

CORS UYGULAMALARINDAN ELDE EDİLEN NOKTA KONUM DOĞRULUKLARI ÜZERİNE BİR İSTATİKSEL ARAŞTIRMA

Kutalmış GÜMÜŞ (ORCID: 0000-0003-3114-8449)^{1*}
Münevver Gizem GÜMÜŞ (ORCID: 0000-0003-4606-2277)¹

¹Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Müh. Bölümü, Niğde, Türkiye

Geliş / Received: 19.11.2018

Kabul / Accepted: 20.12.2018

ÖZ

Son yıllarda GNSS alıcılarının konumları, Network RTK yaklaşımı ile referans istasyonlarının gözlemleri ve farklı düzeltme teknikleri kullanılarak hesaplanmaktadır. Network RTK yaklaşımı ve düzeltme yöntemlerinin kullanımı üzerine günümüzde çalışmalar devam etmektedir. Yıldız Teknik Üniversitesi (YTU) Davutpaşa Kampüsünde gerçekleştirilen bu çalışmada, aynı bölgede birbirine yakın gökyüzü ile farklı görüş açısına sahip test noktaları seçilmiştir. İstanbul'u kapsayan İSKİ Network RTK Ağından veri aktarma yöntemleri kullanılarak nokta konum bilgileri elde edilmiştir. Bu makalenin amacı, Ağ RTK ile farklı düzeltme yöntemlerine göre farklı nokta konumları için Multipath etkisi ve farklı taşıyıcı faz başlangıcı belirsizliği çözümlerine göre elde edilen nokta konumlarını (X, Y, h), aynı noktaların Statik GNSS ve Total Station ile elde edilen nokta konumları ile karşılaştırmaktır. Düzeltme yöntemlere göre elde edilen istatistiksel değerler incelendiğinde sonuçlar birbirine yakın fakat nokta konumuna, sinyal yansıma giderici etkisine ve taşıyıcı faz başlangıç çözümüne göre Statik GNSS ve yersel ölçüler ile cm düzeyinde farklılık göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Statik GNSS, ağ RTK, düzeltme yöntemleri, sinyal yansıması, doğruluk.

A STATISTICAL RESEARCH ON POINT POSITION ACCURACY OBTAINED FROM CORS APPLICATIONS

ABSTRACT

In recent years, Location of GNSS receivers are calculated using observations of reference stations with Network RTK approach and the different correction techniques Today, studies on the use of network RTK approach and correction methods continues. Test points are selected with the different viewing angle as the sky close to each other in the same area in this study performed at the Yıldız Technical University (YTU) Davutpasa Campus. The point location information is obtained using data correction methods from ISKI CORS Network covering Istanbul. The aim of this article, the point position (X, Y, h) obtained by multipath effect and different ambiguity solutions according to methods of different correction with Network RTK for different point locations is to compare with point locations obtained with static GNSS and Total Station of the same points. When the statistical values obtained according to the correction methods are examined results are close to each other, but it differs cm level with static GNSS and terrestrial measurements according to point position, multipath effect and ambiguity solution

Keywords: static GNSS, network RTK, correction methods, multipath, accuracy.

* Corresponding author / Sorumlu yazar. Tel.:+90 542 650 60 51;e-mail / e-posta: kgumus@ohu.edu.tr

1. GİRİŞ

Statik GNSS ölçme yöntemi, Çok yüksek doğruluk istendiğinde, uzun bazlar söz konusu olduğunda, yer kabuğu hareketlerinin araştırılmasında, ülke nirengi ağlarının güncelleştirilmesinde, mühendislik yapılarındaki deformasyonların belirlenmesinde, mevcut uydü geometrisi başka bir ölçüm tekniğine olanak sağlamadığında, düzenli etkilerin göz önüne alınması durumunda en iyi yöntemdir [1]. RTK GPS, gerçek zamanlı ölçümlere olanak sağlayan ve bu amaçlar için kullanılmak üzere tasarlanmış bir ölçü yöntemidir. RTK GPS tekniği, bağıl konum belirleme esasına göre tasarlanmıştır. Klasik RTK tekniğın de öncelikle gezici alıcı (Rover), uydulardan yayınlanan sinyalleri kullanarak faz gözlemleriyle kendi konumunu yaklaşık olarak belirlemektedir. Klasik RTK ölçmelerinin sınırlamaları, tek bir referans istasyonuna bağımlılık, tek referans istasyonuna olan sınırlı uzaklık (atmosferik koşullar), referans istasyonu kurulurken oluşan potansiyel kurulma hataları, sürekli izlemesi olmaması, üretim kaybı, güvenlik, iletişim ve güç kaynakları şeklinde sıralanabilir [2]. Klasik RTK'nın sınırlamalarını ortadan kaldırmak amacı ile modern teknoloji sayesinde Ağ RTK (Network RTK) ölçme yöntemi geliştirilmiştir. Ağ RTK ölçme yöntemi, klasik RTK tekniğine göre daha uzun baz uzunluklarında (50 -100 km) faz gözlemlerine dayalı olarak cm doğruluğunda ve gerçek zamanlı konum belirleme tekniğidir.

Ağ-RTK teknolojisinin günümüzde en fazla uygulanan şekli sabit GPS/GNSS ağlarıdır. Dünyada gerçek zamanlı anlık konum bilgilerine ulaşmamızı sağlayan CORS (Continuously Operating Reference Stations) sistemleri kullanılmaktadır. Özellikle, birden fazla GNSS referans istasyonlarına dayalı tekrarlı gözlemler yapılarak, sistematik ve atmosferik hataların modellenildiği Ağ RTK tekniği geliştirilmiştir. Bu şekilde, gezici GNSS alıcısına iletişim teknikleri ile gönderilen yüksek doğrulukla düzeltmeler ile gerçek zamanlı konum bilgileri elde edilmektedir. Çalışmamızda kullandığımız İSKİ CORS ise tüm İstanbul'u kapsayacak şekilde 8 sabit noktadan oluşmaktadır. Kontrol merkezi yazılımından ağ düzeltmeleri NTRIP protokolü ile yayınlanmaktadır. İSKİ CORS ağından NTRIP Protokolü ile dünya standartlarında kullanılan aşağıda açıklanan düzeltmeler yayınlanmaktadır.

2. MATERYAL ve METOT

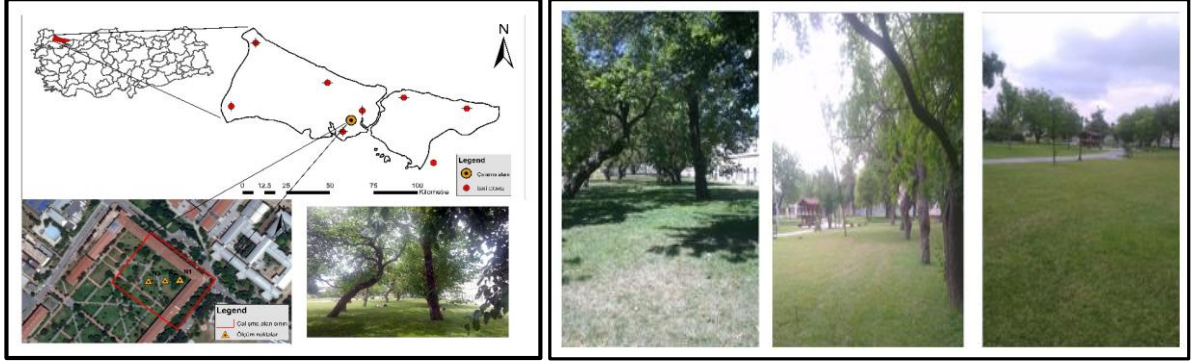
VRS (Virtual Base Station) tekniği ile gezici GNSS alıcısına birkaç m uzaklıkta hayali bir VRS noktası belirlenir. VRS noktasındaki gözlemler, civardaki GNSS referans istasyonlarından yararlanılarak elde edilir. Gezici alıcı için hesaplanan düzeltme parametreleri, çalışma bölgesindeki birçok GNSS referans istasyon verisinden enterpole edilerek hesaplanmaktadır [3],[4],[5]. Almanya'da SAPOS topluluğu tarafından geliştirilen bir düzeltme tekniği olan FKP (Flächen Korrektur Parameter) yönteminde, gezici alıcı çevresindeki referans istasyonlarının verilerine dayanarak en uygun düzeltme yüzeyi hesaplanır. Bu yüzey parametreleri, alan düzeltme parametreleri olarak ifade edilmektedir. Her bir referans yüzeyi için ayrı bir FKP düzlemi oluşturulmaktadır. FKP yaklaşımında tüm GNSS ağındaki her sabit referans istasyonunda atmosferik düzeltmeler veya taşıyıcı faz düzeltmeleri hesaplanmaktadır. Gezici alıcının konumu enterpolasyon ile hesaplanmaktadır [6],[7]. MAC (Master Auxiliary Concept) yönteminin temel amacı ise gözlemlere ve GNSS ağına ilişkin maksimum hata bilgisinin paket halinde gezen alıcılara gönderilmesidir. Bu Network RTK uygulamasında, GNSS alıcısı konumunu hesap merkezine gönderir. Alıcının konumuna en yakın mesafede olan istasyon ana istasyon, diğerleri ise yardımcı istasyon olarak seçilir. Ana ve yardımcı istasyonlardaki gözlemler düzeltme farkları üretmek için birleştirilir. Bu yöntemde ağı oluşturan noktalar kümelerine ayrılarak her bölge için düzeltmeler ana ve yardımcı referans noktalarından hesaplanmaktadır [8], [9]. PRS (Pseudo Reference Station) tekniği, VRS tekniğinin geliştirilmiş bir şekli olup Geo++ yazılım firması tarafından gerçekleştirilmiştir. VRS yönteminde gezen alıcı mesafeye bağımlı hataları dikkate almadığı için belirli bir uzaklıktan sonraki artık hataları modelleyememektedir. PRS yönteminde ise (VRS'deki gibi) referans istasyonu gözlemleri ve durum parametreleri gezen alıcının yaklaşık konumu için gönderilir. VRS'den farklı olarak gezen alıcının yaklaşık konumu için en uygun gözlem uzayı modellenmesi yapılır. Hesaplarda kullanılan gezen alıcı koordinatları ve tekrar gezen alıcıya gönderilen PRS düzeltmeleri için bir mesafe sınırlaması vardır [10].

Çalışma bölgesi olarak YTÜ Davutpaşa Kampüsü Fen Edebiyat Fakültesi'nin orta bahçesinde, makalenin amacına yönelik ağaçların yoğun olduğu, ağaçların seyrek olduğu ve ağaçların olmadığı bölgede 3 adet test noktası seçilmiştir (Şekil 1). Bu noktaların seçilme amacı, GNSS ile konum belirlemede en önemli hata kaynaklarından olan Sinyal Yansıma (Multipath) ve taşıyıcı faz başlangıç belirsizliğinin çözümüne yönelik hata kaynaklarının elde edilen nokta konum doğruluğuna etkisini belirlemek içindir.

Çalışmamızı gerçekleştirdiğimiz 3 farklı noktadaki gökyüzü görüş alanının farklı olması ve uydulardan yayınlanan sinyallerin antene bir ya da daha fazla sayıda yol izleyerek ve esas sinyale karışarak ulaşması şeklinde gerçekleşmesi elde edilen sonuçları etkilemektedir. Bu noktalarda, Statik GNSS, Total Station ile yersel ölçümler ve Ağ RTK yönteminde dört farklı teknikte (VRS, FKP, MAC, PRS) ölçümler yapılmıştır. Yersel ölçümlerde Leica TPS 1201 Total Station ve GNSS Uygulamalarında ise Topcon Hiperpro Alıcıları kullanılmıştır. Statik

CORS UYGULAMALARINDAN ELDE EDİLEN NOKTA KONUM DOĞRULUKLARI ÜZERİNE BİR İSTATİKSEL ARAŞTIRMA

GNSS uygulamasında kayıt Aralığı 10 sn ve uydu yükseklik açısı 10^0 olacak şekilde ölçümler yapılmıştır. Oturum süresi, sabit noktalar ile ölçüm noktaları arasında mesafe çok yakın olduğundan 3 saat olacak şekilde eş zamanlı aynı ölçü zamanlarında GNSS ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Topladığımız veriler ASHTECH SOLUTIONS yazılımında değerlendirilmiştir.



Şekil 1. Çalışma bölgesi ve Test noktalarının bulunduğu farklı gökyüzü görüş alanına sahip çalışma alanları (Sol: Kapalı Alan, Orta: Yarı Açık Alan, Sağ: Açık Alan)

Ağ RTK uygulamaları için bu test noktalarında alıcımızın Multipath etkisini giderici özelliğini test etmek ve iki farklı durum (var ya da yok) için GPS+GLONASS kombinasyonunda ölçümler gerçekleştirilmiştir. Taşıyıcı faz başlangıcı belirsizliğin hızlı çözümünde nokta konumunun ve gökyüzü görüş alanının etkisini belirlemek amacı ile float ve fix çözüm tiplerinde VRS, FKP, MAC ve PRS gibi bu farklı veri aktarma teknikleri kullanılarak 1 epokluk ölçüler elde edilmiştir. Elde edilen veriler TOPCON LİNK yazılımında değerlendirilmiştir. Taşıyıcı faz başlangıç belirsizliğinin farklı çözümleri koordinat değerleri ve süre açısından gruplandırılmıştır. Karşılaştırma yapmak için, bu grupların ortalama değerleri alınarak bulunan sonuçlar yorumlanmaya çalışılmıştır. Farklı veri aktarma yöntemlerinin farklı noktalardaki ve farklı gökyüzü görüş alanına göre taşıyıcı faz başlangıç belirsizliğini çözüm hızı hem de elde edilen nokta konum doğruluğu belirlenmeye çalışılmıştır. Bu çalışma alanında yersel ve Statik GNSS'den elde edilen bu 3 test noktasının nokta konumları, farklı düzeltme yöntemlerine göre elde edilen Ağ RTK uygulamaları ile karşılaştırılmıştır.

3. BULGULAR ve TARTIŞMA

Taşıyıcı faz başlangıcı belirsizliğin hızlı çözümünde nokta konumunun ve gökyüzü görüş alanının etkisini belirlemek amacı ile float ve fix çözüm tiplerinde VRS, FKP, MAC ve PRS gibi bu farklı veri aktarma teknikleri kullanılarak 1 epokluk ölçüler elde edilmiştir. Bu ölçüler float ve fix çözüm tiplerine göre Tablo'1 de gruplandırılmıştır. Ölçüm yapılan noktanın konumuna göre taşıyıcı faz başlangıcı belirsizliği çözümü ve sürelerinin değiştiği görülmektedir.

Farklı sinyal yansıma etkisine ve gökyüzü görüş alanına sahip noktaların Ağ RTK ile farklı düzeltme yöntemleri ve farklı taşıyıcı faz başlangıcı belirsizliği çözümlerine göre GNSS alıcımızın Multipath etkisini giderici özelliğinin kullanıldığı ve kullanılmadığı iki farklı durum (var ya da yok) için elde edilen nokta konumları (X, Y, h), aynı noktaların Statik GNSS ve Total Station ile yersel ölçümler sonucu elde edilen nokta konumları ile karşılaştırılmıştır. Tablo 2 ve Tablo 3'de farklı düzeltme yöntemlerine ve sinyal yansıma giderici özelliğine göre bulunan sonuçlar verilmiştir.

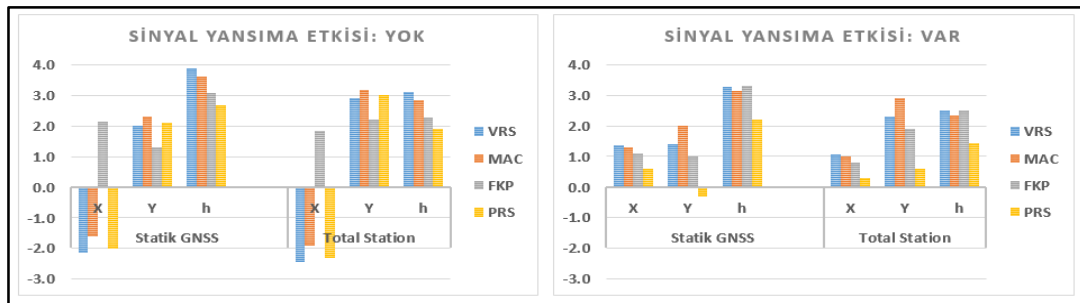
Ayrıca farklı sinyal yansıma etkisine ve Ağ RTK ile farklı düzeltme yöntemlerinden elde edilen konum doğruluklarının farklı gökyüzü görüş alanına sahip noktalara göre değişip değişmediği belirlemek için karşılaştırmalar sonucu bulunan cm birimindeki nokta koordinat farkları nokta bazlı gruplanmıştır. Bulunan sonuçlar aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir.

Tablo 1. Farklı düzeltme yöntemlerine göre taşıyıcı faz başlangıcı belirsizliği çözüm ve süreleri

Sinyal Yansımaya etkisi azaltıcı fonksiyonu (Multipath reduction)								
NOKTA NO	AÇIK				KAPALI			
	YÖNTEM	DURUM	SÜRE	EPOK	YÖNTEM	DURUM	SÜRE	EPOK
N1	VRS	FLOAT	00:01:10	36	VRS	FLOAT	00:04:08	125
	VRS	FİX	00:00:24	13	VRS	FİX	00:00:16	9
	MAC	FLOAT	00:40:07	1206	MAC	FLOAT	00:02:20	71
	MAC	FİX	00:00:18	10	MAC	FİX	00:00:14	8
	FKP	FİX	00:00:06	4	FKP	FLOAT	00:01:11	16
	PRS	FLOAT	00:01:42	52	FKP	FİX	00:00:25	8
	PRS	FİX	00:00:16	9	PRS	FLOAT	00:00:36	19
N2	VRS	FLOAT	00:03:38	110	PRS	FİX	00:00:16	9
	VRS	FİX	00:01:04	7	VRS	FİX	00:00:10	4
	MAC	FİX	00:00:20	3	MAC	FİX	00:00:08	5
	FKP	FİX	00:02:17	4	FKP	FLOAT	00:05:02	55
	PRS	FİX	00:00:16	9	FKP	FİX	00:00:24	7
N3	VRS	FİX	00:00:10	4	PRS	FİX	00:00:16	9
	MAC	FİX	00:00:20	4	VRS	FİX	00:00:10	4
	FKP	FİX	00:00:16	4	MAC	FİX	00:00:17	9
	PRS	FİX	00:00:20	10	FKP	FİX	00:00:13	4
					PRS	FİX	00:00:16	9

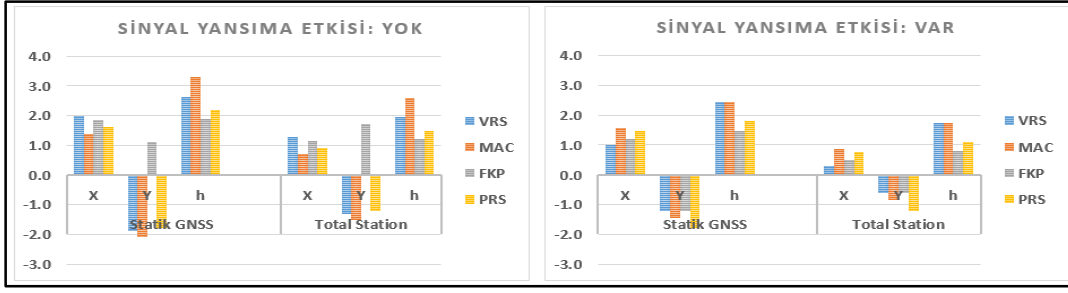
Tablo 2. Düzeltme yöntemlerinden elde edilen nokta konumlarının Statik GNSS ve yersel ölçümler ile karşılaştırılması (cm)

VRS							MAC							FKP							PRS										
Sinyal Yansımaya etkisi azaltıcı fonksiyon: YOK							Sinyal Yansımaya etkisi azaltıcı fonksiyon: YOK							Sinyal Yansımaya etkisi azaltıcı fonksiyon: YOK							Sinyal Yansımaya etkisi azaltıcı fonksiyon: YOK										
NOKTA	DURUM	Statik GNSS			Total Station			NOKTA	DURUM	Statik GNSS			Total Station			NOKTA	DURUM	Statik GNSS			Total Station			NOKTA	DURUM	Statik GNSS			Total Station		
		X	Y	h	X	Y	h			X	Y	h	X	Y	h			X	Y	h	X	Y	h			X	Y	h	X	Y	h
N1	FLOAT	55.2	15.8	-18.0	54.9	16.7	-18.8	N1	FLOAT	-7.0	16.0	-76.0	-7.3	16.9	-76.8	N1	FİX	2.1	1.3	3.1	1.8	2.2	2.3	N1	FLOAT	-166.8	109.5	-157.5	-167.1	110.4	-158.3
N1	FİX	-2.1	2.0	3.9	-2.4	2.9	3.1	N1	FİX	-1.6	2.3	3.6	-1.9	3.2	2.8	N2	FİX	1.8	1.1	1.9	1.1	1.7	1.2	N1	FİX	-2.0	2.1	2.7	-2.3	3.0	1.9
N2	FLOAT	-27.4	-9.8	-28.2	-28.1	-9.2	-28.9	N2	FİX	1.4	-2.1	3.3	0.7	-1.5	2.6	N3	FİX	1.7	1.0	-1.7	3.6	0.5	-2.1	N2	FİX	1.6	-1.8	2.2	0.9	-1.2	1.5
N2	FİX	2.0	-1.9	2.6	1.3	-1.3	1.9	N3	FİX	1.7	1.5	-2.7	1.9	1.0	-3.1	N3	FİX	1.3	1.4	-1.8	3.2	0.9	-2.2	N2	FİX	1.6	-1.8	2.2	0.9	-1.2	1.5
N3	FİX	1.0	1.6	-2.3	1.2	1.1	-2.7									N3	FİX	1.3	1.4	-1.8	3.2	0.9	-2.2	N3	FİX	1.3	1.4	-1.8	3.2	0.9	-2.2
Sinyal Yansımaya etkisi azaltıcı fonksiyon: VAR							Sinyal Yansımaya etkisi azaltıcı fonksiyon: VAR							Sinyal Yansımaya etkisi azaltıcı fonksiyon: VAR							Sinyal Yansımaya etkisi azaltıcı fonksiyon: VAR										
NOKTA	DURUM	Statik GNSS			Total Station			NOKTA	DURUM	Statik GNSS			Total Station			NOKTA	DURUM	Statik GNSS			Total Station			NOKTA	DURUM	Statik GNSS			Total Station		
		X	Y	h	X	Y	h			X	Y	h	X	Y	h			X	Y	h	X	Y	h			X	Y	h	X	Y	h
N1	FLOAT	-14.5	-21.3	47.4	-14.8	-20.4	46.6	N1	FLOAT	41.6	-5.6	50.9	41.3	-4.7	50.1	N1	FLOAT	81.0	101.9	-220.6	80.7	102.8	-221.4	N1	FLOAT	-29.0	40.4	43.7	-29.3	41.3	42.9
N1	FİX	1.4	1.4	3.3	1.1	2.3	2.5	N1	FİX	1.3	2.0	3.1	1.0	2.9	2.3	N1	FİX	1.1	1.0	3.3	0.8	1.9	2.5	N1	FİX	0.6	-0.3	2.2	0.3	0.6	1.4
N2	FİX	1.0	-1.2	2.5	0.3	-0.6	1.8	N2	FİX	1.6	-1.5	2.4	0.9	-0.9	1.7	N2	FLOAT	-36.3	-17.6	-42.6	-37.0	-17.0	-43.3	N2	FİX	1.5	-1.8	1.8	0.8	-1.2	1.1
N3	FİX	0.7	1.1	-1.5	0.9	0.6	-1.9	N3	FİX	0.8	1.0	-1.6	1.1	0.5	-2.0	N3	FİX	1.2	-1.2	1.5	0.5	-0.6	0.8	N3	FİX	0.6	1.1	-1.6	2.5	0.6	-2.0

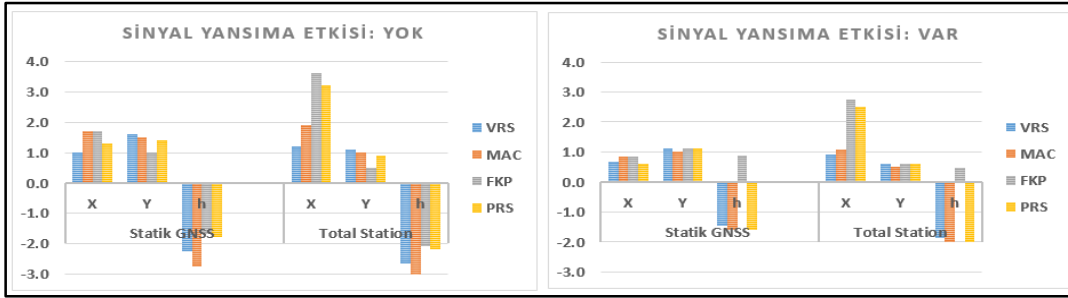


Şekil 2. Farklı düzeltme yöntemlerine göre N1 (Kapalı Alan) noktası için bulunan koordinat farkları (cm)

CORS UYGULAMALARINDAN ELDE EDİLEN NOKTA KONUM DOĞRULUKLARI ÜZERİNE BİR İSTATİKSEL ARAŞTIRMA



Şekil 3. Farklı düzeltme yöntemlerine göre N2 (Yarı Açık Alan) noktası için bulunan koordinat farkları (cm)



Şekil 4. Farklı düzeltme yöntemlerine göre N3 (Açık Alan) noktası için bulunan koordinat farkları (cm)

4. SONUÇLAR

Multipath ve başlangıç faz belirsizliğinin ölçüm süresi ve epok miktarına etkisinin gökyüzü görüşünün kapalı ve yarı açık olduğu N1 ve N2 noktalarında daha fazla olduğu görülmüştür. Kapalı bölge olarak ifade edilen N1 noktasında başlangıç faz belirsizliğinin çözüm süresi (fixed olma süresi) genel olarak diğer bölgelere göre daha uzun sürmüştür. Ağ RTK ile Farklı düzeltme yöntemleri Statik GNSS ve Total Station ile yersel ölçümler sonucu elde edilen nokta konumları karşılaştırmaları inceliğinde Float çözümler için dm düzeyinde farklar bulunurken fix çözümde ise cm'ler düzeyinde farklar bulunmuştur. Her bir farklı değişkene göre elde edilen istatistiksel veriler karşılaştırıldığında h koordinat eksenleri yönünde doğruluğun az olduğu görülmektedir. Ölçüm yapılan nokta konuma bağlı olarak özellikle gökyüzü ile açık görüş alanına sahip N3 noktasında daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. Ayrıca GNSS alıcımızın sinyal yansıma (Multipath) etkisini giderici özelliğinin kullanıldığı ve kullanılmadığı iki farklı durum (var ya da yok) için elde edilen nokta konumları incelendiğinde sinyal yansıma giderici özelliğinin sonuçları iyileştirdiği belirlenmiştir. Farklı düzeltme yöntemlere göre elde edilen istatistiksel değerler incelendiğinde benzer özellikler gösterdikleri görülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] KAHVECİ, M., YILDIZ, F., Uydularla Konum Belirleme Sistemleri(GPS/GNSS):Teori-Uygulama. Geliştirilmiş 4. Baskı, Nobel Yayınları, Ankara, 2009.
- [2] KAHVECİ, M., Kinematik GNSS ve RTK CORS Ağları, Zerpa Yayıncılık, Ankara, 2009.
- [3] VOLLATH, U., BUECHERL, A., LANDAU, H., "Long Range RTK Positioning Using Virtual Reference Stations", In Proc. Institute of Navigation National GPS 2000, Salt Lake City, Utah, 19-22, September, 1143-1147, 2000.
- [4] VOLLATH, U., BUECHERL, A., LANDAU, H., PAGELS, C., WAGNER, B., "Multi Base RTK Positioning Using Virtual Reference Stations", In Proc. Institute of Navigation National GPS 2000, Salt Lake City, Utah, 19-22, September, 123-131, 2000.
- [5] WANNİNGER, L., "Virtual Reference Stations for Centimeter Level Kinematic Positioning", In Proc of ION GPS (02), Portland, Oregon, pp 1400-1407, 2002.
- [6] WÜBBENA, G., BAGGE, A., SEEBER, G., VOLKER B., HANKEMEİER, P., "Reducing Distance Dependent Errors for Real Time Precise DGPS Applications by Establishing Reference Station

K.GÜMÜŞ, M.G.GÜMÜŞ

- Networks”, In Proc. Institute of Navigation National GPS 1996 Kansas, 17-20 September, Vol 2, 1845-1852, 1996.
- [7] WÜBBENA, G., BAGGE., A., SCHMÍTZ, M., “Network Based Techniques for RTK applications”, In Proc. GPS JIN 2001, GPS Society, Japan Institute of Navigation, Tokyo, 53-65, 2001.
- [8] EULER, H.J., KEENAN, C.R., ZEBHAUSER, B.E., WUBENNA, G., “Study of a Simplified Approach in Utilizing Information from Permanent Reference Station arrays”, Proceedings of ION GPS-01, Salt Lake City, 11-14 September, 379-391, 2001.
- [9] LEİCA GEOSYSTEMS, A., “Networked Reference Stations: Take it to the MAX “, White Paper, Heerbrugg, Switzerland, 2005.
- [10] WÜBBENA, G., SCHMÍTZ, M., BAGGE, A., “PPP-RTK: Precise Point Positioning using State-Space Representation in RTK networks”, In: Proceedings of ION-GNSS-2005, Institute of Navigation, 13–16 Sept, Long Beach, CA, USA, 2005.