

GERÇEK ZAMANLI HASSAS NOKTA KONUMLAMA (RT-PPP) YÖNTEMİNİN KONUM BELİRLEME PERFORMANSININ DOĞRULUK VE HASSASİYET BAKIMINDAN İNCELENMESİ

Salih ALÇAY¹ (ORCID: 0000-0001-5669-7247) *

¹Harita Mühendisliği Bölümü, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Konya, Türkiye

Geliş / Received: 07.06.2018

Kabul / Accepted: 31.10.2018

ÖZ

Global ve bölgesel konum belirleme istemlerinin sayılarının artması GNSS ile konum belirleme yöntemlerine olan ilgiyi arttırmıştır. GNSS ile konum belirleme anlamında temel olarak iki yöntem kullanılmaktadır. Bunlar bağıl ve mutlak konumlandırma olup son yıllarda gelişen teknoloji ve geliştirilen algoritmalar sayesinde özellikle mutlak konum belirleme yöntemi üzerine çalışmalar yoğunlaşmıştır. Son 3-4 yıldır ise IGS gerçek zamanlı servisin (IGS-RTS) sunduğu ürünler sayesinde ise Gerçek Zamanlı Hassas Nokta Konumlandırma yöntemi (RT-PPP) kullanılmaya başlamıştır. Bu çalışmada RT-PPP yönteminin performansı test edilmiştir. Bu amaçla farklı coğrafi bölgelerden seçilen IGS-RTS istasyonuna ilişkin yaklaşık 1 saatlik veriler dikkate alınmıştır. Gerçek zamanlı koordinat değerleri BKG Ntrip Client (BNC) v.2.12.6 yazılımı kullanılarak 1 saniye epok aralığında anlık olarak elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar doğruluk ve hassasiyet bakımından test edilmiştir. Sonuçlar, yakınsama süresi göz ardı edildiğinde bu yöntem ile ± 10 cm civarında ortalama bir konum doğruluğunun elde edilebileceğini göstermiştir. Ayrıca elde edilen troposferik gecikme değerleri (ZTD), IGS troposfer ürünleriyle (IGS Final Troposphere) karşılaştırmalı bir yaklaşımla verilerle uygunlukları incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: RT-PPP, IGS-RTS, PPP, BNC v2.12.6, ZTD

INVESTIGATION OF THE POSITIONING PERFORMANCE OF REAL TIME PRECISE POINT POSITIONING METHOD (RT-PPP) IN TERMS OF ACCURACY AND PRECISION

ABSTRACT

The increase in the number of Global and Regional positioning systems has increased interest in GNSS-based positioning methods. Basically, two methods are used for positioning with GNSS. These are relative and absolute positioning methods and in recent years studies focused on the absolute positioning methods thanks to the developed technologies and improved algorithms. For the last 3-4 years, thanks to real time products of IGS real time service (IGS-RTS), Real Time Precise Point Positioning (RT-PPP) method is used. In this study, the performance of the RT-PPP method has been tested. For this purpose, approximately 1 hour of data for the selected IGS-RTS stations from different geographical locations was considered. Real time coordinate values were obtained for 1 second epoch interval using BKG Ntrip Client (BNC) v.2.12.6. The obtained results were tested in terms of accuracy and precision. The results show that, when the convergence time is ignored, an average positional accuracy of around ± 10 cm can be achieved with this method. In addition, the obtained tropospheric delay values (ZTD) were examined in a comparative approach with IGS troposphere products (IGS Final Troposphere).

Keywords: RT-PPP, IGS, PPP, BNC v2.12.6, ZTD

**Corresponding author / Sorumlu yazar Tel.: +90 332 325 2024/4047; e-mail/e-posta: salcay@konya.edu.tr

S. ALCAY

1. GİRİŞ

Küresel Navigasyon Uydu Sistemleri (GNSS) günlük hayatta kullanılan navigasyon uygulamalarının yanı sıra, konum belirleme, deformasyon izleme, fay hareketlerinin izlenmesi gibi yüksek doğruluk gerektiren birçok uygulamada kullanılmaktadır. GNSS ile konum belirleme yöntemlerini bağıl ve mutlak konum belirleme olarak iki grup altında toplamak yerinde olur. Bağıl konum belirleme uygulamalarında en az iki GNSS alıcısına gereksinim duyulurken, mutlak konum belirlemede tek bir GNSS alıcısı ile konumlama işlemi gerçekleştirilmektedir. Son 10 yıldır mutlak konum belirleme yöntemlerinden olup, sıfır fark yönteminin özel bir durumu olan PPP yöntemi birçok uygulamada kullanılmaktadır. Post-proses PPP yönteminin performans testi üzerine çok sayıda çalışma yapılmıştır [1-9]. Son birkaç yıldır ise IGS RT servisinin yörünge ve saat ürünlerini anlık olarak sunması RT-PPP yönteminin konumlama için kullanımına olanak sağlamıştır [10-15]. Krzan ve Przechalski [12] IGS RTS ürünlerinden IGS01, IGS02 ve IGS03 kullanarak PPP yönteminin performansını test etmiştir. Bu ürünler kayıt edilerek gözlem dosyaları post-proses olarak değerlendirilmiştir. IGS02 ve IGS03 ile benzer sonuçların elde edildiği ve IGS01 ile elde edilen sonuçların bir miktar kötü olduğu belirtilmiştir. Ahmed ve ark [11] ise BNC v.2.7, PPP-Wizard ve G-Nut/Tefnut RT-PPP yazılımlarının ZTD kestirim performanslarını test etmişlerdir. Elde edilen sonuçlar IGS troposfer ürünleri (IGS final troposphere) ile karşılaştırılmış ve en iyi sonucu G-Nut/Tefnut yazılımının verdiği belirtilmiştir. Günümüzde RT-PPP yöntemi ile konumlamada GPS'in yanı sıra diğer uydu sistemleri de kullanılabilir. Abdi ve ark.[14] farklı uydu kombinasyonlarının RT-PPP sonuçları üzerindeki etkisini test etmişlerdir. Ancak sonuçlar anlık olarak değil de, seçilen istasyonlara ait gözlem dosyaları BNC yazılımının offline modülü kullanılarak elde edilmiştir. Yöntemin en büyük dezavantajı doğruluğun düşük olması ve en azından cm mertebesinde bir doğruluğa ulaşmak için 20 dakikanın üzerinde bir yakınsama süresine gereksinim duyulmasıdır. Bu çalışmada RT-PPP yönteminin performansını test etmek amacıyla farklı coğrafi bölgelerden 7 IGS RT istasyonu seçilmiştir. İstasyonlara ait 1 saniye epok aralıklı koordinat değerleri BKG Ntrip Client (BNC) v.2.12.6 yazılımı kullanılarak elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar doğruluk ve hassasiyet açısından test edilmiştir. Ayrıca ZTD değerleri de her epok için elde edilmiş olup, bu değerler IGS ZTD değerleriyle karşılaştırmalı bir yaklaşımla verilmiştir.

2. BNC YAZILIMLARI VE ÖZELLİKLERİ

Son yıllarda RT-PPP yöntemi üzerine yoğunlaşan çalışmalar sonucunda çok sayıda yazılım üretilmiştir. Bunlar arasında;

- BKG Ntrip Client (BNC) (v2.12.6) yazılımı [16]
- RTNET (Real Time NETWORK processing Engine) yazılımı [17]
- P3 yazılımı [18]
- PPP-WIZARD (Precise Point Positioning with Integer and Zero-difference Ambiguity Resolution Demonstrator) yazılımı [19]
- G-NUT/TEFNUT yazılımı [20]
- PANDA (Positioning And Navigation Data Analyst) yazılımı [21]
- RTKLIB yazılım paketi [22]

yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada koordinat değerleri BKG Ntrip Client (BNC) v.2.12.6 yazılımı kullanılarak elde edilmiştir. BNC yazılımı BKG (Federal Agency for Cartography and Geodesy) tarafından geliştirilmiş olup, RT-PPP olanağı sunmaktadır. BNC yazılımı kod+faz gözlemlerini ve yayın efemerisini kullanmaktadır. Ayrıca RTCM (Radio Technical Commission for Maritime) formatındaki SSR (State Space Representation) düzeltme ürünlerini değerlendirmeye dahil etmektedir. Sonuç ürün olarak koordinat değerlerinin yanı sıra ZTD değerleri de elde edilmektedir. BNC yazılımında kullanılan denklemler ve değerlendirme stratejisine ait detaylar Abdi ve ark. [14] 'de ayrıntılı olarak verilmektedir. Tablo 1' de ise bu çalışmada kullanılan kısma ilişkin yazılıma ait detaylar verilmektedir.

GERÇEK ZAMANLI HASSAS NOKTA KONUMLAMA (RT-PPP) YÖNTEMİNİN KONUM BELİRLEME PERFORMANSININ DOĞRULUK VE HASSASİYET BAKIMINDAN İNCELENMESİ**Tablo 1.** Kullanılan BNC yazılımına ilişkin detaylar

Yazılım	BNC v.2.12.6
Strateji	PPP
Veri Kaynağı	Gerçek Zamanlı (RT)
Epok Aralığı	1 saniye
Yükseklik Açısı	10 derece
Uydu Sistemi	GPS+GLONASS
Öncül ZHD Model	Saastamoinen
Haritalama Fonksiyonu (MF)	1/cos (z)
Ham Veri Formatı	RTCM-3
Yörünge ve Saat Düzeltmesi Stream Adı	IGS03, Kalman Filtreleme Kombinasyonu
Yörünge ve Saat Düzeltme Formatı	RTCM-SSR
Yayın Efemerisi	RTCM3EPH
Yayın Efemeris Formatı	RTCM-SSR
Anten Faz Merkezi Düzeltmeleri	igs14.atx

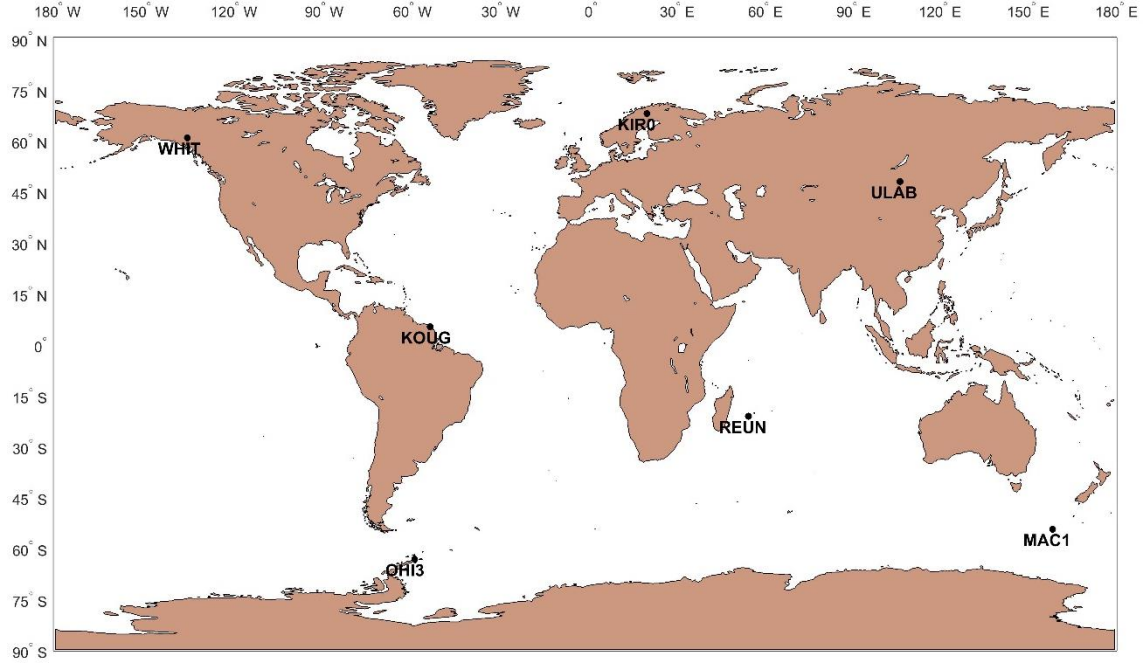
3. UYGULAMA

Bu çalışmada RT-PPP yönteminin performansını değerlendirmek amacıyla dünya üzerinde farklı coğrafi bölgelerde bulunan 7 IGS RT servise ait istasyonlar kullanılarak, bu istasyonlara ait konum bilgisi RT-PPP yöntemi ile elde edilmiştir. İstasyonların dünya üzerindeki dağılımı Şekil 1' de verilmektedir. Şekil 1' de görüldüğü gibi istasyonlardan 4 tanesi kuzey yarım kürede, 3 tanesi ise güney yarım kürede bulunmaktadır. Ayrıca her iki yarım küredeki iki istasyon yüksek enlem bölgesinde bulunmaktadır (WHIT-KIRO, OHI3-MAC1). İstasyonlara ait enlem, boylam, yükseklik, alıcı, anten gibi detaylar Tablo 2' de verilmektedir.

İstasyonlara ait RT koordinat değerleri farklı saat dilimlerinde olup hepsi 10.03.2018 tarihinde elde edilmiştir. İlgili günde konum doğruluğunu etkileyebilecek jeomanyetik fırtına kaynaklı iyonosferde düzensiz bir değişim olup olmadığını incelemek amacıyla jeomanyetik fırtına (kp) [23] ve jeomanyetik aktivite (Dst) [24] indis değerleri incelenmiştir. Şekil 2' de görüldüğü gibi 3 saat aralıklarla elde edilen kp indis değerlerine göre herhangi bir fırtına söz konusu değildir ($kp < 5$). Saatlik olarak elde edilen Dst indis değerleri incelendiğinde 5 UT-9 UT saatleri dışında önemli bir etkinin olmadığı görülmektedir. 5 UT-9 UT arasında ise Dst değerleri ortalama -40 nT seviyesinde olup orta şiddetli jeomanyetik fırtınanın varlığına işaret etmektedir.

Tüm noktalar için 10.03.2018 tarihinde 1 saniye epok aralıklarında yaklaşık 1 saatlik koordinat değerleri BNC yazılımı kullanılarak ITRF 2014 referans sisteminde elde edilmiştir. Ardından ilgili noktaların 10.03.2014 tarihine ait 24 saatlik GPS/GLONASS gözlem dosyaları CSRS-PPP [25] servisine gönderilerek statik değerlendirme sonucunda koordinat değerleri elde edilmiştir. Elde edilen bu koordinat değerleri referans koordinatlar olarak alınmıştır. Referans koordinatlar ve her bir epokta elde edilen koordinatlar kullanılarak X, Y, Z yer merkezli kartezyen sistemden Kuzey (n), Doğu (e), Yukarı (u) bileşenleri ile ifade edilen toposentrik koordinat sistemine dönüşüm gerçekleştirilmiştir. Şekil 3-9 'da her bir nokta için elde edilen referans değerlerinden olan farkları temsil eden toposentrik sistemdeki koordinat bileşenleri verilmektedir.

S. ALCAY

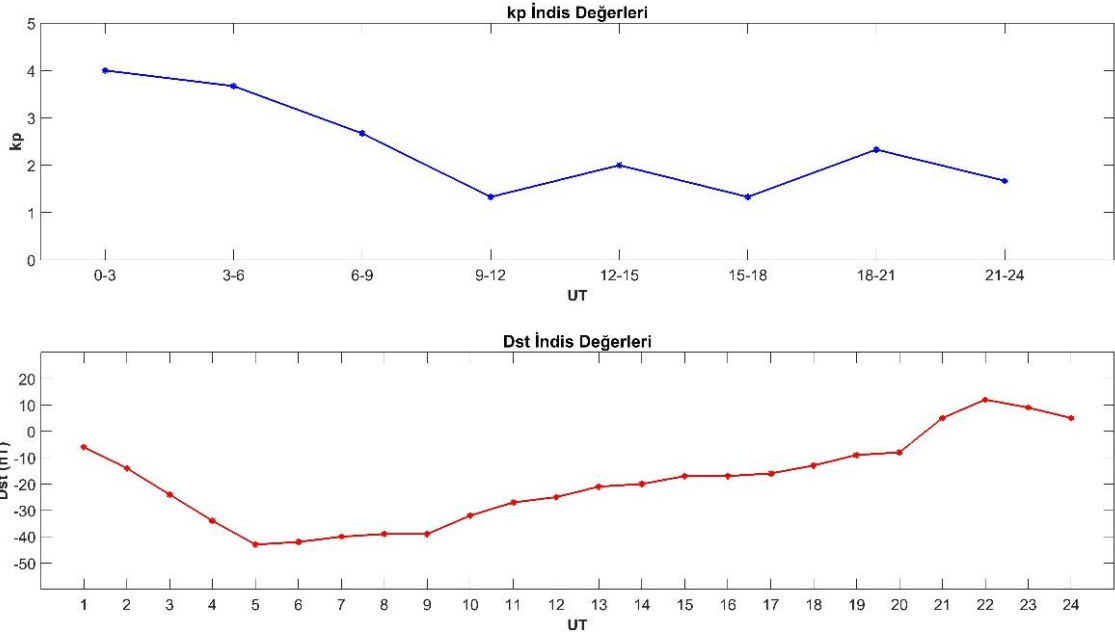


Şekil 1. Kullanılan IGS-RTS istasyonlarının konumları

Tablo 2. IGS-RTS istasyonlarına ait detaylar

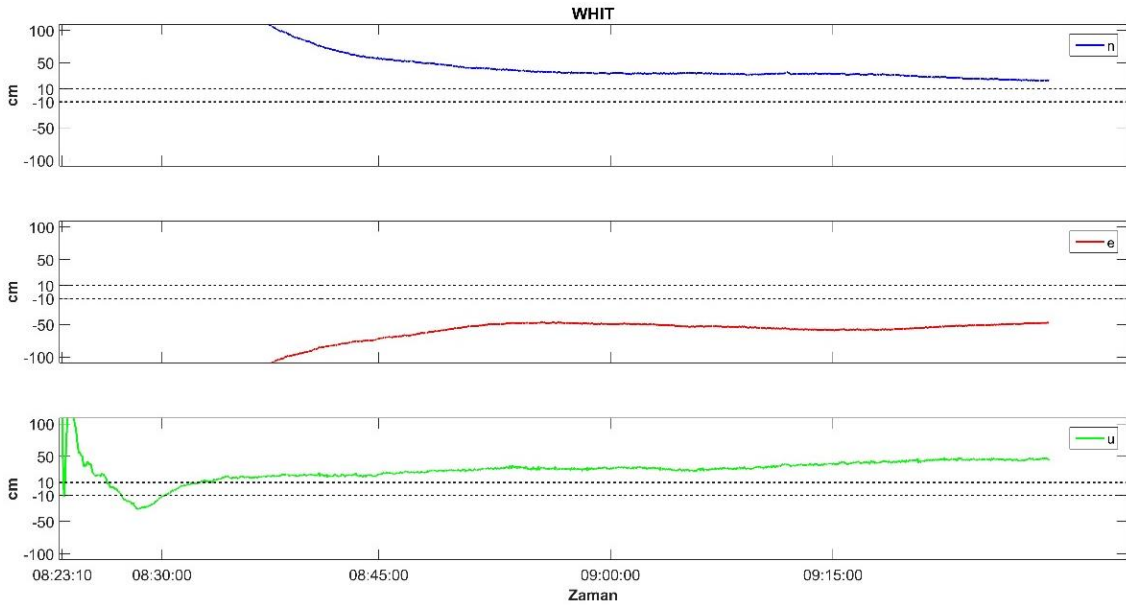
İstasyon	Ağ	Ülke	Enlem	Boylam	Yükseklik (m)	Alıcı	Anten	Radom
WHIT	RTS	Kanada	60.75	-135.22	1427	TPS NET-G3A	AOAD/M_T	NONE
KIRO	RTS	İsveç	67.88	21.06	497.9	JAVAD TRE_G3TH DELTA	JNSCR_C146-22-1	OSOD
ULAB	RTS	Moğolistan	47.87	107.05	1575.7	JAVAD TRE_G3TH DELTA	JAV_RINGANT_G3T	NONE
KOUG	RTS	Fransız Guyanası	5.10	-52.64	107.248	LEICA GR10	LEIAR25.R3	LEIT
REUN	RTS	Fransa	-21.21	55.57	1558.4	TRIMBLE NETR9	TRM55971.00	NONE
OHI3	RTS	Antarktika	-63.32	-57.90	32.15	LEICA GR25	LEIAR25.R4	LEIT
MAC1	RTS	Avustralya	-54.50	158.94	-6.69	SEPT POLARX5	JAVRINGANT_DM	SCIS

GERÇEK ZAMANLI HASSAS NOKTA KONUMLAMA (RT-PPP) YÖNTEMİNİN KONUM BELİRLEME PERFORMANSININ DOĞRULUK VE HASSASİYET BAKIMINDAN İNCELENMESİ



Şekil 2. 10.03.2018 tarihine ait kp ve Dst değerleri

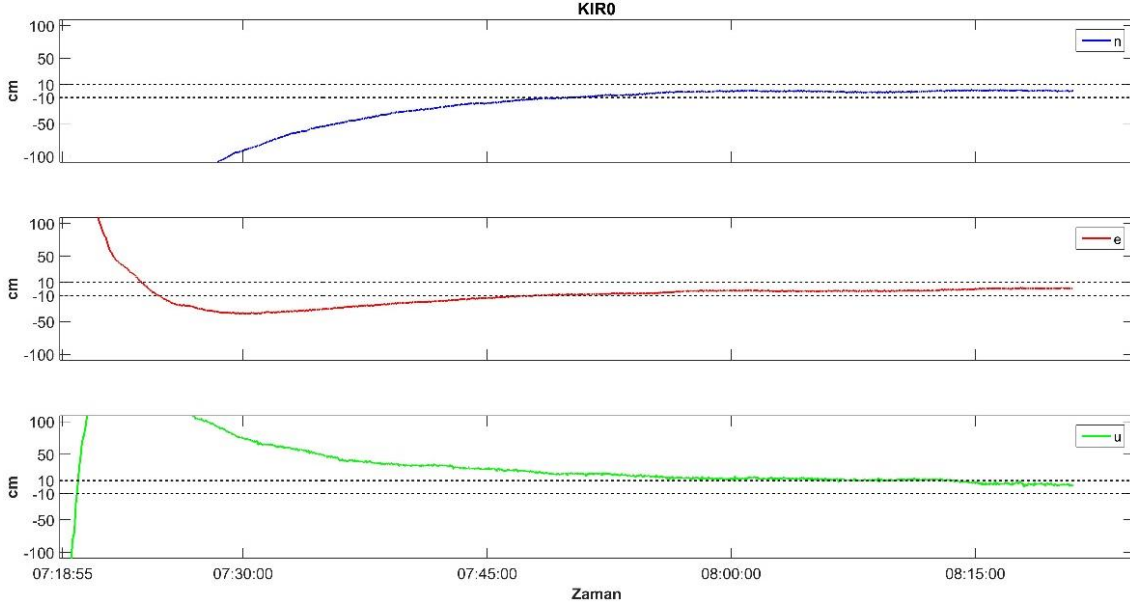
Şekil 3’ de kuzey yarım kürede yüksek enlem bölgesi istasyonlarından WHIT istasyonuna ait koordinat değerleri verilmektedir. İlk 20 dakikalık yakınsama süresi göz ardı edildiğinde bile koordinat değerlerinin tüm bileşenlerde ± 10 cm’nin üzerinde olduğu ± 20 cm’ nin altına inmediği görülmektedir. En büyük fark başlangıçta “n” bileşeninde olup, 5.55 m seviyesindedir. Yakınsama süresinden sonra ise genellikle “e” bileşenindeki farklar diğer bileşenlere nazaran yüksek olup, ortalama 47 cm seviyesindedir. Dst indis değerlerinin 5 UT - 9 UT diliminde gösterdiği orta şiddetli fırtınanın etkisi koordinat sonuçları üzerinde görülmemektedir.



Şekil 3. WHIT istasyonuna ait koordinat değerleri

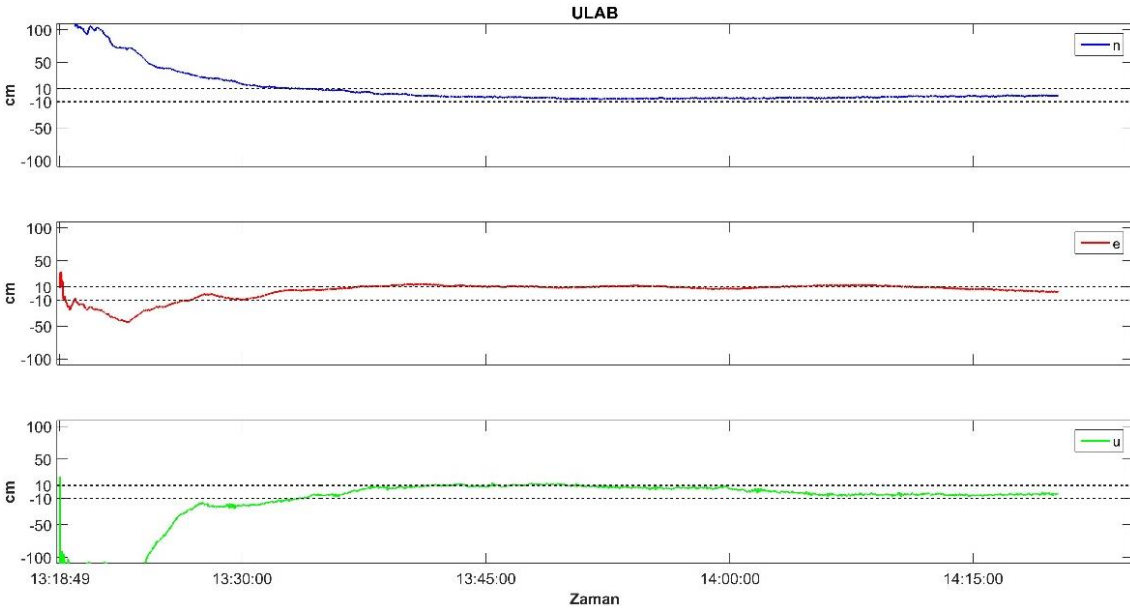
S. ALCAY

Diğer bir kuzey yarım küre yüksek enlem bölgesi istasyonlarından KIRO' a ait koordinat değerleri şekil 4'de verilmektedir. İlk koordinat değerleri "n" ve "u" bileşeninde 4 m, "e" bileşeninde 2.5 m seviyesinde başlamış olup, ilk 25 dakikadan sonra "n" ve "e" bileşenlerinde 10 cm'nin altına inmiş olup, son 25 dakikada ise 5 cm'nin altına indiği, "u" bileşeninde ise genelde 10 cm seviyesinde olduğu görülmektedir. Bu istasyonda da elde edilen sonuçlar WHIT istasyonunda olduğu gibi jeomanyetik fırtınanın etkisi görülmemektedir.



Şekil 4. KIRO istasyonuna ait koordinat değerleri

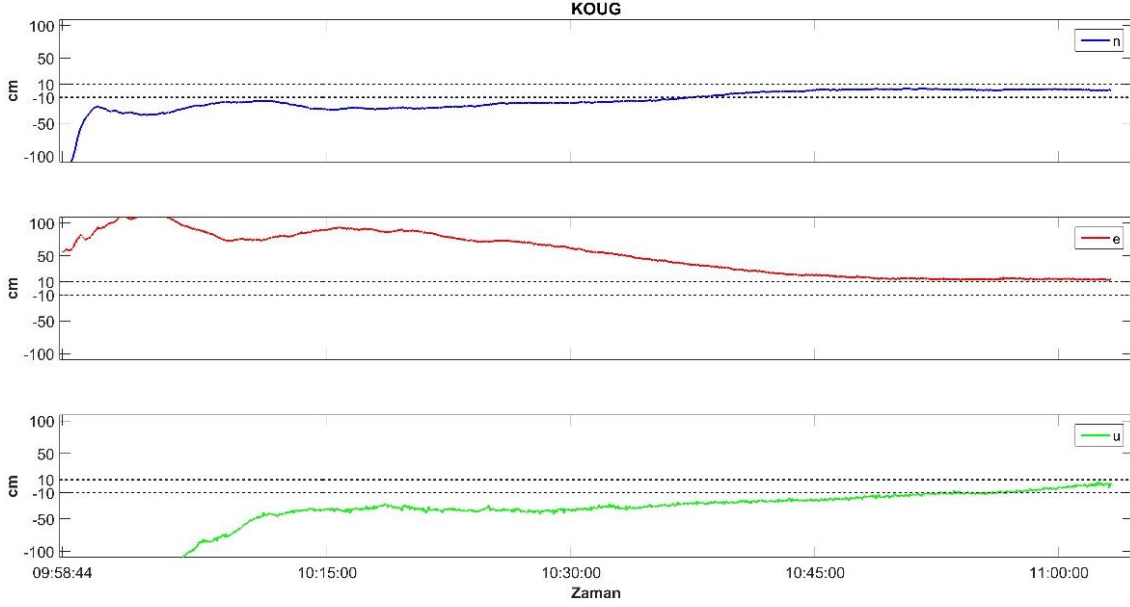
Kuzey yarım küre orta enlem bölgesi istasyonu ULAB' da ilk 15 dakikalık yakınsama süresinden sonra tüm bileşenlerde ± 10 cm'nin altında koordinat değerleri elde edilmiştir (Şekil 5). "n" bileşenindeki değerlerin "e" ve "u" değerlerine nazaran daha iyi olduğu son 10 dakikada ise ± 3 cm seviyesinde bir doğruluğun elde edildiği görülmektedir.



Şekil 5. ULAB istasyonuna ait koordinat değerleri

GERÇEK ZAMANLI HASSAS NOKTA KONUMLAMA (RT-PPP) YÖNTEMİNİN KONUM BELİRLEME PERFORMANSININ DOĞRULUK VE HASSASİYET BAKIMINDAN İNCELENMESİ

Kuzey yarım küre ekvator bölgesi istasyonu olan KOUG istasyonunda ise “n” bileşeninde -1.08 m, “e” bileşeninde 0.57 m ve “u” bileşeninde ise -1.55 m olarak ilk koordinat değerleri elde edilmiştir (Şekil 6). Son 20 dakika hariç koordinat bileşenleri 10 cm’ nin üzerinde olup, özellikle “e” bileşeninde genelde 50 cm’nin üzerindedir. Son 20 dakikada ise “n” bileşeninde elde edilen değerler 2 cm’nin altına indiği, “e” bileşeninde 13 cm seviyesinde, “u” bileşeninde ise 10 cm seviyesinde olduğu, son 5 dakikada ise 5 cm’nin altında bir doğruluğun elde edildiği görülmektedir.



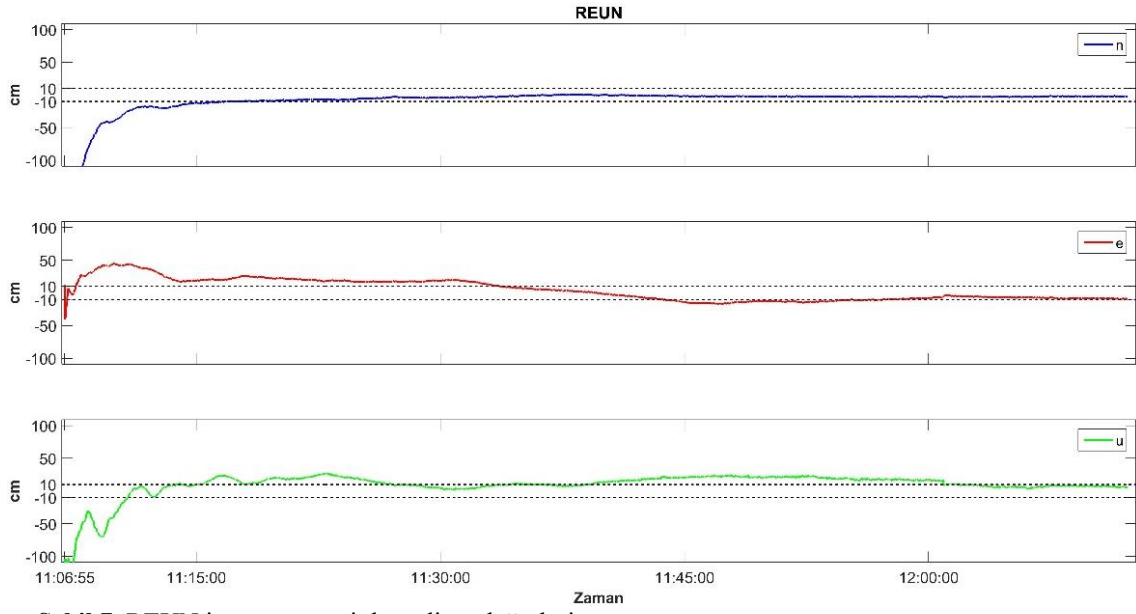
Şekil 6. KOUG istasyonuna ait koordinat değerleri

Güney yarım küre ekvator bölgesinde yer alan REUN istasyonunda ise diğer istasyonlara nazaran yakınsama süresi oldukça kısa olup (< 8 dk), “n” bileşeninde bu süreden sonra elde edilen koordinatlar 10 cm’nin altında olup, son 40 dakikada ise genellikle 3 cm’den daha iyi bir doğruluğun elde edildiği görülmektedir (Şekil 7). “e” ve “u” bileşenlerinde ise zaman zaman 10 cm’nin altında bir doğruluk elde edilmiş olup, genelde doğruluğun ± 12 cm seviyesinde olduğu söylenebilir.

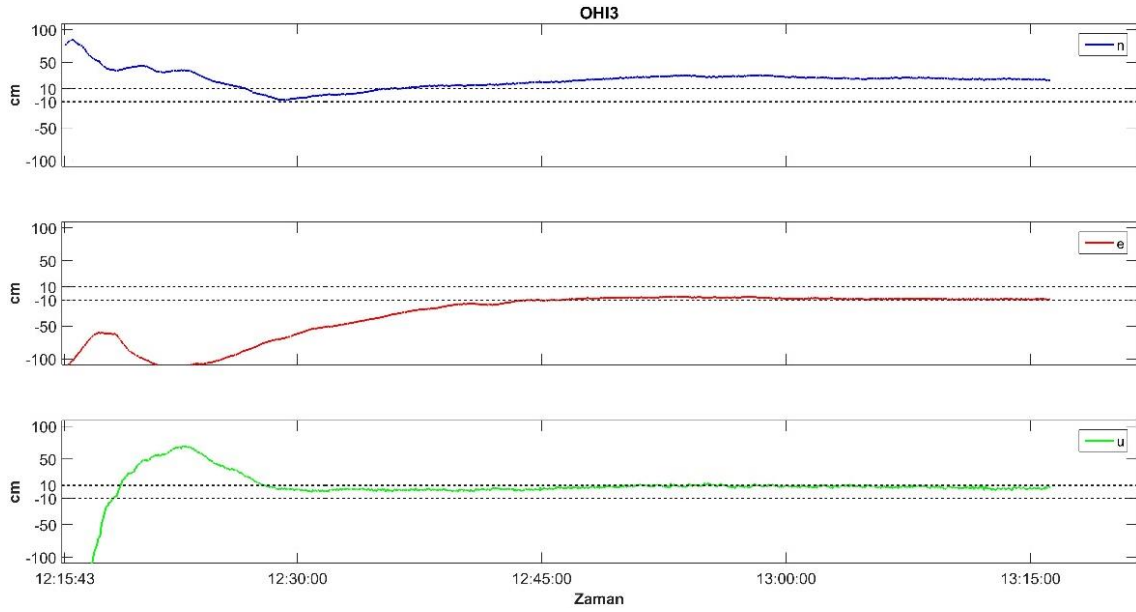
Güney yarım küre yüksek enlem bölgesi istasyonu OH13’e ait koordinat değerleri Şekil 8’de verilmektedir. Başlangıçta elde edilen “n”, “e” ve “u” bileşenleri 0.77 m, -1.15 m ve -3.75 m’dir. 15 dakikalık yakınsama sürecinden sonra (“e” bileşeninde yakınsama süresi 28 dakikayı bulmaktadır), “n” bileşeninde 25 cm, “e” ve “u” bileşenlerinde ise 9-10 cm seviyelerinde bir doğruluğun elde edildiği görülmektedir.

Diğer bir güney yarım küre yüksek enlem bölgesi istasyonu olan MAC1’de ise “u” bileşeni 8 m’nin üzerinde oldukça yüksek bir değerle başlamıştır (Şekil 9). Bu değer 25 dakikalık bir yakınsama süresinden sonra 15 cm’den daha iyi bir doğruluğun elde edildiği görülmektedir. “n” ve “e” bileşenlerinde ise yakınsama süresinden sonra ± 7 cm’den daha iyi bir doğruluğun elde edildiği söylenebilir.

S. ALCAY

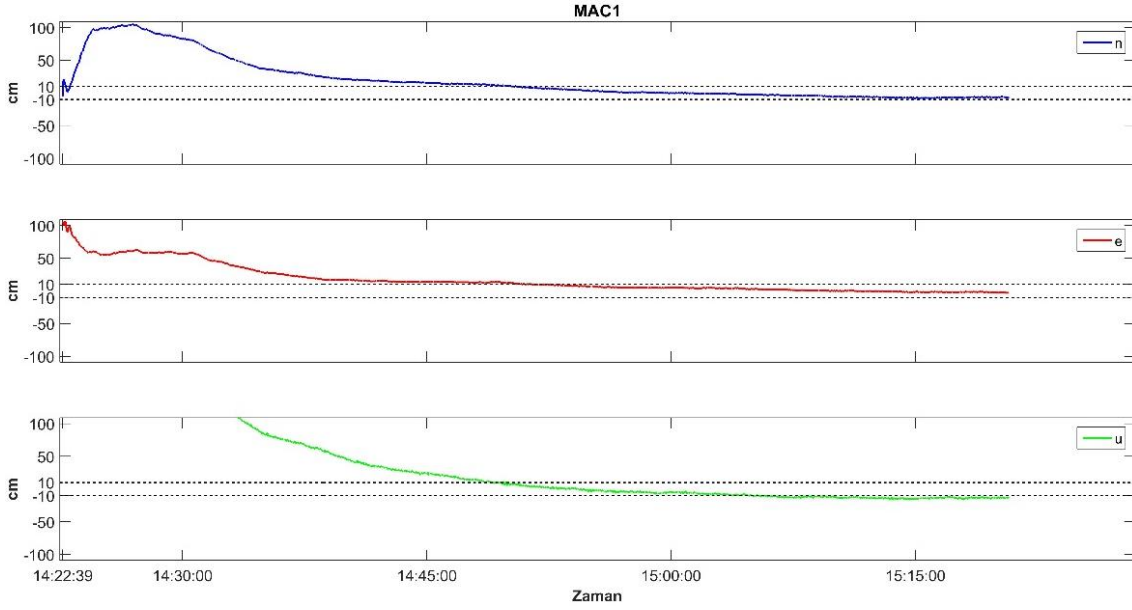


Şekil 7. REUN istasyonuna ait koordinat değerleri



Şekil 8. OHI3 istasyonuna ait koordinat değerleri

GERÇEK ZAMANLI HASSAS NOKTA KONUMLAMA (RT-PPP) YÖNTEMİNİN KONUM BELİRLEME PERFORMANSININ DOĞRULUK VE HASSASİYET BAKIMINDAN İNCELENMESİ



Şekil 9. MAC1 istasyonuna ait koordinat değerleri

Sonuçların doğruluk yönünden incelenmesinin yanı sıra, tekrarlılıklarını da test etmek amacıyla ilk 20 dakikalık ortalama yakınsama süresine ait koordinat değerleri göz ardı edilerek standart sapma değerleri (std) hesaplanmıştır. Std değerleri ile birlikte koordinatlara ilişkin maksimum, minimum, ortalama gibi temel istatistikî değerler hesaplanmış ve Tablo 3’ de verilmiştir. Maksimum değerler incelendiğinde en büyük değer MAC1 istasyonunun “u” bileşeninde elde edildiği, bu değer 9.569 m gibi bir büyüklükte olduğu görülmektedir. Mutlak anlamda elde edilen minimum değerler incelendiğinde, bu değerler noktaların çoğuna ait bileşenlerde referans değer ile aynı sonuçların elde edilebildiğini göstermektedir. İlk 20 dakikada elde edilen koordinatlar göz ardı edilerek hesaplanan ortalama değerler incelendiğinde “n” ve “u” bileşeninde en iyi değerler MAC1 istasyonunda (1.52 cm- -2.22 cm), “e” bileşeninde ise REUN istasyonunda elde edildiği (-3.38 cm) görülmektedir. Standart sapma değerleri incelendiğinde genelde 10 cm’nin altında olduğu, KOUG istasyonun tüm bileşenlerinde ise 10 cm ‘nin üzerinde olduğu görülmektedir. “n” bileşenindeki en iyi değer 1.15 cm ile REUN istasyonunda, “e” bileşeninde 2.56 cm ile ULAB istasyonunda, “u” bileşeninde ise 2.62 cm ile OHI3 istasyonunda elde edilmiştir. Sonuçların tekrarlılığı açısından istasyonlar arasında önemli farkların olmadığı söylenebilir.

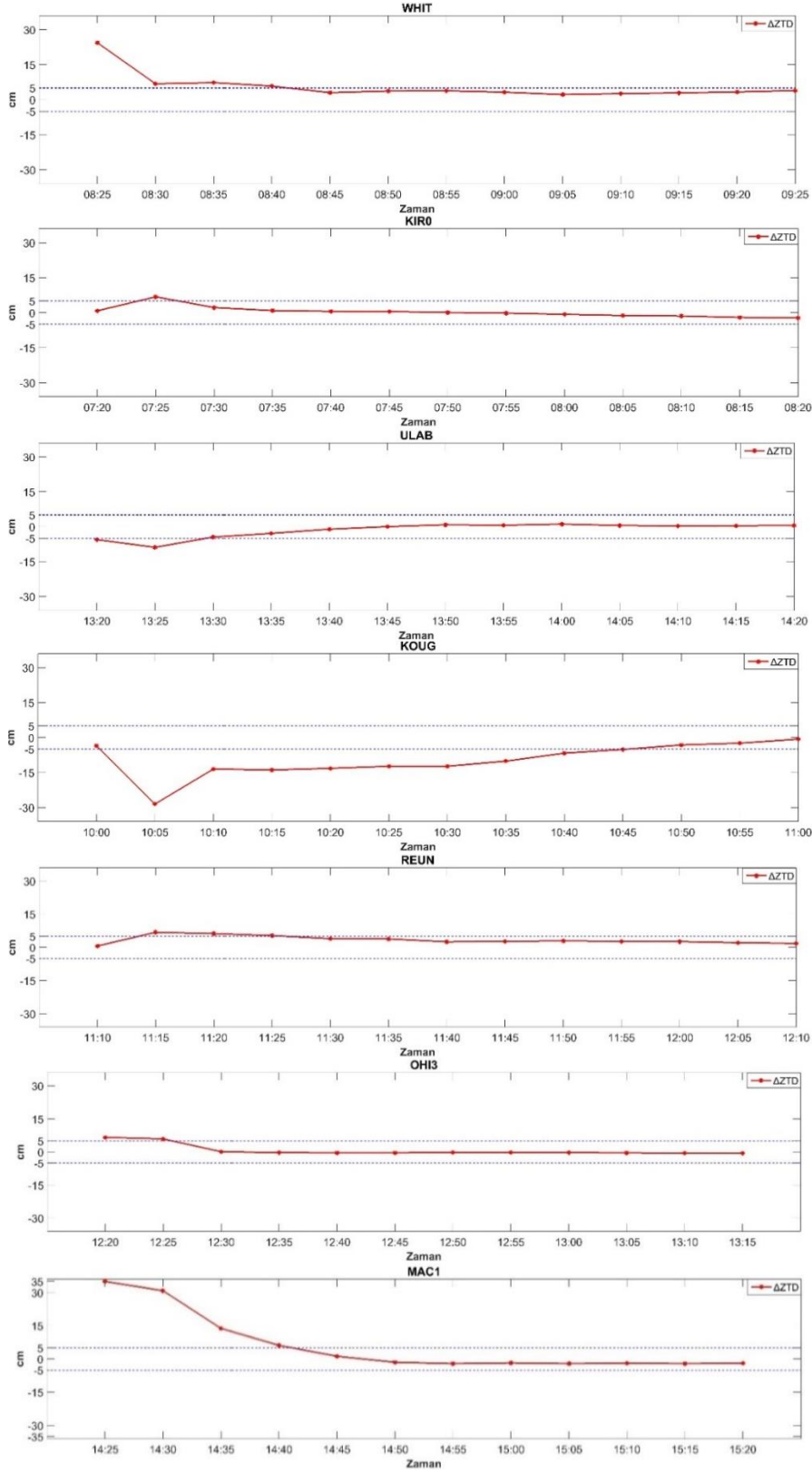
RT-PPP yönteminin konumlama performansının doğruluk ve hassasiyet açısından test edilmesinin yanı sıra BNC ile elde edilen RT-ZTD değerlerinin de uygulduğu test edilmiştir. Bu amaçla elde edilen ZTD değerleri IGS troposfer ürünleriyle karşılaştırılmış ve elde edilen fark değerleri Şekil 10’ da verilmiştir. IGS troposfer ürünleri 5 dakika aralıklarla kestirildiğinden, RT ZTD değerleri 1 saniye epok aralığında elde edilse de IGS ZTD değerlerine karşılık gelen değerler karşılaştırmada dikkate alınmıştır. Şekil 10’ da görüldüğü gibi farklara ilişkin büyüklükler değişse de tüm noktalarda ilk 10 dakikada elde edilen farkların yüksek olduğu görülmektedir. WHIT istasyonunda ilk değer göz ardı edildiğinde ortalama 4 cm gibi bir fark elde edilmektedir. KIRO, ULAB, OHI3 ve REUN istasyonlarında elde edilen ZTD verilerine ilişkin farklar incelendiğinde, diğer istasyonlara ait farklara nazaran daha iyi olup, sırasıyla 0.3 cm, -1.5 cm, 0.8 cm ve 3.4 cm ortalama değerler elde edilmiştir. KOUG ve MAC1 istasyonunda elde edilen fark değerlerinin ise özellikle ilk dakikalarda oldukça yüksek seviyede olduğu söylenebilir. Konum doğruluklarına ilişkin grafikler ile (Şekil 3- 9) Δ ZTD değerleri karşılaştırıldığında, WHIT ve KIRO’da elde edilen ZTD değerlerinin konum doğruluğu üzerindeki etkisi net olarak görülmesi de diğer istasyonlara bu etki benzer trend göstermeleri nedeniyle net olarak görülmektedir.

S. ALCAY

Tablo 3. Değerlendirme sonucunda koordinatlara ilişkin temel istatistiki değerler (Ortalama ve Standart sapma (std) değerleri elde edilirken yakınsama süresine (ilk 20 dk) ait koordinat değerleri göz ardı edilmiştir)

İstasyon	Temel İstatistikler	n	e	u
WHIT	Maksimum (m)	5.595	-1.997	1.761
	Minimum (m)	0.223	-0.462	0.000
	Ortalama (cm)	35.58	-54.69	34.50
	Std (cm)	8.83	6.74	7.06
KIRO	Maksimum (m)	-4.360	2.540	-3.915
	Minimum (m)	0.000	0.000	0.000
	Ortalama (cm)	-5.84	-5.82	15.55
	Std (cm)	8.39	5.68	8.17
ULAB	Maksimum (m)	1.957	-0.442	-2.031
	Minimum (m)	0.000	0.000	0.000
	Ortalama (cm)	-3.16	9.62	2.99
	Std (cm)	1.94	2.56	6.05
KOUG	Maksimum (m)	-1.199	1.199	-2.931
	Minimum (m)	0.000	0.121	0.001
	Ortalama (cm)	-8.46	38.79	-22.68
	Std (cm)	10.73	25.89	12.08
REUN	Maksimum (m)	-1.493	0.457	-1.576
	Minimum (m)	0.000	0.000	0.001
	Ortalama (cm)	-2.33	-3.38	13.07
	Std (cm)	1.15	10.77	6.23
OHI3	Maksimum (m)	0.845	-1.148	-3.769
	Minimum (m)	0.000	-0.046	0.001
	Ortalama (cm)	23.21	-10.74	6.57
	Std (cm)	5.52	6.50	2.62
MAC1	Maksimum (m)	1.052	1.076	9.569
	Minimum (m)	0.000	0.000	0.000
	Ortalama (cm)	1.52	5.00	-2.22
	Std (cm)	8.02	5.63	13.17

GERÇEK ZAMANLI HASSAS NOKTA KONUMLAMA (RT-PPP) YÖNTEMİNİN KONUM BELİRLEME PERFORMANSININ DOĞRULUK VE HASSASİYET BAKIMINDAN İNCELENMESİ



Şekil 10. Kullanılan RT-IGS istasyonları için RT-PPP ZTD ile IGS-ZTD arasındaki farklar

S. ALCAY

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada RT-PPP yönteminin performansı konum doğruluğu ve ZTD bakımında incelenmiştir. Bu amaçla farklı coğrafi bölgelerden seçilen 7 istasyon kullanılmıştır. Yaklaşık 1 saatlik gözlem süresine ait 1 saniye epok aralığında elde edilen koordinat değerleri incelendiğinde, yakınsama süresi göz ardı edildiğinde (20 dk) genelde 10 cm den daha iyi ortalama bir doğruluğun elde edilebildiği görülmüştür. Noktaların coğrafi konumlarının sonuçlar üzerindeki etkisi net olarak görülmemektedir. Ayrıca WHIT ve KIR0 istasyonlarının sonuçları orta şiddetli jeomanyetik fırtınanın olduğu zaman dilimine (5 UT- 9 UT) denk gelse de, fırtınanın sonuçlar üzerinde bir etkisi görülmemektedir. Sonuçları tekrarlılık açısından incelemek amacıyla hesaplanan std değerleri incelendiğinde yatay (n, e) ve düşey (u) bileşenlerinde elde edilen sonuçların benzer büyüklükte olduğu, yakınsama süreleri göz ardı edildiğinde genelde 10 cm' nin altında bir hassasiyetin elde edilebildiği görülmüştür. RT ZTD değerleri IGS ZTD değerleri ile karşılaştırmalı bir yaklaşımla verilmiş, genel olarak 4 cm'nin altında ortalama bir fark değerinin elde edildiği görülmüştür. Elde edilen bu sonuçlar RT-PPP yönteminin birçok avantajının olmasına rağmen, jeodezik uygulamalarda kullanılabilmesi için daha iyi seviyede bir konum doğruluğu sağlaması gerektiğini göstermiştir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada kullanılan BNC yazılımı için Federal Agency for Cartography and Geodesy (BKG)'ye, CSRS-PPP yazılımı için ise Natural Resources Canada (NRCAN)'ya ve değerlendirme aşamasında kullanılan ürünler için ise IGS RT servise teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

- [1] SOYCAN, M., "A Quality Evaluation of Precise Point Positioning within the Bernese GPS Software Version 5.0", Arab J Sci Eng, 37, 147–162, 2012. DOI 10.1007/s13369-011-0162-5.
- [2] CHOY S, ZHANG S, LAHAYE, F., HÉROUX, P., "A Comparison Between GPS-only and Combined GPS+GLONASS Precise Point Positioning", Journal of Spatial Science, 58, 2, 169-190, 2013. DOI: 10.1080/14498596.2013.808164.
- [3] CAI, C, GAO, Y., "GLONASS-Based Precise Point Positioning and Performance Analysis", Advances in Space Research 51, 514–524, 2013.
- [4] YİĞİT, C.O., GİKAS, V., ALÇAY, S, CEYLAN, A., "Performance Evaluation of Short to Long Term GPS, GLONASS and GPS/GLONASS Post-Processed PPP", Survey Review, 46, 336, 155-166, 2014. DOI: 10.1179/1752270613Y.0000000068.
- [5] DAWIDOWICZ, K., KRZAN, G., "Coordinate Estimation Accuracy of Static Precise Point Positioning Using on-line PPP Service, a Case Study", Acta Geod Geophys, 49, 37–55, 2014. DOI 10.1007/s40328-013-0038-0.
- [6] PAN, L., CAI, C., SANTERRE, R., ZHU, J., "Combined GPS/GLONASS Precise Point Positioning with Fixed GPS Ambiguities", Sensors, 14, 17530-17547, 2014. DOI:10.3390/s140917530.
- [7] GUO, Q., "Precision Comparison And Analysis Of Four Online Free PPP Services in Static Positioning and Tropospheric Delay Estimation", GPS Solut, 19, 537–544, 2015. DOI 10.1007/s10291-014-0413-5.
- [8] ALKAN, R.M., İLÇİ, V., OZULU, İ.M., SAKA, M.H., "A Comparative Study For Accuracy Assessment of PPP Technique Using GPS and GLONASS in Urban Areas", Measurement, 69, 1–8, 2015.
- [9] FARAH, A., "Accuracy Assessment Study for Kinematic GPS–PPP Using Single- and Dual-Frequency Observations with Various Software Packages", Arab J Sci Eng, 40, 2013–2019, 2015. DOI 10.1007/s13369-015-1613-1.
- [10] MARTÍN, A., ANQUELA A.B., DIMAS-PAGÉS, A., COS-GAYÓN, F., "Validation of Performance of Real-Time Kinematic PPP. A Possible Tool for Deformation Monitoring", Measurement, 69, 95–108, 2015.
- [11] AHMED, F., VA'CLAVOVIC, P., TEFERLE, F.N., DOUS'A, J., BINGLEY, R., LAURICHESSE, D., "Comparative Analysis of Real-Time Precise Point Positioning Zenith Total Delay Estimates", GPS Solut, 20, 187–199, 2016. DOI 10.1007/s10291-014-0427-z.

GERÇEK ZAMANLI HASSAS NOKTA KONUMLAMA (RT-PPP) YÖNTEMİNİN KONUM BELİRLEME PERFORMANSININ DOĞRULUK VE HASSASİYET BAKIMINDAN İNCELENMESİ

- [12] KRZAN, G., PRZESTRZELSKI, P., “GPS/GLONASS Precise Point Positioning with IGS Real-time Service Product”, Acta Geodyn. Geomater, 13 (1), 69–81, 2016. DOI: 10.13168/AGG.2015.0047.
- [13] ALCAY, S., TURGUT, M., “Performance Evaluation of Real-Time Precise Point Positioning Method”, IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, 95, 032023, 2017. DOI :10.1088/1755-1315/95/3/032023.
- [14] ABDI, N., ARDALAN, A.A., KARIMI, R., b, Rezvani, M.H., “Performance Assessment of Multi-GNSS Real-Time PPP over Iran”, Advances in Space Research, 59, 2870–2879, 2017.
- [15] DING, W., TAN, B., CHEN, Y., TEFERLE, F.N., YUAN, Y., “Evaluation of a Regional Real-Time Precise Positioning System Based on GPS/BeiDou Observations in Australia”, Advances in Space Research, 61, 951–961, 2018.
- [16] <https://igs.bkg.bund.de/ntrip/download> (erişim Tarihi : 13.04.2018)
- [17] https://www.gps-solutions.com/rtnet_software (erişim Tarihi : 13.04.2018)
- [18] <http://people.ucalgary.ca/~ygao/p3.htm> (erişim Tarihi : 13.04.2018)
- [19] <http://www.ppp-wizard.net/> (erişim Tarihi : 13.04.2018)
- [20] <http://www.pecny.cz/gop/index.php/gnss/sw/tefnut> (erişim Tarihi : 13.04.2018)
- [21] <http://gpscenter.whu.edu.cn/en/> (erişim Tarihi : 13.04.2018)
- [22] <http://www.rtklib.com/> (erişim Tarihi : 13.04.2018)
- [23] <ftp://ftp.gfz-potsdam.de/pub/home/obs/kp-ap/tab/> (erişim Tarihi : 13.04.2018)
- [24] <http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/dstdir/index.html> (erişim Tarihi : 13.04.2018)
- [25] <https://webapp.geod.nrcan.gc.ca/geod/tools-outils/ppp.php?locale=en> (erişim Tarihi : 13.04.2018)