

GLONASS'ın Kısa Bir Bazda (5 Km) Ağ Bazlı RTK Tekniklerine (VRS, FKP, MAC) Etkisi

Ömer YURDAKUL¹  İbrahim KALAYCI² 

¹ Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, 42090, Meram, Konya, Türkiye (*Sorumlu Yazar/Corresponding Author*)

² Necmettin Erbakan Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Harita Mühendisliği Bölümü, 42090, Meram, Konya, Türkiye

Makale Bilgileri

Makale Geçmişi

Geliş: 13.11.2020

Kabul: 27.12.2020

Yayın: 31.12.2020

Anahtar Kelimeler:

CORS, FKP,
GLONASS, GNSS,
MAC, NRTK, VRS.

ÖZET

GLONASS sistemi 2011 yılında tekrar tam kapasite çalışmaya başlaması ile Dünya'da küresel ölçekte çalışan ikinci GNSS sistemi olmuştur. Bu bağlamda yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. CORS (Continuously Operating Reference Stations: Sürekli Çalışan Referans İstasyonları) ağları ise Dünyada 1990'lı yıllarda anlık ve yüksek doğruluklu konum verisi ihtiyacından doğmuştur. CORS ağları, yaklaşık 70 ila 100 km mesafeli ülke çapında tesis edilmiş sabit istasyonlardan 7 gün 24 saat uydu gözlemlerini toplayan, cm doğruluğunda konum belirlenmesine olanak tanıyan, aynı zamanda ölçme sonrası büro hesaplamalarına imkân veren ve arşiv sistemine sahip ağlardır. Başta haritacılık üzere jeodezik, jeofizik ve mühendislik ölçmeleri, navigasyon uygulamaları, CBS uygulamaları, meteorolojik çalışmalar, askerî ve sivil birçok alanda, uluslararası sistemler ve standartlara (IERS, IGS, ITRF vb.) uyumlu bir ağ olarak hizmet vermektedirler. Ülkemiz'de CORS ağı tesisine 2006 yılında başlanılmış ve 2008 yılı Aralık ayından itibaren TUSAGA-Aktif (CORS-TR) adıyla kullanımına başlanılmıştır. Bu çalışmada GLONASS'ın etkisini görebilmek amacıyla TUSAGA-Aktif ağından Ağ Bazlı RTK (Real Time Kinematic: Gerçek Zamanlı Kinematik) teknikleri kullanılarak kısa bir bazda (5 Km) eş zamanlı ölçümler yapılmış ve elde edilen sonuçlar paylaşılmıştır.

The Effect of GLONASS on Network Based RTK Techniques (VRS, FKP, MAC) on a Short Baseline (5 Km)

Article Info

Article History

Received: 13.11.2020

Accepted: 27.12.2020

Published: 31.12.2020

Keywords:

FKP, GLONASS,
GNSS, MAC, NRTK,
VRS.

ABSTRACT

When GLONASS system started working at full capacity in 2011, it became the second GNSS system operating on a global scale in the world. In this context, it has been used widely. CORS (Continuously Operating Reference Stations) networks arose from the need for instantaneous and highly accurate location data in the 1990s in the world. CORS networks are networks that collect satellite observations 24/7 from fixed stations located nationwide at a distance of approximately 70 to 100 km, allow location determination in cm accuracy, and also allow office calculations after measurement and have an archive system. They serve as a network compatible with international systems and standards (IERS, IGS, ITRF, etc.) in many fields, especially in cartography, geodetic, geophysical and engineering measurements, navigation applications, GIS applications, meteorological studies, military and civilian areas. CORS network installation was started in 2006 in our country and it has been used under the name of CORS-TR (TUSAGA-Aktif) since December 2008. In this study, in order to see the effect of GLONASS, simultaneous measurements were made on a short baseline (5 Km) using Network Based RTK (Real Time Kinematic) techniques from the CORS-TR network and the results obtained were shared.



Atıf/Citation: Yurdakul, Ö.; Kalaycı, İ. (2020). GLONASS'ın Kısa Bir Bazda (5 Km) Ağ Bazlı RTK Tekniklerine (VRS, FKP, MAC) Etkisi, *Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 2(2), 38-51.

"This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) (CC BY-NC 4.0)"

GİRİŞ (INTRODUCTION)

ABD tarafından 1970’li yıllardan itibaren kullanılmaya başlanan ve dünyada ilk uydu bazlı global konum belirleme sistemi olan GPS, bugün başta harita sektörü olmak üzere birçok alanda kullanılmaktadır. Rusya Federasyonu tarafından GLONASS sistemi 1970’li yılların başında ABD’nin GPS sistemine rakip olarak üretilen bir proje olarak başlamış ve 2011 yılında 24 uydu takımını tamamlayarak küresel ölçekte çalışır hale gelmiştir ve GPS’ten sonra küresel ölçekte çalışan ikinci sistem olmuştur. Daha sonra Avrupa Birliği tarafından Galileo, Çin Halk Cumhuriyeti tarafından Compass-Bei-Dou gibi projelere başlanılmış fakat henüz bitirilememiştir [1]. CORS (Continuously Operating Reference Stations: Sürekli Çalışan Referans İstasyonları) ağları ise Dünyada 1990’lı yıllarda anlık ve yüksek doğruluklu konum verisi ihtiyacından doğmuştur. CORS ağları, yaklaşık 70 ila 100 km mesafeli ülke çapında tesis edilmiş sabit istasyonlardan 7 gün 24 saat uydu gözlemlerini toplayan, cm doğruluklu konum belirlemesine olanak tanıyan, aynı zamanda ölçme sonrası büro hesaplamalarına imkân veren ağlardır. Başta haritacılık olmak üzere jeodezik, jeofizik ve mühendislik ölçmeleri, navigasyon uygulamaları, CBS uygulamaları, meteorolojik çalışmalar, askerî ve sivil birçok alanda, uluslararası sistemler ve standartlara (IERS, IGS, ITRF vb.) uyumlu bir ağ olarak hizmet vermektedirler. Ülkemizde CORS ağı tesisine 2006 yılında başlanılmış ve 2008 yılı Aralık ayından itibaren TUSAGA-Aktif (CORS-TR) adıyla kullanımına başlanılmıştır [2, 3].

Yapılan literatür araştırmalarında GPS, GLONASS, Galileo ve Compass-Bei-Dou gibi sistemlerin birleşik ve/veya ayrı olarak klasik RTK (Real Time Kinematic: Gerçek Zamanlı Kinematik) ve Ağ Bazlı RTK ağlarına ilişkin yapılan bilimsel çalışmalar, bir hayli fazladır. Özellikle 1983 yılında GPS’in kullanımının sivilere açılmasıyla birlikte GPS üzerine yapılan çalışmalar oldukça fazladır. Fakat GLONASS sisteminin küresel ölçekte çalışan ikinci sistem olması sebebiyle ve kullanıma açıldığı 2011 yılından bu yana GLONASS üzerine yapılan çalışmalar daha kısıtlıdır. Bu bağlamda literatürde GLONASS sistemi hakkında yapılan çalışmalara kısaca değinilmiştir.

“Küresel Konumlamada GLONASS’ın Kullanılabilirliğinin Araştırılması” isimli yüksek lisans tezinde [4], GLONASS’ın küresel konum belirlemede kullanılabilirliğini araştırmak amacıyla 4 uygulama gerçekleştirilmiş ve uzun süreli oturumlarda GLONASS gözlemlerinin kullanılabileceği ancak GLONASS uydu sinyallerinden kaynaklanan problemler olduğunda ise yalnız kullanılamayacağı ve GPS/GLONASS sonuçlarını da olumsuz etkileyebileceği görülmüştür. “İrlanda’da Ağ RTK GNSS Hizmetlerinin Performansının Değerlendirilmesi” isimli bildiri [5], İrlanda’daki üç ticari Ağ RTK servislerinin yani SmartNet, VRS Now İrlanda ve TopNET+’in performansı ve GLONASS’ın ölçülere etkisi araştırılmıştır. Sonuçta, üç sistemin karşılaştırılabilir olduğu, yatay ve düşey doğrulukları sağladığı ve GLONASS gözlemlerini eklemenin sonuçlarda anlamlı bir fark oluşturmadığı görülmüştür. “Gerçek Zamanlı Kinematik (RTK) Uygulamalarında Ağ Bazlı Tekniklerin Doğruluk Analizleri” isimli yüksek lisans tezinde [6], CORS-TR sisteminde aynı ölçüm koşulları sağlanarak 3 adet Ağ Bazlı RTK tekniğinin doğruluk ve hassasiyet gibi analizleri yapılmıştır. Sonuçta, en iyi sonuçlar VRS tekniğinden alınmış ve VRS yöntemi için hem sadece GPS hem de GPS/GLONASS uyduları kullanılarak ölçüm ve analizler yapılmıştır. GLONASS’ın ölçülerde anlamlı etkilerinin olduğu, fakat bazı ölçülerde ise bozucu bir etkiye de sahip olduğu görülmüştür. “RTK ve Statik Yöntemlerde GPS ve GPS/GLONASS Arasındaki Doğruluk Karşılaştırılması” isimli yüksek lisans tezinde [7], GPS ve GPS/GLONASS uyduları kullanılarak RTK ve hızlı statik yöntemlerle engelli ve engelsiz alanlarda yapılan ölçülerin nokta konum duyarlılıkları karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, GLONASS’ın anlamlı bir etkisinin olduğu ve nokta konum doğruluğunu iyileştirdiği görülmüştür.

Bu çalışmada küresel çapta çalışan ikinci uydu bazlı sistem olan GLONASS’ın hizmete girdiği tarihten bu yana kısa zaman geçmesi ve üzerine yapılan bilimsel çalışmaların kısıtlı olması sebebiyle

GLONASS'ın kısa bir bazda konum doğruluğuna etkisi araştırılmıştır. GLONASS'ın etkisini görebilmek amacıyla TUSAGA-Aktif ağından Ağ Bazlı RTK teknikleri kullanılarak, 5 Km'lik bir bazda eş zamanlı ölçümler yapılmış ve elde edilen sonuçlar paylaşılmıştır.

MATERYAL VE METOT (MATERIAL AND METHODS)

Materyal bölümünde; GPS ve GLONASS sistemleri ile bunların karşılaştırmaları, TUSAGA-Aktif sistemi ve Ağ Bazlı RTK teknikleri (VRS, FKP ve MAC) anlatılmıştır. Metot bölümünde ise yapılan uygulama anlatılarak elde edilen sonuçlar aktarılmıştır.

GPS Sistemi (GPS System)

ABD Askeri Kuvvetleri tarafından 1960'lara doğru askeri ve ticari amaçlar için küresel bir ağ kurmak ve ölçümlerde bulunmak amacıyla uydu bazlı konum belirleme sistemi üzerinde çalışmalara başlanılmış ve 1974 yılında navigasyon amaçlarını karşılamak amacıyla NAVSTAR-GPS (Navigation Satellite Timing And Ranging – Global Positioning System: Navigasyon Uydu Zaman ve Mesafe Ölçümü – Küresel Konum Belirleme Sistemi)'in temelleri atılmıştır. GPS, 28 Haziran 1983 tarihinden itibaren sivil kullanıcılara açılmıştır. Sivilde kara, deniz, hava araçları navigasyonunda, jeodezik ve jeodinamik amaçlı ölçmelerde, deformasyon ölçmelerinde, araç takip sistemlerinde, tarım, ormancılık, hidrografik ölçmeler gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Sistemin temel çalışma prensibi, yörüngede sürekli olarak dönen 21'i aktif, 3'ü yedek 24 adet uydudan oluşur. Uyduların yaydığı radyo sinyalleri ile Dünya üzerinde bulunan bir noktadaki GPS alıcısı arasındaki süre ölçülerek, aradaki mesafe belirlenir ve böylece konum belirlemesi mümkün olur. Aralık 2020 tarihi itibarıyla 30 GPS uydusu faaliyettedir. ABD tarafından Seçmeli erişilebilirlik (SA) kullanımı, 12 Mayıs 2000 de GPS'i tüm dünyadaki sivil ve ticari kullanıcılara daha duyarlı hale getirmek için durdurulmuştur. GPS sistemi; uzay, kontrol ve kullanıcı olmak üzere üç ana bölümden oluşur. Uzay bölümü ekvator ile 55°'lik eğim yapan 6 yörünge düzlemi üzerine yerleştirilmiş orta dünya yörüngeli (MEO: Medium Earth Orbit) uydulardan oluşmaktadır. Kontrol bölümü GPS'in düzenli bir şekilde çalışmasını sağlamak için kurulmuş yer istasyonlarından oluşmaktadır. Ana Kontrol İstasyonu, İzleme İstasyonları ve Yer Antenleri birimlerinden oluşmaktadır. Kullanıcı bölümü ise GPS uydularından yayılan sinyaller üzerinden bilgileri alarak yeryüzündeki konumunu belirleyen kullanıcılardan oluşmaktadır [8, 9, 10, 11, 12].

GLONASS Sistemi (GLONASS System)

GLONASS sistemi, Rusya Federasyonu Silahlı Kuvvetleri Uzay Kuvvetleri Komutanlığı tarafından 1970'li yılların başında balistik füzelerinin gerçek zamanlı konum, hız tespiti ve hedeflemedeki hassasiyetini artırmak için ABD'nin GPS sistemine karşılık üretilen bir projedir. GLONASS sistemi, 1983 yılında resmi olarak ilan edilmiş ve 24 Eylül 1993 tarihinde, operasyonel 12 uyduya sahip olmasıyla birlikte askeri alanda hizmet vermeye başlamıştır. Tam operasyonel kapasiteye ise uydu sayısını 24'e tamamlamasıyla 1995 yılında ulaşmıştır. 1990'lı yılların sonuna doğru Rus ekonomisinin bozulmasıyla GLONASS sistemine yatırımlar durmuş, uyduların modernizasyonu gerçekleştirilememiş ve bu nedenle aktif uydu sayısı 2001 yılında 7 uyduya kadar düşmüştür. 2001 yılından itibaren Rusya, sistemi tekrar çalıştırmak için yatırımlarını artırmış ve 2011 yılında 24 uydu takımını tamamlayarak küresel ölçekte çalışır hale getirmiştir. GLONASS sistemi, uzay, kontrol ve kullanıcı bölümlerinden oluşmaktadır. Uzay bölümü, Aralık 2020 tarihi itibarıyla 26 adet MEO uydusundan oluşmaktadır. Yörünge eğiklik açısı 64,8° olan üç yörünge düzlemine sahip olup, boylamları arasında 120°'lik fark vardır. Her yörüngede 8 uydu vardır. Uyduların yeryüzünden yüksekliği yaklaşık 19.140 km'dir. Uydu yörüngelerinin büyük yarı eksenleri yaklaşık 25.510 km olduğundan uyduların yörüngeyi bir tam dolanım süresi 11 saat 15 dakika 44 saniye sürmektedir. Kontrol bölümü, bir sistem kontrol merkezi (SCC), iki merkezi saat tesisi (CC) ve izleme ve komut istasyonlarından (TT&C) oluşmaktadır. Kullanıcı bölümü ise GLONASS uydularının yayınladığı

verileri alabilen tüm GNSS alıcı cihazları ile kullanıcılardan oluşmaktadır [1, 8, 13, 14].

GPS sistemi ile GLONASS sisteminin karşılaştırılması Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. GPS sistemi ile GLONASS sisteminin karşılaştırılması [1] (**Table 1.** Comparison of GPS system and GLONASS system)

Teknik Özellikler	GPS	GLONASS
Temel Uydu Sayısı	21 asıl + 3 yedek	21 asıl + 3 yedek
Mevcut Uydu Sayısı	30	26
Yörünge Düzlemi Sayısı	6	3
Yörünge Düzlem Eğimi	55°	64.8°
Yörünge Yarıçapı (km)	26.560	25.510
Temel Saat Frekans (MHz)	10.23	5.0
Sinyal Ayırma Tekniği	CDMA	FDMA + CDMA
Taşıyıcı Frekanslar: L1 (MHz)	1575.42	1602.0 - 1615.5
L2 (MHz)	1227.60	1246.0 - 1256.5
Navigasyon Mesajı Süresi (dk)	12.5	2.5
Uydu Efemeris Bilgileri	Kepler yörünge elemanları ve bozucu etkiler	Jeosentrik kartezyen koordinat sisteminde koordinatlar ve türevleri
Zaman Referans Sistemi	UTC (USNO)	UTC (SU)
Jeodezik Datum	WGS84	PZ-90

Ayrıca günümüzde küresel ölçekte çalışmakta olan başka bir uydu bazlı sistem bulunmamaktadır. Ancak Avrupa Birliği tarafından Galileo projesi ve Çin Halk Cumhuriyeti tarafından Compass-BeiDou projesi yürütülmektedir. Bu projeler henüz kurulum aşamasında olup, bölgesel olarak hizmet vermektedirler.

TUSAGA-Aktif Sistemi (CORS-TR System)

TÜBİTAK’ın 1007 proje kod numarası ile Sürekli Gözlem Yapan GNSS İstasyonları Ağı ve Ulusal Datum Dönüşümü Projesi (TUSAGA-Aktif/CORS-TR sistemi) İstanbul Kültür Üniversitesi yürütücülüğünde, Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü ve Harita Genel Müdürlüğü müşterek müşteri olmak üzere, 8 Mayıs 2006 tarihinde başlamış ve Aralık 2008 itibarıyla tamamlanmasıyla faaliyete geçmiştir. İstasyonlardan toplanan veriler ADSL ve GPRS/EDGE yolu ile veri merkezlerine aktarılmakta ve burada düzeltme parametreleri hesaplanarak tüm kullanıcılara sunulmaktadır. RTK düzeltme verileri RTCM iletişim formatındadır ve GSM, GPRS, NTRIP vasıtalarından biri veya birkaçı yardımıyla gezici GNSS alıcılarına gönderilmektedir. TUSAGA-Aktif sisteminin işletilmesi ve düzeltme parametrelerinin hesaplanması kontrol ve analiz merkezlerinde yapılmaktadır. TUSAGA-Aktif istasyon yerlerinin seçiminde elektrik, telefon, internet ve güvenlik hususları ile zemin yapısı dikkate alınmış ve Türkiye’de ve KKTC (Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti)’de gerçekleştirilen arazi keşifleri neticesinde, Türkiye’de 142 ve KKTC’de 4 istasyon olmak üzere toplam 146 istasyon noktası tesis edilmiştir [15, 16, 17].

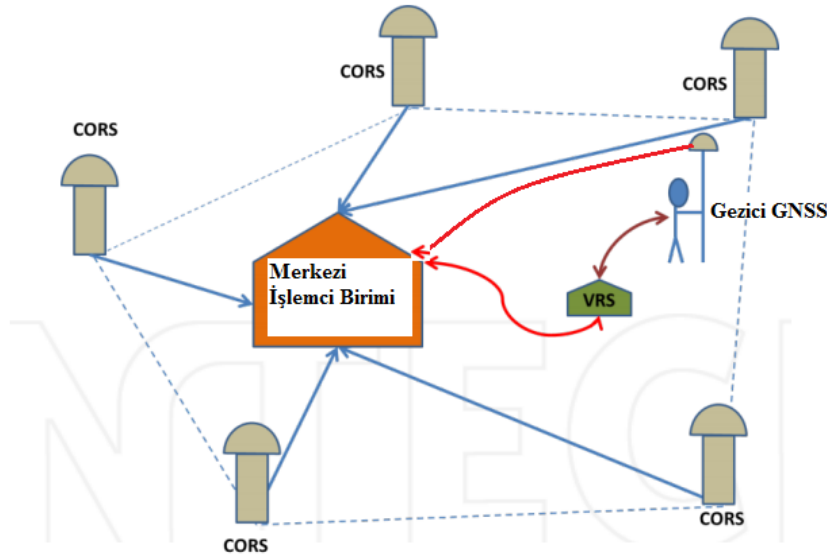
Ağ Bazlı RTK Teknikleri (Network Based RTK Techniques)

Ağ Bazlı RTK teknikleri olarak 3 adet ana yöntem belirlenmiştir. Bunlar VRS (Virtual Reference Station: Sanal Referans İstasyonu Tekniği), FKP (Flächen Korrektur Parameter: Alan Düzeltme Parametreleri) ve MAC (Master Auxiliary Concept: Ana Yardımcı Referans İstasyon Tekniği) olarak adlandırılmıştır [18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25].

VRS Tekniği (VRS Technique)

Vollath vd. (2000) tarafından önerilen ve Trimble firması tarafından ticari amaçlar için geliştirilen ilk Ağ Bazlı RTK tekniklerindedir. VRS tekniği, gezici GNSS alıcı cihazlarındaki mevcut yazılımlarla uyumlu olması ve yazılımlarda değişiklik gerektirmemesi nedeniyle kullanılan en yaygın yöntemdir.

Bununla birlikte, yöntemin temel bir dezavantajı, VRS gözlemlerinin her bir kullanıcı için özelleştirilmesi nedeniyle, merkezi işlemci biriminin kapasitesine göre kullanıcı sayısı üzerinde bir kısıtlamanın varlığıdır. VRS tekniğinin temel prensibi, gerçek fiziksel bir referans istasyonu yerine sanal gözlem verileri kullanan sanal bir referans istasyonu kullanmasıdır (Şekil 1). VRS tekniğinde, klasik RTK yöntemi kullanılarak sağlanan doğruluğun, tesis edilmeyen ve gözle görülmeyen sanal bir nokta oluşturularak sağlanmaktadır. Gezici GNSS alıcısı için geçerli düzeltme verileri, çalışma sahasındaki birden çok referans istasyonu verisinden enterpolasyon ile hesaplanmaktadır. Böylece gezici GNSS alıcısının ölçümlerindeki bazı sistematik hatalar (iyonosferik, troposferik, yörünge vb.) en aza indirilmiş olmaktadır. VRS tekniğinin uygulanabilmesi için gezici GNSS alıcısı CORS ağı içerisinde en az 3 adet referans istasyonundan (TUSAGA-Aktif sistemi için en az 5 adet gerekli) veri alması gerekir ve gezici GNSS alıcısı iki yönlü iletişimi desteklemek zorundadır [2, 18, 22, 24, 26, 27, 28, 29, 30].



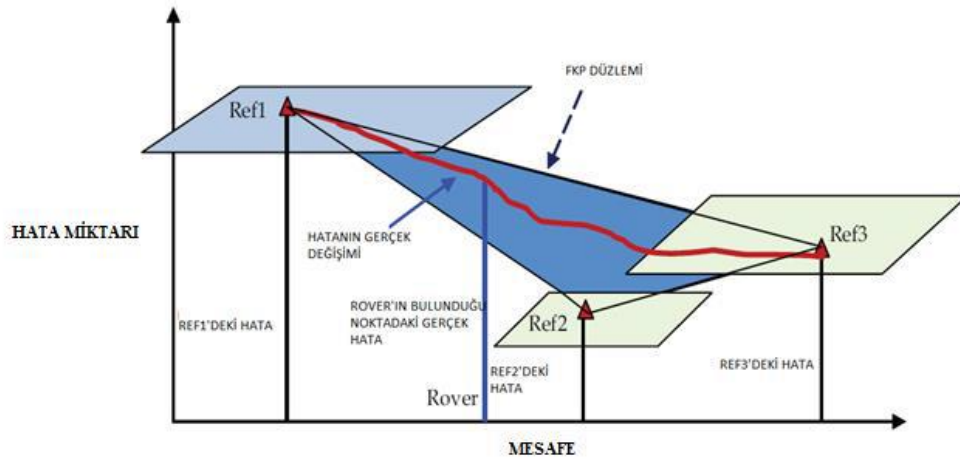
Şekil 1. VRS tekniği [18] (Figure 1. VRS technique)

FKP Tekniği (FKP Technique)

SAPOS grubu (Almanya) tarafından geliştirilen ilk Ağ Bazlı RTK yöntemlerinden biri olan (1990'lı yılların ortalarında) FKP yönteminin temel prensibi, referans istasyonlarından hesaplanan alan düzeltme parametre bilgilerinin gezici GNSS alıcılara aktarılmasıdır. FKP, düzlem düzeltme parametreleri ismi de buradan gelmektedir. Ağdaki (referans istasyonunda) bilgiler troposferik, iyonosferik ve yörünge hatalarını modelleyebilmek amacıyla lineer parametrelerle hesaplanarak bir polinomal yüzey aracılığıyla kullanıcı için enterepolo edilir. Bu tekniğin temelinde doğrusal enterpolasyon vardır. Referans istasyonları ile gezici GNSS alıcısı arasındaki mesafe enterpolasyon işleminde ağırlıklandırma için kullanılır. Modellenen alana göre gezici GNSS alıcısı için, kuzey-güney ve doğu-batı şeklinde düzlemsel düzeltme parametreleri oluşturularak gezici GNSS alıcılara aktarılır (Şekil 2) [2, 6, 9, 19, 20, 23, 31].

MAC Tekniği (MAC Technique)

Ana-Yardımcı Referans İstasyonu (Master Auxiliary Concept) yönteminin temel prensibi; CORS ağına ve gözlemlere ilişkin hata bilgilerinin paket halinde gezici GNSS alıcılara gönderilmesidir. Ağa ilişkin gezici GNSS alıcısına ne kadar çok bilgi gelirse alıcı kendi konumunu o kadar doğru belirleyebilir. MAC yönteminde, bir ana referans istasyonu ve onun "RTCM V3.1 Mesaj 1004" formatında tüm ham ölçü verileri ile diğer yardımcı (minimum 5 yardımcı referans istasyonu) referans istasyonlarının verileri



Şekil 2. FKP düzlemi [18] (Figure 2.FKP plane)

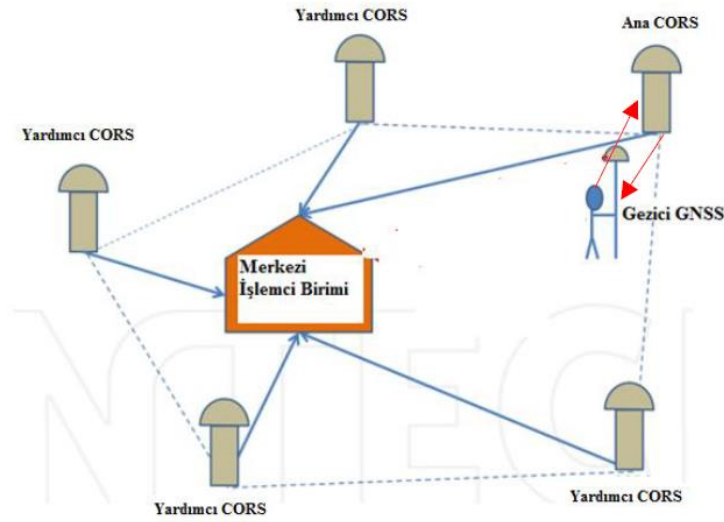
birlikte kullanılmaktadır (Şekil 3). MAC tekniğinde referans istasyonları ile uydular arasındaki faz uzaklıkları ortak bir belirsizlik seviyesine indirgenmektedir. Böylece ağın modellenmesinde faz bilinmeyenlerinin çözümü minimum seviyeye düşürülerek geriye kalan iyonosfer, troposfer ve uydu yörünge hataları yüksek doğruluklarla modellendirilmektedir [2, 9, 18, 19, 21, 25, 27, 28, 32].

Ağ Bazlı RTK tekniklerinin özellikleri yukarıda kısaca açıklanmıştır. Tekniklerin birbirlerine göre ortak ve farklı yönleri vardır. Bunlar kısaca şu şekilde açıklanabilir. VRS ve FKP tekniklerinde düzeltme verileri modellendiği için RTCM standartlarına uygun değil ve üretici firmaya özgü iken MAC tekniğinde ise RTCM standartlarına uygun ve uluslararası standarttır. VRS tekniğinde belli bir sayının üstünde eş zamanlı kullanıcı sistemin kilitlenmesine neden olduğundan eş zamanlı kullanıcı kısıtlaması varken diğer tekniklerde böyle bir kısıtlama yoktur. VRS tekniğinde çift yönlü iletişim zorunlu iken diğer teknikler hem çift yönlü hem de tek yönlü iletişim ile kullanılabilirler. VRS ve FKP tekniklerinde en az üç referans istasyonu gerekli iken MAC tekniğinde bir ana beş yardımcı olmak üzere 6 referans istasyonu gereklidir [2, 6, 18, 19, 22, 23, 24, 25, 32].

Uygulama (Application)

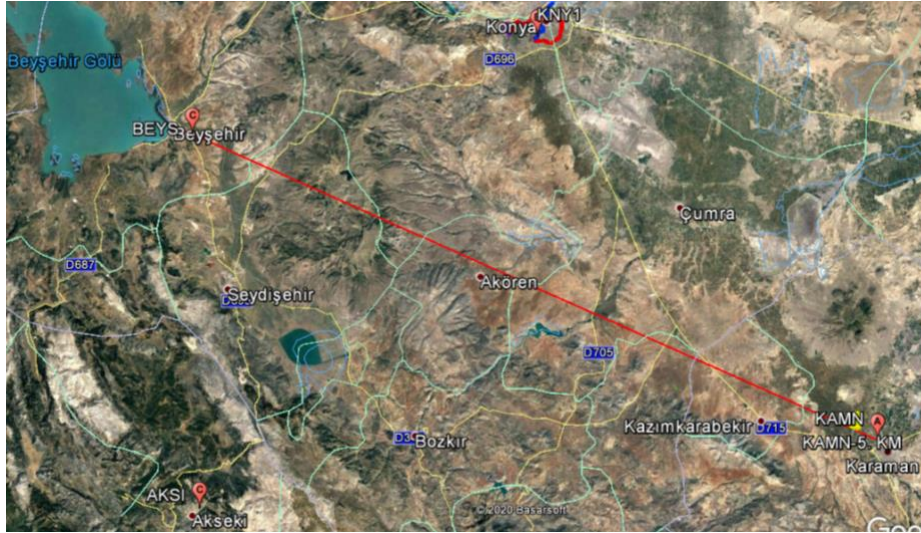
GLONASS'ın kısa bir bazda etkisini belirleyebilmek amacıyla TUSAGA-Aktif ağında Karaman (KAMN) istasyonundan Beyşehir (BEYS) istasyonu güzergâhında KAMN istasyonunun 5. Km'sinde 6 adet GNSS alıcı cihazıyla eş zamanlı ölçümler yapılmıştır (Şekil 4).

Ölçümler şu şekilde yapılmıştır. Aynı marka, model (Spectra Precision SP80 marka GNSS alıcı cihazı) ve yazılıma sahip 6 adet GNSS alıcı cihazı (1. Cihaz GPS – VRS, 2. Cihaz GPS – FKP, 3. Cihaz GPS – MAC, 4. Cihaz GPS + GLONASS – VRS, 5. Cihaz GPS + GLONASS – FKP ve 6. Cihaz GPS + GLONASS – MAC yöntemi olarak ayarlanmıştır) ile hem GPS hem de GPS+GLONASS uyduları kullanılarak eş zamanlı Ağ Bazlı RTK (VRS, FKP ve MAC) yöntemleri kullanılarak 2 + 2 saatlik, uydu yükseklik açısı 10° (ilk 2 saatte) ve 30° (son 2 saatte) şeklinde ve epok aralığı 1 saniye olarak RTK ölçümleri yapılmıştır. Ağ Bazlı RTK ölçümleri önce 10° sonra 30° olarak iki farklı yükseklik açılarında yapılmıştır. İlk Ağ Bazlı RTK ölçümlerinde, uydu yükseklik açısı sinyal yansıma ve yayılma (multipath) gibi hataları (ölçümler her ne kadar açık arazide yapılmış olsa da) elemine edebilmek için 10° olarak ayarlanmıştır. İkinci Ağ Bazlı RTK ölçümlerinde ise uydu yükseklik açısı 30° olarak ayarlanarak uydu sinyallerinin engellendiği ormanlık bölgelerde ve şehir merkezleri gibi yapılaşmış alanlarda GLONASS'ın etkisinin belirlenebilmesi hedeflenmiştir. Özellikle 30° 'lik ölçümlerde gözlem yapılabilecek uydu sayısı azalacağından GLONASS sisteminin katkısı açık bir şekilde ortaya koyulabilecektir. Ölçümlerde temin edilen verilerin bilgisayara aktarılması ile noktalara ait projeksiyon koordinatları (ITRF96 Datumu



Şekil 3. MAC tekniği [18] (Figure 3. MAC technique)

2005.00 Referans Epok) elde edilmiştir. Ağ Bazlı RTK yöntemlerinin ölçümler esnasında kullandığı ortalama uydu sayıları, PDOP (Position Dilution Of Precision: Konum Duyarlılık Kaybı) değerleri ve toplam ölçüm sayıları Tablo 2’de verilmiştir.



Şekil 4. Ölçüm yapılan noktanın Google Earth görüntüsü (Google Earth) (Figure 4. Google Earth image of the measured point (Google Earth))

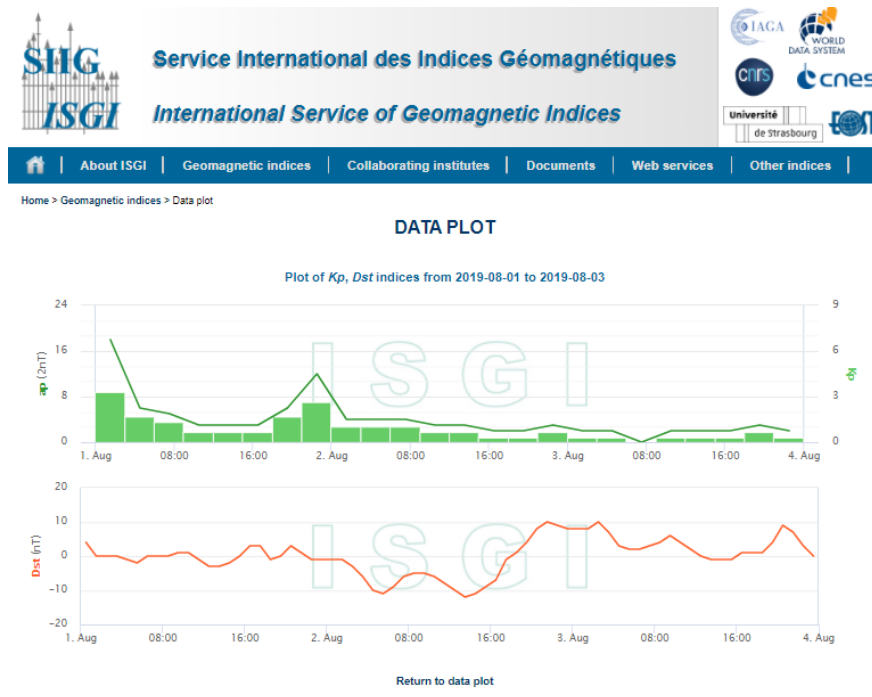
Ağ Bazlı RTK ölçümlerinin ardından cihazlara hiç temas etmeden 4 saatlik statik oturum ölçümü yapılmıştır. Statik oturum ölçümünde, GLONASS sisteminin TUSAGA-Aktif ağında etkisini gözlemleyebilmek amacıyla sadece GPS uyduları kullanılmıştır. Elde edilen veriler, Leica Geo Office 8.4 yazılımında dengelenmiş ve bulunan koordinatlar, cihaz kurulan noktaların doğru koordinatları kabul edilmiştir.

Ölçüm yapılan güne ait (02.08.2019) iyonosferik ve jeomanyetik fırtınalara ilişkin indekslerin (Dst ve Kp) uygunluğuna Uluslararası Jeomanyetik İndeksler Servisinin internet adresinden bakılarak bu tarihte ölçüme elverişli olduğu görülmüştür (Şekil 5). Dst indeksi, jeomanyetik gözlem merkezlerinden elde edilen ve jeomanyetik fırtınanın derecesi hakkında bilgi veren bir parametredir. -100 nt (Nano tesla) birimine eşit veya daha veriler jeomanyetik fırtınanın olduğunun göstergesidir. Kp indeksi ise jeomanyetik fırtınaların izlenmesinde ve incelenmesinde kullanılan bir parametredir. Kp indeksi $0 \leq kp \leq 9$ arasında değerler almakta

Tablo 2. Ağ Bazlı RTK ölçümleri esnasında kullanılan ortalama uydu sayıları, PDOP değerleri ve ölçüm sayıları (Table 2. Average number of satellites, PDOP values and number of measurements used during Network Based RTK measurements)

TEKNİKLER	Ağ RTK 10°			Ağ RTK 30°		
	Uydu Sayısı	PDOP	Ölçüm Sayıları	Uydu Sayısı	PDOP	Ölçüm Sayıları
1.CİHAZ (GPS - VRS)	8	2.0	4185	5	3.5	2327
2.CİHAZ (GPS - FKP)	9	1.9	4175	5	3.5	2259
3.CİHAZ (GPS - MAC)	8	2.0	3341	5	3.5	2026
4.CİHAZ (GPS+GLO. - VRS)	13	1.4	4162	9	3.2	4027
5.CİHAZ (GPS+GLO. - FKP)	14	1.4	4201	9	3.2	4063
6.CİHAZ (GPS+GLO. - MAC)	13	1.4	4450	8	3.5	4055

olup, 5 değerine eşit veya büyük değerler jeomanyetik fırtınanın olduğunu ifade eder [18, 33, 34].



Şekil 5. Ölçüm yapılan tarihteki kp ve dst indeks değerleri [34] (Figure 5. Kp and dst index values on the date of measurement)

Verilerin Analizi (Analysis of Data)

Statik oturum sonucu elde edilen cihaz kurulan noktaların gerçek koordinatları ile Ağ Bazlı RTK tekniklerinden elde edilen koordinatlar karşılaştırılmıştır. Statik oturum verilerinin prosesleri sonucunda elde edilen 3 boyutlu koordinat eksenleri yönündeki standart sapma değerleri Tablo 3’de verilmiştir.

Öncelikle her bir koordinat bileşeni için, bilimsel çalışmalarda genel kabul görmüş ± 10 cm’den büyük değerlerin uyuşumsuz kabul edilmesi yöntemi uygulanarak ölçü grubundan atılmıştır [35, 36]. 10°’lik ölçü grubunun toplam 24.514 adet ölçülerinde 249 adet (GPS – MAC tekniğine ait düşey yönde), 30°’lik ölçü grubunun toplam 18.757 adet ölçülerinde 2 adet (GPS+GLO. – VRS tekniğine ait düşey yönde) uyuşumsuz ölçü bulunmuş ve bu ölçüler ölçü grubundan atılarak analizlere devam edilmiştir.

Veri setleri için doğruluk (kareseel ortalama hata, RMS: Root Mean Square) ve prezisyon (standart

Tablo 3. Ölçüm noktalarının 3 boyutlu koordinat eksenleri yönündeki standart sapma değerleri (mm) (Table 3. Standard deviation values of the measurement points in the direction of the 3-dimensional coordinate axes (mm))

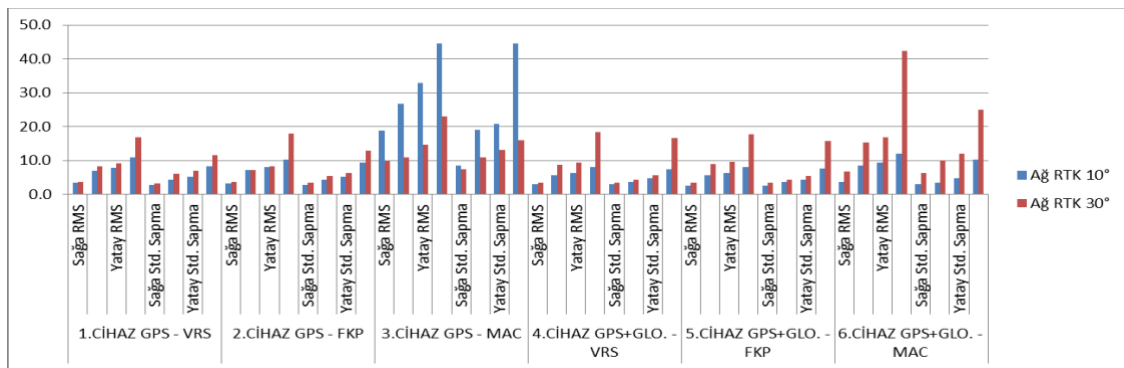
Nokta No	Sağa Standart Sapma	Yukarı Standart Sapma	Elipsoidal Yük. Standart Sapma
1. Cihaz	1.6	1.7	4.0
2. Cihaz	1.6	1.8	4.1
3. Cihaz	1.6	1.7	4.0
4. Cihaz	1.7	1.8	4.1
5. Cihaz	1.7	1.8	4.2
6. Cihaz	1.6	1.8	4.1

sapma) değerleri sağa, yukarı, yatay, elipsoidal yükseklik RMS ve sağa, yukarı, yatay, elipsoidal yükseklik standart sapma şeklinde hesaplanarak Tablo 4’de ve Şekil 6’da verilmiştir.

Tablo 4. RMS ve standart sapma değerleri (mm) (Table 4. RMS and standard deviation values (mm))

		GPS						GPS + GLONASS					
		VRS		FKP		MAC		VRS		FKP		MAC	
		1. Cihaz		2. Cihaz		3. Cihaz		4. Cihaz		5. Cihaz		6. Cihaz	
		Ağ RTK	Ağ RTK	Ağ RTK	Ağ RTK	Ağ RTK	Ağ RTK	Ağ RTK	Ağ RTK	Ağ RTK	Ağ RTK	Ağ RTK	Ağ RTK
Standart Sapma	Sağa	3.5	3.6	3.2	3.7	18.8	9.9	3.1	3.5	2.6	3.4	3.7	6.8
	Yukarı	6.9	8.4	7.3	7.3	26.8	10.9	5.6	8.8	5.7	9	8.6	15.3
	Yatay	7.8	9.1	8	8.2	32.8	14.7	6.4	9.5	6.3	9.6	9.3	16.8
	Elip. Yük.	11	16.8	10.3	18	44.5	23.1	8.1	18.3	8	17.7	12.1	42.3
	Sağa	2.8	3.3	2.8	3.4	8.6	7.5	3	3.5	2.6	3.4	3	6.4
	Yukarı	4.3	6.1	4.4	5.4	19.1	10.9	3.8	4.4	3.6	4.3	3.5	10.1
RMS	Yatay	5.2	7	5.2	6.4	20.9	13.2	4.8	5.7	4.4	5.5	4.7	12
	Elip. Yük.	8.4	11.6	9.3	12.9	44.5	15.9	7.5	16.6	7.7	15.8	10.2	25.1

Tablo 4 ve Şekil 6’nın incelenmesi neticesinde; RMS değerlerinin daha yüksek, standart sapma değerlerinin ise daha düşük olduğu, VRS ile FKP tekniklerinin sonuçlarının birbirlerine yakın ve MAC tekniğinden daha iyi sonuçlar verdiği, uydu yükseklik açısı 10° olan ölçülere ait değerlerin daha iyi olduğu ve GPS + GLONASS ölçümlerinin sadece GPS ölçümlerinden daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Bununla birlikte 3.Cihaz (GPS – MAC tekniği) uydu yükseklik açısı 10°’lik ölçümlerin RMS ve standart sapma değerlerinin diğer tekniklerle karşılaştırıldığında normalin üzerinde olduğu görülmüştür. Bunun nedeni olarak TUSAGA-Aktif sisteminin sadece GPS uyduları için gönderdiği o zaman dilimine ait MAC düzeltme verilerinde bir hata olabileceği ve/veya GNSS alıcısı cihazının anlık olarak MAC çözümlemesinde bir hata yapabileceği şeklinde değerlendirilmiştir.



Şekil 6. Veri setlerine RMS ve standart sapma değerleri (mm) (Figure 6. RMS and standard deviation values for data sets (mm))

Veri setlerinin doğru koordinatları ile Ağ Bazlı RTK koordinatları arasındaki farkların normal dağılımlı olup olmadıklarını anlayabilmek için normal dağılım histogramları çizdirildi. Toplam 6 cihaz, 10° ve 30°'lik ölçümleri ile 12 veri setinin üç koordinat bileşeni olmak üzere toplam 36 hata dağılım histogramı fazla yer tutacağından örnek olarak sadece 1.Cihaz GPS – VRS tekniğinin 10°'lik ölçü grubuna ait veri setinin histogramları verilmiştir (Şekil 7). Hata dağılım histogramlarının incelenmesi neticesinde hataların genellikle normal dağılımlı olduğu görülmüştür.

BULGULAR (RESULTS)

Ölçüm ve değerlendirmeler sonucunda GLONASS'ın genel olarak sonuçları iyileştirdiği fakat bazı durumlarda ise bozucu etkiye sahip olduğu görülmüştür. Bu durumun daha iyi anlaşılabilmesi için şu şekilde bir değerlendirme yapılabilir. Toplam 12 veri setinin (6 cihaz ile 10° ve 30°'lik ölçümler) sadece GPS ölçümlerine ait yatay ve düşey RMS değerleri ile GPS + GLONASS ölçümlerine ait yatay ve düşey RMS değerleri karşılaştırılır ve bu değerlere bakılarak GLONASS'ın iyileştirme ve bozucu etkisi tespit edilebilir. Sadece GPS ölçümlerine ait yatay ve düşey RMS değerleri toplam 12 ölçüttür ve bunların GPS + GLONASS ölçümlerine ait yatay ve düşey RMS değerleri ile karşılaştırılması sonucunda 7 ölçütün sonuçları iyileştirdiği görülürken 5 ölçütün ise sonuçları kötüleştirdiği (Tablo 4'ten bakılabilir) görülmüştür. Bu durumda GLONASS'ın bu doğruluk ölçütleri üzerinden iyileştirme oranı % 58 iken bozucu etkisi % 42 şeklinde ifade edilebilir.

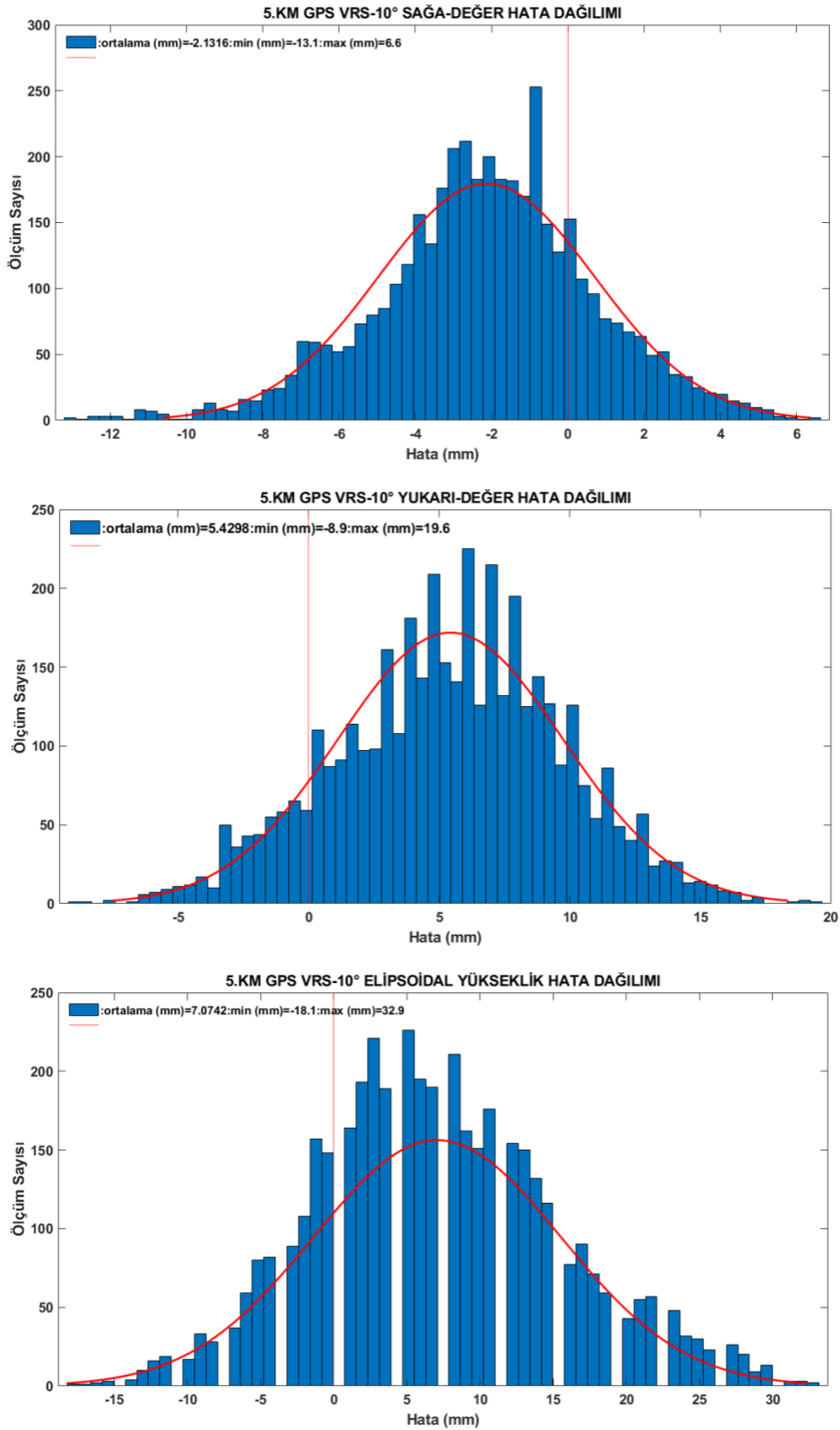
Ayrıca ölçümler sonucunda en küçük RMS ve standart sapma değerleri Tablo 5'de gösterilmiştir.

Tablo 5. En küçük rms ve standart sapma değerleri (Table 5. Minimum rms and standard deviation values)

		En Küçük Değer (mm)	Teknik	Uydu Yük. Açısı	GNSS	Cihaz No
RMS	Sağa	2.6	FKP	10°	GPS+GLONASS	5
	Yukarı	5.6	VRS	10°	GPS+GLONASS	4
	Yatay	6.3	FKP	10°	GPS+GLONASS	5
	Elip. Yük.	8.0	FKP	10°	GPS+GLONASS	5
Standart Sapma	Sağa	2.6	FKP	10°	GPS+GLONASS	5
	Yukarı	3.5	MAC	10°	GPS+GLONASS	6
	Yatay	4.4	FKP	10°	GPS+GLONASS	5
	Elip. Yük.	7.5	VRS	10°	GPS+GLONASS	4

TARTIŞMA VE SONUÇLAR (DISCUSSION AND CONCLUSIONS)

Bu çalışma ile; GLONASS sistemi, TUSAGA-Aktif sistemi ve Ağ Bazlı RTK teknikleri (VRS, FKP ve MAC) kısaca anlatılarak TUSAGA-Aktif ağında KAMN istasyonunun 5. Km'sinde yapılan bir uygulama ile GLONASS'ın kısa bir bazda konum doğruluğuna etkisi araştırılmış ve elde edilen sonuçlar aktarılmıştır. Yapılan uygulama sonucunda GLONASS'ın konum doğruluğuna genel olarak olumlu etkisinin olduğu, fakat bazı durumlarda bozucu bir etkisinin de olabileceği görülmüştür. Bunun sebebinin gökyüzünde uydu dağılımlarından ve/veya GPS ve GLONASS uydu sistemlerinin birlikte kullanılması durumunda kullanılan yazılımlardan kaynaklanabileceği tahmin edilmiştir. Aynı zamanda GLONASS'ın en önemli katkısının gözlem yapılan uydu sayısını arttırarak özellikle uydu yükseklik açısının 30° olan ölçümlerde, gerekli uydu sayısının sağlandığı ve PDOP değerlerini düşürdüğü, uydu yükseklik açısının daraldığı bölgelerde (şehir merkezleri, ormanlık alanlar gibi) GLONASS uyduları ile ölçümlerin yapılabilirliğini arttırdığı tespit edilmiştir. Ağ Bazlı RTK yöntemleri (VRS, FKP ve MAC) arasında bir değerlendirme yapılması durumunda doğruluk ve prezisyon değerleri esas alınarak karşılaştırmalar yapılmıştır. Karşılaştırma sonuçlarının birbirlerine yakın olmasına karşın bir sıralama yapmak gerekirse FKP, VRS ve MAC şeklinde yöntemlerin daha doğru ve prezisyonlu sonuçlar verdiği sonucuna ulaşılmıştır. Uydu yükseklik açılarına göre (10° ve 30°'lik ölçümler) bir karşılaştırma yapılması durumunda 10°'lik ölçümlerin



Şekil 7. GPS – VRS 10°'lik veri setlerinin koordinat bileşenlerine ait hata dağılım histogramları
 (Figure 7. Error distribution histograms of coordinate components of GPS - VRS 10 ° data sets)

daha doğru ve prezisyonlu sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Ayrıca bu çalışma GLONASS'ın kısa bir bazda (5 Km) etkisi üzerine sonuçları verdiği için, uzun bazlardaki etkisinin tespit edilebilmesi için uzun bazlarda ölçümler yapılarak sonuçlarının değerlendirilmesi faydalı olacaktır.

Finansal destek (Funding)

Bu çalışma, Necmettin Erbakan Üniversitesi BAP Koordinatörlüğü tarafından 191419001 nolu proje ile desteklenmiştir.

Teşekkür (Acknowledgements)

Bu makale, ilk yazarın doktora tez çalışmasından üretilmiştir.

KAYNAKÇA (REFERENCES)

- [1] Kahveci, M., ve Yıldız, F., GNSS Uydularla Konum Belirleme Sistemleri Teori – Uygulama, 8. Basım, Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Tic. Ltd. Şti., No:363, Ankara, 2017.
- [2] Jin, S., Global Navigation Satellite Systems Signal, Theory and Applications, 1. Basım, InTech Yayınları, Hırvatistan, 2012.
- [3] Kahveci, M., Gerçek Zamanlı Ulusal Sabit GNSS (CORS) Ağları ve Düşündürdükleri, *HKM Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi*, 2009/1, Sayı 100, 2009.
- [4] Alçay, S., Küresel Konumlamada GLONASS'ın Kullanılabilirliğinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya, 2010.
- [5] Martin, A. ve McGovern E., An Evaluation of the Performance of Network RTK GNSS Services in Ireland, *FIG Working Week 2012*, İtalya, 2012.
- [6] Ögütçü, S., S., Gerçek Zamanlı Kinematik (RTK) Uygulamalarında Ağ Bazlı Tekniklerin Doğruluk Analizleri, Yüksek Lisans Tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya, 2014.
- [7] Abdulmajed, R., İ., A., Accuracy Comparison Between GPS Only And GPS Plus Glonass in RTK And Static Methods, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya, 2017.
- [8] Teunissen, P., J., G. and Montenbruck, O., Springer Handbook of Global Navigation Satellite Systems, Springer International Publishing, İsviçre, 2017, doi: 10.1007/978-3-319-42928-1.
- [9] Yüksel, H., Gerçek Zamanlı Sabit GNSS Referans Ağlarının (CORS) Baz Uzunluğuna Bağlı Doğruluk Analizi: TUSAGA-Aktif Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 2015.
- [10] Gündüz, A., M., Klasik RTK ve Ağ-RTK Yöntemlerinin Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya, 2013.
- [11] Kalaycı, İ., GPS Destekli Detay Alımında Yeni Bir Teknik (GPSSİT)'in Uygulanabilirliğinin Araştırılması, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya, 2003.
- [12] GPS Resmi Web Sayfası <https://www.gps.gov/systems/gps/space/> (erişim 23 Aralık 2020).
- [13] İçen, E., Küresel ve Bölgesel Konumlama Sistemleri, Teknolojileri ve Uygulamaları, Havacılık ve Uzay Teknolojileri Uzmanlığı Tezi, *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Genel Müdürlüğü, Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı*, Ankara, 42 – 58, 2018.
- [14] GLONASS Resmi Web Sayfası <https://www.glonass-iac.ru/GLONASS/index.php> (erişim 23 Aralık 2020).
- [15] Yıldırım, Ö., Bakıcı, S. ve Mekik, Ç., TUSAGA-Aktif (CORS-TR) Sisteminin Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğüne Katkıları, *HKM Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi*, 2011/2 Özel Sayı,

Ankara, 2011.

- [16] Cingöz, A., Yıldırım, Ö., Eren, K., Uzel, T., Lenk, O., Gürdal, M., A., Bakıcı, S., ve Aktuğ, B., Sürekli Gözlem Yapan GPS İstasyonları Ağı ve Ulusal Datum Dönüşümü Projesi (TUSAGA-Aktif/CORS-TR), 2009.
- [17] CORS-TR Uygulama Raporu, TÜBİTAK Ulusal CORS (Sürekli Gözlem Yapan GPS İstasyonu) Sisteminin Kurulması (Ulusal Datum Dönüşümü) Projesi, Proje No: 105G017, TÜBİTAK, 2006.
- [18] Öğütçü, S., S., Ağ Bazlı RTK Tekniklerinin (VRS, FKP, MAC) Baz Uzunluğu ve Epok Sayısına Bağlı Doğruluk ve Duyarlık Modellerinin Oluşturulması Üzerine Bir Çalışma, Doktora Tezi, *Necmettin Erbakan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya, 2017.
- [19] Jin, S., *Satellite Positioning Methods, Models and Applications*, Published by AvE4EvA, 2015, doi: 10.5772/59083.
- [20] Wübbena, G., Bagge, A. and Schmitz, M., Network-Based Techniques for RTK Applications, *GPS Society, Japan Institute of Navigation*, 14 – 16 November 2001, Tokyo, Japan, 2001.
- [21] Euler, H. J., Keenan, C. R., Zebhauser, B. E. and Wübbena, G., Study of a Simplified Approach in Utilizing Information From Permanent Reference Station Arrays, *ION GPS 2001*, Salt Lake City, USA, 2001.
- [22] Vollath, U., Buecherl, A., Landau, H., Pagels, C. and Wagner, B., Multi-Base RTK Positioning Using Virtual Reference Stations, *Proceedings of 13th International Technical Meeting of the Satellite of the ION*, Salt Lake City, USA, 2000, 123-131.
- [23] Wübbena, G. and Bagge, A., RTCM Message Type 59-FKP for transmission of FKP, *Geo++ White Paper*, Nr: 2006.01, Garbsen, Germany, 2006.
- [24] Landau, H., Vollath, U. and Chen, X., Virtual Reference Station Systems, *Journal of Global Positioning Systems*, Vol: 1, No: 2, 137-143, 2003.
- [25] Brown, N., Geisler, I. and Troyer, L., RTK Rover Performance using the Master-Auxiliary Concept, *Journal of Global Positioning Systems*, Vol: 5, No: 1-2, 135-144, 2006.
- [26] Yılmaz, M., Farklı Uydu Yükseklik Açılarında Ağ-RTK Düzeltme Tekniklerinin Performanslarının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Gebze Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Gebze, 2020.
- [27] Kahveci, M., Kinematik GNSS ve RTK CORS Ağları, 2. Basım, *Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Tic. Ltd. Şti.*, No:1813, Ankara, 2017.
- [28] Janssen, V., A comparison of the VRS and MAC principles for network, *International Global Navigation Satellite Systems Society IGNSS Symposium 2009*, 1 – 3 December 2009, Qld, Australia, 2009.
- [29] Hu, G., R., Khoo, H., S., Goh, P., C. and Law, C., L., Development and assessment of GPS virtual reference stations for RTK positioning, *Journal of Geodesy*, Vol: 77, 292–302, 2003.
- [30] Wei, E., Chai, H., An, Z. and Liu, J., VRS Virtual Observations Generation Algorithm, *Journal of Global Positioning Systems*, Vol: 5, No: 1-2, 76-81, 2006.
- [31] Higuchi, H., Saito, M., Iwahashi, T. and Usui, S., Network based high accuracy realtime GPS positioning for GCP correction of high resolution satellite imagery, *International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, 20-24 Sept. 2004, Anchorage, AK, USA, 2004.
- [32] Euler, H. J., Real-time RTK messages for permanent reference station applications standardized by RTCM, *Symposium of the IAG*, 9 – 10 October 2006, Munich, Germany, 2006.
- [33] İnyurt, S. ve Şentürk, E., Manyetik Fırtına Kaynaklı İyonosferik Değişimlerin GNSS Ölçümleri Kullanılarak İrdelenmesi, *BEÜ Fen Bilimleri Dergisi*, 9(1), Bitlis, 288 – 296, 2020.
- [34] Uluslararası Jeomanyetik İndeksler Servisi http://isgi.unistra.fr/data_plot.php (erişim 02 Kasım 2020).

- [35] Ögütçü, S., and Kalaycı, İ., Accuracy and precision of network-based RTK techniques as a function of baseline distance and occupation time, *Arabian Journal of Geosciences*, Vol: 11, No: 354, <https://doi.org/10.1007/s12517-018-3712-2>, 2018.
- [36] Geng, J. and Shi, C., Rapid initialization of real-time PPP by resolving undifferenced GPS and GLONASS ambiguities simultaneously, *J. Geod.* Vol: 91, 361–374, <https://doi.org/10.1007/s00190-016-0969-7>, 2017.