

# KADINHANI İLÇESİNDE BÖLGESEL DÖNÜŞÜM PARAMETRELERİNİN VE YEREL JEODİN BELİRLENMESİ

İ. ŞANLIOĞLU<sup>1</sup>, H. ÇAĞLA<sup>2</sup>, F. BAŞÇİFTÇİ<sup>2</sup>, T. AYTEN<sup>2</sup>, S. AKKUŞ<sup>2</sup>, B. YALÇIN<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Selçuk Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, Ölçme Tekniği Anabilim Dalı, Konya, [sanlioglu@selcuk.edu.tr](mailto:sanlioglu@selcuk.edu.tr)

<sup>2</sup> Selçuk Üniversitesi, Kadınhanı Meslek Yüksek Okulu, Harita ve Kadastro Bölümü, Konya, [hcagla@selcuk.edu.tr](mailto:hcagla@selcuk.edu.tr)

## Özet

*Yersel metotlar ile tesis edilen klasik jeodezik ağlar (trileterasyon ve triangulasyon ağlar) günümüzün gereksinimlerine yetersiz kalmaktadır. GPS ile belirlenen koordinatların dayanmış olduğu referans datum ile ülkelerin kendi koordinat sistemleri farklı datumlarda olmaktadır. Böylece her iki sistemin birbirine dönüştürme problemi ortaya çıkmıştır. GPS ile elde edilen koordinatları ülke sistemine dönüştürmede ulusal sistemin jeodezik ağlar (trileterasyon ve triangulasyon ağlar) kullanılır. Bu GPS ile elde edilen yüksek doğruluk dönüşüm sonucunda düşmektedir. Bu etkiyi azaltmak için dönüşümler iki boyutlu benzerlik ve yükseklik dönüşümü şeklinde ayrı ayrı ele alınabilir.*

*Bu çalışmada SKI 2.3 GPS veri işleme ve dengeleme yazılımında bulunan Stepwise modülü içinde gömülü iki boyutlu Helmert benzerlik dönüşüm modeli ve Collins yöntemi ile dönüşüm parametreleri ve bölgesel jeoid ondülasyonu hesaplanmıştır. Sonuçlar GPS/ nivelman yöntemi ile multiquadratik yüzey geçirmek suretiyle yerel jeoid yüzeyinden elde edilen değerler ve TG-03 değerleri ile karşılaştırılmıştır.*

*Anahtar kelimeler: İki boyutlu dönüşüm, yükseklik dönüşümü, TG-03*

## DETERMINING OF REGIONAL TRANSFORMATION PARAMETERS AND LOCAL GEOID IN KADINHANI PROVINCE

### Abstract

*The classical geodetic networks (triangulation or trilateration networks) established by terrestrial methods are insufficient to contemporary requirements. The reference coordinate system of GPS and national coordinate systems are different. Thus the transformation problem has been appeared. To transform coordinates obtained by GPS to national coordinate system, triangulation or trilateration network's coordinates of national system are used. So high accuracy obtained by GPS get lost a little as a result of transformation. To decrease of this affect, it is considered that the two dimensional similarity transformation and height transformation are separately applied.*

*In this study the transformation parameters and local geoid undulations were computed by Stepwise modul embedded Collins method for height transformation and Helmert two dimensional similarity transformation in SKI 2.3 GPS processing and adjustment software. The results were compared between TG-03 geoid undulations and values of GPS/leveling and local geoid using multiquadric surface fitting.*

*Keywords: Two dimensional transformation, height transformation, TG-03*

## 1. Giriş

Dünya’da veya harita üzerinde bir noktayı bulmak için kabul edilen bir başlangıç sisteme göre referans koordinat sistemi tanımlanır. Datum dünya üzerindeki noktaları tanımlamada kullanılan referans koordinat sisteminin kabul edilen başlangıcına denir. Jeodezik datumlar; dünyanın şeklini, boyutunu ve orijini, yeryüzünü haritalamada kullanılan koordinat sistemlerinin yönelmelerini tanımlar. Elipsoide dayanan bir jeodezik datumun orijini dünyanın kütle merkezindedir. 1984 Dünya Jeodezik Sistemi (WGS-84), Kuzey Amerika Datumu (NAD-83), 1950 Avrupa Datumu (ED50) gibi örnekler verilebilir. Jeosentrik datumlar GPS gibi uydu konum belirleme sistemlerine yerel datumlardan daha fazla uygun düşmektedir.

Datum çeşitleri yatay, düşey ve her ikisi birlikte bütünleşik datumları içerir. Yatay datum, konumları (enlem ve boylam) hassas belirlenen yeryüzündeki özel noktalardan oluşur. Düşey datumu ise ortalama deniz seviyesinin altında ve üstünde yükseklikleri bilinen yeryüzündeki özel noktalar belirler. Kıyı yakınlarındaki alanlarda ortalama deniz seviyesini mareograf istasyonları belirler. Kıyıdan çok uzak yerlerde ortalama deniz seviyesi (yerel veya global) jeoid ile belirlenir.

Ulusal jeodezik ağlar günümüze kadar yatay de düşey datumlar ayrı olarak ele alındı ve o şekilde tesis edildi. Şu an GPS, GLONASS gibi uydu gözlemleriyle uydu jeodezi teknikleri birlikte üç boyutlu ağların kurulmasına başlandı. Bu ağların sıklaştırılması daha hızlı, daha doğru ve yersel tekniklerden daha kolay olmaktadır. Ancak küresel datumla yerel jeodezik ağlar arasında bir dönüşüm problemi ortaya çıktı.

Bu çalışmada dönüşüm parametrelerini ve yerel jeoidi belirlemek için Kadınhanı ilçesinde bir test alanı seçildi. Kadınhanı bölgesinde yerel jeodezik ağ zamanında ülke koordinat sistemine göre tesis edilmiş. Günümüze kadar bu ağ kullanıldı. Test amacıyla bu ağın sıklaştırılması için uygun dağılımda noktalar tesis edildi. Dönüşüm parametreleri ve jeoid ondülasyonları belirlendi.

## 2. GPS’de ulusal koordinat sistemi

Türkiye Ulusal Datumu, Harita Genel Komutanlığı’nca 1934-1954 tarihleri arasında ülke boyunca yoğun bir jeodezik faaliyetler neticesinde yapıldı. Meşedağ Türkiye Ulusal Datumu için başlangıç kabul edildi ve 1950 Avrupa Datumuna (ED50) bağlandı. ED50 jeodezik datumu ikinci dünya savaşından sonra jeodezik ağların uluslararası bağlantısı için tanımlandı. Sırasıyla 1909 ve 1924 Hayford elipsoidi olarak bilinen uluslararası elipsoide dayanır (yarıçapı 6378388 km ve basıklık 1:297). 1980’lerin sonuna doğru dünya ülkeleri tarafından yaygın bir şekilde kullanıldı ve sonra uydu teknolojisi ile beraber GRS80 ve WGS-84 elipsoidleri tanımlandı.

Yersel ve klasik tekniklerle kurulan ulusal temel jeodezik yatay ağdaki yerel ve bölgesel deformasyonlar için yeni bir jeodezik ağ gerekliydi. Bu nedenle mevcut ve gelecekteki yer tabanlı veri toplama teknolojilerine uygun olarak güvenilir ve sağlam jeodezik ağ altyapısını sağlamak amacıyla Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı (TUTGA) tesis edildi. TUTGA 1997-1999 arasında HGK ve TKGM arasındaki bir protokolle gerçekleştirildi. Dört boyutlu olarak tasarlandı. Tasarım anlayışı tüm küçük ölçekli, düşük çözünürlü sayısal harita yapımı ve veri toplama uygulamaları için yeterli olmasıdır. TUTGA’nın datumu 1998.00 referans epoğunda Uluslararası Yersel Referans Ağı (ITRF-96)’dır. Bu nedenle küresel ağın bir parçasıdır. TUTGA’ya bağlı olarak toplanan her bir veri ve üretilen her bir harita küresel anlam kazanmakta, küresel olarak tanımlanarak geçerli olmaktadır. TUTGA’da istasyon sayısı 594 olup ulusal jeodezik ağ ile ortak nokta sayısı; 91, jeodinamik ağ ile ortak nokta sayısı; 53, ulusal nivelman ağı ile

ortak nokta sayısı; 181, SLR istasyonlarının sayısı; 5, istasyonları arası ortalama uzaklık 25-70 km, kontrol istasyonlarının yoğunluğu, 1315 km<sup>2</sup>'de bir istasyon (Çelik ve diğ. 2004).

Düşey datum jeoide göre tesis edildi. Antalya mareograf istasyonu düşey datumda başlangıç, orijin nokta seçildi. Kontrol noktalarının ortometrik yükseklikleri bu datuma göre belirlendi. Ortometrik yükseklikler klasik olarak Ulusal Düşey Kontrol Ağına bağlı olarak geometrik nivelman ölçüleri ile belirlenmektedir. Ancak bu durum GPS teknolojisinin sağladığı 3-boyutta koordinat belirleme olanağının tam olarak kullanılamaması anlamına gelmektedir. Bu nedenle GPS ile elde edilen elipsoit yüksekliklerinin doğrudan ortometrik yüksekliğe dönüştürülebilmesi için uygun jeoid modellerinin belirlenmesi ve kullanıma sunulması gerekmektedir. Bu amaçla HGK çeşitli tarihlerde jeoid belirleme çalışmaları yapmıştır. TG91, TG99, TG99A ve şu an kullanılmakta olan TG-03 bu çalışmalara örnek olarak verilebilir (Ayhan 1992; 1993, Ayhan v.d 2002, Kılıçoğlu v.d., 2005).

### 3. İki Referans Koordinat Sistemi Arasında Dönüşüm

Bir referans ağından diğerine veri dönüşümünü sağlamak için genellikle koordinat dönüşümü uygulanmaktadır. Dönüşüm parametreleri her iki sistemde ortak noktaların bilinen koordinatları yardımıyla hesaplanır. Bu parametreler iki referans sistemi arasındaki model ilişkisini belirler. Bursa-Wolf Molodensky-Badekas, Veis Modeli, Thomson-Krakiwsky Modeli, Helmert Benzerlik Dönüşümü, Affine Dönüşümü, gibi pek çok dönüşüm modeli vardır (Hofmann-Wellenhof ve diğ. 1997).

En uygun ağ dönüşüm modeli seçiminde aşağıdaki faktörler etkilidir (Rizos, 1999):

- Modelin uygulanacağı alanın büyüklüğü
- Bir ağın veya her iki ağın belirgin bozulmalara (distorsiyon) sahip olması.
- Ağların doğal olarak üç boyutlu olması veya iki boyutlu ya da bir boyutlu olması
- Arzulanan doğruluk derecesi
- Dönüşüm parametrelerinin mevcut olması veya belirlenebilmeli

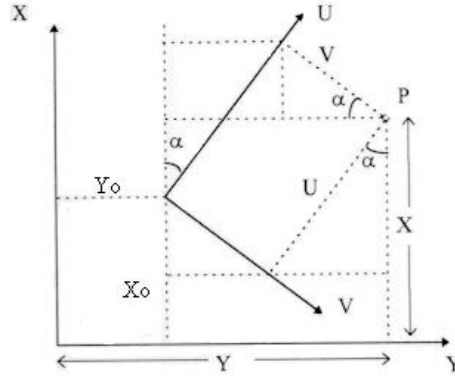
Bir dönüşümde tüm yönlerde ölçek faktörü aynı ise benzerlik dönüşümünden bahsedilir ki en fazla kullanılan dönüşüm modelidir. Benzerlik dönüşümü özenle seçilmiş affine ve projeksiyon dönüşüm modelleri gibi modeller arasında uygun uyuşma sağlamayabilir ve kaba kısıtlı parametreye sahiptir. Kusurlarına dikkat ederek uygun bir şekilde kullanıldığında 3-boyutlu GPS ağları ve diğer yerel ağlar arasında ilişki kurmada benzerlik dönüşümü ideal bir dönüşümdür. Esasında geniş ağlarda benzerlik dönüşümünü uygulamak yerel ölçek ve yöneltmede bozulmaya (distorsiyon) sebep olur. Bu nedenle ölçekte ve yöneltmede yerel bozulmaların büyüklüğü göz önünde bulundurulmalıdır. Bu bakış açısıyla şunlara dikkat edilmelidir (Rizos, 1999);

- Benzerlik dönüşümleri yerel bozulmaları azaltmaya meyillidir.
- Çalışma alanı daha küçük bölgelere (zonlara) bölmek uygun çözüm olabilir, böylelikle her bir bölge dönüşüm parametrelerine sahip olur.
- Dönüşüm sonuçları dönüşüm parametrelerini üretmek için kullanılan ortak noktaların dışındaki bölge uygulandığında gerçekçi olmayabilir.

#### 3.2. İki Boyutlu Dönüşüm Modelleri

Bu çalışmada kullanıldığı için iki boyutlu dönüşüm modeli hakkında bilgi verilmiştir. İki boyutlu benzerlik dönüşümü iki boyutlu koordinat sistemi arasındaki ilişkiyi açıklar. Benzerlik dönüşümünün amacı şeklin deformasyonunu korumaktır. Bu dönüşüm modelinde koordinat eksenleri kendi sistemindeki diğer eksene diktir (Şekil 1). Kendi sistemindeki x ve y eksenleri boyunca ölçek faktörü aynı kabul edilir.

Öteleme, dönme (U,V) ve (X,Y) gibi iki koordinat sistemi arasında ölçek vardır.



Şekil 1: İki boyutlu dönüşüm

Oldukça küçük ağlarda (100km×100km'den daha küçük alanlarda) iki boyutlu dönüşüm modeli sıklıkla kullanılır. Başlangıçta üç boyutlu kartezyen koordinatlar jeodezik koordinatlara (enlem, boylam ve elipsoidal yükseklik) çevrilir ve harita projeksiyon koordinatları elde edilir. Daha sonra Helmert dönüşümü olarak bilinen iki boyutlu benzerlik dönüşümü iki öteleme parametresi;  $X_0, Y_0$ , bir döndürme;  $\alpha$  ve ölçek parametresi  $K=(1+k)$  olup ve (1) 'de verilen eşitliğe göre hesaplanır (Hofmann-Wellenhof ve diğ., 1997).

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \end{bmatrix} + k \begin{bmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha \\ \sin \alpha & \cos \alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U \\ V \end{bmatrix} \quad (1)$$

#### 4. Ortometrik Yükseklikler İle Elipsoidal Yükseklikler Arasındaki İlişki

P yeryüzü noktasının ortometrik yüksekliği ( $H_p$ ) bu noktadan geçen çekül eğrisi boyunca jeoide kadar ölçülen uzunluktur ve

$$H_p = \frac{C_p}{\bar{g}} \quad (2)$$

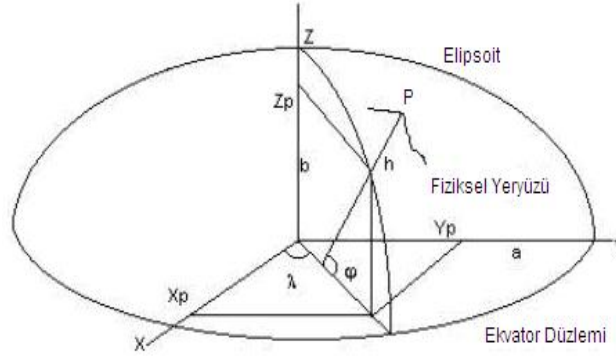
ile tanımlanır. Burada,  $\bar{g}$ , çekül eğrisi boyunca ölçülen ortalama gravite,  $C_p$  jeopotansiyel sayı olup,  $W_p$ , P noktasının gravite potansiyeli,  $W_0$ , jeoid'in gravite potansiyeli olmak üzere

$$C_p = W_0 - W_p \quad (3)$$

olarak tanımlıdır. P noktasının elipsoit yüksekliği ( $h_p$ ), P noktasından elipsoit yüzeyine inilen dikin uzunluğuna denir. Referans elipsoidin boyutları ve datum tanımı ile ilişkilidir. Şekil 2'de görüldüğü üzere elipsoit yüksekliği tamamen geometrik bir değerdir ve yerin gerçek gravite alanı ile ilgili olmayıp fiziksel bir özellik taşımaz (Ayhan v.d. 2002)

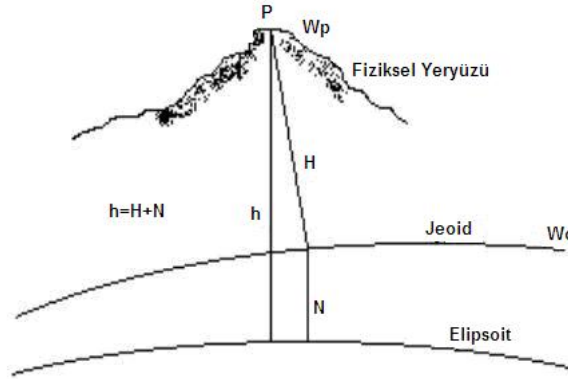
Uygulamada, geometrik nivelman ve gravite ölçülerine dayalı olarak hesaplanan ortometrik yükseklikler kullanılır. GPS ölçüleri ile üç boyutlu jeosantrik bir koordinat sisteminde seçilen referans elipsoidine göre elipsoit yüksekliği ( $h$ ) belirlenmekte olup elipsoit yüksekliği ile ortometrik yükseklik arasında,

$$h = H + N \quad (4)$$



Şekil 2: Üç boyutlu dik koordinat sistemi ve elipsoit

ilişkisi bulunur (Şekil 3). Burada N jeoid yüksekliği olup jeoid ile elipsoit arasındaki uzaklıktır



Şekil 3: Ortometrik yükseklik ile elipsoidal yükseklik arasında ilişki

GPS ile belirlenen elipsoidal yüksekliklerden ortometrik yüksekliklere geçiş için N jeoid ondülasyonunun bilinmesi gerekir. Çalışma alanında jeoid yükseklikleri yerine jeoid yükseklik farkları ve herhangi bir noktanın ortometrik yüksekliği biliniyorsa tüm ortometrik yüksekliklerin hesabı mümkündür. Şekil 4' e göre A ve B noktaları için  $h_a$  ve  $h_b$  elipsoidal yükseklikleri,

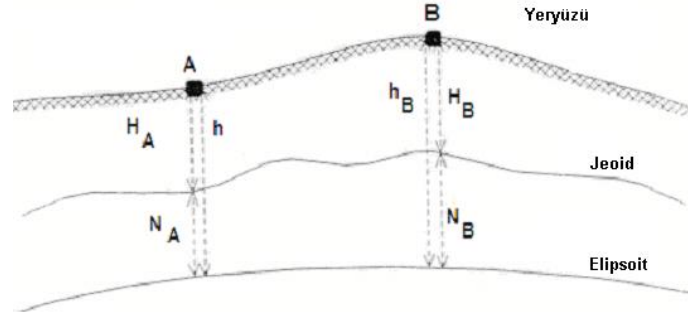
$$h_a = H_a + N_a \quad (5)$$

$$h_b = H_b + N_b$$

şeklinde yazılabilir. Buradan,

$$\Delta h_{BA} = h_A - h_B = (H_A - H_B) + (N_A - N_B) = \Delta H_{BA} + \Delta N_{BA} \quad (6)$$

kolayca türetilir (Hofmann-Wellenhof ve diğ., 1997). Burada jeoid yükseklik farkları sonucu etkilemektedir. Eğer yerel jeoid yükseklikleri sabit ise jeoid ile elipsoit arasında farkta sabit demektir.  $\Delta N$  değerleri ihmal edilebilir. Benzer şekilde yerel jeoid elipsoide bağlı olarak sabit eğimli ise GPS yükseklikleri jeoid yüzeyinde döndürülerek ortometrik yükseklikler doğru bir şekilde hesaplanabilir. Collins (1989)'da bu ifadeyi aşağıdaki eşitlik ile açıklamıştır.



Şekil 4: Yükseklik sistemleri arasında ilişki ve bağıl yükseklik belirleme

$$H_i = h_i + \Delta h - y_i \Delta \alpha_1 + x_i \Delta \alpha_2 \quad (7)$$

burada  $h_i$ ; elipsoidal yükseklik,  $\Delta h$ ; düşey kayıklık,  $\Delta \alpha_1$ ; referans yükseklik düzleminin x eksenindeki etrafındaki dönüklük açısı,  $\Delta \alpha_2$ : referans yükseklik düzleminin y eksenindeki etrafındaki dönüklük açısı. Bu (7) eşitliğiyle araziye uygun dağılmış en az 4 ortometrik yüksekliği bilinen GPS noktası (dayanak noktası) kullanılarak en küçük kareler yöntemine göre dengeleme ile parametreler belirlenir. Hesaplanan dönüklük açılarının 5 derece saniyesinden küçük olması gerekir (Hofmann-Wellenhof ve diğ., 1997).

Yerel jeoid belirlemede çeşitli analitik yüzey geçirme modelleri kullanılmaktadır. Bu modellerden birisi de Hardy (1971) tarafından önerilen multiküadratik enterpolasyon yöntemidir. Bu tekniğinin amacı çalışma alanında ortometrik ve elipsoidal yükseklikleri bilinen tüm dayanak noktaları kullanarak tek bir fonksiyon ile yüzeyi tanımlamaktır. Tekniğin uygulanabilmesi için bir trend yüzeyi geçirilir. Trend yüzeyi olarak birinci ya da ikinci dereceden polinom kullanmak uygundur (Leberl, 1973). İkinci dereceden ortogonal olmayan bir polinom kullanılırsa;

$$N_{trend}(x, y) = a_0 + a_1 y + a_2 x + a_3 xy + a_4 y^2 + a_5 xy^2 + a_6 x^2 + a_7 x^2 y + a_8 x^2 y^2 \quad (8)$$

yazılabilir. Dayanak noktası 9'dan fazla olursa  $a_i$  katsayıları en küçük kareler yöntemine göre dengeleme ile belirlenir (İnal, 1996). Daha sonra trend yüzeyden yararlanarak x, y düzlem koordinatları bilinen bir noktanın jeoid ondülasyonu,

$$N(x, y) = N_{trend} + \sum_{i=1}^n c_i [(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2]^{1/2} \quad (9)$$

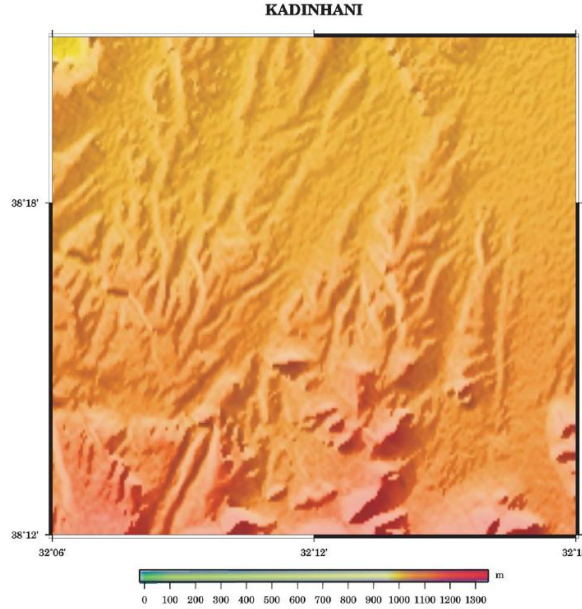
eşitliği ile hesaplanır. Burada  $n$ : dayanak noktalarının sayısı,  $c_i$ : dayanak noktalarının bilinen  $N(x, y)$  değerlerinden yararlanarak hesaplanan katsayılarıdır. Bu enterpolasyon yönteminde dayanak noktaları için hiçbir çakıştırma artığı kalmamaktadır.

## 5. Uygulama

Uygulamanın yapıldığı test alanı Konya ili Kadınhanı ilçe merkezi ve civarıdır. Alan kısmen tepelik ve düzlüklerden oluşmakta olup 150 km<sup>2</sup>'lik alanı kapsamaktadır (Şekil 5). Test alanının da bulunduğu büyük bir alanda farklı zamanlarda değişik projelerde, doğal gaz boru hattı, hali hazır ve kadastro çalışmalarında kullanılmak üzere dönüşüm parametrelerini ve jeoid ondülasyonlarını tespit etmek için pek çok nokta tesis edilmiştir. Arazide hali hazırda 2 TUTGA noktası Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri

Üretim Yönetmeliği'ne uygun mevcut, 4 C1 derecesinde, 4 C2 derecesinde, 54 adet C3 derecesinde nirengi vardır. Bu nirengilerin içinde 22 noktanın ED50 datumuna göre ülke koordinat sisteminde koordinatları bilinmektedir.

Test ağının bulunduğu ana ağın ilk GPS ölçmeleri 25-26 temmuz 2003'te 6 adet Javad alıcı ve JPSODYSEY\_I bütünleşik anten kullanılarak yapılmış. İkinci GPS ölçmeleri 3 Aralık 2003 'te yapılmış. 6 adet Ashtech UZ-12 alıcı ve Marine L1-L2 anteni kullanılmıştır. Her iki ölçüde 10 saniyelik ölçü aralığında, 15 derece yükseklik engel açısı üstünde 2 saatlik GPS gözlemleri yapılmıştır. Ana ağ kanavasası Şekil 6'da verilmiştir.

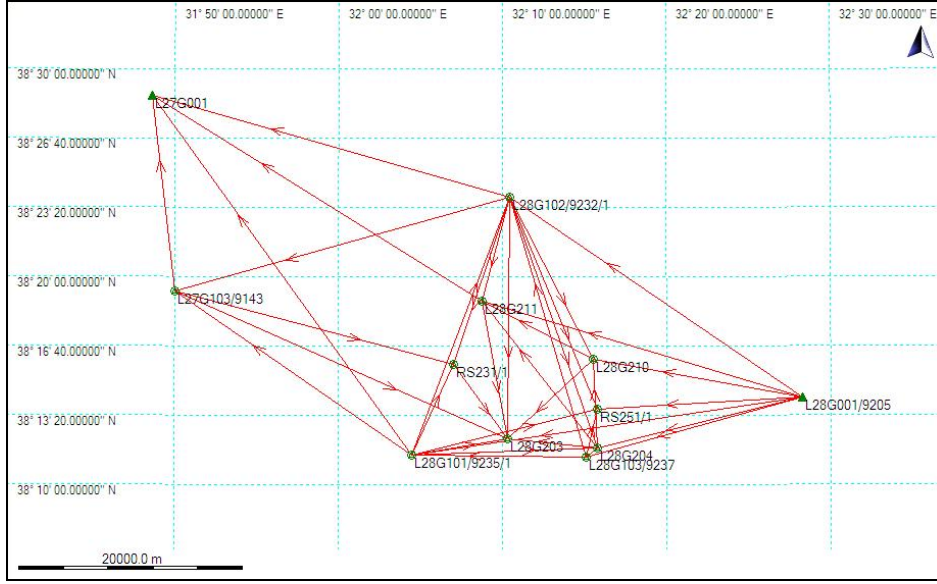


Şekil 5: Kadınhanı bölgesinin topoğrafyası, GMT ile üretildi (Wessel and Smith, 1998).

Test alanında ek GPS ölçmeleri 27-29 haziran 2006 yapıldı. Ölçmelerde 2 adet Leica GX1230 alıcı ve AX1201 anten, 2 adet LeicaSR9500 alıcı ve AT302anteni, 2 adet tek frekanslı Ashtech Promark alıcı ve ASH110454 anten kullanıldı. 5 saniyelik ölçü aralığında, 15 derece yükseklik engel açısı üstünde 30 dakikalık hızlı statik yöntemle GPS gözlemleri yapıldı.

GPS gözlemleri Leica Geo-Office 1.0 yazılımı ile işlendi ve dengelendi. Ana ağın dengelemesi ölçü tarihlerine ve BÖHveHBÜY'e uygun olarak iki TUTGA noktasının 2003. 7068 epoğunda ITRF datumunda kartezyen koordinatları sabit alınarak yapıldı. Dengelemeden sonra L27G001, L27G002, L28G001, TUTGA noktalarının hızlarından faydalanarak C1 ve C2 noktalarının hızları enterpolasyon yöntemiyle kestirilerek ve 1998.00 referans epokta koordinatları elde edildi. Sonra C3 dereceli nirengiler 1998.00 referans epokta dengelendi.

ITRF96 datumundan ülke koordinat sisteminde kullanılan ED50 datumuna yatay konumda dönüşüm yapmak için her iki sistemde koordinatlarının bilinen 22 nirengi uyuşum testine tabi tutuldu. Nirengilerin tamamının uyuşumlu olduğu tespit edildi. Dönüşümde SKI 2.3 yazılımında bulunan Stepwise modülü içinde gömülü iki boyutlu Helmert benzerlik dönüşüm modeli kullanıldı. Dönüşümün karesel ortalama hatası  $\pm 4.3$  cm'dir. Dönüşüm parametreleri Tablo 1'de verilmektedir.



Şekil 6: Kadınhanı jedoezik ana ağı

Ortometrik yüksekliği bilinen nirengi sayısı 13'dür. Bu nirengiler dayanak alınarak birinci adımda SKI 2.3 yazılımında bulunan Stepwise modülü içinde gömülü Collins yöntemi ile bölgesel yükseklik dönüşüm parametreleri hesaplanmıştır (Tablo 2).

Tablo 1: ITRF96 ile ED50 arasında dönüşüm parametreleri

Orijin noktasının koordinatları	Y0:	430294.057 m.	
	X0:	4236263.581 m.	
Parametreler	Değeri	k.o.h.	boyut
Dy ötelemesi	28.141	0.0092	m
Dx ötelemesi	182.899	0.0092	m
Dönüklük	0.892	0.3361	["]
Ölçek	12.095	1.6296	[ppm]
Kuzey yönünde maksimum hata	11.40 cm	Kuzey yönünde minimum hata	0.09 cm
Doğu yönünde maksimum hata	9.17 cm	Doğu yönünde minimum hata	0.49 cm

Sonra trend yüzeyi ikinci dereceden bir polinom olan multi-kwadratik enterpolasyon yöntemi ile jeoid ondülasyonları hesaplandı. Polinomun katsayıları ve bu polinomdan kalan hata miktarları Tablo 3'te verilmiştir. Polinomun karesel ortalama hatası  $\pm 2.9$  cm'dir. Tablo 4'te çalışılan her iki yöntem ile TG-03 jeoid ondülasyonları liste halinde verilmiştir.



Tablo 2: Collins yöntemiyle hesaplanan yükseklik dönüşümüne ait dönüşüm parametreleri.

Ortak Nokta Sayısı:	13				
Dönüşüm parametreleri ( $\Delta\alpha_1, \Delta\alpha_2, \Delta h$ )	-0.00001023	0.00001105	-36.787m		
Referans yükseklik düzleminin X eksenindeki etrafındaki dönüklük açısı				-0.00059derece	2".11
Referans yükseklik düzleminin Y eksenindeki etrafındaki dönüklük açısı				0.00063 derece	2".27
Nokta no	Elipsoidal h [m]	Ortometrik H [m]	Dönüşmüş [m]	V [cm]	
L280517	1181.237	1144.843	1144.782	6.1	
L280518	1187.240	1150.826	1150.771	5.5	
L280519	1288.083	1251.633	1251.607	2.6	
L280520	1233.960	1197.433	1197.477	-4.4	
L280521	1164.386	1127.908	1127.878	3.0	
L28G203	1323.402	1286.867	1286.878	-1.1	
L28G204	1401.703	1365.198	1365.270	-7.2	
L28G210	1115.231	1078.650	1078.703	-5.3	
L28G211	1074.961	1038.310	1038.279	3.1	
L28G553	1070.529	1033.915	1033.926	-1.1	
L742	1119.398	1082.810	1082.804	0.6	
L784	1111.124	1074.584	1074.511	7.3	
RS231/1	1104.941	1068.187	1068.277	-9.0	
Dönüşümün karesel ortalama hatası				±5.2 cm	

Tablo 3. Multiquadratik yüzey için polinom katsayıları ve hata miktarları.

Katsayılar	nokta no	v [cm]	nokta no	v [cm]
A 1 = 36.4679 m	L280517	-0.8	L28G553	0.0
A 2 = -0.0000352149	L280518	0.6	L742	-2.5
A 3 = 0.0000001517	L280519	1.4	L784	1.7
A 4 = -0.0000000018	L280520	-3.4	RS231/1	0.3
A 5 = 0.0000000000	L280521	3.2		
A 6 = 0.0000000023	L28G203	-0.6		
A 7 = 0.0000000023	L28G204	0.3		
A 8 = 0.0000000000	L28G210	-0.1		
A 9 = 0.0000000000	L28G211	-0.2		

## 6. Sonuçlar

Sonuçlar GPS/ nivelman yöntemi ile yerel jeoid yüzeyinden elde edilen değerler ve Türkiye Jeoidi 20003 (TG-03) değerleri ile karşılaştırılmıştır. TG-03 değerleri ile Collins yöntemi elde edilen jeoid ondülasyonları arasındaki farkın standart sapması  $\pm 7.2$  cm'dir. TG-03 değerleri ile multiquadratik yüzeyden elde edilen jeoid ondülasyonları arasındaki farkın standart sapması,  $\pm 13.4$  cm'dir. Kılıçoğlu v.d. (2005)' e göre TG-03'ün dış doğruluğu  $\pm 9$  cm'dir. Collins yöntemi ile bulunan sonuçlar yüzey geçirek bulunan sonuçlardan daha bir şekilde TG-03 değerlerine uymaktadır. Yüzey geçirme yönteminde dayanak noktalarının arazinin karakteristik özelliklerini çok iyi temsil etmesi gerekmektedir. Yapılan çalışmada dayanak noktalarının yüzey geçirme yöntemine göre dağılımı istenilen sıklıkta olmadığı görülmektedir. Collins yönteminin daha büyük alanlarda deneyerek kullanılmasını önermekteyiz.

Kadınhanı ilçesinde bölgesel dönüşüm parametrelerinin ve yerel jeoidin belirlenmesi

Tablo 4: Test alanında çalışılan yöntemlerde ve TG-03 ile hesaplanan jeoid ondülasyonları

NOKTA NO	collins y.	mutliq. yüzey	TG-03	NOKTA NO	collins y.	mutliq. yüzey	TG-03
L270045	36.461	36.351	36.453	N049	36.473	36.335	36.444
L28G550	36.587	36.706	36.380	N980	36.500	36.466	36.454
L28G551	36.596	36.755	36.376	N981	36.485	36.437	36.457
L28G552	36.607	36.648	36.382	N982	36.470	36.386	36.453
L28G553	36.614	36.614	36.384	N983	36.468	36.336	36.447
L28G554	36.611	36.540	36.387	N984	36.490	36.460	36.462
L28G555	36.616	36.499	36.392	N988	36.567	36.529	36.394
L28G556	36.624	36.502	36.396	N989	36.528	36.420	36.415
L717	36.570	36.558	36.397	N990	36.493	36.324	36.432
L780	36.564	36.509	36.407	N991	36.481	36.372	36.443
L781	36.548	36.506	36.417	N992	36.485	36.400	36.446
N002	36.529	36.495	36.435	N993	36.495	36.429	36.445
N004	36.513	36.378	36.423	N994	36.502	36.449	36.445
N006	36.474	36.420	36.460	N995	36.513	36.478	36.446
N010	36.495	36.446	36.450	N996	36.526	36.507	36.446
N012	36.514	36.442	36.431	N997	36.577	36.616	36.388
N013	36.508	36.422	36.432	N998	36.505	36.446	36.441
N014	36.477	36.405	36.453	N999	36.470	36.280	36.444
N036	36.467	36.201	36.445	PMYO	36.501	36.375	36.430
N037	36.510	36.277	36.420	RS01	36.531	36.520	36.451
N041	36.484	36.343	36.438	RS02	36.540	36.502	36.424
N044	36.526	36.470	36.428	RS03	36.526	36.453	36.422
N047	36.514	36.473	36.442	RS251/1	36.424	36.147	36.444

### Kaynaklar

Ayhan, M.E., (1992), Türkiye Jeoidi – 1991 (TG-91), *Harita Dergisi*, Sayı 108, Ankara, 1-17.

Ayhan, M.E., (1993), Geoid determination in Turkey (TG-91). *Bull. Geod.*, Vol. 167, No. 1, pp. 10-22,.

Ayhan, M.E., C. Demir, O. Lenk, A. Kılıçoğlu, B. Aktuğ, M. Açıkgöz, O. Fırat, Y. S. Şengün, A. Cingöz, M. A. Gürdal, A. İ. Kurt, M. Ocağ, A. Türker, H. Yıldız, N. Bayazıt, M. Ata, Y. Çağlar, A. Özerkan, (2002), Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı – 1999A (TUTGA- 99A), *Harita Dergisi*, Özel Sayı 16, Ankara,.

Collins, J., 1989, Fundamentals of GPs baseline and height determination, *Journal of Surveying Engineering*, American society of Civil engineers Vol:115, No:2, 223-235.

Çelik R. N., . Ayan T., Deniz R., Özlüdemir M. T., (2004), Geodetic Infrastructure of Turkey for GIS, GPS and Remote Sensing Applications, *XXth ISPRS Congress, Commission 4*, 12-23 July 2004 Istanbul, Turkey

Hardy, R.L., (1971), Multiquadratic Equation of Topography and Other Irregular Surfaces, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 76, No 8.

Hofmann-Wellenhof B., Lichtenegger H., Collins J., 1997. *Global Positioning System: Theory and Practice*, Fourth, revised edition, Springer-Verlag/Wien, New York

İnal, C., 1996, Yerel Jeoid Geçirilerek GPS sonuçlarından Yüksekliklerin Belirlenmesi, *S.Ü. Müh. Mim.*

*Fak. Dergisi*, Cilt 11, Sayö 2, Konya,15-21.

Kılıçoğlu, A., Fırat, O., Demir, C., Yeni Türkiye Jeoidi (TG-03)'nin Hesabında Kullanılan Ölçüler ve Yöntemler, *TUJK 2005 yılı Blimsel Toplantısı,Jeoid ve Düşey Datum Çalıştayı*, 22-24 Eylül 2005, Trabzon

Leberl, F.,1973, Interpolation In a Square Grid DTM, *ITC Journal*, 1973-75

Rizos, C., 1999, Principles and Practice of GPS Surveying, version 1.1 The University of New South Wales, Australia, September. Last updated 05/01/2000

---

06.09.007 tarihli web sayfası ([http://www.gmat.unsw.edu.au/snap/gps/gps\\_survey/](http://www.gmat.unsw.edu.au/snap/gps/gps_survey/))