

GÜNEYBATI ANADOLU (EGE BÖLGESİ) DOPPLER JEİDİ

Emin AYHAN
Emin BANK
Alev ŞEKER
Onur LENK

ÖZET

Güneybatı Anadolu'da (Ege Bölgesi) belirli sıklıkta dağılım gösteren 12 birinci derece nivelman noktasında doppler ölçüleri yapılarak bir doppler jeoidi belirlenmektedir. Türkiye Birinci Derece Nivelman Ağı'nın kesin dengelemesi henüz yapılmadığından, test bölgesinde oluşturulan ve doppler ölçüsü yapılan nivelman noktalarını da içeren nivelman ağı jeopotansiyel sayılar (C) ile dengelemekte ve ortometrik (Helmert) ile normal yükseklikler belirlenmektedir.

Ayrıca Türkiye'deki doppler ölçme ve değerlendirme çalışmaları kısaca ele alınmakta ve ilgili doppler noktalarının ED50, GRS80, GRS83 ve WGS72 sistemlerinde elipsoid yükseklikleri hesaplanmaktadır.

Ortometrik, normal ve elipsoid yüksekliklerinden yararlanarak doppler noktalarında jeoid yüksekliği ve yükseklik anomalisi belirlenmekte ve hesaplanan doppler jeoidi diğer araştırmacılarca aynı bölge için belirlenen jeoidler ile karşılaştırılmaktadır. Test bölgesinde jeoid quasijeoid farkları maksimum 8.6 cm olarak bulunmaktadır.

1. GİRİŞ

Yersel ve bölgesel jeoid belirleme işlemleri eldeki verilerin türüne bağlı olarak farklı yöntemler ile yapılır (Rizos, 1982). Jeoid belirleme amacıyla kullanılan verilerden gravite anomali ölçüleri Türkiye'de değişik kurumlar tarafından yapılmaktadır. Bununla birlikte İç Anadolu Bölgesinde gravite ölçülerini tamamlayan Harita Genel Komutanlığı, diğer kurumlarca yapılan ölçüleri tek merkezde ve kendi bünyesinde toplama çalışmalarını programına almış bulunmaktadır. Çekül sapması belirlemek amacıyla astronomik ölçü yapılan nokta sayısı bu gün 251 olmuştur. Ancak daha önce yayınlanan çekül sapması bileşenleri (ξ, η) ile yeni ölçülenlerin homojen olmadığı belirlendiğinden, homojenleştirme çalışmaları yapılmakta ve astronomik ölçülere devam edilmektedir.

Bu kısa incelemeden ne gravite anomalilerinin ve ne de çekül sapmalarının jeoid belirleme çalışmalarına uygun nitelik ve nicelikte olmadıkları görülmektedir. Ancak, Harita Genel Komutanlığınca 1983 yılında satın alınıp ser-vise konulan üç adet MX1502 doppler alıcısı ile yapılan ölçülerin değerlendirilmesi, Güneybatı Anadolu'da (Ege Bölgesi) yerel bir jeoid belirleme olanağını sağlamıştır. Doppler ölçüleri ile jeoid belirleme yöntemi diğer yöntemlere göre daha kötü duyarlık sağladığından ve büyük bölgeler için gerekli nokta sıklığı sağlanmadığından genellikle uygulanmamaktadır (Rizos, 1982)

Bu çalışmada konu edilen doppler, geometrik nivelman ve gravite ölçüleri ile jeoid belirleme çalışmasının amaçları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

a. Farklı yöntem ve veriler kullanılarak yerel bir bölgede belirlenen jeoidleri kendi aralarında ve hesaplanan doppler jeoidi ile karşılaştırmak ve uygulanan yöntemler ile kullanılan verilerin özelliklerini ortaya koymak.

b. Belirli sıklıkta ölçülmesi plânlanan astronomik ölçüler yerine aynı bölgede doppler ölçüleri yaparak astronomik ve doppler ölçülerini birlikte yürütmek.

c. Hesaplanan doppler jeoid yüksekliklerini Δg , ξ , η , v.b. ölçüler ile birlikte topluca değerlendirerek jeoid belirlemek.

Ancak bu çalışmada yukarıda sözü edilen amaçlardan yalnızca ilki incelenmektedir.

Bilindiği gibi doppler, geometrik nivelman ve gravite ölçülerinden jeoid yüksekliği (yükseklik anomalisi) belirlemek amacıyla basit geometrik ilişkilerden yararlanarak kolaylıkla çıkarılabilen,

$$N = h - H^* \quad (1)$$

$$\zeta = h - H \quad (2)$$

eşitlikleri kullanılır (Heiskanen-Moritz, 1967).

(1) ve (2) eşitliklerindeki H^* (ortometrik), H (normal) yüksekliği ile h (elipsoid) yüksekliğinin test bölgesi verilerinden belirlenmesi bu çalışmanın ana konularını oluşturmakta ve sırasıyla 2'nci ve 3'üncü bölümlerde incelemektedir. Ayrıca yine 2'nci ve 3'üncü bölümlerde sırasıyla Türkiye Birinci Derece Nivelman Ağı ile Türkiye'de yürütülen doppler ölçme ve değerlendirme çalışmalarından söz edilmektedir. 4'üncü bölümde ise diğer araştırmacılarca Türkiye için hesaplanan jeoidlerin test bölgesine karşılık gelen

parçaları birbirleriyle ve bu çalışmada belirlenerek uygun datumlara dönüştürülen doppler jeoidi ile karşılaştırılmaktadır.

2. YOKSEKLİKLERİN BELİRLENMESİ

Değişik yükseklik türleri,

$$H = \frac{C}{G} \quad (3)$$

genel eşitliği ile tanımlanmakta ve jeodezide bilinen yükseklik türleri G değerinin özelleştirilmesi ile elde edilmektedir (Heiskanen-Moritz, 1967).

(3) eşitliğindeki H ilgili bir P noktasının yüksekliğini ve C noktanın jeopotansiyel sayısını gösterir. Jeoidin potansiyeli W_0 ve P noktasının potansiyeli W_p olmak üzere,

$$C = W_0 - W_p \quad (4)$$

eşitliği ile tanımlanan jeopotansiyel sayı g.p.u. (kgal.m) birimindedir.

(3) eşitliğindeki G ise benimsenen yükseklik türüne uygun tanımlanan ve P noktasından geçen çekül eğrisinin jeoidi deldiği P_0 ile P noktaları arasında kalan çekül eğrisi boyunca belirlenen ortalama bir gravitedir. Q jeoid noktası olmak üzere Q ve R noktaları arasında bir geçki boyunca jeopotansiyel sayı,

$$C = \int_Q^R g \, dn \quad (5)$$

ve geçki boyunca yapılan geometrik nivelman (δn_i) ve gravite (g_i) ölçülerinden yararlanarak uygulamada,

$$C = \sum_{i=Q}^R g_i \delta n_i \quad (6)$$

eşitliği ile belirlenir.

Test bölgesinde 12 tanesi aynı zamanda doppler noktası olan toplam 21 nivelman noktası, 1 mareograf istasyonu ve toplam uzunluğu 1855.7 km olan 24 geçkili, Türkiye Birinci Derece Nivelman Ağının bir bölümü bulunmaktadır. Nivelman geçkilerinden dördü üzerinde gravite ölçüleri bulunmadığından, Harita Genel Komutanlığı'nca hazırlanan 1972 yılı basımlı serbest hava anomali haritası üzerine koordinatları ile yerleştirilen bu geçkiler boyunca anomali-

ler okunarak gravite değerleri hesaplanmıştır. Daha sonra nivelman geçkilerin jeopotansiyel sayı farkları (6) eşitliği ile hesaplanarak sayısal sonuçlar Tablo-1'de sunulmaktadır. Test bۆlgesinde oluşturulan nivelman ağı Şekil-1'de gۆsterilmektedir.

Türkiye Birinci Derece Nivelman Ağı henüz dengelenmemiş ve dengeleme öncesi veri analizi aşamasında olduğundan, test bۆlgesinde yer alan nivelman ağı, hesaplanan jeopotansiyel sayı farkları ölçü ve noktaların jeopotansiyel sayıları bilinmeyen alınarak ayrıca dengelenmiştir. Dengeleme iki aşamalı olup ilk aşamada hiç bir sabit nokta alınmadan serbest aę dengelemesi yapılmış ve ölçüleme Pope'nin taü (τ) uyumsuz ölçüleme testi uygulanmıştır. İkinci aşamada Antalya mareograf istasyonunda, 1934-1958 yılları arasında yapılan ölçüleme aritmetik ortalaması ile bulunan ortalama deniz yüzeyi (MSL) sıfır yüzeyi alınarak sabit tutulmuş ve bağlı aę dengelemesi yapılmıştır. Dolaylı ölçüleme ile yapılan her iki dengelemede ölçüleme ağırlılığı

$$P_{ii} = \frac{200}{t^2 \cdot s} \quad (7)$$

eşitliği ile belirlenmektedir (Kok, v.d., 1980). (7) eşitliğindeki s km cinsinden geçki uzunluğunu gۆstermekte ve Türkiye Birinci Derece Nivelman Ağı için t değeri 4 alınmaktadır. Dengeleme sonunda hesaplanan yüksekliklerin (jeopotansiyel sayı) duyarlılığı $\bar{\pm} 5.6 \text{ cm}$ ($\bar{\pm} 5.5 \cdot 10^{-2} \text{ g.p.u.}$) olarak bulunmaktadır.

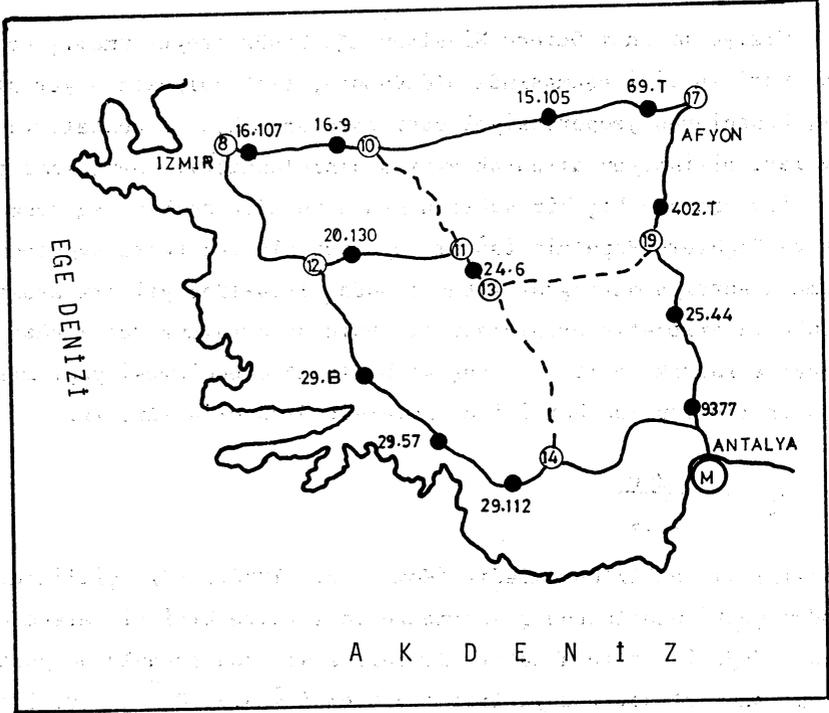
Dengelemede nivelman noktalarının hesaplanan kesin jeopotansiyel sayılarını (1) eşitliğinden yararlanarak Helmert ortometrik H^* ve normal H yüksekliğe dönüştürmek için sırasıyla,

$$H^* = \frac{C}{g - 0.424 \cdot H^*} \quad (8)$$

ve düzenlenmiş biçimiyle

$$H = \frac{C}{\gamma_0} (1 - (1 - f - m - 2 f \sin^2 \phi) \frac{C}{a\gamma_0} - (\frac{C}{a\gamma_0})^2) \quad (9)$$

eşitlikleri kullanılmaktadır (Heiskanen-Moritz, 1967). (8) ve (9) eşitliklerindeki gۆsterimlerin anlamları aşağıdadır.



- Gravite ölçülen nivelman geçkisi
- - - Gravite ölçülmeyen nivelman geçkisi
- Ⓜ I. Derece nivelman noktası
- Doppler noktası
- Mareograf

Şekil-1

TABLO-1 : NİVELMAN AĞI ÖZET BİLGİLERİ

Ölçü No.	Noktadan Noktaya	Niv.Nok. Sayısı (n)	Geçki Uzunluğu (S)	ΔC (g.p.u)	δn_m
1	M-9377	9	13.1 km.	264.570645	270.0061
2	9377-25.44	58	82.0	567.295386	579.0019
3	25.44-D19	67	95.6	11.521892	11.7601
4	D19-402T	27	22.2	265.212820	270.6979
5	402T-D17	96	87.3	-118.554190	-121.0033
6	D17-69.T	6	7.2	49.745747	50.7719
7	69.T-15.105	141	98.1	-185.653708	-189.4778
8	15.105-D10	225	145.0	-737.844378	-752.9589
9	D10-16.9	15	7.9	-11.878558	-12.1210
10	16.9-16.107	135	87.5	151.951616	155.0488
11	16.107-D8	18	10.1	-218.874276	-223.3316
12	D8-D12	212	143.0	15.059621	15.3542
13	D12-20.130	50	29.7	1.354020	1.3821
14	20.130-D11	141	82.4	83.884060	85.5802
15	D11-D10	64	114.4	-21.400154	-21.8141
16	D11-24.6	12	15.2	117.210760	119.6152
17	24.6-D13	9	12.4	120.851460	123.3353
18	D13-D19	61	166.5	467.720603	477.3556
19	D12-29.8	10	95.7	416.983823	425.5389
20	29.8-29.57	57	98.5	-446.776152	-455.9717
21	29.57-29.112	74	100.2	926.474393	945.6334
22	29.112-D14	17	33.2	232.281309	237.1136
23	D13-D14	115	155.1	805.562683	822.2447
24	D14-M	96	153.4	-1181.365196	-1205.7870
TOPLAM :		1715	1855.7 km		

- g Nivelman noktasında ölçülen gravite
 γ_0 Noktanın elipsoid üzerine izdüşüm noktasında hesaplanan normal gravite
f Basıklık
 $m = \frac{\omega^2 a^2 b}{kM}$
 ω Yerin açısal dönme hızı
a,b Büyük ve küçük yarı eksenler
 ϕ Enlem
kM Newton çekim sabiti ile yerin kütlesi çarpımı

(9) eşitliği ile hesaplanan normal yükseklik benimsenen jeodezik başlangıç sistemi parametrelerine bağlıdır. Bu çalışmada Tablo-2'de parametreleri verilen dört ayrı jeodezik başlangıç sistemi kullanılmaktadır. Aynı zamanda doppler noktası olan nivelman noktalarının söz konusu sistemlerde belirlenen normal yükseklikleri ve ayrıca hesaplanan Helmert ortometrik yükseklikleri Tablo-3'de verilmektedir.

Tablo-3'de verilen yüksekliklerin hesabında kullanılan geometrik nivelman ölçülerine getirilen düzeltmeler ile düşey datum probleminin kısaca incelenmesi, hesaplanan yüksekliklerin doğrulukları konusuna açıklık getireceği düşünülmektedir.

Harita Genel Komutanlığı'nca bu güne kadar yürütülen çalışmalarda geometrik nivelman ölçülerine kırılma, astronomik ve manyetik düzeltmeler getirilmemiştir. Anılan düzeltmelerin Türkiye koşullarında hangi büyüklüğe ulaştığı bilinemeyip ilgili modellendirme çalışmaları yapılmadığından, nivelman ağı hesaplamaları üzerindeki etkileri konusunda tahminde bulunmak güç olacaktır.

TABLO-2 : GEODEZİK REFERANS SİSTEMLERİ

GRS	a (m)	1/f	kM (m^3/sn^2)	ω rad/sn
ED-50	6378388	297.00	$3.986329 \cdot 10^{14}$	$0.72921151 \cdot 10^{-4}$
WGS-72	6378135	298.26	$3.986005 \cdot 10^{14}$	$0.7292115147 \cdot 10^{-4}$
GRS-80	6378137	298.257	$3.986005 \cdot 10^{14}$	$0.7292115 \cdot 10^{-4}$
GRS-83	6378136	298.257	$3.9860044 \cdot 10^{14}$	$0.7292115 \cdot 10^{-4}$

TABLO-3 : ORTOMETRİK VE NORMAL YÜKSEKLİKLER

Nokta No.	H* (m)	H(m)			
		ED50	WGS72	GRS80	GRS83
16.107	261.532	261.539	261.541	261.542	261.542
16.9	106.510	106.507	106.508	106.509	106.509
402.T	1131.506	1131.420	1131.432	1131.433	1131.433
15.105	871.672	871.622	871.630	871.632	871.632
25.44	849.044	849.000	849.008	849.010	849.010
69.T	1061.199	1061.114	1061.125	1061.126	1061.126
29.112	968.755	968.694	968.704	968.706	968.706
29.57	23.080	23.080	23.080	23.080	23.080
29.B	479.062	479.056	479.061	479.062	479.062
20.130	54.896	54.895	54.895	54.895	54.895
24.6	260.115	260.099	260.102	260.102	260.102
9377	270.012	270.007	270.010	270.101	270.010

Düşey datum problemi ise Antalya mareograf istasyonunda elde edilen 22 yıllık ölçülerin aritmetik ortalaması ile belirlenen MSL, sıfır yüzeyi alınarak çözümlenmektedir. Mareograf ölçülerinin ayrıntılı bir analizinin yapılmamış olması hesaplanan yüksekliklerde bir kayıklığın umulmasına neden olmaktadır. Ayrıca MSL genellikle jeoid ile çakışmamakta ve bilindiği gibi jeoid ile MSL arasındaki yükseklik farkı Deniz Yüzeyi Topoğrafyası (SST) olarak isimlendirilmektedir (Vanicek-Krakiwsky, 1982). Antalya mareografında, Las-kowski (1983)'de verilen ve oşinoğrafik yöntemle hazırlanan haritada -90 cm, altimetre ölçülerinden elde edilen Cruz-Rapp (1982)'deki haritada ise SST için 24 cm bulunmaktadır. Bu nedenle yalnızca SST'nin gözönünde tutulmamasından, hesaplanan yüksekliklerde 24 cm (veya -90 cm)'lik bir kayıklık umulabilir.

Yukarıda açıklanan getirilmeyen düzeltmeler ve uygun düşey datumun belirlenememesinden kaynaklanan sorunlar, Türkiye Birinci Derece Nivelman Ağının çözüm bekleyen güncel sorunlarıdır ve test bölgesinde doppler noktalarının hesaplanan yüksekliklerini etkiledikleri gözönünde bulundurulmalıdır.

3. DOPPLER ÖLÇÜLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Ülke boyutunda jeodezik çalışmalarda kullanılmak amacıyla Harita Genel Komutanlığı'nca, 1983 yılında, 3 adet MX1502 doppler alıcısı servise konularak

Türkiye'de uydu doppler tekniği ile ilgili çalışmalara başlanmıştır. Başlangıçta duyarlı efemeris (PE) elde edilemediğinden değerlendirmelerde ölçü sırasında uydunun yayınladığı yayın efemerisi (BE) kullanılmıştır. Doppler ölçülerinin değerlendirilmelerinde, PE veya BE'nin kullanılabildiği, nokta konumlama (point positioning, PP) ve yarı kısa yay (semi-short arc, SSA) modellerine uygun hesaplama yapılabilen MAGNET kullanılmaktadır (Ross, 1982), (Magnavox, 1980).

Türkiye'de uydu doppler ölçmeleri iki aşamalı plânlanmış ve bu plânlamaya uygun yürütülmektedir. Ülke yüzeyinde dağılan 30 noktalı sıfırinci derece ağın oluşturulmasını amaçlayan ilk aşama ölçüler 1983 ve 1984 yılında tamamlanmıştır. Bu çalışmalarda, alıcılardan biri aynı zamanda Türkiye Ulusal Datumu - 1954 (TUD-1954)'nun başlangıç noktası olan Ankara yakınındaki Meşedağ noktasında sabit tutulup diğer iki alıcı sıfırinci derece noktalarda (genellikle astronomi noktaları) konumlandırılarak eş zamanlı ölçüler yapılmıştır. İkinci aşama doppler nokta sıklaştırması olarak düşünülmüş ve bu amaçla 1985 yılında 48 noktada (16 tanesi nivelman noktaları üzerinde) doppler ölçüsü yapılmıştır. Sıklaştırma ölçülerinde alıcılardan biri çalışma bölgesine giren bir sıfırinci derece noktada sabit tutulup diğer iki alıcı sıklaştırma noktalarında konumlandırılarak eş zamanlı ölçüler yapılmaktadır.

Ölçme çalışmalarının iki aşamada yürütülmesine paralel olarak değerlendirme çalışmaları da iki aşamada yapılmaktadır.

İlk aşamada, 30 noktada yapılan eş zamanlı ölçülerle oluşturulan 16 grup ölçü, guruplara giren nokta koordinatları üzerinde koşul tanımlamadan gurup gurup olmak üzere MAGNET ile değerlendirilerek noktaların BE koordinat sisteminde koordinatları hesaplanmaktadır. Gurupların ortak noktası olan Meşedağ'ın koordinatlarından yararlanarak söz konusu 16 gurup daha sonra birleştirilmiştir. Birleştirme işleminde Meşedağ'ın 16 gurup koordinatı ölçü olarak alınıp, guruplardan koordinatlara ait varyans-kovaryans matrisleri ile oluşturulan stokastik model ile yapılan dengeleme sonucu Meşedağ Koordinatları hesaplanmaktadır. Daha sonra Meşedağ için hesaplanan bu koordinatlar sabit tutularak 16 gurup ölçü Magnet ile yeniden değerlendirilerek sıfırinci derece noktaların koordinatları hesaplanmaktadır. Hesaplanan koordinatlar BE koordinat sisteminde X,Y,Z dik koordinatlar ile WGS72 sisteminin elipsoidine göre belirlenen λ, ϕ, h jeodezik koordinatlarıdır.

Sıklaştırma ölçülerinin değerlendirilmesinde ise bir alıcının sabit tutulduğu sıfırınca derece noktanın BE koordinatları sabit tutularak diğer noktaların koordinatları Magnet ile ve yine BE koordinat sisteminde hesaplanmaktadır.

Bilindiği gibi NWL-10D ismi ile anılan BE koordinat sistemi PE koordinat sistemi (17 Haziran 1977'ye kadar NWL-9D sonra NWL-9C2) ile özdeş olmayıp aralarında kayıklık, dönüklük ve ölçek farkı bulunmaktadır (Jenkins-Leroy, 1978), (Kumar, 1982), (Meade, 1982). BE ile PE koordinat sistemleri arasında dönüşüm parametrelerini belirlemek amacıyla yapılan global ve yerel anlamlı çalışmalarda, genellikle birbirinden farklı sayısal sonuçların hesaplandığı ve önerildiği görülmektedir (Jenkins-Leroy, 1978), (Bouchet, v.d., 1981). Ayrıca jeosentrik olduğu varsayılan PE koordinat sistemi ile yerel datuamlar arasındaki dönüşüm parametreleri için de farklı değerler önerilmektedir (Seppelin, 1974), (Bouchet, v.d., 1981).

Bu çalışmada, başlangıçta Seppelin (1974)'de PE (WGS72)'den ED50'ye dönüşüm için verilen parametreler ile Tablo-4'de gösterilen ve Jenkins-Leroy (1978)'de verilen BE'den PE (WGS72)'ye dönüşüm parametreleri kullanılmıştır. Ancak bu parametrelerle dönüştürülen elipsoid yükseklikleri ile hesaplanan jeoidin diğer yöntem ve verilerle hesaplanan jeoidler ile uyumlu olmadığı görülmüştür. Bu nedenle daha sonra, Türkiye'nin hemen yakınında bir bölgede (Avrupa) gerçekleştirilen EDOC-2 doppler ölçülerinden belirlenen ve Tablo-4'de sunulan dönüşüm parametreleri kullanılmaktadır (Bouchet, v.d., 1981).

TABLO-4 : DÖNÜŞÜM PARAMETRELERİ

Parametre	BE → PE NWL-10D → NWL-9D	PE → ED50 NWL-9D → ED50	BE → ED50 NWL-10D → ED50	BE → WGS72
T_x	- 1 m	96.1 m	95.1 m	0
T_y	- 2 m	93.2 m	91.2 m	0
T_z	- 8 m	134.5 m	126.5 m	- 2.6 m
θ_z	0.1"	1.11"	1.21"	0.26"
Δ	$0.9 \cdot 10^{-6}$	$-3.29 \cdot 10^{-6}$	$-2.39 \cdot 10^{-6}$	$0.61 \cdot 10^{-6}$

1985 yılında ölçüleri tamamlanan sıklaştırma noktalarından Güneybatı Anadolu (Ege Bölgesi)'da bulunan 16 tanesi Türkiye Birinci Derece Nivelman noktaları ile çakışıktır. Bu doppler noktalarından 12 tanesinin Helmert

ortometrik ve normal yükseklikleri 2'nci bölümde hesaplanmış olup BE sisteminde hesaplanan jeodezik koordinatları Tablo-4'de verilen dönüşüm parametreleri ile diğer datumlara dönüştürülmekte ve belirlenen elipsoid yükseklikleri (h) Tablo-5'de sunulmaktadır. GRS80 ve GRS83 sistemleri için Tablo-5'de verilen elipsoid yükseklikleri, geosentrik varsayılan NWL-9D sisteminde sırasıyla GRS80 ve GRS83 elipsoidleri kullanılarak hesaplanmaktadır.

TABLO-5 : ELİPSOİD YÜKSEKLİĞİ h (METRE)

Nok.No.	Enlem	Boylam	ED50	GRS80	GRS83	WGS72
16.107	38° 27'	27° 19'	245.69	298.37	299.38	295.45
16.9	38 29	28 03	90.00	142.25	143.25	139.34
402.T	38 14	30 10	1115.48	1167.23	1168.24	1164.34
15.105	38 41	29 29	856.52	907.70	908.70	904.82
25.44	37 32	30 29	828.51	881.52	882.52	878.60
69.T	38 48	30 23	1046.62	1097.16	1098.17	1094.30
29.112	36 44	29 28	939.64	994.76	995.76	991.78
29.57	36 49	28 49	-7.96	47.30	48.31	44.32
29.B	37 15	28 15	456.01	510.65	511.66	507.68
20.130	37 52	28 05	35.49	88.94	89.94	86.00
24.6	37 52	29 02	240.02	293.02	294.03	290.10
9377	36 57	30 37	241.46	295.59	296.59	292.64

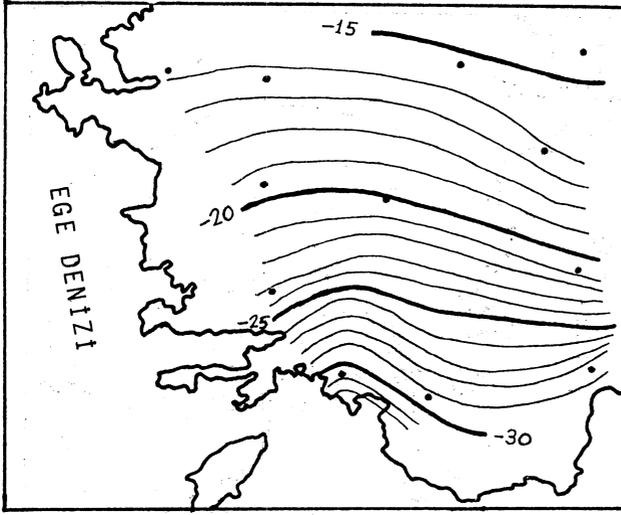
4. DOPPLER JEİDİ

Herhangi bir P yeryüzü noktasının doppler ölçüleri ile bir başlangıç elipsoidine göre elipsoid yüksekliği h ve geometrik nivelman ve gravite ölçüleri ile Helmert ortometrik H^* ve normal H yükseklikleri hesaplandığında, geometrik olarak Şekil-2'de gösterildiği gibi (1) ve (2) eşitlikleri ile P noktasının, sırasıyla jeoid yüksekliği N ve yükseklik anomalisi ζ belirlenir.

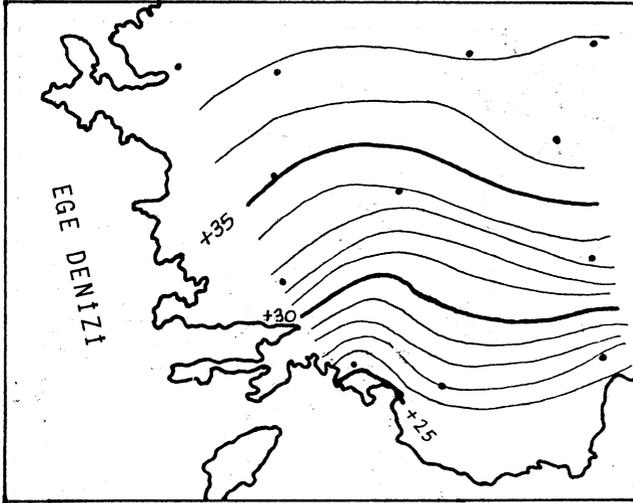
Bu düşünce ile test bölgesinde, nivelman noktalarıyla çakışan 12 doppler noktasının Tablo-3'de verilen ortometrik ve normal yükseklikleri, Tablo-5'de sunulan farklı sistemlerdeki elipsoid yükseklikleri kullanılarak (1) ve (2) eşitlikleri ile doppler jeoid yükseklikleri ve doppler yükseklik anomalileri hesaplanmakta ve Tablo-6'da sunulmaktadır. Farklı datumlar için Tablo-6'da verilen doppler jeoid yükseklikleri Şekil-3-4-5 ve 6'da çizgisel olarak gösterilmektedir.

TABLO-6 : JEÖİD YÜKSEKLİĞİ (N) VE YÜKSEKLİK ANOMALİSİ (Z)

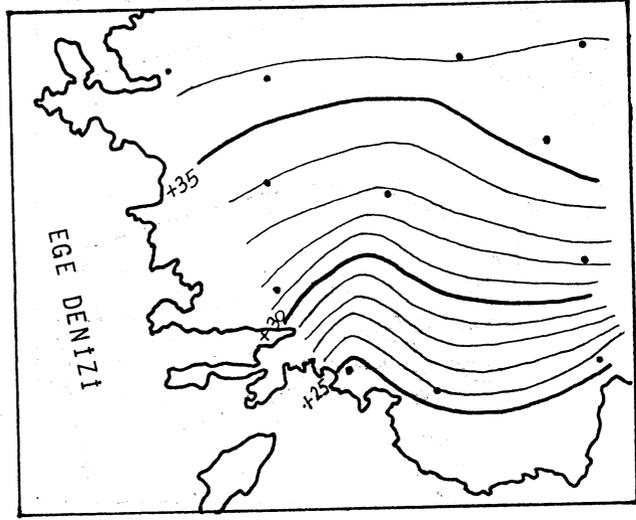
Nokta No.	N					Z				
	ED-50	GRS80	GRS83	WGS72	ED-50	GRS80	GRS83	WGS72		
16-107	-15.84 m	+36.84 m	+37.85 m	+33.92 m	-15.85 m	36.83 m	37.84 m	33.91 m		
16-9	-16.51	35.74	36.74	32.83	-16.51	35.74	36.74	32.83		
402-T	-16.03	35.72	36.73	32.83	-15.94	35.90	36.81	32.91		
15-105	-15.15	36.03	37.03	33.15	-15.10	36.07	37.07	33.19		
25-44	-20.53	32.48	33.48	29.56	-20.49	32.51	33.51	29.59		
69-T	-14.58	35.96	36.97	33.10	-14.49	36.03	37.04	33.18		
29-112	-29.12	26.01	27.01	23.03	-29.05	26.05	27.05	23.08		
29-57	-31.04	24.22	25.23	21.24	-31.04	24.22	25.23	21.24		
29-B	-23.05	31.59	32.60	28.62	-23.05	31.59	32.60	28.62		
20-130	-19.41	34.04	35.04	31.10	-19.41	34.04	35.05	31.11		
24-6	-20.10	32.91	33.92	29.99	-20.08	32.92	33.93	30.00		
9377	-28.55	25.58	26.58	22.63	-28.55	25.58	26.58	22.63		



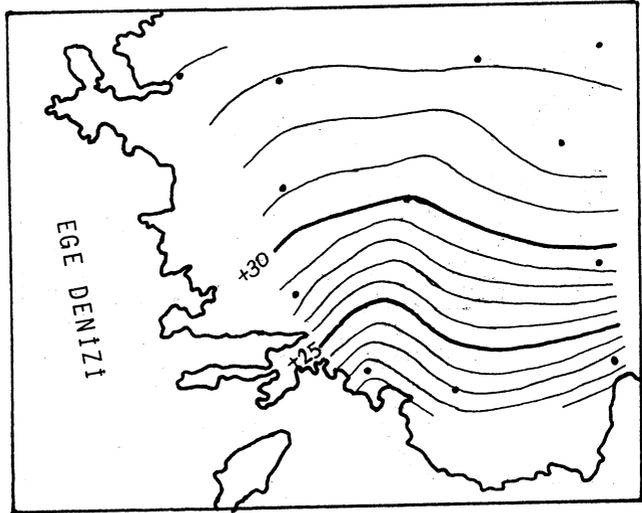
Şekil-3 : DOPPLER JEOİDİ. ED50



Şekil-4 : DOPPLER JEOİDİ. GRS83



Şekil-5 : DOPPLER JEOİDİ. GRS83



Şekil-6 : DOPPLER JEOİDİ. WGS72

jeoidi arasında okuma duyarlılığı içinde bulunan uyumsuzluk beklenmeyen bir sonuç olarak değerlendirilmektedir.

Yukarıdaki karşılaştırmalara ek olarak söz konusu jeoidleri yerel karakteristikleri ile karşılaştırmak amacıyla jeoid yükseklik farkları karşılaştırılmaktadır. Bu amaçla Tablo-7'deki doppler noktaları arasında

$$\Delta N_{ij} = N_i - N_j \quad (10)$$

farkları hesaplanmakta ve karakteristik olanlar Tablo-8'de verilmektedir.

Tablo-8'de verilen jeoid yükseklik farkları incelendiğinde, genelde belirli bir uyum içinde olmalarına karşılık okuma duyarlılığı içinde bile birbirlerine göre yerel distorsiyonlara sahip oldukları görülmektedir.

Son olarak 2'nci bölümde açıklanan yükseklik belirleme işlemlerinin kontrolünü sağlamak ve test bölgesinde jeoid quasideoid farklarının ulaştığı boyutu görebilmek amacıyla Tablo-6'da verilen değerlerden ve ayrıca Heiskanen-Moritz (1967)'deki

$$(N-\zeta)_m = \Delta g_B(\text{gal}) \cdot H_{\text{km}} \quad (11)$$

eşitliğinden jeoid yüksekliği yükseklik anomalisi farkları hesaplanmakta ve Tablo-9'da sunulmaktadır. (11) eşitliğindeki Δg_B Bouguer gravite anomalisidir.

Tablo-9'da verilen değerler incelendiğinde her iki yolla belirlenen farkların birbiri ile uyum içinde oldukları görülmektedir. Bunun anlamı gerek yükseklik hesaplama çalışmalarının ve gerekse (11) eşitliğinin güvenilir ve doğru olduklarıdır.

5. SONUÇLAR

Doppler, geometrik nivelman ve gravite ölçülerinden yararlanarak Ege Bölgesinde birinci derece nivelman noktaları ile çakışık 12 doppler noktasında, (1) ve (2) eşitliklerine uygun olarak N ve ζ hesaplanmakta ve haritaları sunulmaktadır.

Noktaların jeopotansiyel sayıları belirlenirken, analizleri yapılmayan mareograf ölçülerinin aritmetik ortalamasıyla belirlenen MSL'nin sıfır yüzeyi alınması, SST'nin gözönünde bulundurulmaması ve geometrik nivelman ölçülerine düzeltmelerin (kırılma, astronomik, manyetik) getirilmemesi nedenleriyle,

TABLO-7 : DEĞİŞİK YÖNTEMLERLE BULUNAN JEİD YÜKSEKLİKLERİ
(METRE BİRİMİNDE)

Nokta No.	Ayan (1976) ED50	Tsch. (1985) ED50	B-AG* ED50/79	Dopp. ED50	B-G** GRS80	Dopp. GRS80
16.107	-10.4	-14.4	-16.8	-15.84	+36.6	+36.84
16.9	- 9.9	-14.5	-17.3	-16.51	35.5	35.74
402-T	- 8.5	-16.6	-19.3	-16.03	33.0	35.72
15.105	- 7.8	-13.9	-16.5	-15.15	35.0	36.03
25.44	-12.4	-22.9	-25.0	-20.53	28.0	32.48
69.T	- 6.3	-13.4	-17.0	-14.58	34.0	35.96
29.112	-20.5	-31.3	-36.0	-29.12	20.0	26.01
29.57	-21.5	-31.0	-36.5	-31.04	20.0	24.22
29.B	-18.5	-26.3	-28.5	-23.05	26.5	31.59
20.130	-14.1	-19.5	-23.5	-19.41	30.8	34.04
24.6	-12.0	-20.0	-24.6	-20.10	29.5	32.91
9377	-20.5	-28.5	-31.3	-28.55	23.0	25.58

* Brennecke v.d. (1983)'de verilen Astrogravimetrik jeoid.

** Brennecke v.d. (1983)'de verilen Gravimetrik jeoid.

Noktadan Noktaya	Ayan (1976)	Tsch. (1985)	B-AG	B-G	Doppler
16.107-9377	10.1	14.1	14.5	13.6	12.7
16.107-29.57	11.1	16.6	19.7	16.6	15.2
29.57-9377	- 1.	- 2.5	- 5.2	- 3.0	- 2.5
9377-69.T	-10.6	-15.1	-14.3	-11.0	-14.0
24.6-9377	8.5	8.5	6.7	6.5	8.5
24.6-29B	6.5	6.3	3.9	3.0	3.0
24.6-15.105	- 4.2	- 6.1	- 8.1	- 5.5	- 5.0
24.6-16.107	- 1.6	- 5.6	- 7.8	- 7.1	- 4.3
9377-15.105	-12.7	-14.6	-14.8	-12.0	-13.4
24.6-69.T	- 5.7	- 6.6	- 7.6	- 4.5	- 5.5
24.6-25.44	0.4	2.9	0.4	1.5	0.4
29.112-69.T	-14.2	-17.9	-19.0	-14.0	-14.5
29.57-69.T	-15.2	-17.6	-19.5	-14.0	-16.5
29.B-9377	2.0	2.2	2.8	3.5	5.5
29.B-69.T	-12.2	-12.9	-11.5	- 7.5	- 8.5

TABLO-9 : JEÖİD QUASİJEÖİD FARKLARI (METRE)

Nok.No.	$\zeta - N$ Tablo-6'dan	$\zeta - N$ (11) eşit.
16.107	-0.007	-0.007
16.9	0.002	0.002
402.T	0.086	0.084
15.105	0.050	0.049
25.44	0.045	0.044
69.T	0.085	0.083
29.112	0.061	0.059
29.57	0.001	0.001
29.B	0.006	0.006
20.130	0.002	0.001
24.6	0.015	0.015
9377	0.005	0.005

oluşturulan nivelman ağında distorsiyon ve kayıklık umulmaktadır. Söz konusu kayıklık ve distorsiyonlar (1) ve (2) eşitliklerindeki yüksekliklerin doğruluklarını direkt olarak etkilediğinden, ölçü ve hesaplamaların iyileştirilmesi çalışmalarına başlanması ve sonuçlandırılması gerekmektedir. Ayrıca doppler ölçülerinin değerlendirilmesinde yayın efemerisi yerine duyarlı efemerisin kullanılması ile ilgili çalışmalar Harita Genel Komutanlığı'na başlatılıp sürdürülmekte ve bu çalışmaların tamamlanması gerekmektedir.

Bir önceki paragrafta sözü edilen nedenlerle, bu çalışmada belirlenen Güney-Batı Anadolu jeoidi geçici bir jeoid olarak düşünülmekte, doğruluğu konusunda kesin değerler verilen ve diğer yöntemlerle belirlenen jeoidlerle daha anlamlı karşılaştırmalar yapmaya olanak tanıyan bir jeoid belirlemek amacıyla çalışmalar sürdürülmektedir. Ayrıca test bölgesinin doğusundaki komşu bölgede, 1986 yılında, aynı nitelikli doppler ölçüleri plânlanmış olup yeni noktalar ile daha büyük bir bölgede jeoid hesaplamaları mümkün olacaktır.

Bölüm 4'de farklı yöntem ve veriler ile test bölgesi için belirlenen jeoidler karşılaştırılmakta ve gerek mutlak değer ve gerekse yerel özellikleri ile birbirlerinden farklı oldukları sonucuna varılmaktadır. Söz konusu farklılıkların nedeni yöntemlerdeki kuramsal yaklaşımlar (örn.farklı koordinat sistemleri) olabileceği gibi büyük bir olasılıkla verilerin homojen olmamaları

ve distorsiyonlar içermeleridir. Ölçülerde olabilecek distorsiyonların ölçüyü yapan ve/veya değerlendiren kişiler tarafından en iyi ve doğru olarak bilindiği gözönünde bulundurularak, jeoid hesaplamaları öncelikle ülke düzeyinde yürütülmeli ve sonra ön analizleri yapılan ölçüler ile daha büyük alanlar (örn.Avrupa) için jeoid hesaplanmalıdır.

K A Y N A K L A R

- /1/ Ayan, T. : Astrogeodatische Geoidberechnung für das Gebiet der Türkei. Karlsruhe. (1976)
- /2/ Balazs, E.I. : Corrections Applied by the National Geodetic Survey to
Young, G.M. Precise Levelling Observations. NGS. Rockville (1982)
- /3/ Boal, J.D. : Geometric Aspects of Vertical Datums. Technical Papers
of the 44th Annual Meeting, ACSM, Washington (1984)
- /4/ Boucher, C. : Second European Doppler Observation Campaign (EDOC-2).
Paquet, P. DGK. Reihe B, Heft Nr. 255 (1981)
Wilson, P.
- /5/ Brennecke, J. : A European Astro-Gravimetric Geoid. DGK. Reihe B. Heft
Lelgemann, E. Nr. 269 (1983)
Reinhart, E.
Torge, W.
Weber, G.
Wenzel, G.
- /6/ Chen, J.Y. : Geodetic Datum and Doppler Positioning. Mitteilungen,
der geodatischen Institute der Technischen Universität
Graz, Graz (1982)
- /7/ Cruz, J.Y. : Sea Surface Heights in the Mediterranean Area From
Rapp, R.H. Seasat Altimeter Data. Proc. of the 2nd Int.Sym. on the
Geoid in Europe and Mediterranean Area. Rome. (1982)
- /8/ Googe, W.D. : LEVEL and CIRCUIT (Levelling Network Adjustment By
Leroy, C.F. Least Squares). DMATC. (1976)
Skaggs, H.H.
- /9/ Gürkan, O. : Astrojeodezik Ağların Deformasyonu ve Türkiye I. Derece
Triangülasyon Ağı. KTÜ. Trabzon (1979)
- /10/ Heer, R. : A Method for Detecting Vertical Soil Movements from
Leonhard, I. Scattered Levelling Nets.
Applications on the First Precise Levelling Nets on
Hamburg. DGK. Reihe B, Heft Nr. 258/V (1982)
- /11/ Heiskanen, W. : Physical Geodesy. Freeman (1967)
Moritz, H.
- /12/ Hoar, G.J. : Satellite Surveying. Magnavox Advanced Products and
Systems Company. California (1982)
- /13/ Holdahl, S.R. : Aspects of a New System for North America.
Tech. Papers of the 44th Annual Meeting, ACSM, Washington.
(1984)

- /14/ Jenkins, R.E. : "Broadcast" Versas "Precise" Ephemeris-Apples and Oranges?
 Leroy, C.F. Proc. of the 2nd Int.Geod. Sym. on Sat. Dopp. Positioning.
 Austin (1978)
- /15/ Kok, J.J. : The Adjustment of the United European Levelling Network
 Ehrnsperger, W. (UELN) and its Analysis of Precision and Reliability. 2nd
 Rietveld, H. Int.Sym. on Problems Related to Redefinition of North
 American Vertical Geodetic Networks. Ottawa (1980)
- /16/ Kumar, M. : An Unbiased Analysis of Doppler Coordinate Systems.
 Proc. of the 3rd Int. Geod.Sym. on Sat. Dop.Position-
 ing. New Mexico. (1982)
- /17/ Lachapelle, G. : Comparison of Doppler-Derived and Gravimetric Geoid
 Undulations in North America. Proc. of the 2nd. Int.
 Geod. Sym. on Sat. Dop. Positioning. Austin (1978)
- /18/ Laskowski, P. : The Effect of Vertical Datum Inconsistencies on the
 Determination of Gravity Related Quantities.
 OSU. Rept. No. 349, Columbus (1983)
- /19/ Levallois, J.J.: Le Geoide European. Version 1978.
 Monge, H. IAG. Ancona. (1978)
- /20/ Lohmar, F.J. : A Geoid Profile Across the Alps Determined By Satellite
 Marchesini, C. Doppler Positioning. Proc. of the 2nd Int. Sym. on the
 Seeger, H. Geoid in Europe and Mediterranean Area, Rome. (1982)
- /21/ Magnavox : Networks Adjustment Computer Program Magnet with Mxlist
 and Magdat. Operator's Manuel.
 Magnavox Advanced Products and Systems Company.
 California. (1980)
- /22/ Meade, B.K. : NWL-10F Versus WGS-72 Doppler Results and Broadcast
 Versus Precise Ephemeris Coordinates.
 Proc. of the 3rd Int. Ged.Sym. on Sat. Dop.Positioning.
 New Mexico. (1982)
- /23/ Moritz, H. : Geodetic Reference System 1980. Bulletin Geodesique.
 Vol. 54 No. 3 (1980)
- /24/ Rapp. R.H. : Aspects of Geoid Definition and Determination.
 Proc. of the General Meeting of the IAG. Tokyo. (1982)
- /25/ Rapp. R.H. : The Need and Prospects for a World Vertical Datum. Proc.
 of the IAG sym., Hamburg. (1983)
- /26/ Rappleye, S.H. : Manuel of Levelling Computation and Adjustment. DMA.
 Special Pub. No. 240 (1948)
- /27/ Rizos, C. : The Role of the Geoid in High Precision Geodesy and
 Oceanography. DGK. Reihe A, Heft Nr. 96 (1982)
- /28/ Ross, W.T. : Magnet Magnavox Network. Adjustment Post Processing
 Software. Proc. of the 3 rd. Int. Geod. Sym. on Sat.
 Dop. Positioning. New Mexico. (1982)
- /29/ Seppelin, T.O. : World Geodetic Datum 1972. DMA. Washington. (1974)
- /30/ Tscherning, C.C: Private Communication. (1985)
- /31/ Vanicek, P. : Geodesy: The Concepts.
 Krakiwsky, E.J. North-Holland. Amsterdam. (1982)