

## AFYONKARAHİSAR'DA GPS GÖZLEMLERİ VE NİVELMAN ÖLÇÜLERİ YARDIMIYLA YEREL JEOİD PROFİLİNİN ÇIKARILMASI

Fatih TAKTAK, Mevlüt GÜLLÜ

Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon Mühendislik Fakültesi, Jeodezi ve  
Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, 03200, Afyonkarahisar

### ÖZET

Bu çalışma için Afyon Kocatepe Üniversitesi ANS Kampüsü civarındaki bir bölgede jeoid yüksekliğinin belirlenmesi amacıyla bir hat boyunca ölçümler yapılmıştır. Bu nedenle yaklaşık Kuzey-Güney doğrultusundaki Afyonkarahisar-Eskişehir karayolu boyunca arazinin karakteristik özelliklerini temsil edecek şekilde 18 adet nokta tesis edilmiştir. Noktalar arasındaki elipsoidal yükseklik farklarını hesaplayabilmek için GPS gözlemleri, yaklaşık ortometrik yükseklik farklarını hesaplayabilmek için ise geometrik nivelman ölçüleri yapılmıştır.

Elde edilen verilere göre, seçilen hat boyunca jeoid yüksekliği ortalama 38.126 m olarak hesaplanmıştır. Jeoid ondülasyonu değişimlerinin arazinin topografyasının genel karakteristik özelliğine bağlı olarak değiştiği gözlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Jeoid, elipsoid, ortometrik yükseklik, GPS/Nivelman

### DETERMINATION OF LOCAL GEOID PROFILE USING GPS OBSERVATIONS AND LEVELING MEASUREMENTS IN AFYONKARAHİSAR

### ABSTRACT

This study was made to observe the difference between geoid and elipsoid surrounding The Campus of Afyon Kocatepe University. Another meaning, the variation of geoid heights and geoid undulations 18 points were established approximate on the North-south direction during the road of

Afyonkarahisar-Eskişehir. These points represents the areas characteristics. GPS levelling were measured to calculate the difference of the elipsoidal heights. Orthometric heights were measured by geometric levelling that approximate the difference of orthometric heights computed.

According to obtained data for this area the geoid height approximately was found 38.126 m. It has been observed that regularities of the variation of the geoid undulations depends on topographical charecter of ground.

**Key Word :** Geoid, ellipsoid, orthometric height, GPS/Levelling

## 1. GİRİŞ

Günümüze kadar jeoid belirleme çalışmalarında gravimetrik yöntem, astrojeodezik yöntem ve potansiyel katsayılar yönteminden yararlanılmıştır. Ancak uydu ölçme tekniklerindeki ilerlemeler özellikle Global Konum Belirleme Sistemi'nin (GPS) ve bilgisayar ve uydu teknolojisindeki gelişmeler, Dünya elipsoidi parametrelerinin belirlenme doğruluğunu önemli ölçüde artırmıştır.

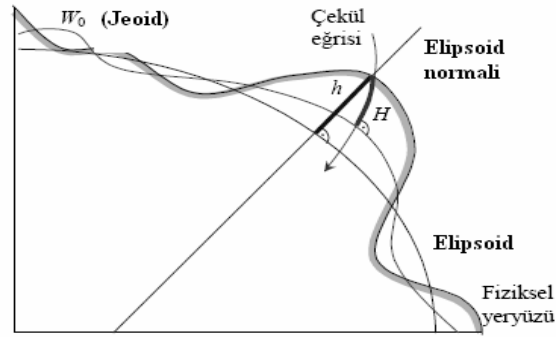
Pratikte noktaların yüksekliklerin belirlenmesi için yapılan nivelman işlemi hem zaman alıcı hem de yorucudur. Bu olumsuzluğu GPS gözlemleri ile giderebilmek ve hesaplanan ortometrik yüksekliklerin hassasiyetinden emin olabilmek için jeoid yüksekliklerinin hassas olarak belirlenmesi gerekir. Ortometrik yükseklikler klasik olarak Ulusal Düşey Kontrol Ağına bağlı olarak geometrik nivelman ölçüleri ile belirlenmektedir. Ancak bu durum GPS teknolojisinin sağladığı 3 boyutlu koordinat belirleme olanağının tam olarak kullanılamaması anlamına gelmektedir. Bu nedenle GPS ile elde edilen elipsoid yüksekliklerinin doğrudan ortometrik yüksekliğe dönüştürülebilmesi için uygun jeoid modellerinin belirlenmesi ve kullanıma sunulması gerekmektedir.

GPS gözlemleri ile elipsoidal yükseklikler hassas olarak bulunduğu göre, bunlardan hesaplanacak olan ortometrik yüksekliklerin hassasiyeti jeoid yüksekliklerinin hassasiyetine bağlıdır. Tüm dünya için uygulamalara yeterli hassasiyeti sağlayacak bir jeoidin belirlenip ortaya konması mümkün olmadığından her bölge için yerel jeoidin belirlenmesine çalışılmaktadır. Bu çalışmada Afyonkarahisar il merkezinde seçilen Kuzey-Güney yönünde bir hat boyunca jeoid profili çıkarılıp ortometrik yüksekliklerin belirlenmesi için gerekli jeoid yükseklikleri elde edilmiştir.

## 2. JEODEZİDE YÜKSEKLİK SİSTEMLERİ

Jeodezide yükseklik sistemleri genel olarak teorik (bilimsel) ve pratik yükseklikler olarak tanımlanmaktadır. Jeoid, teorik bir kavram olup, yeryüzü noktalarına göre konumu bilinmediğinden değişik varsayımların kabulü ile bilimsel yükseklikler tanımlanmıştır. Bu yükseklikler jeopotansiyel, dinamik, normal, ortometrik ve elipsoidal yüksekliklerdir [1].

- **Jeopotansiyel yükseklik**, yeryüzündeki bir noktadan geçen nivo yüzeyinin  $W_p$  potansiyeli ile jeoidin  $W_0$  potansiyeli arasındaki kilokal \* metre biriminde verilen potansiyel farktır.
- **Dinamik yükseklik**, jeoid ile nivo yüzeyleri arasındaki jeopotansiyel farkın, gravite ivmesine bölünmesi ile elde edilen yüksekliktir.
- **Normal yükseklik**, yeryüzünün gerçek gravite potansiyelinin, normal gravite potansiyeline eşit olduğu ( $W=U$ ), yerin gerçek gravitesinin, normal graviteye eşit ( $g=\gamma$ ) ve dolayısıyla bozucu potansiyelinin olmadığı ( $T=0$ ) varsayımlarına göre hesaplanmış yüksekliktir.
- **Ortometrik yükseklik**, fiziksel yeryüzündeki bir noktanın ortometrik yüksekliği, noktadan geçen çekül eğrisi boyunca jeoid olan normalin uzunluğudur (Şekil 1).
- **Elipsoidal yükseklik**, Elipsoidal yükseklik, jeoid yüzeyinden olan ortometrik yükseklikten jeoid yüksekliği kadar farklıdır (Şekil 1).



Şekil 1. Elipsoidal ( $h$ ) ve ortometrik ( $H$ ) yükseklik

## 3. JEODİ BELİRLEME TEKNİKLERİNİN SINIFLANDIRILMASI

Jeoid yüzeyi, yeryüzünün genelinde ya da bir bölümünde değişik ölçüm teknikleriyle elde edilmiş değerlere sahip, düzenli bir yapıdaki noktalar kümesinden elde edilir. Bu yüzey ele alınmış büyüklüğüne göre değişik dalga

boyları şeklinde ifade edilirler. 100 km'nin altındaki bir alan için elde edilen jeoidde kısa dalga boylu jeoid denirken, 100-1000 km arasındaki bir alanda elde edilen orta dalga boylu, 1000 km'nin üzerindeki bir alan için elde edilen ise uzun dalga boylu jeoid olarak adlandırılır [2].

Jeoid, yoğunluğun ve kütle dağılımının bir fonksiyonu olup, jeoid belirlemede kullanılan veriler, yeryuvarı içerisindeki kütle yoğunluğunun dağılımını yansıtmaktadır. Jeoid yüzeyi, yeryüzünün genelinde ya da bir bölümünde değişik ölçme teknikleri ile elde edilen veriler kullanılarak belirlenebilir. Jeoidin, nokta profil ya da bir yüzey şeklinde belirlenmesi mümkündür. Genel olarak jeoid belirlemede kullanılan veri kaynakları ile, gözlem büyüklükleri Çizelge 1'deki gibi sıralanabilir [3].

**Çizelge 1.** Jeoid Belirlemede kullanılan veri kaynakları ve en çok kullanılan yöntemler.

Kaynaklar	Büyüklükler	Yöntemler
Gravimetrik veriler	Gravite gözlemleri	Kombine yöntemler (GPS-Nivelman, GPS-Gravimetrik)
Astro-jeodezik veriler	Astronomik gözlemler	Gravite alanı modelleri
Nivelman verileri	Dünyaya yakın uydulara, yapılan gözlemler	Global modeller
Yeryuvarına ilişkin veriler	Uydulardan, dünyaya yapılan gözlemler (altimetre)	Astro-jeodezik yöntemler
Uydu altimetri verileri	GPS-Nivelman gözlemleri	
Topografik ve sayısal arazi modeli verileri		
Referans elipsoidine ait geometrik verileri		
GPS, SLR, VLBI verileri		

Jeoidi belirlemek için yukarıda sözü edilen yöntemlerden en uygunu, elde edilen verilerin çeşitliliğine ve istenen presizyona göre belirlenir. Örneğin, GPS ve nivelman ölçmelerinin var olduğu bir yerde GPS/Nivelman yöntemi uygundur. Öte yandan, gravite değerleri elde edilmişse ve presizyonlu bir jeoid belirlenmesi isteniyorsa kombine yöntem seçilebilir [4].

### 3.1. GPS / Nivelman Yöntemi ile Jeoid Yüksekliği Belirleme

Jeodezik amaçlı GPS gözlemlerinde, uydulara dayalı olarak ölçülen yükseklikler ve rölatif yükseklik farkları Dünya Jeodezik Sistemi-1984 (WGS84) elipsoidine dayalı olarak elde edilen değerlerdir. Ancak, pratik yüksekliklerin bulunabilmesi için elipsoid yüzeyi ile fiziksel yeryüzü arasında bir geçiş yüzeyinin dolayısıyla jeoidin tanımlanması gerekmektedir [1]. Bu şekilde elipsoid yüksekliği, ortometrik yükseklik ve jeoid yüksekliği arasında,

$$h=H+N \quad (1)$$

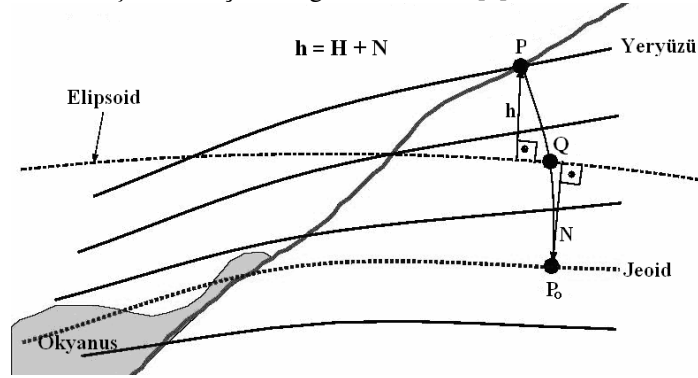
biçiminde bir ilişki mevcuttur.

Burada,

- h : Elipsoidal yükseklik,
- H : Ortometrik yükseklik,
- N : Jeoid yüksekliği,

olarak tanımlanmaktadır (Şekil 2).

Son yıllarda GPS/nivelman yöntemine göre elde edilmiş jeoid yükseklik değerlerini veri olarak kullanan polinom ve bulanık mantık ilkelerine göre jeoid yüksekliğini belirleme çalışmaları hesap kolaylığı ve presizyonlu sonuçlar vermesi bakımından tercih edilmektedir. Her iki hesaplama yönteminde de bölgeyi temsil edecek şekilde yeterli sayıda nokta bulunması gerekmektedir. Polinomlarla hesapta en az 5. dereceye kadar katsayıların belirlenmesi, bulanık mantık ilkelerinde ise alt küme sayısının presizyonlu sonucu verecek şekilde seçilmesi gerekmektedir [4].



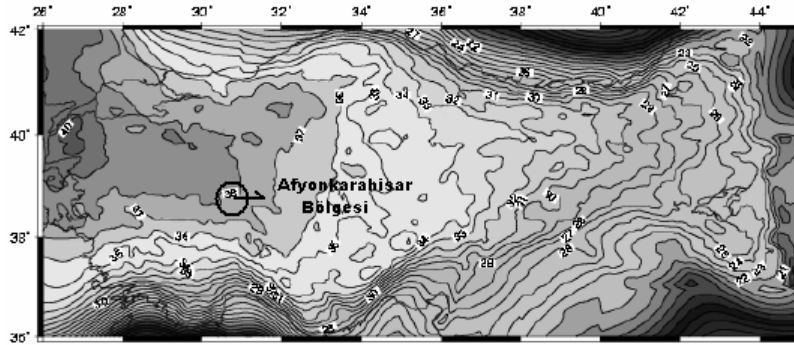
Şekil 2. Ortometrik, elipsoidal ve jeoid yükseklik farkları arasındaki ilişki.

## 4. UYGULAMA

### 4.1. Çalışma Alanı ve Yapılan Ölçüler

Bu çalışma, Afyonkarahisar il merkezinde Afyonkarahisar-Eskişehir karayolu üzerinde (Maliye Sarayı civarlarında başlayıp Gazlıgöl ilçesinin 2 km dışında sona eren) yaklaşık 21 km uzunluğunda ve Kuzey-Güney doğrultusunda yükselen arazi yapısına sahip bir hat üzerinde yapılmıştır. Bu hattın Kuzey-Güney doğrultusunda seçilmesindeki amaç düzenlenmiş Türkiye Jeoidi - 1999 (TG-99A) jeoidinin değişiminin bu bölge için Kuzey-Güney yönünde değişmesi ve daha gerçekçi değerlerin elde edilmesinin beklenmesidir (Şekil 3). Seçilen güzergah gezilerek arazinin karakteristik özelliklerini temsil eden yerlerde olmasına özen gösterilerek hat boyunca ardışık olarak 18 adet nokta belirlenmiştir. El GPS'i yardımıyla noktaların yaklaşık koordinatları ölçülmüş ve röperleri tutulmuştur. Noktalar yumuşak zeminde beton blok ve pilye, kayalık zeminde ise demir çivi olarak tesis edilmiştir.

GPS ölçümleri, Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı (TUTGA)'na dahil 9000, 9001 nolu iki noktadan sabit nokta olarak faydalanılarak statik ölçü yöntemine göre yapılmıştır. Gözlemlerde ikisi sabit diğeri gezici olmak üzere üç adet Ashtech Z-Xtreme GPS alıcısı kullanılmıştır. Alıcı 12 kanal  $L_1/L_2$  çift frekanslı, statik ve hızlı statik ölçümlerde, yatayda; 5mm + 1ppm, düşeyde: 10mm + 1ppm doğruluk verilerine sahiptir.



Şekil 3. Türkiye Jeoidi - 1999 (TG-99A) (m) [5].

Statik ölçü yöntemine göre yapılan ölçülerde her noktada ortalama 50 dakikalık oturumlar yapılmıştır. Yapılan ölçüler, Ashtech Office Suit yazılım programı kullanılarak, TUTGA noktalarının koordinatlar vasıtasıyla, dayalı

olarak dengelenmiştir ve test ağının noktalarının Uluslar arası Yersel Referans Ağı-2000 (ITRF 00) ve Avrupa Datumu-1950 (ED50) datumuna bağlı 3 derecelik koordinatlar elde edilmiştir.

Bu noktalar arasındaki yükseklik farkları, yapılan geometrik nivelmanla bulunmuştur. Ölçüler gidiş-dönüş olarak farklı ekipler tarafından yapılmıştır. Geometrik nivelman ölçüleri TOPCON DL-101C elektronik dijital nivo aleti ile yapılmıştır.

Test ağına ait noktaların ülke koordinat sistemindeki yüksekliklerinin belirlenebilmesi için mevcut alanda bulunan en yakın Rs noktasının röper krokisi alınarak arazide bulunmuş ve koordinatları el GPS yardımıyla kontrol edilmiştir. Duvarda tesis edilmiş olan Rs 488 (H= 1005.976 m) noktasından kot değeri noktalara taşınmıştır. Yapılan geometrik nivelman ölçüsü için birim ölçünün ortalama hatası  $m_0 = \pm 4.31$  mm olarak bulunmuştur. Tüm ölçü ve hesaplamalarda Büyük Ölçekli Haritaların Yapım Yönetmeliği değerleri esas alınmıştır.



Şekil 4. GPS (a) ve geometrik nivelman ölçümü (b).

#### 4.2. Sayısal Uygulama

Test ağında mevcut olan noktalar arasında geometrik nivelmanla elde edilen yükseklik farklarına, gidiş ve dönüş ölçmelerinin farklı atmosferik şartlarda yapılmasından dolayı atmosferik düzeltme (ısı düzeltmesi) getirilmiştir. Atmosferik düzeltme değerleri,

$$C_t = (t_m - t_s) \Delta h x C_e \quad (2)$$

bağıntısından hesaplanır. Burada,

$C_t$  : Mira ısı düzeltmesi  
 $t_m$  : İnar şeridinin ölçülen ortalama ısı (arazide ölçülen)  
 $t_s$  : İnar şeridinin ayar ısı (standardizasyon)  
 $\Delta h$  : Nivelman noktaları arasında ölçülen yükseklik farkı  
 $C_e$  : Miranın her ısı derecesindeki değişimin ortalama ısı genleşme katsayısı (invar uzama katsayısı,  $m/^\circ C$ )  
 dir. Atmosferik düzeltme getirilmiş değerler Çizelge 2.' de verilmiştir.

**Çizelge 2.** Atmosferik düzeltme getirilmiş değerler.

Hat No	Gidiş (m)	Dönüş (m)	Ortalama (m)
1-2	-0.535006	-0.541008	-0.538007
2-3	31.288422	31.277469	31.282945
3-4	-28.576557	-28.578600	-28.577579
4-5	2.136032	2.1420385	2.139035
5-6	1.091014	1.092013	1.091513
6-7	0.548005	0.542008	0.545007
7-8	2.209026	2.206052	2.207539
8-9	20.461276	20.456276	20.458776
9-10	-16.485272	-16.486296	-16.485784
10-11	4.858051	4.843058	4.850554
11-12	3.676044	3.669049	3.672546
12-13	6.572078	6.563078	6.567578
13-14	9.144123	9.155109	9.149616
14-15	10.745161	10.741177	10.743169
15-16	-0.186002	-0.188002	-0.187002
16-17	-5.176069	-5.177077	-5.176573
17-18	8.459139	8.458126	8.458633

Geometrik nivelmanla bulunan yükseklik farklarına nivelman boyunun her iki ucu arasındaki yerçekimi ivmesi değişimlerinden dolayı;

$$\delta_o = \Delta h - h (d \varphi'') \cdot (0.0053 \sin 2 \varphi) \cdot \sin 1'' \quad (3)$$

bağıntısından düzeltme değerleri hesaplanır [6].

Burada,

$\delta_o$  : Normal ortometrik yükseklik farkı

$\Delta h$  : Nivelman ile elde edilmiş yükseklik farkı

$h$  : Deniz yüzeyinden olan ortalama yükseklik ( $h = (h_A + h_B)/2$ )

$d \varphi''$  : Saniye cinsinden enlem farkı ( $d \varphi'' = \varphi_B - \varphi_A$ )

$\varphi$  : Ortalama enlem ( $\varphi = (\varphi_A + \varphi_B)/2$ )

dir.

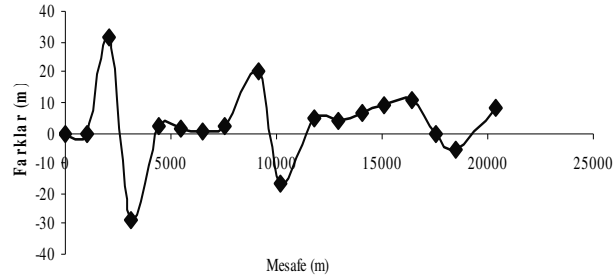


Ortometrik düzeltme getirmek suretiyle geometrik yükseklik farkları ortometrik yükseklik farklarına yaklaştırılmıştır. Hesap değerleri Çizelge 3'de verilmiştir. Ortometrik düzeltme getirilmiş kot farklarının grafiksel olarak gösterilişi Şekil 5' de verilmiştir.

**Çizelge 3.** Ortometrik düzeltme getirilmiş değerler.

Hat No	$\varphi^\circ$	Atmosferik Düzeltme (m)	Ortometrik Düzeltme (mm)	Ortometrik Sonuç (m)
1-2	38.77801	-0.538007	0.8	-0.53718
2-3	38.78663	31.282945	0.7	31.28224
3-4	38.79560	-28.577579	0.9	-28.57709
4-5	38.80639	2.139035	1.0	2.13792
5-6	38.81670	1.091513	0.8	1.09019
6-7	38.82587	0.545007	0.9	0.54412
7-8	38.83520	2.207539	0.8	2.20616
8-9	38.84636	20.458776	1.2	20.45777
9-10	38.85787	-16.485784	0.9	-16.48509
10-11	38.86970	4.850554	1.3	4.84872
11-12	38.88176	3.672546	0.9	3.67204
12-13	38.89189	6.567578	0.9	6.56607
13-14	38.90208	9.149616	1.0	9.14902
14-15	38.91304	10.743169	1.1	10.74091
15-16	38.92327	-0.187002	0.9	-0.18514
16-17	38.93232	-5.176573	0.9	-5.17613
17-18	38.94457	8.458633	1.5	8.45753

Ortometrik Düzeltme Grafiği



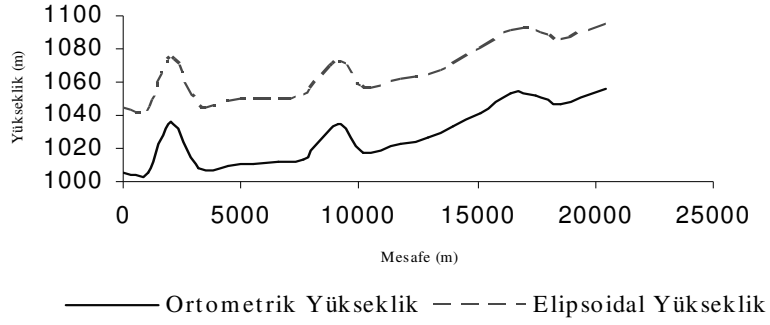
**Şekil 5.** Ortometrik düzeltme grafiği.

Noktalara ait ortometrik yükseklikler, WGS84 sistemindeki elipsoidal yükseklikler ve jeoid yükseklik değerleri çizelge 4'de verilmiştir. Buna göre en düşük jeoid yüksekliği değeri 37.775 m, en yüksek jeoid yüksekliği değeri 38.501 m ve ortalama jeoid yükseklik değeri olarak 38.126 m bulunmuştur. Bulunan değerlerden elde edilen jeoid ve elipsoide ait bir profil (Şekil 6) ve jeoid yüksekliği değişim grafiği (Şekil 7)'de görülmektedir.

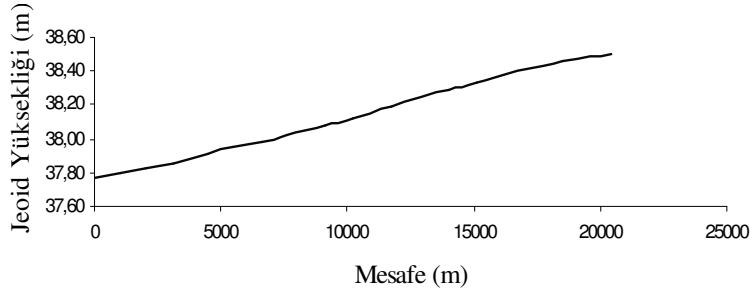
**Çizelge 4.** Noktalara ait jeoid ondülasyonu değerleri.

NN	h (m)	H (m)	N (m)
1	1043.345	1005.570	37.775
2	1042.833	1005.033	37.800
3	1074.139	1036.315	37.824
4	1045.586	1007.739	37.847
5	1047.787	1009.877	37.910
6	1048.917	1010.968	37.949
7	1049.498	1011.513	37.985
8	1051.739	1013.720	38.019
9	1072.262	1034.178	38.084
10	1055.820	1017.693	38.127
11	1060.735	1022.543	38.192
12	1064.627	1026.215	38.412
13	1071.074	1032.783	38.291
14	1080.271	1041.932	38.339
15	1091.051	1052.674	38.337
16	1090.905	1052.488	38.417
17	1085.774	1047.312	38.462
18	1094.271	1055.770	38.501

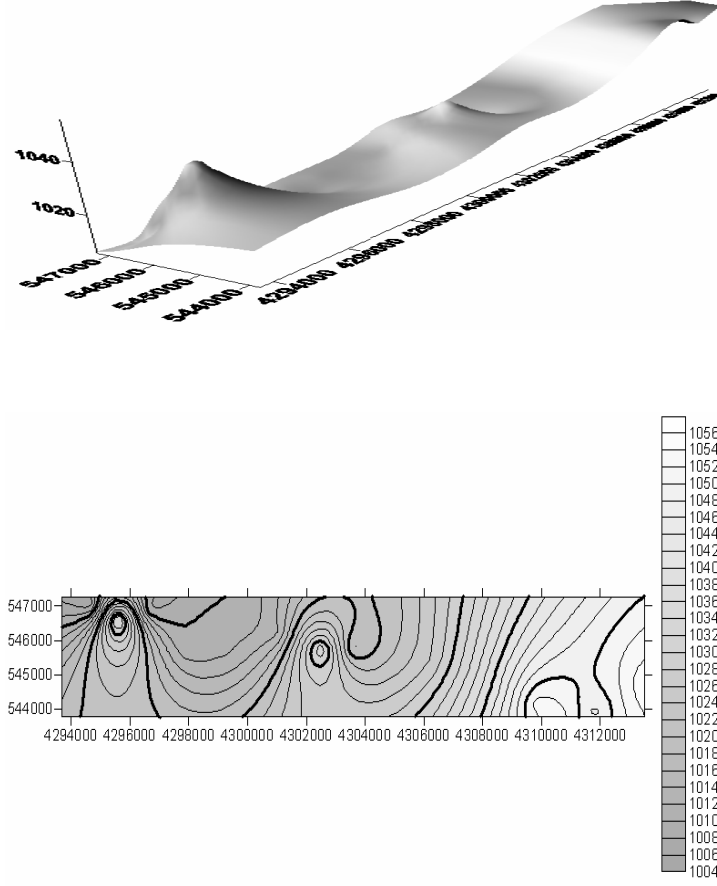
## Ortometrik ve Elipsoidal Yükseklikler

**Şekil 6.** Arazinin topoğrafik yapısına ilişkin kesit.

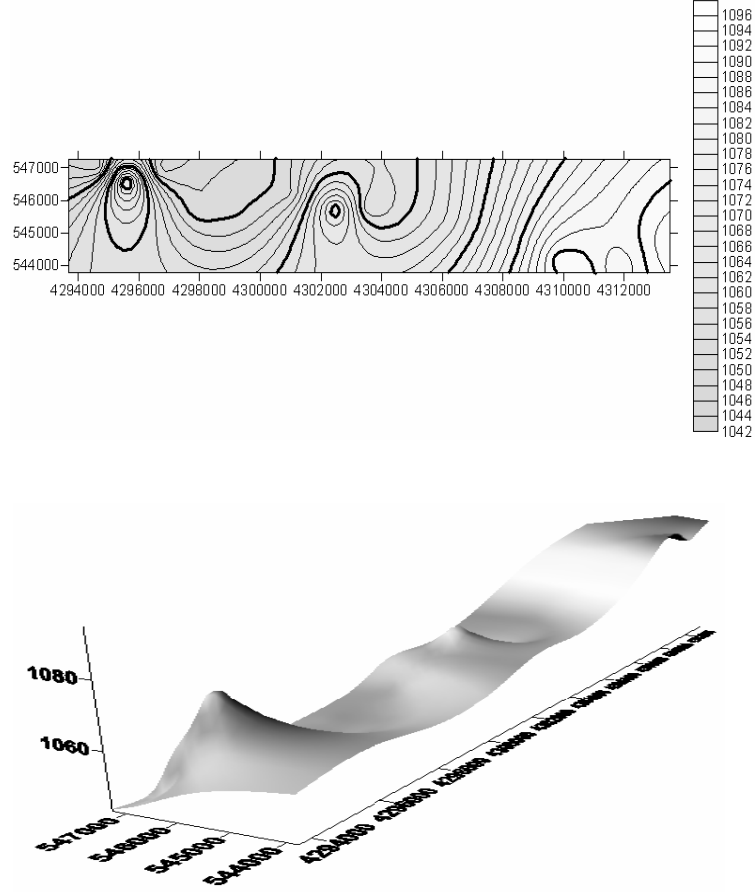
## Jeoid Profili

**Şekil 7.** Jeoid yüksekliğinin değişimine ait grafik.

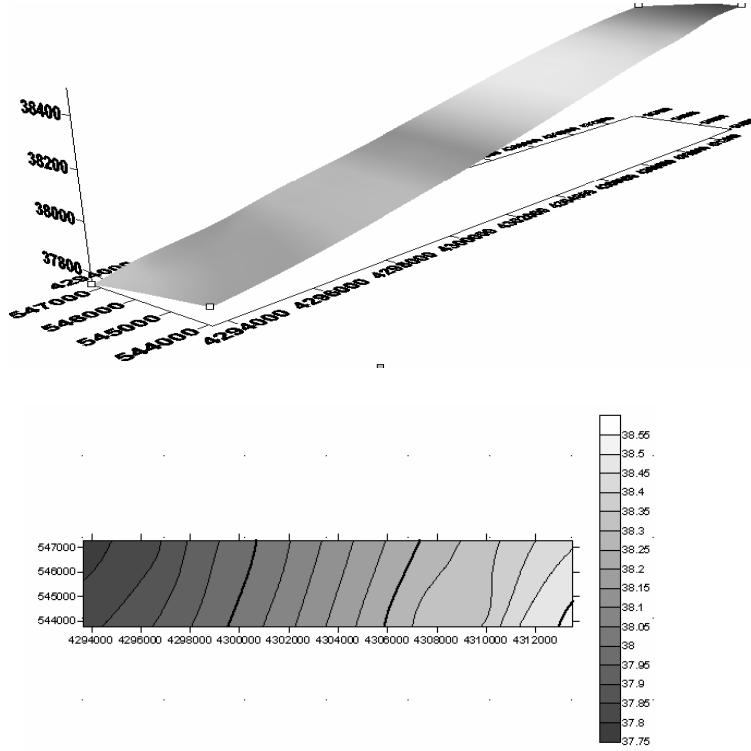
Elde edilen ortometrik yükseklik (Şekil 8.), elipsoidal yükseklik (Şekil 9.) ve jeoid yüksekliğinin (Şekil 10.) üç boyutlu profilleri ve modelleri oluşturulmuştur.



Şekil 8. Ortometrik yükseklik üç boyutlu profili ve modeli



Şekil 9. Elipsoidal yükseklik üç boyutlu profili ve modeli



**Şekil 10.** Jeoid yüksekliğinin üç boyutlu profili ve modeli

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüz teknolojisinin sunmuş olduğu GPS tekniği kullanılarak, nokta konum ve yükseklikleri kolaylıkla elde edilebilmektedir. GPS ile belirlenen elipsoidal yüksekliklerden, pratikte kullanılan yüksekliklere “cm” doğruluklu bir jeoid modeli kullanılarak ulaşılabilmektedir.

Jeoidin oluşturulmasında kullanılacak çeşitli yöntemler vardır. Bu yöntemler içerisinde, ekonomiklik, yaygınlık, uygulanabilirlik ve hesaplama kolaylığı kriterleri dikkate alındığında, GPS/Nivelman yöntemi ön plana çıkmaktadır. Dünyada ve ülkemizde yapılan çok sayıda çalışmada, GPS/Nivelman yöntemini önerilmektedir.

Jeoid yükseklikleri Ankara için 33.185 m, Bursa için 36.495 m [7], Zonguldak için 32.557 m [8], Konya'da Kuzey-Güney yönünde 16 nokta için 35.709 m [9], Konya için Konya-İstanbul karayoluna dik 17 nokta için 35.735 m [10], bulunmuştur.

Jeoid yüksekliklerinin GPS ve geometrik nivelman ölçüleri ile belirlenebilirliğinin, incelendiği bu çalışmada Kuzey-Güney yönünde seçilen yaklaşık 21 km'lik bir hat boyunca jeoiddeki değişim incelenmiştir. Hat boyunca belirlenen noktalardaki jeoid yüksekliği 37.775 m ile 38.501 m arasında değişmekte olup ve ortalama değişim 38.126 m'dir.

Günümüzde jeodezik ağların konumlandırılması ve mevcut ağlarda sıklaştırma çalışmaları GPS ile yapılmaktadır. GPS ile elde edilen elipsoidal yüksekliklerden uygulamada kullanılan ortometrik yüksekliklere dönüştürülmesi gerekmektedir. Bunun için de yerel jeoidden bölgesel jeoid geçişi, bu hatların değişik yönlerde çoğaltılması, yani hem elipsoidal yüksekliği hem de ortometrik yüksekliği bilinen noktaların çoğaltılması gerekir. Böylelikle jeoid için yüzey belirlemede kullanılacak uygun noktalar üretilmiş olacaktır. Ancak bu noktaların arazi topografyasını iyi temsil etmesi ve uygun dağılımı doğruluk açısından önemlidir.

## 6. KAYNAKLAR

1. Taktak, F., Afyonkarahisar'da Gps Gözlemleri Ve Nivelman Ölçüleri Yardımıyla Yerel Jeoid Profilinin Çıkarılması, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyonkarahisar, 2005
2. King, R.N., Masters, E.G., Rizos, Stolz, A. ve Colins, J., Surveying with Global Positioning System GPS, Ferd Dümmler Verlag, Bonn, 1987
3. Yanar, R., Jeodezik Yükseklik Sistemleri Üzerine Bir Araştırma, Doktora Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul , 1999
4. Arslan, E., Yılmaz, M., Jeoid Belirleme Yöntemleri, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara, 2005.
5. Ali Kılıçoğlu A., Güncelleştirilmiş Türkiye Jeoidi (TG-99A), [www.hgk.mil.tr/akademik/bildiriler/jeodezi/makale\(pdf\)/jeo\\_tek\\_bil3.pdf](http://www.hgk.mil.tr/akademik/bildiriler/jeodezi/makale(pdf)/jeo_tek_bil3.pdf), 2005.

6. Courtaney, S., Geodesy, London, 1980.
7. Kartal, A., GPS Yöntemi ile Yükseklik Belirlenirken İnterpolasyon Yöntemlerinin Kullanılması, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1998
8. Arslan, E., GPS Koordinatlarından Ülke Koordinatlarına Dönüşüm, 6. Harita Kurultayı (03-07 Mart), 303-325 Ankara, 1997
9. Tuşat, E., GPS Gözlemleri ve Yersel Gözlemler Yardımıyla Jeoid Profilinin Çıkarılması, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Selçuk Üniversitesi, Konya, 2000
10. İnal, C., Turgut, B., Konya'da Doğu-Batı Yönündeki Jeoid Yüksekliği Değişimlerinin İncelenmesi, Selçuk Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 16, 1, 20 – 25., Konya, 2001