s.4) :

$$1 \text{ torr} = 1.333224 \text{ mb ,}$$

$$1 \text{ mb} = 0.750062 \text{ torr ,}$$

$$1 \text{ mmHg} = 1.000 00014 \text{ torr} = 1.0 \text{ torr.}$$

1.2. Atmosferin Yapısı

Atmosfer basıncı, atmosferi meydana getiren elemanlar ve havanın yoğunluğu ile doğrudan ilgilidir.

Atmosfer, ideal bir gaz karışımı olan kuru hava ile su buharından meydana gelmiştir. Atmosfer içinde yer alan gazların hacim yüzdeleri ve molekül ağırlıkları Çizelge 1.1 de verilmiştir (HUMPREYS 1964,s.81; TVERSKOI 1962,s.16).

GAZ	% olarak hacim	Molekül ağırlığı
Azot	78.09	28.02
Oksijen	20.95	32.00
Argon	0.93	39.88
Su Buharı	değişken	18.02
Karbondiyoksit	0.03	44.00
Neon	$0.18 \cdot 10^{-2}$	20.00
Kripton	$0.01 \cdot 10^{-2}$	82.90
Helyum	$0.53 \cdot 10^{-3}$	4.00
Ozon	değişken	48.00
Ksenon	$0.08 \cdot 10^{-4}$	130.20
Hidrojen	$0.05 \cdot 10^{-3}$	2.02

Çizelge 1.1. Atmosferdeki gazların hacim yüzdeleri ve molekül ağırlıkları (HUMPREYS 1964,s.81).

1.2.1. Gaz Kanunları

Atmosfer gaz halinde olduğundan; yoğunluğa ait bağıntıların elde edilmesi bakımından gerekli termodinamik bağıntılar şu şekilde özetlenebilir:

a. Mariotte Kanunu

Sıcaklık derecesi sabit kalan bir gazın hacmi (V), basıncı (P) ile ters orantılı olarak; gazın yoğunluğu (ρ) ise basıncı ile doğru orantılı olarak değişir (BAYKUT 1979, s.50). Bu kanun matematiksel olarak

$$P V = C$$

$$\rho V = C' \quad (1.1)$$

şeklinde ifade edilebilir. Burada C ve C' sabit birer büyüklüktür.

b. Gay - Lussac Kanunu

t sıcaklığında bir gazın genişleme oranı

$$\frac{V}{V_0} = 1 + \alpha t \quad (1.2)$$

ile ifade edilir. Burada;

V : t°C deki gazın hacmi,

V₀ : 0°C " " hacmidir.

Ayrıca,

$$\alpha = \frac{1}{272.851} = 0.003665$$

bütün gazlar için sabit bir katsayıdır (MÜLLER 1962, s.6; JORDAN/EGGERT/KNEISSL 1956, s.437) ^x). Yukarıdaki bağıntılar yar-

^x) : α katsayısının değeri çoğu kaynaklarda (HUMPREYS 1964, s.70; MÜLLER 1962, s.18; TVERSKOI 1962, s.71) $\alpha = 1/273$ olarak verilmektedir. Son yıllardaki çalışmalarda $\alpha = 1/273.15$ değeri verilmektedir (WEAST 1983, F-241).

dimıyla

$$\rho = \rho_0 \frac{P}{P_0} \frac{1}{1+\alpha t} \quad (1.3)$$

bağıntısı elde edilir. Burada;

ρ_0 : 0°C deki gazın yoğunluğu,
 P_0 : 0°C " " basıncıdır.

1.2.2. Gaz Karışımlarının Yoğunluğu

Gazlarda genel olarak yoğunluk (ρ): gazın ağırlığının (M) hacmine (V) oranı olarak ifade edilir. Ancak gazın sıcaklığı (T) artınca; hacmi ve basıncı (P), buna bağlı olarak yoğunluğu da

$$P V = \eta_1 R_1 T \quad (1.4)$$

bağıntısına göre değişecektir (BAYKUT 1979,s.51). Burada;

η_1 : Gazın molekül sayısı,

R_1 : Gaz sabiti = $8.3144 \cdot 10^7$ erg °K⁻¹ mol⁻¹ ,

T : °K olarak mutlak sıcaklıktır.

(1.4) bağıntısı, $\eta_1 = 1$ alınarak ve V yerine

$$V = \frac{M}{\rho}$$

eşitliği yazılarak

$$P = \rho T \frac{R_1}{M} = \rho T R \quad (1.5)$$

olarak kısaltılır. Burada R, R_1/M olarak tanımlanan bir gaz sabitidir. Bu eşitlikten bir gazın yoğunluğu

$$\rho = \frac{P}{R T} \quad (1.6)$$

şeklinde ifade edilir (ROULEAU/TROCHON 1970,s.1).

Bir gaz karışımı olarak kabul edilen atmosferin basıncı P, kuru hava basıncı P_{kh} ve su buharı basıncının e toplamı

$$P = P_{kh} + e \quad (1.7)$$

olarak, karışımın yoğunluğu ρ_k ise, kuru hava yoğunluğu ρ_{kh} su buharı yoğunluğunun ρ_s toplamı olarak

$$\rho_k = \rho_{kh} + \rho_s \quad (1.)$$

ifade edilir (HUMPREYS 1964,s.31; TVERSKOI 1962,s.21). (1.7) şartlığında kuru havanın basıncını ayrı şekilde ölçmek mümkün olmadığından $P_{kh} = P - e$ olarak alınır. (1.6) eşitliğinde R olarak belirtilen gaz sabiti, atmosferin ve kuru havanın basıncının ve yoğunluklarının ifade edilmesinde, havanın molekül ağırlığı olan $M_{kh} = 23.96 \cdot 10^6$ değeri ile elde edilen

$$R = \frac{R_1}{M} = 2.87057 \cdot 10^6 \text{ cm}^2 \text{ sn}^{-2} \text{ } ^\circ\text{K}^{-1} \quad (1.)$$

değeri kullanılır (WEAST 1983,F-241).

(1.5) eşitliği, kuru hava ve su buharı basıncı için düzendiğinde, kuru hava için

$$\begin{aligned} P - e &= R \rho_{kh} T \text{ gr cm}^{-1} \text{ sn}^{-2} \quad (1.1) \\ &= 10^{-3} \rho_{kh} T R \text{ mb,} \end{aligned}$$

su buharı basıncı için

$$\begin{aligned} e &= \frac{R_1}{M_s} \rho_s T = \frac{M_{kh}}{M_s} R \rho_s T \\ &= 1.608 R \rho_s T \text{ gr cm}^{-1} \text{ sn}^{-2} \quad (1.1) \end{aligned}$$

elde edilir (SUTTON 1953,s.2; ROULEAU/TROCHON 1970,s.2). Burda M_s , su buharının molekül ağırlığıdır.

(1.10) ve (1.11) eşitliklerinden kuru hava ve su buharı yoğunlukları için

$$\rho_{kh} = \frac{P - e}{R T} \quad (1.1)$$

ve

$$\rho_s = \frac{e}{1.608 R T} \quad (1.1)$$

bağıntıları elde edilir. Bunlar (1.8) bağıntısında yerlerine konulduğunda, atmosferin yoğunluğu (havanın karışım yoğunluğu

$$\rho_k = \frac{P-0.378 e}{R T} \quad (1.14)$$

olarak elde edilir. (1.14) eşitliğinde, R nin (1.9) değerinin yerine konulmasıyla;

atmosfer basıncı ve buhar basıncı mb, sıcaklık $^{\circ}\text{K}$ birimlerine göre

$$\rho_k = 0.34836287 \cdot 10^{-3} \frac{P-0.378 e}{T} \text{ gr cm}^{-3}, \quad (1.15)$$

atmosfer basıncı ve buhar basıncı mb, sıcaklık $^{\circ}\text{C}$ birimlerine göre ($T=272.851 \text{ }^{\circ}\text{K}$ alınarak)

$$\rho_k = 1.2767513 \cdot 10^{-6} \frac{P-0.378 e}{1+\alpha t} \text{ gr cm}^{-3} \quad \text{x)} \quad (1.16)$$

olarak ifade edilir.

1.3. Meteorolojik Faktörlerin Yükseklikle Değişmesi

Barometrik yükseklik tayiniyle ilgili olan meteorolojik faktörler, atmosfer basıncı, sıcaklığı ve buhar basıncıdır. Atmosfer basıncıyla havanın yoğunluğu, sıcaklığı ve buhar basıncı arasındaki ilişki (1.14) eşitliğinde açıkça görülmektedir. Barometrik yükseklik bağıntısı, belirtilen bu faktörlerin yükseklikle değişiminden faydalanılarak elde edilmiştir. Basıncın yükseklikle değişimi, çalışmanın ana konusunu teşkil ettiğinden 2.1. bölümünde detaylı olarak ele alınacaktır. Burada ise sıcaklığın ve kısmi buhar basıncının yükseklikle değişimi üzerinde durulacaktır.

1.3.1. Sıcaklığın Yükseklikle Değişmesi

Atmosfer sıcaklığını, güneş radyasyonu sağlar. Güneşten gelen radyasyon, atmosferin üst tabakalarında bir miktar kayba uğrayarak yer yüzüne varır. Atmosferin alçak tabakalarında

x) : Buradaki katsayı, (1.14) eşitliğinde $T=273.15 \text{ }^{\circ}\text{K}$ alındığında $1.2753537 \cdot 10^{-6}$ ve $T=273 \text{ }^{\circ}\text{K}$ için ise $1.2760545 \cdot 10^{-6}$ dir.

(0 ila 500 m) günlük sıcaklık değişimi, sahil ve kara istasyonlarına, yılın mevsimlerine, aylarına, arazinin yapısına (vadova, dağ ve yamaçlara göre), havadaki nem miktarına, bulutlanma durumuna, yerin termik iletkenliğine (kaya, çimen) ve havanın açık ve kapalı olmasına bağlıdır. (ROULEAU/TROCHON 1967, s.33; GEIGER 1973, s.68-77).

Meteorolojide " temperature lapse rate " olarak belirtilen sıcaklık düşey değişme değerleri ($^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$), günün saatlerinin yılın ay ve mevsimlerine göre değişir (GEIGER 1973, s.74). Yer yakınlarında yapılan çalışmalarda $\partial T/\partial H = ^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ yerine kullanılan $\partial T/\partial H = ^{\circ}\text{C}/\text{m}$ için çeşitli atmosfer kabullerine göre

Izotermal atmosferde $\partial T/\partial H = 0\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{m}$,

Homojen atmosferde $\partial T/\partial H = 0.0342\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{m}$,

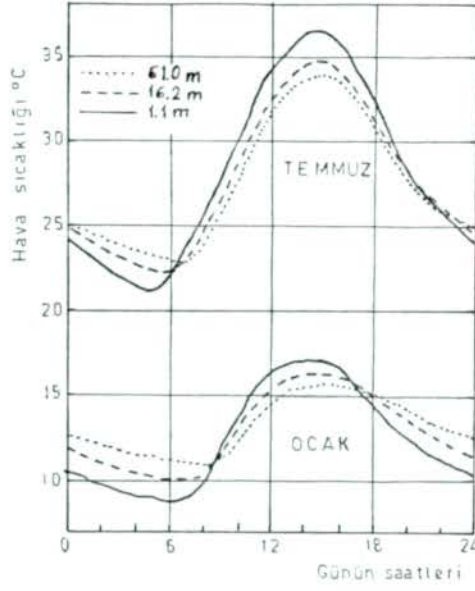
Adyabatik (sabit ısıllı) atmosferde $\partial T/\partial H = -0.0098\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{m}$ değerleri verilir. (BERRY/BOLLAY/BEERS 1945, s.62).

Yapılan araştırmalarda yer yakınlarında ve yerden muhtelif yüksekliklere kadar sıcaklığın zamana göre değişimleri Şekil 1.1., Şekil 1.2.a ve b de gösterilmiştir (GEIGER 1973, s.77-81). Her iki şekil incelendiğinde yer yakınlarında günün çeşitli saatlerinde sıcaklığın düşey değişiminin (düşey sıcaklık gradyanı $\partial T/\partial H$) lineer olmadığı görülmektedir. Günün muhtelif saatlerindeki bu farklılaşma belirli bir yüksekliğe kadar devam eder. Bu yükseklikten sonra sıcaklığın yükseklikle değişmesi lineer bir değere kavuşur, erişilen bu değer genellikle -0.0098 ile $-0.0065\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{m}$ arasındadır (BANGER 1978, s.23).

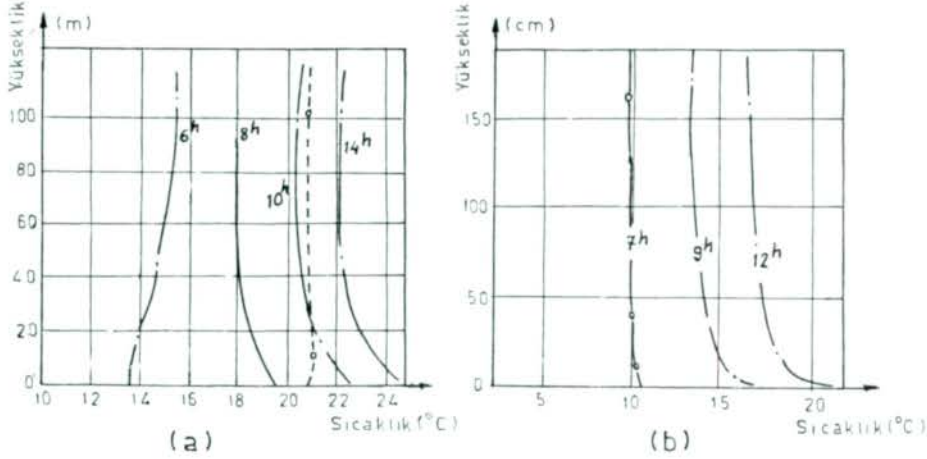
1.3.2. Buhar Basıncı ve Düşey Değişimi

Buhar basıncı, hava içinde bulunan su buharının sahip olduğu kısmi basınca denir ve e ile gösterilir.

Buhar basıncının bulunmasında, 1.11 bağıntısı yerine uygulamada kolaylık sağlamak için doymuş buhar basıncından faydalanılır. Havanın tamamen doymuş hale geçtikten sonra sahip olduğu buhar basıncına "doymuş buhar basıncı" (e_d) adı verilir. Doymuş buhar basıncı, sıcaklığa bağlı olarak TETENS, KEENAN-



Şekil 1.1. Yerden muhtelif yüksekliklerde Ocak ve Temmuz aylarında sıcaklığın bir günlük değişimi (GEIGER 1973 ,s.69).



Şekil 1.2.a Yerden 100 m yüksekliğe kadar, b. yer yakınlarında günün muhtelif saatlerinde sıcaklığın düşey değişimi (GEIGER 1973,s.77-85).

KEYES ve GOFF-GRATCH denklemleri olarak adlandırılan çeşitli bağıntılar ile elde edilir (BERRY/BOLLAY/BEERS 1973,s.353; JORDAN/EGGERT/KNEISSL 1966,s.227). Buhar basıncı, bir ıslak ve bir kuru termometreden meydana gelen ve "psikrometre" adı verilen aletlerle ölçülür. Ölçü değerlerine (ıslak termometre değerleri) uyan doymuş buhar basıncı çizelgeleri (Çizelge 1.2.) mevcuttur (JORDAN/EGGERT/KNEISSL 1966,s.1021; BERRY/BOLLAY/BEERS 1973,s.70). Ülkemizde buhar basıncını elde etmek için

halen

$$e = e_d - P A_s (t - t') \quad (1.1)$$

bağıntısı kullanılmaktadır (DMİGM 1960). Burada;

P : İndirgenmiş basınç ,

t : Kuru termometrenin gösterdiği sıcaklık ,

t' : Islak termometrenin gösterdiği sıcaklık,,

A_s : Rüzgar hızına ve ıslak termometrenin içinde bulunduğu ortama (su veya buz) göre değişen psikrometre katsayısıdır. Eğer aspiratörlü psikrometre kullanılıyorsa, termometrelerle temas eden rüzgar sabit bir hıza sahip olacaktır bu durumda A_s 0.000656 gibi sabit bir değer olacaktır (Çizelge 1.3).

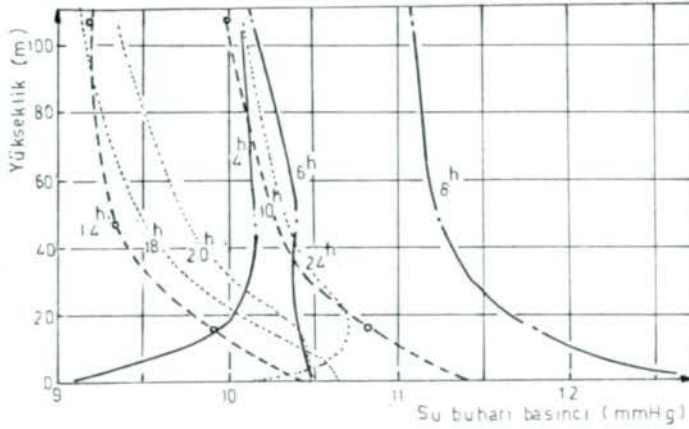
SICAKLIK (°C)	DOYMUŞ BUHAR BASINCI (mb)	
	su üzerinde	
40	73.7	
38	66.2	
36	59.4	
34	53.2	
32	47.5	
30	42.43	
28	37.78	
26	33.65	
24	29.82	
22	26.40	
20	23.38	
18	20.61	
16	18.16	
14	15.98	
12	14.03	
10	12.28	
8	10.73	
6	9.35	
4	8.13	
2	7.05	
0	6.105	
	su üze.	buz üze.
0	6.105	6.105
-2	5.27	5.17
-4	4.54	4.37
-6	3.90	3.69
-8	3.34	3.10
-10	2.86	2.60

Çizelge 1.2. Doymuş buhar basıncının sıcaklıkla değişimi (BERRY/BOLLAY/BEERS 1973,s.70).

RÜZGAR HIZI (m/sn)	0.0 - 0.5 az rüzgar	1.0 - 1.5 orta rüzgar	2.5 - büyük şiddetli rüzgar
A_s (su içinde)	0.0012	0.0008	0.000656

Çizelge 1.3. Muhtelif rüzgar hızlarına göre ıslak termometre su içinde iken, aspiratörlü psikrometre katsayısının değerleri

Şekil 1.3 (GEIGER 1973,s.105) incelendiğinde, buhar basıncının yükseklikle değişiminin, kesin bir fonksiyonla ifade edilmesinin mümkün olmadığı görülmektedir. Bununla beraber buhar basıncının yükseklikle değişimi konusunda arazinin durumuna göre çeşitli amprik formüller geliştirilmiştir (JORDAN/EGGERT/KNEISSL 1966,s.199). Bu amprik bağıntılar, çalışma bölgelerine bağlı olarak ve çeşitli kabullerle elde edildiklerinden, ölçü bölgesinin fiziksel yapı farklılığı sebebiyle, istenen doğrulukta sonuç vermezler.



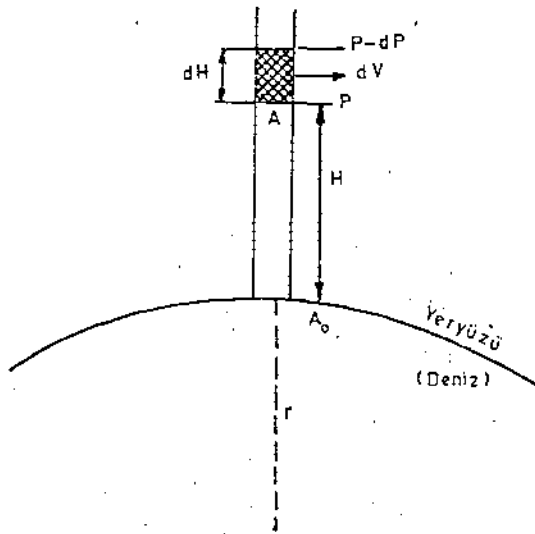
Şekil 1.3. Buhar basıncının günün çeşitli saatlerinde yükseklikle değişimi (GEIGER 1973,s.105).

2. BAROMETRİK YÜKSEKLİK TAYİNİ

Deniz seviyesinden itibaren yükseldikçe atmosfer basıncı azalır. Buna göre herhangi bir yerde ölçülecek atmosfer basıncından o noktanın yüksekliği hakkında bir fikir edinilebilir. Atmosfer basıncı ile yükseklik arasındaki bu ilişki, matematik bir bağıntı ile ifade edilerek, yüksekliğin veya yükseklik farkının belirlenmesine "barometrik yükseklik tayini" denir.

Atmosfer basıncı sıvı veya madeni barometrelerle ölçülür. Ölçülen basınç değerleri, gerekli düzeltmeler getirilerek ilgili formülde yerine konularak yükseklik veya yükseklik farkı hesaplanabilir. Daha kaba ölçüler için matematik bağıntıların mekanik bir sistemle gerçekleştirildiği ve doğrudan yüksekliğin okunabildiği altimetre türünden aletler de vardır.

2.1. Barometrik Yükseklik Tayininin Matematik Modeli



Şekil 2.1.

Şekil 2.1 de görüldüğü gibi, yeryüzünde H yüksekliğinde bir A noktasındaki basınç P, bu noktadan geçen 1 cm^2 kesitli düşey silindir içindeki A'nın üstünde kalan hava kütesinin ağırlığıdır. A noktasından itibaren dH yükselmesine karşılık basınç dP kadar azalacaktır. Buna göre atmosfer basıncının

bir noktadaki düşey değişimi

$$dP = - \rho g_{\varphi}^H dV = - \rho g_{\varphi}^H dH \quad (2.1)$$

bağıntısı ile belirlidir (HUMPREYS 1964,s.68; SUTTON 1953,s.5; TVERSKOI 1962,s.69; WILSON 1960; GROSSMANN 1965,s.44). Burada;

dV : dH yüksekliğindeki 1 cm^2 kesitli silindirin hacmi ,

g_{φ}^H : söz konusu noktanın φ enleminde ve H yüksekliğindeki gravite değeridir. $\varphi=45^\circ$ ve $H=0 \text{ m}$ için tarif edilen $g_{45}^0 = 980.665 \text{ cm/sn}^2$ normal gravite değerine göre

$$g_{\varphi}^H = g_{45}^0 (1 - \beta \cos 2\varphi) \left(1 - \frac{2H}{r}\right) \quad (2.2)$$

şeklinde hesaplanır (ERBUDAK/TUĞLUOĞLU 1971,s.161-225), bu ifadede $\beta = 0.002644$ gravite katsayısı ve r yerküresinin yarıçapıdır ,

ρ : söz konusu noktada havanın yoğunluğudur. Gay - Lussac Kanununa göre

$$\rho = \rho_0 \frac{P}{P_0} \frac{1}{1+\alpha t} \quad (2.3)$$

bağıntısı ile elde edilebilir. Burada $\alpha=1/272.851=0.003665$ bütün gazlar için sabit bir katsayıdır (MÜLLER 1962,s.6).

(2.1) eşitliğinde ρ sıcaklığa, basınca ve yüksekliğe göre, g de yükseklik ve enleme göre değiştiğinden entegral almak mümkün değildir. Bu bakımdan yukarıdaki bağıntıdan, barometrik yükseklik genel formülünün elde edilebilmesi için aşağıda belirtilen metoda göre hareket edilir.

(2.3) eşitliğinde ρ_0 için, havanın $\varphi=45^\circ$, $H=0 \text{ m}$ ve $t=0^\circ\text{C}$ deki yoğunluğu alınır, bu şartlarda P_0 basıncı 760 mm lik cıva sütununa karşılık geleceğinden ρ_c cıvanın yoğunluğu ($13.59593 \text{ gr cm}^{-3}$) olmak üzere

$$P_0 = 0.76 \rho_c g_{45}^0 \quad (2.4)$$

olur ve dolayısıyla ρ

$$\rho = \rho_0 \frac{P}{0.76 \rho_c \rho_{45}^0} \frac{1}{1+\alpha t} \quad (2.5)$$

şeklinde ifade edilir.

(2.2) ve (2.5) in (2.1)'de yerine konulmasıyla

$$\frac{dP}{P} = - \frac{\rho_0}{0.76 \rho_c} \frac{1}{1+\alpha t} (1 - \beta \cos 2\varphi) \left(1 - \frac{2H}{r}\right) dH \quad (2.6)$$

bağıntısı elde edilir.

Ölçü bölgesinin sınırlı bir alan alınmasından hareketle (2.6) ifadesinde yükseklikle ilgili çarpanın dışındaki

$$A = \frac{\rho_0}{0.76 \rho_c} \frac{1}{1+\alpha t} (1 - \beta \cos 2\varphi) \quad (2.7)$$

çarpanları sabit olarak kabul edilebilir.

$$\frac{dP}{P} = - A \left(1 - \frac{2H}{r}\right) dH \quad (2.8)$$

Eğer yükseklikleri H_1 ve H_2 olan komşu iki ayrı noktada P_1 ve P_2 basınçları ölçülmüşse (2.8)'in bu iki nokta arasındaki ki sınırlı entegrali

$$\ln P_2 - \ln P_1 = -A (H_2 - H_1) \left(1 - \frac{H_1 + H_2}{r}\right)$$

veya

$$\log \frac{P_1}{P_2} = \mu A (H_2 - H_1) \left(1 - \frac{H_1 + H_2}{r}\right)$$

bağıntısını verir. Burada;

$\mu = 0.43429$ logaritmik modül ,

$H = \frac{H_1 + H_2}{2}$ ortalama yükseklik ,

$t = \frac{t_1 + t_2}{2}$ ortalama sıcaklıktır.

φ , H , t ve (2.7)'nin dikkate alınmasıyla $\Delta H = H_2 - H_1$ yükseklik farkı çözümlerse

$$\Delta H = \frac{0.76 \rho_c}{\mu \rho_0} (1 + \alpha t) (1 + \beta \cos 2\varphi) \left(1 + \frac{2H}{r}\right) \log \frac{P_1}{P_2} \quad (2.9)$$

elde edilir (JORDAN/EGGERT/KNEISSL 1956, s.494; GROSSMANN 1965, s.45).

Karışık bir gaz olan atmosferde, içinde azot ve oksijen bulunan kuru havanın yoğunluğu ρ_{kh} sabit olmakla beraber, havadaki su buharı ve karbondioksit miktarı ve dolayısıyla kuru hava ve bunlardan meydana gelen gaz karışımının yoğunluğu değişmektedir. Kuru hava su buharı ve karbondioksit üçlü gaz karışımının 45° enleminde, 0°C sıcaklık ve 760 mmHg basıncındaki yoğunluğu

$$\rho_0 = \rho_{kh} \left(1 - 0.378 \frac{e}{P}\right) \left(1 - (1-f) \frac{e'}{P}\right) \quad (2.10)$$

dir (JORDAN/EGGERT/KNEISSL 1956, s.492). Burada;

e : Kuru hava + buhar karışımında kısmi buhar basıncı ,

f : 0°C de ve 760 mmHg da; CO_2 gazının yoğunluğunun hava + buhar karışımının yoğunluğuna oranı ($f=1.529$) ,

e' : CO_2 gazının hava içindeki kısmi basıncıdır ,

$e'/P = 0.0004$ olarak sabit kabul edilebilir (JORDAN/EGGERT/KNEISSL 1956, s.493).

O halde

$$\rho_0 = \rho_{kh} \left(1 - 0.378 \frac{e}{P}\right) 1.00021 \quad (2.11)$$

olur. $\rho_{kh} = 0.00129277 \text{ gr cm}^{-3}$ değeri ile (2.11) ifadesi (2.9) da yerine konursa

$$K = \frac{0.76 \rho_c}{\mu \rho_{kh}} \frac{1}{1.00021} = 18400.336 \text{ m} \quad (2.12)$$

$$K \cong 18400 \text{ m}$$

katsayısı ile

$$\Delta H = K(1+\alpha t)(1+\beta \cos 2\varphi)\left(1+0.378 \frac{e}{P}\right)\left(1+\frac{2H}{r}\right) \log \frac{P_1}{P_2} \quad (2.1)$$

şeklinde "barometrik yükseklik genel formülü" olarak anılan formül elde edilir. Bu formülde sembollerin anlamı bir kere daha toplu olarak gösterilirse;

ΔH : Tayin edilmesi gereken yükseklik farkı, birimi metredir zira civa sütunu yüksekliği 0.76 metre biriminde alınmıştır ,

K : Genel formülün (2.12) eşitliği ile belirtilen ve sabit kabul edilen kısmı, bu katsayının sayı değeri 18400 m dir ,

μ : Logaritmik modül = 0.4342945 ,

ρ_c : Cıvanın yoğunluğu (0°C sıcaklık ve 760 mmHg basıncında) = 13.59593 gr cm^{-3} ,

ρ_{kh} : Kuru havanın deniz seviyesinde 760 mmHg basıncında, 45°N enleminde ve 0°C sıcaklıktaki yoğunluğu = 0.00129277 gr cm^{-3} ,

α : Havanın genleşme katsayısı = $1/272.851 = 0.003665$,

t : Havanın ortalama sıcaklığı = $(t_1+t_2)/2$,

e : Ortalama buhar basıncı = $(e_1+e_2)/2$,

P : Ortalama basınç = $(P_1+P_2)/2$,

β : Yerin basıklığına göre gravite katsayısı = 0.002644 ,

φ : Her iki noktanın ortalama coğrafi enlemi ,

H : Her iki noktanın ortalama yüksekliği ,

r : Yerküresinin yarıçapı = 6370000 m ,

P_1 : Alt istasyonda ölçülen basınç ,

P_2 : Üst istasyonda ölçülen basınç

dir.

Bu formülde geçen basınç değerleri için herhangi birim

seçilmesi önemli değildir. Önemli olan bağıntıda geçen bütün basınç birimlerinin aynı sistemde olmasıdır. Ayrıca ölçülen basınçlar formülde yerine konulmadan önce, sıcaklık, gravite v.s. den dolayı gerekli düzeltmelerin yapılmış olması gerekir.

Genel formül çıkarılırken, ölçü yapılan iki noktanın aynı düşey doğrultuda bulunduğu ve bu noktalarda meteorolojik şartların aynı olduğu kabul edilmiştir. Ancak tatbikatta, kullanılan noktaların aynı düşeyde olması beklenemez. Fakat hassasiyet isteyen çalışmalarda noktalar arasının mümkün olduğu kadar kısa olması istenir (ERKİN 1965,s.155).

2.2. Kullanılan Aletler ve Ölçme Metodları

2.2.1. Kullanılan Aletler

Barometrik yükseklik ölçüsünde kullanılan aletler esas (cıvalı ve madeni barometreler, hipsometreler) ve yardımcı aletler (termometre ve psikrometre) olmak üzere iki gruba ayrılır. Esas aletler ile hava basıncı doğrudan veya dolaylı olarak, yardımcı aletler ile havanın sıcaklığı ve buhar basıncı ölçülür.

Cıvalı ve madeni barometreler çeşitli yapı ve hassasiyettedir. Bunların özellikleri kısaca aşağıda belirtilmiştir.

a. Cıvalı Barometreler

Cıvalı barometreler, hava basıncını doğrudan doğruya ölçen aletlerdir. Arazide taşınmalarındaki güçlükten dolayı genellikle istasyon barometresi olarak kullanılırlar.

Genel olarak cıvalı barometreler, cıva kabına göre hazneli ve sifonlu barometreler, kullanımına göre sabit ve seyyar barometreler olarak sınıflandırılır (JORDAN/EGGERT/KNEISSL 1956, s.433; MIDDLETON/SPIILHAUSS 1953,s.18). Okuma hassasiyetleri ± 0.01 ila ± 0.1 mmHg arasında değişir.

Uluslararası kabul edilen bir metoda göre, cıvalı barometrelerde okunan cıva yüksekliği, 45° enlemine, deniz seviyesine ve 0°C sıcaklığa indirgenerek ifade edilir. Bu sebeple okunan

civa yüksekliğine aşağıdaki düzeltmeler getirilir (JORDAN/EGGERT/KNEISSL 1956,s.447; MIDDLETON/SPIILHAUSS 1953,s.31; GROSSMANN 1965,s.35) :

1. Sıcaklık düzeltmesi ,
2. Kılcallık (kapiler) düzeltmesi ,
3. Yerçekimi düzeltmesi ,
4. Ayar düzeltmesi.

Barometre çanaklı ise ve civa yüksekliğinin okunduğu cetvelde çanak düzeltmesi dikkate alınmadan civa tüpü üzerine yerleştirilmişse ayrıca çanak düzeltmesi (seviye düzeltmesi) de getirilir.

Yukarıdaki düzeltmelerden, sıcaklık ve yerçekimi düzeltmeleri aletler için düzenlenmiş çizelgelerden alınır, işaretler eksidir. Kılcallık düzeltmesi civa tüpünün çapı 20 mm den küçük olduğunda söz konusudur. Ayar düzeltmesi ise kullanılan barometrenin kalibrasyonunda gereklidir.

b. Madeni Barometreler

Madeni barometreler, atmosfer basıncını mekanik bir sistemle ölçen aletlerdir. Altimetre veya aneroid ifadeleri genellikle madeni barometre yerine kullanılır. Altimetrelerde basınç yerine, standart atmosferde (HALTINER 1957,s.52) seçilmiş basınç - yükseklik bağıntısına (BROMBACHER 1944) göre düzenlenmiş bulunan yükseklik okuma düzeni mevcuttur. Altimetrelerin bir kısmında ayrıca basınç skalası da vardır (MIDDLETON/SPIILHAUSS 1953,s.42).

Madeni barometreler, taşınmalarındaki kolaylık sebebiyle genellikle arazi çalışmalarında kullanılır. Yapısal özellik bakımından üç grupta toplanırlar (JORDAN/EGGERT/KNEISSL 1956, 461; GROSSMANN 1965,s.36) :

1. Membran kutulu barometreler ,
2. Boru yaylı barometreler ,
3. Gaz yaylı barometreler.

Membran kutulu barometrelerin Naudet, Thommen, Paulin ..

v.s. çeşitleri vardır. Barometrelerin bölüm birimi genellikle 1 torr dur ve 0.1 torr tahmin edilebilir. Altimetrelerde ise bölüm birimi 2 m dir ve 1 m inceliğinde okuma yapılabilir.

Boru yaylı barometrelere örnek, Askania mikrobarometresi- dir (GRAF 1954; SCHABEROW 1966; MARZAHN/BEHRENDT 1955). Bölüm birimi 0.1 torr olup 0.01 torr tahmin edilmektedir.

Bu aletlerin haricinde doğrudan veya dolaylı olarak basınç ölçüsünde kullanılan başka madeni barometreler de mevcuttur (KUSOV 1969; GRAF 1955).

Madeni barometrelerden ölçülen basınç (P_a), aletlerin yapısal özelliğinden dolayı havanın kesin basıncını göstermez. Madeni barometrelerle atmosferin kesin basıncını (cıvalı barometrelerle ölçülerek indirgenmiş basınç (P_r)) elde etmek için aşağıdaki bağıntıdan faydalanılır (JORDAN/EGGERT/KNEISSL 1956, s.474; GROSSMANN 1965,s.40).

$$P_r = P_a + X + Y (760 - P_o) + Z t_a \quad (2.14)$$

Burada;

X : Cıvalı barometre ile madeni barometrenin karşılaştırılmasından elde edilen sıfır noktası düzeltmesi (alet ek sabiti) ,

Y : Bölüm düzeltme katsayısı ,

$Y(760 - P_o)$: Bölüm düzeltmesi ,

t_a : Alet iç sıcaklığı ,

Z : Sıcaklık düzeltme katsayısı ,

$Z t_a$: Sıcaklık düzeltmesi ,

$P_o = P_a - Z t_a$: 0°C 'ye indirgenmiş basınç değeridir.

(2.14) eşitliğinde P_r , P_a ve t_a ölçülerle elde edilmektedir, Y ve Z katsayıları biliniyorsa X değeri

$$X = P_r - P_a - Y (760 - P_o) - Z t_a \quad (2.15)$$

eşitliğinden bulunur.

Bu katsayılar, genellikle aleti imal eden fabrikalar tarafından da verilir. Uygulamada Z ayrı olarak, Y ve X ise müşte-

reken tayin edilir. Z nin en küçük kareler metoduyla (ERKİN 1967,s.80) veya grafik olarak tayin edilmesi mümkündür, bu değer çok az değişmektedir ve iyi bir altimetre için $Z \ll 0.15$ olur (GROSSMANN 1965,s.41).

c. Hipsometreler (Hypsometer)

Hipsometreler, suyun kaynama derecesinin hava basıncının artmasıyla yükselmesi ve azalmasıyla düşmesi prensibinden faydalanılarak yapılan, basınç ölçüsünde kullanılan esas aletlerden biridir.

Yapısı kısaca, su kaynatılan bir kap üzerine yerleştirilmiş bir termometreden ibarettir. Suyun sıcaklığı 0.1°C incelikle ölçülebilir, bu değer, 2.7 mmHg lik bir hava basıncına eşittir. Bölümleri 0.1°C veya 2 mmHg lik hava basıncını gösterecek şekilde yapılmıştır. Okuma düzeni sıcaklığa göre yapılmışsa, okunan değer hava basıncına dönüştürülür, eğer doğrudan basınç ölçecek şekilde yapılmışsa bunların bir cıvalı barometre ile kontrolü gerekir (MIDDLETON/SPIILHAUSS 1953,s.52).

d. Barometrelerin Kalibrasyonu

Arazide ölçülere başlamadan önce, madeni barometrelerin kalibrasyonu (basınç okumalarını birbirine eşitlemek maksadıyla) cıvalı bir barometre ile yapılır. Kalibrasyon, ölçü başlangıcında (X_0) ve sonunda (X_n) yapılır ve arada geçen zamanda ($S_n - S_0$), X in değişimi lineer kabul edilir. Bu süre içinde herhangi bir zamanda (S_i), ölçüye ait X_i değeri

$$X_i = X_0 + \frac{X_n - X_0}{S_n - S_0} (S_i - S_0) \quad (2.16)$$

bağıntısıyla hesaplanır. Buradan S_i zamanına ait indirgenmiş basınç ise

$$P_i = P_{ai} + Y (760 - P_{ai}) + Z t_{ai} + X_i \quad (2.17)$$

şeklinde ifade edilir.

e. Kullanılan Yardımcı Aletler

1. Sapan Termometre

Gölgede hava sıcaklığının ölçüsünde kullanılır. Ölçü sırasında termometreye bir ip bağlanır ve belirli bir sayıda havada döndürülür, bu döndürme sonucunda, termometrede cıva sütununun düşmeden yükselmeye geçiş anında okumalar yapılır. Aletin okuma inceliği 0.1 ila 0.2 °C arasındadır (MIDDLETON/SPILHAUSS 1953, s.99).

2. Psikrometre

Psikrometre biri kuru, diğeri bir müslin ile ıslatılan iki termometreden meydana gelir. Termometrelerin hava ile temasının bir aspiratörle sağlandığı alet tipine, aspiratörlü psikrometre, elle döndürülen cinsine sapan psikrometre adı verilir. Her iki psikrometrede de termometrelerin haznesinden geçirilen hava, ıslak termometrenin haznesine yerleştirilen ıslatılmış müslindeki suyun bir kısmını buharlaştırarak ıslak termometredeki cıva yüksekliğini bir miktar düşürür (ROULEAU/TROCHON 1970, s.19). Kuru ve ıslak termometreden cıva yükseklikleri okunarak 1.32 bölümünde belirtildiği şekilde buhar basıncı hesaplanır.

Psikrometre kullanıldığında, sapan termometreye gerek yoktur.

2.2.2. Ölçme Metodları

Barometrik yükseklik ölçüsünde, teorik olarak, ölçü yapılan noktalarda meteorolojik faktörlerin zamanla paralel bir değişiklik gösterdiği kabul edilir. Halbuki gerçekte meteorolojik faktörlerin, zamanla ve muhtelif yatay ve düşey uzaklıkla farklı bir değişim göstermelerinden dolayı, söz konusu değişim iki noktada paralel olmayabilir. Bundan doğan sakınca, noktalarda aynı anda ölçüler yapılarak giderilmeye çalışılır. Ayrıca bu ölçü noktalarının güzergâhı - mümkün olduğu kadar - öyle seçilmelidir ki, hava basıncı düzenli bir şekilde yükselsin veya azalsın. Arazi meylinin işaret değiştirdiği güzergâhlardan yani yükselmeden alçalmaya geçiş veya tersi durumlardan sakınılmalıdır. Aksi takdirde bu noktalarda, aletin ortamın basın-

cına kısa sürede uyum sağlaması mümkün olmadığından, okumadan önce en az 15 dakika beklenilmelidir. Hassasiyeti artırmak için ölçmeler birden çok sayıda yapılmalıdır.

Meteorolojik faktörlerin yatay uzaklığa göre değişimlerinin ölçüye olan etkileri dikkate alınarak, ölçü noktaları arasındaki uzaklığın en fazla 5 - 10 km olabileceği belirtilmektedir (ERKİN 1967,s.155).

Meteorolojik faktörlerin yere ve zamana göre değişimlerinin ölçüye olan etkilerini azaltmak maksadıyla, kullanılan aletlerin özellik ve miktarına bağlı olarak ölçme metodları üç grupta toplanabilir :

a. Bir barometre ile yapılan ölçme ,

b. İki barometre ile yapılan ölçme ,

c. Üç barometre ile yapılan ölçme (çift istasyon veya çift baz metodu)

a. Bir Barometre ile Yapılan Ölçme

Bir madeni barometre ile ölçmeler, belirli şartlar altında yapılır ve indirgenmiş basınç buna göre hesaplanır (ERKİN 1967,s.191).

b. İki Barometre ile Yapılan Ölçme

İki barometre ile yapılan ölçmelerin esası, yükseklik farkı tayin edilecek noktalarda gerekli olan meteorolojik faktörleri (hava basıncı, sıcaklığı ve buhar basıncı) ve alet sıcaklıklarını aynı anda ölçmektir. Aynı anda ölçme bir işaretle veya önceden kararlaştırılan zamanlarda yapılmak suretiyle sağlanır.

İki barometre ile yapılan ölçmelerde, ölçü yapılan noktalarda basıncın zamana göre değişimi aynı kabul edilmektedir (GRUENDLER/CLAPP/WOLF 1970).

Bu metod kullanılan aletin cinsine göre iki gruba ayrılır

1. Bir Cıvalı ve Bir Madeni Barometre ile Yapılan Ölçme

Bu metotta cıvalı barometreden, basıncın zamana göre değişim miktarlarının tesbiti için faydalanılır. Madeni barometre

ile arazi noktalarında yapılan ölçülere ayrıca basınç değişimi düzeltmesi getirilir (GROSSMANN 1965,s.47).

2. İki Madeni Barometre ile Yapılan Ölçme

Bu metod ile yapılan ölçmelerde, ölçü yapılacak noktaların konumları itibariyle, hava basıncının yatay ve düşey uzaklıkta değişiminin ölçüye olan etkilerini azaltmak gayesiyle üç ayrı metod geliştirilmiştir (GROSSMANN 1965,s.47; GRUENDLER/CLAPP/WOLF 1972).

- Sabit ve gezici barometreler metodu (tek baz metodu) ,
- Basamaklı ölçme (kovalama) metodu , *
- Atlamalı ölçme (sıçrama) metodu.

c. Üç Barometre ile Yapılan Ölçme (çift istasyon veya çift Baz Metodu)

Aynı anda yapılan ölçmelerde, uzaklıkla basınç değişimlerinin ölçüye olan etkilerini azaltmak gayesiyle, ölçme sahasında iki istasyon (baz noktası) alınır ve bu noktalar arasında meteorolojik faktörlerin zamana göre değişimi lineer kabul edilir. İki barometre (madeni veya cıvalı) bu istasyonlara yerleştirilir, üçüncü barometre (madeni) ile arazi noktalarına gidilir, ölçmeler aynı anda yapılır (GRUENDLER/CLAPP/WOLF 1970; ERKİN 1958,s.110; KISSAM 1945).

3. BAROMETRİK YÜKSEKLİK TAYİNİNİN HASSASİYETİ

Barometrik yükseklik tayininin hassasiyetine, genel olarak şu faktörler etkili olmaktadır :

1. Genel formülün elde edilmesinde yapılan kabullerden doğan hatalar ,

2. Barometrik yükseklik tayininde ölçülerden doğan hatalar

Genel olarak bir fonksiyona bağlı olarak elde edilen bir büyüklüğün hassasiyeti (ortalama hatası) istendiğinde, mevcut fonksiyonda bulunan değişkenlerin kısmi türevleri alınarak hata yayılma kanunu uygulanır. Hata yayılma kanunu uygulanan bağıntıda ilgili değişkenlere, kabul edilebilir ölçü ve hata sınırlarında uygun değerler verilerek ortalama hata hesaplanır. Bu değer, ilgili değişkenlerin ölçü ve hatalarına ait sınır değerler için geçerlidir.

Barometrik yükseklik tayininin hassasiyetinin elde edilmesinde, yukarıda belirtilen metod uygulanacaktır.

Ölçme metodları ve alet hataları da hassasiyete dolaylı olarak etkilidir. Ölçme metodları, esas itibariyle alet sayısına göre ve ölçü konusu noktaların konumlarına uygun olarak meteorolojik faktörlerin zamana göre değişimlerinin ölçüye olan olumsuz etkilerinin azaltılması maksadıyla geliştirilmiştir. Bu sebeple, ölçme metodlarından kaynaklanan hataların bir fonksiyonla ifade edilmesi mümkün olmadığından bunların, ortalama hatanın bulunmasına ait bağıntıda yer alması söz konusu olamaz. Ancak yapılmış bazı araştırmalarda (KISSAN 1945; HAMILTON/BIDLE/SPARKS 1957; GRUENDLER/CLAPP/THOMACK 1972; GRUENDLER/CLAPP/WOLF 1970; ERKİN 1958, 1959) ve bazı kaynaklarda (ÖZGEN 1983, s.289) deneysel sonuçlara göre, metodların hassasiyetleri hakkında bilgi verilmektedir.

Genel olarak, ölçüde kullanılan bir aletin ölçü inceliği (prezisyonu) o aletle ölçülecek büyüklüğün hassasiyetinin ifade edilmesinde önemlidir. Ölçüde kullanılan aletin iç yapısından kaynaklanan hataları varsa giderilmiş veya minimuma indirgenmiş olması gerekir. Meteorolojik faktörlerin ilgili noktalarda düzenli bir değişim gösterdiği kabul edilse dahi, kul-

lanılan aletin iç yapısından doğan hatalar, ölçülecek büyüklüğün hassasiyetini etkileyecektir.

3.1. Genel Formülün Elde Edilmesinde Yapılan Kabullerden Doğan Hatalar

Genel formülün çıkarılmasında (2.6) nın entegrali alınırken bizzat q_0 in da P basıncının bir fonksiyonu (2.10) olduğu ihmal edilmiş ve q_0 in da dahil olduğu A ifadesi (2.7) sabit kabul edilmek suretiyle entegral alınmıştı. Gerçi, ölçü bölgesinin sınırlı tutulmasıyla bu işlem bir haklılık kazanırsa da teorik olarak burada bir hata yapıldığı muhakkaktır. Eğer q_0 in (2.10) daki değeri yerine konulur ve entegral buna göre yapılırsa genel formülün yapısının değişmesi beklenebilir. Aynı bağıntıda e'/P oranında e' ve P de değişken olmalarına rağmen bu oran sabit kabul edilmektedir.

İkinci bir husus, hava yoğunluğunun özel bir haldeki yoğunluğa ($\varphi=45^\circ$, $H=0$ m, ve $t=0^\circ\text{C}$) bağlı olarak ifade edilmiş olması yerine, söz konusu noktadaki yoğunluğun (1.14) doğrudan dikkate alınmasının, sonucu etkileyip etkilemeyeceğidir.

Üçüncü bir husus da, yerçekimi ivmesi düşey bileşeninin genel formülün çıkarılmasında hiç dikkate alınmamasıdır. Yer yakını atmosfer tabakalarında sözü edilen düşey bileşenin dikkate alınmaması, ölçü sahasının sınırlı olması sebebiyle makul görülürse de, bu hususun dikkate alınması halinde hassasiyete olan etkisinin tesbiti mümkün olacaktır.

Ayrıca, ölçü konusu noktalarda meteorolojik faktörlerin (basınç ve sıcaklık) değişimlerinin, barometrik yükseklik hassasiyetini etkilediği, bu konuda yapılan araştırmalarda belirtilmektedir (SANDING 1955; BACHEM/TORGE/RITTER 1972; VERHEIJE/AJAKAIYE 1980). Bu etkiler incelenirken, genel formülün çıkarılmasında yapılan kabul ile bunların gerçek değişim durumu arasındaki farklar ortaya konulacaktır.

q_0 in (2.10) daki değerinin (2.6) da yerine konulup entegralin buna göre alınması, bir bakıma genel formülün yeniden düzenlenmesi olduğundan, bu konu 4.1 bölümünde incelenecektir.

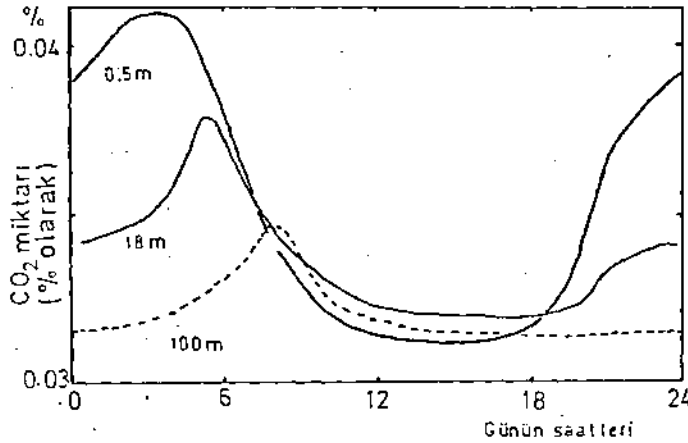
Bunun haricinde kalan diğer konular aşağıda ayrı ayrı ele alınacaktır.

3.1.1. e'/P Oranının İncelenmesi

(2.10) eşitliğinde görülen e' ve P birer değişken olmalarına rağmen e'/P oranı, çok küçük bir değerde olduğu için sabit kabul edilmiştir. Şekil 3.1 de muhtelif yüksekliğe ve günün saatlerine göre yüzde miktarı belirtilen (GEIGER 1973,s.131) CO₂ gazının, P nin maksimum ve minimum değerleri dikkate alınarak yapılan incelemede, (2.12) eşitliğindeki K değerine etkisinin $\pm 1 - 2$ m olduğu görülmüştür. Bunun da yükseklik hesabında sonuca etkisi

$$d\Delta_e = \pm 10^{-4} \Delta H \quad (3)$$

çok az olduğundan e'/P oranı sabit olarak kabul edilebilir.



Şekil 3.1. CO₂ gazının, günün muhtelif saatlerinde farklı yüksekliklerde % miktarları (GEIGER 1973,s.131).

3.1.2. Ölçü Noktasındaki Hava Yoğunluğunun Dikkate Alınması

Herhangi bir noktadaki hava (kuru hava ve buhar karışımı) yoğunluğunun; belirli seviye ve şartlardaki yoğunluk ile tanımlanmadan doğrudan (2.1) bağıntısında kullanılması, aynı bağıntıda görülen ρ^H nin belirli bir seviyeye göre ifade edilmesi

sebebiyle biraz sakıncalı görülüyorsa da bunun sonuca olan etkisini görebilmek bakımından faydalı olacaktır.

Burada, (2.1) bağıntısında q yerine (1.16) ve q_{ψ}^H için (2.2) bağıntısı yazılarak gerekli sadeleştirme yapıldığında (P mb, dH cm birimlerinde olmak üzere)

$$\frac{dP}{P-0.378 e} = -1.2767513 \cdot 10^{-6} q_{45}^0 (1-\beta \cos 2\varphi) \left(1 - \frac{2H}{r}\right) \frac{1}{1+\alpha t} dH \quad (3.2)$$

bağıntısı elde edilir. Bu eşitlikte $q_{45}^0 = 980.665 \text{ cm sn}^{-2}$ yerine konular ve P mb, dH m biriminde olmak üzere sadeleştirildiğinde, eşitlikteki katsayı $-1.2520653 \cdot 10^{-4}$ olur. (3.2) eşitliğinden, 2.1 bölümündekine benzer şekilde entegral alınıp gerekli sadeleştirme yapıldığında, sonuç olarak

$$K' = \frac{1}{\mu} \frac{10^4}{1.2520653 \cdot x)} = 18390.276 = 18390 \text{ m} \quad (3.3)$$

kısaltması ile

$$\Delta H = K' (1+\alpha t) (1+\beta \cos 2\varphi) \left(1 + \frac{2H}{r}\right) \log \frac{P_1 - 0.378 e}{P_2 - 0.378 e} \quad (3.4)$$

bağıntısı elde edilir.

4.1. bölümünde de belirtileceği üzere, hava yoğunluğuna ait gerek (2.10) bağıntısının gerekse (1.16) bağıntısının entegral alınmadan başlangıçta dikkate alınarak (3.2), entegralin buna göre yapılması formülün yapısında bir değişiklik yapmıştır. Ayrıca (1.16) bağıntısının kullanılması, K katsayısının değerini de etkilemiştir. Burada barometrik yükseklik katsayısı hatasının ($dK=18390-18400=-10 \text{ m}$ veya $18410-18400=10 \text{ m}$) hassasiyete etkisi

^{x)} : Bu katsayı yerine (3.2) eşitliğinde, (1.14) eşitliğinden $T=273.15^\circ\text{K}$ için elde edilen katsayı kullanıldığında $K'=18410 \text{ m}$ ve $T=273^\circ\text{K}$ için ise (yine (1.14) eşitliğinden de faydalanılarak) $K'=18400.34 \approx 18400 \text{ m}$ olmaktadır.

$$d\Delta_g = \frac{\partial \Delta H}{\partial K} dK = \frac{\Delta H}{K} dK = 5 \cdot 10^{-4} \text{ m} \quad (3.5)$$

bağıntısından elde edilir.

3.1.3. Yerçekimi İvmesi Düşey Bileşeninin Dikkate Alınması

Yerçekimi ivmesinin, genel formülün çıkarılmasında dikkate alınmayan "Corriolus ivmesi" olarak da adlandırılan düşey bileşeni ($g \cdot 10^{-3}$) (RAETHJEN 1944), (3.2) eşitliğinin teşkil edilmesinde ve dolayısıyla K' katsayısının hesabında etkili olacaktır, şöyleki ; (3.2) eşitliğinde g_{45}^0 yerine ($g_{45}^0 + g_{45}^0 \cdot 10^{-3}$) yazılıp 3.12 bölümünde belirtilen işlem sırası takip edildiğinde v (3.2) eşitliğinde, (1.14) eşitliğinden $T=273 \text{ }^\circ\text{K}$ için elde edilen katsayı kullanıldığında

$$K' = 18381.95 \text{ m}$$

ve (3.4) bağıntısı elde edilir. Bunun da barometrik yükseklik hesabına diferansiyel anlamdaki etkisi ($dK=18400-18381,95=18.0 \text{ m}$ alınarak)

$$d\Delta_g = \frac{\partial \Delta H}{\partial K} dK = \frac{\Delta H}{K} dK = 10^{-3} \Delta H \text{ m} \quad (3.6)$$

şeklinde ifade edilir. Bu etkiden dolayı ölçülecek yükseklik farklarının, kabul edilebilecek bir hata sınırına göre sınırlandırılması gerekmektedir.

3.1.4. Meteorolojik Faktörlerin Değişimlerinin Etkisi

Ölçü konusu noktalarda basınç değişimlerinin birbirine paralel ve sıcaklığın yükseklikle değişimi lineer kabul edilmiştir. Ancak yapılan bu kabullerin, meteorolojik faktörlerin gerçekteki değişimlerine ne kadarlık bir yaklaşım sağladığının bilinmesi faydalı olacaktır.

1. Basınç Değişimlerinin Etkisi

Atmosfer basıncının günlük değişiminin şekli, genel olarak sinüscoidal bir fonksiyonla ifade edilir (ÖNEY 1977). Fakat bu değişimin belirli bir periyot veya faz olmaksızın değişen bir

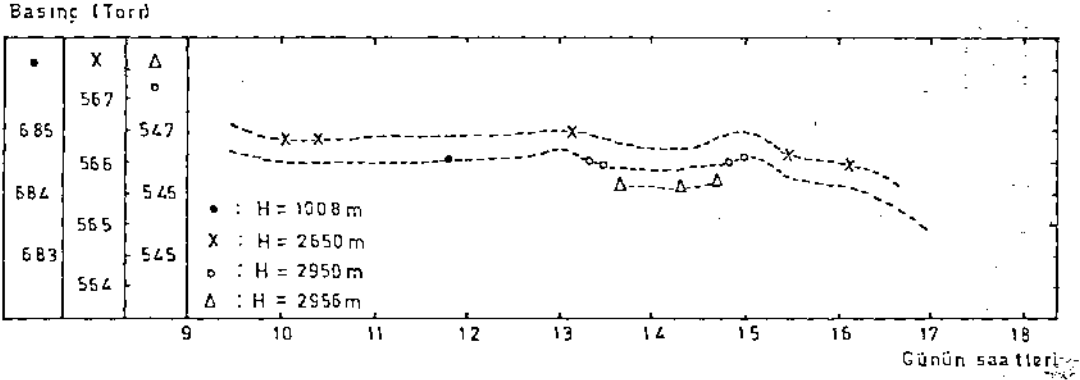
parçası vardır ki buna kalıcı basınç (residual pressure) denir. Kalıcı basınç, barometrelerde kaba hatalara sebebiyet veren, değişebilir hava şartlarını yansıtan çeşitli faktörlerden meydana gelir (VERHEIJE/AJAKAIYE 1980).

(2.16) eşitliğinden enterpolasyonla elde edilen X_i değerlerinin prezisyonunu, kalibrasyon aralığı (madeni barometrelerin cıvalı barometre ile kalibre edildiği zamanlar arasındaki süre) etkiler. Kısa süreli kalibrasyon aralığında enterpolasyonla elde edilen değerlerin, uzun süreli kalibrasyon aralığına göre bulunan değerlerden daha hassas olduğu görülmüştür, zira - X in kabul edilen lineer değişim sebebiyle - uzun süreli kalibrasyon aralığında hesaplanacak bir kalibrasyon değerinde yapılabilecek hata, diğerininkinden daha fazla olacaktır. Bu husus hava basıncındaki değişimin, uzun süreli kalibrasyon aralığını daha fazla etkilemesi şeklinde yorumlanabilir (LEHMUSKOSKI 1979).

Teorik olarak, ölçü yapılan noktalarda basınç değişmelerinin birbirine paralel olduğu kabul edilmiştir. Gerçekte basınç değişmeleri, ancak sakin bir havada belirli bir uzaklıkta paralel kabul edilebilir. Yapılan araştırmalara göre, bu değişimin paralel kabul edilebileceği uzaklıklar için muhtelif görüşleri sürülmektedir. Bunlardan birinci görüşe (ERKİN 1967, s. 155) göre, yatay uzaklık 5 - 10 km olarak, diğer bir görüşte (SANDING 1955) ise 500 m ye kadar uzaklıkta basınç değişmelerinin aynı olduğu ve bunun en fazla 1 km olabileceği ayrıca 35 m ve bundan biraz daha büyük düşey uzaklıkta, aynı andaki basınç değişmelerinin birbirine benzer olduğu belirtilmektedir. Gerçekte ise basıncın, birbirinden çok uzakta ve muhtelif yüksekliklerde olan noktalarda aynı anda zamana göre değişimi tam bir paralellik göstermez. İstasyon noktasının yüksekliği arttıkça basıncın minimum ve maksimum olma zamanlarında önemli sapmaların olduğu görülür (ROULEAU/TROCHON 1967, s.65). Ancak birbirine yakın noktalarda, sakin bir havada basıncın zamana göre değişimlerinin birbirine benzer (paralel) olabileceği kabul edilir (GRAFF 1952)(Şekil 3.2).

Havanın rüzgarlı olması, hava basıncında ani yükselme ve düşmelere sebep olur. Bu durumda barometrede sapmalar bir kaç

dakika devam eder ve yükseklik ölçmelerinde kaba hatalar (± 1 m ye kadar) meydana gelir (SANDING 1955). Belirtilen bu sebepten dolayı ölçmelerin sakin bir havada yapılması gerekir (TARIKÂHYA 1973 s.28; BACHEM/TORGE/RITTER 1972; HAMILTON/BIDDLE/SPARKS 1957).

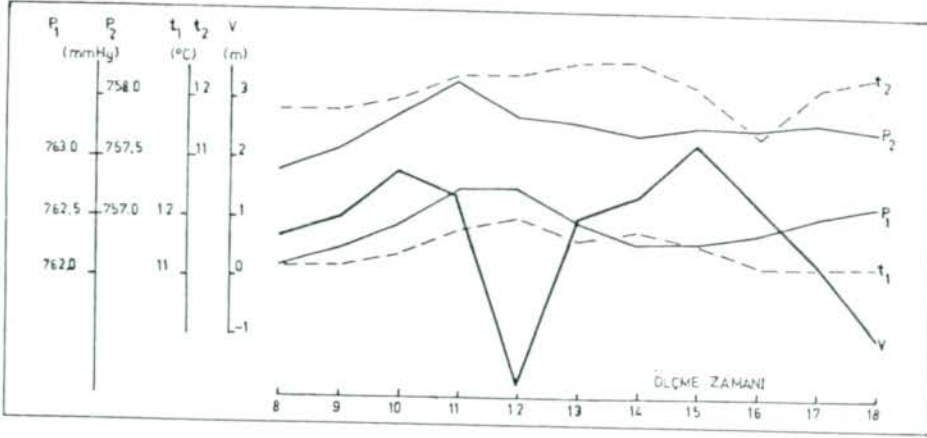


Şekil 3.2. Muhtelif yüksekliklerde atmosfer basıncının zamana göre değişimi (GRAFF 1952).

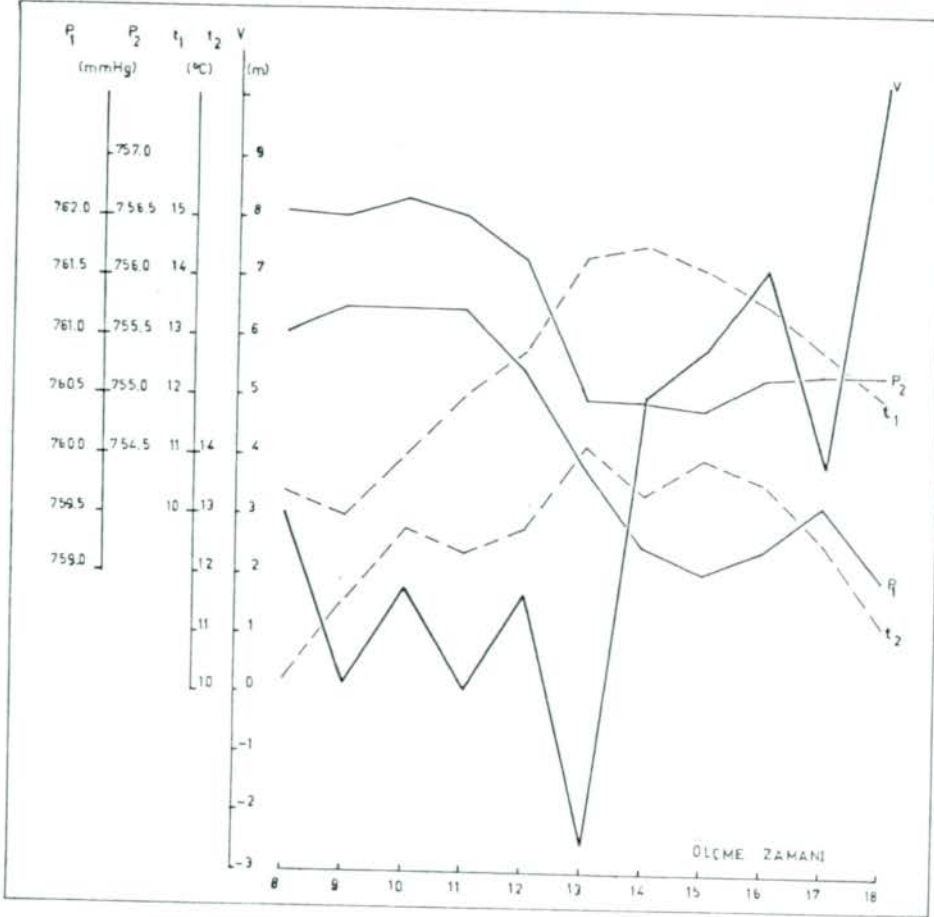
Yapılan çalışmalarda (GRAFF 1952; HONKASALO 1955; MARZAHN BEHRENDT 1955; LICHTER 1954,1963,1967) ölçü noktaları arasında ki yatay ve düşey uzaklığın miktarları (yatay uzaklık 5 - 30 km arasında, yükseklik farkı 40 - 600 m arasında) yukarıda belirtilen miktarları çok aşmaktadır ve elde edilen ölçü hassasiyetinin ± 1 ila ± 3 m arasında değiştiği görülmektedir.

Ölçü sırasında, ilgili noktalarda basınç değişimleri düzenli olduğunda gerçek hata değerlerinin ± 1 ila ± 2 m olduğu (Şekil 3.3) ; basınçtaki düzensiz ve ani değişimlerin ± 10 m ye kadar hataya sebebiyet verdiği görülmüştür (SANDING 1955; BAYRAM 1982)(Şekil 3.4).

Yükseklik farkı büyük olan iki noktadaki basınç farklarının barometreleri olumsuz yönde etkilediği; hassasiyeti yüksek olan aletlerin küçük yükseklik farklarında uygun sonuçlar verdiği tesbit edilmiştir (SANDING 1955).



Şekil 3.3. Yükseklik farkı bilinen iki noktada basıncın (P₁, P₂), sıcaklığın (t₁, t₂) ve yükseklik hatasının (V) zamana göre değişimi (basınç değişimi düzenli (BAYRAM 1982)).



Şekil 3.4. Yükseklik farkı bilinen iki noktada basıncın, sıcaklığın ve yükseklik hatasının zamana göre değişimi (basınç değişimi düzensiz (BAYRAM 1982)).

2. Sıcaklık Değişmelerinin Etkisi

Sıcaklığın yükseklikle lineer olarak değiştiği kabul edilmesine rağmen yapılan araştırmalarda ise yükseklikle günlük sıcaklık değişiminin lineer olmadığı ve günün saatleriyle düzensiz olarak değiştiği belirtilmektedir (GEIGER 1973,s.77).

Ani sıcaklık değişimlerinin, aletlerin çalışmasını çok etkilediği yapılan çalışmalarda (LEHMUSKOSKI 1979; BUSCH 1964,s.58) görülmüştür. Ölçme günlerinin sıcak oluşunda yükseklik okumalarında ± 4.4 m ve diğer günlerde ise ± 1.7 m lik bir ortalama hatanın meydana geldiği belirtilmiştir (LEHMUSKOSKI 1979).

Basınç ve sıcaklık değişmelerinin barometrik yükseklik ölçüsüne olan etkilerini azaltmak için şu tedbirlerin alınması gereklidir :

- Ölçü sırasında farklı noktalar arasında mikro iklim farkları çok fazlaysa ölçmeler yapılmamalı ,

- Ani basınç ve sıcaklık değişmelerinde ve arazi meylini işaret değiştirdiği geçiş noktalarında, alet okunmadan bir müdet (10 - 15 dakika kadar) beklenilmelidir.

Genel formülün teorik hassasiyetine etkili olan faktörlerin hatalarını özetlemek gerekirse ;

- (2.10) eşitliğinde e'/P oranının sabit alınması $d\Delta_e = 10^{-4} \Delta H$ m kadar ,

- ölçü noktasındaki hava yoğunluğunun (2.1) eşitliğinde kullanılarak entegralin buna göre alınması halinde $d\Delta_g = 5 \cdot 10^{-3} \Delta H$ m kadar ,

- yerçekimi ivmesi düşey bileşeninin (2.1) bağıntısında kullanılması halinde dolaylı olarak K katsayısının hesabına etkisi $d\Delta_g = 10^{-3} \Delta H$ m kadar ,

- meteorolojik faktörlerden düzensiz basınç değişmeleri ± 10 m ye kadar; sıcaklık değişmeleri ± 4.4 m ye kadar etkile

mektedir. Ancak burada basınç ve sıcaklık değişmelerinin etkisi bir fonksiyonla değil, gözlemler sonucunda tesbit edilmiştir ve sözü edilen hata miktarları, meteorolojik faktörlerin sadece ani ve düzensiz değişmelerinde söz konusudur. Bu bakımdan bu hataları genel formülün teorik hassasiyetini ifade etmek için teşkil edilecek

$$m_f^2 = (d\Delta_e)^2 + (d\Delta_\varphi)^2 + (d\Delta_g)^2 \quad (3.7)$$

eşitliğinde belirtmek mümkün değildir. Meteorolojik faktörlerin zamana göre düzenli değişmelerinde, kabul edilen birim ölçü zamanındaki değişme miktarları, 3.2 bölümünde basınç ve sıcaklık ölçüsünde yapılan hatalarda değerlendirilecektir.

3.2 Ölçülerden Doğan Hatalar

Barometrik yükseklik genel formülü

$$\Delta H = K(1+\alpha t)(1+\beta \cos 2\varphi)\left(1+0.378 \frac{e}{P}\right)\left(1+\frac{2H}{r}\right) \log \frac{P_1}{P_2}$$

şeklinde daha önce çıkarılmıştı (2.13). Bu formülde muhtelif değişkenlerin hatalarının ΔH yükseklik farkına etkisini inceleyebilmek için hata yayılma kanununun uygulanması gerekir. Bu maksatla her değişkene göre kısmi türevler alınır :

$$A_K = \frac{\partial \Delta H}{\partial K} = \frac{\Delta H}{K} ,$$

$$A_t = \frac{\partial \Delta H}{\partial t} = \alpha(1-\alpha t) \Delta H ,$$

$$A_\varphi = \frac{\partial \Delta H}{\partial \varphi} = -2\beta \sin 2\varphi (1-\beta \cos 2\varphi) \Delta H ,$$

$$A_e = \frac{\partial \Delta H}{\partial e} = \frac{0.378}{P} \left(1-0.378 \frac{e}{P}\right) \Delta H ,$$

$$A_H = \frac{\partial \Delta H}{\partial H} = \frac{2}{r} \left(1-\frac{2H}{r}\right) \Delta H ,$$

$$A_{P_1} = \frac{\partial \Delta H}{\partial P_1} = \mu \frac{1}{P_1} \operatorname{colog} \frac{P_1}{P_2} \Delta H - \frac{0.756 e}{(P_1+P_2)^2} \left(1 - \frac{0.756 e}{P_1+P_2}\right) \Delta H,$$

$$A_{P_2} = \frac{\partial \Delta H}{\partial P_2} = -\mu \frac{1}{P_2} \operatorname{colog} \frac{P_1}{P_2} \Delta H - \frac{0.756 e}{(P_1+P_2)^2} \left(1 - \frac{0.756 e}{P_1+P_2}\right) \Delta H$$

(3.)

Bu kısaltmalarla hata yayılma kanununun (ULSOY 1974,s.14; AYT 1985,s.35) (2.13) fonksiyonuna uygulanmasıyla

$$m_{\Delta H}^2 = A_K^2 m_K^2 + A_t^2 m_t^2 + A_\varphi^2 m_\varphi^2 + A_e^2 m_e^2 + A_H^2 m_H^2 + A_{P_1}^2 m_{P_1}^2 + A_{P_2}^2 m_{P_2}^2$$

(3.)

ifadesi elde edilir. Her iki noktada yapılan basınç ölçülerinin aynı hassasiyette, yani $m_{P_1} = m_{P_2} = m_P$ olduğu kabul edilirse son ifade

$$m_{\Delta H}^2 = A_K^2 m_K^2 + A_t^2 m_t^2 + A_\varphi^2 m_\varphi^2 + A_e^2 m_e^2 + A_H^2 m_H^2 + (A_{P_1}^2 + A_{P_2}^2) m_P^2$$

(3.1)

şeklini alır. (3.10) eşitliği genel formülün, ölçme hatalarının ait bir hassasiyet bağıntısıdır. Barometrik yükseklik tayininin hassasiyeti söz konusu olduğunda, genel formülün çıkarılması sıradaki kabullerden doğan hatanın da (3.7), hata yayılma kanununa göre

$$m_{\Delta H}^2 = m_{\Delta H}^2 + m_f^2$$

(3.1)

şeklinde ilave edilmesi gerekir.

(3.10) eşitliğinde değişkenlerin ve ortalama hatalarının alabileceği maksimum değerler dikkate alınarak (3.8) kısmi türevlerinde bazı kısaltmalar ve ihmallerin yapılması mümkündür. Bu maksatla (3.10) ifadesinde geçen ortalama hataların ve bunların katsayılarının değerleri üzerinde incelemeler yapılacak ve dikkate alınmaya değer kısaltılmış ifadeler elde edilmeye çalışılacaktır. Bu incelemeye Türkiye şartlarında $H_{\max} = 3000$ m, $\Delta H_{\max} = 1000$ m, $t_{\max} = 30$ °C, $e_{\max} = 24$ mmHg ve $P_{\min} = 500$ mmHg

değerleri esas alınacaktır.

3.2.1. K Değerinin Hatası

K değeri bir ölçü değeri olmamakla beraber, bunun (2.12) eşitliğinden elde edilmesinde sabit kabul edilen bazı değerlerin ortalama hataları sebebiyle K değerinin de bir ortalama hatası olacaktır.

$$\frac{\partial \Delta H}{\partial K} dK = \frac{\Delta H}{K} dK \tag{3.12}$$

ifadesinde K değerinin değişim miktarı olan dK, (2.12) eşitliğinden diferansiyel alınarak

$$dK = \left(\frac{0.76}{\mu} \frac{1}{1.00021 \rho_{kh}} \right) d\rho_c + \left(- \frac{0.76}{\mu} \frac{\rho_c}{1.00021 \rho_{kh}^2} \right) d\rho_{kh} \tag{3.13}$$

elde edilir. Burada, 0°C sıcaklıkta 760 mmHg atmosfer basıncında kuru havanın yoğunluğu $\rho_{kh} = 0.00129277 \text{ gr cm}^{-3}$, civanın yoğunluğu $\rho_c = 13.59593 \text{ gr cm}^{-3}$ değerleri kullanılır (JORDAN/EGGERT /KNEISSL 1956,s.492). Ancak muhtelif sıcaklık ve basınç değerlerine göre bunlar da değişmektedir (WEAST 1983,F-9-11). Bunların ortalama hatalarına ilgili yayınlarda pek rastlanılmamakla beraber, ρ_{kh} ve ρ_c nin 760 mmHg basıncında muhtelif sıcaklıklara karşılık gelen değerlerinden, sıcaklık ölçü hassasiyetine (0.2 °C) uygun olarak $d\rho_{kh} = \pm 1 \cdot 10^{-6} \text{ gr cm}^{-3}$, $d\rho_c = \pm 5 \cdot 10^{-4} \text{ gr. cm}^{-3}$ değerleri bulunur. Ayrıca araştırma laboratuvarlarında kullanılan hassas analitik teraziler ile $\pm 1 \cdot 10^{-5} \text{ gr}$ inceliğinde ölçü yapıldığı da dikkate alındığında, hesapla bulunan değerlerin doğruluğu kabul edilebilir. Bu değerler (3.13) de yerine konulduğunda

$$dK = 0.68 \text{ m}$$

elde edilir. Her ne kadar teorik olarak bu değer elde edilmekle beraber, bunun muhtelif araştırmacılar tarafından bulunan K değerleri incelendiğinde (BEKİN 1967,s.225) 23 m ye kadar çıktığı görülür. Bu bakımdan hassasiyet hesabında $m_K = 0$ ve $\pm 20 \text{ m}$ değerleri alınacaktır. Bu değerlerle ortalama hataya geçilerek

(3.10) un ilk terimi hesaplanırsa

$$A_K^2 m_K^2 = \left(\frac{\Delta H}{K}\right)^2 m_K^2 = (5.43 \cdot 10^{-5} \Delta H)^2 m_K^2 \quad (3.14)$$

değeri elde edilir.

3.2.2. Sıcaklık Ölçüsünün Hatası

Hava sıcaklığının ölçüldüğü termometre veya psikrometrelerin okuma inceliği genellikle $0.2 \text{ }^\circ\text{C}$ mertebesinde dir. Alet ve ölçü hatalarının etkisi de dikkate alındığında psikrometre ile yapılan bir ölçünün hatasının maksimum $m_t = \pm 0.5 \text{ }^\circ\text{C}$ olabileceği kabul edilebilir. Ancak formülde kullanılan sıcaklık değeri iki istasyonda yapılan ölçülerin ortalamasıdır. Bu ortalamanın hatası ise,

$$m_{t_m} = \pm m_t \frac{\sqrt{2}}{2} = \pm 0.35 \text{ }^\circ\text{C}$$

olacaktır. Ancak her iki nokta arasındaki sıcaklık değişmesi, gerçekte lineer değildir. Zira atmosferin alt tabakalarında günün muhtelif saatlerinde sıcaklık değişiminin lineer olmadığı araştırmalarla ortaya konmuştur (GEIGER 1973,s.77) (Şekil 1.1) 1.3.2 bölümünde Şekil 1.1 üzerinde yapılan incelemede iki noktada (örnek olarak yerde ve yerden 100 m yükseklikte) günün muhtelif saatlerindeki sıcaklıkların - lineer değişim prensibine göre - ortalama değeri ile ilgili saatlere ait gerçek değişim eğrisindeki ortalama değeri arasındaki farkların $\pm 0.1 \text{ }^\circ\text{C}$ ila $\pm 1.1 \text{ }^\circ\text{C}$ arasında değiştiği ve bunların ortalama hatasının $\pm 0.65 \text{ }^\circ\text{C}$ olduğu görülmüştür. Buna ilave olarak, sıcaklığın zamana göre değişiminden dolayı, kabul edilebilen bir birim ölçüm zamanındaki değişme miktarları, sıcaklık ölçüsünde yapılan hatalar olarak da kabul edilebilir. Sıcaklığın zamana göre değişme miktarlarının, bölgesel uygulama sahalarında yapılan bir incelemede (birim ölçme süresi 15 dakika alınarak), ± 0.05 ila $\pm 0.5 \text{ }^\circ\text{C}$ arasında değiştiği görülmüştür. Buna göre sıcaklık ölçüsündeki hata, bu iki hatanın toplamı olarak kabul edilebilir. Buradan, sıcaklık ölçüsündeki önemli hatanın, iki nokta arasında sıcaklığın lineer değişim prensibinden kaynaklandığı anlaşılır.

maktadır. O halde (3.10) un ikinci terimi, muhtelif t , m_t ve ΔH değerlerine göre

$$A_t^2 m_t^2 = ((\alpha - \alpha^2 t) \Delta H)^2 m_t^2 \quad (3.15)$$

olur.

3.2.3. Ortalama Enlemin Hatası

Ölçü yerinin enlemi, küçük ölçekli bir haritadan dahi $\pm 0.15'$ hassasiyetle belirlenebilir. Bu değer, enlemin ortalama hatası olarak kabul edilirse (3.10) un üçüncü terimi, Türkiye şartlarında $\varphi_{\max} = 42^\circ$ ve ΔH_{\max} ile

$$\begin{aligned} A_\varphi^2 m_\varphi^2 &= ((-2\beta \sin 2\varphi + \beta^2 \sin 4\varphi) \Delta H_{\max} \frac{m_\varphi}{\rho'})^2 \\ &= (0.023 \text{ m})^2 \end{aligned} \quad (3.16)$$

olur. Burada verilen maksimum değerlere göre elde edilen değer, gayet küçük olduğundan, hassasiyet hesabında ihmal edilebilir.

3.2.4. Buhar Basıncının Hatası

Buhar basıncı hatasının tesbiti için, buhar basıncını ifade etmek için kullanılan (1.17) bağıntısında değişkenlere göre kısmi türevler alınıp hata yayılma kanunu uygulandığında

$$m_e = \pm \sqrt{\left(\frac{\partial e}{\partial e_d}\right)^2 m_{e_d}^2 + \left(\frac{\partial e}{\partial P}\right)^2 m_P^2 + \left(\frac{\partial e}{\partial t}\right)^2 m_t^2 + \left(\frac{\partial e}{\partial t'}\right)^2 m_{t'}^2 + \left(\frac{\partial e}{\partial A_s}\right)^2 m_{A_s}^2}$$

elde edilir. Burada; $A_s = 0.000656$ sabittir, $m_t = m_{t'} = \pm 0.2^\circ\text{C}$, $m_P = \pm 0.1 \text{ mmHg}$, $m_{e_d} = \pm 0.22 \text{ mmHg}$ (MOLLER 1962, s.29), $t - t' = 10^\circ\text{C}$ ve $P = 760 \text{ mmHg}$ alınarak işlem yapıldığında

$$m_e = \pm 0.26 \text{ mmHg}$$

elde edilir.

Buhar basıncının, sıcaklıkta olduğu gibi yükseklikle lineer bir değişim gösterdiği kabul edilmesine rağmen, gerçekte atmosferin alt tabakalarında sözü edilen bu değişim lineer değildir (GEIGER 1973, s.105). Buhar basıncının yükseklikle lineer

değişimi kabulü sebebiyle yapılan hata, sıcaklık hatasının t bitinde belirtildiği şekilde hareket edilerek, Şekil 1.4 de yapılan incelemede yaklaşık olarak ± 0.5 mmHg elde edilmiştir.

Burada önem arzeden bir husus da, doymuş buhar basıncının ifade etmek için kullanılan formüllerin etkisidir. Yapılan çalışmada (HILGER/KOLLIN 1979), muhtelif t, t', ΔH ve H değerlerine göre MAGNUS - TETENS ve GOFF - GRATCH formülleriyle elde edilen doymuş buhar basıncının, barometrik yükseklik hassasiyetine olan etkilerinin küçük değerlerde (± 0.10 m) olduğu belirtilmektedir. Buna göre her iki formülle elde edilen doymuş buhar basıncı hatasız kabul edilebilir.

$$A_e^2 m_e^2 = \left(\frac{0.378}{P} - 0.378^2 \frac{e}{P^2} \right)^2 \Delta H^2 m_e^2$$

ifadesinde parantez içindeki ikinci terim, P_{\min} , ΔH_{\max} , e_{\max} ve $m_e = \pm 0.5$ mmHg için yapılan hesaplamaların sonuca etkisi gayet küçük (± 0.007 m)² olduğundan ihmal edilebilir. Bu durumda

$$A_e^2 m_e^2 = \left(\frac{0.378}{P} \Delta H \right)^2 m_e^2 \quad (3.1)$$

olur.

3.2.5. Ortalama Yüksekliğin Hatası

Ortalama yükseklik değeri, varsa bir altimetre ile veya düzeç eğrili bir haritadan yahut da yaklaşık olarak Radau formülünden (ERKİN 1967,s.161) faydalanılarak, genel olarak ± 10 m ile ± 50 m lik bir hata ile elde edilebilir. O halde

$$A_H^2 m_H^2 = \left(\frac{2}{r} - \frac{4H}{r^2} \right)^2 H^2 m_H^2 \quad (3.1)$$

ifadesinin değeri, H_{\max} , ΔH_{\max} ve $m_H = \pm 100$ m için yapılan hesaplamaların sonucunda dahi gayet küçük (± 0.03 m)² görüldüğünden ihmal edilebilir.

3.2.6. Basınç Ölçüsündeki Hata

Basınç ölçüsünde iki çeşit hata söz konusudur :

1. Barometrelerle Ölçülen Basıncıdaki Hata

Cıvalı barometrelerden okunarak indirgenmiş basınç P_r , havanın gerçek basıncıdır. Madeni barometrelerden okunan basınç ise yaklaşık bir değerdir. Bu sebeple arazide barometrik yükseklik ölçülerine başlamadan önce ve ölçülerden sonra madeni barometreler bir cıvalı barometre ile kalibre edilerek (2.15) eşitliğinden alet ek sabiti bulunur. Kalibrasyon saatleri arasındaki sürede alet ek sabitinin değişimi lineer kabul edilir. Ölçme süresinde, belli bir zamana (S_i) ait alet ek sabiti enterpolasyonla (2.16), hava basıncı P_{mi} ise (2.17) eşitliğinden elde edilir. Böyle bir ölçüde madeni barometrelerde yapılan basınç ölçü hatasının, kalibrasyon yapıldıktan sonra, belirli bir noktada aynı zamanda olmak üzere, cıvalı barometreden bulunan indirgenmiş basınç ile madeni barometre okumasından (2.17) eşitliğine göre elde edilen basınç değerleri arasındaki fark olması gerekir.

$$\text{Basınç ölçü hatası} = P_{ri} - P_{mi}$$

Bu hataya madeni barometrelerin kalibrasyon hatası da denir. Bu bakımdan, madeni barometrelerde basınç ölçü hatasının, aletlerin okuma hatası olarak alınması mümkün değildir. Kalibrasyon hatasının ± 0.02 ila ± 0.2 mmHg arasında değiştiği görülmüştür (UZUNER 1974, s.61).

2. Atmosfer Basıncının Zamana Göre İki Noktada Farklı Değişiminden Doğan Hata

Barometrik yükseklik genel formülü çıkarılırken, ölçü noktalarında basınç değişimlerinin birbirine paralel olduğu kabul edilmiştir. Gerçekte ise iki noktadaki basınç değişmelerinin tam paralel olmadığı, aynı zaman birimi içinde basınç değişme miktarlarının birbirinden işaret ve büyüklük bakımından da farklı olduğu görülmüştür. Basınç değişmeleri birbirine paralel olduğunda, haliyle basınç değişme miktarlarının da aynı işaret-

li ve mutlak değerce birbirine yakın değerde olduğu ayrıca ge-
çek hatalarının küçük değerde oldukları; basınç değişme mikta-
larının çok farklı olması durumunda ise kaba hataların meydana
geldiği anlaşılmaktadır (Şekil 3.3 ve Şekil 3.4). Burada, ba-
sıncın zamana göre ani değişme miktarları, kaba hatalara sebe-
biyet verdiğiinden, hassasiyet hesabı için dikkate alınmayacak-
tır. Bölgesel uygulama sahalarında yapılan bir incelemede 15
dakikalık birim ölçme süresinde basınç değişme miktarlarının
 ± 0.02 ila ± 0.15 mmHg arasında değiştiği tesbit edilmiştir.
Bu halde basınç ölçüsünde yapılan hatanın, barometrelerle ölçü-
len basıncadaki hata ile ölçü konusu noktalarda basıncın belir-
bir zaman birimindeki değişme miktarlarının toplamı olduğu ka-
bul edilebilir. (3.8) de A_{P_1} ve A_{P_2} ifadelerinde

$$V = \left(- \frac{0.756 e}{(2 P)^2} + \frac{0.756^2 e^2}{(2 P)^3} \right) \Delta H \quad (3.1)$$

terimi her ikisi için de ortaktır. P_{\min} , e_{\max} , ΔH_{\max} ve m_P
 ± 0.1 mmHg için yapılan hesaplamaların sonucunda $V = \pm 0.015$ m
olduğu görülür. Bu durumda

$$A_{P_1}^2 m_P^2 = \left(\left(\mu \frac{1}{P_1} \operatorname{colog} \frac{P_1}{P_2} \Delta H \right) + V \right)^2 m_P^2$$

$$A_{P_2}^2 m_P^2 = \left(\left(-\mu \frac{1}{P_2} \operatorname{colog} \frac{P_1}{P_2} \Delta H \right) + V \right)^2 m_P^2$$

eşitlikleri elde edilir. $V = -0.015$ m değeri, burada sonucu etkile-
meyecek kadar küçüktür. O halde V nin ihmali ile

$$A_{P_1}^2 m_P^2 = \left(\mu \frac{1}{P_1} \operatorname{colog} \frac{P_1}{P_2} \Delta H \right)^2 m_P^2$$

$$A_{P_2}^2 m_P^2 = \left(-\mu \frac{1}{P_2} \operatorname{colog} \frac{P_1}{P_2} \Delta H \right)^2 m_P^2 \quad (3.2)$$

olur. Burada parantezlerdeki terimlerin hesaplanabilmesi için
 ΔH ile P_1 ve P_2 nin bilinmesi gerekmektedir. Herhangi bir ΔH

ve P_1 için P_2 rastgele alınamaz, zira bunlar birbirine bağımlıdır. Bu sebeple ΔH a ve P_1 e bağılı olarak P_2 nin gerçeğe daha yakın olması için belirli bir ΔH a, ortalama bir sıcaklığa ve ölçülebilen bir P_1 basıncına göre P_2 nin yaklaşık değeri

$$\Delta H = K (1+\alpha t) \log \frac{P_1}{P_2} \quad (3.21)$$

eşitliğinden

$$P_2 = P_1 10^{-\frac{\Delta H}{K(1+\alpha t)}} \quad (3.22)$$

olarak elde edilir. P_2 nin kesin değeri ise iterasyonla genel formülden

$$P_2 = P_1 10^{-\frac{\Delta H}{K(1+\alpha t)(1+0.378 \frac{e}{P})(1+\beta \cos 2\varphi)(1+\frac{zH}{r})}} \quad (3.23)$$

şeklinde elde edilir.

Muhtelif ΔH , genel olarak ölçü yapılabilecek üç ayrı sıcaklık (10, 20, 30°C), buhar basıncı (8, 16, 24 mmHg) ve basınç seviyesine ($P_1=760, 650, 500$ mmHg), H_{max} ve $\varphi=42^\circ$ değerlerine göre (3.22) ve (3.23) eşitliklerinden elde edilen P_2 den faydalanılarak (3.10) ifadesindeki $A_P^2 = A_{P_1}^2 + A_{P_2}^2$ hesaplanarak Çizelge 3.1. de gösterilmiştir.

Genel formül içinde, birer ölçü değeri olmamakla birlikte K nin haricinde sabit olarak belirtilen katsayıların da ($\alpha, \beta, r, q=0.378$) doğrudan veya dolaylı şekilde elde edilmeleri sebebiyle birer ortalama hataları vardır. Sözü edilen katsayıların ortalama hatalarının genel formül hassasiyetine olan etkilerinin, yapılan incelemede (MÖLLER 1962, s.32) gayet küçük (± 0.02 m) olduğu görülmüştür. Bu sebeple bunlar genel formül hassasiyet eşitliğinde ayrıca belirtilmemiştir.

Yukarıdaki değerler (3.11) formülünde yerlerine konulduğunda hassasiyet eşitliği aşağıdaki hale gelir.

t ($^{\circ}\text{C}$), e (mmHg)	10			20			30		
P_1 (mmHg)	760	650	500	760	650	500	760	650	500
ΔH (m)									
1.0	236.11	322.78	545.50	250.92	343.02	579.71	266.24	363.98	615.12
10.0	236.36	323.14	546.10	251.18	343.39	580.33	266.51	364.35	615.75
20.0	236.65	323.53	546.76	251.48	343.79	581.01	266.82	364.76	616.45
30.0	236.94	323.92	547.43	251.77	344.20	581.70	267.12	365.18	617.16
40.0	237.23	324.32	548.09	252.07	344.60	582.38	267.43	365.60	617.87
50.0	237.52	324.71	548.76	252.37	345.01	583.07	267.74	366.02	618.57
60.0	237.81	325.11	549.43	252.67	345.42	583.76	268.04	366.44	619.28
70.0	238.10	325.50	550.10	252.96	345.83	584.45	268.35	366.86	620.00
80.0	238.39	325.90	550.77	253.26	346.24	585.14	268.66	367.28	620.71
90.0	238.68	326.30	551.45	253.57	346.65	585.84	268.97	367.71	621.42
100.0	238.97	326.70	552.12	253.87	347.06	586.54	269.28	368.13	622.14
200.0	241.94	330.75	558.97	256.92	351.24	593.59	272.42	372.43	629.40
300.0	244.98	334.91	565.99	260.05	355.51	600.81	275.64	376.82	636.83
400.0	248.09	339.16	573.18	263.25	359.89	608.20	278.92	381.32	644.42
500.0	251.28	343.52	580.55	266.52	364.36	615.77	282.29	385.92	652.20
600.0	254.54	347.99	588.10	269.88	368.95	623.52	285.73	390.62	660.15
700.0	257.89	352.56	595.83	273.11	373.64	631.46	289.25	395.44	668.29
800.0	261.32	357.25	603.75	276.83	378.45	639.58	292.85	400.36	676.61
900.0	264.83	362.05	611.87	280.42	383.37	647.90	296.54	405.40	685.13
1000.0	268.43	366.97	620.18	284.11	388.41	656.41	300.31	410.56	693.84

Çizelge 3.1. Muhtelif ΔH , t , e , P_1 , H_{\max} ve $\varphi=42^{\circ}$ değerleriyle (3.22) ve (3.23) eşitliklerinden

$$m_{\Delta H}^2 = (5.43 \cdot 10^{-5} \Delta H)^2 m_K^2 + ((\alpha - \alpha^2 t) \Delta H)^2 m_t^2 + \left(\frac{0.378}{P} \Delta H\right)^2 m_e^2 + A_p^2 m_p^2 + m_f^2 \quad (3.24)$$

3.3. Faktörlerin Hassasiyete Etkileri

Değişkenlerin yukarıda belirtilen ortalama hataları, üç ayrı değerde P_1 , t , e ve muhtelif ΔH değerleriyle hesaplanan hassasiyet değerlerinin grafikleri Şekil 3.5.a, b, c, d, e, f ve g de gösterilmiştir. Bu grafikler incelendiğinde hassasiyete genel olarak, basınç ölçü hatasının, ortalama sıcaklık ölçü hatasının, ölçünün yapıldığı basınç seviyelerinin (P_1), genel formülün çıkarılmasındaki kabullerden doğan hataların, K değeri hatasının, ortalama buhar basıncı hatasının, ortalama hava sıcaklığı ve buhar basıncı değerlerinin ve ΔH büyüklüğünün etkili olduğu görülmektedir. Bu faktörlerin her birinin hassasiyete olan etkisi şu şekilde belirtilebilir :

- Basınç ölçü hatasının hassasiyete etkisi : Belirli bir P_1 , m_e , t , e , m_t ve m_K değerleri sabit kalmak üzere muhtelif m_p ve ΔH için elde edilen hassasiyet değerleri karşılaştırıldığında (Şekil 3.5.a) hassasiyet, m_p nin küçük değerlerinde (± 0.07 mmHg ye kadar) daha az, m_p nin büyük değerlerinde ise daha çok ΔH ile ters orantılı olarak azalmaktadır.

- Ortalama sıcaklık hatasının hassasiyete etkisi : Belirli bir P_1 , t , e , m_p , m_e ve m_K değerleri aynı kalmak üzere muhtelif m_t ve ΔH için elde edilen hassasiyet değerleri karşılaştırıldığında (Şekil 3.5.b) hassasiyet, m_p ve m_t nin küçük değerlerinde ($m_p = \pm 0.05$ mmHg, $m_t = \pm 0.1^\circ\text{C}$) daha az, m_p ve m_t nin büyük değerlerinde ise ($m_p = \pm 0.15$ mmHg, $m_t = \pm 1.1^\circ\text{C}$) daha çok ΔH ile ters orantılı olarak azalmaktadır.

- Basınç seviyelerinin hassasiyete etkisi : (3.24) bağıntısında hassasiyeti doğrudan etkileyen bir faktör olarak görülmemekle birlikte, (3.23) ifadesindeki muhtelif P_1 değerlerinin hassasiyet üzerindeki etkisini araştırmak maksadıyla konunun incelenmesi gerekli görülmüştür. Bunun için belirli bir t , e ,

m_p , m_t , m_e ve m_K değerleri aynı kalmak üzere muhtelif P_1 ve ΔH için elde edilen hassasiyet değerleri karşılaştırıldığında (Şekil 3.5.c) hassasiyet, m_p değeri arttıkça ve P_1 değeri küçüldükçe ΔH ile ters orantılı olarak azalmaktadır. Basınç seviyelerinin hassasiyete etkisi, m_p ve m_t ye göre daha az olmaktadır.

- Genel formülün çıkarılmasındaki kabullerden doğan hataların hassasiyete etkisi : Genel formülün çıkarılmasındaki kabullerden doğan hataların hassasiyete olan etkisini görebilmek için, (3.24) eşitliğinden hassasiyet hesabı iki ayrı şekilde yapılmıştır. Birinci hesaplamada, belirtilen eşitlikte m_f^2 değeri dikkate alınmış, ikinci hesaplamada ise dahil edilmemiştir. Belirli bir P_1 , t , e , m_t , m_e , m_K ve m_p değerleri aynı kalmak üzere muhtelif ΔH değerleriyle yapılan birinci ve ikinci hesaplama arasındaki farkların (Şekil 3.5.d), genel olarak ΔH ile orantılı olarak m_t ve m_p nin küçük değerlerinde daha fazla, m_t ve m_p nin büyük değerlerinde daha az olduğu görülmektedir.

- K değeri hatasının hassasiyete etkisi : Belirli bir P_1 , t , e , m_t , m_e ve m_p değerleri aynı kalmak üzere muhtelif m_K ve ΔH için elde edilen hassasiyet değerleri incelendiğinde (Şekil 3.5.e), m_K değerlerinin hassasiyet üzerindeki etkisinin m_p ve m_t ye göre çok az olduğu görülmüştür.

- Buhar basıncı hatasının hassasiyete etkisi : Belirli bir P_1 , t , e , m_p , m_t ve m_K değerleri aynı kalmak üzere muhtelif m_e ve ΔH için elde edilen hassasiyet değerleri incelendiğinde (Şekil 3.5.f) hassasiyet, m_p ve m_e nin küçük değerlerinde ($m_p = \pm 0.1$ mmHg, $m_e = \pm 0.5$ mmHg) daha az, m_p ve m_e nin büyük değerlerinde ($m_p = \pm 0.15$ mmHg, $m_e = \pm 2$ mmHg) daha çok ΔH ile ters orantılı olarak azalmaktadır. m_e nin hassasiyet üzerindeki etkisi m_p ve m_t ye göre çok daha azdır.

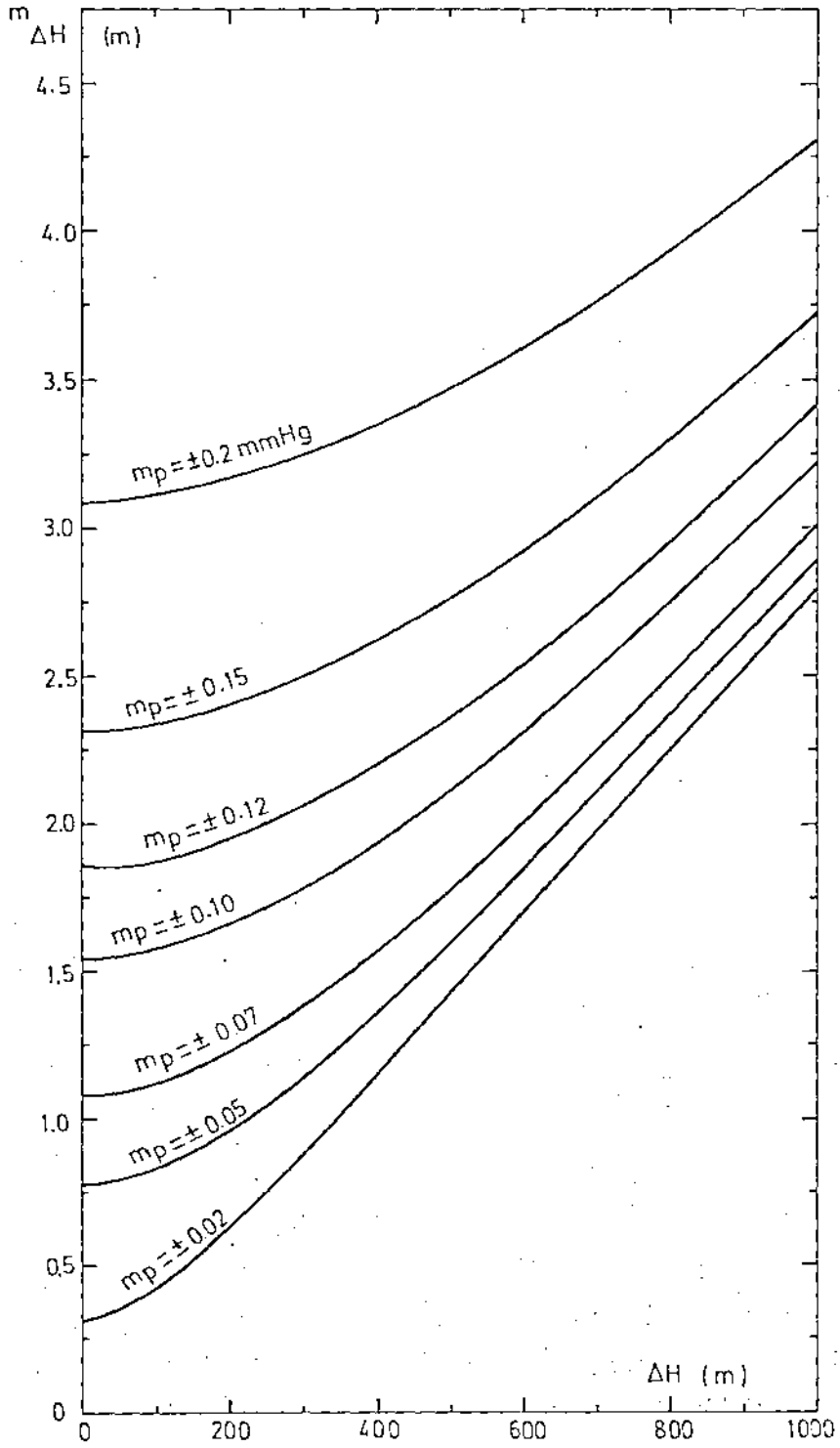
- Ortalama hava sıcaklığı ve buhar basıncı değerlerinin hassasiyete etkisi : Belirli bir P_1 , m_p , m_t , m_e ve m_K değerleri aynı kalmak üzere muhtelif t , e ve ΔH değerleri için elde edilen hassasiyet değerleri incelendiğinde (Şekil 3.5.g) hassasiyetin m_p ve m_t miktarına göre değiştiği, m_p ve m_t nin küçük değerlerinde t ve e nin farklı büyüklükte olmasının hassasiyete

etkilemediği görülmüştür.

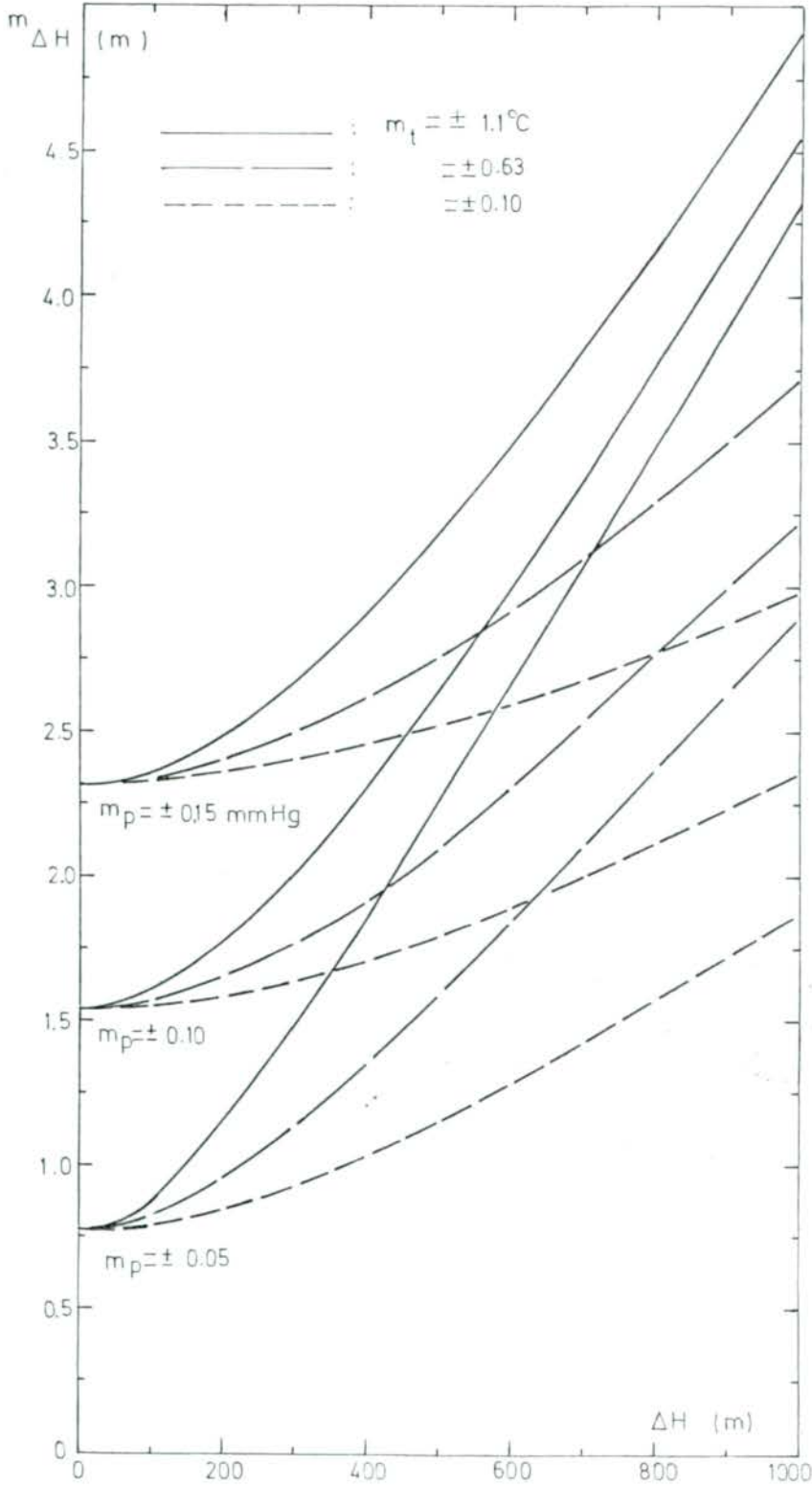
Yukarıda yapılan inceleme ile varılan sonuca göre, barometrik yükseklik tayininin hassasiyetine etkili en önemli faktörler, basınç ve ortalama sıcaklığın ölçü hataları ve yükseklik farkının büyüklüğüdür. İlgili grafiklerden görüleceği üzere hassasiyet, m_p , m_t ve ΔH in artan büyüklüğü ile ters orantılı olarak azalmaktadır. Genel formülün çıkarılmasındaki kabullerden doğan hataların etkisi, $\Delta H=500$ m de m_p ve m_t nin küçük değerlerinde bile ($m_p=\pm 0.05$ mmHg, $m_t=\pm 0.10^{\circ}\text{C}$) dikkate alınacak büyüklükte değildir. Basınç seviyelerinin etkisi m_p ve m_t ye göre değişmektedir. Bu iki faktörün etkisi, aslında K değerinininkinden fazla görünmekte ise de bunlar değişken durumdadırlar. K değeri hatasının hassasiyete etkisi $\Delta H=400$ m den itibaren 0.10 m ye ulaşmakta ve $\Delta H=1000$ m de 0.20 m olmaktadır. Buhar basıncı hatası ± 2 mmHg olsa dahi $\Delta H=600$ m ye kadar yapılacak ölçmelerde, hassasiyete olan etkisi dikkate alınacak büyüklükte değildir. Muhtelif sıcaklık ve buhar basıncı değerlerinin etkisi de m_p ve m_t ye göre değişmekte ve diğer faktörlerle kıyaslandığında gayet az miktarda hassasiyete etkili oldukları görülmektedir.

İlgili grafiklerde görüleceği üzere $\Delta H=100$ m civarında hassasiyet eğrisinin gidişinde bir eğim değişikliği olmakta ve hassasiyet ΔH , m_p , m_t , m_K ve m_e nin büyüyen, P_1 in azalan değerlerine bağlı olarak azalmaktadır.

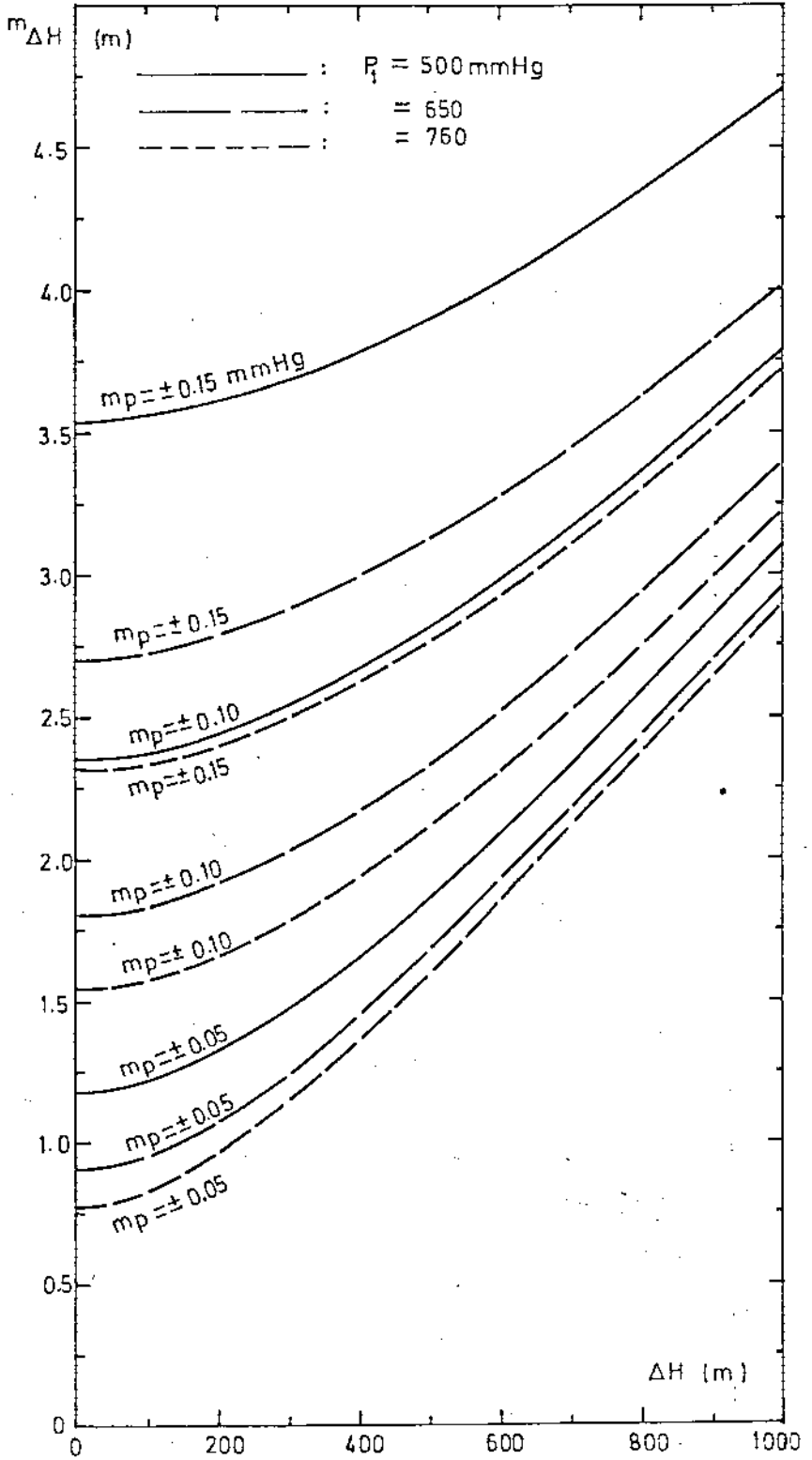
Barometrik yükseklik tayininde hassasiyetin ± 1 m yi geçmemesi arzu edildiğinde, basınç ölçü hatası ± 0.05 mmHg, sıcaklık ölçü hatası $\pm 0.63^{\circ}\text{C}$ olmak şartıyla Şekil 3.5.a da, ölçülecek yükseklik farkının en fazla 350 ila 400 m olduğu görülmektedir. Şekil 3.5.a ve b de görüleceği üzere, basınç ve sıcaklık ölçü hataları aynı miktarda kalıp ΔH miktarı arttıkça $m_{\Delta H}$ da artmaktadır. Hassas barometrelerin küçük yükseklik farklarının ölçüsünde uygun sonuçlar verdikleri (SANDING 1955) dikkate alındığında, büyük yükseklik farklarının uygun parçalar halinde ölçülmesinin hassasiyete faydalı olacağı söylenebilir.



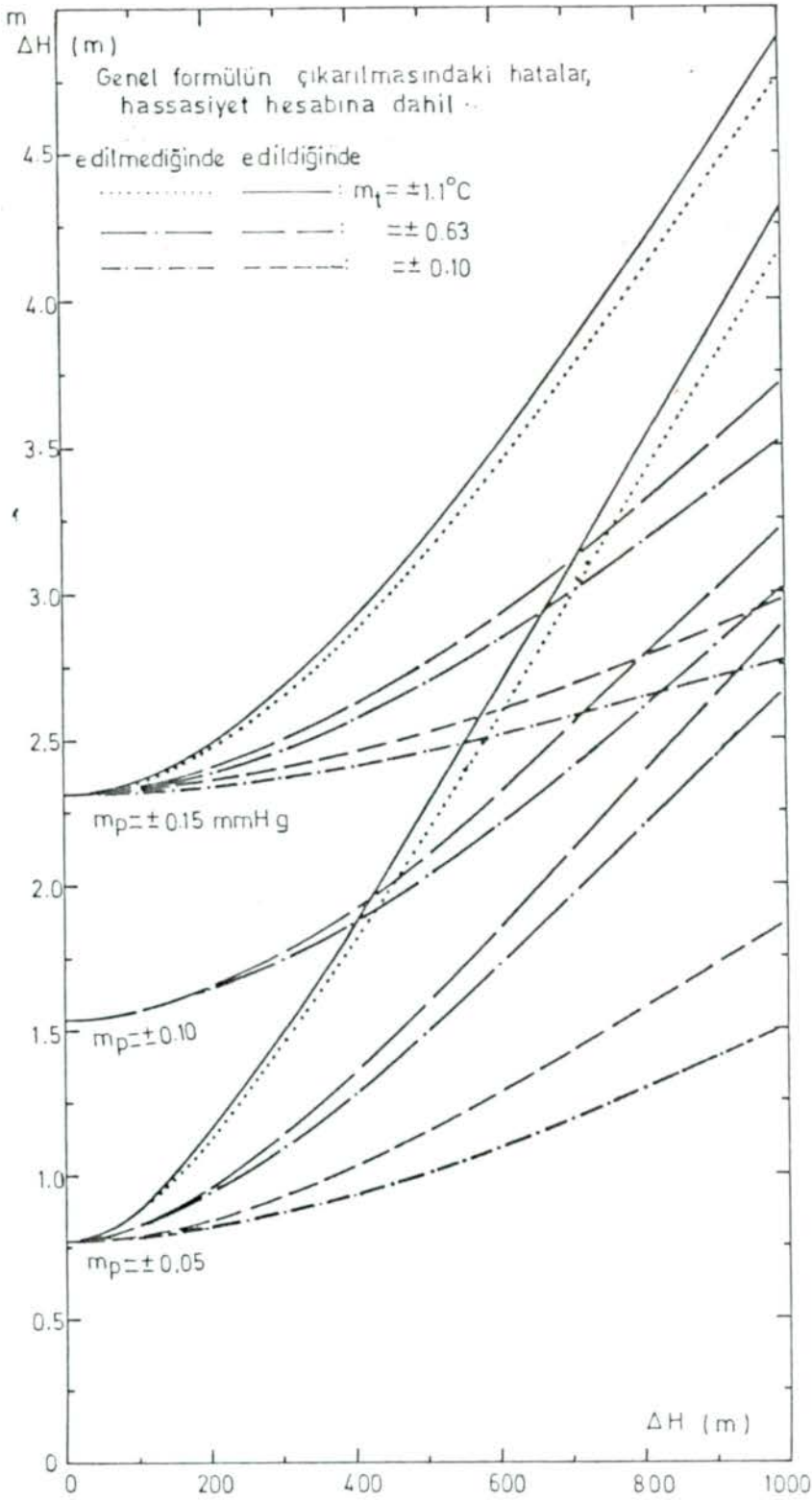
Şekil 3.5.a. Barometrik yükseklik tayininde genel olarak hassasiyetin, $P_1=760$ mmHg, $t=10^\circ\text{C}$, $e=8$ mmHg, $m_t=\pm 0.63^\circ\text{C}$, $m_e=\pm 1$ mmHg, m_K 20 m için muhtelif ΔH ve m_p değerlerine göre değişimi.



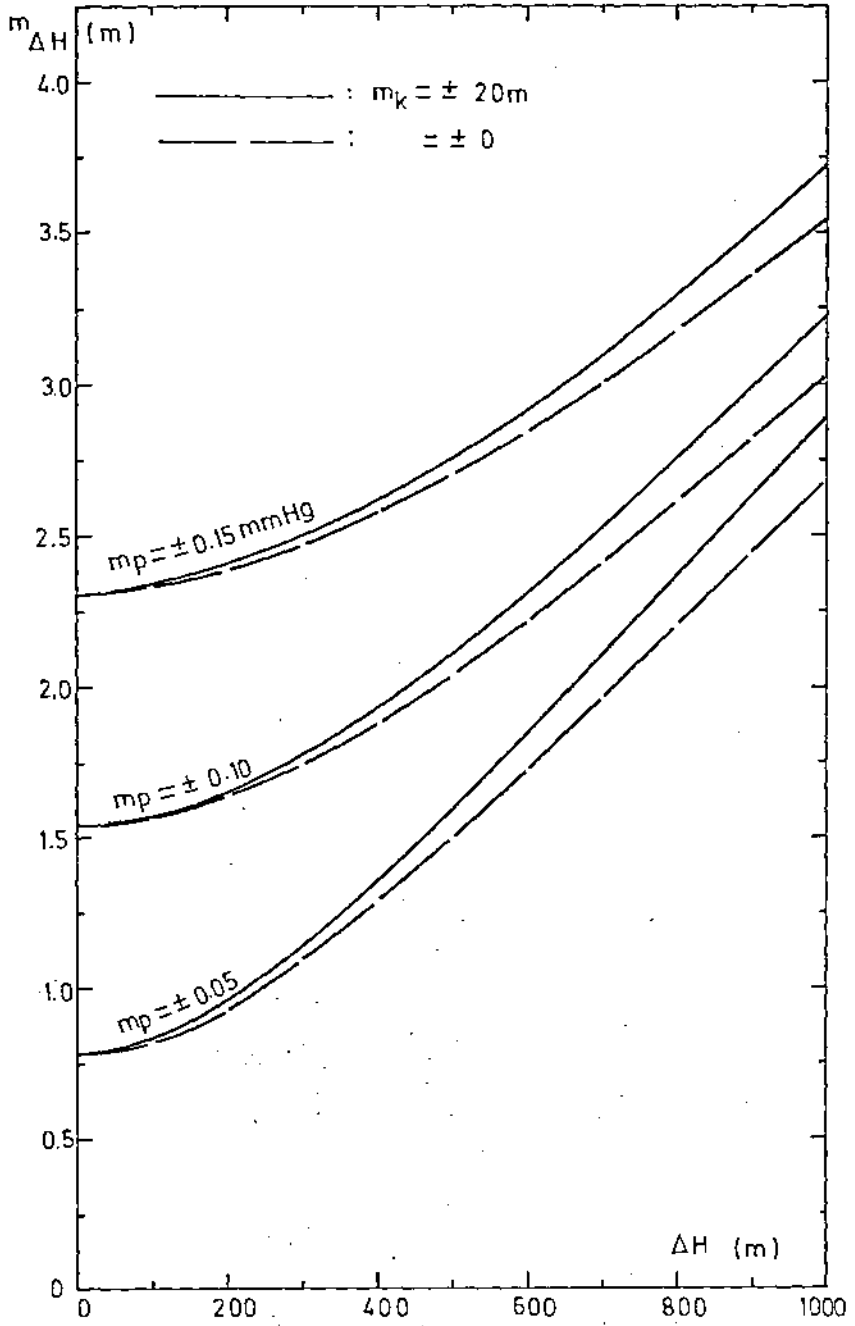
Şekil 3.5.b. Barometrik yükseklik tayininde genel olarak hassasiyetin, $P_1=760 \text{ mmHg}$, $t=10^\circ\text{C}$, $e=8 \text{ mmHg}$, $m_K=\pm 20 \text{ m}$, $m_e=\pm 1 \text{ mmHg}$ için muhtelif ΔH , m_p ve m_t değerlerine göre değişimi.



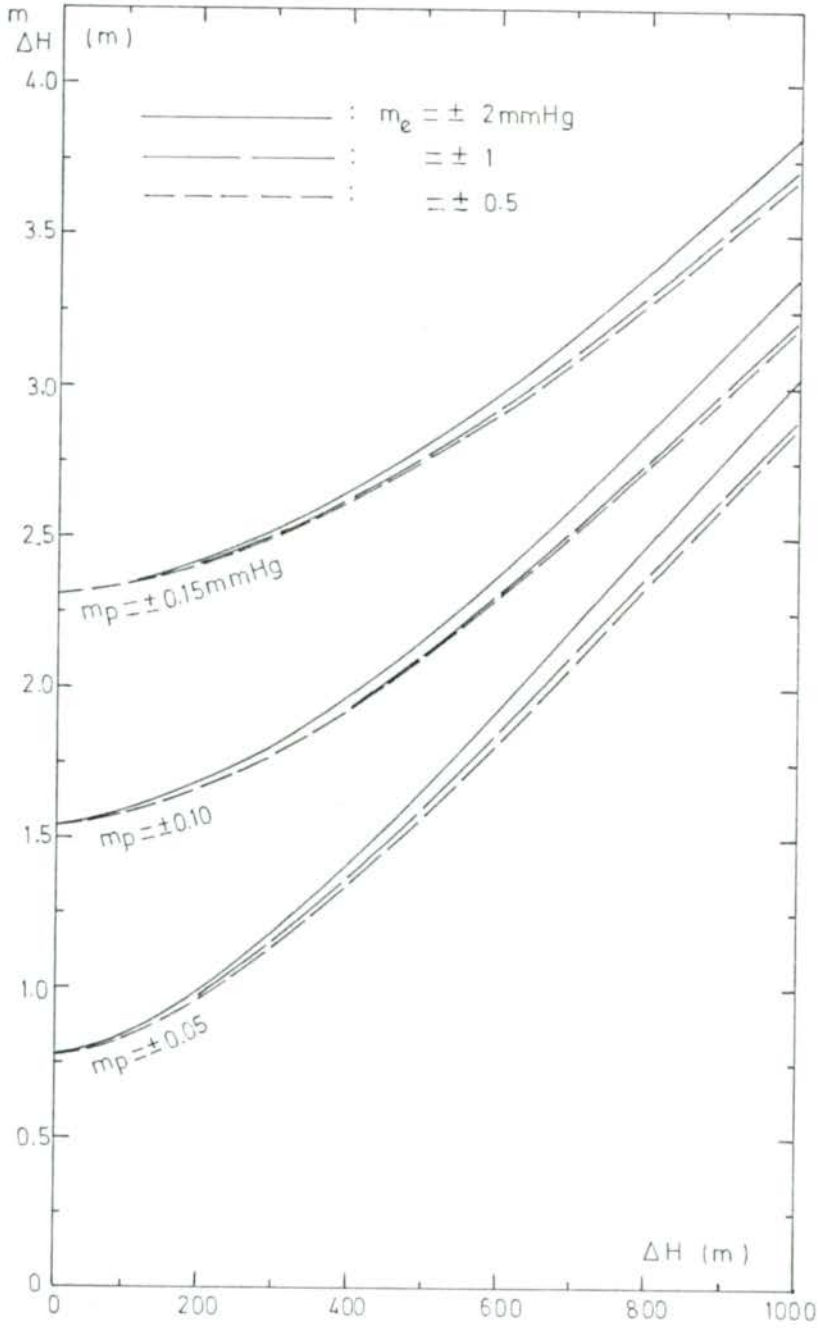
Şekil 3.5.c. Barometrik yükseklik tayininde genel olarak hassasiyetin, $t=10^{\circ}\text{C}$, $e=8$ mmHg $m_K=\pm 20$ m, $m_t=\pm 0.63^{\circ}\text{C}$, $m_e=\pm 1$ mmHg için muhtelif ΔH , m_p ve P_1 değerlerine göre değişimi.



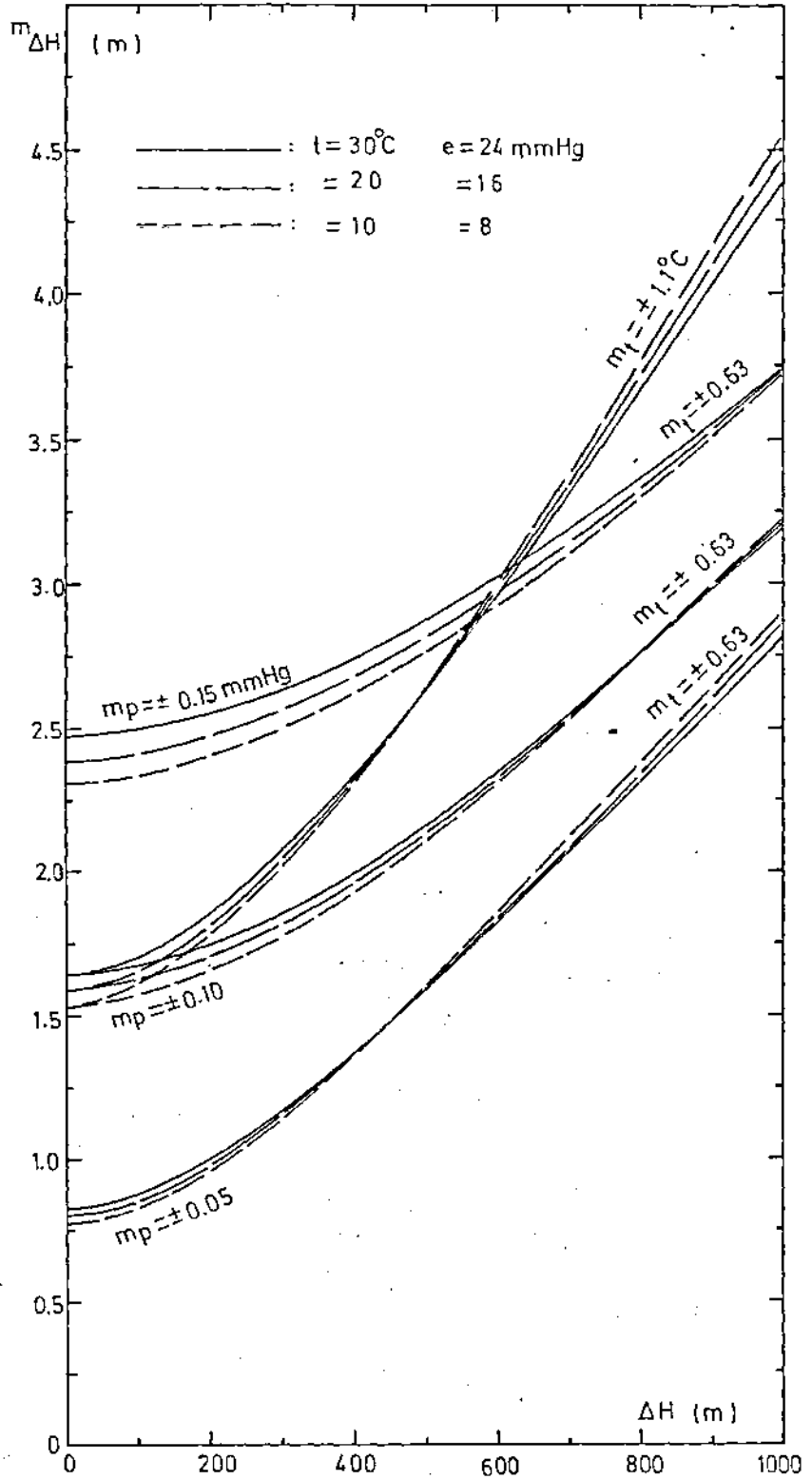
Şekil 3.5.d. Barometrik yükseklik tayininde genel olarak hassasiyetin, $P_1=760$ mmHg, $t=10^\circ\text{C}$, $e=8$ mmHg, $m_e=\pm 1$ mmHg, $m_K=\pm 20$ m için muhtelif ΔH , m_p , m_t değerlerinde ve genel formülün çıkarılmasındaki kabullerde yapılan hata miktarlarına göre değişimi.



Şekil 3.5.e. Barometrik yükseklik tayininde genel olarak hassasiyetin, $P_1=760$ mmHg, $t=10^\circ\text{C}$, $e=8$ mmHg, $m_t=\pm 0.63^\circ\text{C}$, $m_e=\pm 1$ mmHg için muhtelif ΔH , m_p ve m_k değerlerine göre değişimi.



Şekil 3.5.f. Barometrik yükseklik tayininde genel olarak hassasiyetin, $P_1=760 \text{ mmHg}$, $t=10^\circ\text{C}$, $e=8 \text{ mmHg}$, $m_K=\pm 20 \text{ m}$, $m_t=\pm 0.63^\circ\text{C}$ için muhtelif ΔH , m_p ve m_e değerlerine göre değişimi.



Şekil 3.5.g. Barometrik yükseklik tayininde genel olarak hassasiyetin, $P_1 = 760 \text{ mmHg}$, $m_K = \pm 20 \text{ m}$, $m_e = \pm 1 \text{ mmHg}$, $m_t = \pm 0.63$, $\pm 1.1^\circ\text{C}$ için muhtelif ΔH , m_p değerlerinde t ve e değerlerine göre değişimi.

4. BAROMETRİK YÜKSEKLİK GENEL FORMÜLÜNÜN YENİDEN DÜZENLENMESİ

Barometrik yükseklik genel formülünün çıkarılmasında yapılan kabullerde önem arzeden hususların dikkate alınması ile barometrik yükseklik formülünün yapısının bir miktar değişeceği ve gerçeğe daha da yaklaşabileceği düşünülebilir. Böylece elde edilecek olan hassasiyet yükselmesinin, barometrik yükseklik ölçüsünün girdilerinin taşıdığı kaçınılmayan hatalar yüzünden pratik bir anlamı olmayabilir. Ancak atmosfer hakkındaki bilgiler gün geçtikçe daha kesinleşeceği ve ölçü alet ve tekniklerinin de gelişen teknolojiye uygun olarak daha da gelişeceği düşünülürse, matematik modeli teşkil eden barometrik yükseklik formülünün geliştirilmesinin boşuna zahmet olmayacağı görülür. Her taraftan pratik amaçlarla kullanılan kısaltılmış formülün, barometrik yükseklik genel formülünün, 3.1 bölümünde söndirilen hususların dikkate alınması ile elde edilecek yenden türetilmesi de herhalde daha anlamlı olur.

Yeniden Düzenlenmiş Barometrik Yükseklik Formülü genel formülün çıkarılmasında (2.6) diferansiyel ifadesi integral alınarak konu ele alınmış ve 3.1 bölümünde ifade gibi e/P oranının P ye olan bağımlılığı ihmal edilmiş ve bu bağımlılığı dikkate almak amacıyla önce ρ_0 in de ne konulacaktır. Bu maksatla (2.6) diferansiyel bağıntının (2.11) deki değeri yerine konulur ve P ye bağlı $0.378 \frac{e}{P}$ çarpanı da eşitliğin sol tarafına alınır

$$\frac{dh}{e} = - \frac{\rho_0 h}{0.76 \rho_0} \frac{1.00021}{1+\alpha t} (1-\beta \cos 2\varphi) \left(1 - \frac{2H}{r}\right) dH \quad (4.1)$$

bu edilir. Sınırlı ölçü bölgesi içinde

$$\frac{dh}{\rho_0} \frac{1.00021}{1+\alpha t} (1-\beta \cos 2\varphi) \quad (4.2)$$

olarak kabul edilebilir. bu halde

$$-A' \left(1 - \frac{2H}{r}\right) dH \quad (4.3)$$

ifadesinin 1 ve 2 noktaları arasındaki sınırlı entegrali

$$\ln (P_2 - 0.378 e) - \ln (P_1 - 0.378 e) = -A' (H_2 - H_1) \left(1 - \frac{H_1 + H_2}{r}\right) \quad (4.4)$$

veya

$$H = \frac{H_1 + H_2}{2}, \quad t = \frac{t_1 + t_2}{2}$$

ortalama değerleri ve μ logaritmik modülü ile

$$\log \frac{P_1 - 0.378 e}{P_2 - 0.378 e} = \mu \frac{\rho_{kh}}{0.76 \rho_c} \frac{1.00021}{1 + \alpha t} (1 - \beta \cos 2\varphi) \left(1 - \frac{2H}{r}\right) \Delta H$$

olur. Buradan ΔH çözümlerse barometrik yükseklik genel formünün yeniden düzenlenmiş şekli

$$K = \frac{0.76}{\mu} \frac{\rho_c}{\rho_{kh}} \frac{1}{1.00021} = 18400.336 \approx 18400 \text{ m}$$

kısaltmasıyla

$$\Delta H = K(1 + \alpha t) (1 + \beta \cos 2\varphi) \left(1 + \frac{2H}{r}\right) \log \frac{P_1 - 0.378 e}{P_2 - 0.378 e}$$

şeklinde elde edilir.

4.2. Yeniden Düzenlenmiş Formül ile Genel Formülün

Karşılaştırılması

Yeniden düzenlenmiş barometrik yükseklik formülündeki $(1 + 0.378 \frac{e}{p})$ çarpanı kaldırılmış ve fonsiyon kaldırılmıştır.

Yeniden düzenlenmiş formül (4.7) ile genelde muhtelif ΔH değerlerine göre, sonuçları arası zelve 4.1) incelendiğinde, $\Delta H = 1000$ m ye kadar formüllerinin sonuçlarının yaklaşık olarak aynı olduğu, belirtilen değerden sonra aralarındaki fark -0.10 m ye ulaştığı görülmektedir.

ni
edi
ti.
gen
tis
ola

bağ

ifaa

$$\Delta H = \Delta H_1' + \Delta H_1' \beta \cos 2\varphi + \Delta H_1' \frac{2H}{r} + \Delta_L' \quad (5.11)$$

$$\Delta_L' = \Delta H_1' \beta \cos 2\varphi \frac{2H}{r} \quad (5.12)$$

Türkiye şartlarında $H=3000$ m, $\varphi=36^\circ - 42^\circ$ ve $\Delta H_1' = 1000$ m değerlerinde Δ_L' nin sonuca etkisi çok küçük ($8 \cdot 10^{-4}$ ilâ $3 \cdot 10^{-4}$ m) olduğundan ihmal edilebilir. Bu durumda ΔH , aşağıdaki kısaltmalarla

$$\Delta H_1 = \Delta H_1' \quad ,$$

$$\Delta_\varphi = \Delta H_1 \beta \cos 2\varphi \quad , \quad (5.13)$$

$$\Delta_H = \Delta H_1 \frac{2H}{r} \quad (5.14)$$

$$\Delta H = \Delta H_1' + \Delta_\varphi + \Delta_H \quad (5.15)$$

şeklinde ifade edilir. Böylece (4.7) formülündeki $(1+\beta \cos 2\varphi)$ ve $(1+\frac{2H}{r})$ çarpanları ilave değerler haline getirilmiştir. $\Delta H_1'$ bulunduktan sonra ilgili değerlerle Δ_φ ve Δ_H hesaplanabilir veya muhtelif ΔH_1 , φ ve H değerlerine göre düzenlenen bir grafikten alınabilir (Şekil 5.1 ve Şekil 5.2).

5.2. Yükseklik Farklarının Grafik Metoduyla Bulunması

(5.1) eşitliğinde ΔH_1 ve (5.9) eşitliğinde $\Delta H_1'$ nün daha kolay olarak elde edilmesi mümkündür. Bunun için uygulamada en kolay olarak basınç oranı metodu kullanılır. Bunun haricinde Padau, Babinet ve Neumeyer metodlarına (ERKİN 1967, s.161-170) benzer şekillerde grafikler düzenlenebilir. Ancak belirtilen bu metodlara ait grafikler, basınç oranı metodu kadar uygulamada bir kolaylık sağlamamaktadır.

(5.1) eşitliğinden basınç oranı şöyle

$$\frac{P_1}{P_2} = 10^{\frac{\Delta H_1}{K(1+\alpha t)}} \quad (5.16)$$

ifade edilip, t ve ΔH_1 in muhtelif değerlerine göre basınç ora-

nı değerleri bulunur. t apsis, P_1/P_2 ordinat ekseni kabul edilerek aynı ΔH_1 için karşılık gelen değerler işaretlenip bir tirilir. Böyle bir grafikten t ve P_1/P_2 değerleriyle ΔH_1 kolaylıkla elde edilir. $t=5^\circ\text{C}$ dan 34°C a ve $\Delta H_1=5$ m aralıklarla m ye kadar basınç oranları hesaplanmış Şekil 5.3 te gösterilmiştir. Bu grafikten $\Delta H_1 \pm 0.10$ m incelikte elde edilebilir.

Benzer Şekilde (5.9) eşitliğinden, basınç oranı (PO)

$$PO = \frac{P_1 - 0.378 e}{P_2 - 0.378 e} \quad (5.)$$

$$PO = 10^{\frac{\Delta H_1'}{K(1+\alpha t)}} \quad (5.)$$

Şeklinde ifade edilir. $\Delta H_1'$ için ayrıca bir grafik düzenleme ne gerek kalmaması için (5.16) ve (5.18) eşitliklerinin sağ tarafları birbirine eşit kabul edilebilir^x). Bu durumda ordinat ekseni, (5.18) eşitliğinden elde edilecek basınç oranı için de kullanılır.

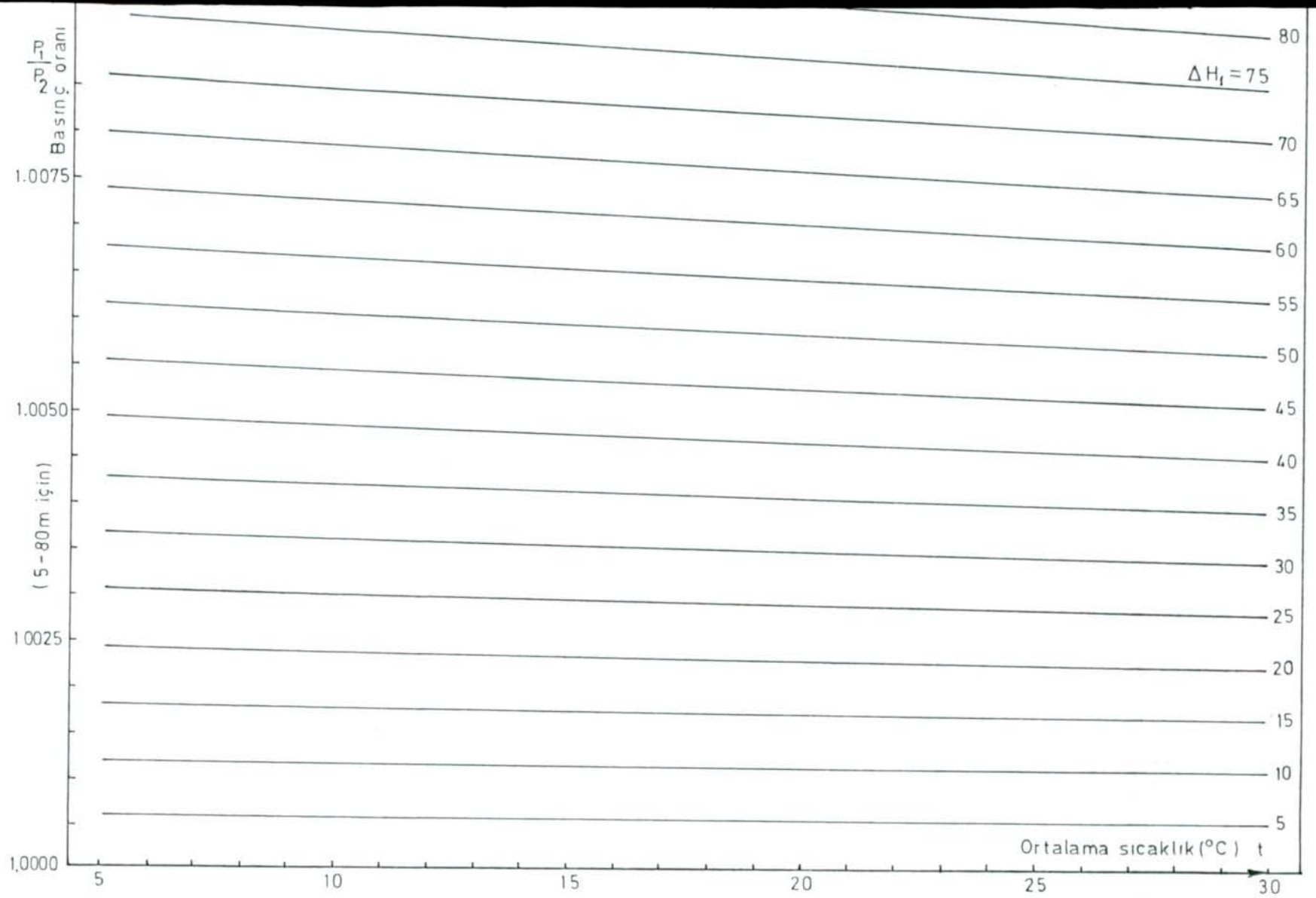
(5.17) eşitliğinde belirtilen PO nun

$$PO = \frac{P_1 - 0.378 e}{P_2 - 0.378 e} = \frac{P_1}{P_2} + \Delta E \quad (5.)$$

Şeklinde sadeleştirilmesi mümkün olursa, hesaplamalarda kolaylık sağlanacaktır. Bu maksatla (5.19) dan ΔE

$$\Delta E = PO - \frac{P_1}{P_2} \quad (5.)$$

^x) : Burada (5.18) eşitliğinden basınç oranlarının bulunmasında da, (5.16) dan P_1/P_2 nin elde edilmesinde olduğu gibi, mutelife $\Delta H_1'$ ve t değerlerine göre işlem yapılmaktadır. Bu sebeple ΔH_1 için P_1/P_2 ve t değerlerine göre düzenlenen Şekil 5.3 $\Delta H_1'$ için de geçerlidir. $\Delta H_1'$ nn bulunmasında ordinat ekseni de PO değeri işaretlenir.



Şekil 5.3. ΔH_1 in basınç oranı metoduyla elde edilmesi (Bu grafik yeniden düzenlenmiş formül için de kullanıldığında P_1/P_2 yerine $(P_1 - 0.378 e)/(P_2 - 0.378 e)$ değeri alınır).

şeklinde ifade edilir ve muhtelif P_1 , P_2 ve e değerlerine göre yapılan incelemede ΔE nin, $\Delta P = P_1 - P_2$ ve e ye göre değiştiği, ΔP miktarı için farklı e değerlerinde bulunan ΔE lerin arasında bir bağıntısının mevcudiyeti görülmüştür. Ancak belirli bir ΔP ve e için, farklı P_1 değerlerine göre hesaplanan ΔE değerleri arasında çok önemli farklar tesbit edilmiştir. Bu itibarla ΔE ifadesinde e ile lineer bir değişim gösterecek katsayıyı bulmak genel anlamda mümkün olmamaktadır. Mamafih P_1 ve ΔP ye göre katsayı tayin edilebilir, fakat bunun uygulamada bir kolaylık sağlamayacağı anlaşılmıştır.

5.3. Belirli Bir Bölge İçin Formül Düzenlenmesi

Belirli bir bölgede yapılacak çalışmalarda, ilgili formüllerde φ , H , e ve P nin bölgeye ait ortalama değerlerinin alınmasının sonuca etkisi pek fazla olmadığı takdirde, bu husus saptamada büyük kolaylık sağlayacaktır. Burada, belirtilen faktörlerin muhtelif ortalama değerleri ve hataları dikkate alınarak sonuca etkileri incelenecek ve istenilen hassasiyette, bölgenin durumuna uygun hangi sınırlar içinde ölçülerin yapılacağı irdelenecektir.

5.3.1. Enlem Bakımından İnceleme

Şekil 5.1 incelendiğinde, φ nin sabit alınmasında $\pm 1^\circ$ bir hata, $\Delta H_1 = 1000$ m de sonucu ± 0.10 m etkilemektedir. Uygulamada bu hassasiyete nadiren erişilir. Bu durumda ilgili bölge coğrafi enlem φ_s gibi sabit bir değer alınabilir. Bunun kuzey ve güneyinde $\pm 1^\circ$ lik enlemlere kadar bir sabit değerle hesap yapılabilir. Bu takdirde yeniden düzenlenmiş formülde ve genel formülün eski halinde enlemi ihtiva eden çarpan, K katsayısı içine dahil edilir, yani

$$K_\varphi = K (1 + \beta \cos 2\varphi_s) \quad (5.1)$$

şeklinde enlem faktörünü içine alan yeni bir katsayı tarif edilmiş ve böylelikle genel formül kısaltılmış olur.

Türkiye genelinde $\Delta H = 400$ m ye kadar ölçmelerde sonuçta ± 0.10 m hata ile $\varphi_s = 39^\circ$ nin sabit alınabileceği Şekil 5.1 de görülmektedir.

5.3.2. Ortalama Yükseklik Bakımından İnceleme

Yükseklikten dolayı getirilen düzeltmelere ait grafik (Şekil 5.2) incelendiğinde ± 0.10 ve ± 0.20 m lik hata sınırlarında belli ΔH yükseklik farklarında yükseklik düzeltmesinin (Δ_H) ihmal edilebileceği anlaşılır.

Muhtelif H_m ortalama yüksekliklerine ve dikkate alınmayan Δ_H değerlerine bağlı olarak ΔH_1 (burada ΔH olarak da alınabilir) sınırları, Şekil 5.2 den veya (5.5) bağıntısına göre

$$\Delta H = \frac{\Delta_H r}{2 H_m} \quad (5.22)$$

eşitliğinden yararlanılarak Şekil 5.4 de gösterilmiştir. Buna göre bu sınırların altında kalan yükseklik farklarında genel formülde ve yeniden düzenlenmiş formülde yükseklik çarpanına gerek yoktur.

Bölge için ortalama bir H_m yüksekliği kabul edildiğinde, bu H_m için yükseklik düzeltmesi, genel formülde ve yeniden düzenlenmiş formülde K değeri içine

$$K_m = K \left(1 + \frac{2 H_m}{r} \right) \quad (5.23)$$

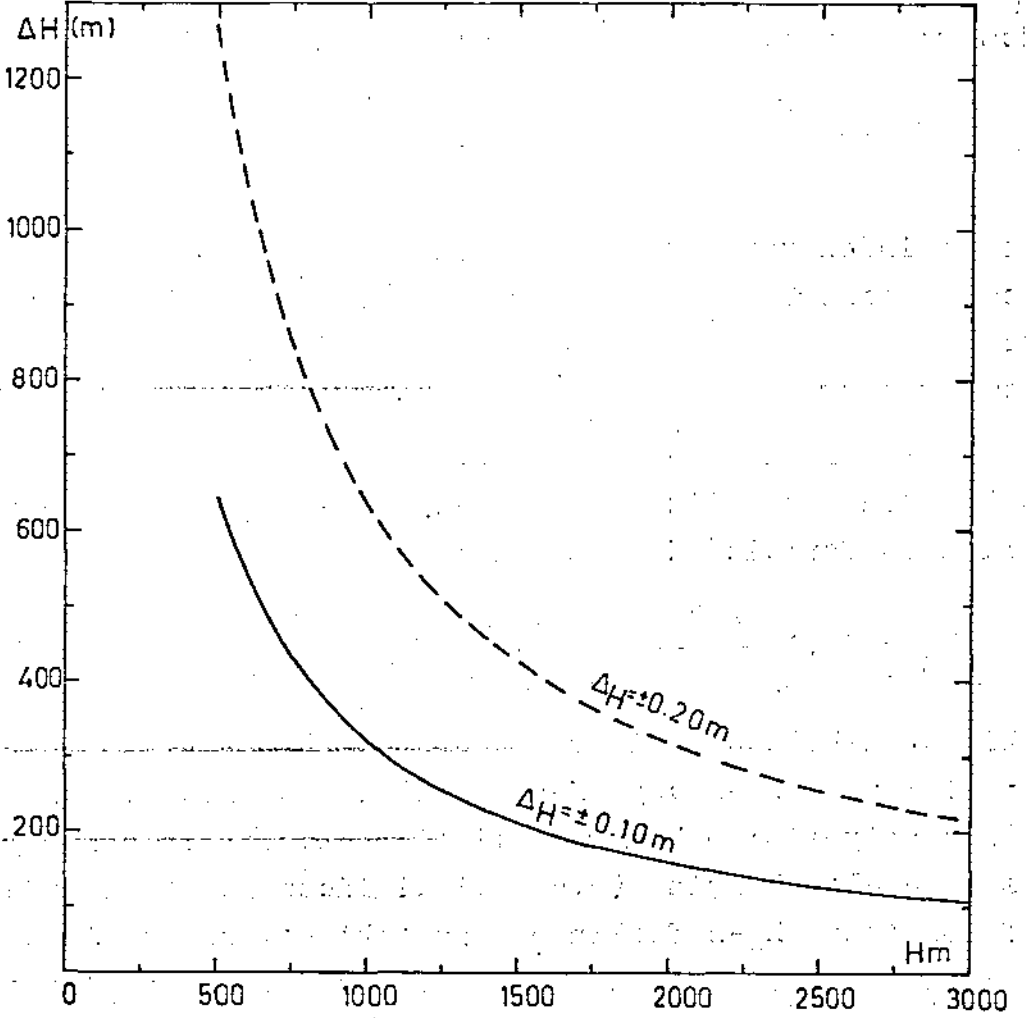
şeklinde dahil edilebilir. Bu durumda H_m değerlerinden olan sapmalar yani $H_m - H$ veya $H - H_m$ farkının büyüklüğü, yükseklik farkı hassasiyetini etkiler. Belirtilen bu farkın sonuca olan etkisini azaltmak için, (5.6) eşitliğinden faydalanılarak, muhtelif tolerans ($H_m - H$ farkının sonuçtaki etkisi) ve ΔH değerlerinde $H_m - H$ farkları ve buna bağlı olarak ölçünün yapılabileceği yükseklik seviyelerinin alt ve üst sınır değerleri hesaplanabilir. Bu durumda ölçülecek ΔH miktarı için de bir sınırlandırma söz konusu olur.

Yapılan incelemede, bu hususlar dikkate alındığında, belirli bir bölge için H_m in sabit alınması durumunda :

- yükseklik düzeltmesi dikkate alınmadığı takdirde Şekil 5.4 de belirtilen ΔH sınırlarına bağlı kalınmalı ,
- yükseklik düzeltmesi dikkate alındığında, $H_m - H$ farkın-

dan doğan sapmalar göz önüne alınmamalı ,

- eğer H_m in sabit alınmasında - H_m için Δ_H dikkate alındığında - $H_m - H$ (veya $H - H_m$) farkının sonuçtaki etkisi dikkate alınacak bir büyüklükte ise, bu taktirde bölge için muhtelif H ve H_m değerlerine göre birden fazla H_m değeri alınmalıdır.



Şekil 5.4. Muhtelif yüksekliklerde $\Delta_H = \pm 0.10$ ve ± 0.20 m için yükseklik düzeltmesini gerektirmeyen ΔH değerleri.

Yukarıda belirtilen şekilde ortalama bir enlem ve yükseklik için sabit kabul edilmesiyle, genel formülde ve yeniden düzenlenmiş formülde her iki faktöre ait çarpanlar K değeri ile birleştirilerek

$$K_m = K (1 + \beta \cos 2\varphi_m) \left(1 + \frac{2 H_m}{r}\right) \quad (5.24)$$

şeklinde kısaltılabilir. Buna göre genel formül

$$\Delta H = K_m (1 + \alpha t) \left(1 + 0.378 \frac{e}{P}\right) \log \frac{P_1}{P_2} \quad (5.25)$$

ve yeniden düzenlenmiş formül ise

$$\Delta H = K_m (1 + \alpha t) \log \frac{P_1 - 0.378 e}{P_2 - 0.378 e} \quad (5.26)$$

şeklini alır.

Ölçü alanı, yukarıda sözü edilen sınırların dışına taşıyorsa K_φ ile ΔH_1 hesaplanır ve (5.5) e göre Δ_H düzeltmesi, hesaplanan ΔH_1 değerine eklenir.

5.3.3. Ortalama Buhar Basıncı Bakımından İnceleme

a. Genel Formülde İnceleme

Belirli bir bölgedeki senelik buhar basıncı ölçülerinden faydalanılarak bulunan ortalama buhar basıncı, sabit e_m kabul edilebilir. Ölçü anındaki buhar basıncı (e_0) ile e_m arasındaki farkın (e_m deki diferansiyel değişme miktarı olarak kabul ediliyor) (de), yükseklik farkı hesabını etkileme miktarı ($d\Delta_e$)

$$d\Delta_e = \Delta H_1 \frac{0.378}{P} de \quad (5.27)$$

şeklinde ifade edilir. Muhtelif ΔH_1 , P ve ' de ' değerleriyle hesaplanan $d\Delta_e$ Şekil 5.5 de gösterilmiştir. Bu grafikten faydalanılarak, belirli bir bölgede, muhtelif $d\Delta_e$, P ve ' de ' değerlerinde ölçülebilecek ΔH_1 (veya ΔH) sınır değerleri (Çizelge 5.1) tesbit edilmiştir. Yapılan incelemede :

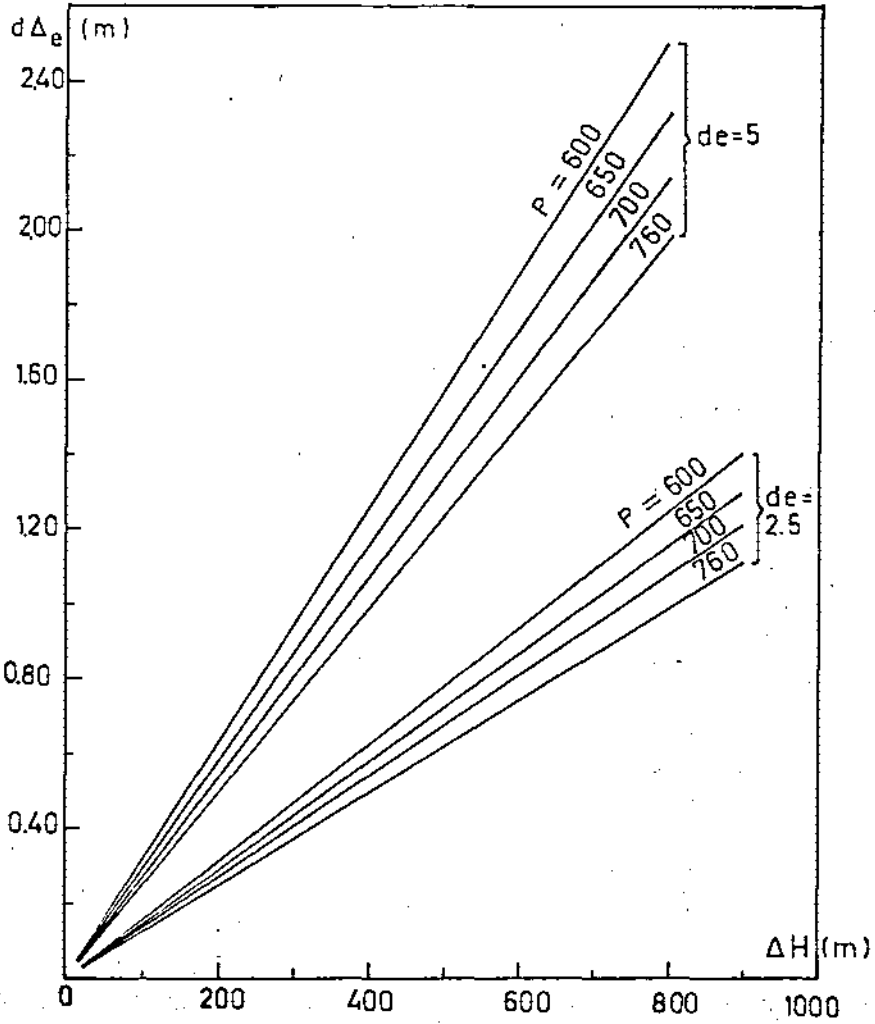
- ' de ' aynı miktarda olduğunda, $d\Delta_e$ arttıkça ΔH ında arttığı ,

- $d\Delta_e$ aynı miktarda olduğunda, ΔH ın ' de ' ye göre çok, P ye göre az değiştiği ,

- $d\Delta_e = \pm 0.25$ ve $de = \pm 2.5$ mmHg kabul edildiğinde bütün P değerlerinde en fazla $\Delta H = 200$ m olduğu ,

- $\Delta H > 200$ m olduğunda, 'de' miktarı aynı kabul edilse de $d\Delta_e$ nin arttığı görülmüştür.

Bütün bunlar dikkate alındığında, belirli bir bölgede her basıncının sabit olarak alınmasının sakıncalı olduğu ve çü değerinin kullanılmasının daha uygun olacağı anlaşılmakta



Şekil 5.5. Genel formülde e nin sabit alınmasında, muhtelif ΔH_1 , P ve 'de' değerlerine göre hesaplanan $d\Delta_e$ nin değişim grafiği.

$d\Delta_e$ m	0.25		0.50		0.75		1.00	
de mmHg	2.5	5.0	2.5	5.0	2.5	5.0	2.5	5.0
	Ölçülebilecek ΔH sınır değerleri (m)							
P = 760	200	100	400	200	600	300	800	400
mmHg 700	200	100	370	175	560	280	750	375
650	200	100	350	175	520	260	700	350
600	200	100	320	155	480	240	650	325

Çizelge 5.1. Genel formülde $(1+0.378 \frac{e}{P})$ ifadesinde e nin, belirli bir bölgede sabit alınmasında, muhtelif $d\Delta_e$, 'de' ve P değerlerinde ölçülebilecek ΔH_1 sınır değerleri.

b. Yeniden Düzenlenmiş Formülde İnceleme

Yeniden düzenlenmiş formülde e yerine, belirli bir bölgede senelik buhar basıncı ölçülerinden elde edilen ortalama bir değer e_m sabit alınabilir. Sabit alınan bu değerden olan diferansiyel değişme miktarının (de), yükseklik farkı hesabına diferansiyel etkisi $d\Delta'_e$

$$d\Delta'_e = \mu K (1+\alpha t) \frac{0.378 (P_1 - P_2)}{(P_2 - 0.378 e) (P_1 - 0.378 e)} de \quad (5.28)$$

şeklinde ifade edilir.

$d\Delta'_e$ hesabından önce $t=10$ ve 20°C da muhtelif P_1 ve ΔH değerlerine göre (3.22) eşitliğinden faydalanılarak P_2 değerleri hesaplanmıştır. Muhtelif P_1 , e, 'de', t, P_2 ve ΔH ((3.22) eşitliğinden dolaylı olarak) değerleriyle $d\Delta'_e$ bulunmuştur. $d\Delta'_e$ değerleri üzerinde yapılan incelemede muhtelif e ve t değerlerinin sonuçta pek etkili olmadıkları görülmüştür. $P_1 = P$ kabul edilmek üzere, aynı büyüklükteki ΔH_1 , P ve 'de' değerleriyle (5.27) eşitliğinden hesaplanan $d\Delta_e$ değerlerinin (Şekil 5.5), $d\Delta'_e$ değerlerine yaklaşık olarak eşit oldukları görülmüştür. Bu na göre genel formüle göre düzenlenen Çizelge 5.2 ve belirli bir bölgede buhar basıncının sabit olarak alınmasının sakıncalı olduğu hususu, yeniden düzenlenmiş formül için de geçerlidir.

5.3.4. Genel Formülde Ortalama Basınç İçin İnceleme

Genel formülde $(1+0.378 \frac{e}{P})$ çarpanında P için, belirli bölgedeki meteoroloji istasyonuna veya istasyonlarına ait yıllık klimatolojik cetvellerden elde edilen ortalama bir basınç değerinin P_m kullanılmasının, sonuç üzerindeki diferansiyel kisi

$$d\Delta_{P_m} = - \Delta H_1 0.378 \frac{e}{P_m^2} dP \quad (5)$$

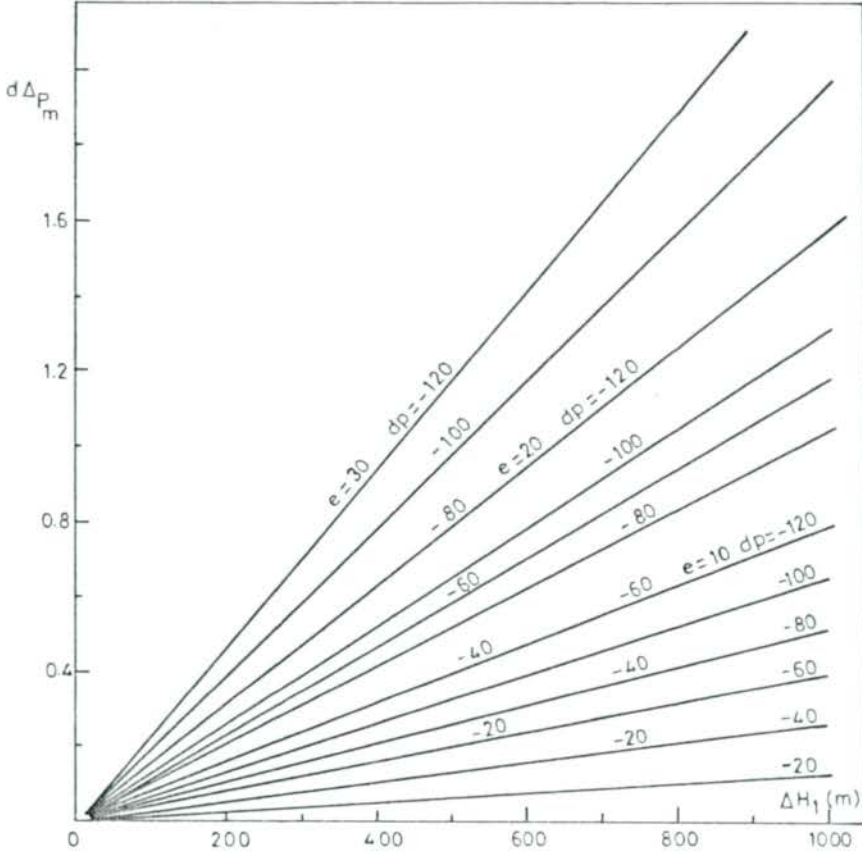
şeklinde ifade edilir. Burada dP, barometrik ölçü anında elde edilen P ve P_m arasındaki farktır.

Muhtelif P_m , dP, e ve ΔH değerleriyle hesaplanan $d\Delta_{P_m}$ değişimi incelendiğinde (Şekil 5.6) :

- belirli bir P_m ve $d\Delta_{P_m}$ değerinde, ΔH_1 azaldıkça dP miktarı artmakta, ΔH_1 in büyük P_m değerlerinde ise azalmakta ,
- e miktarı arttıkça ΔH_1 ve dP ye bağlı olarak $d\Delta_{P_m}$ de artmakta ,
- P_m , ΔH_1 ve e değerleri sabit kalmak şartıyla dP miktarı arttıkça $d\Delta_{P_m}$ de artmaktadır.

Yapılan incelemeler sonunda, belirtilen sınırlarda (Şekil 5.6) ölçüler yapmak şartıyla genel formülde $(1+0.378 \frac{e}{P})$ çarpanındaki P nin sabit bir değerde alınabileceği anlaşılmaktadır.

Belirli bir bölge için formül düzenlenmesinde φ , H, e ve P nin ilgili bölgede sabit bir değerde alınmasının yükseklik hesabına olan etkilerinin, meteorolojik faktörlerin düzensiz değişmelerinin sebep olduğu etkilerin yanında önemsiz miktar kaldığı görülür. Ancak bununla beraber, ilgili noktalarda meteorolojik faktörler düzenli bir değişim gösterdiği taktirde yapılan bu incelemenin boşuna bir zahmet olmayacağı söylenebilir.



Şekil 5.6. Genel formülde P nin sabit alınmasının (örnek $P_m=760$ mmHg için), muhtelif ΔH_1 , e ve dP değerleriyle hesaplanan diferansiyel etki miktarları ($d\Delta P_m$).

6. ATMOSFER BASINCI VE SICAKLIĞININ ZAMANA GÖRE DEĞİŞİMLERİNİN BAROMETRİK YÜKSEKLİK TAYİNİNE ETKİSİ

Bu bölümde, meteorolojik faktörlerden basınç ve sıcaklığın zamana göre değişimlerinin, barometrik yükseklik hesabında sadece olan etkileri incelenecektir.

6.1. Basıncın Zamana Göre Diferansiyel Değişimlerinin İncelenmesi

3.14 Bölümünde, basıncın zamana göre düzensiz değişimlerinin barometreleri ve dolayısıyla basınç okumalarını etkilediğinin bunun sonuçta önemli hatalara sebebiyet verdiği belirtilmiştir. Ölçü konusu noktalarda basıncın zamana göre diferansiyel değişim miktarlarının, sonuca etkileri tesbit edilebildiği takdirde bu hatanın azaltılması imkanları doğabilir.

Basınç değişimlerinin yani, örnek olarak 1 ve 2 numaralı ölçü noktalarında birbirini takip eden ölçmelerde indirgenmiş basınçlar arasındaki farkların (dp_1 , dp_2), sonuca etkileri ($d\Delta_p$) incelenirken, bu farklar, basıncın diferansiyel değişim miktarları olarak kabul edilecektir. Yükseklik farkına (ΔH) göre, basınç değişimlerinin diferansiyel etkisini ifade etmek için bir kolaylık sağlamak maksadıyla genel formül, (3.21) bağıntısıyla belirtilecektir.

$$\Delta H = K (1+\alpha t) \log \frac{P_1}{P_2}$$

Bu bağıntıdan $d\Delta_p$

$$d\Delta_p = \frac{\partial \Delta H}{\partial P_1} dp_1 + \frac{\partial \Delta H}{\partial P_2} dp_2$$

$$d\Delta_p = K (1+\alpha t) \mu \left[\left(-\frac{1}{P_1} \right) dp_1 + \left(-\frac{1}{P_2} \right) dp_2 \right] \quad (6)$$

şeklinde ifade edilir. Burada $d\Delta_p = 0$ için

$$\frac{dp_1}{P_1} = \frac{dp_2}{P_2} \quad (6.2.a)$$

veya

$$\frac{dp_1}{dp_2} = \frac{P_1}{P_2} \quad (6.2.b)$$

şartının sağlanması gerekir.

İlgili noktalarda, belirli zaman aralıklarında sürekli yapılacak ölçmelerde basınç değişme miktarları ile indirgenmiş basınçlar arasında (6.2) bağıntısı gerçekleşiyorsa, ideal ölçüler olarak kabul edilir. Eğer bu şart gerçekleşmiyorsa, bunu sağlayacak bir düzeltmenin getirilmesi gerekmektedir.

Açık havada rüzgarın basınç ölçüsüne etkisini azaltmak için, meteoroloji istasyonlarında civalı barometre, içinde hava akımlarının olmadığı bir odaya yerleştirilir. Böyle bir ortam içinde yapılan ölçmelerde, basınç değişimlerinin düzenli olarak kabul edilmesi mümkündür. Barometrik yükseklik ölçüsünde iki barometre kullanıldığında, kapalı bir istasyona yerleştirilen barometrede, muhtelif zaman aralıklarında yapılacak ölçmelerden bulunan basınç ve basınç değişme miktarları düzenli kabul edilebilir. Arazi noktasında yapılacak ölçmelerde, rüzgar ve diğer faktörlerin etkisiyle basınç değişme miktarlarında bir düzensizlik olması muhtemeldir. Böyle bir durumda (6.2) eşitliğinde, istasyonda yapılan ölçüler (P_1, dp_1) ile arazide yapılan ölçüler (P_2, dp_2) arasında bu eşitliği sağlamak mümkün olmayabilir. (6.2) eşitliğinin kurulmasında dp_1, P_1 hatasız kabul edilirse, dp_2 ve P_2 nin düzeltilmesi imkanı doğar. Bunun için bir noktada basıncın değişme miktarı biliniyorken diğer noktadaki miktarın teorik olarak hesaplanması gerekir.

6.2. Bir Nuktada Basıncın Değişme Miktarı Biliniyorken, Diğer

Noktadaki Değişme Miktarının Teorik Olarak Hesaplanması

(6.2.b) eşitliğinden dp_1 biliniyor kabul edilerek,

$$dp_2 = \frac{P_2}{P_1} dp_1 \quad (6)$$

ve P_2/P_1 için (3.22) eşitliğinden yaklaşık olarak

$$\frac{P_2}{P_1} = 10^{-\frac{\Delta H}{K(1+\alpha t)}}$$

yazılabilir. P_2/P_1 in değeri (6.3) de yerine konulduğunda

$$dp_2 = dp_1 10^{-\frac{\Delta H}{K(1+\alpha t)}} \quad (6)$$

bağıntısı elde edilir.

Muhtelif dp_1 , ΔH ve t değerlerine göre hesaplanan dp_2 değerleri (Ek 6.1 ve Ek 6.2) incelendiğinde ;

- küçük basınç değişme miktarlarında (0.10 mmHg ye kadar $\Delta H=1000$ m ye kadar $dp_1=dp_2$ alınabileceği,,

- dp_1 ve ΔH arttıkça, dp_1 ile dp_2 arasındaki farkın da arttığı görülmüştür.

6.3. Düzensiz Basınç Değişmelerinin Ölçüye Olan Etkilerinin Azaltılması

Yapılan çalışmalarda (HONKASALO 1955; BACHEM/RITTER/TOR 1972) hava basıncında zamana göre lokal değişmelerin tesbit lerek ölçülere bir düzeltme getirilmesi gerektiği belirtilme dir. Ancak basıncın düzensiz değişimlerinden dolayı, ölçüler düzeltmenin nasıl getirileceği konusunda literatürde detaylı açıklamaya rastlanılmamaktadır.

Düzensiz basınç değişmelerinin ölçüye olan etkilerinin azaltılmasında önce, basıncın düzeltilmiş değişme miktarları sonra da basıncın düzeltilmiş değerleri hesaplanacaktır.

6.3.1. Basıncın Düzeltilmiş Değişme Miktarlarının Hesaplanması

Teorik olarak ilgili noktalardaki indirgenmiş basınç ile basınç değişme miktarları arasındaki (6.3) bağıntısı, düzeltilmiş basınç (P'_1, P'_2) ve düzeltilmiş basınç değişme miktarları (dp'_1, dp'_2) için de geçerli olur. Bu durumda (6.3) eşitliği

$$dp'_2 = \frac{P'_2}{P'_1} dp'_1 \quad (6.5)$$

şeklinde ifade edilir. Bu bağıntıda dört adet bilinmeyen mevcuttur. Çözümde bir kolaylık sağlamak için, barometrik yükseklik ölçüsünde, kapalı bir noktada yapılacak ölçmelerde $P_1 = P'_1$ ve $dp_1 = dp'_1$ olarak kabul edilebilir. (6.5) eşitliğinde P'_2 nün değeri bilinmemektedir. P'_2 yerine, bu bağıntıda P_2 ölçü değeri konularak dp'_2 nin yaklaşık değeri bulunabilir. Ancak dp'_2 , virgülden sonra beşinci basamağa kadar hesaplanacak olursa, bundan sonra hesaplanacak P'_2 için de aynı bağıntıdan faydalanıldığında, bundan önce hesaplanan dp'_2 değeri de kullanılacağından, bulunacak P'_2, P_2 ye eşit değerde elde edilir. Bu durumda düzeltme işlemi amacına ulaşmamış olur. Bu sakıncalı durumu ortadan kaldırmak için, dp'_2 nün virgülden sonra en fazla üçüncü basamağa kadar hesaplanması yeterlidir. Zira basınç ölçü hatasının incelenmesinde belirtildiği üzere, basınç değişme miktarları ± 0.02 ilâ ± 0.20 mmHg arasında değişir. Ayrıca uygulamada ilgili noktalarda belirli zaman aralıklarında yapılan ölçmelerde, ölçme süresince (P_2/P_1) oranının, virgülden sonra üçüncü basamağa kadar aynı değeri korudukları görülmüştür (7.5.2 bölümüne bakınız). Buna göre, ilgili noktalarda her ölçme zamanı için ayrı ayrı $P_{2,i}/P_{1,i}$ (i: ölçme zamanını göstermek üzere) oranının teşkil edilmesine gerek kalmadan, ölçü başlangıç zamanındaki $P'_{1,0}$ ve $P_{2,0}$ dan bulunacak oran değeri, bütün ölçme süresince esas alınabilir. Bu durumda $dp'_{2,i}$ için, yaklaşık olarak

$$dp'_{2,i} = \frac{P_{2,0}}{P'_{1,0}} dp'_{1,i} \quad (6.6)$$

bağıntısı kullanılabilir. (6.6) da değişken sadece $dp'_{1,i}$ dir.

Yapılan incelemede, uygulamada gene bir kolaylık sağla bakımından, $\Delta H=1000$ m ye ve $dp'_1=\pm 0.1$ mmHg ye kadar hesaplar dp'_2 değerlerinde önemli bir fark olmadığından $dp'_2 = dp'_1$ alınabilir (Ek : 1 ve Ek : 2).

Basınç değişme miktarları düzeltilmeden önce ve düzeltildikten sonra, sonuca olan diferansiyel etkileri şematik olarak Şekil 6.1.a ve Şekil 6.1.b de gösterilmiştir.

6.3.2. Düzeltilmiş Basınçların Hesaplanması

Arazi noktasına ait $P_{2,i}$ nin düzeltilmiş değeri $P'_{2,i}$, (6.6) bağıntısından faydalanılarak

$$P'_{2,i} = \frac{dp'_{2,i}}{dp'_{1,i}} P'_{1,i} \quad (6.6)$$

eşitliğiyle elde edilir. Hesaplama da bir kolaylık bakımında (6.6) eşitliğinde kullanılan, ölçü başlangıcındaki basınç değeri, $dp'_{2,i}/dp'_{1,i}$ yerine yazılarak $P'_{2,i}$

$$P'_{2,i} = \frac{P_{2,0}}{P'_{1,0}} P'_{1,i} \quad (6.7)$$

şeklinde ifade edilir.

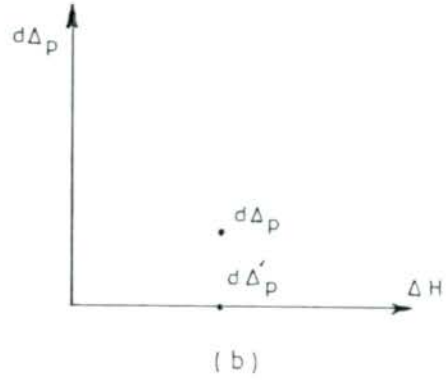
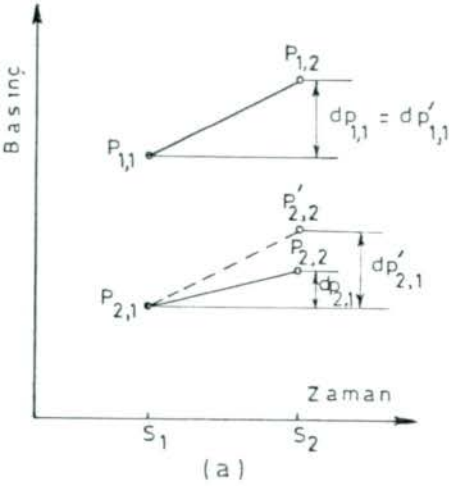
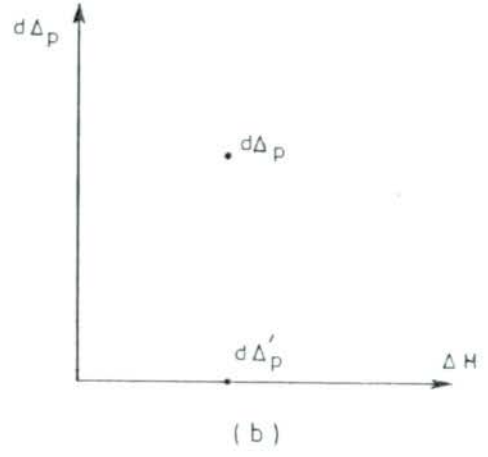
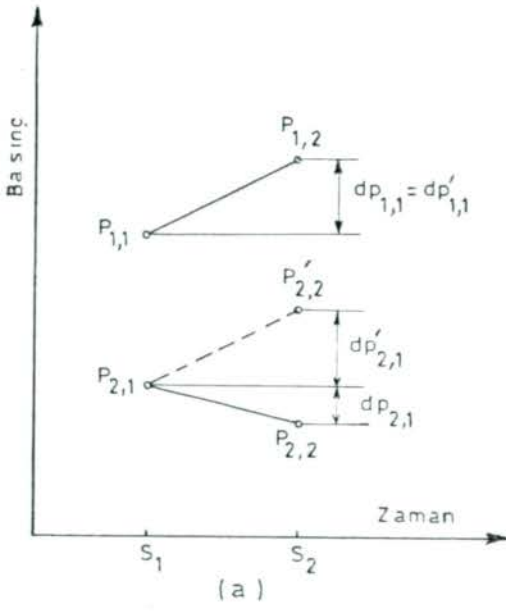
Bu şekilde hesaplanan arazi noktasına ait düzeltilmiş basınç zamanın zamana göre değişimi incelendiğinde (Şekil 6.2), düzeltilmiş basınç ile düzeltilmiş basınç değişme miktarları arasında

$$P'_{2,1} = P_{2,0} + dp'_{2,1}$$

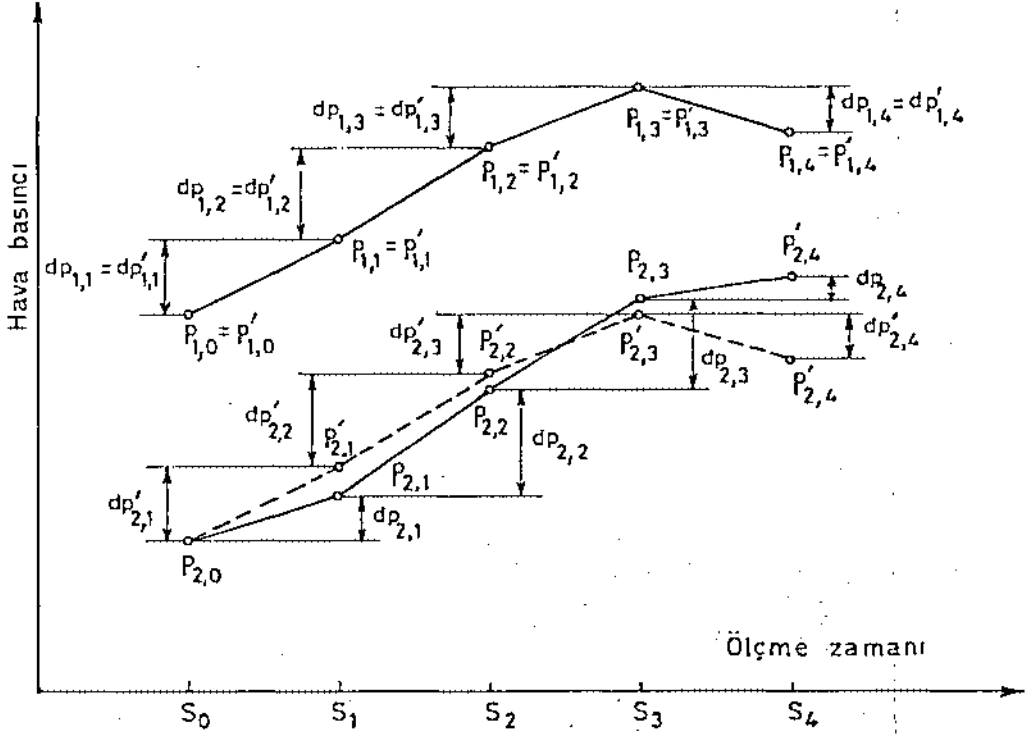
$$P'_{2,i} = P'_{2,i-1} + dp'_{2,i} \quad (6.8)$$

şeklinde bir bağıntının mevcudiyeti görülür. Buna göre dp'_2 alınduktan sonra P'_2 nün, (6.7) veya (6.8) bağıntılarından hesaplanmasına gerek yoktur.

dp'_2 ve P'_2 hesaplanmadan önce, ilgili noktalarda çok sayıda ölçü yapıldığı kabul edilerek, her bir ölçü zamanı için dp'_1 ve dp'_2 teşkil edilir ve sırasına göre yazılır (Çizelge 6.1). Ölçü başlangıcından sonra, her bir ölçü zamanı için (6.3) bağıntısının gerçekleşip gerçekleşmediği araştırılır.



Şekil 6.1.a. 1 ve 2 noktalarında basınç değişme miktarları ($dp_{1,1}$, $dp_{2,1}$) ve düzeltilmiş değişme miktarları ($dp'_{1,1}$, $dp'_{2,1}$), b. basınç değişme miktarlarıyla ve düzeltilmiş değişme miktarlarıyla hesaplanan diferansiyel etki miktarları ($d\Delta_p$, $d\Delta'_p$).



Şekil 6.2. 1. ve 2. noktalarında ölçme süresince indirgenmiş basınçların ($P_{1,i}$, $P_{2,i}$), basınç değişme miktarlarının, düzeltilmiş değişme miktarlarının ve düzeltilmiş basınçların ($P'_{1,i}$, $P'_{2,i}$) şematik olarak görünüşü.

Ölçme zamanı	İndirgenmiş basınçlar		Basınç değişme miktarları		Düzeltilmiş miktar.	
	1.Nok.	2.Nok.	$dp_{1,i}=P_{1,i}-P_{1,i-1}$	$dp_{2,i}=P_{2,i}-P_{2,i-1}$	$dp_{1,i}'$	$dp_{2,i}'$
S_0	$P_{1,0}$	$P_{2,0}$	$dp_{1,0}=0$	$dp_{2,0}=0$	$dp_{1,0}'=0$	$dp_{2,0}'=0$
S_1	$P_{1,1}$	$P_{2,1}$	$dp_{1,1}=P_{1,1}-P_{1,0}$	$dp_{2,1}=P_{2,1}-P_{2,0}$	$dp_{1,1}'$	$dp_{2,1}'$
S_2	$P_{1,2}$	$P_{2,2}$	$dp_{1,2}=P_{1,2}-P_{1,1}$	$dp_{2,2}=P_{2,2}-P_{2,1}$	$dp_{1,2}'$	$dp_{2,2}'$
S_n	$P_{1,n}$	$P_{2,n}$	$dp_{1,n}=P_{1,n}-P_{1,n-1}$	$dp_{2,n}=P_{2,n}-P_{2,n-1}$	$dp_{1,n}'$	$dp_{2,n}'$

Çizelge 6.1. İndirgenmiş basınçların, basınç değişme miktarlarının ve düzeltilmiş basınç değişme miktarlarının ölçü zamanına göre düzenlenmesi.

Yukarıda belirtilen şekilde düzeltilen basınçlar (6.2) bağıntısını sağlayacakları için, barometrik yükseklik hesabında sonuca olan diferansiyel etkileri sıfırdır. Bu şekilde, basıncın düzensiz değişimlerinin yükseklik hesabına olan olumsuz etkileri giderilmiş olur. Basınçlara belirtilen şekilde düzeltme getirildiğinde (Şekil 6.2);

- düzeltilmiş basınçların, ölçünün yapıldığı ilgili zaman aralıklarında birbirine tam paralel oldukları ,
- her bir ölçme zamanına ait düzeltilmiş basınç değerleri arasındaki farkların yaklaşık olarak birbirine eşit oldukları ,
- buna bağlı olarak, her bir ölçme zamanına ait basınç oranlarının da - virgülden sonra belirli basamağa kadar - eşit değerde olacağı anlaşılmaktadır. Bu durumda yükseklik hesabını etkileyecek önemli faktör, ortalama sıcaklık değeri olacaktır. Yani hesaplanacak yükseklik farkı, sıcaklığın değişimine bağlı olarak değişecektir.

6.3.3. Düzeltilmiş Basınç Hesabında Özel Durumlar

Düzeltilmiş basınç hesabında, ölçü başlangıç zamanında düzeltilmiş basınç değişme miktarları sıfır değerinde kabul edilmiştir. Gerçekte ise ölçü başlangıç zamanı öncesinde belirli bir

zaman birimi içinde basıncın değişimi söz konusudur ve bunun da dikkate alınması gerekebilir.

Barometrik ölçmeler, ilgili noktalarda belirli bir zamandan itibaren yapılmakta iken, bir süre ölçmelere ara verilmiş ölçmelerin başlangıç ve bitiş saatleri arasında yapılan ölçümler dikkate alınmalıdır. Eğer ölçmeler sırasında, verilen bir mola dikkate alınmazsa, bu mola müddetinden sonraki düzeltilmiş basınç değerleri hatalı olabilir.

Başlangıç zamanı için düzeltilmiş basınç değişme miktarının dikkate alınması :

Ölçü başlangıcında ilgili noktalarda düzeltilmiş basınç değişme miktarlarının alınmasında üç durum söz konusudur.

1. İstasyon noktasında, ölçü başlangıcından sonraki zaman aralığında basınç değişimi, ölçü başlangıcında ve öncesinde miktarda kabul edilir ve ilk düzeltilmiş basınç değişme miktarı aynen alınır. Arazi noktasına ait düzeltilmiş basınç değişme miktarı (6.6) bağıntısından, düzeltilmiş basınç ise (6.9) eşitliğinden faydalanılarak hesaplanır.

2. İstasyon noktasında, kararlaştırılan ölçme başlangıç zamanından önce ölçümler yapılmışsa, bu noktada başlangıç zamanına kadar, ölçme saatleri arasındaki birim zaman süresindeki basınç değişme miktarı bulunur. (6.6) eşitliğinden faydalanarak diğer noktadaki düzeltilmiş basınç değişme miktarı hesaplanır.

3. Eğer ölçmeler iki noktada da yapılmışsa, birim ölçü zamanındaki değişme miktarları bulunduktan sonra, S_0 zamanına basınçların ve basınç değişme miktarlarının (6.3) bağıntısını sağlayıp sağlamadığı araştırılır. Eğer belirtilen bağıntı sağlanamıyorsa (6.6) eşitliğinden dp_2' hesaplanır.

Yapılan incelemede, başlangıçta düzeltilmiş basınç değişim miktarları aynı işaretli ve küçük değerlerde ise (0,05 mmHg ye kadar) bunun sonuç üzerindeki etkisi $\Delta H=1000$ m de yaklaşık - m olduğu görülmüştür. Bu sebeple, başlangıç zamanı için basınç

düzeltilmiş değişme miktarı < 0.05 mmHg ise, bunun başlangıç zamanı için dikkate alınmasına gerek yoktur.

6.4. Sıcaklığın Zamana Göre Değişimlerinin İncelenmesi

(3.21) bağıntısında t nin diferansiyel değişimlerinin (dt) sonuca olan etkisini ($d\Delta_t$) veren bağıntı

$$d\Delta_t = \alpha(1-\alpha t) dt \Delta H \quad (6.10)$$

incelendiğinde; $d\Delta_t=0$ için,

- $\alpha \neq 0$ dir ,

- $\Delta H = 0$ olması pek nadirdir ,

- $dt = 0$ olabilir. Ancak sıcaklığın zamana bağlı değişimi sebebiyle $dt \neq 0$ dir.

- $t = \frac{1}{\alpha}$ eşitliğinden $t = \frac{1}{\alpha} \cong 273^\circ\text{C}$ olması gerekir. t nin bu değerde olması imkansızdır.

Bu durumda sıcaklığın zamana göre değişiminden dolayı, basınçta olduğu gibi bir düzeltmenin yapılması mümkün değildir. Ancak iki noktada sıcaklığın zamana göre değişme miktarları ($dt_{1,i}$, $dt_{2,i}$) farklı ise, bunların ortalaması ($dt_{0,i}$) alınarak, $(i-1)$ zamanına ait sıcaklıkları

$$t'_{1,i} = t_{1,i-1} + dt_{0,i}$$

$$t'_{2,i} = t_{2,i-1} + dt_{0,i}$$

şeklinde düzeltilebilir. Bu şekilde düzeltilen sıcaklıklardan düzeltilmiş ortalama sıcaklık değeri bulunur. Yapılan incelemede, belirtilen şekilde hesaplanan düzeltilmiş ortalama sıcaklık değeriyle, hiç düzeltme yapılmadan hesaplanan ortalama sıcaklığın aynı değerde olduğu görülmüştür. Bu durumda, bu şekilde yapılacak düzeltmenin bir faydası olmayacaktır.

Sıcaklıktaki ani değişmelerin yükseklik hesabına olan etkisini azaltmak için, sıcaklığın zamana göre değişme miktarlarına dikkat edilmeli, normal değişme miktarından çok farklı bir durum olduğunda ilgili ölçülerle yükseklik farkı hesabı yapılmalıdır.

7. BÖLGESEL UYGULAMA

Bundan önceki bölümlerde teorik olarak belirtilen hususlara göre :

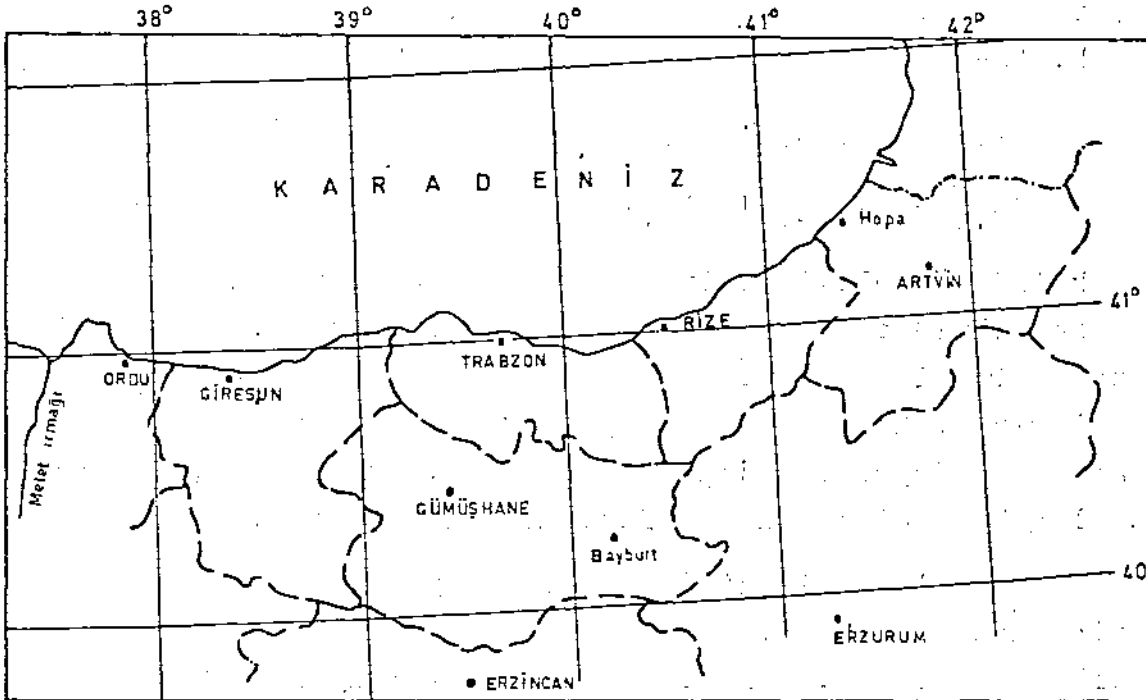
1. Atmosfer basıncının düzensiz değişimlerinin olumsuz etkilerini azaltmak maksadıyla basınçlara getirilecek düzeltmenin uygulamadaki sonuçlarını görebilmek ,

2. Uygulama bölgesi için, uygun bir barometrik yükseklik formülü düzenlemek ,

3. Yapılacak uygulamada, ilgili noktalar arasında barometrik metotla hesaplanan yükseklik farklarının hassasiyeti hakkında bilgi edinmek ve hataları analiz edebilmek için bölgesel bir uygulamanın yapılması gerekli görülmüştür.

Bu bölümde önce uygulama bölgesi tanıtılacak, uygulanan ölçme metodu, kullanılan aletler hakkında bilgi verilecek sonra da ölçmelerin değerlendirilmesi yapılacaktır.

7.1. Uygulama Bölgesi



Şekil 7.1. Doğu Karadeniz Bölgesinin coğrafi konumu

Doğu Karadeniz Bölgesi, coğrafyacilar tarafından, sahilde Ordu'nun yakınındaki Melet Irmağından başlayıp Sovyetler Birliği sınırına kadar uzanan ve güneyden Çoruh Kelkit vadileriyle sınırlanan bir bölge olarak tanımlanır (DARKOT 1967,s.79). Bölge 40° ila 41.5° enlemleri ve 37.5° ila 42.5° boylamları arasındadır (Şekil 7.1).



Şekil 7.2. Doğu Karadeniz Bölgesinin topoğrafik durumu.

Bölgenin topoğrafik yapısı incelendiğinde, sahilden itibaren güneye yani iç kısımlara doğru (kuş uçuşu yaklaşık 50 - 60 km uzaklıkta) arazinin yükseldiği ve dağların, genellikle sahile paralel olarak uzandığı görülür (Şekil 7.2). Bu dağlardan denize akan irili ufaklı akarsular, araziye derin vadilerle dilimler halinde bölerler. Dağların geçit vermeyişi (Zigana hariç tutulursa), sahil kesiminin iç kısımlardan daha nemli olmasına sebebiyet vermektedir.

7.2. Uygulanan Barometrik Yükseklik Ölçme Metodu ve Kullanılan Aletler

İnceleme konusunun gereği olarak, birbirinden farklı ya ve düşey uzaklıkta bulunan noktalar arasındaki yükseklik farklarının hassasiyetlerinin irdelenmesi gerekmektedir. 6.3 Bölümde belirtildiği üzere basınçlara bir düzeltme getirilmesinde noktalardan birinin kapalı bir yer olması kabul edilmiştir. Bunun için bir yerde sabit kabul edilen bir nokta ile farklı kumda bulunan noktalar arasındaki yükseklik farklarının barometrik metoduyla ölçüsü gerekli olmaktadır. Buna uyan ölçme metodu ise sabit ve gezici barometreler metodudur (ERKİN 1967, s. ; ÖZBENLİ/TÜDEŞ 1972, s.434; GRUENDLER/CLAPP/WOLF 1970, s.3; ÖZGEN 1984, s.417). Yukarıda belirtilen maksada uygun olarak uygulamada bu metod kullanılmıştır. Bu metodun uygulanmasıyla sürekli yapılacak ölçmelerde, meteorolojik faktörlerin zamana göre değişimini ve bu değişimin hassasiyete olan etkisini de incelemek imkanı doğmuştur.

7.2.1. Basınç Ölçüsünde Kullanılan Aletler

Basınç ölçmeleri, R.Fuess tipi (E 3763 numaralı) çanak düzeltmesi gerektirmeyen cıvalı barometre ve Askania Mikrobarometre Gb5 (651131 ve 651132 numaralı aletler) ile yapılmıştır.

Cıvalı barometre, istasyon olarak seçilen noktalarda madeni barometrelerin kalibrasyonunda ve saat 07 - 19 arasında sabah başlarında basınç okumalarının yapılmasında; madeni barometre ise istasyonda ve arazi noktalarında kullanılmıştır.

Cıvalı barometrenin okuma inceliği ± 0.1 mmHg, madeni barometreninki ise ± 0.01 torr dur.

Kullanılan Askania Mikrobarometre Gb5 aletinde basınç, P_2 ve T_a olarak belirtilen okuma düzeninde, yapılan okumalardan (P_2, T_a)

$$P_r = A_o + G_2 K_a + DT_a + X \quad (7.1)$$

şeklinde ifade edilir (SCHABEROW 1966).

Burada;

A_o : I. Göstergeden okunan G_1 değerine karşılık gelen basınç, muhtelif G_1 değerleri için alet numarasına göre alet el kitabından alınır (SCHABEROW 1966) ,

G_2 : II. Göstergeden okunan değer, Şekil 7.3 de ok işareti önündeki tamsayı ile skaladaki miktarın toplamı ,

K_a : İlgili alete göre değişen bir katsayı (651131 numaralı alet için 0.1127, 651132 numaralı alet için 0.1074) ,

DT_a : Madeni barometreye getirilen ısı düzeltmesi, aletin iç sıcaklığına (T_a) göre düzen-

Şekil 7.3. Askania Mikrobarometre Gb5 aletinde okuma düzeni.

lenmiş grafikten alınır (SCHABEROW 1966) ,

X : Kalibrasyon değeri veya alet ek sabitidir, ölçmenin başlangıcında ve sonunda

$$X = P_r - (A_o + G_2 K_a + DT_a) \quad (7.2)$$

bağıntısına göre hesaplanır ,

P_r : Cıvalı barometreden indirgenmiş basınçtır.

Ölçme süresince X in değişimi lineer kabul edilir ve bu süre içinde, ölçü başlangıç saatinden itibaren belirli bir zamanda (S_i) alet ek sabiti (2.16) formülüne göre bulunur. Buradan S_i zamanına ait indirgenmiş basınç ise

$$P_i = A_o + G_2 K_a + DT_a + X_i \quad (7.3)$$

bağıntısıyla elde edilir.

Askaniya Mikrobarometre Gb5, yüksek hassasiyetine rağmen 300 ila 900 torr arasında seçilebilen 300 torr büyüklüğündeki basınç değişikliklerini hassas olarak ölçebilir (JORDAN/EGGH KNEISSL 1956,s.467; SCHABEROW 1966).

Alet ısıya karşı duyarlıdır ve üzerinde ölçü sınırları ile + 40°C olan bir termometre yerleştirilmiştir. Alet sıcaklığından ileri gelen düzeltme miktarı, bunun için düzenlenmiş grafikten veya bunun eşdeğeri olan aşağıdaki

$$651131 \text{ numaralı alet için } DT_1 = 0.1146 - 0.008728 T_a$$

$$651132 \text{ numaralı alet için } DT_2 = 0.1120 - 0.008938 T_a \quad (7)$$

bağıntısından hesaplanabilir. Alette ani ısı değişimleri, bir sıfır noktası düzeltmesine sebep olur. Bu hatadan kaçınmak için ısı değişimleri saat başına 3°C yi geçmemelidir. Mikrobarometrelerde çok yavaş ve sürekli olarak, sıfır noktasının değişmesi ile kendini gösteren, zamana ve alete göre değişen küçük miktarlarda bir elastik etkilenme vardır. Kullanılan bu aletlerin, kullanım kılavuzlarına göre aylık 0.5 torr dan daha küçük bir elastik değişimi vardır.

Belirli sınırlar içinde alet eğime karşı çok duyarlı olduğundan, üzerindeki küresel düzeç kabarcığının ayar konumuna getirilmesi yeterlidir.

7.2.2. Sıcaklık ve Buhar Basıncı Ölçüsünde Kullanılan Aletler

İstasyon ve arazi noktalarında sıcaklık ve buhar basıncı ölçüleri aspiratörlü psikrometre ile yapılmıştır. Aletlerin duvar kalınlığı $\pm 0.2^\circ\text{C}$ olup, diğer özellikleri 2.2.1 bölümünde belirtilmiştir.

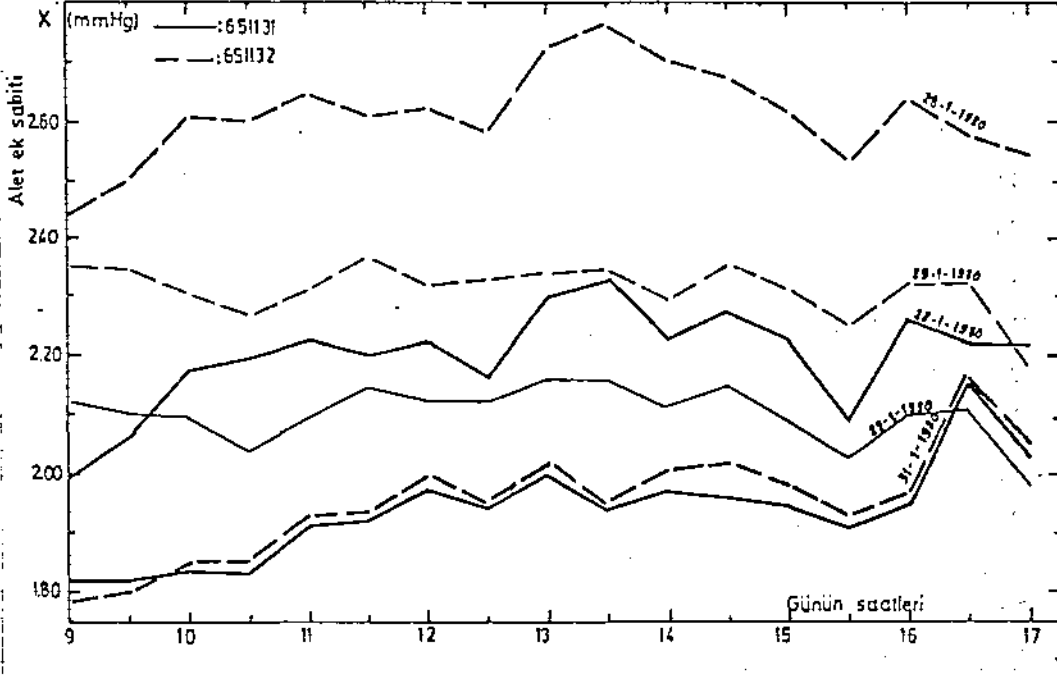
Buhar basıncı (1.17) formülüyle hesaplanmıştır. Ayrıca her istasyonlarından elde edilen muhtelif $e = f(t)$ fonksiyonları ile de buhar basıncı hesaplanmıştır.

7.2.3. Kullanılan Madeni Barometrelerin Kalibrasyon Hatalarının İncelenmesi

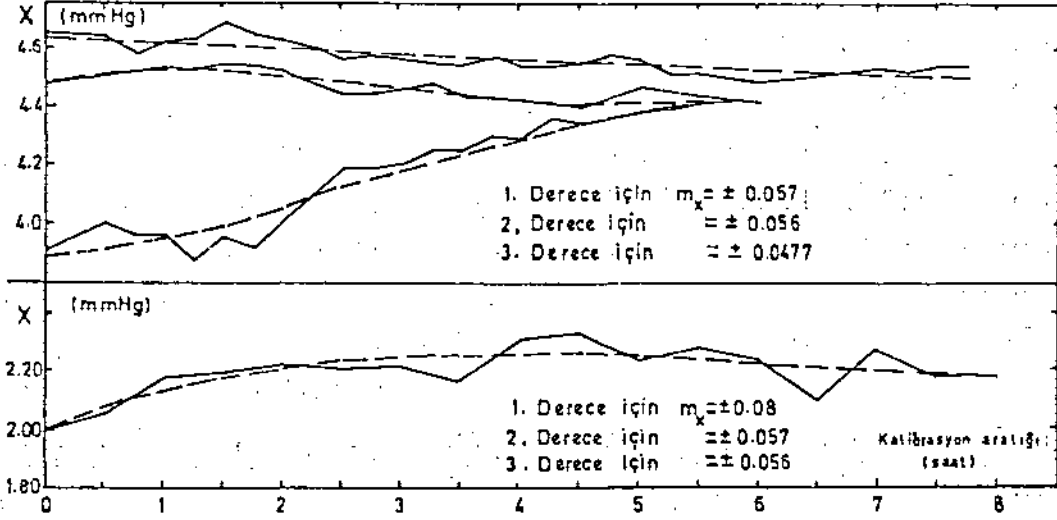
Arazide ölçmelere başlamadan önce kullanılan madeni barometrelerin kalibrasyon hatalarının incelenmesi gerekli görülmüştür. Bunun için K.Ü. Jeodezi ve Fotogrametri Bölümünde mevcut olan iki adet Askania Mikrobarometre Gb5 aletinin R.Fuess tipi cıvalı barometre ile muhtelif tarihlerde saat 9 ila 17 arasında her yarım saatte bir kalibrasyonu yapılmıştır. Kalibrasyonda elde edilen alet ek sabitlerinin zamana göre değişimleri (Şekil 7.4) incelendiğinde, değişimin lineer olmadığı, ayrı günlerde farklı değişimler gösterdiği ve iki alete ait ek sabitlerin genellikle birbirine paralel olarak değiştiği anlaşılmakta ve görülen bu hususlar, yapılan bir çalışmada da (UZUNER 1976, s.48) belirtilmektedir. X in zamana göre değişiminin, en küçük kareler metoduyla, üçüncü dereceye kadar uygun dengeleyici bir fonksiyonla ifade edilebileceği (Şekil 7.5), ancak muhtelif günlerdeki değişimin çok farklı olması sebebiyle bu değişimi kesin bir fonksiyonla belirtmenin mümkün olmadığı anlaşılmaktadır. Bu itibarla, ölçü başlangıcı ve sonu arasında geçen zaman süresince, X in zamana göre değişimini lineer olarak kabul etmek gerekmektedir. Ancak bu kabulde, bir miktar hata yapıldığı da bir gerçektir.

Belirli bir zaman aralığında (kalibrasyon aralığı), X in kabul edilen lineer değişiminin gerçek değişimden sapma miktarları (ortalama hata olarak), muhtelif zaman aralıklarına (4, 6, 8 saat) göre incelenerek Çizelge 7.1 de gösterilmiştir. Belirtilen çizelgeden, kalibrasyon hatasının ± 0.03 ilâ ± 0.15 mmHg arasında değiştiği ve bunun ortalama olarak ± 0.1 mmHg büyüklüğünde olduğu, kalibrasyon süresi azaldıkça, kalibrasyon hatasının da azaldığı görülmektedir. Kalibrasyon hatasındaki azalmanın, kalibrasyon süresi azaldıkça hava basıncındaki değişmelerin de az olmasından kaynaklandığı düşünülebilir.

Alet ek sabitinin lineer enterpolasyonla elde edilmesindeki ± 0.1 mmHg lik hata, aynı zamanda indirgenmiş basınç ifadesini ((7.3) eşitliğinde) de etkileyecektir. Bu sebeple kalibrasyon hatasına, madeni barometrelerde basınç ölçü hatası da



Şekil 7.4. Askania Mikrobarometre Gb5 de alet ek sabitinin, muhtelif tarihlerde zamana göre değişimi.



Şekil 7.5. Askania Mikrobarometre Gb5 de alet ek sabitinin zamana göre değişiminin dengeleyici fonksiyonlarla gösterilmesi (kesikli çizgiler dengeleyici fonksiyonu, kesiksiz çizgiler (7.2) eşitliğinden bulunan değerleri göstermektedir).

denilebilir.

Tarih	8 SAATLİK		6 SAATLİK		4 SAATLİK	
	9 - 17	9 - 15	11 - 17	9 - 13	13 - 17	
651131 Nolu						
28-1-1980	$\pm 0,086$	$\pm 0,086$	$\pm 0,058$	$\pm 0,107$	$\pm 0,050$	
29-1-1980	0,146	0,116	0,071	0,075	0,065	
30-1-1980	0,081	0,043	0,095	0,053	0,059	
31-1-1980	0,049	0,068	0,046	0,040	0,038	
Ortalama	$\pm 0,098$	$\pm 0,083$	$\pm 0,070$	$\pm 0,073$	$\pm 0,054$	
651132 Nolu						
28-1-1980	$\pm 0,059$	$\pm 0,072$	$\pm 0,046$	$\pm 0,080$	$\pm 0,033$	
29-1-1980	0,158	0,125	0,088	0,071	0,047	
30-1-1980	0,078	0,033	0,089	0,042	0,074	
31-1-1980	0,046	0,062	0,028	0,029	0,029	
Ortamala	$\pm 0,096$	$\pm 0,080$	$\pm 0,068$	$\pm 0,059$	$\pm 0,049$	

Çizelge 7.1. Askaniya Mikrobarometre Gb5'de muhtelif kalibrasyon aralıklarında hesaplanan ortalama kalibrasyon hata miktarları (mmHg biriminde).

7.3. Uygulama Yerlerinde Noktaların Seçimi ve Ölçmelerin Yapılması

Sahil istasyonlarından elde edilen $e=f(t)$ fonksiyonlarının iç kısımlarda nereye kadar, ne kadarlık bir hata ile kullanılabileceğini araştırmak gayesiyle, bölgede sahilden itibaren iç kısımlara doğru "kuş uçuşu" yaklaşık 30 km uzaklıkta Maçka ilçesi çevresinde yaklaşık 500 m yükseklikte Sukenarı Köyünde, 42.5 km uzaklıkta yaklaşık 1250 m yükseklikte Hamsiköy'de ve 50 km uzaklıkta 2000 m yükseklikte Zigana'da uygulama yapılmıştır. (Sahilden iç kısımlara doğru, bölgenin başka yerlerinde de yollar olmasına rağmen belirtilen yerlere ulaşımın daha kolay sağlanması, ölçme sahalarının bu yerlerde seçilmesinde etkili olmuştur. Bunun haricinde ayrı bir özellik aranmamıştır.)

Uygulamanın yapıldığı yerlerde, önce uygun bir istasyon noktası, sonra istasyon noktasından itibaren yaya yürüme süresi yaklaşık 0.5 ila 2 saati geçmeyecek uzaklıkta arazi noktaları seçilmiştir. Arazi noktalarının seçiminde ayrıca, sıcaklık ve basınç dalgalanmalarının az olduğu yerler olmasına dikkat edilmiştir. Seçilen noktaların konumu ve istasyona olan yatay ve düşey uzaklıkları Şekil 7.6, Şekil 7.7 ve Şekil 7.8 de gösterilmiştir.

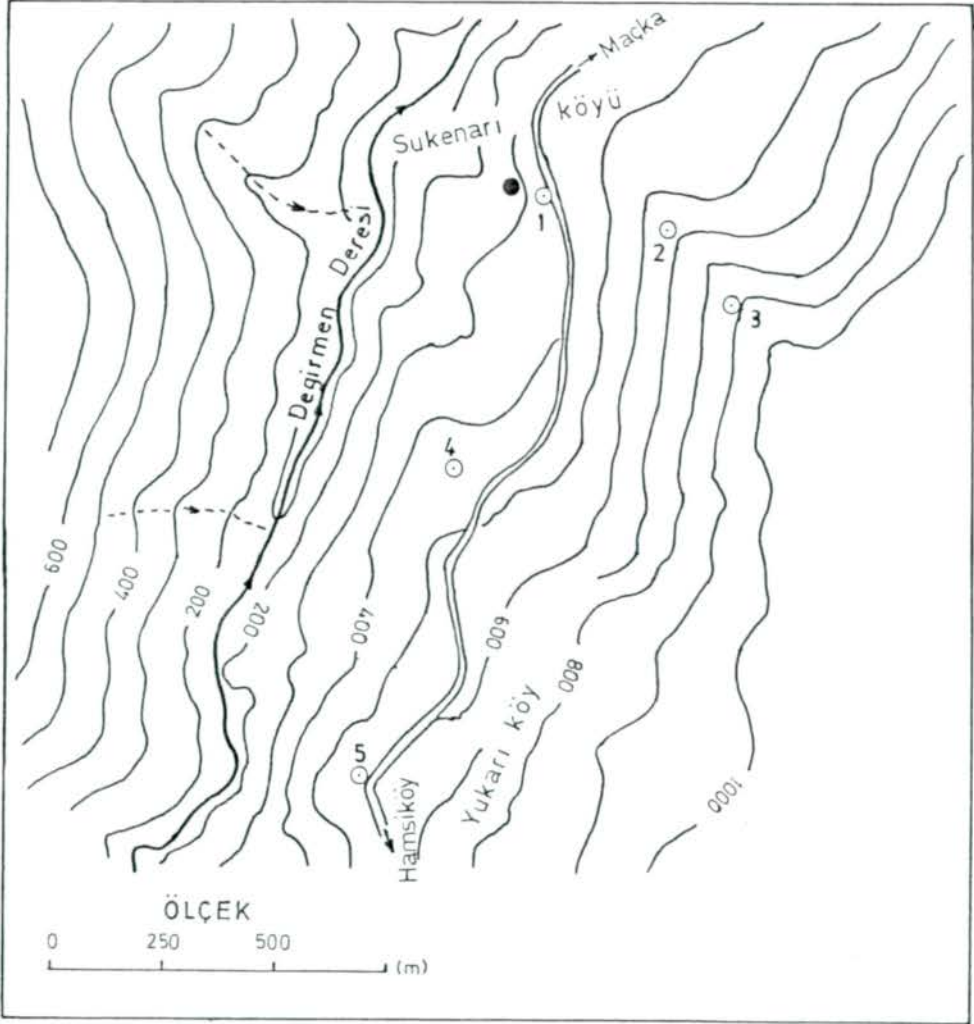
Arazi noktalarında ölçü sırasında, aletleri güneş ışığının tesirinden korumak gayesiyle şemsiye kullanılmıştır. Arazi psikrometre, bir nive sehпасının tesbit vidasına yerleştirilerek bir çengele takılarak ölçmeler yapılmıştır (Şekil 7.9.b).

İstasyon noktası olarak seçilen, güneşin ve rüzgarın doğrudan etkisinden korunan ahşap bir binanın aydınlık bir odasının civalı barometre ve bunun haznesi hizasına madeni barometre üç ayaklı bir özel sehpa üzerine yerleştirilmiştir (Şekil 7.9.a).

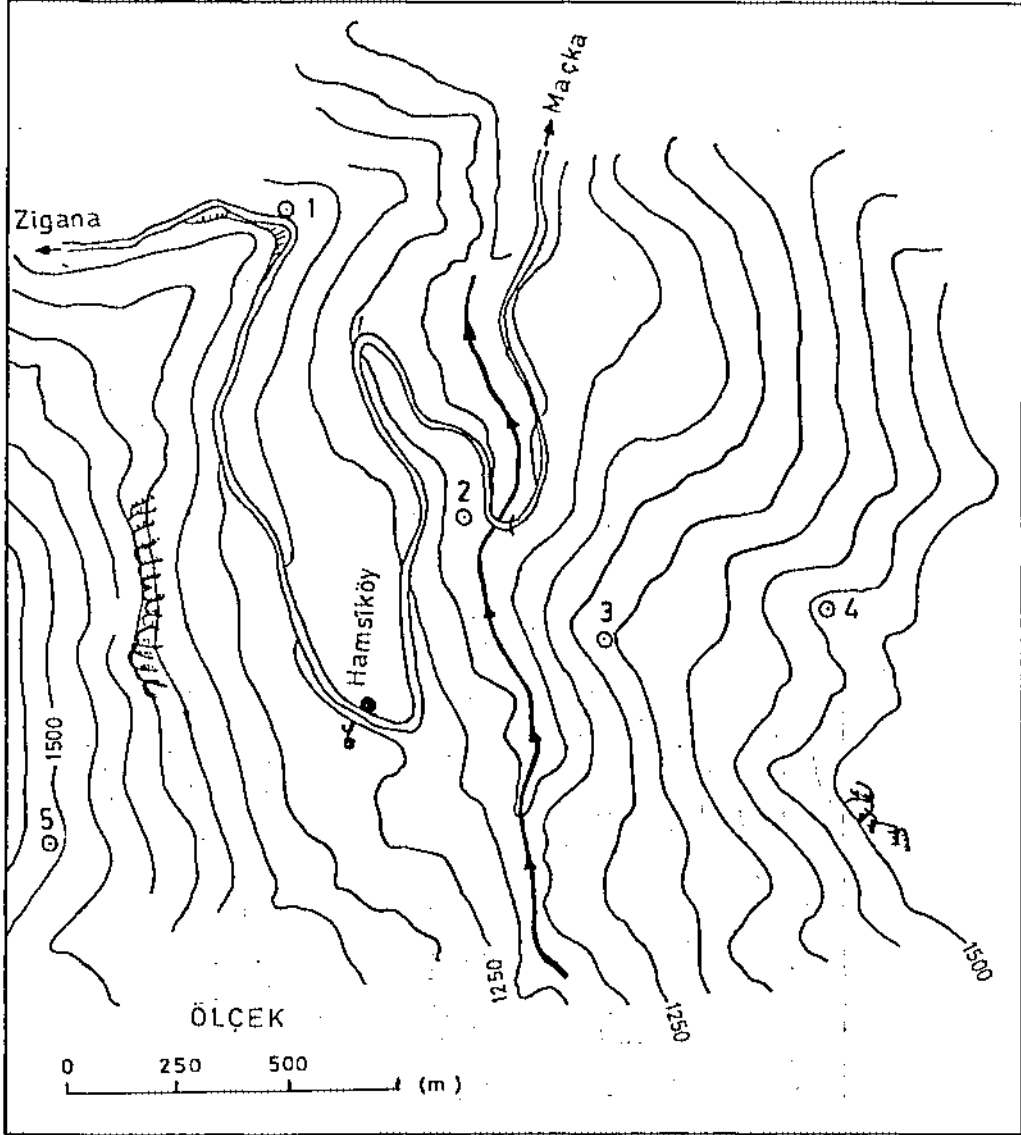
İstasyon ve arazi noktaları arasındaki yatay ve düşey uzaklıklar, Distomat (DI-3) aletiyle ölçülmüştür. Bulunan yükseklik farkları, "gerçek değer" olarak kabul edilmiştir.

Ölçme metodunun uygulanmasında, istasyonda ve arazi noktalarında, meteorolojik faktörlerin zamana göre değişimini ve bunun hassasiyete olan etkisini incelemek gayesiyle, belirli bir başlangıç zamanından itibaren 15'er dakika aralıklarla sürekli veya fasılalı olmak üzere toplam 30 adet ölçü yapılmıştır.

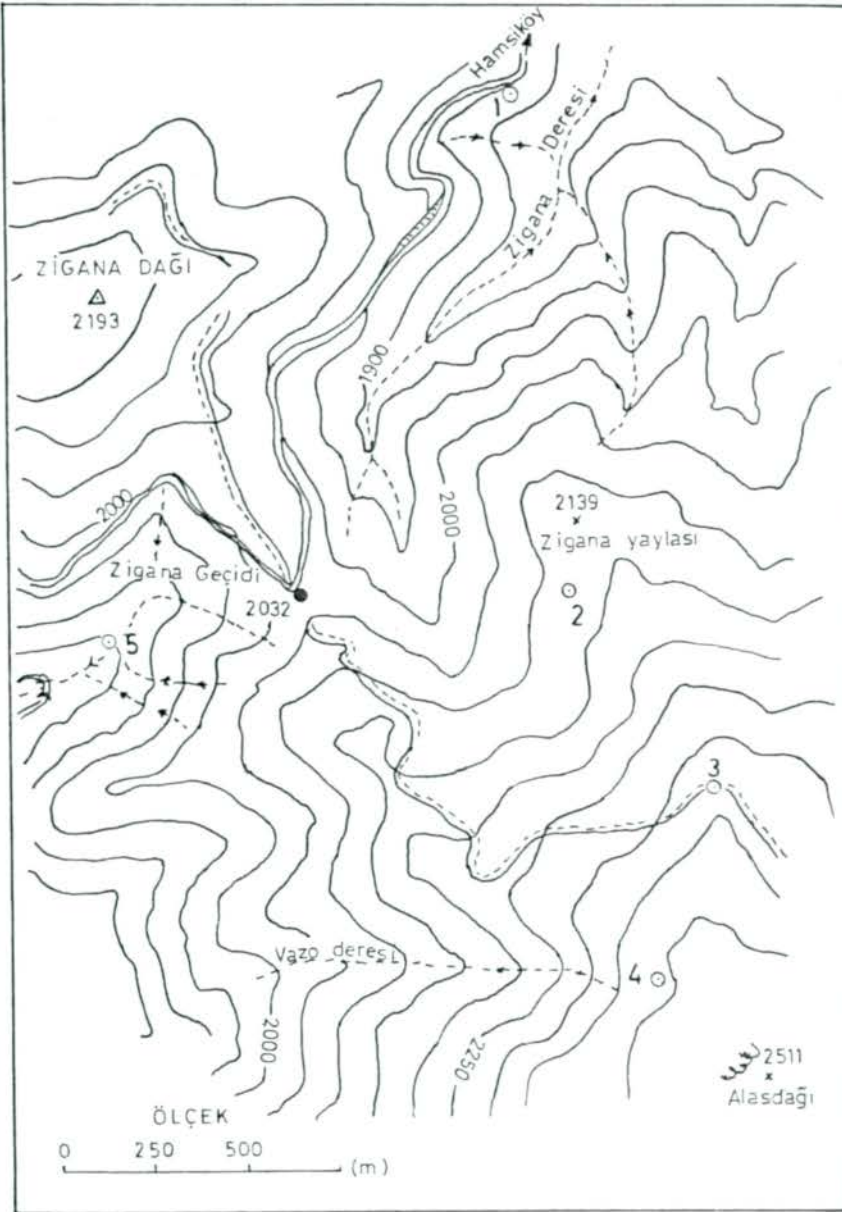
Her arazi noktasına ait ölçülerin 30 adet yapılmasının sebebi, hesaplanacak yükseklik farklarını ve bunların gerçek ve görünen hatalarını matematik - istatistik yöntemlerle irdelemek için, asgari ölçme sayısı olmasından dolayıdır. Zira matematiksel istatistikte, ölçülerin veya ölçülerden elde edilen sonuçların Khi-Kare Normal Dağılım testinde incelenebilmesi için sayısının en az 30 adet yapılması gerekmektedir (AKSOY 1978)



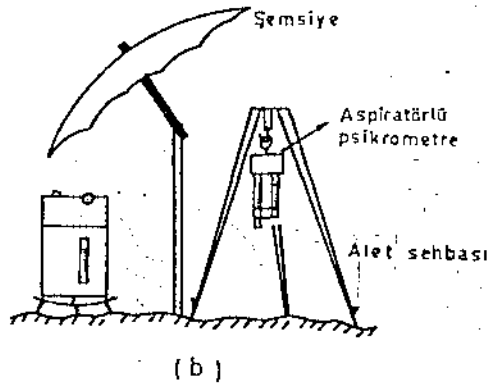
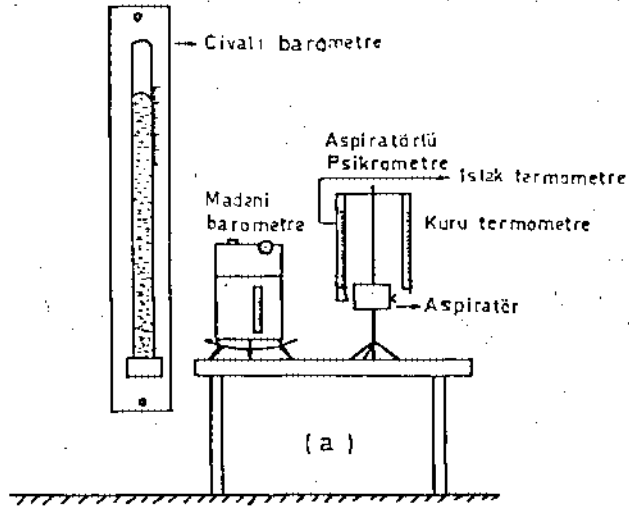
Şekil 7.6. Sukenarı köyünde seçilen istasyon (●) ve arazi noktalarını (○) gösterir kroki.



Şekil 7.7. Hamsiköy'de seçilen istasyon (•) ve arazi noktalarını (o) gösterir kroki.



Şekil 7.8. Zigana'da seçilen istasyon (●) ve ve arazi noktalarını (o) gösterir kroki.



Şekil 7.9.a. İstasyon noktasında,
b. arazi noktasında ölçü anında
aletlerin durumu.

7.4. Değerlendirme

7.4.1. Bölgesel Formül Düzenlenmesi

Bölge için uygun olan barometrik yükseklik formülünü geliştirmek maksadıyla, bölgede ortalama bir yükseklik ve enlem değerinin sabit alınıp alınamayacağı ve buhar basıncı sıcaklık ilişkilerinin yeterli bir incelemesi yapılacaktır.

Yeniden düzenlenmiş formülde ortalama basınç değeri söz konusu olmadığından, bölge için ortalama bir basınç değerinin sabit olarak alınması konusu incelenmeyecektir.

7.4.1.1. Enlem Bakımından İnceleme

Şekil 7.1 incelendiğinde görülür ki, bölge için $\varphi = 41^\circ$ sabit alınabilir, bu enlemden kuzeye ve güneye doğru $\pm 1^\circ$ lik sapma, sonuçta $\Delta H = 1000$ m için ± 0.10 m lik bir hata doğurur. Bunun da sonuç üzerinde önemli bir tesiri olmadığı söylenebilir. Bu hususun dikkate alınması istenirse, genel formülde ve yeniden düzenlenmiş formülde enlemi ihtiva eden çarpan K katsayısı içine dahil edilebilir. Yani

$$K_\varphi = K (1 + \beta \cos 2\varphi) = 18406.8 \text{ m}$$

şeklinde yeni bir katsayı tarif edilmiş olur.

7.4.1.2. Ortalama Yükseklik Bakımından İnceleme

Genel olarak 5.3.2 bölümünde belirtilen esaslara göre belirli bir bölge için ortalama bir veya birkaç yükseklik değeri, sabit olarak alınabilir. Ortalama bir yüksekliğin sabit alınmasında iki durum söz konusudur.

a. Şekil 5.4 de belirtilen ΔH sınırlarında ölçmeler yapılmak şartıyla, belirli bir ΔH miktarına göre yükseklik düzeltmesi $((1 + \frac{2H}{r})$ çarpanı) gerekmeden ortalama bir yükseklik değerinin (H_m) sabit alınması durumu;

Bu durumda, belirtilen grafikten de görüleceği gibi H_m miktarı arttıkça, ölçülecek ΔH miktarı azalmaktadır. Bu itibarla küçük yükseklik farklarının (200 m ye kadar) barometrik metod ile ölçülmesinde $\Delta H = \pm 0.10$ m diferansiyel değişme miktarıyla

$H_m=1500$ m ve $\Delta H=600$ m ye kadar ölçmelerde $\Delta_H = \pm 0.20$ m değeri ile $H_m=1000$ m sabit alınabilir. Bölgenin topoğrafik durumu itibarıyla ölçülecek yükseklik farklarının ve ortalama yüksekliği de belirtilen sınırların dışına taşması kuvvetle mümkün olduğundan, bu şekilde bir yüksekliğin sabit alınması uygun görülmektedir.

b. Yükseklik düzeltilmesi dikkate alınarak ortalama bir yükseklik değerinin (H_m) sabit alınması durumu;

Şekil 7.2 incelendiğinde, 2000 m lik düzeç eğrisinin sah boyunca uzandığı, 2000 m nin üstündeki düzeç eğrilerinin seyir durumunda bulunduğu görülür. Dağlar derin vadilerle akarsular tarafından bölündüğünden ölçülecek yükseklik farkları, 500 ila 1500 m arasında değişmektedir (Şekil 7.10). Yapılan incelemede belirli bir bölge için sabit kabul edilen H_m değerinden ± 0.1 ve ± 0.20 m diferansiyel değişimle sapma miktarları ($H_m - H$) azaldıkça ölçülecek yükseklik farklarının arttığı görülmüştür. Teorik ($H_m - H$) sapmaları, bunların diferansiyel etki miktarları, ölçülecek yükseklik farkları ve bölgede arazinin ortalama yükseklik durumu dikkate alındığında, bölge için iki ayrı yükseklik değerinin sabit olarak alınması uygun bulunmuştur.

1. Sahil şeridinde yapılacak ölçmeler için

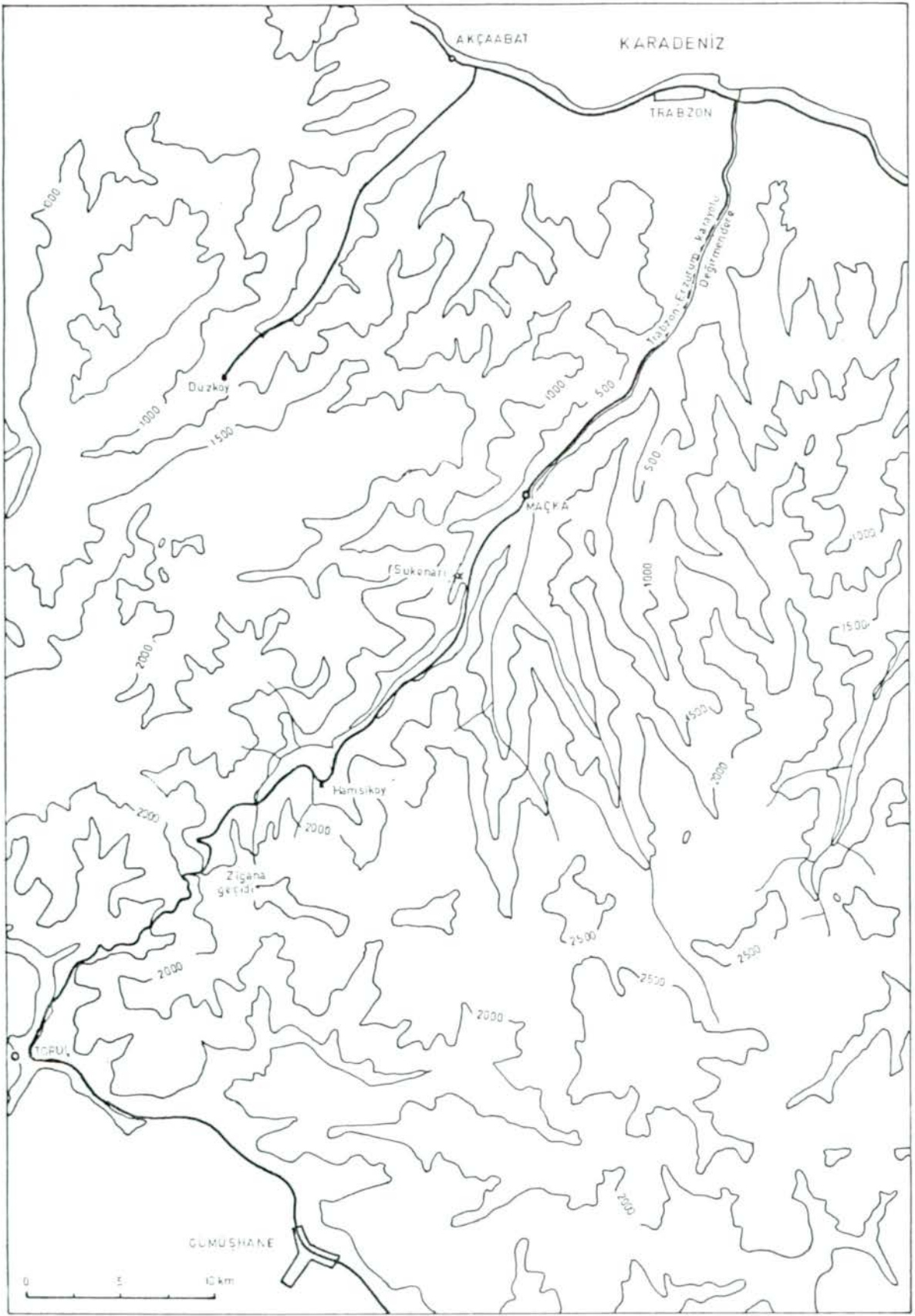
$H_m= 500$ m alındığında, $0 < H < 1000$ m olmak üzere $\Delta_H = \pm 0.1$ m toleransla $\Delta H=640$ m, $\Delta_H = \pm 0.20$ m toleransla $\Delta H=1274$ m,

$250 < H < 750$ m olmak üzere, $\Delta_H = \pm 0.10$ m toleransla $\Delta H=1274$ m ye kadar ölçmeler yapılabilir.

ΔH_1 değeri H_m e yaklaştığında belirtilen toleranslara göre ölçülecek yükseklik farklarının miktarları artmaktadır.

2. İç kısımlarda yapılacak ölçmeler için

Sahilden itibaren, en fazla ölçülecek yükseklik farkı ve dolayısıyla yükseklik değeri yaklaşık olarak 1000 m dir (Şekil 7.10). Bu sebeple iç kısımlarda yapılacak ölçmelerde, yüksekliğin alt sınır değeri 1000 m civarında olacaktır. Şekil 7.10 da görüleceği üzere 1000 m lik düzeç eğrisinin yakınlarında olma şartıyla $\Delta H= 600 - 700$ m rahatlıkla ölçülebilir. Bu durumda H



Şekil 7.10. Doğu Karadeniz Bölgesinde sahilden iç kısımlara doğru arazinin topoğrafik durumunu detaylı olarak gösterir ölçekli kroki.

1000 m ve bu seviyeden itibaren ölçülecek yükseklik farkı da yaklaşık olarak tayin edildiğinden, $1000 < H < 2000$ m aralığında olmak üzere $\Delta_H = \pm 0.10$ m tolerans ile belirtilen ΔH için $H_m = 1500$ m sabit değer alınabilir.

$\Delta_H = \pm 0.10$ m toleransla $1250 < H < 1750$ m olduğunda 1274 m, $\Delta_H = \pm 0.20$ m toleransla aynı H sınırları arasında 2550 m olmaktadır. Büyük yükseklik farklarının ölçülmesinde, teorolojik faktörlerin değişimlerinin olumsuz etkileri sebebi ölçünün uygun parçalar halinde yapılması gerekmektedir. Buna $\Delta_H = \pm 0.10$ m toleransla belirtilen H sınırları ve ΔH dikkate alındığında $H_2 = H + \frac{\Delta H}{2} = 1900$ ila 2400 m ye kadar, $\Delta_H = \pm 0.20$ m toleransla belirtilen H sınırları ve ΔH dikkate alındığında ise $H_2 = 2500$ ila 3000 m ye kadar ölçüler yapılmış olur.

Bu sınırların içindeki H ve ΔH farkları için yükseklik farkı zeltmesi, sabit H_m yüksekliği ile hesaplanacak K katsayısı içinde ne dahil edilebilir.

Bu şekilde ortalama bir enlem ve yüksekliğin sabit kabul edilmesiyle yeniden düzenlenmiş formülde iki faktöre ait çarpanlar K değeri ile birleştirilerek (5.24) bağıntısına göre kısaltılabilir. Bu durumda bölge için geliştirilen formül (5.26) bağıntısında belirtildiği şekilde ifade edilir.

7.4.1.3. Bölgede Buhar Basıncı - Sıcaklık İlişkileri

Burada, bölgedeki muhtelif meteoroloji istasyonlarından alınan 1976, 1977 ve 1978 yıllarına ait buhar basıncı, sıcaklık verilerinden (DMİGM 1976, 1977, 1978) faydalanılarak aralarındaki fonksiyonel ilişki incelenecek ve bölge için uygun olan buhar basıncı - sıcaklık fonksiyonu belirtilecektir.

7.4.1.3.1. $e=f(t)$ Fonksiyon Tiplerinde Katsayıların Hesabı

Bölgede, sahilde Rize ye ait grafik (Ek:3.) ve iç kısımlarda ait grafik (Ek:4.) incelendiğinde, sıcaklığın buhar basıncına göre değişiminin üçüncü dereceye kadar muhtelif polinomlarla ifade edilebileceği görülür. Bu polinomların içinde logaritmik olanların, eksi (-) işaretli sıcaklık değerleri için kullanılmaları mümkün olmadığından, logaritmik olmayan tipi tercih edilmiştir.

Bölgeye ait buhar basıncı - sıcaklık verilerinden faydalanılarak en küçük kareler metoduna göre, $e = f(t)$ fonksiyonlarında birinci dereceden üçüncü dereceye kadar aşağıdaki

$$e_1 = a + b t$$

$$e_2 = a + b t + c t^2$$

$$e_3 = a + b t + c t^2 + d t^3$$

polinomlarının katsayıları, katsayıların ve fonksiyonların ortalama hataları (m_a, m_b, \dots ve m_o) ve korelasyon katsayıları hesaplanarak cetveller halinde Ek : 5, Ek : 6, Ek : 7 de ve grafikler halinde Ek : 8, Ek : 9 ve Ek :10 da gösterilmiştir.

2. Bölge İçin Uygun $e=f(t)$ Fonksiyonunun Seçilmesi

Bölgede sahil ve iç kısımlar için - ayrı ayrı olmak üzere- uygun $e=f(t)$ fonksiyonunun seçilmesinde, bir istasyona veya istasyon grubuna ait yukarıda belirtilen $e=f(t)$ fonksiyonlarının katsayıları, bu katsayılara ve fonksiyonlara ait ortalama hata değerleri, korelasyon katsayıları ve uygulamadaki kolaylığı dikkate alınmıştır.

Yukarıda sonuçların belirtildiği cetveller ve grafikler incelendiğinde, bölgenin sahilinde ve iç kısımlarında ayrı ayrı olmak üzere;

- muhtelif yıllarda elde edilen $e=f(t)$ fonksiyonlarının, ilgili istasyonlardaki $e=f(t)$ fonksiyonlarıyla bir uygunluk gösterdiği (örnek olarak 1976 yılı itibarıyla Ek:5 de gösterilmiştir) ,

- muhtelif yıllara ait $e=f(t)$ nin aynı olduğu fonksiyon tiplerinde ortalama hata ve korelasyon katsayısı değerleri (bunlar ayrı ayrı olmak üzere) incelendiğinde, aralarında önemli sayılacak bir farkın olmadığı, birbirlerine yakın değerde oldukları ,

- birer yıllık (1976, 1977 ve 1978 yılları için) verilerden elde edilen $e=f(t)$ fonksiyonları ile ikişer yıllık (1976 , 1977 yılları) ve üçer yıllık (1976 , 1977 , 1978 yılları) verilerden elde edilen $e=f(t)$ fonksiyonlarının, ait oldukları fonk-

siyon tipinde yani $e_1=f(t)$, $e_2=f(t)$ ve $e_3=f(t)$ fonksiyonlarını kendi aralarında ilgili yıllardakine göre kıyaslandığında, bir birleriyle iç içe oldukları (Ek: 9 ve Ek:10) görülmektedir. Buna göre bölgenin sahili ve iç kısımları için ayrı ayrı olmak üzere birer, ikişer veya üçer yıllık verilerden elde edilen $e=f(t)$ fonksiyon çeşitlerinden her birinin; sahil istasyonları için $t=5$ ila 25°C değerleri arasında, iç kısımlar için $t=0$ ila 25°C değerleri arasında kullanılabileceği görülmektedir.

Burada sahil ve iç kısımlar için belirtilen t sınırlarının dışına çıkıldığında $e_1=f(t)$, $e_2=f(t)$ ve $e_3=f(t)$ fonksiyon değerleri arasında, barometrik yükseklik hassasiyetini etkileyecek büyüklükte sapmalar görülmektedir. Bu sebeple $e_3=f(t)$ fonksiyonlarının kullanılması uygun değildir.

Bir ve iki yıllık verilerden elde edilen $e_1=f(t)$ ve $e_2=f(t)$ fonksiyonlarının değişim grafiği (Ek:10) incelendiğinde, aradaki sapmaların az olduğu görülür. Buna göre bölge için uygun $e=f(t)$ nin teşkil edilmesinde, bir yıllık veriler yeterli olmakla birlikte ikişer veya üçer yıllık verilerin olmasında fayda vardır.

Uygulamadaki kolaylığı da dikkate alındığında bölgenin sahili için, üç yıllık verilerden elde edilen

$$e = f(t) = 0.876 + 0.594 t \quad (7)$$

iç kısımlar için ise:

$$e = f(t) = 4.810 + 0.252 t \quad (7)$$

fonksiyonunun kullanılması uygun görülmüştür.

7.4.1.4. Bölge İçin Uygun Barometrik Yükseklik Formülünün Geliştirilmesi

5.3 Bölümünde yapılan incelemede, yeniden düzenlenmiş formülün, uygulamada genel formülden daha çok kolaylık sağlayacağı belirtilmişti. Bu sebeple bölge için uygun olan barometrik yükseklik formülünün geliştirilmesinde prensip olarak, yeniden düzenlenmiş formül dikkate alınacaktır.

7.4.1.1 Bölümünde yapılan incelemede, bölge için ortalama

bir enlem olarak $\varphi_m = 41^\circ$ nin sabit kabul edilebileceği, bölgenin sahili boyunca 0 - 1000 m yükseklik sınırları arasında ± 0.10 m toleransla $\Delta H = 630$ m, ± 0.20 m toleransla $\Delta H = 1274$ m ye kadar $H_m = 500$ m, bölgenin iç kısımlarında ise 1250 - 1750 m yükseklik sınırları arasında ± 0.10 m toleransla $\Delta H = 1274$ m, ± 0.20 m toleransla $\Delta H = 2550$ m ye kadar yapılacak ölçmelerde $H_m = 1500$ m nin bölge için ortalama bir sabit yükseklik değeri olarak alınabileceği ve buhar basıncı sıcaklık ilişkilerininin sahil ve iç kısımlar için ayrı ayrı olmak üzere birer $e=f(t)$ fonksiyonu ile ifade edilebileceği belirtilmişti. Belirtilen bu hususlar dikkate alındığında, bölgenin sahil ve iç kısımları için ayrı ayrı H_m ve $e=f(t)$ fonksiyonu kullanılmak üzere, uygun olan barometrik yükseklik formülü ((5.24) eşitliğinden hareket edilerek)

$$K_m = K (1 + \beta \cos 2\varphi_m) \left(1 + \frac{2 H_m}{r}\right) \quad (7.7)$$

$$\Delta H = K_m (1 + \alpha t) \log \frac{P_1 - 0.378 (e=f(t))}{P_2 - 0.378 (e=f(t))} \quad (7.8)$$

şeklinde düzenlenebilir. Yukarıdaki H_m değerlerinde ölçülebilecek ΔH miktarları, belirtilen sınır değerleri aşıyorsa bu durumda formül, şöyle düzenlenebilir :

$$K_\varphi = K (1 + \beta \cos 2\varphi_m) ,$$
$$\Delta H_1 = K_\varphi (1 + \alpha t) \log \frac{P_1 - 0.378 (e=f(t))}{P_2 - 0.378 (e=f(t))} \quad (7.9)$$

$$\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H$$

Burada e yerine $e=f(t)$ fonksiyonunun kullanılmasında, sahil istasyonları için (7.5) bağıntısıyla ve iç kısımlar için (7.6) bağıntısıyla verilen $e_1=f(t)$ fonksiyonu kullanılacaktır. Sahil istasyonları için seçilen $e=f(t)$ fonksiyonu, sahil çevresinde ve iç kısımlarda belirli bir uzaklığa kadar uygulanabilir ve aynı şekilde iç kısımlar için seçilen $e=f(t)$ fonksiyonu da ilgili istasyonlar çevresinde geçerlidir. Sahile ait $e=f(t)$ fonksiyonunun iç kısımlarda hangi uzaklığa kadar uygulanabileceği,

yapılacak uygulama ve hata analiziyle araştırılacaktır.

(7.9) eşitliğinden ΔH_1 i kolaylıkla elde etmek için,

$$\frac{P_1 - 0.378 e}{P_2 - 0.378 e} = 10^{\frac{\Delta H_1}{K_\varphi(1+\alpha t)}} \quad (7)$$

bağıntısına göre basınç oranları teşkil edilmiş ve muhtelif ve t değerlerine bağlı olarak bir grafik düzenlenmiştir (Ekt t apsis, basınç oranı ordinat eksenini seçilerek düzenlenen bu grafikten ΔH_1 , ± 0.20 m incelikte elde edilebilir. ΔH_1 in bulunmasında, indirgenmiş basınç ve buhar basıncı değerlerindeki basınç oranı teşkil edilir, ortalama sıcaklık değeri apsis ekseninde işaretlenir, işaretlenen noktalardan eksenlere çizilen diklerin kesiştiği nokta ΔH_1 i verir. ΔH_1 bulunduğundan sonra kil 5.2 den H ve ΔH_1 değerine göre ΔH değeri alınır.

7.4.2. Ölçülerin Değerlendirilmesi ve Yükseklik Farklarının

Hesabı

Bu bölümde, uygulama sahalarında seçilen noktalarda yapılan barometrik ölçülerin değerlendirilmesi yapılacak, genel formülle çeşitli durumlara göre hesaplanacak yükseklik farklarının ve karesel ortalama hata hesaplarının sonuçları sunulmaktadır.

7.4.2.1. Barometrik Ölçülerin Değerlendirilmesi

Uygulama sahalarında seçilen istasyon noktalarına yerleştirilen R.Fuess tipi cıvalı barometreden okunan basınca (P_c) 2.2.1 bölümünde belirtilen düzeltmelerden sıcaklık düzeltmesi (C_t) ve yerçekimi düzeltmesi (C_i) getirilmiştir. Sıcaklık düzeltmesi, kullanılan alet için t_c cıvalı barometrenin sıcaklık olmak üzere,

$$C_t = - 0.000163 P_c t_c \quad (7)$$

bağıntısıyla; yerçekimi düzeltmesi ise

$$C_i = - \left(\frac{2 H}{r} + \beta \cos 2\varphi \right) P_c \quad (7.11)$$

eşitliğiyle hesaplanmıştır (DMIGM 1964). Burada ortalama yükseklik değeri olan H, yaklaşık olarak Radau formülünden (ERKİN 1967,s.161) faydalanılarak elde edilmiştir. Ortalama enlem olarak $\varphi = 41^\circ$ alınmıştır.

Kullanılan madeni barometrede yapılan okumalardan indirgenmiş basıncın bulunmasında 7.2.1 bölümünde belirtilen hususlar dikkate alınmıştır.

7.4.2.2. Yükseklik Farklarının ve Hataların Hesabı

Muhtelif hususlar dikkate alınarak yükseklik farklarının hesabı, aşağıda belirtilen şekilde yapılmıştır :

1. Barometrik yükseklik genel formülüne (2.13) göre ,
2. Buhar basıncı yerine

a. 1976 yılı Trabzon'a ait verilerden elde edilen $e=f(t)$ fonksiyonları ($e_1=f(t)$ ve $e_2=f(t)$) kullanılarak ,

b. Üç yıllık sahil verilerinden elde edilen $e=f(t)$ fonksiyonları ($e_1=f(t)$ ve $e_2=f(t)$) kullanılarak ,

c. 1976, 1977 ve 1978 yıllarında Trabzon Meteoroloji İstasyonunda ölçülen e nin Haziran ayındaki ortalama değerleri kullanılarak ,

3. Jygulamada arazi noktalarındaki düzensiz basınç değişimlerinin etkilerini azaltmak gayesiyle, indirgenmiş basınçlara düzeltme getirmek suretiyle.

7.5. Hata Analizi ve Hesap Sonuçlarının Yorumlanması

Ölçülerin veya bunlardan elde edilen değerlerin yorumlanması sırasında bazı temel kavramlardan faydalanılır. Bu kavramlar şu şekilde tariflenir :

Gerçek Değer : Bir büyüklüğün gerçek olan değeridir. Genelde bunu bulmaya imkân yoktur. Gerçek değer, bir düzlem üçgenin iç açılarının toplamının 200 grad etmesi gibi nadiren elde edilir.

Kesin Değer : Bir büyüklüğe ait, birden fazla ölçülerle doğru-

dan veya dolaylı olarak elde edilen değerlerin ortalamasıdır.

Gerçek Hata : Gerçek değer ile ölçü değeri arasındaki farktır (ε).

Görünen Hata : Kesin değer ile ölçü değeri arasındaki farktır (V).

Karesel Ortalama Hata :

$$\text{Görünen hatalarla } m = \pm \sqrt{\frac{[VV]}{n-1}}$$

$$\text{Gerçek hatalarla ise } \bar{m} = \pm \sqrt{\frac{[\epsilon\epsilon]}{n}}$$

şeklinde ifade edilir (n : Ölçü sayısı). Karesel ortalama hatası, ölçülerin doğruluk derecesi (\bar{m}) veya prezisyonu (m) hakkında bir fikir edinebilmek için hesaplanır (ULSOY 1974,s.7-9; AYTAÇ 1985,s.2-9).

Burada, barometrik yükseklik tayininin hassasiyeti ile geometrik yükseklik tayininin hassasiyeti karşılaştırıldığında barometrik yükseklik ölçüsünün sonuçlarına göre geometrik yükseklik ölçüsüyle elde edilen büyüklükler "gerçek değer" (ΔH) olarak kabul edilmiştir. Hesaplanan yükseklik farklarında meydana gelen hatalara etkili olan faktörleri daha iyi bir şekilde açıklamak bakımından gerçek hata değerleri dikkate alınmış ve karesel ortalama hata, gerçek hatalarla hesaplanmıştır.

Burada; hesaplanan yükseklik farklarına ait

- yükseklik hatalarına etkili faktörlerin,
- karesel ortalama hataların,
- buhar basıncı yerine $e=f(t)$ fonksiyonu kullanılarak elde edilen sonuçların,
- arazi noktalarındaki basınca düzeltme getirilerek ve getirilmeden elde edilen sonuçların

yorumları yapılacaktır. Yorumlamadan önce, yükseklik hatalarında sistematik ve kaba hataların varlığını araştırmak için K-Hata Testi, Khi-Kare Uyum Testi, Çarpıklık ve Ekses uygulanmış ve 7.4.2.2. bölümünde belirtilen şekilde hesaplanan yükseklik farklarına ait karesel ortalama hata değerlerinin (Çizelge 7.4 ve Çizelge 7.4) varyans analizi yapılacaktır (AKDENİZ 1976, s.305; AKSOY 1974,s.41; AYTAÇ 1984,s.545).

7.5.1. Hata ve Varyans Analizi

Ölçme sahalarında seçilen noktalara ait test sonuçlarının Özeti (Çizelge 7.2) ve Khi-Kare Uyum Testine göre çizilen dağılım grafikleri (Ek:12. a., b., c., d., e., Ek:13. a., b., c., d., e., Ek:14. a., b., c., d., e.) incelendiğinde, genel olarak varılan sonuçlar şöyle özetlenebilir :

- Kaba Hata Testinde, kaba hatalı değerler görülmemiştir.

- Arazi noktalarına ait basınçlara düzeltme getirilmeden hesaplanan, toplam olarak 15 noktadan 14 tanesine ait yükseklik hatalarının normal dağılımda oldukları (Ek:12, Ek:13.a, b, c, e, Ek:14) görülmüştür.

- Normal dağılıma girmeyen, Hamsiköy'de 4 numaralı noktaya ait yükseklik hatalarının (Ek:23), ölçme zamanının saat 12:30 - 15:45 kesiminde arazi noktasındaki basıncın düzensiz değişimi sebebiyle, 16 adet hatanın 2 ila 4 m arasında olmasına ve sonuçta sistematik bir hataya sebep olduğu söylenebilir.

Çizelge 7.3 ve Çizelge 7.4'de belirtilen karesel ortalama hata değerleri için dört ayrı şekilde varyans analizi yapılmıştır. Matematik İstatistik kurallara göre teşkil edilen hipotezlerin, basınçlara düzeltme getirilmek suretiyle elde edilen karesel ortalama hata değerleri haricinde, diğerlerinde %95 istatistik güvende geçerli oldukları tesbit edilmiştir (Çizelge 7.5).

7.5.2. Hesap Sonuçlarının Yorumlanması

1. Yükseklik hatalarının değişiminde etkili olan faktörlerin (ilgili noktalara ait indirgenmiş basıncın (P_1 , P_2), ortalama hava sıcaklığının (t)) ve yükseklik hatalarının ölçü zamanına göre değişimleri incelendiğinde;

- arazi noktasında rüzgarın etkisiyle basıncın zamana göre değişimi, istasyon noktasına göre düzensizlik gösterdiğinde, bunun, yükseklik hatalarında ani yükselme ve düşmelere sebep olduğu (Ek:15, Ek:16, Ek:18, Ek:19, Ek:21, Ek:22, Ek:23, Ek:24, Ek:25, Ek:27, Ek:28, Ek:29),

ÖLÇME SAHASI	NOKTA NUMARASI	Kümeden Hesaplanan	%95 istatistik güvende olması gereken	+ : Normal dağılımda - : Normal dağılımda değil	Çarpıklık	Ekzes	%95 istatistik güvende olması gereken	+ : Normal dağılımda
SUKENARI	1	11.09	12.59	+	0.35	-1.19	1.96	+
	2	8.40	12.59	+	-0.55	-1.15	1.96	+
	3	6.00	12.59	+	-0.99	-0.63	1.96	+
	4	8.07	9.49	+	-0.61	-1.19	1.96	+
	5	7.07	12.59	+	0.96	-0.78	1.96	+
HAMSİKÖY	1	7.93	9.49	+	-0.76	-1.06	1.96	+
	2	4.69	9.49	+	0.09	-1.54	1.96	+
	3	7.47	12.59	+	-0.43	-0.46	1.96	+
	4	18.97	9.49	-	-0.29	-1.75	1.96	+
	5	2.57	9.49	+	-0.38	-1.38	1.96	+
ZİGANA	1	3.84	9.49	+	0.68	-1.53	1.96	+
	2	8.80	9.49	+	1.39	-1.10	1.96	+
	3	9.70	12.59	+	-0.21	-1.10	1.96	+
	4	9.17	9.49	+	0.98	-1.25	1.96	+
	5	8.35	12.59	+	-0.63	-0.95	1.96	+

Çizelge 7.2. Basınçlara düzeltme getirilmeden hesaplanan ölçme sahalarındaki noktalara ait yükseklik hatalarının test sonuçlarının özeti.

Ölçme Sahası	Nokta No.	Gerçek Yüksek. Farkı (m)	Ölçülen Buhar Basıncı kullan.	$e_1=f(t)$ fonksiyonları ile				Trabzon Haziran ayı Ort. Buhar Basıncı Değerleri kullanılarak		
				1976 Sahil	1976+1977 Sahil	1976+1977+1978 Sahil	1976 Trabzon	1976	1977	1978
								14.38	15.00	13.97
Sukenarı	1	32.15	+1.80	+1.79	+1.79	+1.79	+1.79	+1.82	+1.82	+1.81
	2	197.76	+1.47	+1.38	+1.39	+1.39	+1.39	+1.29	+1.28	+1.30
	3	310.84	+2.00	+1.95	+1.95	+1.95	+1.94	+2.11	+2.16	+2.07
	4	86.60	+1.62	+1.52	+1.52	+1.52	+1.51	+1.53	+1.55	+1.52
	5	151.75	+0.77	+0.74	+0.74	+0.74	+0.74	+0.72	+0.72	+0.73
Hamsiköy	1	54.45	+0.73	+0.76	+0.76	+0.76	+0.76	+0.72	+0.72	+0.72
	2	-136.90	+1.51	+1.55	+1.55	+1.55	+1.55	+1.51	+1.52	+1.50
	3	46.10	+2.07	+2.08	+2.08	+2.08	+2.08	+2.09	+2.10	+2.10
	4	210.63	+2.52	+2.44	+2.43	+2.43	+2.42	+2.74	+2.79	+2.70
	5	368.91	+3.14	+2.90	+2.89	+2.89	+2.88	+3.53	+3.63	+3.47
Zigana	1	-129.54	+2.28	+2.21	+2.21	+2.21	+2.21	+2.25	+2.27	+2.25
	2	117.73	+1.51	+1.53	+1.53	+1.53	+1.52	+1.70	+1.74	+1.68
	3	295.21	+1.93	+2.29	+2.27	+2.27	+2.25	+2.80	+2.90	+2.73
	4	391.72	+2.01	+2.10	+2.10	+2.10	+2.10	+2.13	+2.20	+2.09
	5	-169.77	+1.69	+1.62	+1.62	+1.62	+1.62	+1.60	+1.59	+1.60

Çizelge 7.3. Üç ölçme sahasındaki noktalar için genel formülde, ölçülen buhar basıncı, 'e' yerine muhtelif yıllara ait $e=f(t)$ fonksiyonları ve Trabzon'da Haziran ayına ait aylık ortalama buhar basıncı değerleri kullanılarak hesaplanan yükseklik farklarının karesel ortalama hataları.

Ölçme Sahası	Nokta No.	Gerçek Yükseklik Farkı (m)	Basınç Düzelt. Olmadan \bar{m}	Basınç Düzeltmesi Yapılarak \bar{m}	Başlangıç Zamanı İçin DÜ \bar{m}
Sukenarı	1	32.15	± 1.80	± 0.97	± 0.98
	2	197.76	± 1.47	± 1.74	± 1.75
	3	310.84	± 2.00	± 1.71	± 1.72
	4	86.60	± 1.62	± 0.69	± 0.69
	5	151.75	± 0.77	± 0.64	± 0.64
Hamsiköy	1	54.45	± 0.73	± 0.83	± 0.84
	2	-136.90	± 1.51	± 0.85	± 0.86
	3	46.10	± 2.07	± 1.43	± 1.42
	4	210.63	± 2.52	± 1.30	± 1.30
	5	368.91	± 3.04	± 2.51	± 2.50
Zigana	1	-129.54	± 2.28	± 1.28	± 1.28
	2	117.73	± 1.51	± 1.74	± 1.73
	3	295.21	± 1.93	± 1.21	± 1.20
	4	391.72	± 2.01	± 1.60	± 1.59
	5	-169.77	± 1.69	± 0.84	± 0.84

Cetvel 7.4. Ölçme sahalarında seçilen noktalarda, yükseklik farklarının "gerçek değerleri", basınçlara düzeltme getirilmeden, düzeltme getirilerek ve ölçü başlangıcında basınçlı düzeltme getirilmek suretiyle hesaplanan karesel ortalama hata (\bar{m}) değerleri.

ÖLÇME SAHASI	NOKTA NUMARASI	(a)		(b)		(c)		(d)					
		Kümeden hesaplanan test büyüklüğü	%95 istatistik güvünde olması gereken	! : Hipotez red + : Hipotez kabul	Kümeden hesaplanan test büyüklüğü	%95 istatistik güvünde olması gereken	! : Hipotez red + : Hipotez kabul	Kümeden hesaplanan test büyüklüğü	%95 istatistik güvünde olması gereken	! : Hipotez red + : Hipotez kabul			
Sukenarı	1	0.20	0.32	+	0.25	0.39	+	0.13	0.20	+	3.44	1.86	-
	2	0.22	0.32	+	0.30	0.39	+	0.14	0.20	+	1.40	1.86	-
	3	0.21	0.32	+	0.27	0.39	+	0.14	0.20	+	1.37	1.86	+
	4	0.22	0.32	+	0.27	0.39	+	0.14	0.20	+	5.51	1.86	-
	5	0.21	0.32	+	0.27	0.39	+	0.14	0.20	+	1.45	1.86	+
Hamsiköy	1	0.19	0.32	+	0.26	0.39	+	0.13	0.20	+	1.29	1.86	+
	2	0.20	0.32	+	0.25	0.39	+	0.13	0.20	+	3.16	1.86	-
	3	0.20	0.32	+	0.25	0.39	+	0.13	0.20	+	2.10	1.86	-
	4	0.21	0.32	+	0.27	0.39	+	0.15	0.20	+	3.76	1.86	-
	5	0.23	0.32	+	0.28	0.39	+	0.16	0.20	+	1.47	1.86	+
Zigana	1	0.21	0.32	+	0.25	0.39	+	0.13	0.20	+	3.17	1.86	-
	2	0.20	0.32	+	0.27	0.39	+	0.15	0.20	+	1.33	1.86	+
	3	0.22	0.32	+	0.31	0.39	+	0.18	0.20	+	2.54	1.86	-
	4	0.20	0.32	+	0.27	0.39	+	0.13	0.20	+	1.58	1.86	+
	5	0.21	0.32	+	0.27	0.39	+	0.14	0.20	+	4.05	1.86	-

Çizelge 7.5. (a) : Çizelge 7.3 de belirtilen, ölçülen buhar basıncı kullanılarak ve $e_1=f(t)$ fonksiyonları kullanılarak hesaplanan karesel ortalama hata değerleri (dört adet) dikkate alınarak bulunan G_{max} test sonuçları.

(b) : Çizelge 7.3 de belirtilen, ölçülen buhar basıncı kullanılarak ve Trabzon'da Haziran ayı ortalama buhar basıncı değerleri kullanılarak hesaplanan karesel ortalama hata değerleri (üç adet) dikkate alınarak bulunan G_{max} test sonuçları.

(c) : Çizelge 7.3 de belirtilen bütün karesel ortalama hata değerleri dikkate alınarak bulunan G_{max} test sonuçları.

(d) : Çizelge 7.4 de belirtilen, basınç düzeltmesi olmadan ve basınç düzeltmesi yapılarak hesaplanan karesel ortalama hata değerleri dikkate alınarak bulunan F test sonuçları

- noktalarda basınçların zamana göre değişimi birbirine yaklaşık olarak paralel olduğunda, hataların değişiminin, hava sıcaklığının değişimine benzerlik gösterdiği (Ek:15, Ek:16, Ek:17, Ek:18, Ek:19, Ek:20, Ek:21, Ek:22, Ek:23, Ek:24, Ek:26, Ek:28, Ek:29),

- ilgili noktalardaki basınç değişimleri yaklaşık olarak birbirine paralellik gösterdiğinde hataların ± 2 m lik bir değişim gösterdikleri (Ek:18, Ek:20, Ek:21, Ek:25, Ek:26), bu paralellüğün bozulması halinde ise ± 4 ve hatta ± 6 m ye kadar hataların yükseldiği (Ek:15, Ek:19, Ek:21, Ek:22, Ek:23, Ek:28),

- yağmurlu havada, yağmurdan muhafaza edilen bir yerde da yapılan ölçmelerde atmosfer basıncında ani değişimlerin olduğu ve bunların da kaba hatalara sebebiyet verdiği (Ek:23) görülmüştür.

2. Buhar basıncı yerine ölçülen "e" değeri ve muhtelif yıda $e=f(t)$ fonksiyonları kullanılarak hesaplanan yükseklik farklarına ait karesel ortalama hata değerleri incelendiğinde (Çizelge 7.3);

- 1976 yılında Trabzon'a ait $e=f(t)$ fonksiyonu ile ölçülen e değerine ait \bar{m} 'lar arasındaki farkların ± 0.02 ilâ ± 0.3 m kadar değiştiği,

- 1976, 1976+1977, 1976+1977+1978 yıllarında sahile (Giresun, Trabzon ve Rize için müşterek) ait $e=f(t)$ fonksiyonlarının sonuçlarının birbirine eşit değerde oldukları,

- belirtilen yıllarda, sahile ait $e=f(t)$ fonksiyonlarının sonuçları ile ölçülen e ye ait \bar{m} ler arasındaki farkların ± 0.30 m ye kadar değiştiği,

- e yerine kullanılan 1976, 1977, ve 1978 yıllarında Trabzon'da Haziran ayı aylık ortalama buhar basıncı değerleri ait \bar{m} ile ölçülen e ye ait \bar{m} değerleri arasındaki farkların ± 0.93 m ye kadar değiştiği görülmüştür. Bu inceleme sonunda yerine $e=f(t)$ fonksiyonu kullanılmasının, e yerine aylık ortalama bir değer alınmasından, hassasiyet bakımından fayda

olduğu görülmektedir. Ancak $\Delta H=200$ m ye kadar, ölçülen e ye ait sonuçtan ± 0.50 m hata ile, $\Delta H > 200$ m halinde ise yaklaşık ± 1.0 ilâ ± 1.5 m hata ile belirli bir yerde buhar basıncının, ölçünün yapıldığı aya ait - geçmiş yıldaki - aylık ortalama değeri e yerine kullanılabilir.

- Bölgede e yerine kullanılan $e=f(t)$ fonksiyonlarının sonuçtaki etkileri, sahilden uzaklaştıkça ve ΔH büyüklüğü ile orantılı olarak artmaktadır.

3. Arazi noktalarında meydana gelebilen düzensiz basınç değişimlerinin, barometrik yükseklik hesabına olan olumsuz etkilerini azaltmak gayesiyle, indirgenmiş basınçlara düzeltme getirilmeden ve getirilerek bulunan sonuçlar incelenmiştir (Cetvel 7.4).

- İlgili noktalardaki basınç değişme miktarları ile indirgenmiş basınç değerleri arasında (6.1) eşitliğinin çok ender olarak (toplam 450 adet ölçü çiftinde ancak 5 tanesi) gerçekleştiği, ayrıca istasyonda ve ilgili noktalarda her ölçü zamanına ait basınç oranlarının (P_1/P_2), virgülden sonra yaklaşık dördüncü basamağa kadar aynı değerde oldukları görülmüştür. Buna göre, arazi noktalarına ait basınçlara düzeltme getirilmiştir. Basınçlara düzeltme getirildiğinde ;

- istasyon ve arazi noktasındaki düzeltilmiş basınçların zamana göre değişimlerinin birbirlerine tam paralel oldukları (Ek:15 den Ek:29 a kadar olan grafiklerde),

- yükseklik hatalarında kaba sayılabilecek değerlerin küçüldüğü ve buna bağlı olarak da karesel ortalama hata değerlerinin düzeltme getirilmeden hesaplanan \bar{m} değerlerinden genellikle küçük değerde oldukları (Cetvel 7.4),

- ölçü başlangıcında ve bütün ölçme süresince ilgili noktalarda düzeltilen basınç oranının (P_1/P_2') genel olarak aynı miktarda (virgülden sonra beşinci basamağa kadar) bulunduğu,

- buna bağlı olarak, ölçme süresince barometrik yükseklik hesabında etkili faktörün ortalama sıcaklık değeri olduğu anlaşılmakta ve bu husus, hataların ve sıcaklığın zamana göre değişimlerinin birbirine paralellik göstermesiyle daha iyi bir şekilde görülmektedir (Ek:15 den Ek:29 a kadar olan grafiklerde).

S O N U Ç

1. Barometrik yükseklik tayininin hassasiyetine, genel formülün çıkarılmasında yapılan kabullerden doğan hataların barometrik yükseklik ölçüsünde yapılan hataların etkili olduğu dikkate alınarak yapılan teorik incelemede;

- barometrik yükseklik ölçüsünde basınç ve sıcaklığın ölçü hatalarının en etkili faktörleri olduğu,

- hassasiyetin, yükseklik farklarının büyüklüğü ile ters orantılı olarak azaldığı,

- genel formülün çıkarılmasındaki kabullerden doğan hataların, $\Delta H=1000$ m'de basınç ve sıcaklık ölçü hatalarına bağlı olarak hassasiyeti 0.25 - 0.40 m etkilediği,

- farklı basınçlarda, buhar basıncı hatasının ve K değerinin hatasının basınç ve sıcaklık ölçü hatalarına göre hassasiyeti daha az etkilediği,

- ortalama enlem ve ortalama yükseklik hatalarının önemli etkilerinin olmadığı,

- basınç ölçüsündeki hataların, sadece okuma ve tatbik kaynaklanmayıp madeni barometrelerin kalibrasyon hatasından ilgili noktalarda basıncın zamana göre - teorik olarak - ayrı miktarlarda olmayıp farklı miktarlarda değişiminden kaynaklandığı ve bu hataların toplamının aletin okuma hatasını çok aştığı ve bunun da hassasiyeti olumsuz yönde etkilediği,

- sıcaklık ölçüsündeki hataların okuma hatasından olmayıp sıcaklığın yükseklikle lineer olarak değişimi kabulünden kaynaklandığı ve ortaya çıkan hataların, okuma hatasını aşarak hassasiyeti olumsuz yönde etkilediği sonucuna varılmıştır.

2. Barometrik yükseklik genel formülünün çıkarılmasında hava yoğunluğuna ait bağıntının bir kısmının, formülün çıkarılması sırasında, entegral işleminden önce, bir kısmının ise entegral işleminden sonra dikkate alındığı gözlenmiştir. Ancak entegral işleminden sonra dikkate alınan bağıntıda, değişken olan basınç ile ilgili terim sabit olarak kabul edilmiştir. Entegral işleminden sonra kullanılan bu bağıntıda, değişken olan basınç ile ilgili terimin, entegral işleminden önce dikkate

alınması entegral sonucunu değiştireceğinden hava yoğunluğuna ait bağıntının tamamının entegral işleminden önce alınması ile

$$\Delta H = K(1+\alpha t)(1+\beta \cos 2\psi)\left(1 + \frac{2 H}{r}\right) \log \frac{P_1 - 0.378 e}{P_2 - 0.378 e}$$

bağıntısı elde edilmiştir. Yeniden dzenlenen bu formül ile genel formül arasındaki farkın $\Delta H=1500$ m'de -0.10 m olduğu görülmüş ve bu farkın barometrik yükseklik tayininde önemli olmadığı anlaşılmıştır.

3. Uygulama sahası seçilen Doğu Karadeniz bölęesi için devlet meteoroloji istasyonlarından alınan bir, iki ve üç yıllık verilerle $e=f(t)$ fonksiyonları teşkil edilmiştir. Yapılan incelemede;

- sahilde $t=5 - 25^{\circ}\text{C}$ ve iç kısımlarda $t=0 - 25^{\circ}\text{C}$ için birinci dereceden üçüncü dereceye kadar fonksiyonlarda hesaplanan "e" değerlerinin birbirine yakın olduğu,

- $e=f(t)$ fonksiyonunun elde edilmesi için belirli bir bölgede bir yıllık verilerin ve $e = A + B t$ şeklindeki bağıntının yeterli olduğu görülmüştür.

4. İki noktada basıncın zamana göre diferansiyel değişme miktarlarının (dp_1, dp_2) yükseklik hesabına olan etkilerinin sıfır olması için indirgenmiş basınç değerleri (P_1, P_2) ile basınç değişme miktarları arasında

$$\frac{dp_1}{P_1} = \frac{dp_2}{P_2}$$

eşitliğinin sağlanması gerekmektedir. Barometrik ölçmelerde bu bağıntı sağlanamadığı durumlarda, ardışık çözümlerle düzeltilcek dp_2 ve P_2 hesaplanmıştır.

5. Uygulamanın yapıldığı üç ayrı sahada, ölçü noktalarında yapılan ölçmelerde, ölçme süresince P_1 ile düzeltilmiş P_2 değerleri arasındaki farkın ve buna bağlı olarak basınç oranının genel olarak eşit miktarda kaldığı (virülden sonra beşinci basamağa kadar); bu durumda hesaplanan yükseklik farkının, ortalama hava sıcaklığının zamana göre değişimine bağlı olduğu

görülmüştür.

6. Buhar basıncı yerine, $e=f(t)$ fonksiyonu ile ölçü anındaki buhar basıncının kullanılmasının sonuçtaki etkisinin ± 0.35 m; buhar basıncı yerine, geçmiş yıllarda belirli baya ait ortalama buhar basıncı değerinin alınmasının sonuca olan etkisi $\Delta H=200$ m'ye kadar ölçmelerde ± 0.50 m, $200 < \Delta H < 400$ m için $\pm 1 - \pm 1.5$ m olduğu görülmüştür. Buna göre, "e" yerine $e=f(t)$ kullanılmasının, "e" yerine ortalama bir değer alınmasından daha uygun olacağı anlaşılmıştır.

7. Bir kısım araştırmacı tarafından dünyanın değişik yerlerinde yapılan çalışmalarda ve bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre; barometrik yükseklik tayininde hassasiyeti etkili faktörün ölçme sahalarındaki mikro iklim şartları (basınç ve sıcaklıktaki değişimler) olduğu görülmüştür. Ölçü sırasında noktalarda basınç ve sıcaklık değişimleri, uygun sayıda yapılacak ölçmelerle belirlenmeli ve değişimlerde önemli farklar görüldüğü durumlarda ölçü yapılmamalıdır.

KAYNAKLAR

Kısaltmalar

ATM	: Archiv für Technisches Messen
AÜ	: Ankara Üniversitesi
AVN	: Allgemeine Vermessungs - Nachrichten
DGK	: Deutsche Geodätische Kommission
DMİGM	: Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü
Emp.Surv.Rev.	: Empire Survey Review
Geod.Aeroph.	: Geodesy and Aerophotography
İDMMA (YÜ)	: İstanbul Devlet Mühendislik ve Mimarlık Akademisi (Yıldız Üniversitesi)
İTÜ	: İstanbul Teknik Üniversitesi
İÜ	: İstanbul Üniversitesi
J.Surv.Mapp.	: Journal of The Surveying and Mapping Division
KTÜ (KÜ)	: Karadeniz Teknik Üniversitesi (Karadeniz Üniversitesi)
Meteor.Ztsch.	: Meteorologische Zeitschrift
Surv.a.Mapp.	: Surveying and Mapping
VR	: Vermessungs Technische Rundschau
YBF	: Yer Bilimleri Fakültesi
ZfV	: Zeitschrift für Vermessungswesen

- AKSOY, A.
1977 Jeodezik Ölçülerin Matematik İstatistik Metodlarla İrdelenmesi, İTÜ Yay., İstanbul.
- 1978 Matematik İstatistik Ders Notları, KTÜ YBF Jeodezi Böl. Master, Trabzon.
- AKDENİZ, F.
1978 Matematiksel Olasılık, AÜ Yay., Ankara.
- ARDEL, A.
1969 Umumi Coğrafya Dersleri, Cilt 1, Klimatoloji, İÜ Yay., İstanbul.
- AYTAÇ, M.
1984 Modern Dengeleme (Matris Cebri-Hata Hesabı), İTÜ Yay., İstanbul.

AYTAÇ, M.
1985

Modern Dengeleme (Gözlemlerde Dengeleme), İTÜ
Yay., İstanbul.

BAYRAM, A.H.
1982

"Hava Basıncının Zamana Göre Değişimi ve Bunlardan
Hesaplanan Yükseklik Farklarının İncelenmesi", KTÜ
YBF Jeodezi Fotogrametri Böl., ML Bitirme Ödevi,
Trabzon.

BACHEM/RITTER/TORGE

1972

"Barometrische Höhenbestimmung in Athiopien",
AVN 79 Jahrgang, Heft 5, s.155-166.

BANGER, G.
1977

Yer Yakını Atmosfer Tabakalarında Atmosferik Refrak-
sion Olarak Jeodezik Ölçüleri Etkileyen Sıcaklık,
Toplam Basınç ve Buhar Basıncı Düşey Değişimleri,
KTÜ YBF, Trabzon.

1978

Yer Yakını Atmosfer Tabakasının Düşey Açılı Ölçülerine
Olan Etkisi Üzerine Bir Araştırma, Doktora Tezi,
KTÜ YBF, Trabzon.

BAYKUT, F.
1979

Fiziko-Kimya, AÜ Yay., Ankara.

BEERY/BOLLAY/BEERS

1945

Handbook of Meteorology

BELINSKII, V.A.

1948

Dynamic Meteorology, Moskow.

BROMBACHER, W.G.

1944

"Altitude by Measurement of Air Pressure and Tempe-
rature", Journal of the Washington Academy of Scien-
ces, Vol. 34, No. 9, s.277-299.

BUSCH, K.H.

1964

Prüfung von Aneroidbarometern, DGK Reihe C, Heft Nr.
68, München.

DARKOT, B.

1967

Türkiye Coğrafyası, Kanaat Yay., İstanbul.

ERBUDAK/TUĞLUOĞLU

1977

Fiziksel Jeodezi, İDMMA Yay., İstanbul.

ERKİN, K.

1958

"Barometrik Nivelmanda Çifte İstasyon Metodu", İÜ
Orman Fak. Dergisi, Cilt 8, sayı 2, İstanbul.

1967

Barometrik Nivelman, İÜ Orman Fak. Yay., İstanbul

- ENER, C.
1972 Denel Fizik, İÜ Fen Fak., Ekim Yay., İstanbul
- ERİNÇ, S.
1969 Klimatoloji ve Metodları, İÜ Yay., İstanbul.
- GEIGER, R.
1973 The Climate Near The Ground, Harvard University Press, 4.edition.
- GRAF, A.
1952 "Höhenmessungen auf der zugspitze mit dem Mikrobarometer Gb 5 (Askania)", ZfV Jg 77, Heft 10, Okt., s.323-324.
1954 "Barometrische Höhenmesser", ATM Lieferung 218, Lfrg. 224, V. 1123-13; 14, s.49-50; s.197-200.
- GRUENDLER/CLAPP/WOLF
1970 "Evaluation of Barometric Levelling", J.Surv.Mapp., 7195, SU 1, s.1-9.
- GRUENDLER/THOMACK/CLAPP
1972 "Barometric Levelling Analysis", J.Surv.Mapp., July, 9053, SU 1, s.93-105.
- GROSSMANN, W.
1965 Vermessungskunde, Band III, Berlin.
- GÜRKAN, O.
1978 Fiziksel Jeodezi Ders Notları, KTÜ YBF Jeodezi Böl., Trabzon.
- HALTINER/MARTIN
1957 Dynamical and Physical Meteorology.
- HAMILTON/BIDDLE/SPARKS
1957 "Surveying Aneroid: Their Uses and Limitations", Geographical Journal, December, s.481-498.
- HARTOG, P.
1959 "Field Tests with Wallace and Tiernan Altimeters Near Moshi. Tanganyika", Emp.Surv.Rev., No 113, s.117-128.
- HILGER/KOLLING
1979 "Der Einfluss verschiedener Formeln zur Erfassung des Sättigungsdampfdrucks auf die barometrische Höhenmessung", VR 41/5, Juli, s.266-271.
- HONKASALA, T.
1955 "On Barometric Levelling", Veröff.Finn.Geod. Inst., Nr. 46, s.69-76, Helsinki.
- HUMPREYS, W.J.
1964 Phycsis of the Air, Dover Publication.

- İNCE, H.
1979 Barometrik Yükseklik Tayini Metodları, Basılmamış
Doktora Semineri, KTÜ YBF, Trabzon.
- JORDAN/EGGERT/KNEISSL
1956 Handbuch der Vermessungskunde, Band III, Stuttgart
1966 Handbuch der Vermessungskunde, Band VI, Stuttgart
- KISSAM, F.
1945 "Precision Altimetry", Surv.a.Mapp., Volume V,
January, Nr. 1, s.45-49.
- KUSOV, V.S.
1969 "A Method of Processing the Result of Microbaromet-
ter Observations", Geod .Aeroph.,No.2, s.96-98.
- LEHMUSKOSKI, P.
1979 "On the Error Sources and Accuracy of Barometric
Height Measurement", Maanmittaus, Part 1-2, s.31-
- LICHTE, H.
1954 "Vermessungswesen und Kartographie in Liberia", Z
s.255-259.
1963 "Vermessungsarbeiten im Quellbereich des Blauen
Nils", ZfV, s.369-380.
1967 "Der Aufbau grossraumiger Höhennetze aus baromet-
risch ermittelten Höhenunterschieden", Festschrift
zum 70. Geburtstag von Professor Walter Grossma-
s.158-166, Stuttgart.
- MARZAHN/BEHRENDT
1955 "Über Höhenmessungen mit dem Askania-Mikrobarome-
ter Gb 5 Nr.5112427", DGK Reihe A, Heft Nr. 10b, s.57
- MIDDLETON/SPILHAUS
1953 Meteorological Instruments, University of Toronto
Press, Third Edition.
- MÖLLER, D.
1962 Beiträge zur Barometrischen Höhenmessung, DGK Re-
ihe A, Heft Nr. 52, München.
- O'CONNOR, D.
1967 "Some Meteorological Factors Affecting the Accur-
acy of Barometric Altimetry", Research Institute for
Geodetic Sciences, Fort Belvoir, Virginia, s.477-48
- ÖNEY, S.
1977 "Atmosferde Basıncının Günlük Salınımı", İTÜ Dergisi
Cilt 35, Sayı 5, s.76-78, İstanbul.
- ÖZBENLİ/TÜDES
1972 Ölçme Bilgisi Pratik Jeodezi, İstanbul.

- ÖZGEN, M.G.
1983 Ölçme Bilgisi (Topografya) Giriş, Cilt II, İTÜ Yay., İstanbul.
- PRIKHODA/MINIKES
1968 "Barometric Levelling in Mountainous Regions", Geod.Aeroph., No. 4, s.243-245.
- RAETHJEN, P.
1940 "Über die Anwendbarkeitsgrenzen der barometrischen Höhenformel", Meteor.Ztsch., Bd 57, s.400-403.
- ROULEAU/TROCHON
1967 Genel Meteoroloji Cilt 1 (Çev.Muzaffer Dalmaç), İTÜ Yay., İstanbul.
1970 Genel Meteoroloji Cilt 2 (Çev.Muzaffer Dalmaç), İTÜ Yay., İstanbul.
- SANDING, H.U.
1955 "Untersuchung des Askania-Mikrobarometers", DGK Reihe A, Heft Nr. 10b, s.49-56, München.
- SCHABEROW, A.
1966 Mikrobarometer Gb 5 Nr.1439, Nr.651131, Continental Elektroindustrie AG, ASKANIA-WERKE, Berlin.
- SEARS/WEHR/ZEMANSKY
1968 Modern Üniversite Fiziği I (Çev.Domaniç, F.; Erdik, E.; Zengin, N.), AÜ Fen Fak. Yay., Ankara.
- SUTTON, O.G.
1953 Micrometeorology, New York.
- TARIKAHYA, R.
1973 Meteorolojik Aletler, DMİGM Aletler Şubesi, Ankara.
- TVERSKOI, P.N.
1962 Physics of the Atmosphere, Leningrad.
- ULSOY, E.
1973 En Küçük Karelerle Dengeleme, İDMMA Yay., İstanbul.
- UZUNER, S.Z.
1974 Atmosferde Sıcaklık, Subuharı ve Basınç İlişkileri, İTÜ Dergisi, Cilt 32, sayı 2, s.31-36.
1976 Doğu Karadeniz Bölgesi İçin Geliştirilmiş Barometrik Yükseklik Formülü, (Doktora Tezi), İTÜ İnşaat Fak., Trabzon.
- VERHEIJE/AJAKAIYEDE
1980 "Analysis of Error in Barometric Elevations in Northern Nigeria", Geophysics, Vol.45, No 7, July s.1144-1152.

WEAST, R.C.
1983

Handbook of Chemistry and Physics, CRC, 62.edt.
Ohio.

WILSON, G.U.
1960

"Barometric Determination of Elevation", Emp.Su
Rev., No. 118, s.350-364.

WINTER, R.
1978

Theoretische und praktische Untersuchungen, zu
modulierten Normalverteilungen nach Romanowski,
Diss. Hannover.

DMİGM
1960

Meteoroloji Memurlarının El Kitabı, Havadaki sub
rı Basıncının ve Doyma Derecesinin Bulunması (Asp
törlü ve Aspiratörsüz Psikrometrelerle), Teknik
No, 16, Ankara.

1964

Cıvalı Barometre Okumalarına Getirilecek Sıcaklık
ve Yerçekimi Düzeltme Tablosu.

1976;1977;1978

Trabzon, Rize, Giresun, Gümüşhane ve Bayburt Devl
Meteoroloji İstasyonlarına ait Aylık Klimatolojik
Çetveller, Ankara.

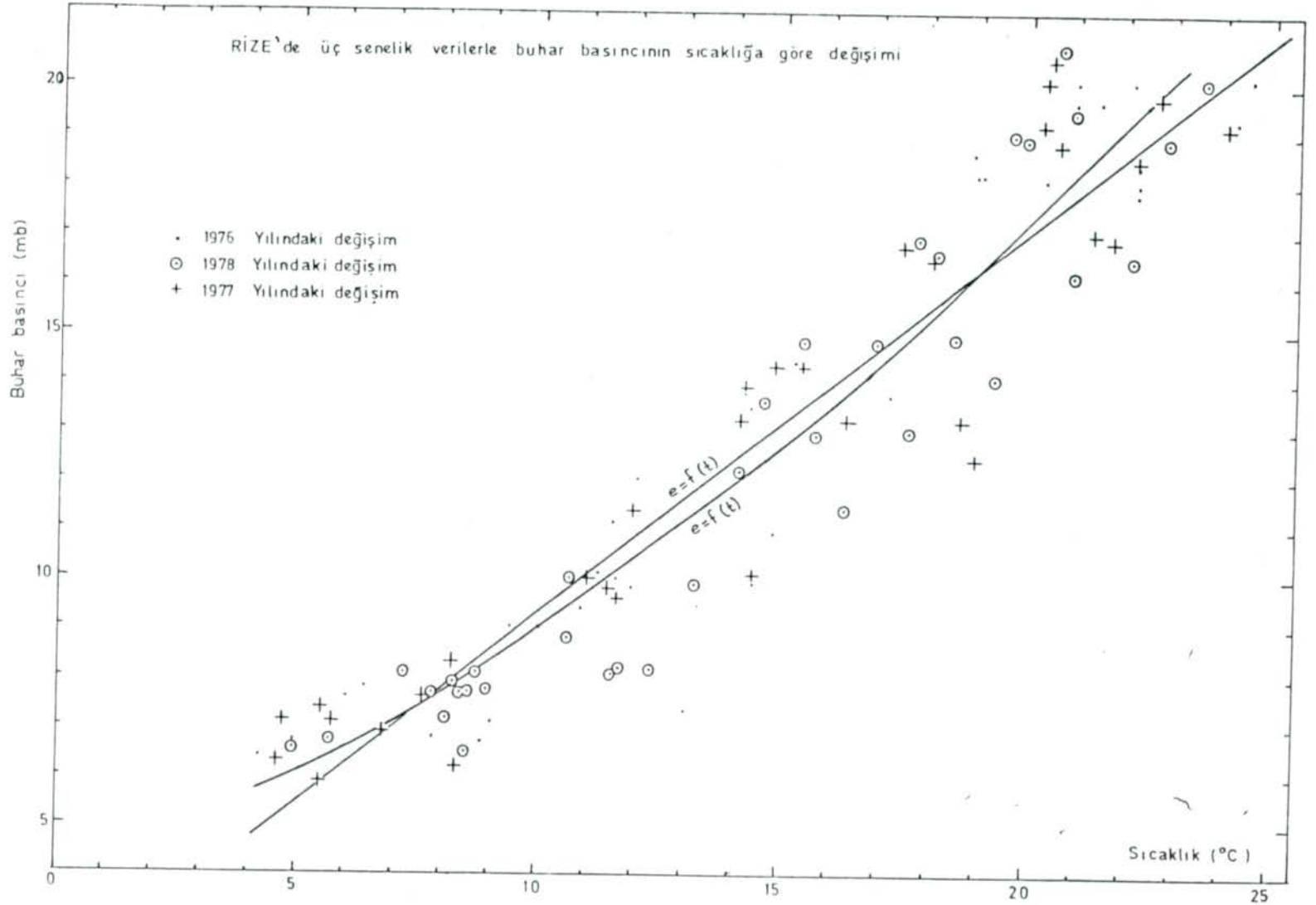
E K L E R

ΔH dp_1	100	200	400	600	800	1000	1000 m	
	t = 10°C						20	30
0,05	0,049	0,049	0,048	0,047	0,045	0,044	0,044	0,045
0,10	0,099	0,098	0,095	0,093	0,091	0,089	0,089	0,089
0,15	0,148	0,146	0,143	0,140	0,136	0,133	0,133	0,134
0,20	0,198	0,195	0,191	0,186	0,182	0,177	0,178	0,179
0,25	0,247	0,244	0,238	0,233	0,227	0,222	0,222	0,223
0,30	0,296	0,293	0,286	0,279	0,272	0,266	0,267	0,268
0,35	0,346	0,342	0,334	0,326	0,318	0,310	0,311	0,313
0,40	0,395	0,390	0,381	0,372	0,363	0,355	0,356	0,357
0,45	0,445	0,439	0,429	0,419	0,409	0,399	0,400	0,402
0,50	0,494	0,488	0,476	0,465	0,454	0,443	0,445	0,447
0,55	0,543	0,537	0,524	0,512	0,499	0,487	0,489	0,491
0,025	0,025	0,024	0,024	0,023	0,023	0,022	0,022	0,022
0,075	0,074	0,073	0,072	0,070	0,068	0,066	0,067	0,067
0,125	0,124	0,122	0,119	0,116	0,114	0,111	0,111	0,112

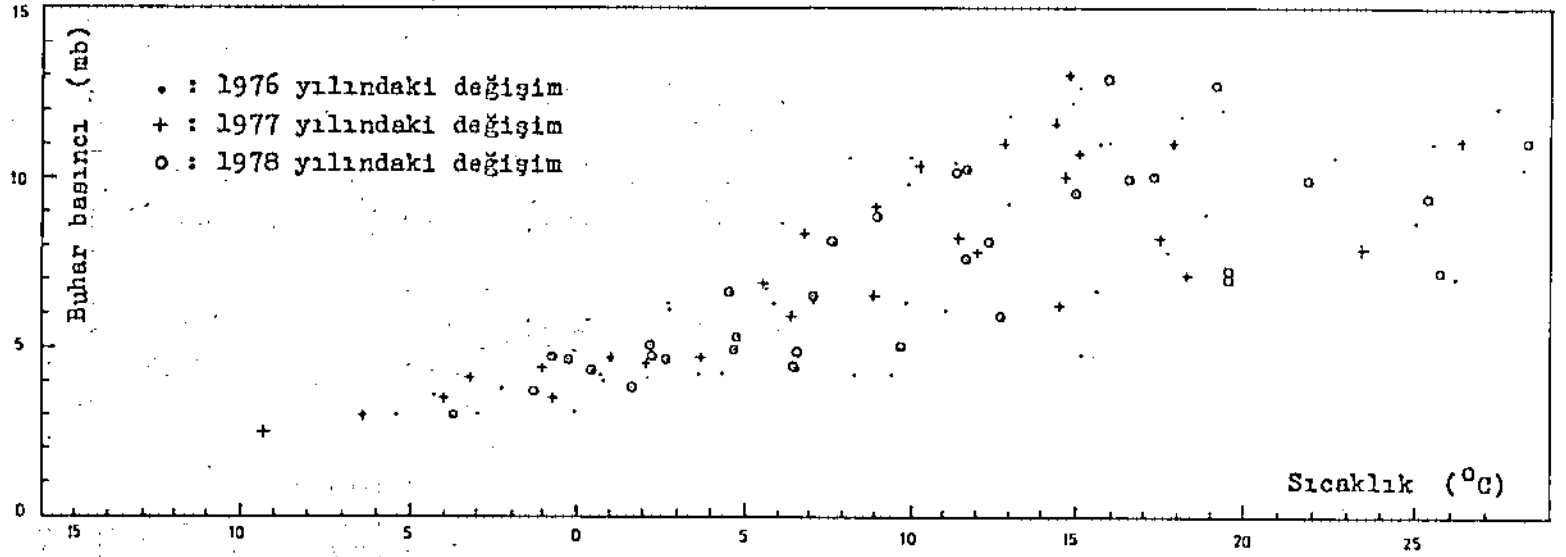
Ek : 1. $P_1 > P_2$ durumunda muhtelif ΔH , dp_1 ve t değerleriyle (6.4) eşitliğinden elde edilen teorik dp_2 miktarları .

ΔH dp_1	100	200	400	600	800	1000	1000 m	
	t = 10°C						20	30
0,05	0,050	0,051	0,052	0,054	0,055	0,056	0,056	0,056
0,10	0,101	0,102	0,105	0,108	0,110	0,113	0,112	0,112
0,15	0,152	0,154	0,157	0,161	0,165	0,169	0,168	0,168
0,20	0,202	0,205	0,210	0,215	0,220	0,226	0,225	0,224
0,25	0,253	0,256	0,262	0,269	0,275	0,282	0,281	0,280
0,30	0,304	0,307	0,315	0,322	0,330	0,338	0,337	0,336
0,35	0,354	0,359	0,367	0,376	0,386	0,395	0,393	0,392
0,40	0,405	0,410	0,420	0,430	0,441	0,451	0,449	0,448
0,45	0,456	0,461	0,472	0,484	0,496	0,508	0,506	0,504
0,50	0,506	0,512	0,525	0,538	0,551	0,564	0,562	0,560

Ek : 2. $P_1 < P_2$ durumunda muhtelif ΔH , dp_1 ve t değerleriyle (6.4) eşitliğinden elde edilen teorik dp_2 miktarları.



Ek : 3. Rize'de 1976,1977,1978 yıllarında 07-14-21 saatlerine ait buhar basıncının sıcaklığa göre değişimi (aylık ortalama değerlerle).



Ek : 4. Gümüşhane'de 1976, 1977, 1978 yıllarında 07-14-21 saatlerine ait buhar basıncının sıcaklığa göre değişimi (aylık ortalama değerlerle).

Veri Sayısı	VERİ SAHASI	$e_1 = A + B t$ (mmHg)			$e_2 = A + B t + C t^2$ (mmHg)				$e_3 = A + B t + C t^2 + D t^3$ (mmHg)				
		A m_a	B m_b	m_0 Kor.Kat.	A m_a	B m_b	C m_c	m_0 Kor.Kat.	A m_a	B m_b	C m_c	D m_d	m_0 Kor.Kat.
36	TRABZON	0.9533 ±0.4063	0.5833 ±0.0269	±0.96 %93.24	3.4031 ±0.5794	0.1095 ±0.0959	0.0180 ±0.0036	±0.75 %96.16	5.2092 ±0.9952	-0.4960 ±0.2926	0.0709 ±0.0245	-0.0013 ±0.0006	±0.71 %96.66
36	RİZE	1.7406 ±0.4825	0.5611 ±0.0325	±1.22 %88.76	3.1573 ±0.8220	0.2706 ±0.1431	0.0113 ±0.0054	±1.16 %90.95	5.6038 ±1.3553	-0.5979 ±0.4166	0.0895 ±0.0358	-0.0020 ±0.0009	±1.10 %92.15
36	GİRESUN	1.5710 ±0.4248	0.5646 ±0.0232	±1.04 %92.25	2.6520 ±0.7899	0.3594 ±0.1305	0.0077 ±0.0048	±1.01 %92.77	6.6935 ±1.2598	-0.9224 ±0.3565	0.1157 ±0.0289	-0.0026 ±0.0007	±0.86 %95.01
36	GÜMÜŞHANE	3.5331 ±0.3156	0.2017 ±0.0247	±1.37 %66.28	3.6880 ±0.3086	0.2745 ±0.0474	-0.0043 ±0.0024	±1.33 %69.23	3.2200 ±0.3785	0.2471 ±0.0475	0.0083 ±0.0067	-0.0005 ±0.0002	±1.28 %72.59
36	BAYBURT	3.7408 ±0.1571	0.1343 ±0.0132	±0.82 %85.07	3.8498 ±0.1903	0.1959 ±0.0175	-0.0012 ±0.0012	±0.82 %85.52	3.5648 ±0.2234	0.2251 ±0.0214	0.0024 ±0.0020	-0.0002 ±0.0001	±0.78 %87.37
108	SAHİL	1.4341 ±0.2545	0.5688 ±0.0170	±1.03 %91.39	3.0846 ±0.4310	0.2451 ±0.0727	0.0123 ±0.0027	±1.00 %92.81	5.8468 ±0.7068	-0.6817 ±0.2080	0.0732 ±0.0174	-0.0020 ±0.0004	±0.91 %94.08
72	İÇ KISIM.	3.7052 ±0.1637	0.1922 ±0.0132	±1.12 %75.05	3.8207 ±0.1771	0.2163 ±0.0200	-0.0019 ±0.0012	±1.11 %75.94	3.4141 ±0.2107	0.2427 ±0.0206	0.0042 ±0.0022	-0.0003 ±0.0001	±1.04 %79.01

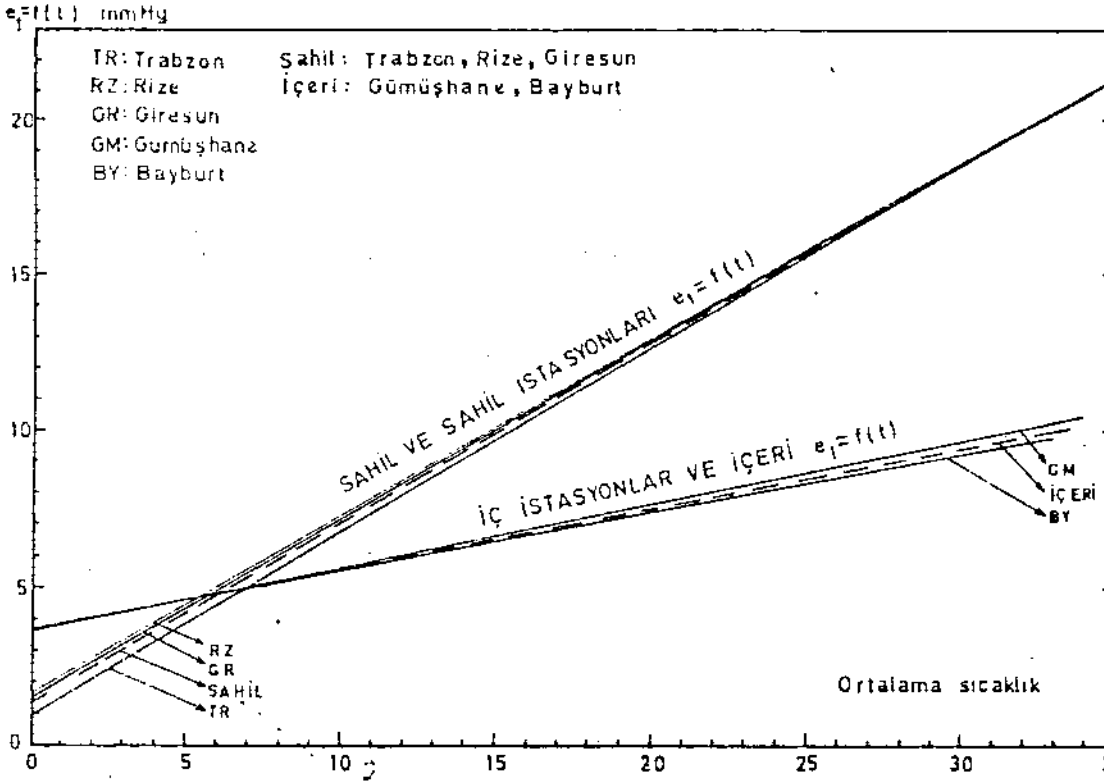
Ek : 5. 1976 yılı verilerinden elde edilen Doğu Karadeniz Bölgesi meteoroloji istasyonlarında, sahil ve iç kısımlarda buhar basıncı - sıcaklık fonksiyonlarının ($e=f(t)$) katsayıları (A, B, C, . . .), katsayıların ve ilgili fonksiyonlarda bir ölçünün ortalama hataları ($m_a, m_b, . . . , m_0$) ve yüzde olarak korelasyon katsayıları.

Veri Sayısı	VERİ SAHASI	$e_1 = A + B t$ (mmHg)			$e_2 = A + B t + C t^2$ (mmHg)				$e_3 = A + B t + C t^2 + D t^3$ (mmHg)				
		A m_a	B m_b	m_o Kor.Kat.	A m_a	B m_b	C m_c	m_o Kor.Kat.	A m_a	B m_b	C m_c	D m_d	m_o Kor.Kat.
72	TRABZON	0.6490 ±0.3098	0.5877 ±0.0201	±0.99 ±92.43	3.2275 ±0.5224	0.1368 ±0.0312	0.0162 ±0.0029	±0.82 ±94.84	5.3964 ±0.9450	-0.5146 ±0.2531	0.0699 ±0.0200	-0.0013 ±0.0005	±0.79 ±95.34
72	RİZE	1.3923 ±0.3713	0.5738 ±0.0244	±1.26 ±88.78	3.2048 ±0.6724	0.2373 ±0.1091	0.0124 ±0.0039	±1.18 ±90.20	6.2931 ±1.1441	-0.7558 ±0.3236	0.0973 ±0.0265	-0.0021 ±0.0007	±1.11 ±91.51
72	GİRESUN	1.0204 ±0.3119	0.5937 ±0.0201	±1.01 ±92.56	2.7469 ±0.5910	0.3075 ±0.0902	0.0101 ±0.0031	±0.95 ±93.54	6.0178 ±1.0589	-0.6275 ±0.2725	0.0838 ±0.0207	-0.0017 ±0.0005	±0.88 ±94.58
72	GÜMÜŞHANE	3.4202 ±0.3743	0.2423 ±0.0288	±2.21 ±50.20	3.4027 ±0.3764	0.2819 ±0.0621	-0.0021 ±0.0029	±2.22 ±50.58	2.9644 ±0.4410	0.2218 ±0.0694	0.0135 ±0.0090	-0.0005 ±0.0003	±2.18 ±52.89
72	BAYBURT	3.6604 ±0.1276	0.1811 ±0.0107	±0.90 ±60.28	3.7560 ±0.1440	0.1958 ±0.0150	-0.0014 ±0.0010	±0.90 ±60.82	3.4250 ±0.1742	0.2236 ±0.0167	0.0033 ±0.0018	-0.0003 ±0.0001	±0.84 ±83.12
216	SAHİL	0.9870 ±0.1899	0.5897 ±0.0125	±1.10 ±91.28	2.9974 ±0.3523	0.2335 ±0.0555	0.0128 ±0.0020	±1.00 ±92.74	6.1300 ±0.5959	-0.7082 ±0.1588	0.0904 ±0.0125	-0.0019 ±0.0003	±0.92 ±93.88
144	İÇ KISIM.	3.6428 ±0.1232	0.1947 ±0.0100	±1.15 ±72.86	3.7251 ±0.1268	0.2237 ±0.0162	-0.0020 ±0.0009	±1.14 ±73.80	3.3064 ±0.1488	0.2413 ±0.0156	0.0054 ±0.0018	-0.0003 ±0.0001	±1.06 ±77.30

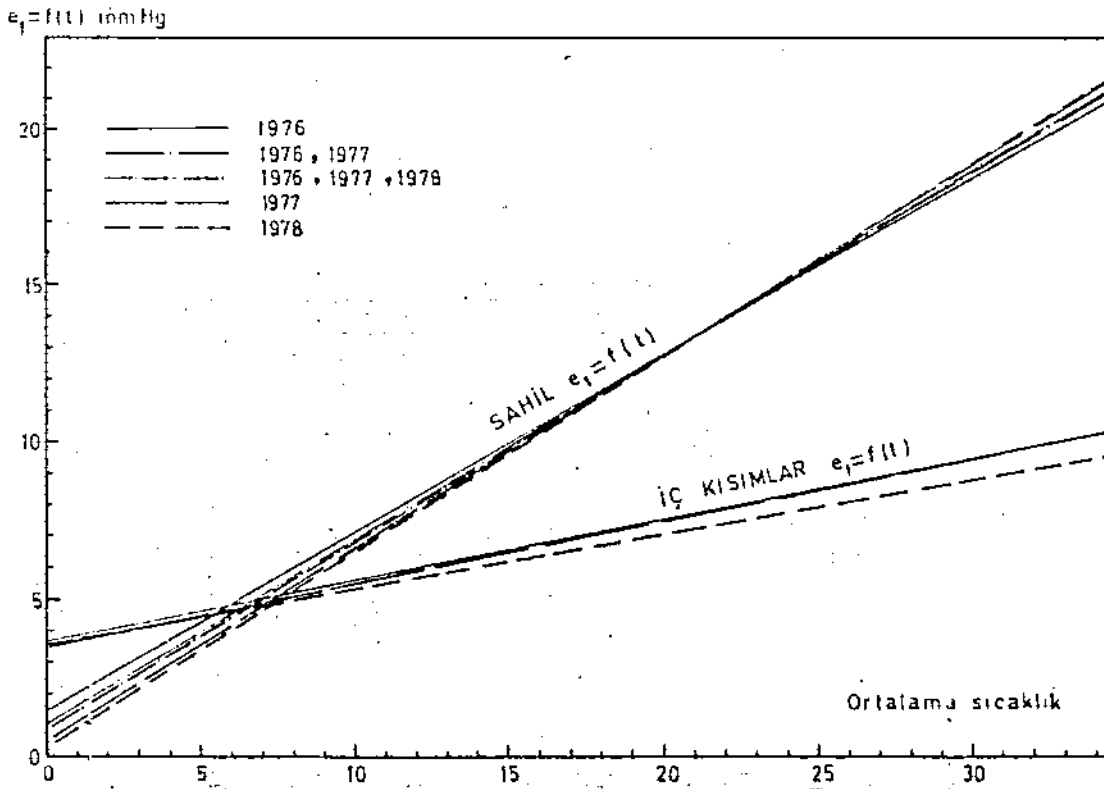
Ek : 6. 1976,1977 yılları verilerinden elde edilen Doğu Karadeniz Bölgesi meteoroloji istasyonlarında, sahil ve iç kısımlarda buhar basıncı - sıcaklık fonksiyonlarının ($e=f(t)$) katsayıları (A, B, C, . . .), katsayıların ve ilgili fonksiyonlarda bir ölçünün ortalama hataları ($m_a, m_b, . . . , m_o$) ve yüzde olarak korelasyon katsayıları.

Yarı aylar	YERİ	$e_1 = A + B t$ (mmHg)			$e_2 = A + B t + C t^2$ (mmHg)				$e_3 = A + B t + C t^2 + D t^3$ (mmHg)				
		A m_a	B m_b	m_0 Kor.Kat.	A m_a	B m_b	C m_c	m_0 Kor.Kat.	A m_a	B m_b	C m_c	D m_d	m_0 Kor.Kat.
103	TRAZON	0.4113 ±0.2320	0.5977 ±0.0152	+0.83 ±93.61	3.0121 ±0.4455	0.1635 ±0.0673	0.0153 ±0.0023	+0.74 ±95.45	5.4125 ±0.7785	-0.5191 ±0.1974	0.0708 ±0.0153	-0.0013 ±0.0004	+0.70 ±95.97
103	RİZE	1.1543 ±0.2929	0.5350 ±0.0195	+1.19 ±69.50	3.0325 ±0.5707	0.2522 ±0.0947	0.0121 ±0.0034	+1.13 ±90.65	6.5082 ±0.9978	-0.8002 ±0.2672	0.1006 ±0.0214	-0.0022 ±0.0005	+1.05 ±92.00
103	GİRİSUN	0.7923 ±0.2449	0.5123 ±0.0152	+0.95 ±93.30	2.3259 ±0.5256	0.3528 ±0.0721	0.0090 ±0.0027	+0.91 ±94.00	5.1114 ±0.9123	-0.6611 ±0.2230	0.0378 ±0.0166	-0.0018 ±0.0004	+0.83 ±95.10
103	GÜMÜŞHANE	3.5632 ±0.1975	0.1977 ±0.0152	+1.39 ±61.50	3.4355 ±0.1921	0.2978 ±0.0331	-0.0049 ±0.0015	+1.32 ±65.32	3.1368 ±0.2053	0.2295 ±0.0379	0.0093 ±0.0046	-0.0005 ±0.0001	+1.26 ±62.59
103	BAYBURT	3.5513 ±0.1046	0.1754 ±0.0039	+0.90 ±79.17	3.7653 ±0.1111	0.2047 ±0.0134	-0.0021 ±0.0009	+0.88 ±80.43	3.4642 ±0.1236	0.2251 ±0.0135	0.0031 ±0.0015	-0.0003 ±0.0001	+0.82 ±83.02
324	SAHİL	0.3752 ±0.1502	0.5943 ±0.0102	+1.05 ±91.30	2.7524 ±0.3240	0.2774 ±0.0474	0.0112 ±0.0017	+0.99 ±92.32	5.9892 ±0.5596	-0.6514 ±0.1426	0.0860 ±0.0110	-0.0018 ±0.0003	+0.93 ±93.28
216	İÇ KISIM.	3.4043 ±0.1264	0.1289 ±0.0036	+1.19 ±69.44	3.6707 ±0.1057	0.2305 ±0.0143	-0.0026 ±0.0008	+1.16 ±71.01	3.2884 ±0.1227	0.2362 ±0.0140	0.0052 ±0.0016	-0.0003 ±0.0001	+1.09 ±74.43

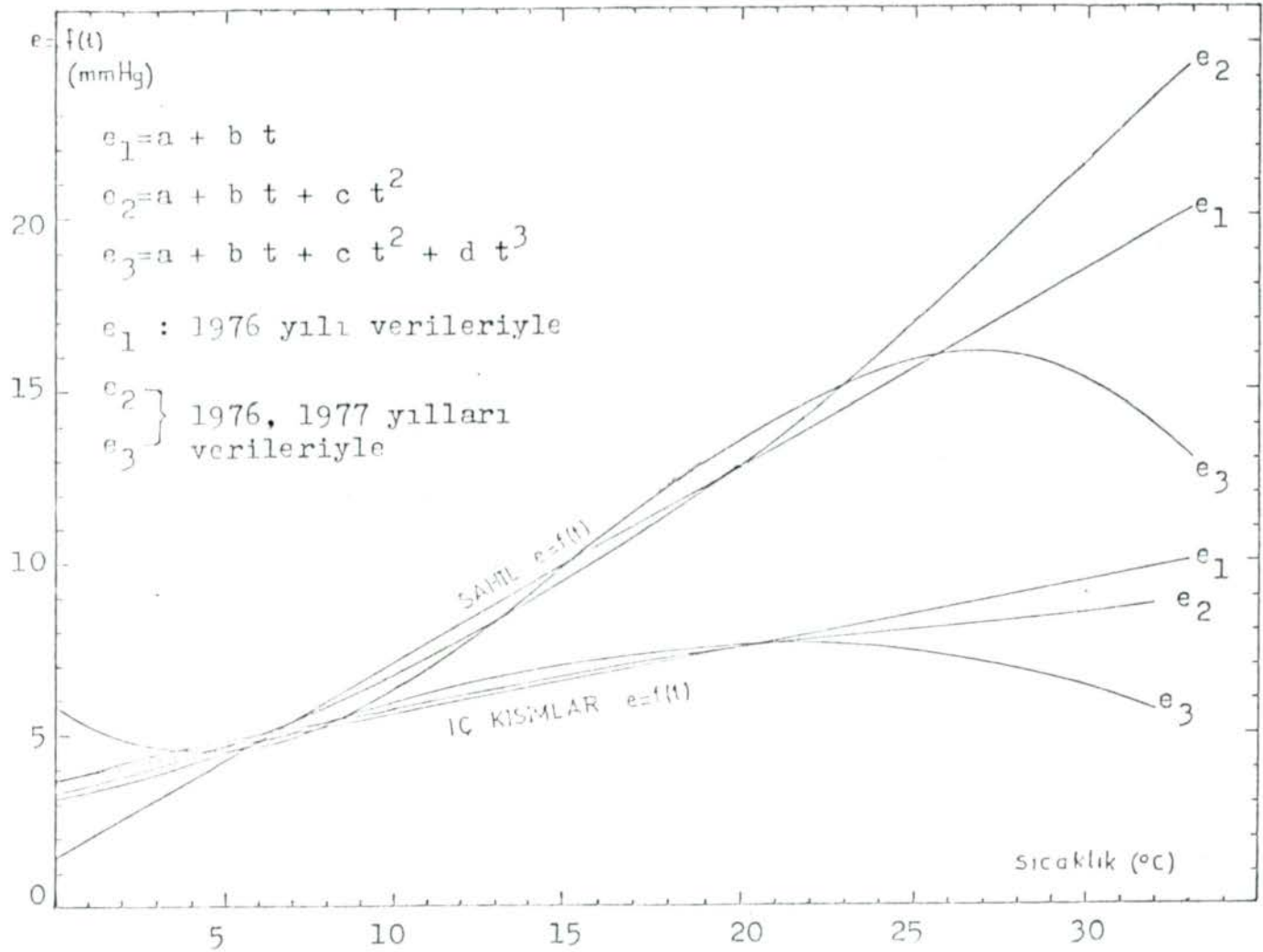
Ek : 7. 1976,1977,1978 yılları verilerinden elde edilen Doğu Karadeniz Bölgesi meteoroloji istasyonlarında, sahil ve iç kısımlarda buhar basıncı - sıcaklık fonksiyonlarının ($e=f(t)$) katsayıları (A, B, C, . . .), katsayıların ve ilgili fonksiyonlarda bir ölçünün ortalama hataları ($m_a, m_b, . . . m_0$) ve yüzde olarak korelasyon katsayıları.



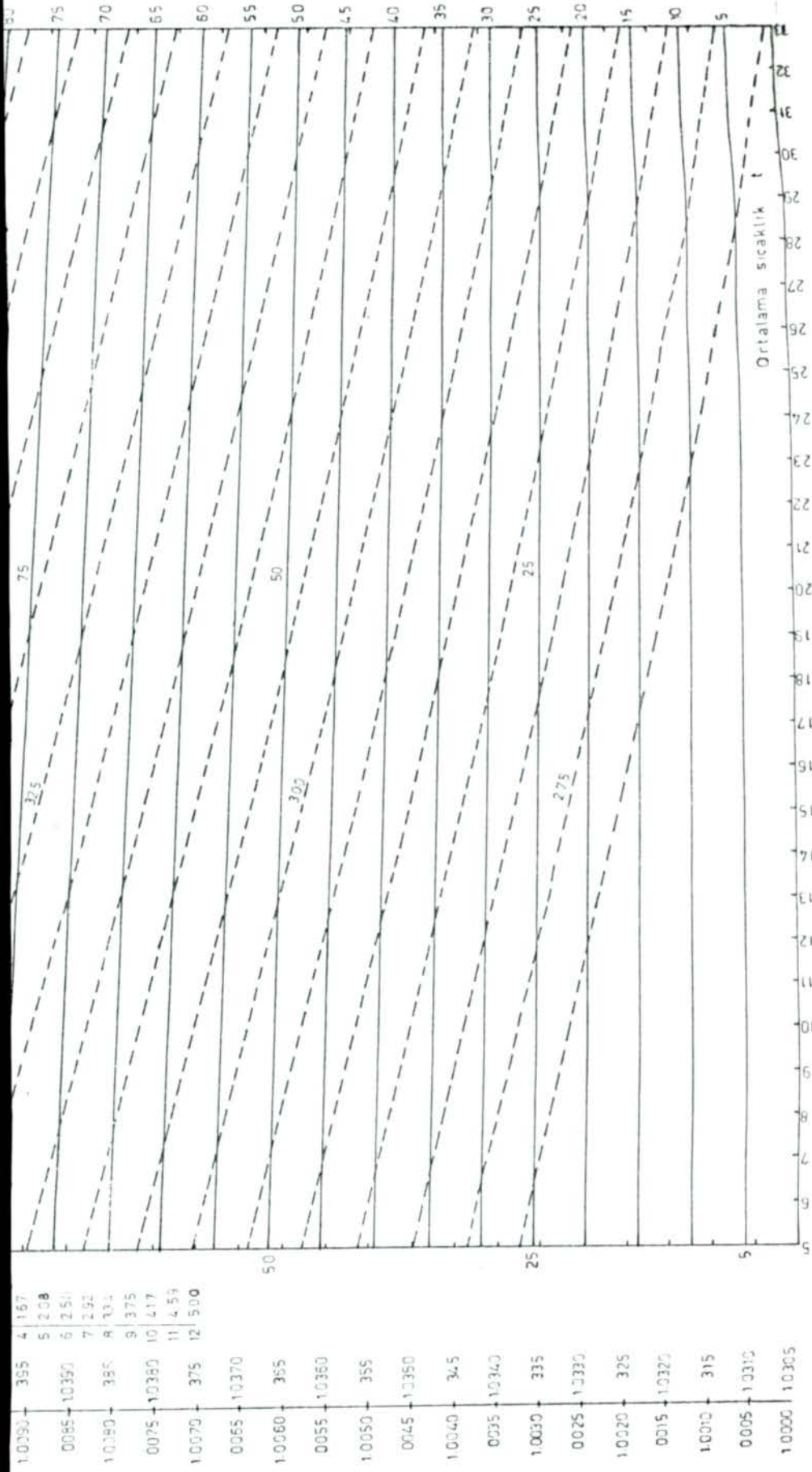
Ek : 8. 1976 yılında Doğu Karadeniz Bölgesinde, sahil istasyonlarında ve iç kısımlarda $e_1=f(t)$ fonksiyonunun değişimi.



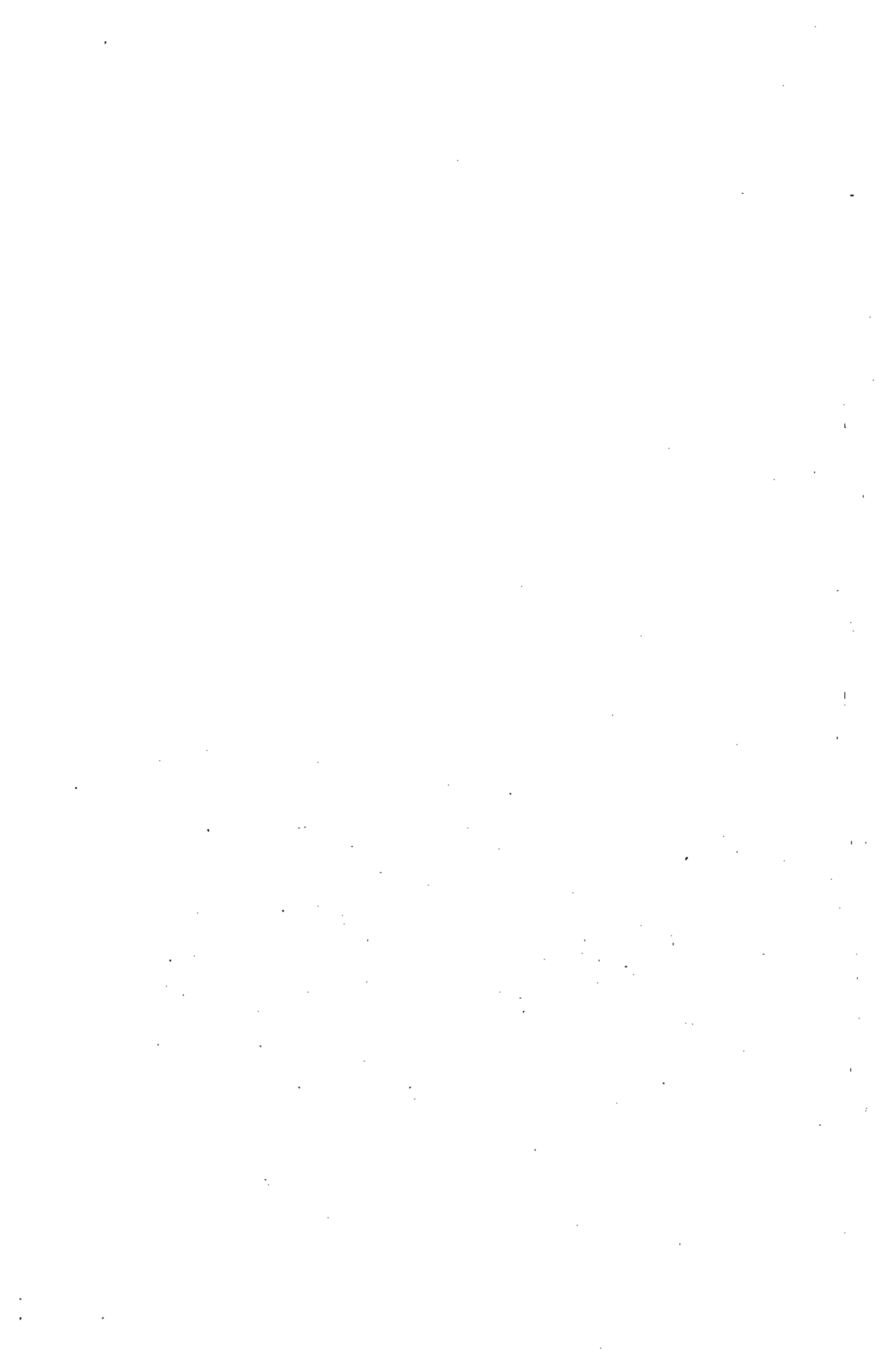
Ek : 9. 1976, 1977, 1978, 1976, 1977, 1976, 1977, 1978 yıllarında sahil ve iç kısımlara ait $e_1=f(t)$ fonksiyonunun değişimi.

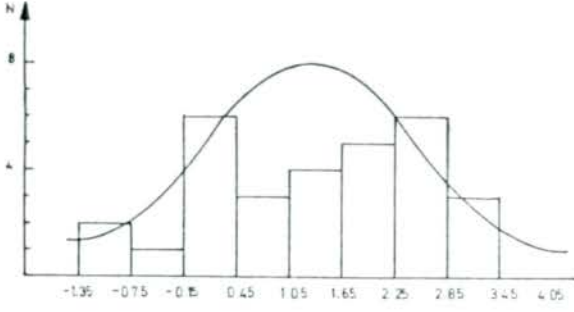


Ek : 10. Doğu Karadeniz Bölgesinde sahil ve iç kısımlarda 1976, 1976, 1977 yıllarında muhtelif $e=f(t)$ fonksiyonlarının değişimi.

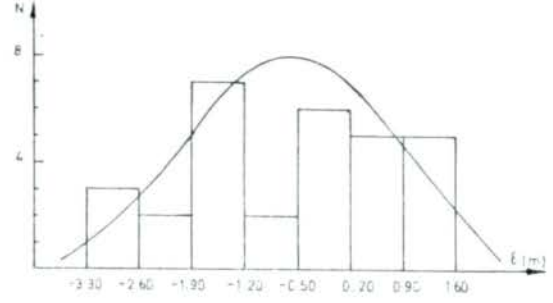


Ek : 11. Doğu Karadeniz Bölgesi için geliştirilmiş, muhtelif basınç oranı ve ortalama sıcaklık değerleriyle yükseklik farklarını bulmaya yarayan grafik.

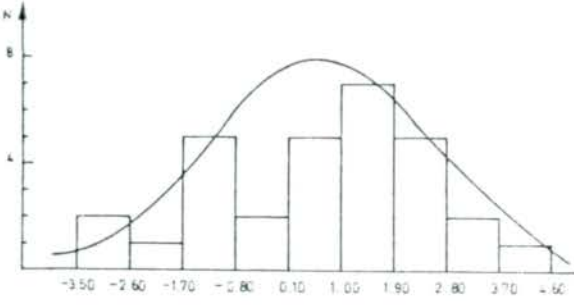




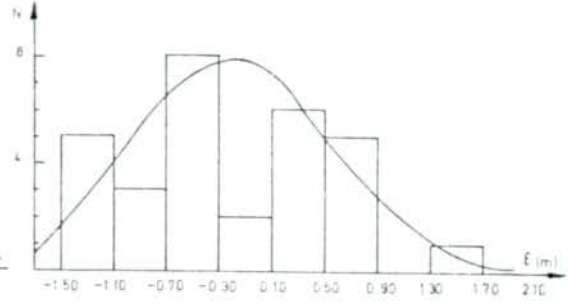
a) 1. Nokta $\Delta\bar{H}=32,15\text{ m}$ $\bar{m}=\pm 1,62\text{ m}$



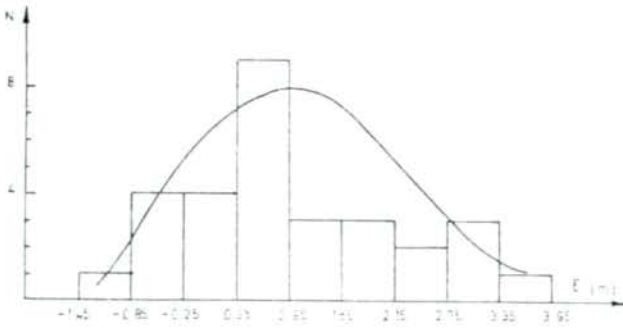
b) 2. Nokta $\Delta\bar{H}=197,75\text{ m}$ $\bar{m}=\pm 1,42\text{ m}$



c) 3. Nokta $\Delta\bar{H}=310,84\text{ m}$ $\bar{m}=\pm 2,00\text{ m}$

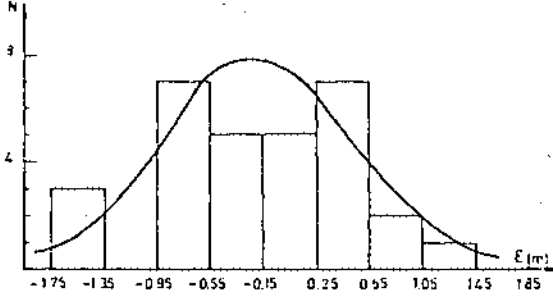


d) 4. Nokta $\Delta\bar{H}=151,75\text{ m}$ $\bar{m}=\pm 0,77\text{ m}$

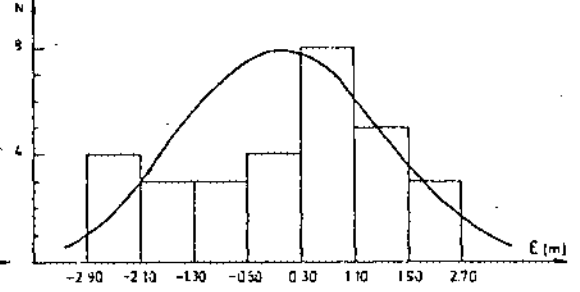


e) 5. Nokta $\Delta\bar{H}=60,60\text{ m}$ $\bar{m}=\pm 1,21\text{ m}$

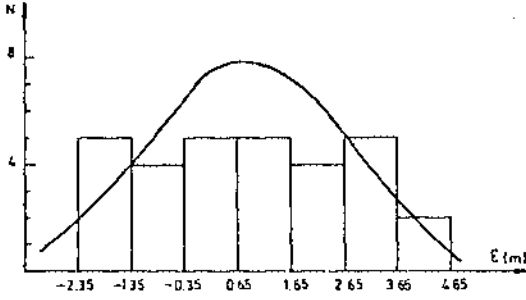
Ek : 12. Sukenarı ölçme sahasındaki noktalara ait yükseklik hatalarının dağılımı



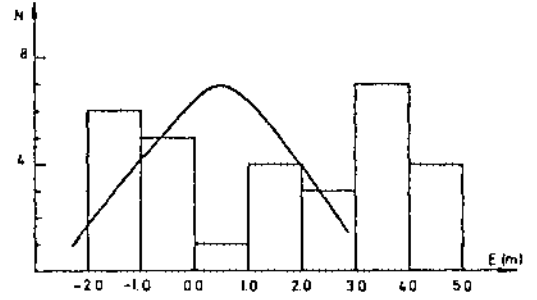
a) 1. Nokta $\overline{\Delta H}=54.45$ m $\overline{m}=\pm 0.71$ m



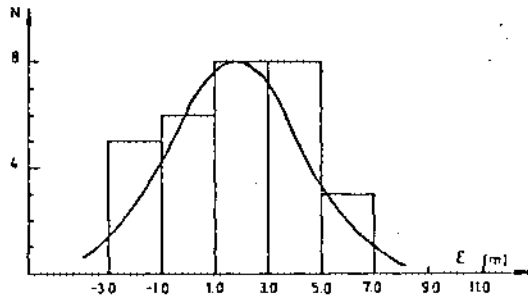
b) 2. Nokta $\overline{\Delta H}=136.90$ m $\overline{m}=\pm 1.51$ m



c) 3. Nokta $\overline{\Delta H}=46.10$ m $\overline{m}=\pm 2.04$ m

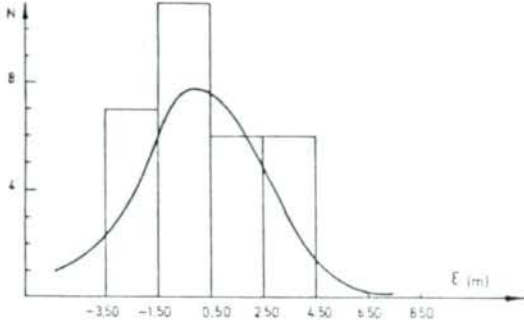


d) 4. Nokta $\overline{\Delta H}=210.63$ m $\overline{m}=\pm 2.52$ m

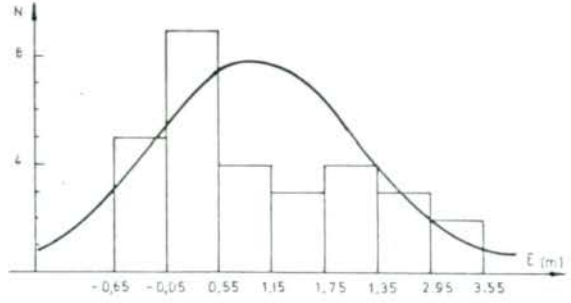


e) 5. Nokta $\overline{\Delta H}=368.91$ m $\overline{m}=\pm 3.05$ m

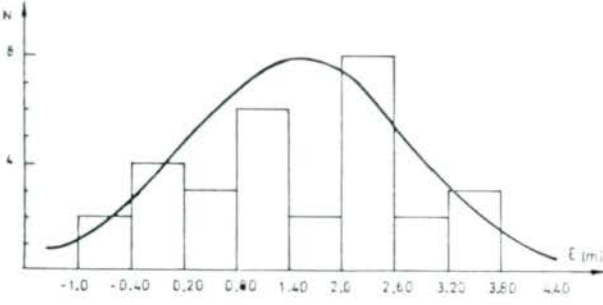
Ek : 13. Hamsiköy ölçme sahasındaki noktalara ait yükseklik hatalarının dağılımı.



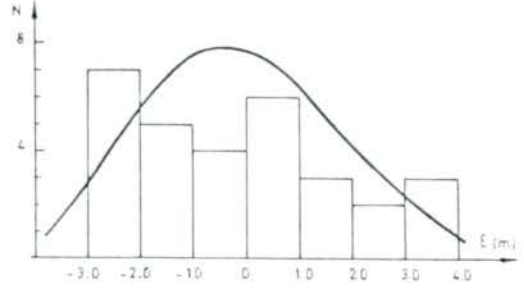
a) 1. Nokta $\bar{\Delta H} = -129.54 \text{ m}$ $\bar{m} = \pm 2.28 \text{ m}$



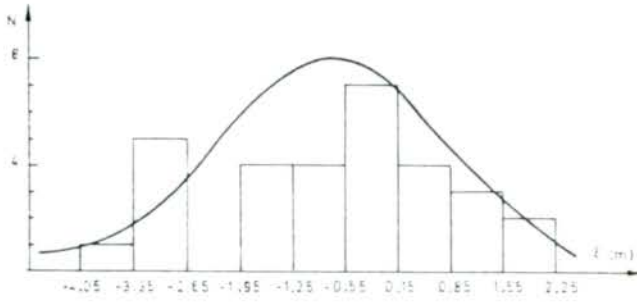
b) 2. Nokta $\bar{\Delta H} = 117.73 \text{ m}$ $\bar{m} = \pm 1.51 \text{ m}$



c) 3. Nokta $\bar{\Delta H} = 295.21 \text{ m}$ $\bar{m} = \pm 1.53 \text{ m}$

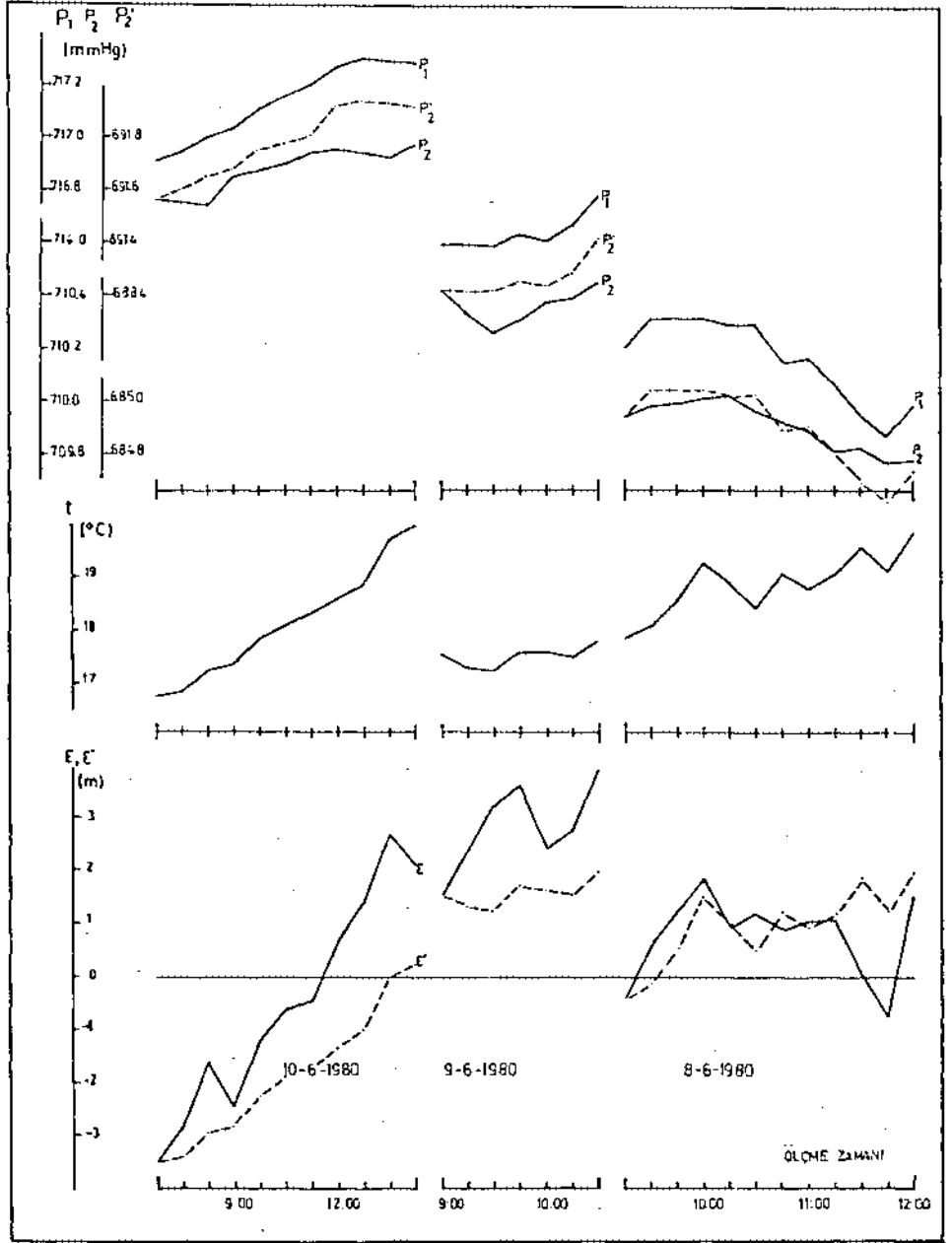


d) 4. Nokta $\bar{\Delta H} = 331.72 \text{ m}$ $\bar{m} = \pm 2.01 \text{ m}$

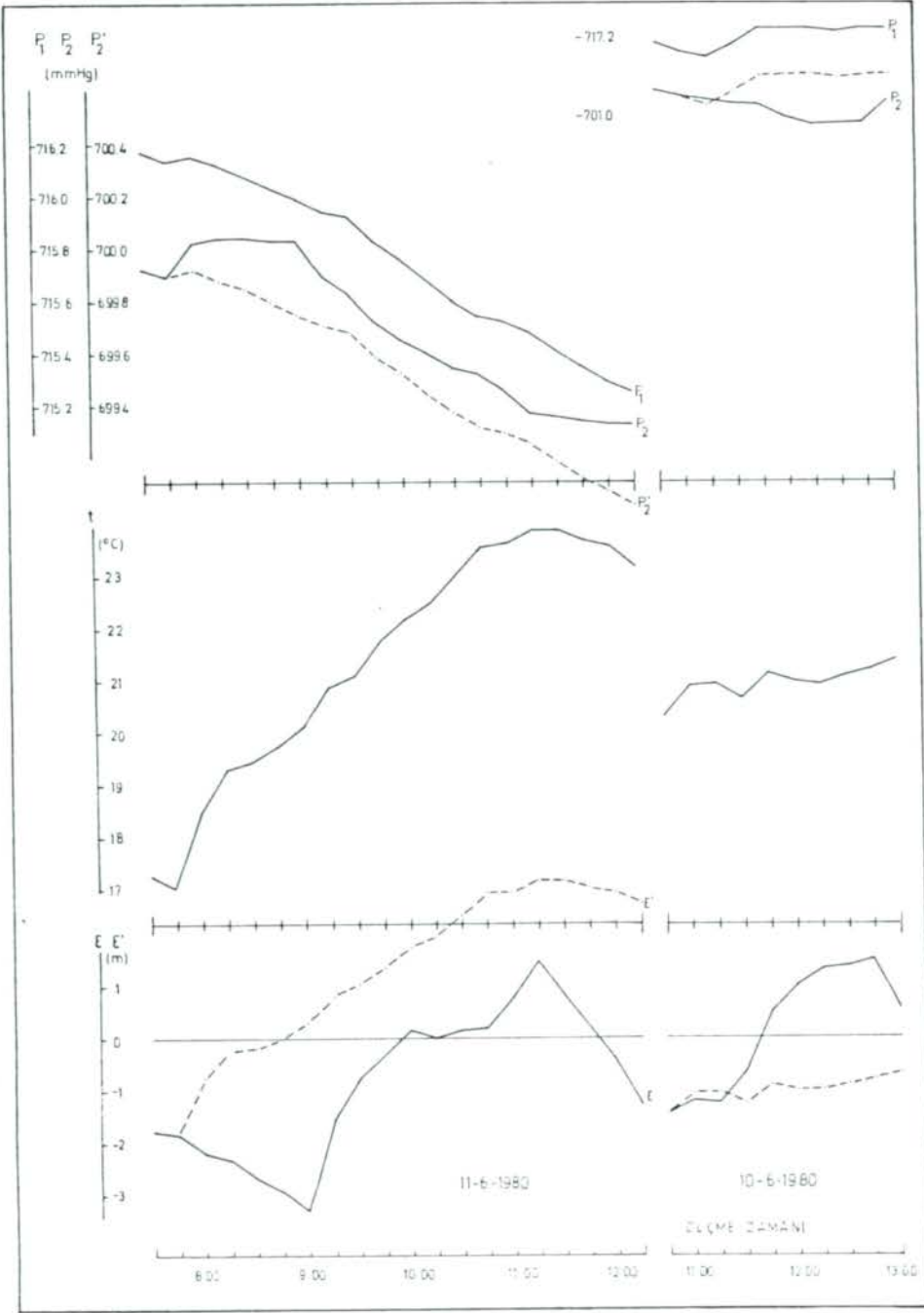


e) 5. Nokta $\bar{\Delta H} = 129.77 \text{ m}$ $\bar{m} = \pm 1.65 \text{ m}$

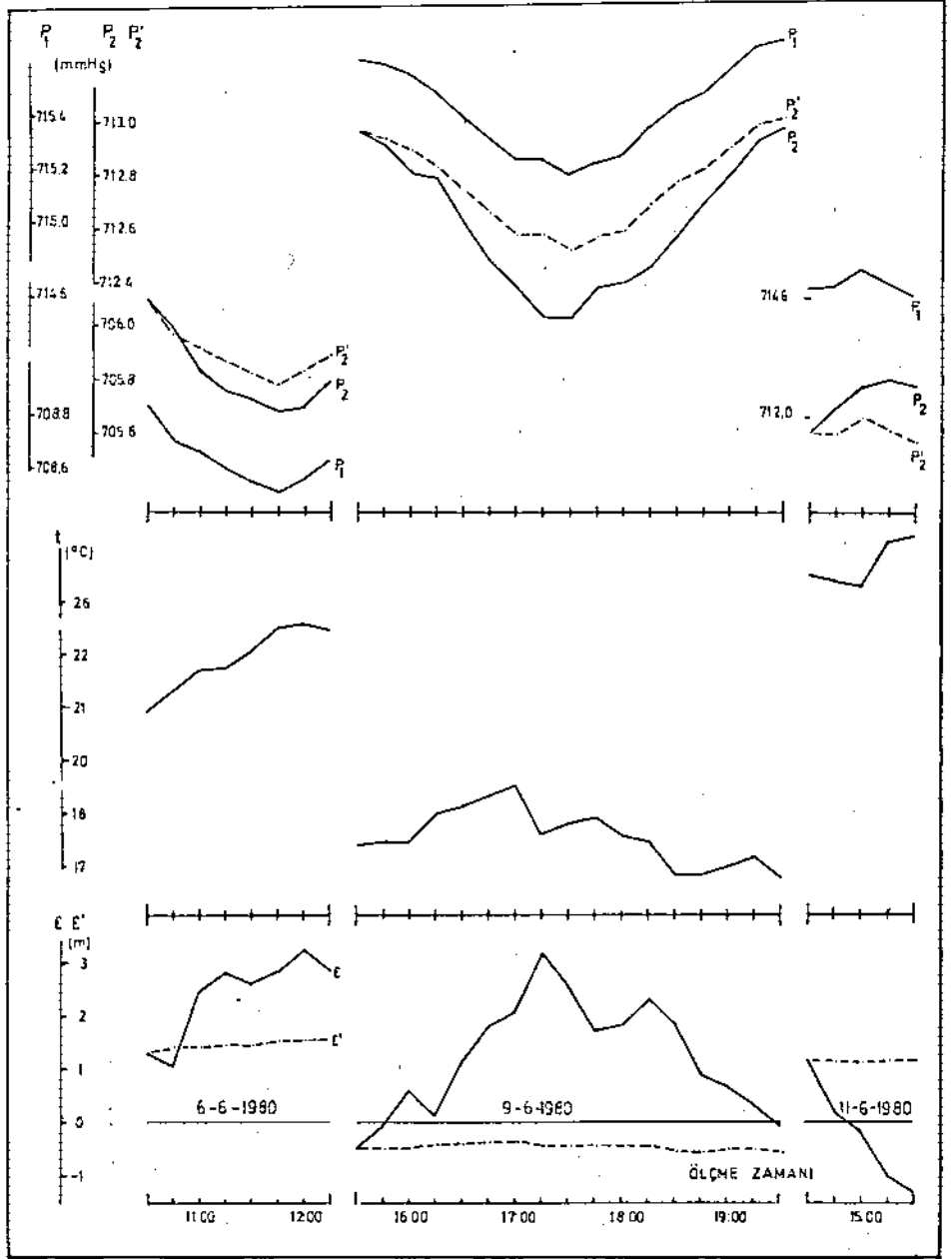
Ek : 14. Zigana ölçme sahasındaki noktalara ait yükseklik hatalarının dağılımı.



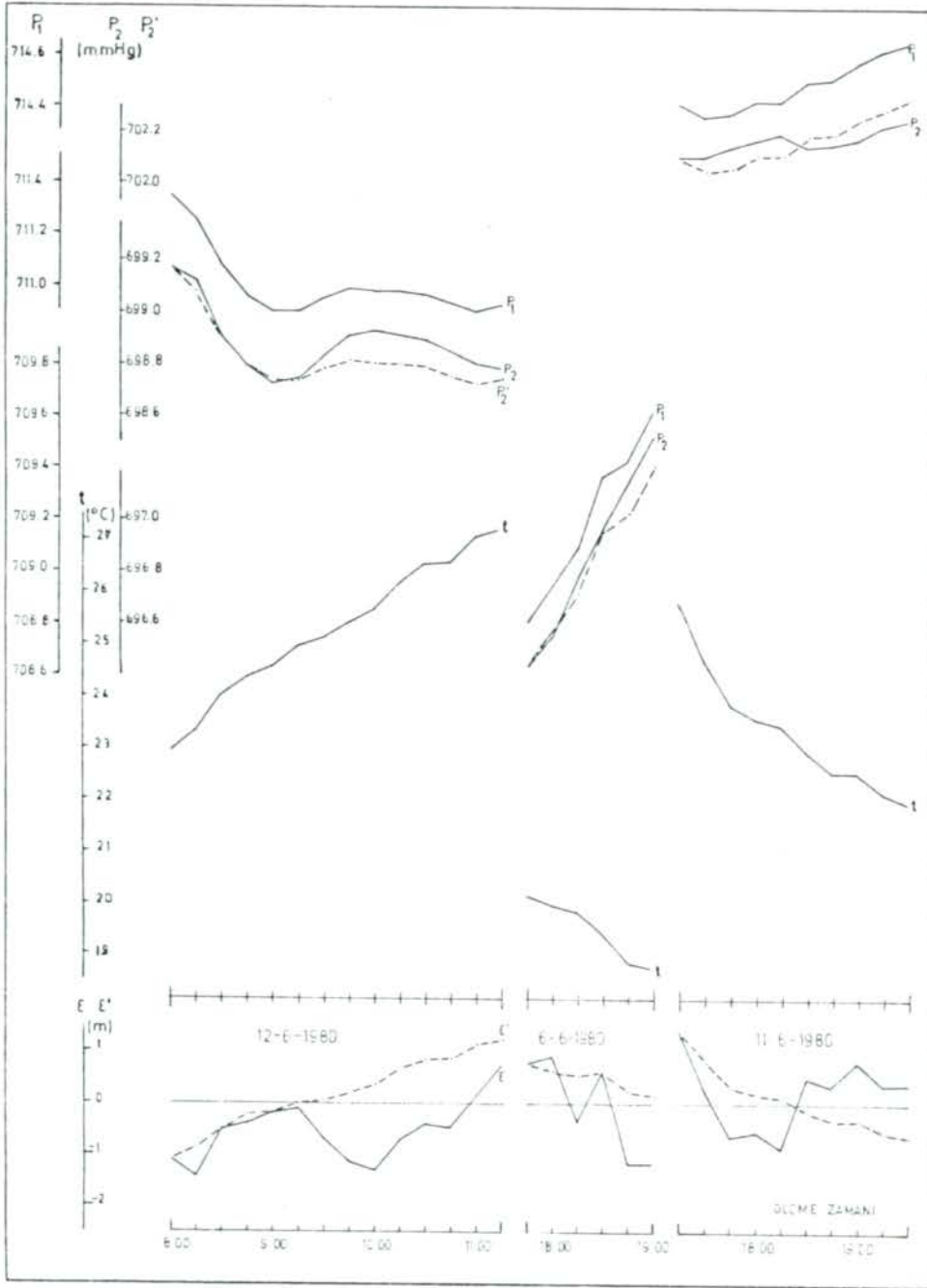
Ek : 15. Sukenarı köyünde istasyonda ve 1 noktasında, indirgenmiş basıncın (P_1, P_2), ortalama sıcaklığın (t), yükseklik hatasının (ϵ), 1 noktasındaki düzeltilmiş basıncın (P_2') ve basınç düzeltmesinden sonraki yükseklik hatasının (ϵ') ölçü zamanına göre değişimi.



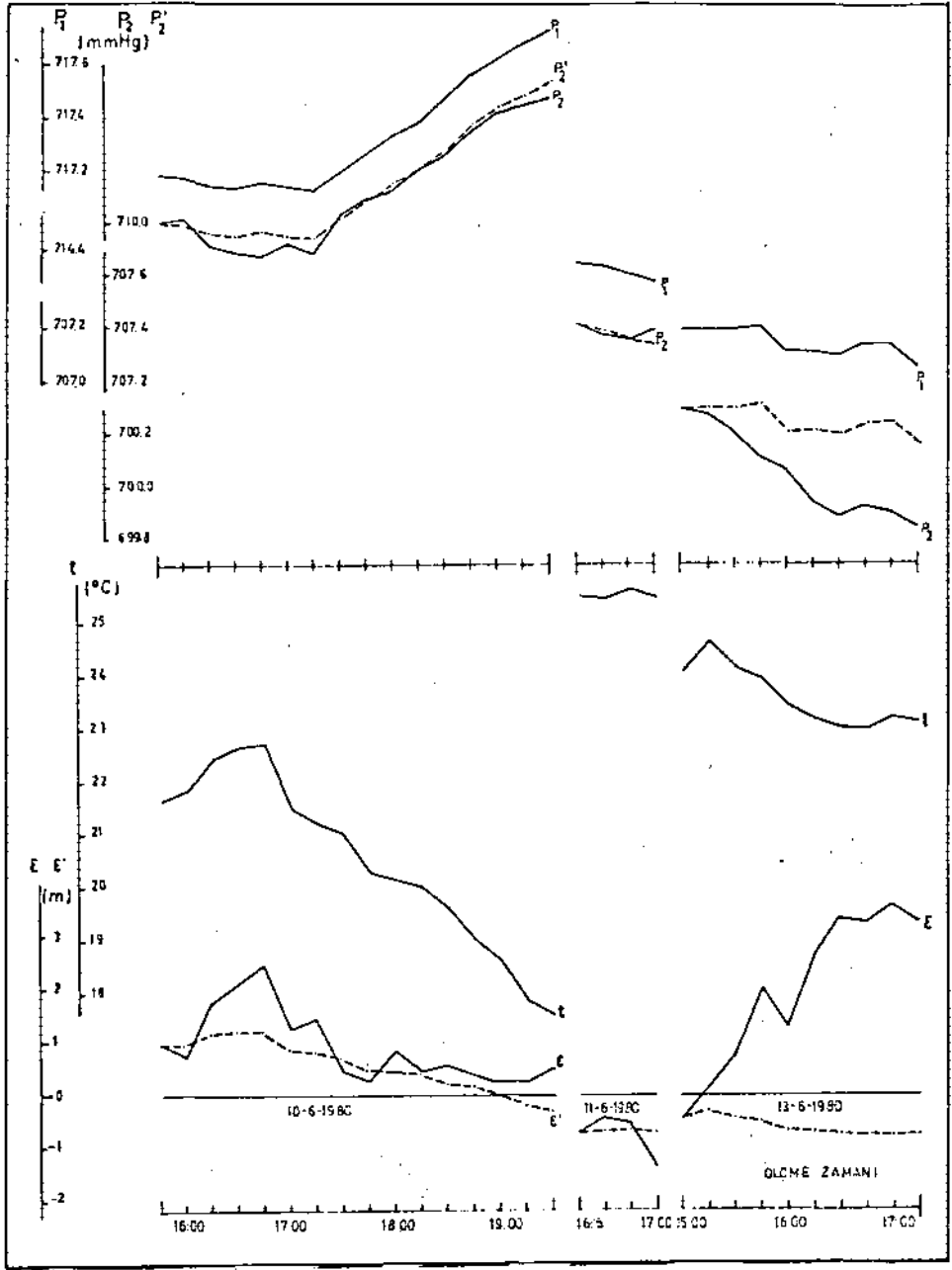
Ek : 16. Sukenarı köyünde istasyonda ve 2 noktasında, indirgenmiş basıncın (P_1, P_2), ortalama sıcaklığın (t), yükseklik hatasının (ϵ), 2 noktasındaki düzeltilmiş basıncın (P_2') ve basınç düzeltilmesinden sonraki yükseklik hatasının (ϵ') ölçü zamanına göre değişimi.



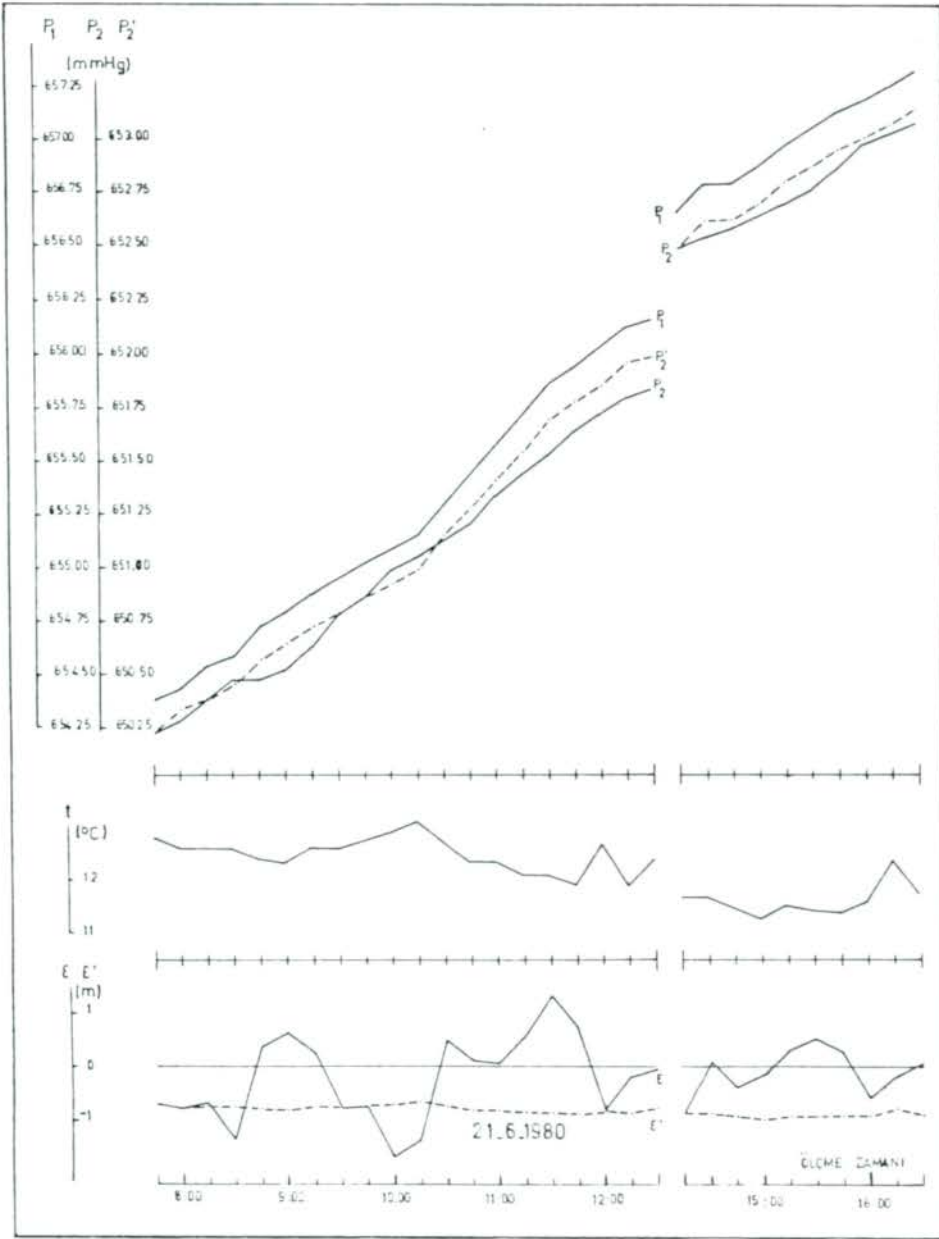
Ek : 17. Sukenarı köyünde istasyonda ve 3 noktasında, indirgenmiş basıncın (P_1, P_2), ortalama sıcaklığın (t), yükseklik hatasının (E), 3 noktasındaki düzeltilmiş basıncın (P'_2) ve basınç düzeltilmesinden sonraki yükseklik hatasının (E') ölçü zamanına göre değişimi.



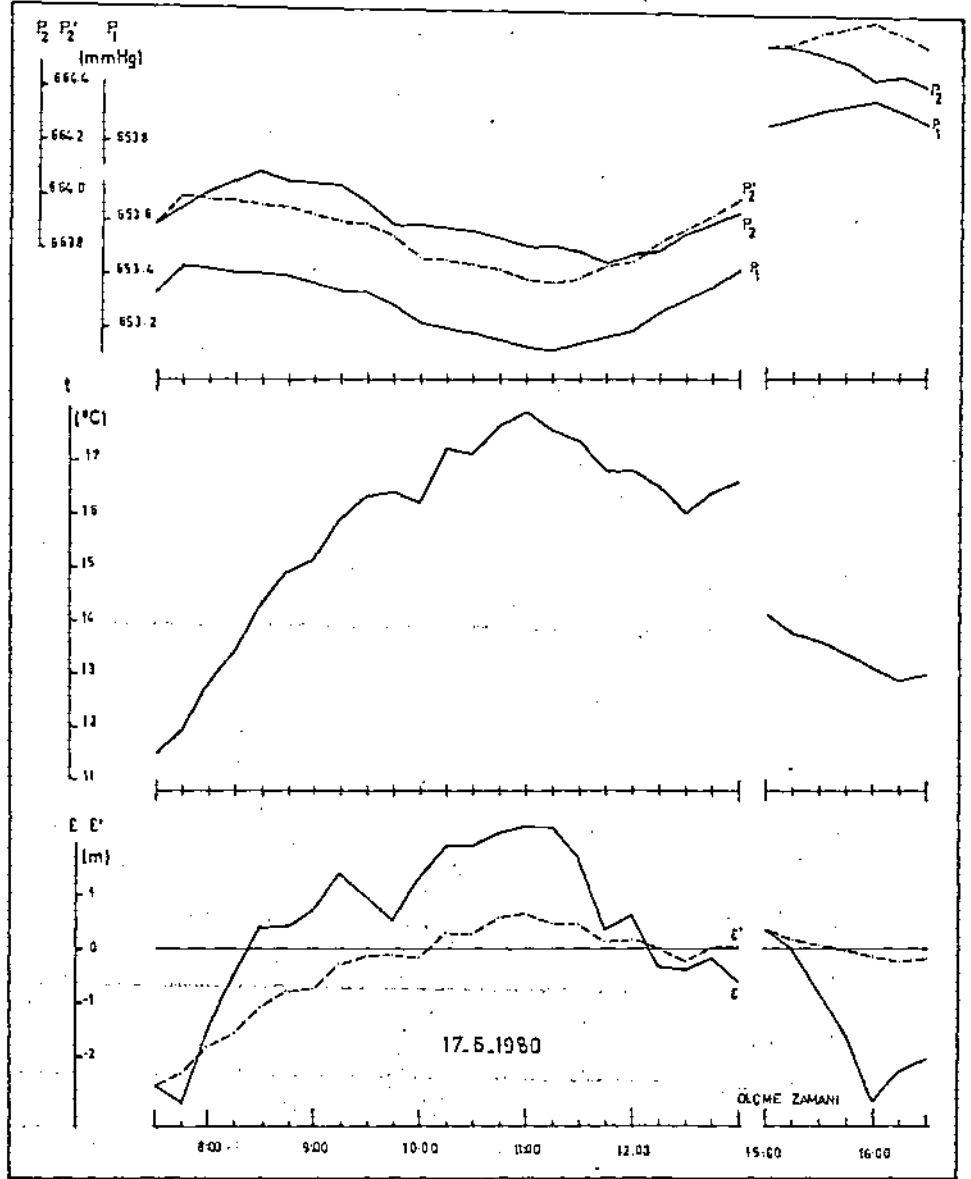
Ek : 18. Sukenarı köyünde istasyonda ve 4 noktasında, indirgenmiş basıncın (P_1, P_2), ortalama sıcaklığın (t), yükseklik hatasının (ϵ), 4 noktasındaki düzeltilmiş basıncın (P_2') ve basınç düzeltilmesinden sonraki yükseklik hatasının (ϵ') ölçü zamanına göre değişimi.



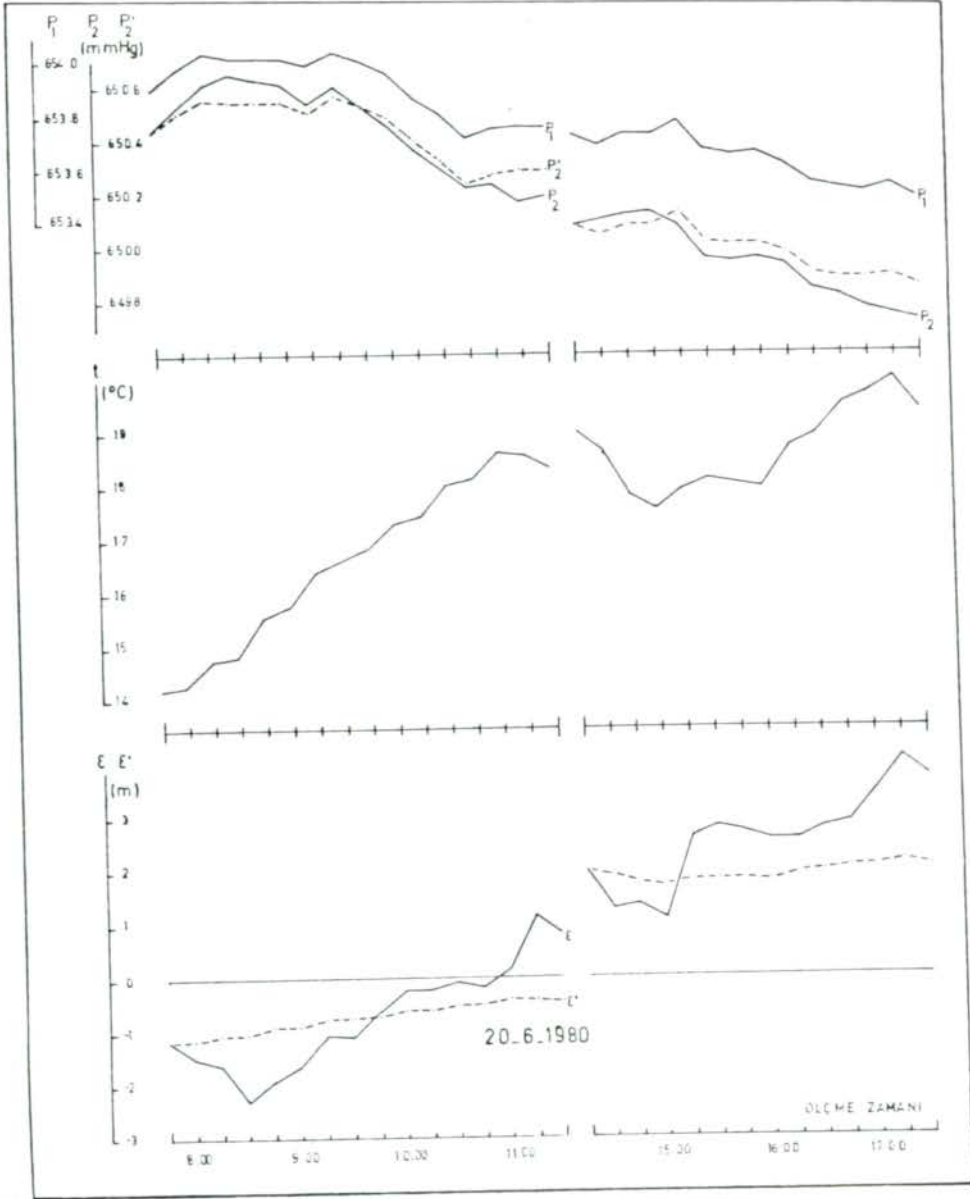
Ek : 19. Sukenarı köyünde istasyonda ve 5 noktasında, indirgenmiş basıncın (P_1, P_2), ortalama sıcaklığın (t), yükseklik hatasının (t), 5 noktasındaki düzeltilmiş basıncın (P_1') ve basınç düzeltmesinden sonraki yükseklik hatasının (E') ölçü zamanına göre değişimi.



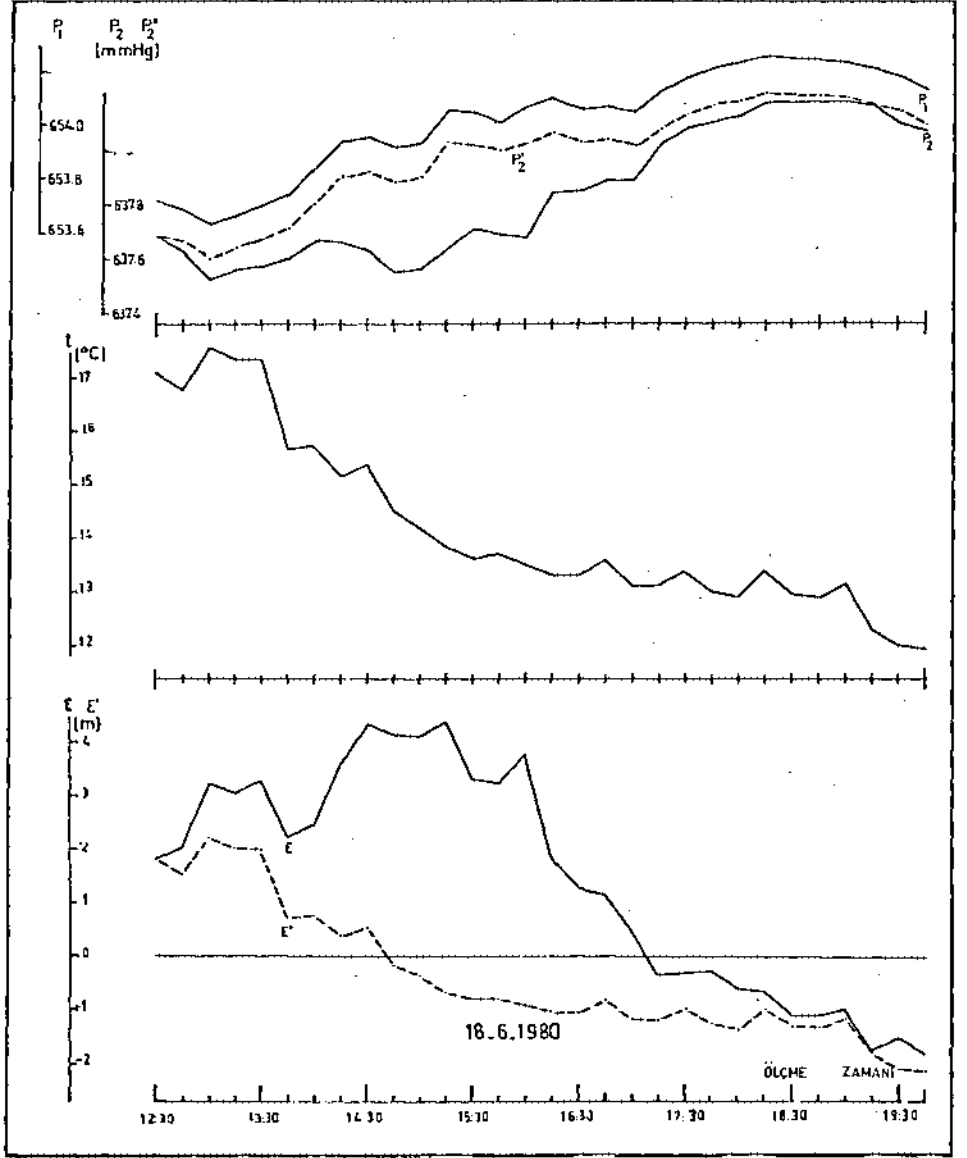
Ek : 20. İamsiköy'de istasyonda ve 1 noktasında, indirgenmiş basıncın (P_1, P_2), ortalama sıcaklığın (t), yükseklik hatasının (E), 1 noktasındaki düzeltilmiş basıncın (P_2') ve basınç düzeltilmesinden sonraki yükseklik hatasının (E') ölçü zamanına göre değişimi.



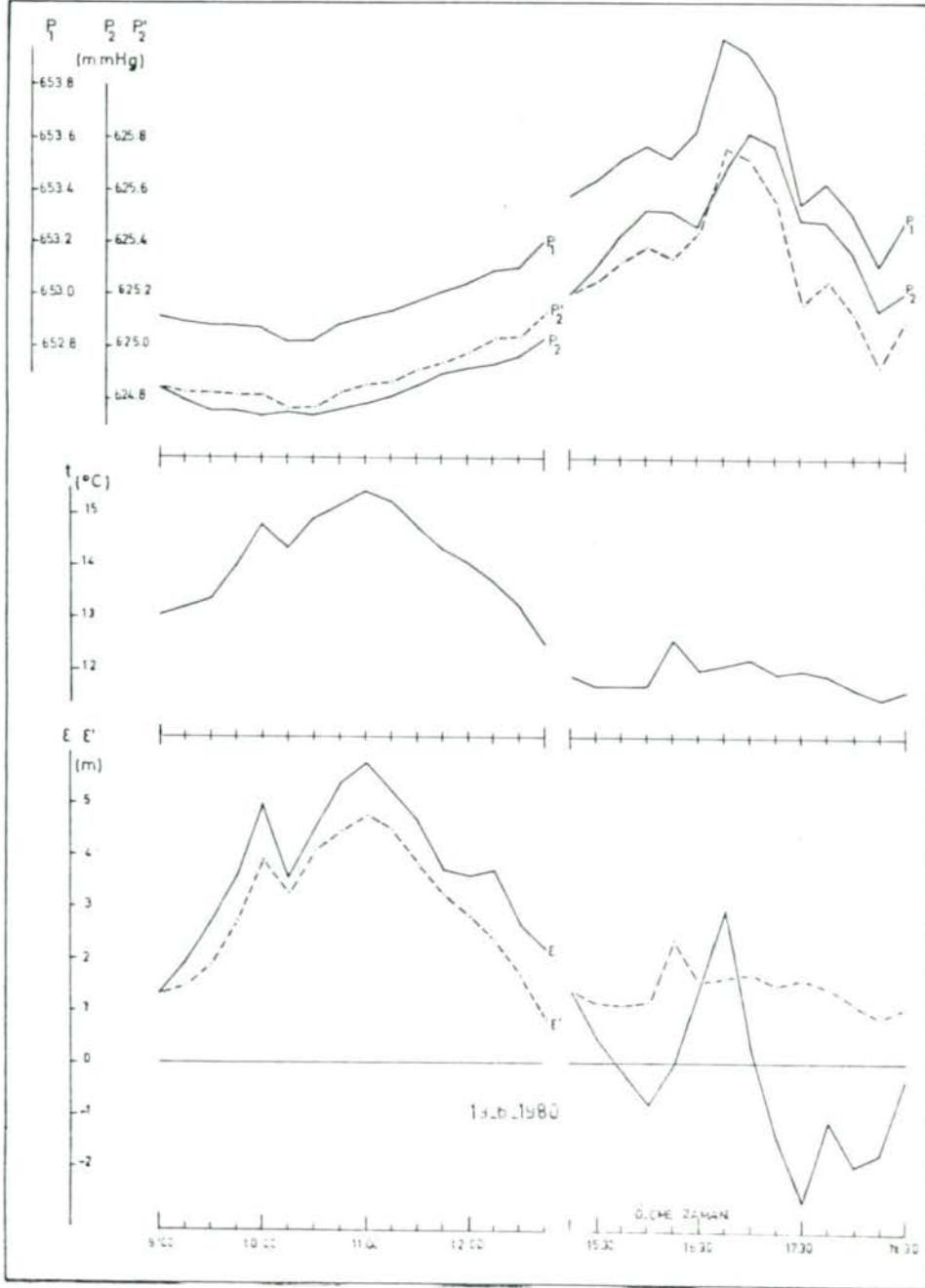
Ek : 21. Hamsiköy'de istasyonda ve 2 noktasında, indirgenmiş basıncın (P_1, P_2), ortalama sıcaklığın (t), yükseklik hatasının (ϵ), 2 noktadaki düzeltilmiş basıncın (P_2'), basınç düzeltmesinden sonraki yükseklik hatasının (ϵ') ölçü zamanına göre değişimi.



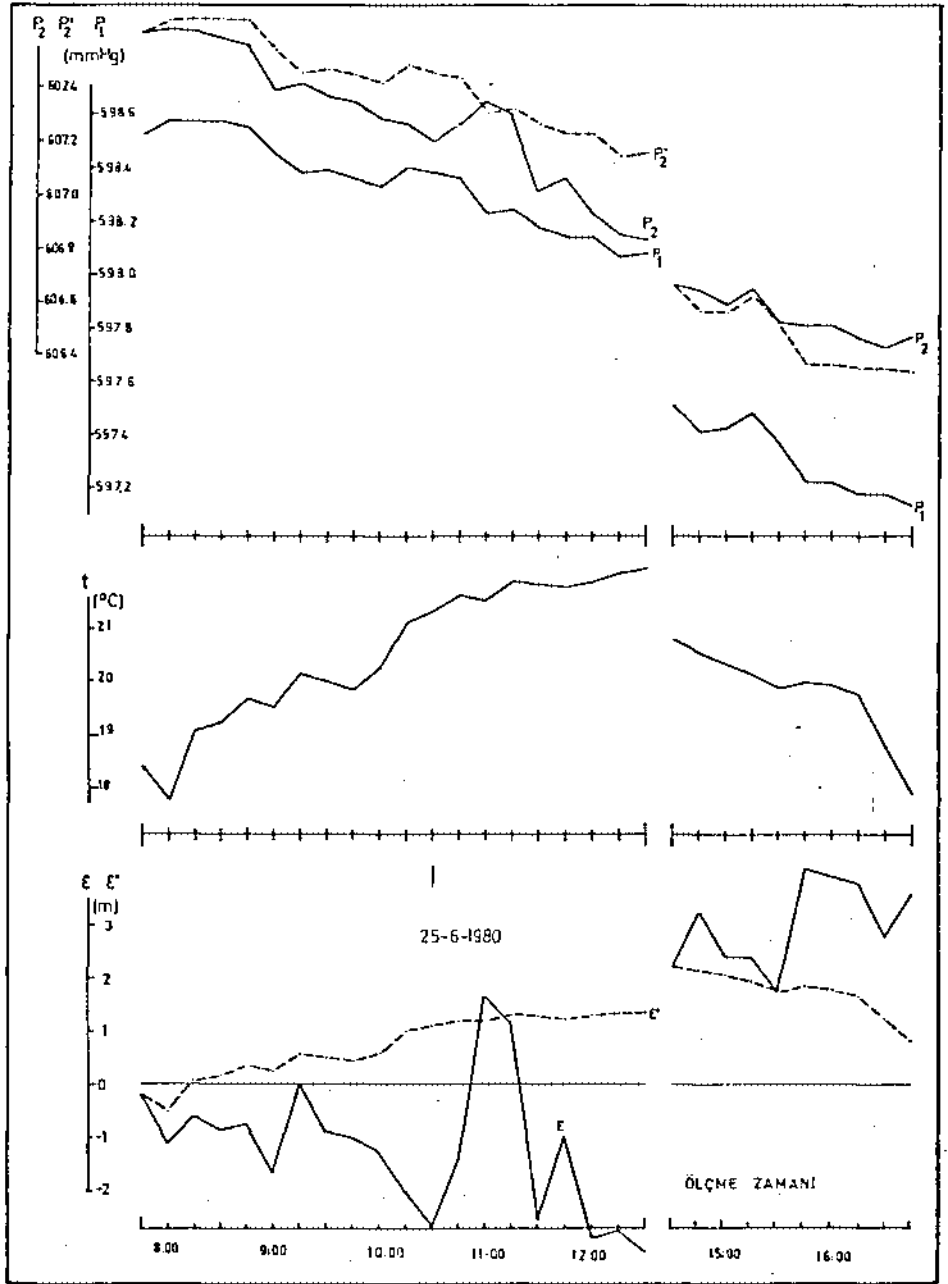
Ek : 22. Hamsiköy'de istasyonda ve 3 noktasında, indirgenmiş basıncın (P_1, P_2), ortalama sıcaklığın (t), yükseklik hatasının (ϵ), 3 noktadaki düzeltilmiş basıncın (P_2') ve basınç düzeltmesinden sonraki yükseklik hatasının (ϵ') ölçü zamanına göre değişimi.



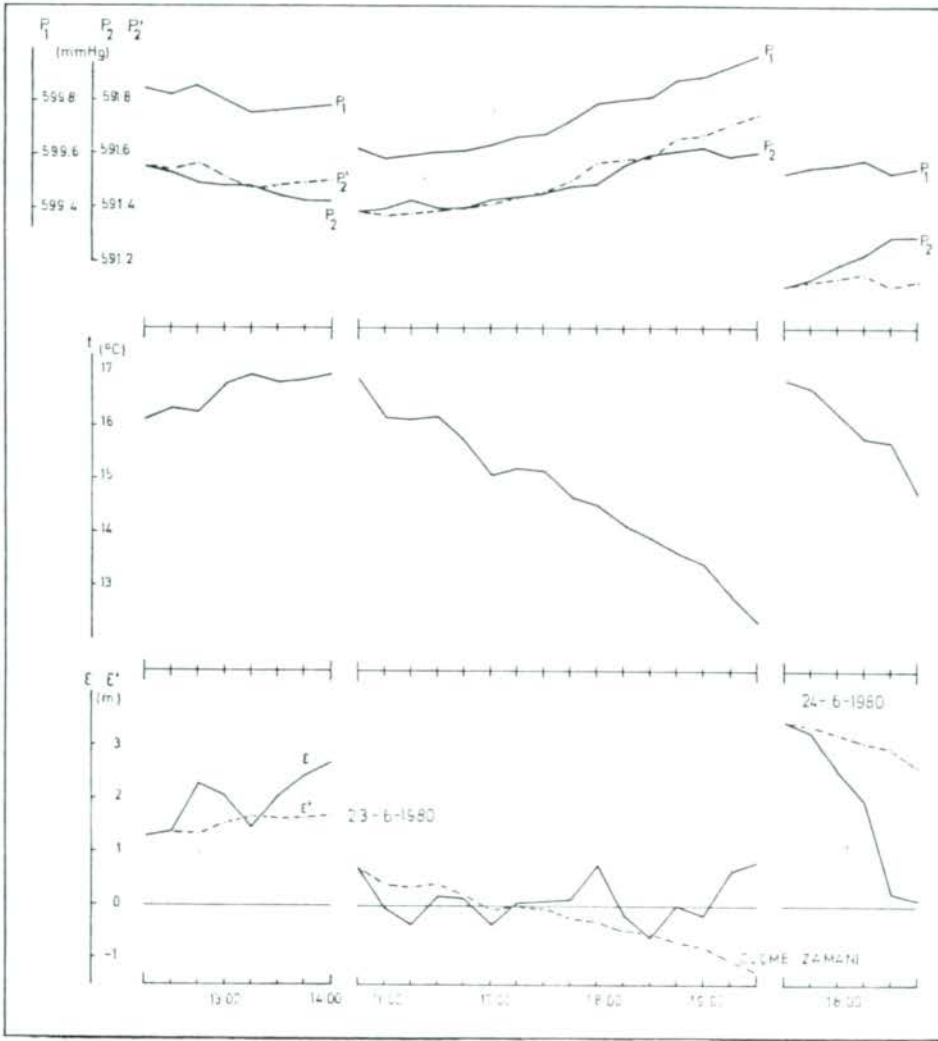
Ek : 23. Hamsiköy'de istasyonda ve 4 noktasında, indirgenmiş basıncın (P_1, P_2), ortalama sıcaklığın (t), yükseklik hatasının (ϵ), 4 noktadaki düzeltilmiş basıncın (P_2') ve basınç düzeltmesinden sonraki yükseklik hatasının (ϵ') ölçü zamanına göre değişimi.



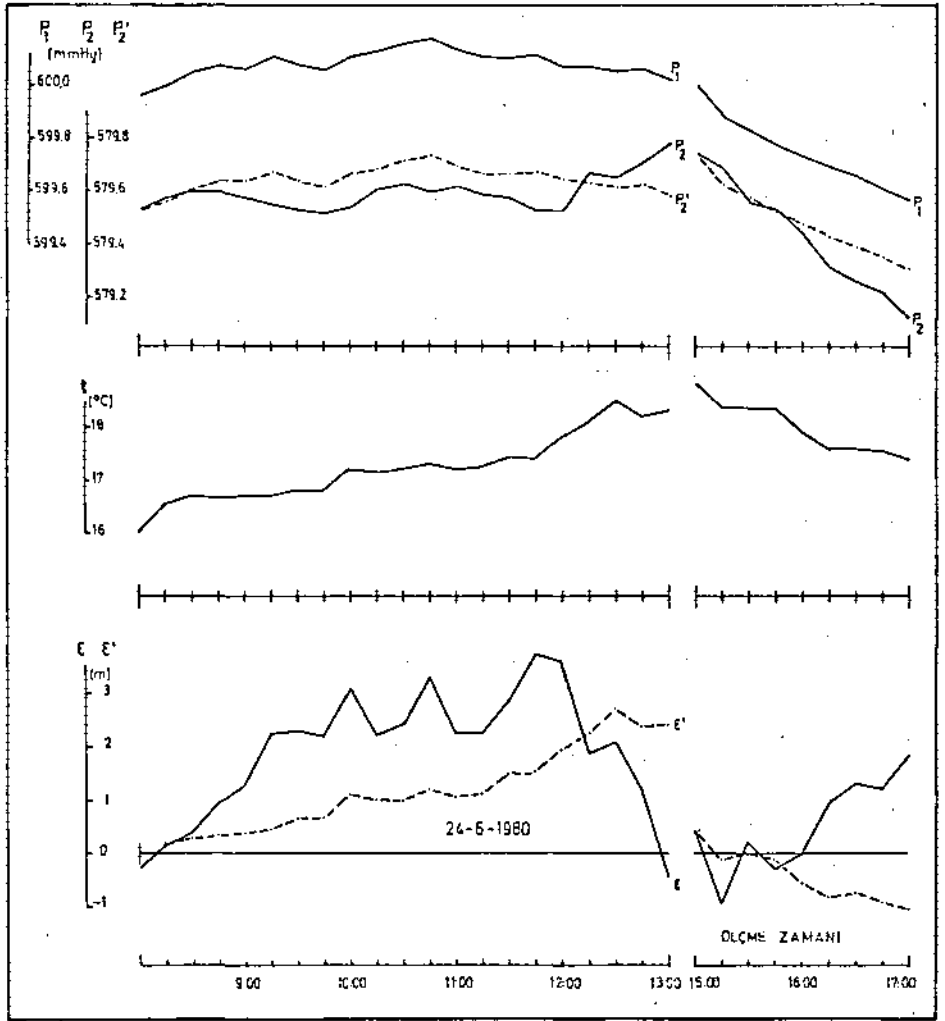
Ek : 24. Hamsiköy'de istasyonda ve 5 noktasında, indirgenmiş basıncın (P_1, P_2), ortalama sıcaklığın (t), yükseklik hatasının (ϵ), 5 noktasındaki düzeltilmiş basıncın (P_2') ve basınç düzeltilmesinden sonraki yükseklik hatasının (ϵ') ölçü zamanına göre değişimi.



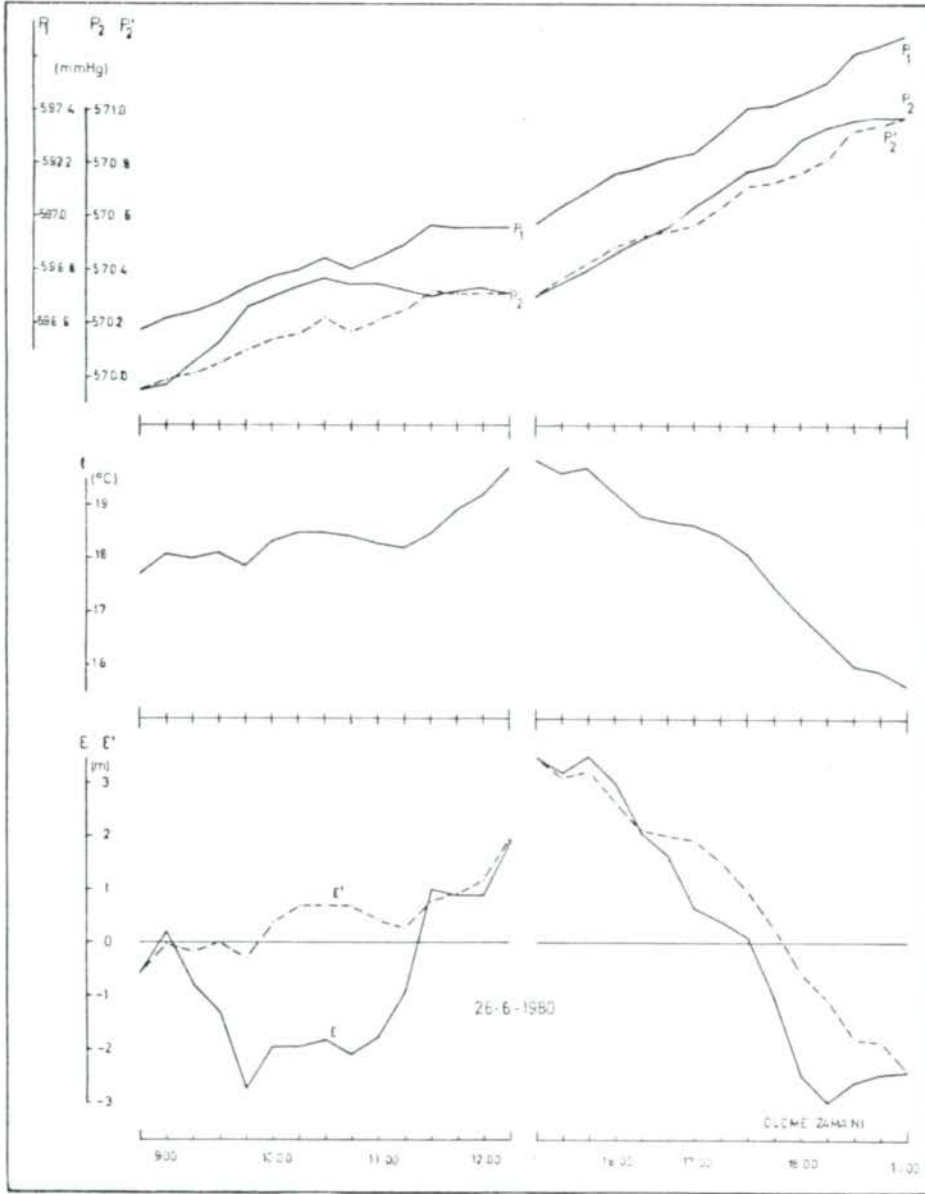
Ek : 25. Zigana'da istasyonda ve I noktasında, indirgenmiş basıncın (P_1, P_2), ortalama sıcaklığın (t), yükseklik hatasının (ϵ), I noktasındaki düzeltilmiş basıncın (P_2') ve basınç düzeltmesinden sonraki yükseklik hatasının (ϵ') ölçü zamanına göre değişimi.



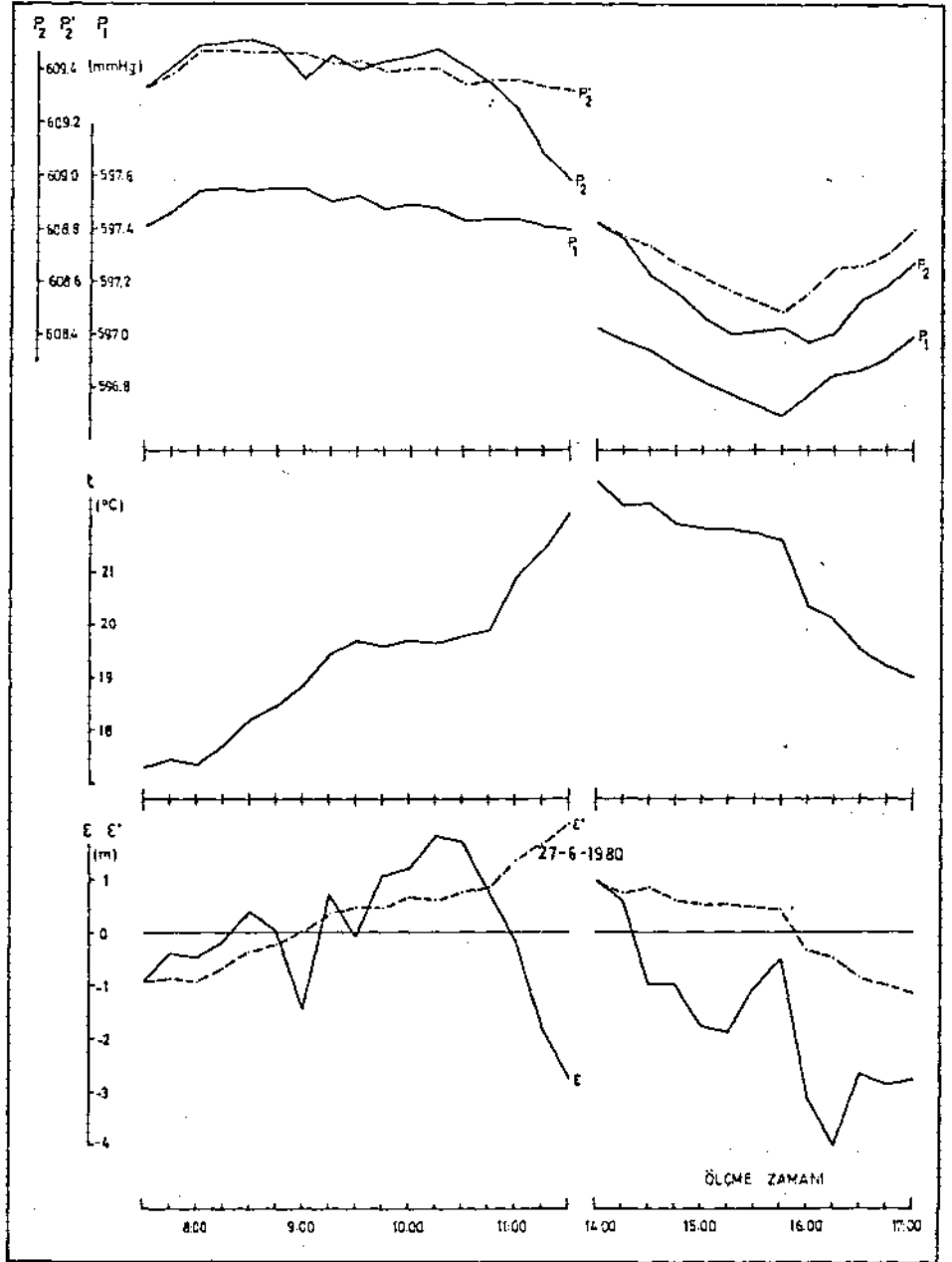
Ek : 26. Zigana'da istasyonda ve 2 noktasında, indirgenmiş basıncın (P_1, P_2), ortalama sıcaklığın (t), yükseklik hatasının (ϵ), 2 noktadaki düzeltilmiş basıncın (P'_2) ve basınç düzeltmesinden sonraki yükseklik hatasının (ϵ') ölçü zamanına göre değişimi.



Ek : 27. Zigana'da istasyonda ve 3 noktasında, indirgenmiş basıncın (P_1, P_2), ortalama sıcaklığın (t), yükseklik hatasının (E), 3 noktasındaki düzeltilmiş basıncın (P_2') ve basınç düzeltmesinden sonraki yükseklik hatasının (E') ölçü zamanına göre değişimi.



Ek : 28. Zığana'da istasyonda ve 4 noktasında, indirgenmiş basıncın (P_1, P_2), ortalama sıcaklığın (t), yükseklik hatasının (E), 4 noktadaki düzeltilmiş basıncın (P_2') ve basınç düzeltmesinden sonraki yükseklik hatasının (E') ölçü zamanına göre değişimi.



Ek : 29. Zigana'da istasyonda ve 5 noktasında, indirgenmiş basıncın (P_1, P_2), ortalama sıcaklığın (t), yükseklik hatasının (ϵ), 5 noktasındaki düzeltilmiş basıncın (P_2') ve basınç düzeltmesinden sonraki yükseklik hatasının (E') ölçü zamanına göre değişimi.

ÖZGEÇMİŞİM

1950 yılında Sivas ilinin Gürün ilçesinde doğdum. İlk ve ortaokulu Gürün'de okuduktan sonra, 1967 yılında Ankara'da Tapu ve Kadastro Meslek Lisesine girdim ve 1970 yılında mezun oldum. Tapu Kadastro Genel Müdürlüğüne bağlı Ceyhan Tapulama Müdürlüğünde üç ay teknisyen olarak çalıştım. Aynı yıl İstanbul Yıldız Üniversitesi (İstanbul Devlet Mühendislik ve Mimarlık Akademisi) Harita ve Kadastro Bölümüne girdim. 1974 yılında mezun olduktan sonra Urfa ili Suruç Tapulama Müdürlüğünde kontrol mühendisi olarak üç ay çalıştım. Aynı yıl, Yıldız Üniversitesi Harita ve Kadastro Bölümüne Master öğrencisi olarak girdim. 1976 yılında Harita Kadastro Yüksek Mühendisi olarak mezun oldum. 1977 yılında dört ay, Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü Fotogrametri Dairesi Kıymetlendirme Şubesinde çalıştım. 1977 yılı Mayıs ayında Karadeniz Üniversitesi (Karadeniz Teknik Üniversitesi) Jeodezi Fotogrametri Mühendisliği Bölümüne asistan olarak naklen atandım. 1981 yılında Mart-Temmuz ayları arasında askerlik görevimi tamamladım. Halen bu üniversitede Mühendislik ve Mimarlık Fakültesinde araştırma görevlisi olarak çalışmaktayım. Evliyim.