

**Makale
(Article)**

Nokta Konumlarının Belirlenmesinde GZK, Ağ GZK ve Total Station Verilerinin Karşılaştırılması

Sercan BÜLBÜL*, Cevat İNAL*, Ömer YILDIRIM **

*Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fak., Harita Müh. Blm., 42250 Konya /TÜRKİYE

**Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fak., Harita Müh. Blm., 60150 Tokat/TÜRKİYE
sbulbul@selcuk.edu.tr

Özet

Yakın zamana kadar detay noktalarının konumlarının belirlenmesi, genellikle total station kullanılarak kutupsal yöntemle yapılmaktaydı. Günümüzde ise açık alanlarda GZK (Gerçek Zamanlı Kinematik) ve Ağ-GZK teknikleri ile detay noktalarının yatay konumları gerçek zamanlı olarak hızlı ve doğru biçimde belirlenebilmekte; bu yöntemlerle belirlenen elipsoidal yükseklikler ise ortometrik yüksekliğe dönüştürülebilmektedir.

Bu çalışmada detay noktalarının konumları GPS/GNSS (Global Positioning System/Global Navigation Satellite Systems) ölçü yöntemlerinden; Hızlı Statik, GZK ve Ağ GZK teknikleri, klasik ölçme yöntemlerinden ise Total Station ile kutupsal yöntem kullanılarak belirlenmiştir. Hızlı statik yöntemle elde edilen koordinatlar esas alınarak diğer yöntemlerin doğrulukları araştırılmıştır. Bu amaçla Selçuk Üniversitesi kampüs alanında 100 noktalı bir test bölgesinde yapılan ölçüler değerlendirilmiştir.

Test alanında yapılan ölçülerin değerlendirilmesi sonucu x ve y projeksiyon koordinat eksenleri yönündeki farkların -3.70 cm ile +4.50 cm, h yönündeki farkların ise -9.10 cm ile +4.51 cm arasında değiştiği ve hızlı statik verileri ile total station verilerinin birbirine daha iyi yaklaşım gösterdiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: GNSS, GZK, Ağ GZK, Hızlı statik yöntem

Comparison of RTK, Network RTK and Total Station Data in Determination of Point Positions

Abstract

Generally, until recently determination of position of detail points was being made with polar method using a total station. Today, in uninhabited area determination of position of detail points is being made with RTK (Real Time Kinematic) and Network RTK as rapid and accuracy, ellipsoidal height determined in these methods can be transformed orthometric height.

In this study, the position of detail points was determined by using GPS/GNSS measurement methods such as Rapid Static, RTK and Network RTK techniques and by using classic measurement methods such as polar method with Total Station. Using points coordinates based on rapid static measurement; the accuracy of the other methods was investigated. For this purpose, the measurements which were made at a 100-point test region in the campus area of Selcuk University were evaluated.

In the result of evaluation for measurements which were made in the test region, the differences are between -3.70 cm. and +4.50 cm. in the direction of x and y projection coordinate axis and the differences are between -9.10 cm. and +4.51 cm. in the direction of h. It has been seen that the rapid static data and total station data show a better approach to each other.

Keywords: GNSS, RTK, Network RTK, Rapid Static Method.

Bu makaleye atıf yapmak için

Bulbul, S., Inal, C., Yıldırım, Ö., "Nokta Konumlarının Belirlenmesinde GZK, Ağ GZK ve Total Station Verilerinin Karşılaştırılması" Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi 2015, 7(2) 27-35, doi: 10.15659/hartek.15.06.52

How to cite this article

Bulbul, S., Inal, C., Yıldırım, Ö., "Comparison of Classic GZK, Network GZK and Total Station Data in Determination of Point Positions" Electronic Journal of Map Technologies, 2015, 7(2) 27-35, doi: 10.15659/hartek.15.06.52

1. GİRİŞ

Ülkemizde, son 30 yıldır detay noktalarının konumları, genellikle elektronik takeometre kullanılarak kutupsal yöntemle, yükseklikleri ise trigonometrik olarak belirlenmektedir. Günümüzde GPS/GNSS teknolojisindeki gelişmeler nokta konumlarının gerçek zamanlı belirlenmesine imkan sağlamıştır. Bu kapsamda, başlangıçta, nokta yatay konumlarını gerçek zamanlı santimetre mertebesinde belirleyen GZK yöntemi geliştirilmiştir [1]. Ancak bu yöntemde konumu yüksek doğrulukla bilinen bir referans istasyonu ile bu istasyona en fazla 10 km veya daha az uzaklıkta bulunan bir ya da daha fazla gezen alıcıya ihtiyaç duyulmaktadır. Yörünge hatası ve atmosferik hatalar nedeniyle yöntemin doğruluğu referans istasyonu ile gezen alıcı arasındaki uzaklığa bağlıdır.

GZK yöntemindeki bu sınırlamalardan kaçınmak için birden çok sabit istasyon kurulması fikri ortaya atılmıştır [2, 3]. 1980'li yılların sonlarından itibaren yüksek doğruluk gerektiren jeodezik ölçülere katkı sağlaması amacıyla CORS sistemi uygulamaya konulmuştur [4]. Bu fikrin uygulanması ve elde edilen deneyimlerden yararlanılması sonucunda sabit GPS/GNSS ağları kavramı ortaya çıkmıştır. Ülkemizde de Mayıs 2009'da faaliyete geçen, 4 tanesi Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyetinde olmak üzere, 146 istasyondan oluşan TUSAGA-Aktif(Türkiye Ulusal Sabit GPS Ağı-Aktif, CORS-TR) istasyonları bulunmaktadır. Ağ GZK sisteminde, tek bir referans istasyonuna olan bağımlılık ortadan kalkmış, ayrıca, çok sayıda referans istasyonuna ait verilerden yararlanarak belirli bir bölgeye ait atmosferik modelleme yapılması olanağı da sağlanmıştır. Bu modelleme sonucunda ise GNSS ölçülerini etkileyen en önemli hata kaynaklarından birisi olan iyonosfer ve troposfer hataları, konum belirleme uygulamaları için en düşük seviyeye indirilmiş olmaktadır.

Bu çalışmada nokta konumlarının Total Station, GZK, Ağ GZK ile belirlenmesi konusu ele alınmış ve bu yöntemlerle belirlenen koordinat ve yükseklikler hızlı statik GPS yöntemi ile belirlenen değerlerle karşılaştırılmıştır.

2. HIZLI STATİK ÖLÇÜ YÖNTEMİ

GPS/GNSS ile konum belirlemede kod gözlemleri ya da faz gözlemleri kullanılmaktadır. Hızlı statik ölçü yöntemi faz gözlemleri kullanılarak yapılan görelî konum belirleme yöntemlerinden bir olup toplanan ölçüler büroda uygun GPS/GNSS yazılımları ile değerlendirilerek nokta konumları belirlenmektedir. Bu yöntemde, alıcılardan birisi referans noktası üzerinde sabit bırakılarak sürekli gözlem yaparken başka alıcı ya da alıcılar diğer noktalara çok kısa süreler için kurularak eşzamanlı gözlemler yapılır [5]. Sabit alıcı olarak sürekli gözlem yapan TUSAGA-Aktif istasyonlarının kullanılması nokta konumlarının belirlenmesinde kolaylık sağlar. Kullanıcılar; erişim şifreleri ile Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü'nün internet sayfasından arazi gözlem zamanına ilişkin sabit istasyon verilerini (30 saniyelik RINEX ücretsiz, 1 saniyelik RINEX ücretli) alarak statik çözümleme yapabilmektedir. Bu yöntemde konumu belirlenecek yeni noktalar arasında alıcı taşınırken açık olması gerekmemektedir. Bu yöntemde ölçü süresi noktalar arası uzaklığa ve uydu geometrisine bağlı olup, uydu sayısı arttıkça aynı uzunluktaki bazda ölçü süresi azaltılabilir (Çizelge 1). Bu yöntemde baz ölçüm doğruluğu yatayda 3 mm + 0.5 ppm, düşeyde ise 5 mm + 0.5 ppm'dir [6, 7].

Çizelge 1. Uydu sayısı ve ölçü süresi ilişkisi [5]

Uydu Sayısı	Ölçü Süresi(dakika)
4	>20
5	10-20
6 ve daha fazla	5-10

3. TOTAL STATION İLE NOKTA KONUMLARININ BELİRLENMESİ

Total station ile alımda noktaların yatay konumları kutupsal yöntemle, trigonometrik yükseklikleri ise düşey açı ve uzunluk ölçülerinden yararlanılarak belirlenir. Bu amaçla yatay açı (α), düşey açı (z) ve eğik uzunluk (s') ölçülür. Ölçülere sıfır eki düzeltmesi ile ölçülen sıcaklık ve basınca bağlı olarak atmosferik düzeltme getirilir. Atmosferik düzeltme getirilmiş eğik uzunluk (s'),

$$s = s' \cdot \sin(Z) \quad (1)$$

ile yataya dönüştürülür. Yatay uzunluğun ortalama hatası;

$$m_s = \pm \sqrt{\sin^2 z \cdot m_{s'}^2 + s'^2 \cdot \cos^2 z \cdot \frac{m_z^2}{\rho^2}} \quad (2)$$

bağıntısı ile, istasyon noktası ile detay noktası arasındaki yükseklik farkı ise 300 m.'den kısa mesafeler için, alet ve reflektör yüksekliklerinin eşit alınması durumunda,

$$\Delta h = s' \cdot \cos(Z) \quad (3)$$

bağıntısı ile hesaplanır. Hesaplanan yükseklik farkının ortalama hatası;

$$m_{\Delta h} = \pm \sqrt{\cos^2 z \cdot m_{s'}^2 + s'^2 \cdot \sin^2 z \cdot \frac{m_z^2}{\rho^2}} \quad (4)$$

x ve y yönündeki ortalama hatalar ise;

$$m_x^2 = \cos^2 \alpha \cdot m_s^2 + s^2 \cdot \sin^2 \alpha \cdot \frac{m_\alpha^2}{\rho^2} \quad (5)$$

$$m_y^2 = \sin^2 \alpha \cdot m_s^2 + s^2 \cdot \cos^2 \alpha \cdot \frac{m_\alpha^2}{\rho^2} \quad (6)$$

eşitlikleriyle hesaplanır. Konum ortalama hatasının hesabında;

$$m_p = \pm \sqrt{m_x^2 + m_y^2} \quad (7)$$

olmak üzere,

$$m_p = \pm \sqrt{m_s^2 + s^2 \cdot \frac{m_\alpha^2}{\rho^2}} \quad (8)$$

eşitliğinden yararlanılır. Eşitliklerdeki m_α ve m_s sırasıyla kullanılan aletin yatay ve düşey açı ölçme doğruluğunu göstermektedir [8].

4. GZK İLE NOKTA KONUMLARININ BELİRLENMESİ

GZK ile konum belirleme, gezen alıcılar tarafından uydulardan (GPS/GLONASS) kaydedilen faz gözlemlerine ve aynı anda referans bir istasyondan gerçek zamanlı olarak gezen alıcıya gönderilen ham ölçü ya da düzeltme bilgilerine (konum, pseudorange, atmosfer vb.) dayalı olarak gerçekleştirilen, hesaplamaların ise gezen alıcıda yapıldığı bir konum belirleme tekniğidir [9].

GZK tekniğinde, hem referans hem de gezici istasyonda çift frekanslı GPS alıcıları kullanılır. Ayrıca bu metotta, statik ve kinematik GNSS ölçü yöntemlerinde kullanılan donanımdan farklı olarak sabit istasyonda hesaplanan taşıyıcı dalga faz ölçü düzeltmelerini yayımlayan bir radyo vericisi ve gezici birimde de gönderilen bu düzeltmeleri alan bir radyo alıcısı gibi ek donanımlar gerekir [10].

GZK uygulamasında bir referans istasyonunda hesaplanan düzeltme bilgileri gezen alıcıya gönderilmektedir. Gönderilen düzeltme mesajları belli bir formata uygun olmalıdır. Her alıcı firması gerçek zamanlı uygulamalar için kendi özel formatını üretmiştir. Fakat bu durumda farklı formatlardaki veriler farklı alıcılar tarafından kullanılamaz. Bu problemi önlemek amacıyla Teknik Radyo Komisyonu Denizcilik Servisi, Özel Komitesi (Radio Technical Commission for Maritime Services, Special Committee 104) referans alıcı ile gezici alıcı arasında düzeltme verilerinin yayınlanması amacıyla standart bir format yayınlamış ve bu format RTCM SC-104 olarak isimlendirilmiştir [11]. RTCM SC-104 formatı hemen hemen GPS navigasyon mesaj formatının aynısıdır. Yapılan çalışmalar, RTCM SC-104 veri formatı ve mesaj yapısının genellikle güvenilir olduğunu göstermiştir [12].

Dođal olarak, referans ve gezici alıcıları ne kadar çok sayıda uydu izlerse, tamsayı sabitleme işlemleri de o kadar hızlanır ve konumlama doğrulukları o kadar artar. GPS sinyallerine ek olarak, GLONASS sinyalleri kullanan sistemlerden de bu doğrultuda yararlanılabilir. Ancak, çift frekanslı GPS sistemlerinin birkaç kilometreden uzun bazlarda tek frekanslı GPS/GLONASS ikili sistemlerine göre üstünlüğü vardır. GPS/GLONASS ikili sistemleri de açık havza madenleri, şehir kanyonları, nehir vadileri ve orman sınırlarının tespiti gibi sınırlı gökyüzü açıklığı olan bölgelerde daha avantajlıdır [12].

GZK uygulamasında bir referans istasyonunda hesaplanan düzeltme bilgileri kullanıcıya gönderilir. Sistemik hatalardan (atmosferik etkiler, yörünge hatası etkisi vb.) kaçınmak için referans istasyonu ile kullanıcı arasındaki mesafe 10 km'yi geçmemesi gerekmektedir. GZK GPS tekniği ile cm mertebesinde elde edilen doğruluk pek çok haritacılık uygulamaları için yeterli olmaktadır [13].

5. Ađ-GZK İLE NOKTA KONUMLARININ BELİRLENMESİ

Tek referans alıcısıyla yapılan GZK tekniğinin kısıtlamasını aşmak amacıyla bilim ve teknoloji dünyası sürekli arayış içinde olmuş ve bu arayışların sonucunda Ađ GZK yöntemi geliştirilmiştir.

Ađ GZK sisteminde, tek bir referans istasyonuna olan bağımlılık ortadan kalkmıştır. Ayrıca, çok sayıda referans istasyonuna ait verilerden yararlanarak belirli bir bölgeye ait atmosferik modelleme yapılması olanağı sağlanmıştır. GNSS gözlem tekniklerinin gücü ile ađ yapısının üstünlükleri (ađ dengelemesi) birleştirilmiştir. Sonuç olarak Ađ GZK, GZK tekniğine göre daha uzun baz uzunluklarında (50 -100 km) faz gözlemlerine dayalı olarak cm doğruluğunda ve gerçek zamanlı konum belirleme tekniğidir [3].

Ađ GZK sistemindeki gezici alıcı, sunucuya tek veya iki farklı yol ile bağlanır (radyo modem, GSM (Global System for Mobile Communications) veya internet gibi). Gezici, gerçek zamanlı kinematik veriyi alır almaz uygun bir algoritmaya göre bulunduğu konumu hesaplar. Ađ verilerinin gezicilere aktarılmasında da farklı yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemler düzeltmelerin referans istasyonunda ya da gezicide yapıldığına, gönderilecek bilgilerin kapsamına, veri aktarma protokolüne (formatına) ve veri aktarma ortamına (telsiz, GPRS vb.) bağı olarak değişmektedir [14].

Ađ GZK tekniğinin GZK tekniğine göre üstünlükleri vardır. Ađ GZK ile nokta koordinatları tek anlamlı ve homojen bir koordinat sisteminde belirlenmekte, yüksek kalitede sonuçlar elde edilmekte ve tüm ađ için oluşturulan atmosferik modelden yararlanılarak ölçü noktası için gerekli düzeltmeler enterpolasyon ile hesaplanabilmektedir [9].

Ađ GZK tekniğinin günümüzde en fazla uygulanan şekli sabit GNSS ağlarıdır. Ülkemizde bu amaçla 146 noktadan oluşan CORS-TR ağı kurulmuştur. CORS-TR projesinde aktif CORS yaklaşımı benimsenmiştir.

Burada tüm ülkeyi kapsayan CORS istasyonları bir kontrol merkezine bağlı olup istasyonların konumları ve atmosferik düzeltmeler sürekli hesaplanmaktadır. Böylece atmosfer ve konum düzeltmeleri ülke genelinde modellenabilmektedir. Bunun sonucunda, saatler gerektiren GNSS ölçü süreleri, dakikalara ve hatta saniyelere inmektedir; baz uzunlukları da yaklaşık olarak 10 misli büyümektedir [15].

CORS-TR sisteminde gerçek zamanlı konum belirleme için üç farklı düzeltme tekniği kullanılmaktadır. Bunlar; FKP, VRS, MAC tekniğidir [16].

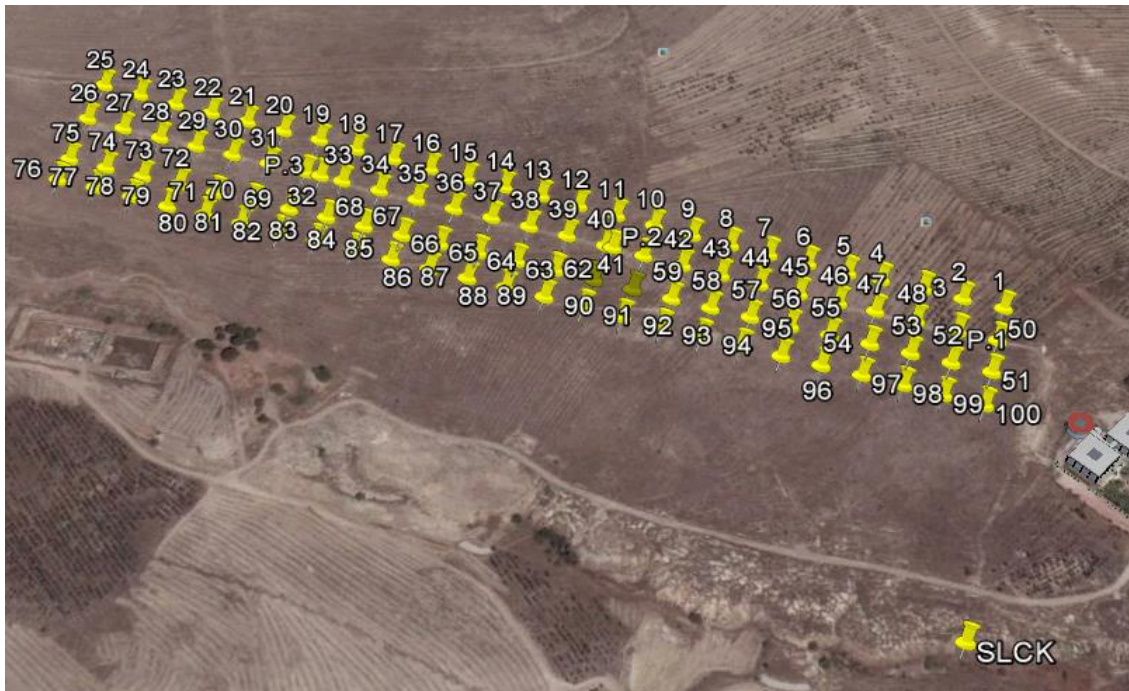
FKP (Flachen Koorectur Parameter) olarak bilinen alan düzeltme yaklaşımında tüm CORS ağı kullanılarak her sabit istasyonda atmosferik düzeltmeler ve taşıyıcı faz düzeltmeleri hesaplanmaktadır. Gezici, ağ düzeltmesini sabit istasyonların birinden alır ve çift yönlü haberleşmede bu istasyonu merkez olarak belirler.

VRS (Virtual Reference Stations) uygulamasında ön koşul, CORS ağındaki kontrol merkezi ile gezici alıcı arasındaki iki yönlü iletişimidir. Gezici, yaklaşık koordinatları kontrol merkezine göndermekte ve merkezde tüm ağ bilgileri kullanılarak söz konusu gezicinin konumu için VRS referans verileri oluşturmaktadır. Bu yöntemde düzeltmeler, gezicinin hemen yakınında oluşan sanal bir referans istasyonu üzerinden yayınlamaktadır [15].

MAC (Master Auxiliary Concept) tekniği, bir adet ana istasyon (master) ve birden çok yardımcı istasyondan (auxiliary) oluşan ağ içerisinde gezici alıcının konumunun belirlenmesine dayanır. MAC tekniğinde ana istasyonun gezen alıcılara en yakın istasyon olması gerekmektedir. Önemli olan aynı uydulara gözlem yapılmış olmasıdır. Çünkü ana istasyonun düzeltmelerin hesaplanmasında özel bir görevi olmayıp, esas olarak düzeltmelerin yayınlanmasında rolü vardır. Eğer herhangi bir nedenle ana istasyondan veri alınamaması durumunda yardımcı referans istasyonlarında birisi bu görevi üstlenir [9].

6. TEST ALANINDA YAPILAN ÖLÇMELER VE DEĞERLENDİRME

Hızlı Statik, GZK, Ağ GZK ve Total Station ile elde edilen nokta konumlarını karşılaştırmak amacıyla Selçuk Üniversitesi Alaeddin Keykubat kampüsü içinde meskün olmayan bir bölgede ~6.5 ha'lık bir test alanı oluşturulmuştur (Şekil 1). Test alanı ~720x90m boyutlarındadır ve 100 noktadan oluşmaktadır.



Şekil 1. Test alanı

Hızlı Statik, GZK ve Ağ GZK ölçüleri JavadTriumph-1 GNSS alıcısı ile gerçekleştirilmiştir. Kullanılan alıcının hızlı statik ölçme doğruluğu yatayda 3 mm+0.5 ppm, düşeyde 5 mm+0.5 ppm'dir. GZK ölçme doğruluğu ise yatayda 10 mm+1 ppm, düşeyde 15 mm+1 ppm'dir. Hızlı statik ölçmelerde alıcı sehpa üzerine kurulmuştur (Şekil 2). Gözlemlerde uydu yükseklik açısı 15 derece, veri toplama aralığı 5 saniye ve ölçü süresi 10 dakika olarak alınmıştır. Bütün noktalardaki ölçmelerde GPS uydu sayısı 7, GLONASS uydu sayısı ise 6'nın üzerindedir. Toplanan veriler Leica LGO 7.0 yazılımı ile değerlendirilmiş ve noktaların ITRF96/2005.0 'e göre koordinatları hesaplanmıştır.



Şekil 2. Hızlı statik ölçü

Ağ GZK ve GZK ölçmelerinde uydu yükseklik açısı 15 derece, veri toplama aralığı 1 saniye ve ölçü süresi 5 epok olarak alınmıştır. Çalışma alanına en yakın TUSAGA-Aktif noktası (KNY1) 18.8km'dir. Ağ GZK ölçmelerinde çalışma bölgesinde veri iletişiminin kesintisiz olması ve daha önce bu bölgede yapılan çalışmalarda VRS tekniğinin daha iyi sonuç vermesi nedeniyle bu çalışmada da düzeltme tekniği olarak VRS tekniği kullanılmıştır. GZK ölçmelerinde Selçuk Üniversitesi kampüs alanı içinde bulunan TUTGA (SLCK) noktası referans noktası olarak kullanılmıştır. TUTGA (SLCK) noktasının çalışma bölgesine olan uzaklığı 1km'dir. Aynı uydu ve ölçme konfigürasyonundan yararlanılması için GZK ve Ağ GZK ölçüleri ardışık iki günde yapılmıştır. Ölçüler ilk gün 09:00-10:30 (GZK ölçüleri), ikinci gün 08:55-11:10 (Ağ GZK ölçüleri) saatleri arasında yapılmıştır.

Total station ile yapılan ölçmelerde Topcon GTS 105N elektronik takeometresi kullanılmıştır. Bu aletin uzunluk ölçme doğruluğu $m_d = 2 \text{ mm} + 2 \text{ ppm}$ ve açı ölçme doğruluğu $m_a = \pm 1.5 \text{ mgon}$ dur. Total station ile yapılan ölçmelerde istasyon noktalarının zemin tesisleri pilye şeklindedir (Şekil 3). Sözkonusu pilyeler daha önce elektronik uzaklık ölçerlerin kalibrasyonu amacıyla tesis edilmiş ve bu pilyelerin üç tanesi total station ile yapılan alımda kullanılmıştır. Pilye koordinatları her noktada 2 saat statik GNSS ölçüsü yapılarak belirlenmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Pilye noktalarının koordinatları ve doğrulukları

NN	Y (m)	X (m)	h (m)	m_y (cm)	m_x (cm)	m_h (cm)
Pilye 1	456255.2669	4210709.2948	1199.1034	0.86	1.18	2.49
Pilye 2	456001.7285	4210783.0779	1207.2981	0.80	1.10	2.30
Pilye 3	455777.5244	4210848.1986	1217.5108	0.79	1.10	2.26



Şekil 3. Total Station ile yapılan ölçmeler

Total station ile yapılan alımda seçilen üç pilye noktasından iki tanesi istasyon noktası olarak kullanılmıştır. Alımda detay noktalarının istasyon noktalarına olan uzaklığı 200 m'nin altındadır. Ölçülen uzunluklar projeksiyon düzlemine indirgenmiş ve nokta koordinatları hesaplanmıştır. Çalışma bölgesindeki jeoit değişimleri 200m. de 5 mm. civarındadır [17]. Mesafenin kısa olması ve çalışma bölgesindeki jeoit değişiminin az olması nedeniyle hızlı statik yöntemle elde edilen yükseklikler GZK, Ağ GZK ve Total Station ile elde edilen yüksekliklerle doğrudan karşılaştırılmıştır.

Hızlı statik yöntemle elde edilen koordinatlar esas alınarak; Ağ GZK, GZK ve Total Station ile elde edilen koordinat farkları (hataları);

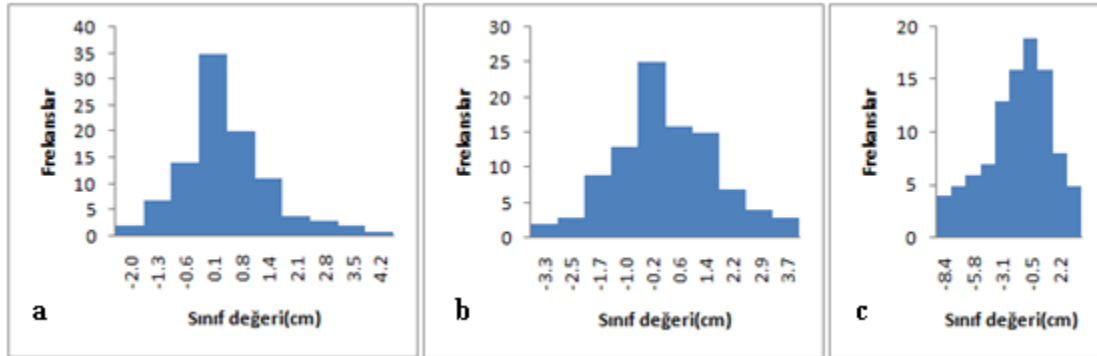
$$\varepsilon_x = x - x_s$$

$$\varepsilon_y = y - y_s$$

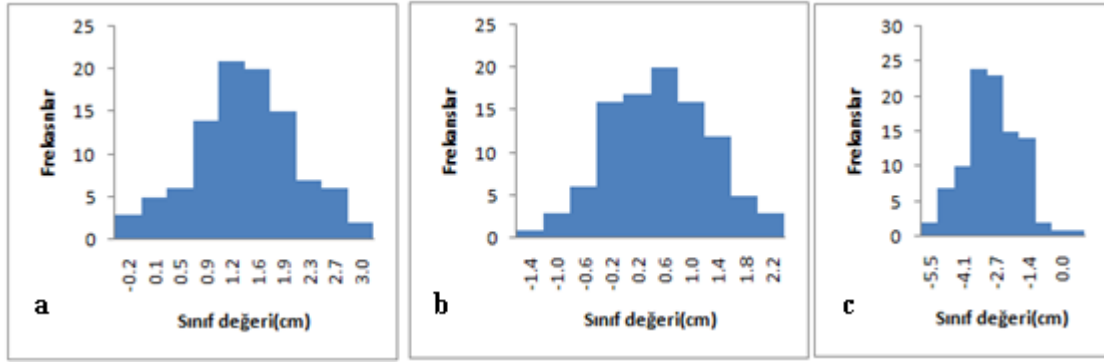
$$\varepsilon_h = h - h_s$$

(9)

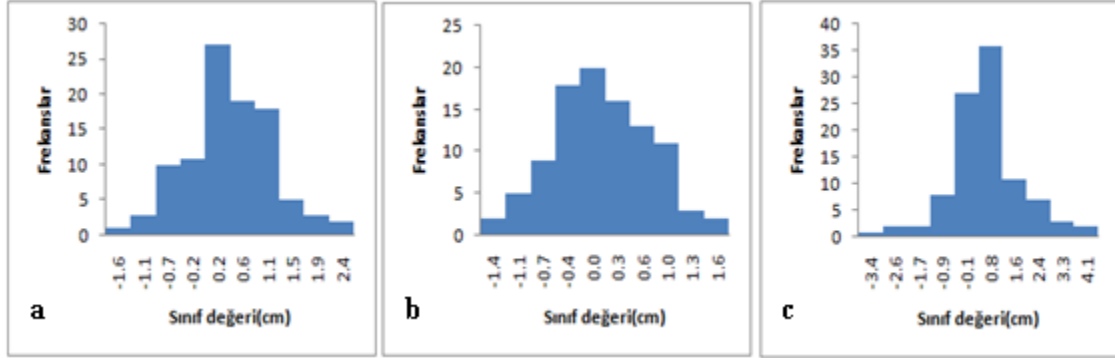
ile hesaplanmıştır. Hesaplanan hatalar 10 sınıfa ayrılmış, sınıf aralıkları ve frekansları belirlenmiş ve histogramlar oluşturulmuştur (Şekil 4,5,6). (9) eşitliğinde; x_s, y_s, h_s hızlı statik yöntemle elde edilen koordinatları, x, y, h ise Ağ GZK, GZK ve total station ile elde edilen koordinatları göstermektedir.



Şekil 4. Hızlı statik – (CORS-TR) koordinat farkları (a-Dy, b-Dx, c-Dh)



Şekil 5. Hızlı statik – GZK koordinat farkları(a-Dy, b-Dx, c-Dh)



Şekil 6. Hızlı statik – Total Station koordinat farkları (a-Dy, b-Dx, c-Dh)

(9) eşitliklerinden hesaplanan koordinat farkları kullanılarak x, y ve h yönündeki karesel ortalama hatalar (KOH);

$$\begin{aligned} m_x &= \pm([\varepsilon_x \varepsilon_x]/n)^{1/2} \\ m_y &= \pm([\varepsilon_y \varepsilon_y]/n)^{1/2} \\ m_h &= \pm([\varepsilon_h \varepsilon_h]/n)^{1/2} \end{aligned} \quad (10)$$

eşitliğiyle hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalara ilişkin istatistik bilgiler Çizelge 2 de verilmektedir.

Çizelge 2. Hızlı statik (HS) ölçü yöntemi ile diğer yöntemlerin karşılaştırılması

Ölçü Yöntemleri	Farklar	Max. (cm)	Ortalama (cm)	Min. (cm)	KOH (cm)
HS-(CORS-TR)	ε_x	4.50	0.42	-2.30	± 1.26
	ε_y	4.10	0.21	-3.70	± 1.59
	ε_h	4.20	-1.65	-9.10	± 3.52
HS-GZK	ε_x	3.20	1.41	-0.40	± 1.58
	ε_y	2.40	0.53	-1.60	± 0.93
	ε_h	1.00	-2.84	-5.80	± 3.08
HS-Total Station	ε_x	2.60	0.40	-1.78	± 0.88
	ε_y	1.82	0.09	-1.56	± 0.70
	ε_h	4.51	0.60	-3.80	± 1.42

7. SONUÇLAR

Günümüzde detay noktaların konumlarının belirlenmesinde genellikle total station ile kutupsal yöntem ve GNSS tekniklerinden gerçek zamanlı kinematik GPS yöntemleri kullanılmaktadır. Bu çalışmada, hızlı statik yöntemle diğer yöntemlerin karşılaştırılması yapılmıştır. Selçuk Üniversitesi kampüs alanında 100 noktalı bir test alanında yapılan ölçülerin değerlendirilmesi sonucu;

Hızlı statik yöntem ile CORS-TR karşılaştırılmasında x ve y yönündeki koordinat farkları -3.7 cm ile +4.5 cm arasında, koordinatların KOH ise ± 1.26 ile ± 1.59 cm arasında değişmektedir. Hızlı statik yöntem ile GZK tekniğinin karşılaştırılmasında x ve y yönündeki koordinat farkları -1.60 cm ile +3.20 cm arasında, koordinatların KOH ise ± 0.93 ile ± 1.53 cm arasında değişmektedir. Hızlı statik yöntem ile total station verilerinin karşılaştırılmasında x ve y yönündeki koordinat farkları -1.78 cm ile +2.60 cm arasında, koordinatların KOH ise ± 0.70 ile ± 0.88 cm arasında değişmektedir. Bütün karşılaştırmalarda, yüksekliklere ait farklar ve KOH değerleri x ve y yönündeki değerlerin iki katına çıkmaktadır. Tablo-2'den de görüldüğü gibi total station verilerinin hızlı statik sonuçlarına daha iyi bir yaklaşım gösterdiği görülmektedir. Bütün yöntemlerde, x ve y yönündeki koordinat farkları 5 cm. yükseklikteki farklar ise 10 cm.'nin altındadır.

NOT

Bu çalışma 7. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumunda sunulan bildirinin revize edilmiş ve genişletilmiş halidir.

8. KAYNAKLAR

1. Arslanoğlu, M., 2002. Gerçek Zamanlı Kinematik GPS'in Kent Bilgi Sistemlerinde Kullanılabilirliğinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, ZKÜ FBE, Zonguldak.
2. Landau, H., Vollath, U., Chen, X., 2002, "Virtual Reference Station Systems", Journal of Global Positioning System, Vol. 1, No. 2, 137-143, Kanada.
3. Raquet, J., 1998, "Development of a Method for Kinematic GPS Carrier-Phase Ambiguity Resolution Using Multiple Reference Receivers", PhD Thesis, UCGE 20116, University of Calgary.
4. Yıldırım, Ö., Salgın, Ö., Bakıcı, S., 2011, "The Turkish CORS Network (TUSAGA- Aktif)", FIG Working Week 2011, Bridging the Gap between Cultures, 18-21 May 2011, Marrakech, Morocco,
5. Kahveci, M., Yıldız, F., 2012, "GPS/GNSS Uydularla Konum Belirleme Sistemleri Teori ve Uygulama", Nobel Akademik Yayıncılık, 222s, 5. Baskı, Ankara
6. Lecia Viva GNSSGS14 receiver User Manual ,(15.10.2015)
7. http://www.enav-international.com/productsurvey/articles/id1047-Javad_GNSS.html (15.10.2015)
8. İnal, C., 2002, "Modern Jeodezide Ölçme Aletleri (Ders Notları)", Selçuk Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, yayın no 50, Konya
9. Kahveci, M., 2009, "Kinematik GNSS ve GZK CORS Ağları", Zerpa Turizm Yayıncılık Ltd. Şti., Ankara.
10. Mekik, Ç., 2001, "Gerçek Zamanlı Kinematik GPS", Seminer çalışması, ZKÜ, 11s, Zonguldak.
11. Hofmann-Wellenhof, B., Lichtenegger, H. And Collins, J., 1997, "GPS Theory and Practice", New York.
12. Arslanoğlu, M., Mekik, Ç., 2003, Gerçek Zamanlı Kinematik GPS Konumlarının Doğruluk Analizi ve Bir Örnek Uygulama, 9. Türkiye Harita ve Bilimsel Teknik Kurultayı, Ankara, 549-558, 2003.
13. Rizos, C., 2002, "Network GZK Research and Implementation – A Geodetic Perspective", Journal of Global Positioning Systems, Vol.1, No.2:144-150.
14. Pektaş, F., 2010, "Gerçek Zamanlı Ulusal ve Yerel Sabit GNSS Ağlarında Dayalı Kinematik Konumlama", Yüksek Lisans Tezi, YTÜ FBE, İstanbul.
15. Eren, K., Uzel, T., 2008, "Ulusal CORS Sisteminin Kurulması ve Datum Dönüşüm Projesi", İstanbul Kültür Üniversitesi, İstanbul.
16. Wanninger, L., 2002, "Virtual Reference Stations for Centimeter- Level Kinematic Positioning", Proceedings of ION GPS 2002, pp 1400-1407, Portland, Oregon, USA
17. Tuşat, E., 2000, "GPS Gözlemleri ve Yersel Gözlemler Yardımıyla Jeoid Profili Çıkarılması", Yüksek lisans Tezi, SÜ FBE, Konya.