

KUZEY KIBRIS TÜRK CUMHURİYETİ ULUSAL GRAVİTE DATUMU VE ULUSAL GRAVİTE AĞI'NIN (KUGA-2001) OLUŞTURULMASI

Ali KILIÇOĞLU
Orhan FIRAT

ÖZET

Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti (KKTC) Ulusal Gravite Datumu'nun belirlenmesi ve Ulusal Gravite Ağı'nın oluşturulması projesi kapsamında Türkiye Ulusal Gravite Ağı'nın, ikisi aynı zamanda mutlak gravite noktası olan üç noktasından (ANKARA, KONYA, GÜVERCİNLİK) yararlanarak KKTC Ercan Havaalanı'nda seçilen bir noktaya havayolu ile gravite değeri taşınmıştır. Yapılan görelî gravite ölçülerinde iki adet La Coste & Romberg G-model gravimetre (G-347 ve G-379) kullanılmıştır. Sekiz noktadan oluşan KKTC Ulusal Gravite Ağı'nın (KUGA) oluşturulmasında Ercan Havaalanı'nda tesis edilen nokta başlangıç (datum) olarak alınmıştır. KUGA'ya dayalı olarak, homojen dağılmış 105 yatay kontrol ağı noktasında bölgesel gravite ölçüsü yapılmıştır.

Yapılan görelî ölçülerin değerlendirilmesinde, ilk aşamada okuma değerleri herbir alet için üretici firma tarafından belirlenmiş olan katsayı tabloları kullanılarak gravite değerlerine çevrilmiş ve bu değerlere gel-git düzeltmesi getirilmiştir. İkinci aşamada drift etkisi (gravimetrelerdeki zamana bağlı değişim) düzeltilmiştir. Son olarak ise gel-git ve drift düzeltmesi getirilmiş ölçülerin dengelemesi yapılmıştır. Yapılan dengelemenin ana unsurlarını; ölçüler (ölçülen bazlardaki gravite ölçü farkları), bilinmeyen parametreler (nokta gravite değerleri ve her bir gravimetre için ölçek parametresi) ve ağın datumunu belirlemek için kullanılan bilinen parametreler (sabit ve hatasız alınan ANKARA ve KONYA noktalarının gravite değerleri) oluşturmaktadır. Nokta gravite değerlerinin dengeleme sonrası standart sapmaları ± 0.01 mGal ile ± 0.05 mGal arasında değişmektedir.

ABSTRACT

Within the project of determination of the National Gravity Datum and foundation of the National Gravity Network of Turkish Republic of Northern Cyprus (TRNC), gravity value was transferred by airway to a selected benchmark at the Ercan airport in TRNC with respect to the three Turkish National Gravity Network benchmarks (ANKARA, KONYA, GÜVERCİNLİK), two of which are absolute gravity benchmarks as well. Two G-model La Coste & Romberg gravity meters (G-347 ve G-379) were used for relative gravity observations. The benchmark at Ercan airport was selected as starting point (datum) for foundation of TRNC National Gravity Network (NGNT); consisting eight gravity benchmarks. Regional gravity measurements were carried out at homogeneously distributed 105 horizontal control network points, relative to NGNT.

During the process of the relative gravity measurements, at first step, readings were converted into gravity values by using the constant tables, which are provided for each gravity meter by the manufacturer and gravity values were corrected due to tide corrections. At the second step, gravity values were corrected due to drift effect (the change in gravity meters caused by time). At last, the measurements, which were corrected for tide and drift effect, were adjusted. Measurements (the gravity differences on the measured bases), unknown

parameters (gravity values of the benchmarks and scale parameter for each gravity meter) and known parameters that were used to determine the datum of the network (gravity values of the ANKARA and KONYA benchmarks, fixed and errorless) constitute the main components of the adjustment. The standart deviations of the point gravity values after adjustment, vary between ± 0.01 mGal and ± 0.05 mGal.

1. GİRİŞ

Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti Ulusal Gravite Datumu ve KKTC Ulusal Gravite Ağı'nın oluşturulması ve bölgesel gravite ölçmeleri yapmak maksadıyla 25 NİSAN 2001-06 HAZİRAN 2001 tarihleri arasında Türkiye ve KKTC'nde aşağıda belirtilen çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

2. GRAVİTE ÖLÇÜ ÇALIŞMALARI

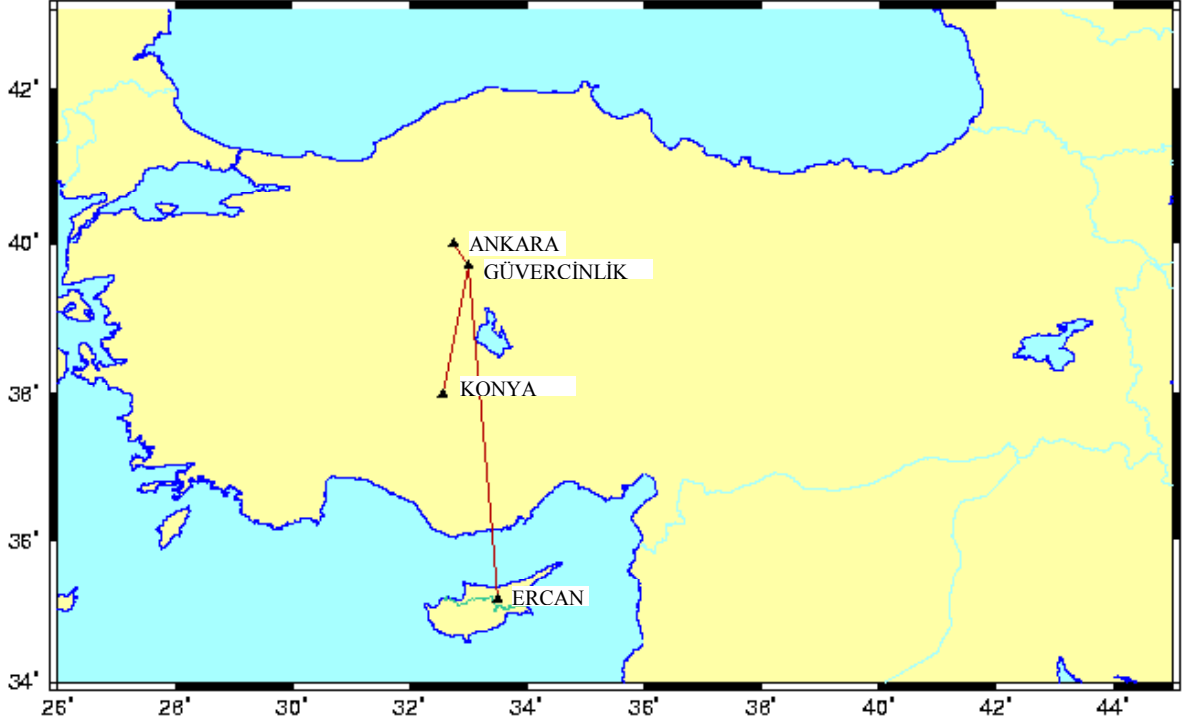
a. KKTC Ulusal Gravite Datumu'nun Belirlenmesi

KKTC Ulusal Gravite Datumu'nu oluşturmak amacıyla Türkiye Ulusal Gravite Ağı'nın /1/ ANKARA(007), KONYA(008) ve GÜVERCİNLİK(148) noktaları ile KKTC'nde LEFKOŞA/ERCAN(700) noktalarından oluşan ağda görelî gravite ölçüleri yapılmıştır. Türkiye – KKTC gravite bağlantı ağı noktalarından olan KONYA ve ANKARA noktaları mutlak gravite noktaları olup/9/, bu noktalar aynı zamanda Türkiye gravite kalibrasyon bazının /7/ uç noktalarıdır ve bu çalışmada ölçü aletlerinin kontrolünün yanısıra gravite ağ dengelemesinde bilinen gravite noktaları olarak kullanılmıştır.

İlk olarak Türkiye gravite kalibrasyon bazında ölçüler gerçekleştirilmiş ve bazın her iki ucundaki KONYA ve ANKARA noktaları GÜVERCİNLİK noktasına bağlanmıştır. Daha sonra GÜVERCİNLİK ile KKTC gravite datum noktası olan LEFKOŞA/ERCAN arasındaki ölçüler, iki adet La Coste & Romberg G-model (G-347 ve G-379) gravimetre ile aynı noktada ölçü yapılarak gerçekleştirilmiştir. Ağda uygulanan ölçü planı Tablo-1'de, noktaların yaklaşık konumları Şekil-1'de verilmektedir. GÜVERCİNLİK, KONYA ve LEFKOŞA arasındaki ulaşım havayolu ile, ANKARA-GÜVERCİNLİK arasındaki ulaşım ise karayolundan sağlanmıştır.

Tablo-1: KKTC Ulusal Gravite Datumu'nun belirlenmesinde uygulanan ölçü planı

25 Nisan 2001	:	GÜVERCİNLİK - ANKARA-GÜVERCİNLİK (Karayolu)
		GÜVERCİNLİK – KONYA – GÜVERCİNLİK (Havayolu)
26 Nisan 2001	:	GÜVERCİNLİK – LEFKOŞA (Havayolu)
27 Nisan 2001	:	LEFKOŞA – GÜVERCİNLİK (Havayolu)
28 Nisan 2001	:	GÜVERCİNLİK – KONYA – GÜVERCİNLİK (Havayolu)



Şekil-1 : Türkiye ile KKTC arasında Gravite Bağlantı Ölçüleri

b. KKTC I nci Derece ve II nci Derece Gravite Ağı'nın Oluşturulması

KKTC Ulusal Gravite Ağı, KKTC gravite datum noktası LEFKOŞA/ERCAN noktasından yararlar, KKTC'nde seçilmiş dört adet I nci derece nokta ve dört adet II nci derece noktadan oluşan ağda göreceli gravite ölçüleri yapılarak oluşturulmuştur. KKTC gravite datum noktası (LEFKOŞA/ERCAN) ile sözkonusu dört adet I nci derece nokta ve dört adet II nci derece noktanın konumları Şekil-2'de verilmektedir.

İlk olarak daha önceden I nci ve II nci derece gravite noktası tesisi için tespit edilmiş olan yerleşim yerlerinde keşif çalışması yapılmış ve ilgili talimat /3/ esaslarına uygun yerler belirlenmiştir. Belirlenen yerlerde, gravite noktaları zemine yerleştirilen bir bronz ile tespit edilmiş olup, nokta yerlerinin uzun süre tahrip olmayacak yerler olması göz önünde tutulmuştur. Yükseklik değişimlerini kontrol edebilmek ve gerekli düzeltmeleri yapabilmek amacıyla I nci derece noktalar için iki adet, II nci derece noktalar için ise bir adet yükseklik röperi tesis edilmiştir.

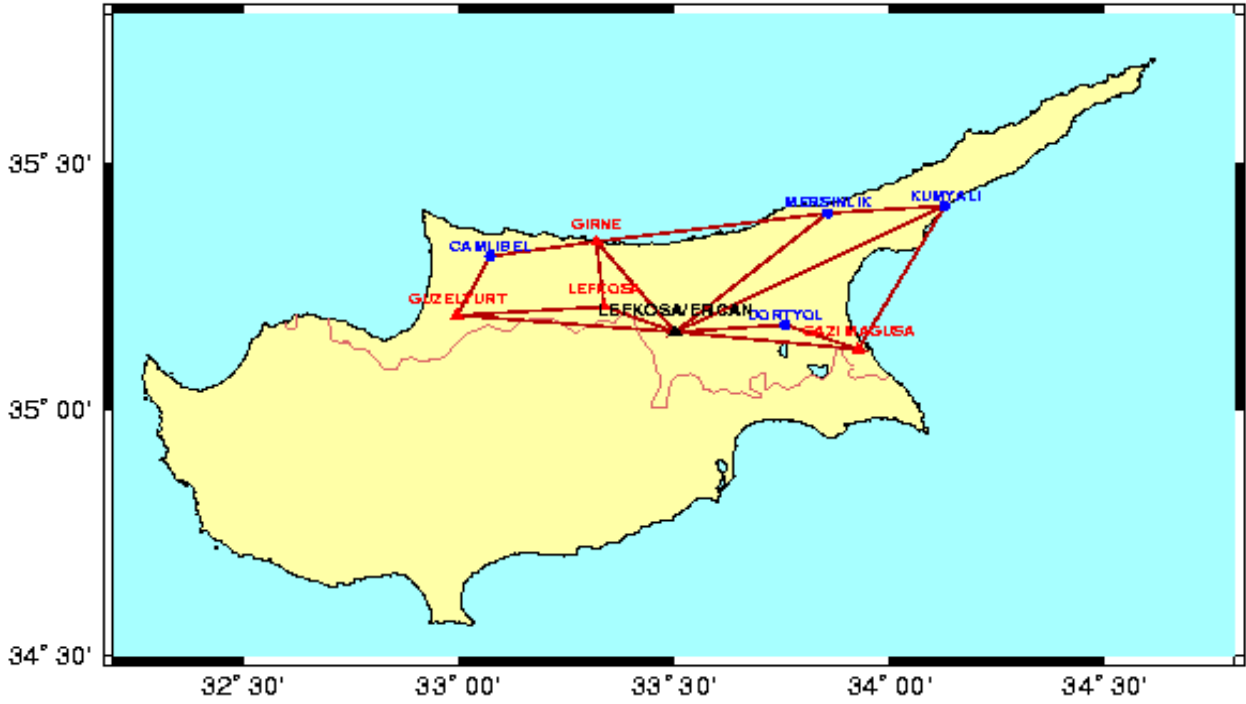
I nci derece gravite noktalarına gravite değeri taşınması; LEFKOŞA/ERCAN noktasından başlayıp yine aynı noktaya dönmek suretiyle gidiş-dönüş şeklinde gerçekleştirilmiştir. Her noktada, ölçümler arasında en az 15 (on beş) dakika olmak kaydıyla, üç kez ölçü yapılmıştır.

II nci derece gravite noktalarına gravite değeri taşınması da; LEFKOŞA/ERCAN noktasından başlayıp yine aynı noktaya dönmek suretiyle gidiş-dönüş şeklinde gerçekleştirilmiştir. Her noktada, ölçümler arasında en az 10 (on) dakika olmak kaydıyla, iki kez ölçü yapılmıştır.



Şekil-2 : KKTC Ulusal Gravite Ağı Noktaları

Bununla birlikte, bölgesel gravite ölçüsü yapılan günlerde, I nci ve II nci derece noktalar arasında ilave ölçüler yapılmıştır. Ölçüler sonucunda oluşan ağ Şekil-3'te verilmektedir.



Şekil-3 : I nci ve II nci Derece Noktalar Arasında Yapılan Ölçüler

c. Bölgesel Gravite Ölçmeleri

Bölgesel gravite ölçüsü yapılacak noktalar, 100 km²'de en az bir nokta olacak şekilde seçilmiştir. Seçim kriterine uyan ve koordinatları duyarlı şekilde belirlenmiş toplam 105 KKTC Ulusal Yatay Kontrol Ağı noktasında (12 I nci derece, 55 III ncü derece , 38 IV ncü derece nirengi noktası) bölgesel gravite ölçüsü yapmak üzere belirlenmiştir.

KKTC bölgesel gravite ölçmeleri, 105 nirengi noktasında, tesis edilmiş olan dört adet I nci derece ve dört adet II nci derece KKTC Ulusal Gravite Ağı noktasından yararlar, görelî gravite ölçüleri yapılarak gerçekleştirilmiştir. Her noktada bir kez ölçü yapılmıştır. Sözkonusu 105 noktanın konumları Şekil-4'te verilmektedir.



Şekil-4 : Bölgesel Gravite Ölçüsü Yapılan Nirengi Noktaları

3. DEĞERLENDİRME ÇALIŞMALARI

Gravite ölçülerinin değerlendirilmesinde öncelikle okuma değerleri, her alet için üretici firma tarafından belirlenmiş olan katsayı tabloları /4/ kullanılarak gravite değerlerine çevrilmiş olup, gravite değerleri elde edildikten sonra bu değerlere gel-git düzeltmesi getirilmiştir. Bu aşamadan sonra elde edilen gravite değerleri indirgenmiş gravite ölçüleri olarak isimlendirilmektedir.

Sonraki aşamada ise gravimetrelerin uzun kullanımdan dolayı yaylarının özelliğini zamana bağlı olarak yitirmesi, yayda meydana gelen ani sıçramalar ve ulaşımdan kaynaklanan sarsıntıların etkisiyle ortaya çıkan zamana bağlı değişim (drift) hatasının giderilmesi gerekmektedir. Bu işlem, her ölçü günü için ayrı olarak bulunan bir drift katsayısı ile her gün için tek tek yapılabileceği gibi, bir sonraki aşama olan dengeleme esnasında, tüm ölçüler için

bir tek drift katsayısı kullanılarak da yapılabilir. KKTC Ulusal Gravite Datumu'nun belirlenmesi ve Ulusal Gravite Ağı'nın oluşturulması amacıyla yapılan bu uygulamada drift düzeltilmesi dengelemeden önce her ölçü günü için ayrı getirilmiştir.

Son aşamada ise indirgenmiş ve drift düzeltilmesi getirilmiş ölçülerin dengelemesi yapılmıştır. Dengelemede ayrıca her alet için bir ölçek katsayısı bulunarak bu katsayılardan yararlar ölçülere ölçek düzeltilmesi getirilmiştir.

İki nokta arasındaki gravite farkı ölçü alındığında birinci dereceden polinom ile ifade edilen doğrusal drift modeli göz önünde tutularak fonksiyonel model;

$$\Delta g_{ij} + v_{ij} = -g_i + g_j + d_1(-t_j^n + t_i^n) \quad (1)$$

şeklinde yazılabilir. /5/,/6/,/1/

Burada ;

- Δg_{ij} : gelgit düzeltmeleri getirilmiş i ve j noktaları gravite ölçü farkı
 v_{ij} : düzeltme
 g_i, g_j : i ve j noktalarının bilinmeyen mutlak gravite değeri
 t_i, t_j : i ve j noktalarında ölçü zamanı
 d_1 : bilinmeyen drift katsayısıdır.

Drift düzeltilmesi, her ölçü grubuna (aynı gün içerisinde yapılan ve başlanılan noktada bitirilen ölçülerin tümü) gravimetreler için ayrı ayrı olmak üzere getirilmiştir.

Düzeltilmiş ölçüler (kalibrasyon + gelgit + drift düzeltmeleri getirilmiş) kullanılarak dengeleme gerçekleştirilmiştir. Dengelemenin fonksiyonel modeline gravite bilinmeyenine ek olarak her gravimetre için bir ölçek bilinmeyenini tanımlanır. Aşağıda iki gravimetre kullanıldığında gravite ağı dengelemesinin fonksiyonel modeli verilmektedir.

$$\Delta g_{ij} + v_{ij} = -g_i + g_j + \lambda_1(-g_i + g_j) + \lambda_2(-g_i + g_j) \quad (2)$$

Burada ;

- λ_1 : birinci alet için ölçek bilinmeyenini
 λ_2 : ikinci alet için ölçek bilinmeyenidir.

Noktalar arasındaki gravite farkları dengelemede ölçü olarak alınmış olup, ölçüler korelasyonsuz kabul edilmiş ve dengeleme öncesi varyansları eşit olarak alınmıştır.

(2) eşitliği ile verilen fonksiyonel model ve ölçüler eşit ağırlıklı olarak tanımlanan stokastik model; en küçük karelerle parametre kestirimi uygulanarak çözülmüştür. Ölçülerin indirgenmesinde GRAVSOFT /8/, drift düzeltilmesinin getirilmesi ve ağı dengelemesinde ise Jeodezi Dairesi Başkanlığı'nda hazırlanan iki yazılım kullanılmıştır. /2/

KKTC Ulusal Gravite Datumu'nun belirlenmesi ve Ulusal Gravite Ağı'nın oluşturulmasına yönelik, yapılan gravite ağ dengelemesine ilişkin genel bilgiler Tablo-3'de verilmektedir.

Tablo-3 : Gravite ağ dengeleme seçenekleri

Sabit nokta	Bilinmeyen nokta	Ölçek parametresi	Drift parametresi	Ölçüler
KONYA ANKARA	GÜVERCİNLİK LEFKOŞA/ERCAN 4 ADET I nci derece NOKTA 4 ADET II nci derece NOKTA 105 ADET BÖLGESEL GRV.NOK.	λ_1, λ_2	drift yok	İndirgenmiş ve drift düzeltmesi getirilmiş ölçü

Yukarıdaki uygulamada, drift ve gelgit düzeltmesi getirilmiş ölçülerle KONYA ve ANKARA noktaları bilinen ve hatasız alınarak bilinmeyen noktaların (GÜVERCİNLİK, LEFKOŞA/ERCAN, 4 adet I nci derece nokta, 4 adet II nci derece nokta, 105 adet bölgesel gravite noktası) gravite değerleri ile gravimetreler için I nci derece den ölçek polinom katsayıları hesaplanmıştır.

KKTC Ulusal Gravite Datumu'nun belirlenmesi ve Ulusal Gravite Ağı'nın Oluşturulması amacıyla yapılan uygulama sonuçlarına göre KKTC'nde ölçü yapılan noktalarda minimum gravite değeri ile maksimum gravite değeri arasında 288.4 mGal'lık bir fark hesaplanmıştır. Nokta gravite değerlerinin standart sapmaları ise ± 0.0142 mGal ile ± 0.0498 mGal arasında değişmektedir. Dengeleme sonunda, ölçülere gelen düzeltmelerin normlandırılmış değerleri ise ± 0.0000 ile ± 2.8309 arasında değer almaktadır.

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

KKTC Ulusal Gravite Datumu'nun belirlenmesi ve Ulusal Gravite Ağı'nın oluşturulmasına yönelik, yapılan gravite ağ dengelemesinin ana unsurları; ölçüler (ölçülen bazlardaki gravite ölçü farkları), bilinmeyen parametreler (nokta gravite değerleri ve her bir gravimetre için ölçek parametresi) ile ağın datumunu belirlemek için kullanılan bilinen parametrelerdir. ANKARA ve KONYA noktalarının gravite değerleri bilinen ve hatasız kabul edilerek gerçekleştirilen dengeleme sonucunda bilinmeyen nokta gravite değerlerine ek olarak, her bir gravimetre için birinci dereceden ölçek polinomu hesaplanmıştır. Bu ölçek parametresi gravite farkındaki doğrusal değişimi gösteren bir katsayıdır. Burada hesaplanan ölçek parametreleri kalibrasyon bazında mutlak gravite ölçülerinden oluşturulan gravite farkı ile bu çalışmada ölçülen gravite arasındaki farkı göstermektedir.

KUGA-2001 ağı noktalarının gravite değerleri Türkiye Ulusal Gravite Ağı'na dayalı olarak hesaplanmıştır ve I nci ve II nci derece ağ noktalarının dengeleme sonrası iç duyarlılığı 0.014 mGal. ile 0.026 mGal. arasında değişmektedir.

KAYNAKLAR

- /1/ Ayhan, M.E., C. Demir, Y. Çağlar : Yeni Türkiye Birinci Derece Gravite Ağı, İç Rapor Jeof-98-2, Jeodezi Dairesi Başkanlığı, Harita Genel Komutanlığı, Ankara, 1998.
- /2/ Demir, C. : Kişisel katkı, Harita Genel Komutanlığı, Ankara, 2001
- /3/ Harita Genel Komutanlığı, Jeodezi Dairesi Başkanlığı : Gravite Çalışmaları Teknik Talimatı, (HGK : MST/125-11), Harita Genel Komutanlığı, Ankara, 1992.
- /4/ LaCoste & Romberg : Instruction Manual for Model G and D Gravity Meters, 1998.
- /5/ Morelli, C., C. Ganter, T. Honkasalo, J.G. Tanner, R.K. McConnell, B. Szabo, U. Votila, C.T. Whalen : The International Gravity Standardization Net, 1971 (IGSN71), Spec, Publ. No-4, IAG, 1974.
- /6/ Torge, W. : Gravimetry. Walter de Gruyter, Berlin, 1989.
- /7/ Torun, A. : Gravite Ağı'nın İyileştirilmesi : Ara sonuç raporu, Teknik Rapor, Jeodezi Dairesi Başkanlığı, Harita Genel Komutanlığı, Ankara, 1997.
- /8/ Tscherning, C.C., P. Knudsen, R. Forsberg : Description of the GRAVSOFTE Package. Geophysical Institute, University of Copenhagen, 1994.
- /9/ Wilmes, H., Kılıçoğlu, A. : Final Report of the Absolute Gravity Campaign 1996 in Turkey. Internal Report (not published). Department of Geodesy, General Command Of Mapping, Ankara, Turkey. 1997.