

# MÜHENDİSLİK UYGULAMALARI İÇİN SABİT GPS İSTASYONLARINA DAYALI KONUM DOĞRULUKLARININ ARAŞTIRILMASI

T. Öcalan<sup>1</sup>, M.Soycan<sup>2</sup>, D.Uğur Şanlı<sup>3</sup>, K. Gümüş<sup>4</sup>, N.Tunalıoğlu<sup>5</sup>

<sup>1</sup>YTÜ, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, Ölçme Tekniği Anabilim Dalı, İstanbul, [ocalan@yildiz.edu.tr](mailto:ocalan@yildiz.edu.tr)

<sup>2</sup>YTÜ, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, Ölçme Tekniği Anabilim Dalı, İstanbul, [soycan@yildiz.edu.tr](mailto:soycan@yildiz.edu.tr)

<sup>3</sup>BÜ, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Jeodezi Anabilim Dalı, İstanbul, [ugur.sanlı@boun.edu.tr](mailto:ugur.sanlı@boun.edu.tr)

<sup>4</sup>YTÜ, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, Ölçme Tekniği Anabilim Dalı, İstanbul, [kgumus@yildiz.edu.tr](mailto:kgumus@yildiz.edu.tr)

<sup>5</sup>YTÜ, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, Ölçme Tekniği Anabilim Dalı, İstanbul, [ntunali@yildiz.edu.tr](mailto:ntunali@yildiz.edu.tr)

## ÖZET

*Global Navigasyon Uydu Sistemleri (GNSS) olarak bilinen ve bunlar içerisinde en etkin, verimli ve optimal çözüm sağlayan tekniklerden biri olan GPS' nin birçok farklı alan ve disipline yönelik uygulamaları, bununla birlikte sağladığı getiriler, dünya ve ülkemizde bu tekniğin etkin kullanımını arttırmak amacıyla sabit GPS istasyonlarının oluşumunu sağlamıştır.*

*Özellikle deformasyonların belirlenebilmesi, temel jeodezik ağların yaşatılması ve güncelleştirilmesinin yanı sıra deprem ve jeodinamik olayların modellendirilmesi ve yorumlanması, gerçekleştirilecek tüm GPS çalışmalarında referans koordinat sistemi belirsizliğinin giderilmesi, uygun donanımlarla teçhiz edildiğinde, anlık veya yakın gerçek zamanlı DGPS düzeltme verileri üretmek için duyarlı konumlama ve navigasyon imkânı ortaya koyması, RTK GPS uygulamaları için düzeltme verileri sağlaması ve mühendislik amaçlı çalışmalarda sabit nokta hizmeti vermesi gibi birçok hizmet sunan bu istasyonlar ve oluşturdukları ağlar günümüzde oldukça önem kazanmıştır.*

*Pratik mühendislik uygulamalarında da birçok ölçmecinin doğrudan ya da diğer yersel ve klasik ölçmeleri desteklemek amacıyla dolaylı olarak kullandığı bu sistemin, jeodezik ve mühendislik amaçlı uygulamaları GPS'deki bağıl nokta konumlama ilkesine dayalı olarak gerçekleşmektedir. Bu bildiri bu amaçla sabit GPS istasyonlarına dayalı olarak bağıl nokta konum doğruluklarının araştırılması için Amerika'da bulunan SCIGN (Southern California Integrated GPS Network) ağından seçilen sabit GPS istasyonları ile yapılan deneysel bir çalışma niteliğindedir.*

**Anahtar Sözcükler:** Mühendislik Uygulamaları, Sabit GPS İstasyonu, Bağıl Nokta Konum Doğruluğu

## INVESTIGATION OF THE RELATIVE POINT POSITION ACCURACY BASED ON THE PERMANENT GPS STATIONS FOR THE ENGINEERING APPLICATIONS

### ABSTRACT

*Global Positioning System (GPS) which gives the most effective, efficient and optimum solutions included the Global Navigation Satellite Systems (GNSS), is common used and applied in many different projects. These advantages and benefits of GPS satisfy the constitution of the permanent GPS stations in our country and whole the world.*

*The permanent GPS stations have many significant functions. These are especially determination of the deformations, updating the basis geodetic networks and studies about the earthquakes and geodynamics and GPS contributes all of them. Furthermore, GPS obtains the correction data with the available hardwares for the application of DGPS and RTKGPS, and also it is used as permanent points in engineering applications.*

*GPS is used directly or indirectly to supply the terrestrial (classical) surveyings by some of the surveyers. In geodetic and engineering applications, the GPS' s rule of relative positioning is used. The aim of this study is the experimental approach to investigating the point position accuracy based on permanent GPS stations with the selected points from SCIGN network.*

**Keywords:** Engineering Applications, Permanent GPS Station, Relative Point Position Accuracy

## **1. GİRİŞ**

GPS' nin uygulama alanlarındaki çeşitlilik, global, bölgesel ve yerel ölçekteki kontrol (referans) ağ yapılarının sabit GPS istasyonları kullanılarak sürekli, güncel ve dinamik bir sistem içerisinde kullanımını sağlamaktadır. Böylesi bir kazanım jeodezik çalışmalar başta olmak üzere, mühendislik ölçmeleri açısından da büyük yarar sağlamaktadır.

Mühendislik ölçmeleri perspektifiyle bakıldığında yapılan çalışmalarda temel hedeflerden biri de uygulamanın en kısa zamanda ve ekonomik olarak tamamlanmasıdır. GPS ile bağlı nokta konumlama ilkesine göre yapılan uygulamalarda istenilen nokta konum doğruluğu, yapılan işin niteliğine göre değişmekle beraber özellikle belirlenen ölçü süreleri, noktalar arasındaki baz uzunlukları, noktalar arasındaki yükseklik farkları ve seçilen değerlendirme modelleri de nokta konum doğrulukları üzerindeki önemli etkenlerdir.

Bilindiği gibi tek bir GPS alıcısı ile yapılan mutlak konumlama, doğruluk bakımından yüksek duyarlılık gerektiren mühendislik ve jeodezik ölçmeler için yeterli değildir. Birkaç cm veya daha iyi hassasiyet gerektiren çalışmalar için bağıl konumlama tekniği kullanılmaktadır. Bağıl konumlama en az iki veya daha fazla noktada, yine bu sayıdaki GPS alıcılarının eş zamanlı kullanılmasıyla mekânsal tanım kazanan yerel, bölgesel ve global ağlarda uygulanan en temel ve basit prensiptir (Lenk, 2005). Bu sistem aynı zamanda sabit GPS istasyonlarının çalışma prensibini de tanımlamaktadır.

Bu noktada bağıl konumlamadaki temel amaç, konumu bilinen nokta veya noktalar ile bilinmeyen noktalarda yapılan eş zamanlı gözlemlerin değerlendirilmesi suretiyle, eş zamanlı gözlem yapılan noktalar arasındaki baz vektörlerinin belirlenmesidir (IGS; Soyca vd., 2003). İşte bağıl konumlama ilkesi gözetilerek bu baz vektörlerinin belirlenmesinde sabit GPS istasyonları özellikle nokta konumlarının yüksek doğrulukta belirlenmesinde zaman ve maliyet açısından önemli katkılar sunmaktadır.

Sabit GPS istasyonları, genel anlamda sağladıkları hizmet ve çalışma şekilleri açısından pasif ve aktif istasyon yapısı olmak üzere iki yapı içerisinde değerlendirilir. Bu istasyonlar uygulamanın niteliği, zaman, maliyet, çalışmadan beklenen doğruluk ve kullanıcıya sağladığı diğer katkılar yönünden pasif kontrol ağları ve aktif kontrol ağları olarak yapılandırılmaktadır (Lenk, 2005).

Dünyadaki birçok farklı ülke ve bölgede değişik amaçlar doğrultusunda çok sayıda sabit GPS istasyonu ve bu istasyonların oluşturdukları ağlar mevcuttur. Jeodezik işlevleri ve farklı birçok bilimsel amacın dışında günlük yaşantımızı kolaylaştırıcı hizmetler sunan bu ağlar ve sağladıkları veri grupları özellikle yüksek doğruluklu konum bilgisinin elde edilmesinde kolaylaştırıcı rol oynamaktadırlar. Kamu kurum ve kuruluşları ile akademik kurumların oluşturduğu bu istasyon ve ağların dışında, özellikle son yıllarda ticari amaçlı olarak belli firmalar tarafından da sabit GPS istasyonları kurularak, elde edilen veriler kullanıcılara belli ücretler karşılığında çeşitli iletişim teknolojileri vasıtasıyla (wireless internet, mobil IP ağları yoluyla Wless kullanma, GSM, GPRS, EDGE, UMTS vb.) sunulmaktadır (Öcalan, 2005).

## **2. SABİT GPS İSTASYONLARINA DAYALI BAĞIL NOKTA KONUM DOĞRULUKLARININ ARAŞTIRILMASINA YÖNELİK DENEYSEL ÇALIŞMA**

### **2.1 Çalışmanın Amacı**

GPS ile yapılan çalışmalarda baz uzunluğuna ve istenilen doğruluğa bağlı olarak ölçü süresi, değerlendirme tekniği ve modelleme yöntemleri değişmektedir. Jeodezik uygulamalar ve mühendislik ölçmelerinde kullanılan bağıl GPS yönteminde, jeodezik GPS alıcılarının ve değerlendirme yazılımlarının sunduğu sonuçların kalitesini belirlemek, ölçü süresi ile baz vektörü uzunluğu ilişkisini inceleyerek çeşitli yaklaşımların oluşturulması GPS ile ilgili bir çok araştırmanın konusu olmuştur (Öcalan, 2005).

Bu araştırmada özellikle mühendislik çalışmaları açısından, sabit GPS istasyonlarına dayalı olarak hızlı, ekonomik, yüksek doğrulukta ve istenilen hata sınırları içerisinde yatay ve düşey konum bilgisi elde edilebilmesi için, gerekli stratejilerin belirlenmesi, uygun ölçü süreleri ve baz vektörü uzunluğunun araştırılması düşünülmektedir. Elde edilen veriler doğrultusunda, tek bir GPS alıcısı sayesinde sabit istasyonlara dayalı olarak, kısa zaman dilimlerinde ve belli baz uzunluklarında, istenilen konum doğruluklarına ulaşılabilmesi için gerekli değerlendirmeler yapılacaktır.

Sabit GPS istasyonlarına dayalı olarak yapılan GPS ölçümleri sonucu elde edilecek bağıl nokta konum doğruluklarının, jeodezik ticari GPS alıcı ve değerlendirme programları ile baz vektör uzunlukları ve ölçü süreleri dikkate alınarak deneysel olarak araştırıldığı bu çalışmada, seçilen noktalara ait üç boyutlu konum bilgisi ve standart sapma değerleri kinematik yöntemle, tekrarlanabilirlik ve ortalamalardan hesaplanmış, özellikle sabit GPS istasyonlarının mühendislik ölçmelerindeki çalışmalarda ne derece işlevsel olduğu vurgulanmıştır.

## 2.2 Kullanılan Materyal ve Yöntem

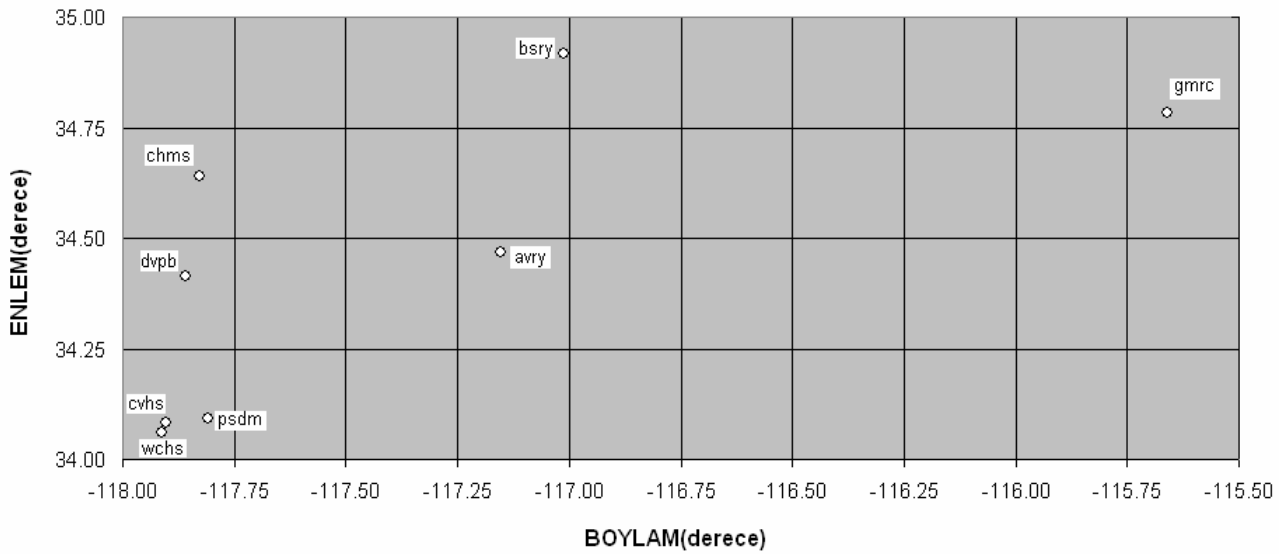
### 2.2.1 GPS Verisi ve Değerlendirme Yazılımı

Araştırma için seçilen sabit GPS istasyon noktaları Amerika'nın California Bölgesi'ndeki SCIGN (Southern California Integrated GPS Network) ağına ait noktalardır. Özellikle bu bölgede gerçekleşen yerkabuğu hareketlerinin ve depremlerin izlenmesine karşı tesis edilen bu kapsamlı ađ içerisinde seçilen noktaların verilerine SOPAC (Scripps Orbit and Permanent Array Center) aracılığıyla internetten ulaşılmıştır. Çalışmada kullanılması düşünölen tüm noktaların zaman serileri incelenerek, uygun aralıkta veri (2005 yılı 040–054. günler) temin edilmiştir.

Öncelikle bu ađ içerisindeki belli bir istasyon noktası (WCHS) esas alınarak, farklı baz uzunluklarına sahip 7 noktanın 15 günlük verisi RINEX formatında SOPAC' tan alınmıştır. Baz uzunluğunun konum doğruluğuna etkisi dikkate alınarak seçilen bu 7 noktanın 15 günlük verisinin internetten alımı Şekil 1'de gösterilmiştir.

Şekil 1: SOPAC'dan GPS verilerinin alınması

Değerlendirme aşamasında kullanılacak yazılım, mühendislik ve jeodezik çalışmalar için Ashtech firması tarafından geliştirilen Ashtech Solutions 2.60 ticari yazılımıdır. GPS ve GPS+GLONASS verilerini kullanabilen bu program, tek (L1) ve çift (L1-L2) frekans ölçmeleri ile değerlendirme yapabilmektedir. Değerlendirme aşamasında ticari bir yazılımın seçilmesi, çalışmanın özellikle pratik mühendislik çalışmalarında kullanılabilirliğinin araştırılmasından kaynaklıdır.

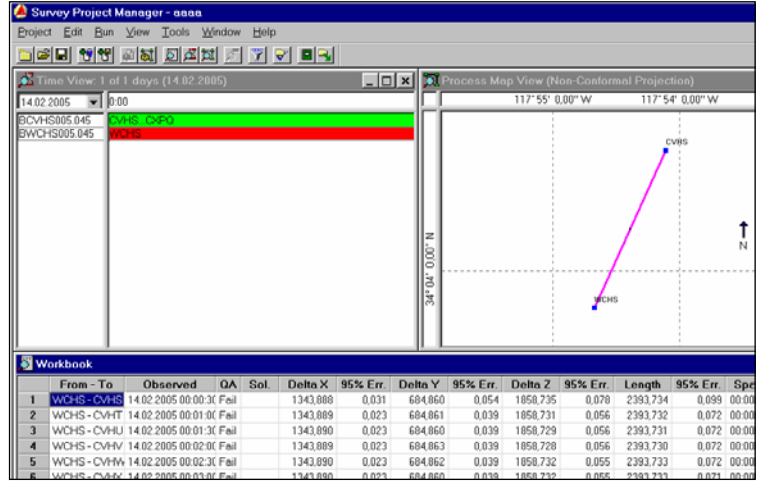


Şekil 2: Çalışma için seçilen SCIGN ağına ait sabit GPS istasyon noktaları

Ön değerlendirme sonucu seçilen, sabit WCHS noktasına bağlı farklı baz uzunluklarındaki 7 noktanın değerlendirmesinin kinematik yöntem ile yapılmasına karar verilmiştir. Değerlendirmede WCHS' nin ITRF koordinatları sabit alınmış ve buna göre baz çözümleri gerçekleştirilmiştir. WCHS noktasına dayalı bu 7 noktanın kinematik yöntem ile değerlendirilmesi için 2005 yılı 040 ve 054 ncü günleri arasındaki 15 günlük veri grubundan yararlanılmıştır. Değerlendirme yalnızca L1-L2 (çift frekans) frekansı kullanılarak ve 10 farklı zaman dilimine ayrılarak yapılmıştır.

Baz Vektörü	Baz Uzunluğu (km)
WCHS - CVHS	2,3
WCHS - PSDM	10,1
WCHS - DVPB	39,3
WCHS - CHMS	64,6
WCHS - AVRY	83,0
WCHS - BSRV	125,9
WCHS - GMRC	221,9

Tablo 1: Seçilen baz vektörleri ve baz uzunlukları



Şekil 3: Ashtech Solutions 2.60 yazılımı ile yapılan kinematik çözümler

15 günlük veri grubu kullanılarak, uydu yükseklik açısı  $10^\circ$  alınmış, yayın (broadcast) efemerisleri ile IGS standardı olan 30 sn'lik veri aralığı seçilerek epok epok değerlendirme yapılmıştır. Yapılan bu değerlendirme neticesinde 1440, 960, 480, 240, 120, 60, 30, 15, 10 ve 5 dakikalık ölçü süreleri kullanılarak baz uzunluklarına bağlı nokta konum doğruluklarının standart sapma değerleri tekrarlanabilirliklerden ve epokların ortalamalarından elde edilmiştir. Tekrarlanabilirlik ve ortalamaların hesabında her bir epok için kendinden önceki epoklarla toplamının ortalaması alınarak sonuçlar elde edilmiştir.

Değerlendirme aşamasında özellikle çoklu (yığın) GPS verisi ile çalışılmasından kaynaklı, hızlı sonuç üretilmesi ve bununla beraber tam sayı başlangıç faz bilinmeyeninin bu yöntemde çözümünün daha uygun olmasından kaynaklı kinematik çözüm tekniği kullanılmıştır.

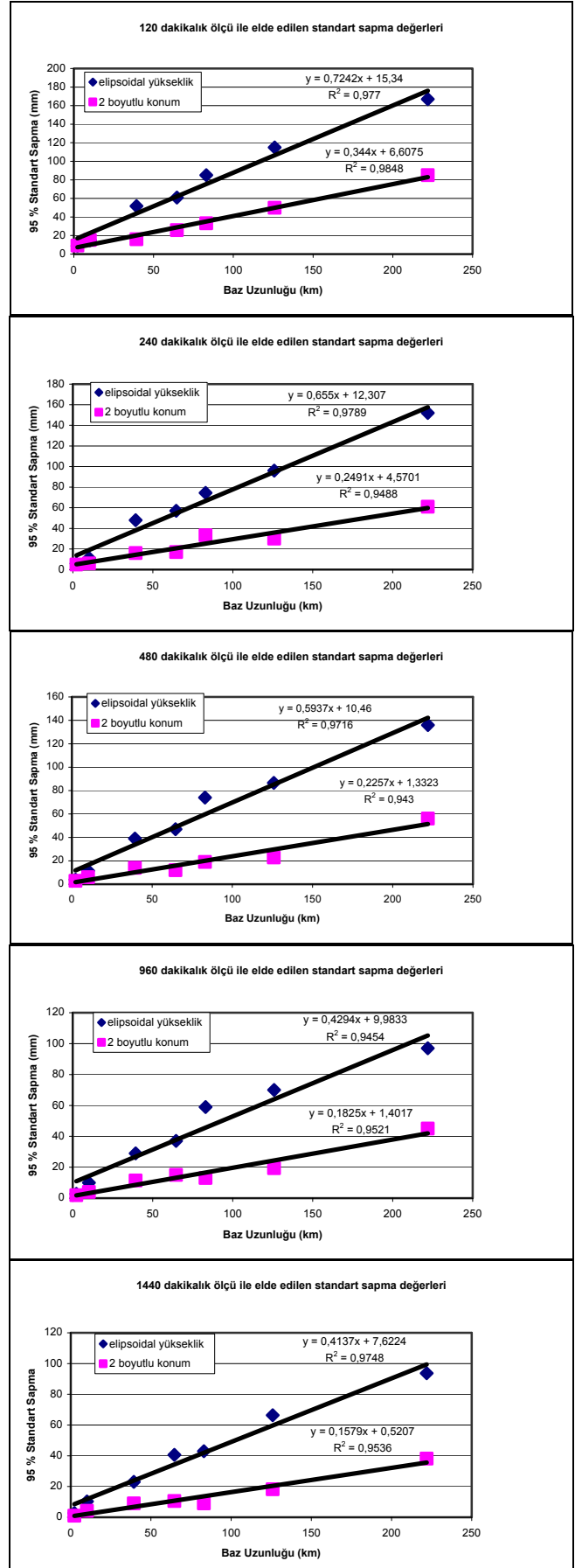
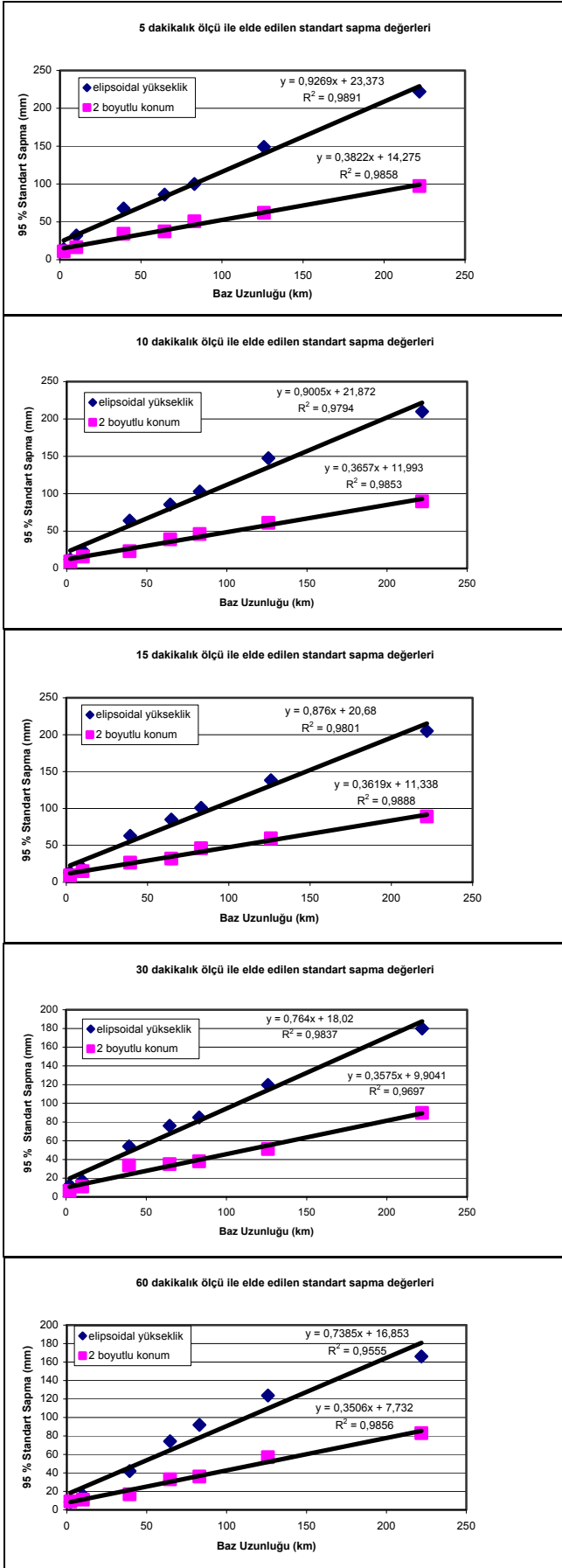
Bu noktada kinematik çözüm ile değerlendirme aşamasında 3 önemli ölçüt dikkate alınmıştır;

- Noktalara ait günlük zaman serileri incelenmiş,
- Uydu sayısının 5'in altında olduğu ve kullanılamayan (N/A-Not Available) uyduların bulunduğu epoklar ile,
- PDOP değerlerinin 5'in üstünde olduğu epoklar değerlendirmeye alınmamıştır.

Bu kriterlere göre kısa baz uzunluklarında verinin (epokların) büyük bir kısmı kullanırken, özellikle uzun bazlarda kullanılabilen verinin (epokların) azaldığı, bu nedenle büyük bazlarda (200 km ve üstü) bu yöntem ile değerlendirmeye elverişli datanın oluşturulmadığı bu çalışmada gözlenmiştir.

Bu gözlem sonucunda en büyük baz uzunluğunun 221,9 km ile sınırlandırılmasına karar verilmiştir. Değerlendirmede baz uzunluğu arttıkça gözlenen ortak uydu sayısının ve seçilen kriterlere uygun veri gruplarının azalması da, bu sınırlandırmada etken bir faktördür.

Farklı baz uzunlukları için 30 saniyeden 24 saate kadar olan zaman diliminde, noktaların ITRF sisteminde hesaplanan ve SOPAC aracılığıyla yayınlanan hassas jeodezik koordinatlarından, kinematik çözümlerle hesapladığımız jeodezik koordinatlar çıkarılarak, hata hesabı yapılmış ve noktaların enlem, boylam ve elipsoidal yüksekliklerine ait  $d_e$ ,  $d_b$  ve  $d_h$  hata değerleri bulunmuştur.



Şekil 4: Yedi nokta için 5, 10, 15, 30, 60, 120, 240, 480, 960, 1440 dakikalık ölçülerle elde edilen standart sapma değerleri



T (dakika)	L (km)	2,3	10,1	39,3	64,6	83	125,9	221,9
	σ (cm)							
5	σ <sub>p</sub>	0,8	0,8	1,2	1,3	3,0	6,1	5,3
	σ <sub>h</sub>	0,7	1,4	3,2	3,5	4,1	1,3	8,1
	σ <sub>i</sub>	1,4	3,2	6,8	8,6	10	14,9	22,2
10	σ <sub>p</sub>	0,7	0,8	1,7	1,4	2,8	4,9	4,8
	σ <sub>h</sub>	0,6	1,4	1,6	3,6	3,6	3,7	7,6
	σ <sub>i</sub>	1,2	2,4	6,4	8,6	10,3	14,8	21
15	σ <sub>p</sub>	0,7	0,8	1,5	1,4	2,8	3,2	4,7
	σ <sub>h</sub>	0,5	1,3	2,3	2,9	3,7	4,9	7,5
	σ <sub>i</sub>	1,3	1,8	6,3	8,5	10,1	13,8	20,5
30	σ <sub>p</sub>	0,5	0,6	1,2	1,3	2,4	3,1	4,8
	σ <sub>h</sub>	0,4	0,9	3,2	3,2	3,0	4,1	7,6
	σ <sub>i</sub>	1,2	1,7	5,4	7,6	8,5	12	18
60	σ <sub>p</sub>	0,7	0,6	1,4	1,4	2,2	5,5	4,7
	σ <sub>h</sub>	0,6	0,9	1,0	3,0	2,8	1,5	6,9
	σ <sub>i</sub>	0,8	1,6	4,2	7,4	9,2	12,4	16,6
120	σ <sub>p</sub>	0,7	0,8	1,3	2,1	2,0	1,4	4,8
	σ <sub>h</sub>	0,5	1,3	1,0	1,5	2,6	4,8	7,0
	σ <sub>i</sub>	0,9	1,5	5,2	6,1	8,5	11,5	16,7
240	σ <sub>p</sub>	0,4	0,4	1,3	1,5	2,1	1,9	3,4
	σ <sub>h</sub>	0,3	0,5	0,9	0,9	2,6	2,3	5,1
	σ <sub>i</sub>	0,6	1,1	4,8	5,7	7,5	9,6	15,2
480	σ <sub>p</sub>	0,3	0,4	1,1	1,0	1,2	1,5	1,9
	σ <sub>h</sub>	0,1	0,5	0,9	0,7	1,5	1,7	5,3
	σ <sub>i</sub>	0,4	1,2	3,9	4,7	7,4	8,7	13,6
960	σ <sub>p</sub>	0,2	0,3	1,0	1,3	1,0	1,4	1,5
	σ <sub>h</sub>	0,1	0,3	0,5	0,8	0,9	1,3	4,3
	σ <sub>i</sub>	0,3	1,0	2,9	3,7	5,9	7,0	9,7
1440	σ <sub>p</sub>	0,1	0,3	0,8	0,8	0,6	0,7	1,6
	σ <sub>h</sub>	0,1	0,3	0,5	0,7	0,7	1,7	3,5
	σ <sub>i</sub>	0,3	1,0	2,3	4,1	4,3	6,6	9,4

T: Ölçü süresi (dak) L: Baz Uzunluğu (km) σ: Standart Sapma (cm)

Tablo 2: Nokta konum doğruluklarına ait standart sapma değerleri

### 2.3 Deneysel Eşitliklerin Belirlenmesi

Seçilen her bir zaman aralığı için noktalara ait %95 istatistiksel güvenle standart sapma değerleri tekrarlanabilirlik ve ortalamalardan hesaplanarak, lineer regresyon modeli ile baz uzunluklarına bağlı grafikler çizilmiştir. % 95 istatistiksel güvenle hesaplanan standart sapmalar arasında  $m_h = a + b$  (ppm) ve  $m_p = c + d$  (ppm) eşitlikleri ile ilişkiler kurularak, lineer regresyonla elde ettiğimiz her bir ölçme süresi için söz konusu eşitliklere ait a, b, c, d parametreleri elde edilmiştir. Ölçü süresi ile uzunluktan bağımsız hatalar a ve c, ölçü süresi ve uzunluğa bağımlı hatalar ise b ve d ile ifade edildiğinde, oluşan veri topluluğu logaritmik fonksiyon kullanılarak regresyon analizi ile irdelenmiş, belirlilik katsayısı olan  $R^2$  değerleri bulunmuştur. Burada;

$m_h$  : Elipsoidal yüksekliğe ait standart sapma,

$m_p$  : 2 boyutlu konuma ait standart sapma,

a : Elipsoidal yükseklik hatasının uzunluktan bağımsız parametresi,

b : Elipsoidal yükseklik hatasının uzunluğa bağımlı parametresi,

c : 2 boyutlu konum hatasının uzunluktan bağımsız parametresi,

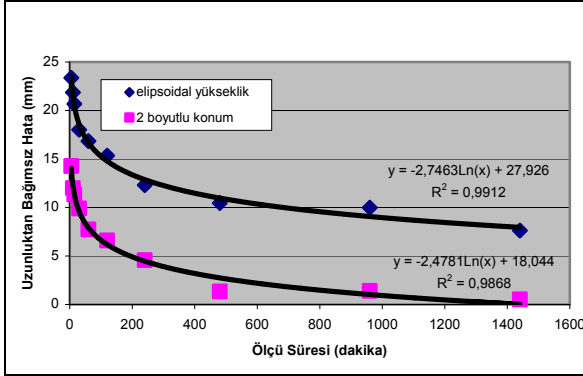
d : 2 boyutlu konum hatasının uzunluğa bağımlı parametresi,

olarak ifade edilebilir.

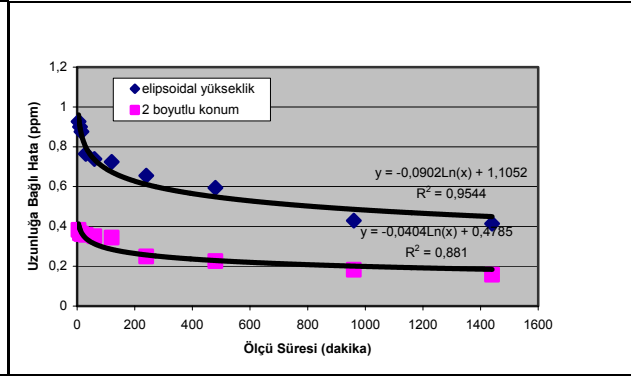
Ölçü Süresi		Elipsoidal Yükseklikler İçin		2 Boyutlu Konum İçin	
dakika	saat	a (mm)	b (ppm)	c (mm)	d (ppm)
5	0,083	23,373	0,9269	14,275	0,3822
10	0,166	21,872	0,9005	11,993	0,3657
15	0,25	20,680	0,8760	11,338	0,3619
30	0,5	18,020	0,7640	9,9041	0,3575
60	1	16,853	0,7385	9,7320	0,3506
120	2	15,340	0,7242	6,6075	0,3440
240	4	12,307	0,6550	4,5701	0,2491
480	8	10,460	0,5937	1,3323	0,2257
960	16	9,9833	0,4294	1,4017	0,1825
1440	24	7,6224	0,4137	0,5207	0,1579

Tablo 3: Her bir ölçme süresi için hesaplanan a, b, c, d parametreleri

Yukarıdaki hesaplamalardan sonra elipsoidal yükseklikler ve 2 boyutlu konum için standart sapma değerlerini temsil eden a, b, c, d parametreleri, her ölçü süresi için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Ölçü süresi ile uzunluktan bağımsız hatalar (a, c) ve ölçü süresi ile uzunluğa bağımlı hataların (b, d) oluşturduğu veri topluluğu ise logaritmik fonksiyon kullanılarak regreyon analizi ile irdelenmiştir. Bu analize ilişkin grafikler Şekil 6 ve Şekil 7’de verilmiştir.



Şekil 6: Uzunluktan bağımsız hataların ölçü süresi ile değişimi



Şekil 7: Uzunluğa bağımlı hataların ölçü süresi ile değişimi

### 3. SONUÇ VE ÖNERİLER

2,3 ≤ L ≤ 221,9 kilometre ve 5 ≤ T ≤ 1440 dakika aralıklarında seçilen farklı baz uzunlukları ve ölçü sürelerine bağlı olarak bağıl ölçme yöntemiyle WCHS sabit GPS istasyonuna dayalı olarak yapılan değerlendirmeler neticesinde noktalara ait konum ve standart sapma değerlerinin tekrarlanabilirlik ve ortalamalardan hesaplandığı bu çalışmada, 5 dakika gibi kısa bir ölçü süresi için 10,1 km’lik bazda yatayda  $\sigma_{\phi} = \pm 0,8$  cm ve  $\sigma_{\lambda} = \pm 1,4$  cm, düşeyde  $\sigma_h = \pm 3,2$  cm, 64,6 km’lik bazda yatayda  $\sigma_{\phi} = \pm 1,3$  cm ve  $\sigma_{\lambda} = \pm 3,5$  cm, düşeyde  $\sigma_h = \pm 8,6$  cm ve 83,0 km’lik bazda yatayda  $\sigma_{\phi} = \pm 3,0$  cm ve  $\sigma_{\lambda} = \pm 4,1$  cm, düşeyde  $\sigma_h = \pm 10,0$  cm’lik standart sapma değerlerinin elde edildiği görülmüştür.

Büyük ölçekli harita yapım çalışmaları için 2005 yılında yürürlüğe giren Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği’nde C seviyesinde (C1-AGA, C2-SGA, C-ASN, C4-Poligon) nokta üretimlerine yönelik olarak yapılan çalışmalarda gereksinim yatayda ortalama  $\sigma_{\phi}$ ,  $\sigma_{\lambda} \leq \pm 3.0$  cm. ve düşeyde  $\sigma_h \leq \pm 5.0$  cm., poligon noktaları içinse yatay ve düşeyde  $\sigma_{\phi}$ ,  $\sigma_{\lambda}$ ,  $\sigma_h \leq \pm 8.0$  cm duyarlıkların karşılanabilmesi için, özellikle zaman ve maliyet kriterleri dikkate alındığında sabit GPS istasyonlarının ne derece işlevsel olduğu ortaya çıkmaktadır.

Yapılan deneysel araştırma neticesinde seçilen ölçü süreleri ve baz uzunluklarına ilişkin değerlerin mühendislik çalışmaları açısından (örneğin GPS tekniğiyle poligon ölçmeleri vb.) kullanılabilirliği, çalışmadan beklenen doğruluk ve temel kriterler dikkate alındığında, özellikle kısa ölçü süreleri ve tek bir GPS alıcısı kullanarak sabit GPS istasyonlarına dayalı olarak yapımını olası kılmaktadır. Özellikle mühendislik amaçlı uygulamalarda çalışma alanımız etrafında bir sabit GPS istasyonunun olması, yapılacak işten bir alıcının maliyetini düşürebildiği gibi, fazladan bir alıcıya sahip olunduğu düşünülerek planlanandan çok daha önce yapılan işin bitirilmesini sağlayabilir.

Bu istasyonlar gün boyunca sürekli olarak veri topladığından, özellikle lokal ve bölgesel çalışmalarda, kendi çevresinde gerçekleştirilen DGPS, RTK GPS ve/veya post-process kinematik ve statik GPS uygulamalarında, navigasyon, hidrografik ölçmeler, detay ölçmeleri ve aplikasyon uygulamalarında da referans istasyonu olarak kullanılabilir.

Jeodezik amaçlar için, beklenen doğrulukları sağlayacak sıklıkta ve sayıda özellikle kentsel yerleşim alanları ve yakın çevresinde kurulacak bu tip istasyonlar ile yatay ve düşey kontrol ağı kurmak gibi oldukça zahmetli ve külfetli bir çalışma yapmak gerekemeyebilecektir. Ayrıca istenilen doğruluk ve nitelikte koordinatı bilenen noktalar daha hızlı bir şekilde üretilebilecektir. Son yıllarda geliştirilen totalstation ve GPS alıcısının tek bir üniteye birleştirildiği aletlerin detay ve topografik amaçlı jeodezik ölçüler için oldukça etkin bir biçimde kullanılması sağlanacaktır (Soycan ve Öcalan).

Bahsi geçen bu çalışmaların yapılması ve özellikle mühendislik uygulamaları açısından pratik kullanılabilirliğinin sağlanması için;

- Mevcut jeodezik altyapı çalışmalarının tamamlanması,
- Hassas jeoid bilgisi elde edilebilmesi için çalışmaların yapılması,
- Dönüşüm parametrelerinin iyileştirilmesi,
- Uygun doğruluk ve dağılımla sabit GPS istasyonlarının tesis edilmesi,

gerekmektedir.



Ancak gerek bölgesel gerekse ulusal düzeyde uygun dağımlı sabit GPS istasyonlarının yapımının yanı sıra, özellikle mühendislik hizmetleri açısından yoğun çalışmaların yapıldığı metropolitan alanlarda tesis edilecek istasyonların, yapılacak mühendislik çalışmalarına katkısı çok büyük olacaktır.

Öyle ki özellikle 100 kilometreye kadar olan bazlarda, ölçü süreleri de dikkate alınarak elde edilen nokta konum doğruluklarının yatayda cm mertebesi ve altında standart sapma ile elde edilebilmesi, sabit istasyonların özellikle mühendislik çalışmalarının yoğun olduğu metropolitan alanlarda uygun dağımla tesis edilmesi ile büyük ölçüde daha da yüksek doğrulukta sonuçların elde edilmesini olanaklı kılacaktır.

## KAYNAKLAR

**Aksoy, A., Ayan, T., Çelik, R.N., Demirel, H., Deniz, R. ve Gürkan, O.,** 1999. *Güncel Gelişmeler Işığında Mekansal Bilgi Sistemleri İçin Jeodezik Altyapı ve Problemler*, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi, Mesleki Eğitim-Tanıtım ve Yayın Komisyonu Etkinliği, 28 Mayıs 1999, İstanbul

**Aydın, Ö. ve Soycan, M.,** 2004. *IGS'nin Mühendislik Amaçlı GPS Uygulamalarına Katkısı*, Türkiye Ulusal Jeodezi Komisyonu 2004 Yılı Bilimsel Toplantısı ve Mühendislik Ölçmelerinde Jeodezik Ağlar Çalıştay, 14-16 Ekim 2004, ZKÜ, Zonguldak

**Aydın, Ö., Soycan M. ve Soycan, A.,** 2004. *Sabit GPS İstasyonlarının Mühendislik Amaçlı Ölçmelerde Kullanılabilirliğinin Araştırılması*, Türkiye Ulusal Jeodezi Komisyonu 2004 Yılı Bilimsel Toplantısı ve Mühendislik Ölçmelerinde Jeodezik Ağlar Çalıştay, 14-16 Ekim 2004, ZKÜ, Zonguldak

**Lenk, A.O.,** 2005. *Sabit GPS İstasyonlarının Büyük Ölçekli Harita Üretimi Kapsamında Kullanımı; Türkiye Ulusal Sabit GPS Ağı (TUSAGA) Uygulamaları*, Bakanlıklararası Harita İşlerini Koordinasyon ve Planlama Kurulu'nun Olağan Toplantısı, 31 Mart 2005, Ankara

**Lenk, A.O., Kurt, A.İ., Türkezer, A.,** 2005. *Sabit GPS İstasyonlarının Büyük Ölçekli Harita Üretimi Kapsamında Kullanımı; Türkiye Ulusal Sabit GPS Ağı Uygulamaları*, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 28 Mart – 1 Nisan 2005, Ankara

**Soycan, M., Soycan, A., Pırtı, A., Ata, E.,** 2003. *GPS ile Ölçülen Baz Vektörü ve Elipsoidal Yükseklik Farkı Doğruluğunun Ölçü Süresine Bağlı Olarak Araştırılması*, 1. Ulusal Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, 30-31 Ekim 2003, İstanbul

**Soycan, M. ve Öcalan T.,** 2005. *GPS Based Traversing for Topographic-Cadastral Surveying and Staking*, From Pharaohs to Geoinformatics, FIG Working Week 2005 and GSDI-8, TS39.4 Boundry Surveying, April 16-21 2005, Cairo, Egypt

**Öcalan T.,** 2005. *Sabit GPS İstasyonlarına Dayalı Bağlı Nokta Konum Doğruluklarının Araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

## İNTERNET KAYNAKLARI

**URL 1,** HGK İnternet Sitesi, [www.hgk.mil.tr/](http://www.hgk.mil.tr/), 2005

**URL 2,** IGS İnternet Sitesi, [www.igsch.jpl.nasa.gov](http://www.igsch.jpl.nasa.gov), 2005

**URL 3,** SCIGN Analysis-JPL İnternet Sitesi , [www.milhouse.jpl.nasa.gov/index.html](http://www.milhouse.jpl.nasa.gov/index.html), 2005

**URL 4,** SCIGN İnternet Sitesi, [www.scign.org/](http://www.scign.org/), 2005

**URL 5,** SOPAC İnternet Sitesi, [www.sopac.ucsd.edu/](http://www.sopac.ucsd.edu/), 2005

**URL 6,** T.C. Resmi Gazete İnternet Sitesi, [www.rega.basbakanlik.gov.tr](http://www.rega.basbakanlik.gov.tr), 2005