

**T.C.**  
**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MEVSİMSEL DEĞİŞİMLERİN GNSS KONUM  
DOĞRULUĞU ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN  
ARAŞTIRILMASI**

**Selin BENGÜL**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Harita Mühendisliği Anabilim Dalı**  
**Geomatik Programı**

**Danışman**  
**Prof. Dr. Uğur DOĞAN**

**Haziran, 2023**

**T.C.**  
**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MEVSİMSSEL DEĞİŞİMLERİN GNSS KONUM DOĞRULUĞU  
ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

Selin BENGÜL tarafından hazırlanan tez çalışması 20.06.2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Geomatik Programı **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Uğur DOĞAN  
Yıldız Teknik Üniversitesi  
Danışman

**Jüri Üyeleri**

Prof. Dr. Uğur DOĞAN, Danışman  
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Cüneyt AYDIN, Üye  
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Serdar EROL, Üye  
İstanbul Teknik Üniversitesi

---

---

---

---

Danışmanım Prof. Dr. Uğur DOĞAN sorumluluğunda tarafımda hazırlanan “Mevsimsel Değişimlerin GNSS Konum Doğruluğu Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması” başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Selin BENGÜL

İmza



*Aileme*

## TEŞEKKÜR

---

Çoğunlukla insan faaliyetleri nedeniyle meydana gelen çevre problemlerinin mevsim değişikliklerine sebep olması ile canlı yaşamını tehdit etme durumu günden güne artarken bu konu hakkındaki farkındalığı artırmak adına bu tez konusunu seçmemde bana öncülük eden ve değerli görüşlerini benden esirgemeyen danışman hocam sayın Prof. Dr. Uğur DOĞAN’a saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmamı gerçekleştirirken bilgi ve yardımlarını benden esirgemeyen, her soruma sabırla cevap veren sayın hocam Arş. Gör. Alpay ÖZDEMİR’e çok teşekkür ederim.

Kendisini tanıdığım ilk zamandan bu yana tecrübeleri, sevgi dolu yaklaşımları, bilgi ve birikimleri ile yolumu aydınlatan sayın hocam Doç. Dr. Melis UZAR’a, yüksek lisans eğitimimde kendisinden aldığım derslerde bilgi ve birikimlerini büyük bir hevesle paylaşarak derslere koşarak gitmemi sağlayan sayın hocam Prof. Dr. Cüneyt AYDIN’a, kendisini kısa bir zaman diliminde tanıyıp çok sevdiğim, araştırma yapmak konusunda ufku açıp tecrübelerini benimle paylaşan sayın hocam Prof. Dr. Niyazi ARSLAN’a ve araştırmalarımda tecrübe ve bilgilerinden yararlandığım tez jüri hocam sayın Prof. Dr. Serdar EROL’a saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Lisans eğitimimden yüksek lisans eğitim sürecimin sonuna kadar takıldığım her konuda görüşleri, yardımları ve dostluğu ile beni yalnız bırakmayan Arş. Gör. Tümay ARDA ve Harita Yüksek Mühendisi Salih ÇALIK’a çok teşekkür ederim.

Hayatımın her anında sabır ve ilgi ile yanımda olan, desteklerini benden esirgemeyen, sevgilerini daima bana hissettiren canım babam Hicabi BENGÜL’e, canım annem Leyla BENGÜL’e ve biricik kardeşim Cemil Seha BENGÜL’e sonsuz teşekkürler.

Tez sürecimde destekleri ile yanımda olan Başarsoft Bilgi Teknolojileri ailesine, Projeler Müdürü Yalçın ÖZDEMİR’e ve Zuhal KÜÇÜKPEHLİVAN’a özel olarak teşekkürlerimi sunarım.

Selin BENGÜL

# İÇİNDEKİLER

---

|                                                                                        |             |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>TEŞEKKÜR</b>                                                                        | <b>iv</b>   |
| <b>SİMGE LİSTESİ</b>                                                                   | <b>vi</b>   |
| <b>KISALTMA LİSTESİ</b>                                                                | <b>vii</b>  |
| <b>ŞEKİL LİSTESİ</b>                                                                   | <b>viii</b> |
| <b>TABLO LİSTESİ</b>                                                                   | <b>x</b>    |
| <b>ÖZET</b>                                                                            | <b>xi</b>   |
| <b>ABSTRACT</b>                                                                        | <b>xiii</b> |
| <b>1 GİRİŞ</b>                                                                         | <b>1</b>    |
| 1.1 Literatür Özeti .....                                                              | 1           |
| 1.2 Tezin Amacı .....                                                                  | 6           |
| 1.3 Hipotez .....                                                                      | 6           |
| <b>2 GNSS VE KONUM BELİRLEME</b>                                                       | <b>7</b>    |
| 2.1 Küresel Navigasyon Uydu Sistemi .....                                              | 7           |
| 2.2 GNSS Hata Kaynakları .....                                                         | 7           |
| 2.3 Bernese GNSS Yazılımı.....                                                         | 19          |
| 2.4 Avustralya Çevrimiçi GPS Değerlendirme Servisi (AUSPOS).....                       | 20          |
| 2.5 Kanada Uzaysal Referans Sistemi-Hassas Nokta Konumlama (CSRS-PPP)<br>.....         | 20          |
| <b>3 YÖNTEM</b>                                                                        | <b>25</b>   |
| 3.1 GNSS Ölçülerinin Değerlendirilmesi .....                                           | 25          |
| 3.2 Toposentrik Koordinat Sistemine Dönüşüm.....                                       | 32          |
| 3.3 GNSS İstasyonlarına İlişkin Hız Bileşenlerinin Belirlenmesi .....                  | 34          |
| 3.4 Servislerin Doğruluk Analizi .....                                                 | 44          |
| 3.5 Mevsimsel Değişimlerin GNSS Konum Hız Bileşenlerine Etkisinin<br>İncelenmesi ..... | 61          |
| <b>4 SONUÇ</b>                                                                         | <b>69</b>   |
| <b>KAYNAKÇA</b>                                                                        | <b>72</b>   |
| <b>A EK</b>                                                                            | <b>79</b>   |
| <b>B EK</b>                                                                            | <b>93</b>   |
| <b>TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR</b>                                                       | <b>125</b>  |

## SİMGE LİSTESİ

---

|                 |                                       |
|-----------------|---------------------------------------|
| $\varepsilon$   | Alıcı Gürültü Kaynakları Kombinasyonu |
| $dt_r$          | Alıcı Saat Hatası                     |
| $P_r^s$         | Alıcı ve Uydu Arasındaki Faz Ölçüsü   |
| $\mu$           | Beklenen/Kesin Değer                  |
| $\lambda$       | Boylam                                |
| $\lambda^s$     | Dalga Boyu                            |
| $D_{st}$        | Disturbance Storm Time                |
| $e$             | Doğu-Batı Koordinat Bileşeni          |
| $R$             | Dönüşüm Matrisi                       |
| $v$             | Düzeltilmeler Vektörü                 |
| $\varphi$       | Enlem                                 |
| $\rho_r^s$      | Gerçek Geometrik Uzaklık              |
| $\varepsilon_i$ | Gerçek Hata                           |
| $v_{x_i}$       | Hız Vektörü Kartezyen Düzlem Bileşeni |
| $c$             | Işık Hızı                             |
| $L_r^s$         | Kod Ölçüsü                            |
| $Q_{xyz}$       | Kofaktör Matrisi                      |
| $\Delta_i$      | Koordinatlar arası fark               |
| $n$             | Kuzey-Güney Koordinat Bileşeni        |
| $\delta_x$      | Küçültülmüş Bilinmeyen                |
| $r$             | Receiver                              |
| $C^\circ$       | Santigrad Derece                      |
| $s$             | Satellite                             |
| $\Delta t$      | Sinyal Gecikme-Hızlanma Süresi        |
| $N^s$           | Tam Sayı Belirsizliği                 |
| $dT^s$          | Uydu Saat Hatası                      |
| $O^s$           | Uydu Yörünge Hatası                   |
| $c_{xx}$        | Varyans-Kovaryans Matrisi             |
| $u$             | Yükseklik Koordinat Bileşeni          |

## KISALTMA LİSTESİ

---

|           |                                                                 |
|-----------|-----------------------------------------------------------------|
| AIUB      | Astronomical Institute of the University of Bern                |
| APPS      | Automatic Precise Positioning Service                           |
| ASG-EUPOS | Active Geodetic Network European Position Determination System  |
| AUSPOS    | Australian Online GPS Processing Service                        |
| BPE       | Bernese Processing Engine                                       |
| CODE      | Center for Orbit Determination in Europe                        |
| CORS      | Continuously Operating Reference Stations                       |
| CSRS-PPP  | The Canadian Spatial Reference System–Precise Point Positioning |
| D-B       | Doğu-Batı Yönü                                                  |
| DOP       | Dilution of Precision                                           |
| EPN       | European Permanent GNSS Network                                 |
| GAPS      | GPS Analysis and Positioning Software                           |
| GEONAS    | Geodynamic Network of the Academy of Science                    |
| GMF       | Global Mapping Function                                         |
| GNSS      | Global Navigation Satellite System                              |
| GPS       | Global Positioning System                                       |
| IGS       | International GNSS Service                                      |
| ITRF      | International Terrestrial Reference Frame                       |
| K-G       | Kuzey-Güney Yönü                                                |
| MAGNET    | Marmara Sürekli GPS Ağı                                         |
| NAD83     | The North American Datum of 1983                                |
| NRCan     | Natural Resources Canada                                        |
| OPUS      | Online Positioning User Service                                 |
| RF        | Radyo Frekansı                                                  |
| RINEX     | Receiver Independent Exchange                                   |
| RMS       | Root Mean Square Error                                          |
| SCOUT     | Scripps Coordinate Update Tool                                  |
| TEC       | Total Electron Content                                          |
| TUSAGA    | Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı                                   |
| UKBS      | Uydulardan Konum Belirleme Sistemi                              |
| UV        | Ultra Viole                                                     |
| ZTD       | Zenith Tropospheric Delays                                      |

## ŞEKİL LİSTESİ

---

|                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 2.1. Pseudorange ve GNSS hata kaynakları .....                          | 8  |
| Şekil 2.2. Azimut ve yükseklik açısına bağlı anten faz merkezi değişimi ..... | 10 |
| Şekil 2.3. Çok yolluluk etkisi .....                                          | 11 |
| Şekil 2.4. Alıcı konumunun en az dört uyduya gözlem ile belirlenmesi.....     | 12 |
| Şekil 2.5. Sinyalin geçtiği atmosfer katmanları.....                          | 14 |
| Şekil 2.6. İyonosferin GNSS sinyalleri üzerindeki etkisi .....                | 17 |
| Şekil 2.7. 2018 yılı Ocak ayı veri seti gün seçimi .....                      | 17 |
| Şekil 2.8. 2019 yılı Nisan ayı veri seti gün seçimi .....                     | 18 |
| Şekil 2.9. 2020 yılı Temmuz ayı veri seti gün seçimi .....                    | 18 |
| Şekil 2.10. 2021 yılı Ekim ayı veri seti gün seçimi .....                     | 18 |
| Şekil 2.11. Bernese GNSS Yazılımı kullanan kurumların coğrafi dağılımı.....   | 19 |
| Şekil 2.12. Bernese GNSS Yazılımı örnek ekran görüntüsü.....                  | 20 |
| Şekil 2.13. CSRS-PPP veri girişi ana ekranı .....                             | 22 |
| Şekil 2.14. CSRS-PPP servisi “.sum” uzantılı dosya örneği .....               | 23 |
| Şekil 2.15. CSRS-PPP servisi pdf dosya örneği .....                           | 23 |
| Şekil 3.1. TUSAGA-Aktif Ağı ve istasyon isimleri .....                        | 26 |
| Şekil 3.2. Çalışmada değerlendirilen TUSAGA-Aktif istasyonları .....          | 26 |
| Şekil 3.3. 2018 yılı gözlem tarihleri .....                                   | 29 |
| Şekil 3.4. 2019 yılı gözlem tarihleri .....                                   | 29 |
| Şekil 3.5. 2020 yılı gözlem tarihleri .....                                   | 30 |
| Şekil 3.6. 2021 yılı gözlem tarihleri .....                                   | 30 |
| Şekil 3.7. İstasyonlara ait toplam RINEX veri sayısı .....                    | 31 |
| Şekil 3.8. Jeosentrik ve Toposentrik koordinat sistemleri.....                | 33 |
| Şekil 3.9. Bernese, AUSPOS, CSRS-PPP yatay hız çizimleri .....                | 41 |
| Şekil 3.10. Bernese, AUSPOS, CSRS-PPP düşey hız çizimleri.....                | 44 |

|                    |                                                                   |           |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Şekil 3.11.</b> | <b>AUSPOS kış mevsimi RMS değerleri.....</b>                      | <b>49</b> |
| <b>Şekil 3.12.</b> | <b>CSRS-PPP kış mevsimi RMS değerleri .....</b>                   | <b>50</b> |
| <b>Şekil 3.13.</b> | <b>AUSPOS ilkbahar mevsimi RMS değerleri .....</b>                | <b>51</b> |
| <b>Şekil 3.14.</b> | <b>CSRS-PPP ilkbahar mevsimi RMS değerleri.....</b>               | <b>51</b> |
| <b>Şekil 3.15.</b> | <b>AUSPOS yaz mevsimi RMS değerleri.....</b>                      | <b>52</b> |
| <b>Şekil 3.16.</b> | <b>CSRS-PPP yaz mevsimi RMS değerleri .....</b>                   | <b>53</b> |
| <b>Şekil 3.17.</b> | <b>AUSPOS sonbahar mevsimi RMS değerleri.....</b>                 | <b>54</b> |
| <b>Şekil 3.18.</b> | <b>CSRS-PPP sonbahar mevsimi RMS değerleri .....</b>              | <b>55</b> |
| <b>Şekil 3.19.</b> | <b>ANTE istasyonu Bernese v5.2 koordinat zaman değişimi.....</b>  | <b>56</b> |
| <b>Şekil 3.20.</b> | <b>ANTE istasyonu AUSPOS koordinat zaman değişimi .....</b>       | <b>56</b> |
| <b>Şekil 3.21.</b> | <b>ANTE istasyonu CSRS-PPP koordinat zaman değişimi.....</b>      | <b>57</b> |
| <b>Şekil 3.22.</b> | <b>ARTV istasyonu Bernese v5.2 koordinat zaman değişimi.....</b>  | <b>58</b> |
| <b>Şekil 3.23.</b> | <b>ARTV istasyonu AUSPOS koordinat zaman değişimi .....</b>       | <b>58</b> |
| <b>Şekil 3.24.</b> | <b>ARTV istasyonu CSRS-PPP koordinat zaman değişimi.....</b>      | <b>59</b> |
| <b>Şekil 3.25.</b> | <b>ERZR istasyonu Bernese v5.2 koordinat zaman değişimi .....</b> | <b>60</b> |
| <b>Şekil 3.26.</b> | <b>ERZR istasyonu AUSPOS koordinat zaman değişimi.....</b>        | <b>60</b> |
| <b>Şekil 3.27.</b> | <b>ERZR istasyonu CSRS-PPP koordinat zaman değişimi .....</b>     | <b>61</b> |
| <b>Şekil 3.28.</b> | <b>GIRS istasyonu yatay hız değerleri (mm/yıl).....</b>           | <b>67</b> |
| <b>Şekil 3.29.</b> | <b>GIRS istasyonu düşey hız değerleri (mm/yıl) .....</b>          | <b>67</b> |

## TABLO LİSTESİ

---

|                                                                                        |              |
|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| <b>Tablo 2.1.</b> AUSPOS ve CSRS-PPP servisleri karşılaştırma .....                    | <b>24</b>    |
| <b>Tablo 3.1.</b> İstasyonlara ait il bilgileri ve yaklaşık coğrafi koordinatlar ..... | <b>27</b>    |
| <b>Tablo 3.2.</b> İstasyonlara ait ortalama hızlar ve standart sapmaları .....         | <b>36-38</b> |
| <b>Tablo 3.3.</b> İstasyonlara ilişkin yatay hızlar ve standart sapma değerleri .....  | <b>40</b>    |
| <b>Tablo 3.4.</b> İstasyonlara ilişkin düşey hızlar ve standart sapma değerleri.....   | <b>42</b>    |
| <b>Tablo 3.5.</b> AUSPOS servisinin doğruluk analizi sonucu / RMS değerleri .....      | <b>46</b>    |
| <b>Tablo 3.6.</b> CSRS-PPP servisinin doğruluk analizi sonucu / RMS değerleri.....     | <b>47</b>    |
| <b>Tablo 3.7.</b> K-G bileşeni hız değerleri ve standart sapmaları (mm/yıl).....       | <b>63</b>    |
| <b>Tablo 3.8.</b> D-B bileşeni hız değerleri ve standart sapmaları (mm/yıl).....       | <b>64</b>    |
| <b>Tablo 3.9.</b> Düşey hız değerleri ve standart sapmaları (mm/yıl) .....             | <b>65</b>    |
| <b>Tablo 3.10.</b> Yatay hız değerleri ve standart sapmaları (mm/yıl).....             | <b>66</b>    |

# Mevsimsel Değişimlerin GNSS Konum Doğruluğu Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması

Selin BENGÜL

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Geomatik Programı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Uğur DOĞAN

Küresel Uydu Konumlama Sistemi (Global Navigation Satellite System, GNSS) koordinat zaman serilerine donanımsal hata kaynaklarının yanı sıra çevresel faktörler de etki etmektedir ve bu etkilerin başında mevsimsel değişimler gelmektedir. Sıcaklık ve yağış etkisinin artması ile değişen iklim koşullarının GNSS sinyallerine etkisinin araştırılması günümüzde önemli bir araştırma konusu haline gelmiştir. Bu etkilerin belirlenmesinde akademik yazılımların yanı sıra, kullanıcılara yüksek duyarlılıklı konum bilgisi elde etme imkânı sunan internet tabanlı GNSS veri değerlendirme servisleri de yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, iklim değişimlerinin GNSS konum doğruluğu üzerindeki etkileri ve bu etkilerin incelenmesinde internet tabanlı GNSS değerlendirme servislerine ilişkin doğrulukların belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç kapsamında, yıllık iklim değişim raporları dikkate alınarak sıcaklık ve yağış miktarının en az ve en yoğun olduğu bölgelerde bulunan Türkiye Ulusal Sabit GNSS İstasyon Ağı (TUSAGA-

Aktif)'na ait 19 GNSS istasyonunun 2017-2021 yılları arasındaki GNSS verileri kullanılmıştır.

İyonosferden kaynaklanan hataların minimum seviyede olması dikkate alınarak seçilen yıllardaki her ay için iyonosfer aktivitesinin en az olduğu üç günlük veri, gözlem verisi olarak belirlenmiştir. Mevsimsel değişimlerden kaynaklı etkilerin belirlenmesinde AUSPOS (Australian Online GPS Processing Service) ve CSRS-PPP (Canadian Spatial Reference System – Precise Point Positioning) internet tabanlı GNSS veri değerlendirme servislerinin doğruluk performanslarının belirlenmesi için bu servislerden elde edilen istasyonlara ilişkin konumların zamansal değişimleri ile Bernese v5.2 yazılımından elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış ve servislerden elde edilen koordinatların toposentrik sistemde Kuzey-Güney, Doğu-Batı ve Yükseklik bileşenleri için RMS (Root Mean Square Error) değerleri hesaplanmıştır.

AUSPOS servisinden K-G bileşeninde [1.46-2.29] mm ve ortalama 1.73 mm, D-B bileşeni [1.31-3.19] mm ve ortalama 1.99 mm, Yükseklik bileşeni [3.43-11.10] mm aralığında ve ortalama 5.76 mm doğruluk elde edilmiştir. CSRS-PPP servisinden K-G bileşeninde [1.24-2.44] mm ve ortalama 1.66 mm, D-B bileşeninde [1.31-3.98] mm ve ortalama 2.30 mm, Yükseklik bileşeninde [2.59-8.82] mm aralığında ve ortalama 4.04 mm doğruluk elde edilmiştir. AUSPOS servisi yatay doğruluğu 2.64 mm, CSRS-PPP servisi yatay doğruluğu ise 2.84 mm olup AUSPOS servisinin yataydaki doğruluğunun CSRS-PPP servisinden daha yüksek olduğu, düşeyde ise CSRS-PPP servisinin daha yüksek doğruluğa sahip olduğu tespit edilmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre, AUSPOS servisinden üretilen sonuçların CSRS-PPP servisine kıyasla, Bernese v5.2 yazılımı ile daha uyumlu olduğu görülmüştür. Bu çalışma ile mevsimsel değişimlerin GNSS ölçüleri üzerindeki etkilerinin araştırılmasında internet tabanlı GNSS veri değerlendirme servislerinin de bir alternatif olarak kullanılabileceği gösterilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** GNSS, Mevsimsel Etkiler, AUSPOS, CSRS-PPP, Doğruluk

# **Investigating of the Effects of Seasonal Changes on GNSS Positioning Accuracy**

Selin BENGÜL

Department of Geomatic Engineering

Master of Science Thesis

Supervisor: Prof. Dr. Uğur DOĞAN

Global Satellite Positioning System (GNSS) coordinate time series can be affected by errors due to hardware. In addition to these hardware errors, environmental factors also affect the GNSS and seasonal changes are at the forefront of these effects. Nowadays, investigation of the effect of changing climatic conditions on GNSS signals with the increase in temperature and precipitation has become an important research topic. In determining these effects, besides academic software, internet-based GNSS data evaluation services, which provide users with the opportunity to obtain high-precision location information are also widely used.

In this study, it is aimed to determine the effects of climate changes on GNSS location accuracy and to determine the accuracy of internet-based GNSS assessment services in examining these effects. For this purpose, the GNSS data of 19 GNSS stations of the Real Time Turkey National Stable GNSS Network (TUSAGA-Active) between the years 2017-2021, located in the regions where the temperature and precipitation are the least and most intense, were used, taking into account the annual climate change reports.

Considering that the errors caused by the ionosphere are minimal, three days of data with minimal ionosphere activity for each month in the selected years are determined as observation data. AUSPOS (Australian Online GPS Processing Service) and CSRS-PPP (Canadian Spatial Reference System – Precise Point Positioning) for determining the accuracy performance of internet-based GNSS data evaluation services. The temporal changes of the positions related to the stations obtained from the services and the results obtained from the Bernese v5.2 software were compared and the coordinates obtained from the services were North-South in the topocentric system, RMS (Root Mean Square Error) values were calculated for East-West and Height components.

[1.46-2.29] mm and average 1.73 mm in K-G component from AUSPOS service, D-B component [1.31-3.19] mm and average 1.99 mm, The height component was in the range of [3.43-11.10] mm and an average accuracy of 5.76 mm. [1.24-2.44] mm and average 1.66 mm in K-G component from CSRS-PPP service, [1.31-3.98] mm in D-B component and 2.30 mm in average, An average accuracy of 4.04 mm was obtained in the height component in the range of [2.59-8.82 ] mm. AUSPOS service is horizontal accuracy 2.64 mm and CSRS-PPP service horizontal accuracy is 2.84 mm and the accuracy of AUSPOS service in the horizontal is higher than the CSRS-PPP service, In the vertical, it has been determined that the CSRS-PPP service has higher accuracy.

According to the results obtained, it was seen that the results produced from the AUSPOS service were more compatible with the Bernese 5.2 software compared to the CSRS-PPP service. In this study, it has been shown that internet-based GNSS data assessment services can be used as an alternative in investigating the effects of seasonal changes on GNSS measures.

**Keywords:** GNSS, Seasonal Effects, AUSPOS, CSRS-PPP, Accuracy

### 1.1 Literatür Özeti

Navigasyon, askeri amaçlı keşif, hedef izleme, mühendislik yapılarında zaman içerisinde meydana gelen deformasyonların tespiti, harita yapımı, yer kabuğu hareketlerinin izlenmesi gibi birçok çalışmada hassas konum-zaman bilgisine ihtiyaç duyulmaktadır. Teknolojik gelişmeler ile bu çalışmalara çözümler bulunmaya çalışılmış ve Küresel Navigasyon Uydu Sistemi (Global Navigation Satellite System – GNSS) teknolojisinin kullanımının yaygınlaşması ile literatüre eklenen birçok disiplin ve çalışma alanında, bu ihtiyaçların karşılandığı sonucuna ulaşılmıştır [1]-[9].

Mevsimsel etkilerin sürekli gözlem yapan istasyonlarda elde edilen koordinat bilgilerine yansımaları ile bilimsel çalışmalarda bu etkileri dikkate alan birçok araştırmacı literatüre katkı sağlamış olup çalışmalara dair özet bilgiler bu başlık altında sunulmaya çalışılmıştır [10]-[15].

Zhang vd. (2002) [10], 1999-2001 yılları arasında Çin'deki Sürekli Gözlem Ağı'na ait 25 istasyonun günlük verilerini kullanarak mevsimsel etkilerden kaynaklanan yükseklik değişimlerini araştırmıştır. Bu amaçla; atmosferik basınç, gel-git dışı okyanus yüklenmesi, kar ve toprak nemi kütle yüklenmesinin neden olduğu düşünülen mevsimsel yükseklik değişimlerini hesaplamıştır ve bölgede 3-10 mm genliğinde mevsimsel düşey kabuk hareketi (düşey yönde hareketlilik) tespit etmiştir.

Gracova ve Schenk (2007) [11], Çekya Bilimler Akademisi Jeodinamik Ağı (Geodynamic Network of the Academy of Sciences - GEONAS)'na ait yüksek rakımlı dağ gözlemevi noktalarından olan BISK ve SNEC istasyonlarının 2001-2006 yıllarına ait zaman serilerinin 2005 ve 2006 yılları kış mevsimlerinde kaba hatalı ölçüler ve tutarsızlıklarla karşılaşmıştır. Ve bu hataların oluşma nedenini tespit etmeye yönelik bir çalışma gerçekleştirmiştir. Çalışma kapsamında meteorolojik sensörlerin kullanıldığı istasyonlarda, meteorolojik veriler ve istasyonlara ait zaman serilerinin bir arada değerlendirmiştir. Çalışma ile her iki istasyonun Kuzey, Doğu ve Yükseklik bileşenleri için kayma miktarları

hesaplanmış ve düşey konum bileşenlerinde yataya kıyasla daha büyük bir kayma tespit edilmiştir. Zaman serilerinde gözlemlenen kaba hatalı ölçüler ve tutarsızlıkların oluşmasındaki sebebin ise istasyonlara ait anten kubbeleri üzerinde biriken kar örtüsü olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Özkan vd. (2010) [12], Marmara Sürekli GPS Ağı (MAGNET)'na ait 11 istasyonun 2001-2006 yılları aralığında toplanan GNSS gözlem verileri ile 2002-2005 yıllarında bölgede gerçekleştirilen 22 kampanya noktasının GPS ölçme verilerine ait koordinat zaman serilerini incelemiştir. Gerçekleştirilen analizlerle istasyonlarda elde edilen gözlem verileri üzerinde dönemsel etkilerin ortaya çıkarılması ve bu etkilerin bölgede gerçekleştirilecek GPS kampanya ölçmelerinde ne tür sonuçlar doğuracağına tespiti amaçlanmıştır. Kampanya verileri ile Avrasya referans sisteminde hız kestirimi gerçekleştirilmiştir. Dönemsel anomalilerin tespiti için çalışma zamanı 6 aylık periyotlara bölünerek Mayıs-Haziran aylarında toplanan veriler ilk veri seti, Ekim-Kasım aylarında toplanan veriler ise ikinci veri seti olarak kabul edilmiştir. Çalışma kapsamında seçilen yıllara ait veri setleri ayrı bir şekilde değerlendirilmeye alınmıştır. Çalışma ile; yaz aylarında meydana gelen yüksek sıcaklıklara bağlı olarak deniz seviyesine yakın bulunan istasyonlarda troposferik gecikme etkisinin artmış olduğu, bu etkilerin özellikle Temmuz ve Ağustos aylarında yaşandığı sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca Marmara Bölgesi'nde gerçekleştirilecek ölçmelerin sonbahar ve ilkbahar mevsimlerinde planlanmasının kampanya ölçmeleri için veri kalitesi açısından avantaj sağlayacağı, Temmuz ve Ağustos aylarında ise sıcaklık ve güneşlenme etkisinin maksimum seviyeye ulaşması nedeniyle bu aylarda gerçekleştirilecek kampanya ölçmelerinde elde edilecek veri kalitesinin olumsuz yönde etkileneceği belirtilmiştir.

Bogusz vd. (2011) [13], 2011 yılında yayınlanan çalışmalarında Aktif Jeodezik Ağı - Avrupa Konum Belirleme Sistemi (Active Geodetic Network – European Position Determination System / ASG-EUPOS)'na ait istasyonların 2008-2010 yılları arasındaki zaman serilerini inceleyerek GNSS ile elde edilecek koordinatlara çevresel koşulların etkilerini araştırmıştır. 2009 ve 2010 yıllarına ait kış mevsiminde Polonya'da ekstrem hava koşullarının yaşanması ( $-25^{\circ}\text{C}$ 'nin altında sıcaklık ve çok yoğun kar yağışı) ile aşırı kar yağışı etkisinde kalan istasyonlardan 16 tanesinin enlem bileşeninde ve 34 tanesinde boylam bileşeninde birkaç mm seviyesinde; soğuk, donma, bölgeye ait hidrolojik yapı nedeniyle antenlerin farklı

davranış sergilemesi sonucunda 27 istasyonun düşey bileşeninde 1 cm'den daha büyük, önemli olduğu düşünülen sapmalar tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda uydu sistemlerinin bölgedeki hidrolojik yapı ve atmosferik etkilere karşı duyarlı olmadığı için elde edilen koordinat bilgilerinde önemli etkiler yarattığı belirtilmiştir.

Doğan vd. (2014) [14], nokta konum doğruluğunun belirlenmesi amacıyla, farklı mevsimlerde gerçekleştirilen Küresel Konumlama Sistemi (Global Positioning System, GPS) gözlem verilerini incelemiştir. Bu amaçla, MAGNET (Marmara Sürekli GPS Ağı)'e ait 12 istasyon ile, TUBİ ve İSTA GPS istasyonlarının 2009 yılına ait her ayın 3'er günlük GPS ölçüleri çalışma verisi seçilmiştir. 24 saatlik GPS verileri farklı zaman aralıklarına ait oturumlara bölünerek oturum sürelerine bağlı olarak elde edilecek konum doğrulukları araştırılmıştır. Çalışma ile Temmuz ayında elde edilen doğruluğun diğer aylara göre daha düşük ve yaz mevsiminde elde edilen karesel ortalama hata (Root Mean Square Error – RMS) değerlerinin kış mevsimine kıyasla daha yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır. GPS konum doğruluğunun oturum süresi ile baz mesafelerine bağlı olduğu sonucuna varılmıştır. Ve ayrıca oturum süresinin azalması durumunda, standart sapma değerlerinin artması ve baz uzunluğu ile standart sapma değerleri arasında doğru orantı olduğu tespit edilmiştir.

Maciuk ve Szombara (2018) [15], sürekli gözlem gerçekleştirilen GNSS istasyonlarına ait koordinatların zaman serilerinde mevsimsel etkilerin ortaya çıkarılması amacıyla 1996-2016 yılları aralığında haftalık Avrupa Referans Çerçevesi, Sabit GNSS İstasyonları Ağı (EUREF Permanent GNSS Network - EPN) çözümleri temelinde dikey ve yatay bileşenlerin uzun vadeli değişimlerini genlik ve faz değerleriyle birlikte analiz etmiştir. Bunun için istasyonlarda GNSS ile elde edilen kartezyen koordinat bilgileri ile her bir istasyon için dönüşüm matrisini oluşturarak toposentrik koordinatlara dönüşüm gerçekleştirmiştir. Çalışma kapsamında istasyonların her biri için karekök ortalama değerlerini (Root Mean Square – RMS) hesaplanmıştır. Seçilen zaman aralığı ve değerlendirilen istasyon sayısının fazla olması çalışmanın derinlemesine gerçekleştirilen ilk araştırmalardan bir tanesi olmasını sağlamıştır. Çalışma sonucunda; analiz edilen istasyon koordinat değişimlerinin bazılarında mevsimsel yıllık etkiler ortaya çıkarılmıştır. Ve diğer istasyonlardaki genlik büyüklüklerinin koordinat belirleme

doğruluğundan daha düşük çıktığı tespit edilmiştir. En küçük (negatif) genliklerin Ağustos ayında, en yüksek (pozitif) genliklerin ise çoğunlukla Şubat ayında meydana geldiği görülmüştür. Kış mevsiminin bitmesiyle zeminin düşey yönde yükseldiği sonucuna ulaşılmıştır. Bu durumun yeraltı sularının yükselmesi veya kışın meydana gelen kar kalınlığının mevsimin son bulmasıyla eriyerek zeminde yükselmeye sebep olmasıyla ilgili olabileceği düşünülmüştür. Yaz mevsiminin sonlanması ile koordinatlara ilişkin zaman serisi genliklerinin azaldığı görülmüş olup zeminin düşey yönde çöktüğü sonucuna ulaşılmıştır.

Sürekli gözlem istasyonlarından elde edilen GNSS verileri yalnızca akademik yazılımlar tarafından değil, araştırmacılara ücretsiz bir şekilde ve herhangi bir eğitim zorunluluğu gerektirmeden sunulan internet tabanlı GNSS veri değerlendirme servisleri tarafından da değerlendirilebilmektedir. Avustralya Çevrimiçi GPS Değerlendirme Servisi (Australian Online GPS Processing Service / AUSPOS) ve Kanada Uzaysal Referans Sistemi-Hassas Nokta Konumlama (The Canadian Spatial Reference System – Precise Point Positioning / CSRS-PPP) bu servislerden bazıları olup gerçekleştirilen birçok bilimsel çalışmada bu servislerin performansları değerlendirilmiştir [16]-[21].

Subaşı ve Alkan (2011) [16], İSKİ-UKBS (Uydulardan Konum Belirleme Sistemi) Ağı'na ait 6 istasyon için 16 Mayıs ve 6 Kasım 2009 günlerine ait 24 saatlik 12 adet GNSS ölçme verilerini OPUS (Online Positioning User Service), AUSPOS (Australian Online GPS Processing Service) ve SCOUT (Scripps Coordinate Update Tool) çevrimiçi GNSS değerlendirme servislerinde değerlendirmiştir. Ve servislerden elde edilen koordinat bilgileri ile bilinen değer olarak kabul edilen koordinat bilgilerini karşılaştırarak servislerin performanslarını test etmiştir. AUSPOS ve SCOUT servislerinden konum bileşeni (yatay) için 1 cm'nin altında doğrulukta sonuç elde edilirken OPUS'tan elde edilen sonuçta 1 cm civarında fark hesaplanmıştır. Yükseklik bileşeni için ise SCOUT servisinden 2 cm ve altında doğruluğa ulaşılırken, diğer iki servisten birkaç cm doğruluk bilgisi elde edilmiştir.

Öcalan vd. (2013) [17], 2013 yılında yayınlanan çalışmalarında, İSKİ-CORS ağına ait 8 istasyonun 24 saatlik GPS gözlem verilerini kullanarak OPUS, AUSPOS, SCOUT, CSRS-PPP, GAPS (GPS Analysis and Positioning Software), APPS (Automatic Precise Positioning Service) ve MagicGNSS servislerinin doğruluk analizine odaklanmıştır. Doğruluk analizinin gerçekleştirilmesinde Bernese v5.0

akademik yazılımından elde edilen koordinat bilgileri, gerçek nokta koordinatı olarak kabul edilmiş ve referans olarak kullanılmıştır. Servislerin performanslarının araştırılması için servislerden elde edilen koordinat bilgilerinin Bernese sonuçlarından farkları hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda AUSPOS servisinden elde edilen sonuçların Bernese ağ çözümüne en yakın olduğu, APPS servisinin diğer PPP servisleri arasında daha güvenilir sonuçlara sahip olduğu ve internet tabanlı çevrimiçi değerlendirme servislerinin doğruluklarının birkaç mm ile cm aralığında kalması sonucunda jeodezik uygulama ve analizler için kullanılabilir olduğuna ulaşılmıştır. Benzer bir çalışma Guo (2015) [18] tarafından 23 IGS (International GNSS Service) istasyonuna ait gözlem verilerinin APPS, GAPS, CSRS-PPP ve Magic-PPP servislerinde değerlendirilerek değerlendirme sonuçlarının karşılaştırılmasında ve servislerin sağladığı Troposferik Zenit Gecikmesi değerlerinin (Zenith Tropospheric Delays - ZTD) tahminlenmesi için servislerin performanslarının değerlendirilmesinde gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda; ZTD tahmin hassasiyetinin 1-2 cm'ye ulaştığı, kısa süreli gözlemlerde yükseklik bileşeninin kestirimi için çevrimiçi servislerin hassasiyetinin iyileştirilmesi gerektiği belirtilmiştir.

Alkan vd. (2016) [19], yayınlamış oldukları çalışma ile TUSAGA-Aktif istasyonundan seçtikleri tek bir noktaya ait 24 saatlik gözlem verisini 1, 2, 4, 6 ve 12 saatlik ölçüm aralıklarına bölmüş ve elde edilen tüm verileri Trimble RTX, AUSPOS, OPUS, CSRS-PPP, Magic GNSS ve APPS servislerinde değerlendirmiştir. Değerlendirme sonucunda elde edilen koordinatların bilinen koordinatlarla farkı alınarak konum (yatay) ve düşey farklar her bir gözlem süresi bazında hesaplanmıştır. Gözlem süresinin azalması durumunda bilinen koordinatlardan olan fark değerleri, diğer gözlem sürelerine göre artış göstermiştir. birbirlerine çok benzer ve diğer servislere kıyasla da en iyi sonuçları verdiğini tespit etmiştir. CSRS-PPP ve APPS servisleri birbirlerine çok yakın ve en iyi sonuçları sunarken, MagicGNSS servisinin 1 saatlik veri setinden en kötü sonuçlar elde edilmiş olup birkaç cm doğruluk elde edilebilmesi için minimum 2 saatlik gözlemlerin değerlendirilmesi gerektiği belirtilmiştir.

## 1.2 Tezin Amacı

Bu çalışmada, mevsimsel değişimlerin Küresel Navigasyon Uydu Sistemleri (Global Navigation Satellite Systems, GNSS) konum doğruluğu üzerindeki etkilerin araştırılması ve bu etkilerin incelenmesinde internet tabanlı GNSS veri değerlendirme servislerinin performans doğruluklarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

## 1.3 Hipotez

Bu çalışma kapsamında 2 hipotez ortaya konmuştur:

- GNSS konum doğruluğu, mevsimsel değişimlerden etkilenmektedir.
- İnternet tabanlı GNSS veri değerlendirme servisleri, mevsimsel değişimlerin GNSS konum doğruluğu üzerindeki etkilerinin araştırılmasına yönelik çalışmalarda kullanılabilecek doğruluk seviyesindedir.

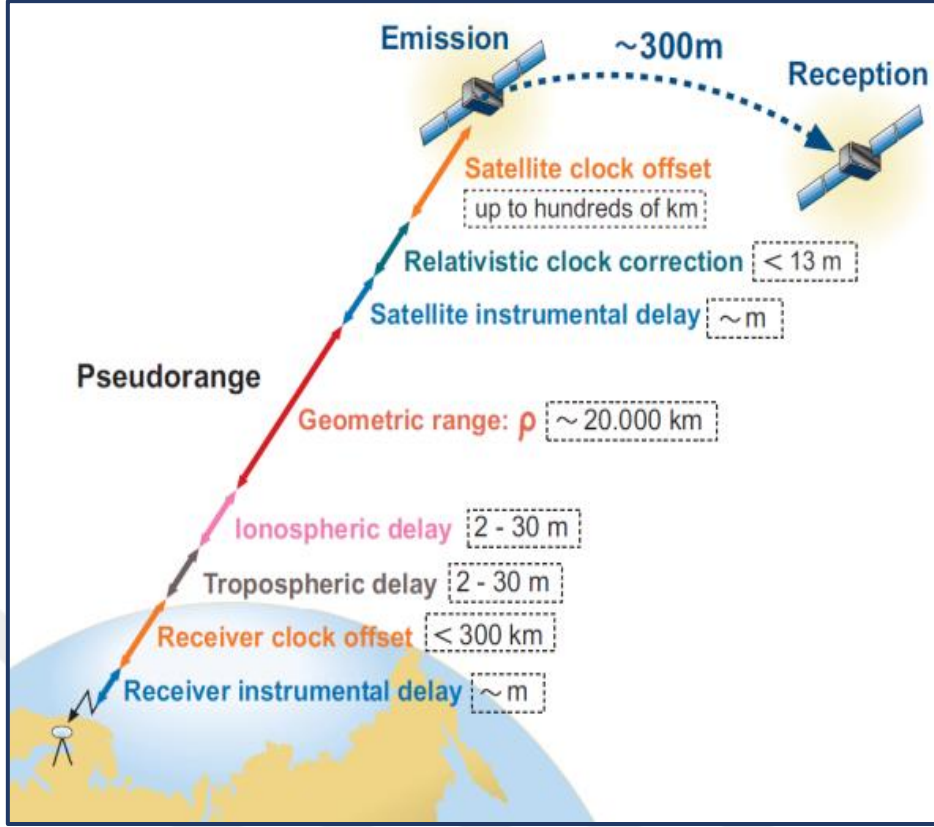
### **2.1 Küresel Navigasyon Uydu Sistemi**

Küresel Konumlama Sistemi; başlangıçta askeri ve navigasyon amacıyla geliştirilen, temelde konumu bilinen uydulara gerçekleştirilen gözlemler sonucu kullanıcının konumunu belirlemeye yarayan, geriden kestirme esasına dayalı, uzay tabanlı bir konumlandırma sistemidir. Geriden kestirme için temel mantıkta üç kenara ait uzunluk bilgisinin bilinmesi yeterli olmaktadır fakat uydu ve alıcıdan kaynaklanacak hatalar nedeniyle en az dört uydudan gözlem yapılması gerekmektedir [2].

### **2.2 GNSS Hata Kaynakları**

GNSS uydularından alıcılara yansıyan sinyalin alıcıya ulaşırken geçen zaman ile ışık hızının çarpımı sonucunda, alıcı ile gözlem yapılan uydu arasındaki ham mesafe (pseudo-range) hesaplanmaktadır. Kullanıcı ile gözlem yaptığı uydu arasındaki mesafeyi ifade eden kenar uzunlukları, “sahte kenar (pseudorange)” olarak ifade edilmektedir. Bu ifadenin kullanılması; atmosferde meydana gelen koşulların sinyal yapısına etki etmesi ve sinyalin ışık hızında hareket sergileyememesi ve alıcı-uydu saatleri nedeniyle oluşan hata etkilerinden kaynaklanmaktadır. Dolayısıyla uydudan yayınlanan sinyalin alıcıya ulaşırken birçok faktörün etkisi altında olduğu göz ardı edilemeyecek kadar önemli bir konudur. Çünkü sinyali etkileyen bu faktörler, alıcı ile uydu arasındaki mesafenin doğru hesaplanamamasına sebep olmaktadır. Bu nedenle sinyale etkileyen faktörlerin belirlenmesi ve uygun yöntemlerle elimine edilmesi gerekmektedir [22], [23], [24].

Şekil 2.1 ile alıcı ve gözlem yapılan uydu arasındaki pseudorange mesafesi, GNSS gözlemlerinde oluşan hata kaynakları ve bu hataların gözlemlere olan yaklaşık etkileri gösterilmektedir.



**Şekil 2.1.** Pseudorange ve GNSS hata kaynakları [25]

GNSS sinyalini etkileyen etkilere genel olarak GPS/GNSS Hata Kaynakları denilmektedir. Bu hata kaynakları; uydudan kaynaklanan hatalar, alıcıdan kaynaklanan hatalar ve sinyal yayılımından kaynaklanan hatalar olarak ya da uzunluğa bağlı ve uzunluğa bağlı olmayan hatalar olarak da sınıflandırılabilir [23], [26].

Genel olarak kod ve faz ölçü denklemleri aşağıdaki gibi ifade edilmektedir:

$$P_r^s = \rho_r^s + c \cdot (dt_r - dT^s) + I_r^s + T_r^s + O^s + \varepsilon_r^s \quad (2.1)$$

$$L_r^s = \rho_r^s + c \cdot \Delta t_r^s - c \cdot \Delta T^s + T_r^s - I_r^s + \lambda^s \cdot N^s + O^s + \varepsilon_r^s \quad (2.2)$$

(2.1) denkleminde “ $P_r^s$ ” uydu ile alıcı arasındaki kod ölçüsünü (metre), “ $s$ ” herhangi bir GNSS uydusunu, “ $r$ ” ise gözlem yapılan alıcıyı temsil etmektedir. Alıcı ile uydu arasındaki gerçek geometrik uzaklığı (metre) “ $\rho_r^s$ ”, ışık hızını (metre/saniye) “ $c$ ”, “ $dt_r$ ” alıcı saat hatasını (saniye), “ $dT^s$ ” uydu saat hatasını (saniye), “ $I$ ” iyonosferik gecikmeyi (metre), “ $T$ ” troposferik gecikmeyi (metre), “ $O^s$ ” uydu yörünge hatasını (metre) ve “ $\varepsilon$ ” çok yolluluk ve alıcı gürültü kaynakları kombinasyonunu ifade etmektedir. (2.2) denkleminde ise “ $L_r^s$ ” faz

ölçüsünü (metre), “ $\lambda^s$ ” dalga boyunu (metre), “ $N^s$ ” ise tam sayı belirsizliğini temsil etmektedir [27].

### 2.2.1 Uydu Yörünge Hatası

GNSS ile konum belirlemede konumu bilinmeyen noktadan konumu bilinen uydulara gözlem yapılması sonucunda uydu ile alıcı arasındaki mesafelerin doğru ve hassas bir şekilde hesaplanması, alıcının elde edilecek konum hassasiyetini etkilemektedir.

Uzayda yörünge çerçevesinde turunu tamamlamakta olan uyduların seyahatleri sırasında kendilerine etki eden kuvvetlerin yeterli derecede bilinmemesi, bu tür kuvvetlerin doğrudan ve yeterli hassasiyette ölçülemez oluşu, uydu konum bilgisinin elde edilmesinde hata oluşmasına sebep olmaktadır [28]. Bu hatayı uydu hassas yörünge bilgilerinin tam olarak belirlenememesi veya bu bilgilerin düşük doğrulukla elde edilmesi sonucu oluşan hata türü şeklinde de yorumlamak mümkündür.

Konum ve hız vektörlerini belirlemede kullanılan ve doğruluk açısından farklılıklar gösteren üç veri seti mevcuttur. Bunlar Yayın Efemerisi, Almanak Verisi ve Hassas Efemeris’tir. Aralarında en doğru yörünge bilgisine sahip olan Hassas Efemeris (Precise)’tir ve Uluslararası GNSS Servisi (International GNSS Service for Geodynamics-IGS) tarafından ürün olarak sağlanmaktadır [29], [30].

Günümüzde uydu konum bilgisinin elde edilmesinde kullanılan efemeris türü olarak Hassas Efemeris (Precise) kullanımı, bu hatanın giderilmesine olanak tanımaktadır.

### 2.2.2 Saat Hataları

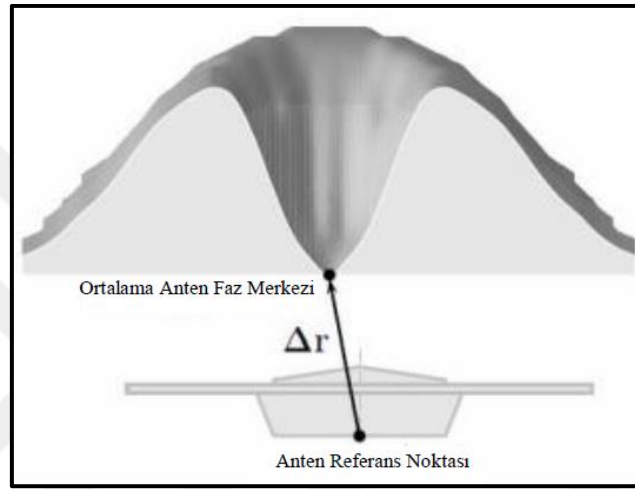
Uydu zamanı ile GPS zamanı arasındaki farklılık uydu saat hatasını, alıcı zamanı ile gerçek GPS zamanı arasındaki farklılık ise alıcı saat hatasını meydana getirmektedir.

Dünya’nın manyetik alanı, yerin ve ayın çekim etkisi, radyasyon vb. sebepler ile uydu ve alıcılarda kullanılan saatlerin davranışı duyarlı olarak modellenememektedir.

Bağıl konum belirlemede kullanılan fark yöntemleri ile bu hatalar elimine edilebilmektedir [22].

### 2.2.3 Anten Faz Kayıklığı Hatası

Alıcı antenindeki elektriksel merkez, sinyali algılayan noktadır ve bu nokta fiziksel merkez ile çakışık olmadığı için anten faz kayıklığı hatası oluşur. Noktadaki kayıklık uydusal parametrelere bağlıdır (azimut açısı, yükseklik değeri). Bu nedenle her GPS anteni, uydunun yükselme açısına bağlı olarak değişken bir ofsete sahip olmaktadır (Şekil 2.2). Eş zamanlı olarak ölçüm gerçekleştiren tüm aletlerde aynı anten tipi ile antenlerin aynı yöne (genelde kuzey yönü tercih edilmektedir) yönlendirilmesi ile hata giderilmeye çalışılmaktadır [31], [32].



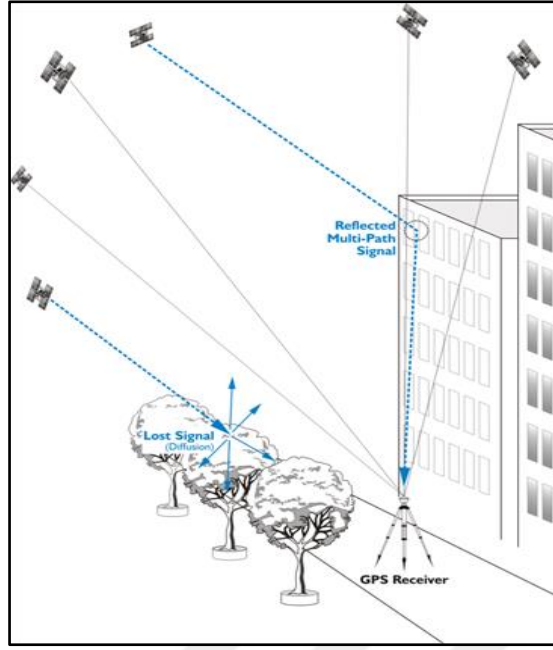
Şekil 2.2. Azimut ve yükseklik açısına bağlı anten faz merkezi değişimi [32]

### 2.2.4 Sinyal Yansıma Hatası – Çok Yolluluk (Multipath) Etkisi

Çok yolluluk, uydudan gelen sinyalin alıcı antenine birden fazla yolda kırılarak ya da alıcı çevresindeki cisimlere yansyarak alıcıya ulaşma hatasıdır. Antenin yakın çevresinde bulunan cisimler gelen sinyalin yansımasını şekillendirmektedir.

Çok yolluluk; genlik, yayılım gecikme süresi, rasgele değişen taşıyıcı faz gibi farklı parametrelere bağlı bir sinyal bütünüdür. Bu nedenle çok yolluluğun etkisinde alınan sinyallerde gecikmeli dalganın kestirimi mümkün görünmemektedir [33].

Şekil 2.3'te uydulardan gelen sinyalin alıcı anteni yakınlarında bulunan yansıtıcı yüzeyler nedeniyle yansıma şeklinin değiştiği görülmektedir.



**Şekil 2.3.** Çok yolluluk etkisi [34]

Ölçümlerin planlanması sırasında bu etkinin minimum koşulda kalmasını sağlamak için alıcının çok yakınında yansıtıcı yüzeylerin olmamasına dikkat edilmesi gerekmektedir. Uyduların seyahat süreleri göz önüne alınarak gözlem süresinin çok uzun tutulması, bu etkinin azaltılmasına yardımcı olacaktır. Gerçekleştirilecek ölçüm stratejisine uygun şekilde uydu yükseklik açısına özen gösterilmesi, yansıtıcı cisim ve yüzeylerden yansıyan dalgayı emme gücüne sahip anten tipinin ve yansıma sonucu sinyal dağılım etkisini sayısal olarak filtreleyebilen alıcıların kullanılması da bu etkinin minimuma indirmesini sağlayacaktır.

### **2.2.5 Başlangıç Faz Belirsizliği (Ambiguity)**

GPS faz ölçümlerinin hassasiyetini etkileyen etkilere bir diğeri de Başlangıç Faz Belirsizliği'dir. Alıcı ile uydu arasında başlangıçtaki tam dalga sayısına ilişkin sayısal değerin bilinmemesi ile bu hata oluşmaktadır. Taşıyıcı sinyal fazı ile herhangi bir andaki alıcıya aynı uydudan gelen sinyal fazı arasında oluşan fark olarak tanımlamak da mümkündür.

### **2.2.6 Faz Sıçraması (Cycle Slip)**

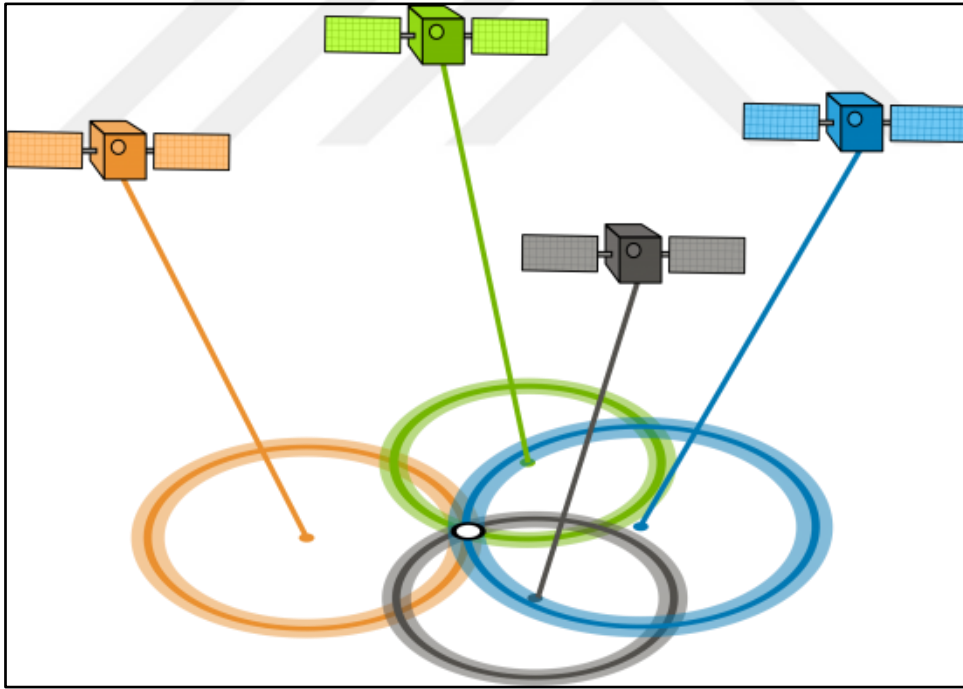
Uydu sinyalinin izlediği yolda sinyal alıcıya ulaşırken herhangi bir engelle (kuş, uçak vb.) uğraması durumunda, alıcıda oluşabilecek donanımsal veya rastlantısal problemlerin meydana gelmesi halinde, kötü iyonosferik koşulların oluşmasından

kaynaklanan hata türüdür. Faz kesikliği yaşanan zaman dilimi ve uyduların tespit edilerek değerlendirilmeden çıkarılması önerilmektedir [22].

### 2.2.7 Duyarlılığın Bozulması (Dilution of Precision - DOP)

Duyarlılığın bozulması, gözlem gerçekleştirilen uyduların uzaydaki dağılımlarının konum belirlemeye olan etkisi olarak tanımlanmaktadır. Konumu belirlenmek istenen alıcının, istenilen doğrulukta konum bilgisinin elde edilebilmesi için birçok ölçüm standardının sağlanmasının yanı sıra uzaydan en az dört uyduya gözlem gerçekleştirmesi de önem arz etmektedir [2], [22].

Duyarlılığın bozulması, GPS doğruluğu üzerindeki geometrik etkiler için bir olasılık değeri olup konumu belirlenmek istenen noktanın konumunu ifade etmeye yarayan parametrelerinin pseudorange hataları ile ilişkisini kuran ve konum doğruluğunu sınırlayan geometrik etkiler olarak da ifade edilmektedir. DOP uyduların konumuna bağlıdır. Ölçümler sırasında kaç uydunun gözlemlendiği, bu uyduların uzayda ne kadar yükseklikte olduğu DOP'un değişimine neden olmaktadır [36].



**Şekil 2.4.** Alıcı konumunun en az dört uyduya gözlem ile belirlenmesi [35]

GNSS ölçülerinin dengelenmesi sonucunda kartezyen koordinatlara ait elde edilen kofaktör matrisinin köşegen elemanları  $Q_{xx}$ ,  $Q_{yy}$ ,  $Q_{zz}$ ,  $Q_{tt}$  ve kartezyen koordinatların toposentrik koordinatlara dönüşümü sonucu elde edilen Kuzey-

Güney (North), Doğu-Batı (East), Yükseklik (Up) bileşenlerine ait kofaktör matrisi köşegen elemanları ile duyarlılığın bozulma türlerine ilişkin sonuçlar elde edilir [22].

$$\mathbf{Q}_{xx} = \mathbf{N}^{-1} = \begin{bmatrix} \mathbf{Q}_{xx} & \mathbf{Q}_{xy} & \mathbf{Q}_{xz} & \mathbf{Q}_{xt} \\ \mathbf{Q}_{xy} & \mathbf{Q}_{yy} & \mathbf{Q}_{yz} & \mathbf{Q}_{yt} \\ \mathbf{Q}_{xz} & \mathbf{Q}_{yz} & \mathbf{Q}_{zz} & \mathbf{Q}_{zt} \\ \mathbf{Q}_{xt} & \mathbf{Q}_{yt} & \mathbf{Q}_{zt} & \mathbf{Q}_{tt} \end{bmatrix} \quad (2.3)$$

$$\mathbf{R} = \begin{bmatrix} -\sin\varphi \cdot \cos\lambda & -\sin\lambda & \cos\varphi \cdot \cos\lambda \\ -\sin\varphi \cdot \cos\lambda & \cos\lambda & \cos\varphi \cdot \sin\lambda \\ \cos\varphi & 0 & \sin\varphi \end{bmatrix} \quad (2.4)$$

Burada R, dönüşüm matrisi olup noktaya ait enlem-boylam bilgilerinin sinüs ve cosinüs değerlerine ilişkin kombinasyonları kullanılarak dönüşüm matrisi elemanları hesaplanır.

$$\mathbf{Q}_{neu} = \begin{bmatrix} \mathbf{Q}_{nn} & \mathbf{Q}_{ne} & \mathbf{Q}_{nu} \\ \mathbf{Q}_{ne} & \mathbf{Q}_{ee} & \mathbf{Q}_{eu} \\ \mathbf{Q}_{nu} & \mathbf{Q}_{eu} & \mathbf{Q}_{uu} \end{bmatrix} \quad (2.5)$$

$$\mathbf{Q}_{neu} = \mathbf{R} \mathbf{Q}_{xyz} \mathbf{R}^T \quad (2.6)$$

Duyarlılığın Geometrik Bozulması (GDOP), uyduların uzaydaki dağılım geometrisinin konumu belirlenmek istenen noktanın koordinat bilgilerine olan etkisidir. Noktaya ait kartezyen koordinatlar ile zaman bileşeninin kofaktör değerlerinin karekök içindeki toplamı ile hesaplanmaktadır.

$$\mathbf{GDOP} = \sqrt{\mathbf{Q}_{xx} + \mathbf{Q}_{yy} + \mathbf{Q}_{zz} + \mathbf{Q}_{tt}} \quad (2.7)$$

Konum Duyarlılığın Bozulması (PDOP), uyduların uzaydaki dağılımının hesaplanan yatay ve düşey koordinatlara olan etkisidir. Kartezyen koordinatları elde edilen noktanın X, Y, Z koordinatlarına ait kofaktör değerlerinin toplamının karekök içerisindeki ifadesidir.

$$\mathbf{PDOP} = \sqrt{\mathbf{Q}_{xx} + \mathbf{Q}_{yy} + \mathbf{Q}_{zz}} \quad (2.8)$$

Yatay Duyarlılığın Bozulması (HDOP), uyduların dağılımının hesaplanan yatay koordinatlara olan etkisidir. Yatayı ifade eden kuzey-güney ve doğu-batı bileşenlerine ilişkin kofaktör değerlerinin karekök içerisindeki toplamı ile hesaplanmaktadır.

$$\mathbf{HDOP} = \sqrt{\mathbf{Q}_{nn} + \mathbf{Q}_{ee}} \quad (2.9)$$

Düşey Duyarlılığın Bozulması (VDOP), dağılımın hesaplanan düşey koordinatla yani yüksekliğe olan etkisidir. Yükseklik bileşenine ait kofaktör değerinin karekökü ile hesaplanır.

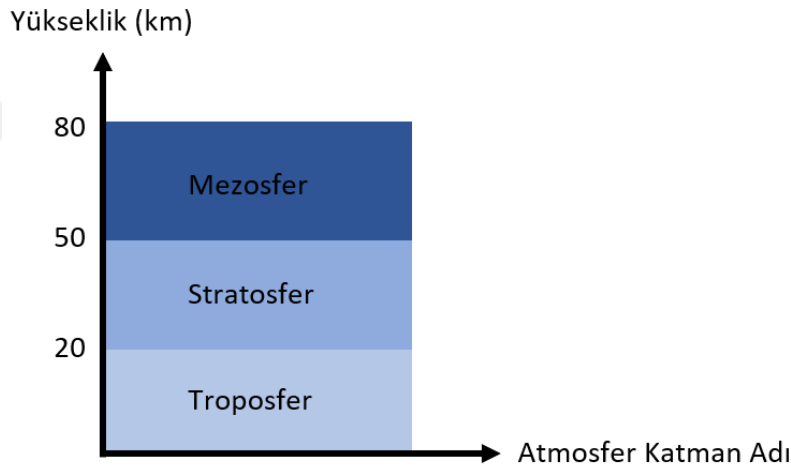
$$\text{VDOP} = \sqrt{Q_{uu}} \quad (2.10)$$

Zaman Duyarlılığın Bozulması (TDOP), uydu geometrisinin hesaplanan zaman bilgisine etkisi olarak ifade edilmektedir [22], [37].

$$\text{TDOP} = \sqrt{Q_{tt}} \quad (2.11)$$

### 2.2.8 Atmosferik Koşulların Etkisi

GNSS ile konum belirlemede hesaplanan konum doğruluğu birçok etki nedeniyle değişmektedir. Uydulardan yayınlanan sinyaller, alıcıya ulaşmadan önce uzaydaki boşlukta yayılırlar. Bu yayılım sırasında alıcıya ulaşmakta olan sinyal, atmosferden geçerken atmosferin farklı katmanlarına uğrayarak bu katmanlarda gerçekleşen olaylardan etkilenirler.



Şekil 2.5. Sinyalin geçtiği atmosfer katmanları [38]

Atmosferin katmanları arasında yükseklik farkları mevcut olup (Şekil 2.5) tüm katmanlar içerdikleri gaz molekülleri, sahip oldukları fiziki yapı, sıcaklık değerleri itibarıyla birbirinden farklılık gösterir [39].

Atmosfer dinamik bir yapıya sahiptir. Atmosferin yeryüzüne yakın bölgesindeki düşey sıcaklık değişimlerinden kaynaklı olarak meteorolojik olaylar yaşanırken ozon tabakası nedeniyle ortalarına gidildikçe sıcaklık değişimleri hızlanmaktadır [39].

GNSS hata kaynakları arasında, atmosferik koşulların etkisi isimli bölüm ile Troposfer ve İyonosfer etkilerinden bahsedilecektir.

#### **2.2.8.1 Troposfer Etkisi**

Troposfer, atmosferi oluşturan gazların yaklaşık %80'ini ve su buharının %99'unu içeren yapıya sahiptir. Genellikle 3-4 km'lik alt bölümlerinde hava olayları meydana gelmektedir, elektrik yüküne sahip olmaması nedeniyle de yaklaşık olarak 30 GHz altında olan radyo frekanslarına dağıtıcı etki yaratmaz. Bu sayede GNSS sinyalleri, troposfer tabakasına uğradığında frekansa bağlı olarak yayılım kısıtı meydana gelmez. Uydulardan yayınlanan sinyaller iyonosfer ve troposfer katmanlarında bükülür, zayıflar ve gecikmeye uğrar. Troposferin neden olduğu etki genellikle troposferik gecikme olarak adlandırılır ve farklı GNSS ölçümleri ile tahminlenebilir bir yapıya sahiptir [39], [40], [41].

Troposferik gecikme, alıcının rakımı ve uydu yükseklik açısının bir fonksiyonu olarak özetlenebilir. Bu gecikme; atmosferik basınç, kuru ısı ve su buharı (ıslak ısı) oranına bağlı olarak sinyaller üzerindeki etkisini göstermektedir.

Troposfer etkisi, iyonosfer etkisinin aksine frekansa bağlı değildir. Bu nedenle  $L_1$  (1575.42 MHz) ve  $L_2$  (1227.60 MHz) frekanslarından üretilen  $L_3$  kombinasyonu ile değil sabit troposferik modeller (Saastamoinen Modeli, Hopfield Modeli gibi) kullanılarak elimine edilmektedir. Troposferik gecikme; alıcı ile uydu arasında ölçümü gerçekleştirilen baz mesafesinin gerçek değerinden daha fazla hesaplanmasına sebep olmaktadır. Bu etkinin giderilmesi için kullanılan modeller arasında özellikle Saastamoinen ve Hopfield modellerinin en güvenilir baz mesafesi sonuçları verdiği, gerçekleştirilen çalışmalarda ulaşılan bir sonuç olmuştur [41], [42].

#### **2.2.8.2 İyonosfer Etkisi**

İyonosferin morfolojik yapısına bakıldığında; Güneş'in UV ve Röntgen ışınları nedeniyle iyonlaşan moleküller ve serbest halde bulunan elektronlar ve aynı zamanda jeomanyetik fırtınalar ile Güneş döngüleri sırasında iyonosfer türbülanslı plazma daha aktif hale gelerek radyo dalgası yayılımını ya da radyo frekansı (RF) sinyallerinin yayılmasını ve hızını önemli ölçüde etkileyecek yapıya sahiptir [43], [44].

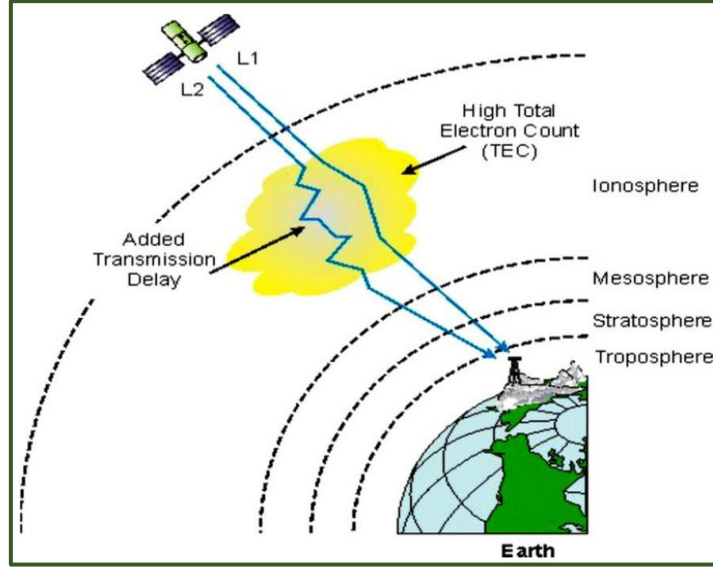
Öncelikli olarak iyonosfer tabakasından geçen GNSS sinyalleri iyonlaşan molekül ve serbest kalan elektronlar nedeniyle gecikmeye uğrar. Bu gecikme de alıcı ile uydu arasında ölçülen baz mesafesini etkiler ve dolayısıyla konumlandırma doğruluğunu düşürür. Bu nedenle troposfer etkisinden önce iyonosferin sinyal üzerindeki etkisinin modellenmesi ve giderilmesi gerekmektedir. Özellikle uzun bazların ölçüldüğü çalışmalarda iyonosferin etkisi artacağından bu çalışmalarda kullanılan alıcı tipi ölçüm sonu değerlendirmelerde büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle iyonosfer etkisinin doğru bir şekilde modellenerek GNSS sinyallerinden arındırılması konum doğruluğu açısından zorunluluk taşımaya devam etmektedir. İyonosfer, doğrusal kombinasyondan tahmin edilebilen Toplam Elektron İçeriği (TEİ, Total Electron Content – TEC) ile temsil edilebilmektedir çünkü iyonosferin sinyali geciktiren etkisi aslında frekansın tersinin yani periyodunun karesi ile doğru orantılıdır ve TEC değerine bağlılık göstermektedir. TEC, GPS uydusu ve alıcısı arasındaki yol boyunca olan elektron yoğunluğunun bir integralidir. Tek frekanslı GPS alıcılarında iyonosfer modellenmediğinden sinyallerin maruz kaldığı etki giderilemez, bu nedenle tek frekanslıdan elde edilen doğruluk iki frekanslı GPS alıcısından elde edilen verilerle modellenen TEC değeri kullanılarak artırılabilir [45], [46], [47].

TEC değeri ile frekansa bağlı olarak GPS sinyalinin gecikmesi veya hızlanması ifadesi aşağıdaki matematiksel denklem ile ifade edilebilmektedir:

$$\Delta t = \frac{40.3}{c.f^2} \text{TEC (saniye)} \quad (2.12)$$

Burada; c, ışık hızı olup  $3 \cdot 10^8$  (m/sn), f sisteme ait Hz biriminden frekans ve TEC ise Toplam Elektron İçeriği ( $\text{el/m}^2$ ) şeklinde belirtilmiştir ve  $\Delta t$  değeri saniye cinsindedir.

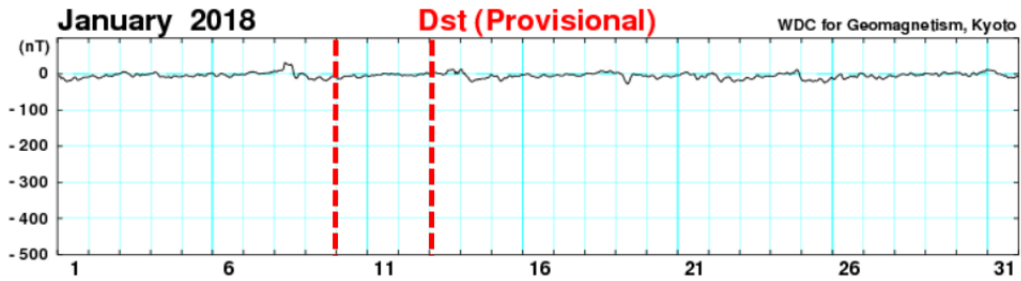
TEC’i etkilemekte olan parametreler arasında; zaman aralığı (günlük, mevsimsel), istasyona/istasyonlara ait coğrafi konum bilgisi, ölçüme ilişkin yerel zaman, normalin dışında UV radyasyon değişikliği, manyetik etkileşimler (Disturbance Storm Time -  $D_{st}$  indeksi), iyonosferik fırtınalar, iyonosferik bozulmalar olarak örneklendirilmektedir [48], [49].



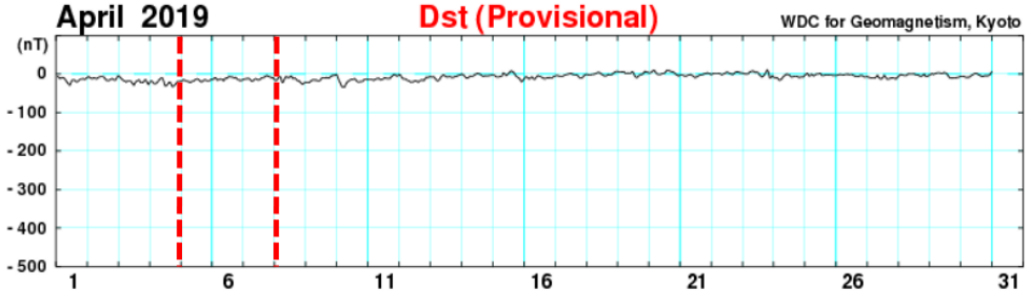
**Şekil 2.6.** İyonosferin GNSS sinyalleri üzerindeki etkisi [50]

GNSS uydularından yansıyan sinyalin alıcıya ulaşırken atmosfer tabakalarından biri olan iyonosferden geçerken burada meydana gelen iyonosferik fırtınalardan etkilenmektedir (Şekil 2.6). Bu etkiler Dst indisi parametresi ile izlenmektedir [50].

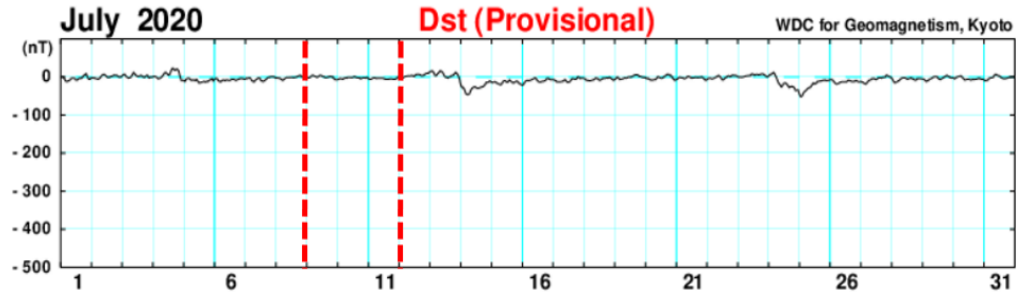
Tez çalışması kapsamında; mevsimsel etkilerin GNSS ölçüleri üzerindeki etkiler araştırılırken, GNSS'e etki eden diğer hata kaynaklarının minimum seviyede tutulmasına özen gösterilmiştir. Bu nedenle çalışma için seçilen 2018-2021 yıllarına ait aylık verilerin iyonosferden en az etkilenmesi için  $D_{st}$  indeksi grafikleri dikkate alınarak GPS günleri seçilmiş ve bu günlere ait TUSAGA-Aktif verileri çalışma verisi olarak kullanılmış olup yapılan çalışmada iyonosferik fırtına etkisinin en az olduğu günler seçilerek mevsimsel etkiler ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır.



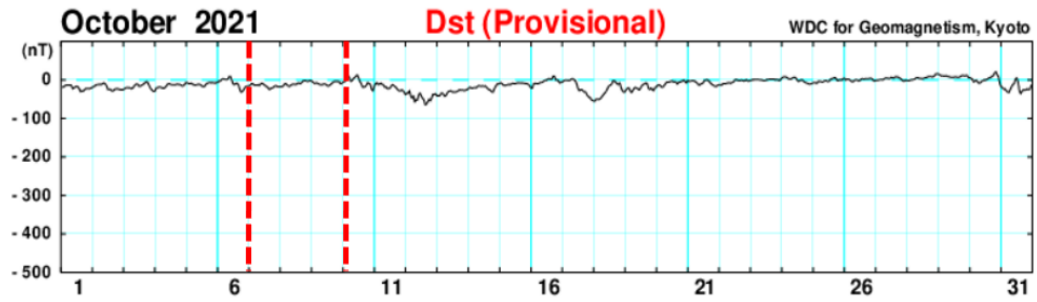
**Şekil 2.7.** 2018 yılı Ocak ayı veri seti gün seçimi [51]



Şekil 2.8. 2019 yılı Nisan ayı veri seti gün seçimi [52]



Şekil 2.9. 2020 yılı Temmuz ayı veri seti gün seçimi [53]

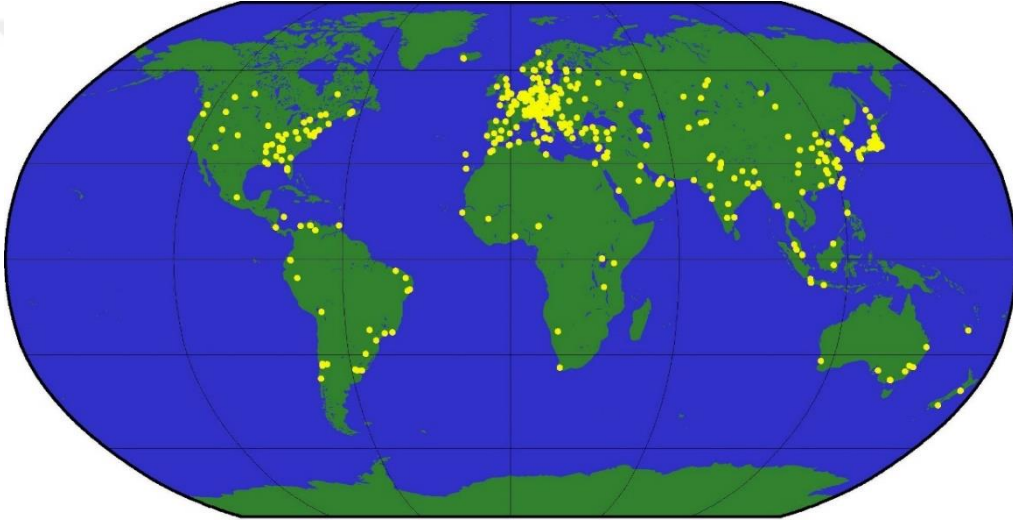


Şekil 2.10. 2021 yılı Ekim ayı veri seti gün seçimi [54]

Şekil 2.7, Şekil 2.8, Şekil 2.9 ve Şekil 2.10’da görüldüğü üzere, çalışmada kullanılacak veri seti için farklı günler belirlenmiştir. Buradaki amaç yalnızca iyonosfer etkisinin en az olduğu günleri seçmek değil aynı zamanda çalışmada her ay için seçilecek üç gün boyunca değişimin en sabit olduğu gün aralıklarının da belirlenmesidir. Ayrıca  $D_{st}$  indeksi grafiklerine bakıldığında iyonizasyon etkilerinin 2020 yılı temmuz ayı ile 2021 yılı ekim aylarında diğer grafiklere göre daha yüksek ve daha düzensiz olduğu sonucuna da ulaşılmaktadır.

### 2.3 Bernese GNSS Yazılımı

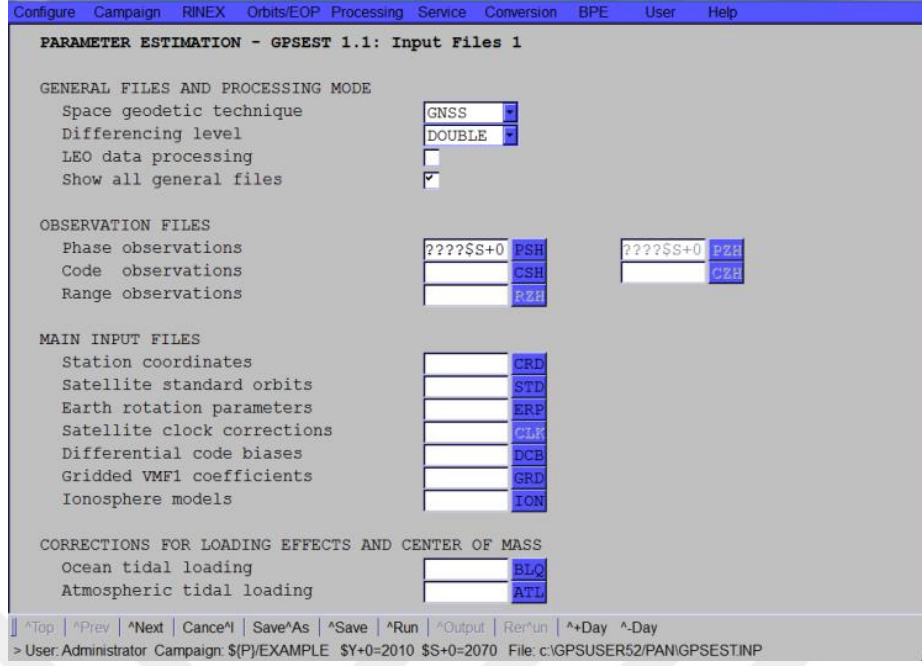
Bern Üniversitesi Astronomi Enstitüsü (Astronomical Institute of the University of Bern – AIUB) tarafından yüksek hassasiyetli ve çoklu GNSS veri işleme yeteneğine sahip olarak geliştirilen bir yazılımdır. Ve bu yönüyle Avrupa’da Yörünge Belirleme Merkezi (Center for Orbit Determination in Europe – CODE) tarafından, Uluslararası GNSS Servisi (International GNSS Service – IGS) ve Avrupa Kalıcı GNSS Ağı (European Permanent GNSS Network - EPN) çalışmaları için tercih edilmesinin yanı sıra dünya çapındaki 700’den fazla kurum tarafından kullanılmaktadır [55]. Şekil 2.11 ile Bernese akademik yazılımını kullanan kurumların coğrafi dağılımı gösterilmektedir.



**Şekil 2.11.** Bernese GNSS Yazılımı kullanan kurumların coğrafi dağılımı [55]

Ülke temel GPS ağlarının kurulması, deformasyon ölçülerinin analizi, kabuk hareketliliğinin araştırılması, referans sistemlerinin oluşturulması gibi yüksek duyarlılık gerektiren bilimsel çalışmalarda kullanılmaktadır [56].

Glonass, Galileo ve GPS uydularına ait gözlem dosyalarını değerlendirme stratejisi üzerine geliştirilmiş olup GNSS ağı dengelemesi gerçekleştirir, işlemler sonucunda noktalara ait hassas konum bilgisini sonuç çıktısı olarak verir ve kullanıcılarına otomatik process gerçekleştirme imkanını BPE (Bernese Processing Engine) ile sunar [57].



Şekil 2.12. Bernese GNSS Yazılımı örnek ekran görüntüsü [57]

## 2.4 Avustralya Çevrimiçi GPS Değerlendirme Servisi (AUSPOS)

Avusturalya Yerbilimleri tarafından geliştirilen çevrimiçi servis, kullanıcılara ücretsiz bir şekilde GPS uydu verisi işleme fırsatı sunmaktadır. Dünyanın herhangi bir yerinde toplanan GPS verisi ile çalışmasının yanı sıra IGS (International GNSS Service) istasyon ağı ve IGS ürünlerinden yararlanabilmektedir. Bu çevrimiçi servis arka planında Bernese akademik yazılımı 5.2 versiyonunu kullanmakta olup kullanıcılara bağıl konum belirleme yöntemine göre nokta konumu hesaplamaktadır [58], [59], [60].

## 2.5 Kanada Uzaysal Referans Sistemi-Hassas Nokta Konumlama (CSRS-PPP)

İnternet tabanlı GNSS veri değerlendirme servislerinden bir diğeri de Kanada Ulusal Kaynaklar Kurumu (Natural Resources Canada - NRCan) tarafından geliştirilen Kanada Uzaysal Referans Sistemi-Hassas Nokta Konumlama'dır. RINEX veya sıkıştırılmış RINEX formatındaki dosyaların girdi olarak tanımlandığı sistemde, seçilen çözüm parametrelerine göre ister statik ister kinematik modda konum belirleyen internet tabanlı GNSS veri değerlendirme servsidir [61].

AUSPOS'tan farklı olarak hem GPS hem de GLONASS verilerini değerlendirebilmektedir, ayrıca statik moddaki GNSS verilerinin yanı sıra kinematik moddaki GNSS verilerini de işleyebilmektedir. Ayrıca uydu yörünge kaynağı olarak hem IGS ürünlerini hem de NRCAN ürünlerini bir arada kullanabilmektedir [62].

CSRS-PPP servisinde veri işleme modu olarak statik ve kinematik olarak iki mod seçimi mevcuttur. Servis arka planda Spark yazılımını kullanmaktadır. Kullanıcılar dilerse okyanus gelgit bilgilerine ilişkin dosyayı ekleyebilir ve aynı zamanda yükledikleri gözlem verilerinin hangi referans çerçevesinde işleneceğine de karar verebilmektedir ve bu kısımda NAD83 (Kuzey Amerika 1983 Datumu – The North American Datum of 1983) ve ITRF (Uluslararası Yersel Referans Çerçevesi – International Terrestrial Reference Frame) referans çerçeveleri kullanıcılara seçenek olarak sunulmaktadır.

Veri girişi gerçekleştirilirken sisteme RINEX formatlı veri çoklu halde “.zip” ya da “.tar” formatında arşivlenerek yüklenebilmektedir (Şekil 2.13).

CSRS-PPP servisi; uydu hassas yörünge bilgileri, saat düzeltmeleri, ekipmandan kaynaklanacak gecikme yanlılığı tahminleri kullanır ve küresel bir GNSS ağ alıcılarından türetilen yer dönme parametreleri ile kullanıcı konumunu doğru bir şekilde belirler. Bu strateji ile yakındaki baz istasyonlarını kullanarak diğer çevrimiçi veri değerlendirme servislerinden ayrılmaktadır [63].

20 Ekim 2020 tarihinde Kanada Doğal Kaynaklar'ın bir bölümü olan Kanada Jeodezi Araştırması (The Canadian Geocetic Survey – CGS), CSRS-PPP çevrimiçi servisine ait hizmeti güncellemiştir. Bu güncelleme ile birlikte 1 Ocak 2018 tarihi ve sonrasında toplanan veriler için başlangıç faz belirsizliği taşıyan faz gözlemlerini kesin aralıklara dönüştürerek belirsizlik çözümü gerçekleştiren PPP-AR algoritmasını geliştirmiştir [63], [82]. Ayrıca CSRS-PPP çevrimiçi servisinde gerçekleştirilen PPP-AR algoritması ile ölçülerin değerlendirilmesinde aranan hassasiyetin elde edilmesi için ölçü sürelerinin uzatılmasına gerek kalmamaktadır [82].

Email for results (required)

Processing mode  
☒ Static ☐ Kinematic  
NAD83 ITRF  

- The epoch will be the same as the GPS data.
- A UTM zone will be calculated from the longitude.

Vertical datum  
CGVD2013

Contribute to passive control maintenance? (What is this?)  
☐ Authorize the Canadian Geodetic Survey to archive and publish CSRS-PPP submission and solution  
Official Canadian federal or provincial geodetic marker number

▼ More options  
OTL File (Who should use this file?)  
Dosya Seç Dosya seçilmedi

RINEX observation file(s), 300 MB max (.zip, .gz, .Z, .tar, .??O)  
Note: You may submit multiple RINEX files in a single .zip or .tar archive  
Dosya Seç Dosya seçilmedi  
☐ Remove plots from CSRS-PPP solution PDF report (Why?)

Submit to PPP

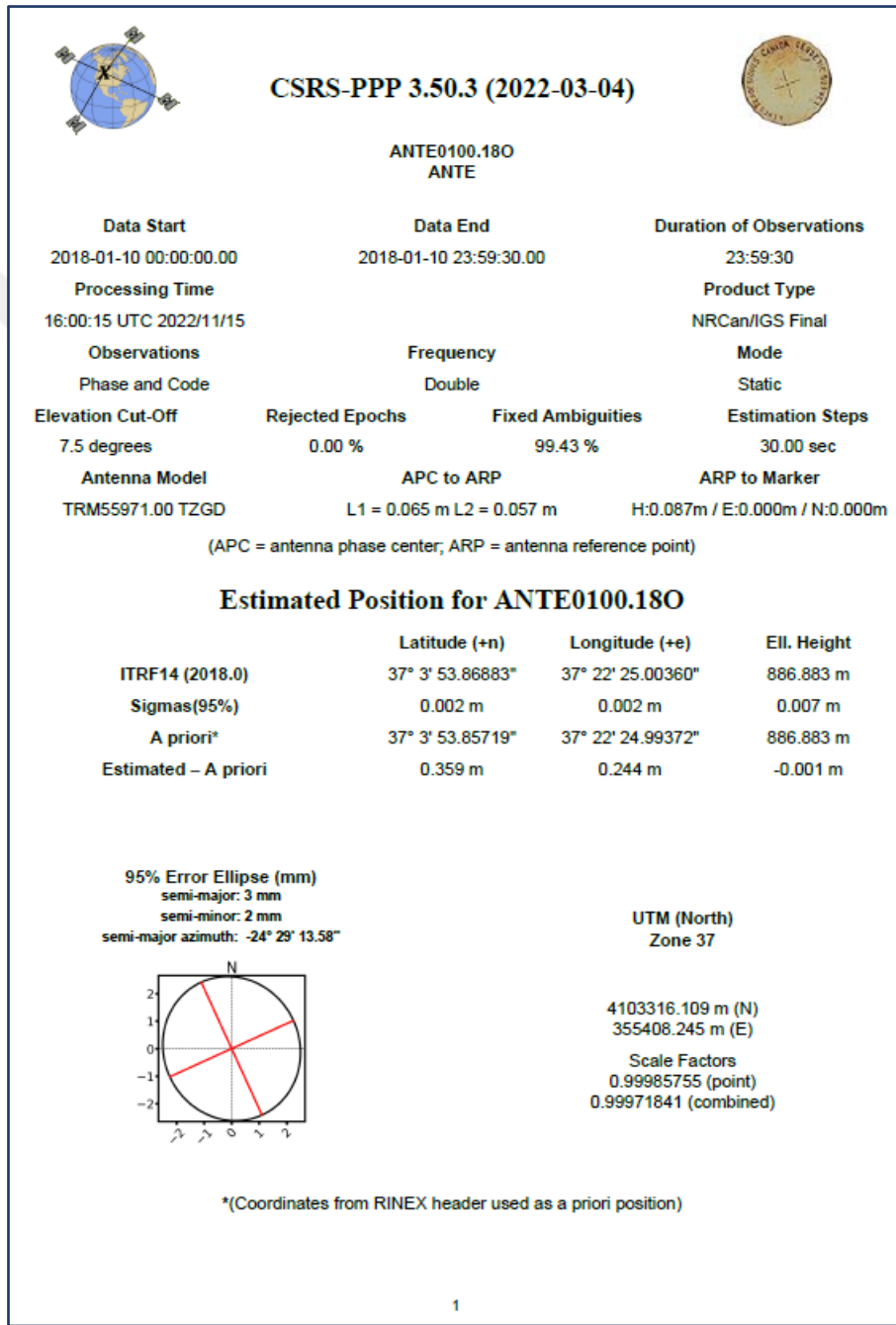
Use of Canadian Geodetic Survey products and data is subject to the [Open Government Licence - Canada](#)  
[Geodetic Reference Systems Information](#)

Şekil 2.13. CSRS-PPP veri girişi ana ekranı [61]

Servis sonuç çıktısı olarak kullanıcının sisteme tanımladığı olan elektronik posta adresine, yüklemiş olduğu dosya formatında servis çıktılarını sunmaktadır. Servis çıktıları “.clk, .csv, .pdf, .pos, .sum ve .tro” formatlı dosyalardır. İstasyonlara ait CSRS-PPP servisine göre kestirilen kartezyen koordinat bilgileri “.sum” uzantılı dosyadan elde edilmektedir (Şekil 2.14).

Sonuç çıktılarında elde edilen pdf dosyası içeriğinde istasyonda gerçekleştirilen ölçüme dair teknik detaylar, hata elipsi çizimi, uydu gökyüzü dağılım çizimi ve görülen uydular, enlem-boylam-yükseklik farkları, kestirilen troposferik zenit gecikmesi, istasyon saat hatası, taşıyıcı faz ve pseudo range artık hataları, faz ambiguity çözümü bilgileri yer almaktadır (Şekil 2.15).

| ELL GRS80 |      |       |              |             |              |       |                |  |            |            |                |
|-----------|------|-------|--------------|-------------|--------------|-------|----------------|--|------------|------------|----------------|
| POS       | CRD  | SYST  | EPOCH        |             | A_PRIORI     |       | ESTIMATED      |  | DIFF       | SIGMA(95%) | CORRELATIONS   |
| POS       | X    | IGS14 | 18:010:43185 |             | 4050047.3866 |       | 4050047.0658   |  | -0.3208    | 0.0051     | 1.0000         |
| POS       | Y    | IGS14 | 18:010:43185 |             | 3093540.1594 |       | 3093540.2217   |  | 0.0623     | 0.0041     | 0.8136 1.0000  |
| POS       | Z    | IGS14 | 18:010:43185 |             | 3823682.7521 |       | 3823683.0382   |  | 0.2861     | 0.0047     | 0.8312 0.7764  |
| POS       | LAT  | IGS14 | 18:010:43185 | 37 3        | 53.85719     | 37 3  | 53.86883       |  | 0.3591     | 0.0021     | 1.0000         |
| POS       | LON  | IGS14 | 18:010:43185 | 37 22       | 24.99372     | 37 22 | 25.00360       |  | 0.2442     | 0.0020     | -0.0562 1.0000 |
| POS       | HGT  | IGS14 | 18:010:43185 |             | 886.8834     |       | 886.8826       |  | -0.0008    | 0.0075     | -0.1118 0.0161 |
| PRJ       | TYPE | ZONE  | EASTING      | NORTHING    | SCALE_POINT  |       | SCALE_COMBINED |  | HEMISPHERE |            |                |
| PRJ       | UTM  | 37    | 355408.245   | 4103316.109 | 0.99985755   |       | 0.99971841     |  | N          |            |                |



**Tablo 2.1.** AUSPOS ve CSRS-PPP servisleri karşılaştırma [64], [65], [66]

| <b>Servis Parametre Bilgileri</b> | <b>AUSPOS</b>         | <b>CSRS-PPP</b>                                        |
|-----------------------------------|-----------------------|--------------------------------------------------------|
| <b>Konum Belirleme Tekniği</b>    | Bağıl Konum Belirleme | Mutlak Konum Belirleme (PPP)                           |
| <b>Uydu Türleri</b>               | GPS                   | GPS, GLONASS                                           |
| <b>Uydu Yörünge Kaynağı</b>       | IGS                   | IGS ve NRCAN                                           |
| <b>Yazılım</b>                    | Bernese               | SPARK                                                  |
| <b>Veri Formatı</b>               | RINEX 2.0, 2.11       | RINEX 2.0, 2.11, Hatanaka                              |
| <b>Uydu Yükseklik Açısı</b>       | Min. 7°               | Min. 10°                                               |
| <b>Troposfer Modeli</b>           | GMF                   | Hidrostatik Gecikme: GPT<br>Haritalama Fonksiyonu: GMF |
| <b>Anten Düzeltmesi</b>           | IGS                   | IGS                                                    |
| <b>Koordinat Türü</b>             | Jeodezik – Kartezyen  | Jeodezik – Kartezyen                                   |
| <b>Referans Çerçevesi</b>         | ITRF-14               | ITRF-14 / NAD83                                        |

Bu çalışmada AUSPOS ve CSRS-PPP çevrim içi GNSS veri değerlendirme servislerinin doğruluk performansları incelendiğinden Tablo 2.1 ile servislerin kabul ettiği veri türü, veri formatı, kullandığı yazılım, referans çerçevesi gibi servislere ilişkin detay bilgiler özetlenmiştir.

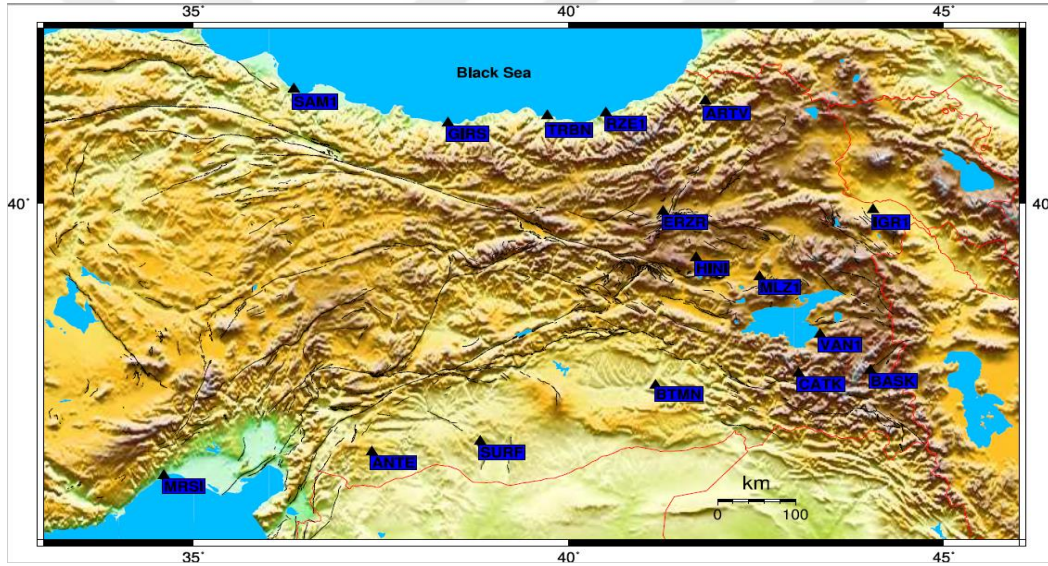
### 3.1 GNSS Ölçülerinin Değerlendirilmesi

Bu çalışmada, mevsimsel değişimlerin GNSS ölçüleri üzerindeki etkilerinin irdelenmesi ve internet tabanlı GNSS veri değerlendirme servislerinin bu kapsamda kullanılabilirliğinin araştırılmasında 16 TUSAGA-Aktif istasyonuna ilişkin 2018-2021 yılları arasında her ay için üç günlük Rinex verisi kullanılmıştır. Belirtilen yıllar arasında iyonosfer etkisinden kaynaklanan hataları minimum seviyede tutmak için iyonosfer etkisinin en düşük olduğu üç ardışık GNSS günü seçilmiştir. Şekil 3.1’de TUSAGA-Aktif Ağı’na ait tüm noktalar gösterilmektedir.

Nokta seçiminde Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından her yıl yayınlanan yıl iklim değerlendirmesi raporları dikkate alınarak üç ayrı bölge ve her bir bölge için TUSAGA-Aktif istasyonları seçilmiştir. Sıcaklık etkisinin araştırılmasında; Şanlıurfa iline ait SURF, Iğdır’a ait IGR1, Gaziantep’e ait ANTE, Batman ilindeki BTMN, Mersin’deki MRSI istasyonları seçilirken, kar yağışı etkisi için; Van’a ait VAN1, Erzurum’a ait ERZR, Van/Başkale’ye ait BASK, Van/Çatak’a ait CATK, Erzurum/Hınıs’taki HINI, Muş/Malazgirt’teki MLZ1 istasyonları, yağış etkisinin irdelenmesinde ise; Artvin’e ait ARTV, Samsun’a ait SAM1, Rize’ye ait RZE1, Giresun’a ait GIRS, Trabzon’a ait TRBN istasyonları bölgenin fiziksel ve iklimsel yapısını yansıtacağı düşünülerek tercih edilmiştir (Şekil 3.2, Tablo 3.1).



**Şekil 3.1.** TUSAGA-Aktif Ağı ve istasyon isimleri [67]



**Şekil 3.2.** Çalışmada değerlendirilen TUSAGA-Aktif istasyonları

İstasyonların yıllık ve mevsimsel konum değişimleri incelenirken mevsimleri tanımlamak amacıyla;

Kış Mevsimi: Aralık, Ocak, Şubat

İlkbahar Mevsimi: Mart, Nisan, Mayıs

Yaz Mevsimi: Haziran, Temmuz, Ağustos

Sonbahar Mevsimi: Eylül, Ekim, Kasım aylarına ilişkin ortalama değerler kullanılmıştır.

**Tablo 3.1.** İstasyonlara ait il ve yaklaşık enlem-boylam koordinat bilgileri

| İstasyon Adı | İl        | Enlem      | Boylam     |
|--------------|-----------|------------|------------|
| ANTE         | Gaziantep | 37.0649646 | 37.3736128 |
| ARTV         | Artvin    | 41.1750997 | 41.8183223 |
| BASK         | Van       | 38.0434474 | 44.0173082 |
| BTMN         | Batman    | 37.8636058 | 41.1544871 |
| CATK         | Van       | 38.0073484 | 43.0606974 |
| ERZR         | Erzurum   | 39.9056106 | 41.2554708 |
| GIRS         | Giresun   | 40.9226313 | 38.3881618 |
| HINI         | Erzurum   | 39.3687901 | 41.6957922 |
| IGR1         | Iğdır     | 39.9264457 | 44.0537542 |
| MLZ1         | Muş       | 36.7810026 | 34.6025956 |
| MRSI         | Mersin    | 39.1459039 | 42.5405769 |
| RZE1         | Rize      | 41.0368981 | 40.4930971 |
| SAM1         | Samsun    | 41.3084957 | 36.3337674 |
| SURF         | Şanlıurfa | 37.1918506 | 38.8180260 |
| TRBN         | Trabzon   | 41.0054116 | 39.7114944 |
| VAN1         | Van       | 38.4693418 | 43.3458161 |

### 3.1.1 GNSS Ölçülerinin Bernese v5.2 ile Değerlendirilmesi

GNSS veri değerlendirmede kullanılan akademik yazılımlar ile;

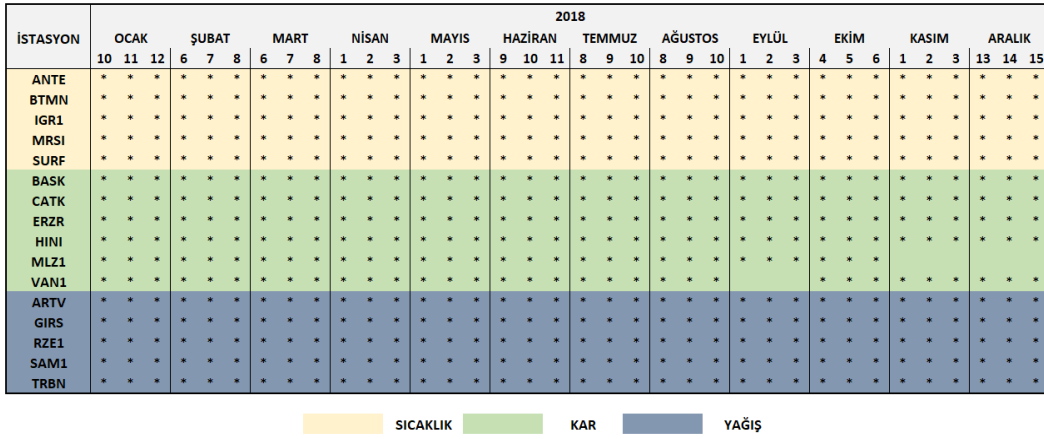
- yersel ve göksel referans sistemleri için doğru gözlem modellerinin oluşturulması,

- güvenilir veri düzenlemesi (sinyal kesilmesi, kaba hatalar),
- koordinat, yörünge, troposferik etki, alıcı saat hatası, kutup hareketi ve dünyanın dönme hızının kestirimi,
- uzun baz uzunlukları için ambiguity çözüm algoritmaları,
- kullanılan referans istasyonları arasında dönüşüm parametrelerinin kestirimi,
- plaka tektoniği ve deprem anındaki yer değiştirmelerin irdelenmesinde istasyonlara ait konumların kinematik modellerle ifade edilmesi gibi birçok işlem gerçekleştirilmektedir [68].

Bu çalışmada Bernese v5.2 akademik yazılımı, jeodezik çalışmalar ve diğer uygulamalar için yüksek kalite standartlarını karşılaması ve veri değerlendirme stratejisinde gerçekleştirilen faz belirsizliği çözümü ile faz kesikliklerinin eliminasyonunun otomatik olarak gerçekleştirilmesi nedeniyle Bernese v5.2'den elde edilen koordinat ve standart sapma bilgileri referans olarak seçilmiştir ve internet tabanlı yazılımların doğruluklarının analizinde kullanılmıştır [69], [70].

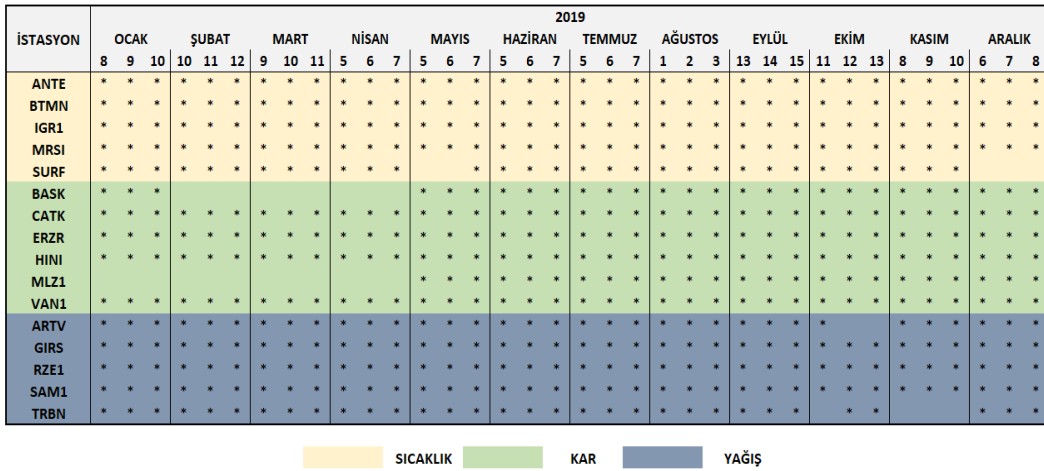
Ön değerlendirme aşaması için girdi dosyaları hazırlanmış ve istasyonlar için elde edilen ham veriler Bernese için gerekli formata dönüştürülmüştür. Uluslararası GNSS Servisi'nden (IGS) elde edilen hassas yörünge parametreleri ve yer dönme parametreleri aracılığıyla tablolanan yörünge dosyaları ile uydu saatlerine ilişkin dosyalar oluşturulmuştur [42].

Kar, yağış ve sıcaklığın seçilen GNSS istasyonlarına ait konum doğruluklarına ilişkin etkilerinin incelenmesinde her istasyon için başlangıçta 2018-2021 yılları aralığında her yılın 12 ay, 3 günlük verileri kullanılmıştır. Şekil 3.3'te 2018, Şekil 3.4'te 2019, Şekil 3.5'te 2020 ve Şekil 3.6'da 2021 yıllarına ait seçilen GNSS gözlem tarihleri sunulmaktadır.



**Şekil 3.3.** 2018 yılı gözlem tarihleri

2018 yılında MLZ1 istasyonuna ait elde edilen RINEX dosyaları arasında Kasım ve Aralık aylarına ilişkin veri elde edilememiştir. Bu nedenle bu noktaya ait sonbahar ve kış mevsimleri belirlenirken diğer noktalara kıyasla daha az veriden faydalanılmıştır. Aynı durum VAN1 noktasının Eylül ayına ilişkin sağlıklı veri elde edilememesinde de yaşanmıştır.

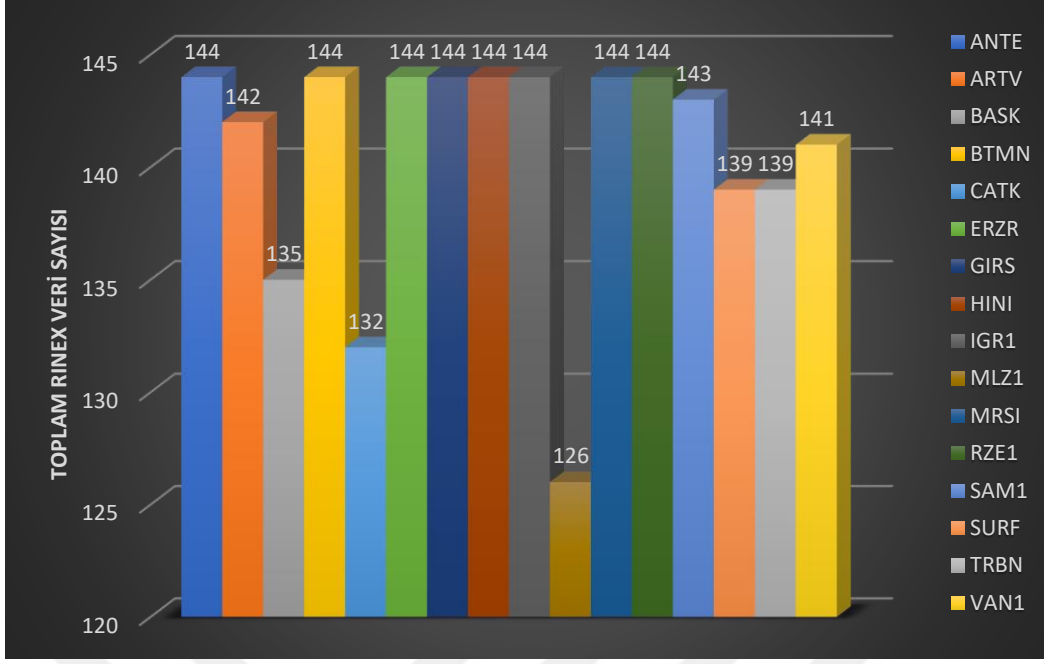


**Şekil 3.4.** 2019 yılı gözlem tarihleri

2019 yılında indirilen verilere bakıldığında; SURF istasyonu için aralık ayında veri bulunmamaktadır, istasyonun kış mevsimindeki davranışının incelenmesinde Ocak ve Şubat ayındaki verilerden yararlanılmıştır.

MLZ1 istasyonunda ocak, şubat, mart ve nisan aylarına dair veri alınamaması durumu ise, noktanın kış mevsimindeki hareketlerinin irdelenememesine neden olmuştur.





**Şekil 3.7.** İstasyonlara ait toplam RINEX veri sayısı

Çalışma kapsamında seçilen TUSAGA-Aktif istasyonlarına ilişkin indirilen RINEX verilerinin toplam sayısına ait grafik Şekil 3.7.'de gösterilmektedir. Görüldüğü üzere 4 yıl, 12 ay, 3 günlük veriler için her noktanın 144 adet ( $4 \times 12 \times 3$ ) verisi olması gerekirken birçok noktada bu beklenti sağlanamamıştır.

Bernese 5.2 yazılımı kullanarak GNSS verilerinin değerlendirilmesinde aşağıdaki strateji izlenmiştir:

- Seçilen TUSAGA-Aktif istasyonlarına ait ham veriler ağ internet sitesinden temin edilmiştir. Ön değerlendirme aşamasının gerçekleştirilmesi amacıyla istasyonlar arasındaki baz (baseline) bileşenleri oluşturulmuş. İstasyon isimlerinin kısaltma bilgilerini içeren “.ABB” dosyaları, istasyonlara ilişkin yaklaşık enlem-boylam bilgilerinin bulunduğu “.CRD” dosyası ve istasyonlarda gerçekleştirilen ölçüm stratejilerine ilişkin anten tipi, alıcı tipi ve antenlere ilişkin yükseklik bilgilerinin sunulduğu “.STA” uzantılı dosyalar hazırlanarak girdi olarak işlenmiştir.
- İstasyonlara ait ham veriler Bernese v5.2 yazılımında kullanılmak üzere uygun formata dönüştürülmüştür ve hassas yörünge bilgileri ile yer dönme parametre bilgileri kullanılarak hassas yörünge dosyaları ile uydu saat dosyaları hazırlanmıştır.

- Bernese v5.2 formatlı veri dosyaları ile hassas yörünge ve tablolanan yörüngelere ilişkin saat bilgilerinden elde edilen veriler, CODSP programı kullanılarak kod gözlemleri değerlendirilmiştir ve alıcılara ait saat düzenlemeleri hesaplanmıştır.
- Sonrasında faz ölçüleri kullanılarak ‘‘STAR’’ modeline göre tekli farklar oluşturulmuş olup bu aşama için SNGDIF programı kullanılmıştır. Faz gözlemlerinin MAUPRP programı kullanılarak ön değerlendirildiği aşamada ise faz sıçramaları tespit edilmiştir. Faz kesikliklerinin yaşandığı zaman dilimleri bulunarak düzeltilmiştir ve ölçü epogundaki koordinat değerlerine iyileştirmeler gerçekleştirilmiştir.
- GPSET-I programı ile iyonosferden bağımsız ( $L_3$ ) düzeltme değerleri hesaplanmıştır ve hesaplama sırasında 1 mm önsel standart sapma değeri atanarak sıkı koşul uygulaması gerçekleştirilmiştir. Hesaplanan düzeltmeler sonrasında istasyon ve istasyonlar arasında kurulan bazlara ilişkin düzeltmeler için istatistiksel değerler elde edilmiştir ve bu aşama RESRMS programı ile gerçekleştirilmiştir. Elde edilen istatistiki değerler arasında hatalı sonuçlar SATMRK programı ile gözlem dosyalarından çıkarılmıştır. Bu aşamanın tamamlanması ile ön değerlendirme kısmı sonlandırılmıştır.
- Ayıklanan hatalı sonuçların ardından GPSET programı tekrardan çalıştırılmış ve troposfer dosyası hazırlanmıştır, bu aşama GPSET-II olarak genellenmiştir.
- GPSET-III aşamasına geçilerek oluşturulan tüm bazlar için faz başlangıç belirsizliği (ambiguity) çözümü gerçekleştirilmiştir. Ambiguity çözümü sonrasında GPSET-IV aşamasına geçilerek tüm ağ dengelenmiştir ve önceki aşamada çözülemeyen tam sayı belirsizlikleri çözülmüştür.
- Tüm aşamalar sonlandırılarak normal denklemlere ilişkin ‘‘.NQ0’’, gerçekleştirilen ağ dengelemeleri sonucu istasyonlara ilişkin koordinat bilgilerini içeren ‘‘.CRD’’ ve ölçülere ait kofaktör matris elemanlarını içeren ‘‘.COV’’ dosyaları oluşturulmuştur [42], [71], [72].

### 3.2 Toposentrik Koordinat Sistemine Dönüşüm

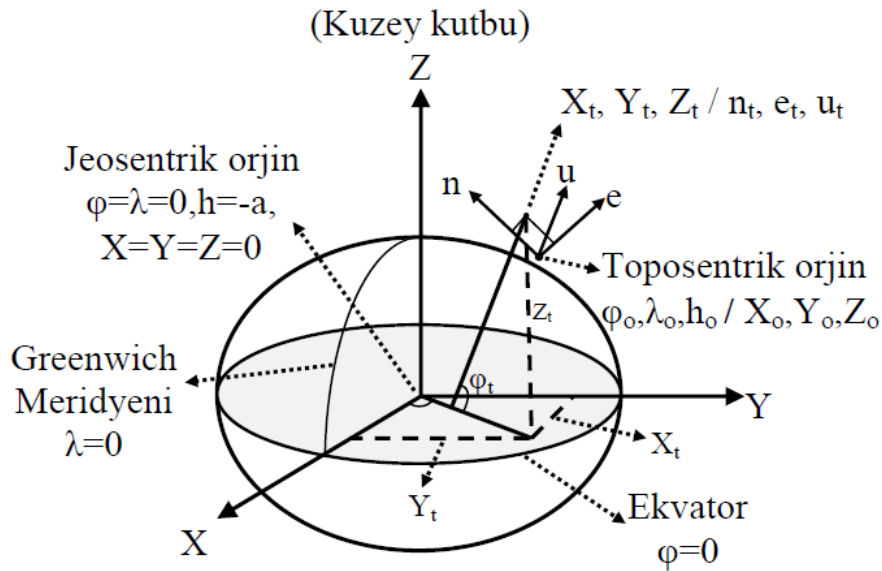
GNSS değerlendirme servis ve yazılımlarından elde edilen Kartezyen Koordinat Sistemi’ne ilişkin üç boyutlu X, Y, Z koordinatları, dönüşüm matrisi kullanılarak

Toposentrik Koordinat Sistemi'ne dönüştürülmüştür. Buradaki amaç, istasyonlara ait yatay ve düşey yöndeki koordinat bileşenlerinin doğruluklarını belirlemektir.

Nokta hareketlerinin incelenmesinde hız büyüklüklerinin yanı sıra yön bilgisi de önem arz etmekte olduğundan çalışma kapsamında GNSS verilerinin değerlendirilmesi sonucu Kartezyen Koordinat Sistemi'nde elde edilen üç boyutlu koordinat değerlerinin, referans seçilen ilk aya ait ortalama değerlere ilişkin kartezyen değerlerden farkı alınarak ölçüm günleri arasında fark bileşenleri oluşturulmuştur.

İki sistem arasındaki dönüşümün gerçekleştirilmesi amacıyla başlangıç alınan Kartezyen Koordinat Sistemi'nde bulunan istasyonların her biri için, jeodezik/coğrafi koordinatları kullanılarak R dönüşüm matrisi oluşturulmuştur [73].

Oluşan bu farkların üç boyutlu toposentrik koordinat sistemine dönüştürülmesi ile istasyonlara ait Kuzey-Güney, Doğu-Batı ve Yükseklik bileşenleri elde edilmiş ve bu bilgiler kullanılarak istasyonların hangi yönde hareket ettiği ifade edilmeye çalışılmıştır. Şekil 3.8'de dönüşüm gerçekleştirilen koordinat sistemleri bir arada gösterilmektedir.



**Şekil 3.8.** Jeosentrik ve Toposentrik koordinat sistemleri [62]

Bu iki sistem arasındaki dönüşüm [74];

$$\Delta_{X_i} = X_i - X_0 \quad (3.1)$$

$$\Delta_{Y_i} = Y_i - Y_0 \quad (3.2)$$

$$\Delta_{Z_i} = Z_i - Z_0 \quad (3.3)$$

$$\begin{bmatrix} \mathbf{n}_i \\ \mathbf{e}_i \\ \mathbf{u}_i \end{bmatrix}_m = \begin{bmatrix} -\sin\varphi \cdot \cos\lambda & -\sin\varphi \cdot \sin\lambda & \cos\varphi \\ -\sin\lambda & \cos\lambda & 0 \\ \cos\varphi \cdot \cos\lambda & \cos\varphi \cdot \sin\lambda & \sin\varphi \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \Delta_{X_i} \\ \Delta_{Y_i} \\ \Delta_{Z_i} \end{bmatrix}_m \quad (3.4)$$

Burada;  $X_0, Y_0, Z_0$  değerleri ölçüm gerçekleştirilen istasyonların çalışma yılları kapsamındaki ilk ölçüm ayına ait yer merkezli (jeosentrik) aylık ortalama değerleridir ve referans/gerçek kartezyen koordinat değeri olarak kabul edilmektedir.

Her istasyonun ölçüm aylarındaki üç günlük verilerinden kaba hatalı ölçülerin ayıklanması sonucu kalan günlerdeki kartezyen değerlerin ortalaması, o aya ilişkin kesin kartezyen değeri ifade etmektedir.

Dönüşüm öncesinde her istasyon için kesin kartezyen değerleri hesaplanmıştır. onrasında istasyonlara ait kesin kartezyen değerlerinden hesaplanan  $X_0, Y_0, Z_0$  ortalama değerler çıkarılarak  $\Delta_{X_i}, \Delta_{Y_i}$  ve  $\Delta_{Z_i}$  değerleri elde edilmiştir (3.1-3.3).

Bu değerlerin alt alta yazılmasıyla oluşturulan sütun vektörü ile ilgili istasyona ait enlem-boylam bilgileri kullanılarak oluşturulan dönüşüm matrisinin çarpımı sonucunda istasyona ait toposentrik koordinatlar yani n, e, u değerleri elde edilmiştir (3.4).

Burada “n” değeri istasyonun toposentrik koordinat sistemindeki Kuzey-Güney bileşenini ifade ederken, “e” değeri Doğu-Batı bileşenini ve “u” değeri ise Yükseklik bileşenini temsil etmektedir.

Çalışma kapsamında yer alan istasyonlara ait GNSS veri değerlendirme yazılım (Bernese v5.2) ve servislerinden (AUSPOS ve CSRS-PPP) elde edilen tüm koordinat verileri bu işlem aracılığı ile toposentrik koordinat sistemine dönüştürülmüştür.

### 3.3 GNSS İstasyonlarına İlişkin Hız Bileşenlerinin Belirlenmesi

Bu çalışmada GNSS istasyonlarına ait 4 yıllık koordinat verileri dikkate alınarak koordinat farklarına göre hız modeli oluşturulmuş ve her istasyonun Kuzey-Güney, Doğu-Batı ve Yükseklik bileşenlerine ilişkin hızları;

$$\mathbf{x}_k = \mathbf{x}_0 + (t_k - t_0) \cdot \mathbf{v}_{x_0} \quad (3.5)$$

$$\mathbf{y}_k = \mathbf{y}_0 + (t_k - t_0) \cdot \mathbf{v}_{y_0} \quad (3.6)$$

$$\mathbf{z}_k = \mathbf{z}_0 + (t_k - t_0) \cdot \mathbf{v}_{z_0} \quad (3.7)$$

(3.5), (3.6) ve (3.7) denklemleri kullanılarak elde edilmiştir. Burada  $t = 0$  zamanındaki başlangıç noktaya ait koordinatlar  $x_0, y_0, z_0$ ; noktaya ait hız vektörlerinin  $x, y, z$  kartezyen koordinat sistemindeki bileşenleri  $v_{x_0}, v_{y_0}, v_{z_0}$  olarak ifade edilmektedir.

(3.5-3.7) denklemlerinde her bir başlangıç koordinat bileşeni  $(x_0, y_0, z_0)$ , koordinatlara ait yaklaşık değer ve küçültülmüş bilinmeyenler ile ifade edilirse;

$$\mathbf{x}_0 = \delta_{x_0} + x_{0,0} \quad (3.8)$$

$$\mathbf{y}_0 = \delta_{y_0} + y_{0,0} \quad (3.9)$$

$$\mathbf{z}_0 = \delta_{z_0} + z_{0,0} \quad (3.10)$$

olur.

(3.8-3.10) ifadeleri, (3.5-3.7) denklemlerinde yerine konduğunda tekrardan düzenlenerek;

$$\mathbf{v}_x = \delta_{x_0} + (t_k - t_0) \mathbf{v}_{x_0} - l_{x_k} \quad (3.11)$$

$$\mathbf{v}_y = \delta_{y_0} + (t_k - t_0) \mathbf{v}_{y_0} - l_{y_k} \quad (3.12)$$

$$\mathbf{v}_z = \delta_{z_0} + (t_k - t_0) \mathbf{v}_{z_0} - l_{z_k} \quad (3.13)$$

(3.11-3.13) düzeltme denklemleri elde edilir.

Stokastik model (3.14) ise,

$$\mathbf{C}_{xx} = \sigma_0^2 \mathbf{Q}_{xx} \quad (3.14)$$

şeklinde ifade edilir [75], [76].

Bu çalışmada Bernese v5.2 akademik yazılımı ile AUSPOS ve CSRS-PPP internet tabanlı servislerinden elde edilen GNSS istasyonlarına ilişkin kartezyen koordinatlarının toposentrik sistemdeki karşılıkları kullanılarak tüm istasyonlar için 2018-2021 tarihleri aralığındaki veri seti ile hız ve standart sapma değerleri hesaplanmıştır (Tablo 3.2).

**Tablo 3.2.** İstasyonlara ait ortalama hızlar ve standart sapmaları

| İstasyon<br>Adı | GNSS Veri<br>Değerlendirme Servisi | Kuzey – Güney<br>(mm/yıl) | Doğu – Batı<br>(mm/yıl) | Yükseklik<br>(mm/yıl) |
|-----------------|------------------------------------|---------------------------|-------------------------|-----------------------|
| <b>ANTE</b>     | BERNESE                            | $23.91 \pm 0.19$          | $19.74 \pm 0.21$        | $-1.79 \pm 0.68$      |
|                 | AUSPOS                             | $24.26 \pm 0.15$          | $19.70 \pm 0.14$        | $-1.22 \pm 0.50$      |
|                 | CSRS                               | $24.16 \pm 0.19$          | $19.75 \pm 0.15$        | $-1.93 \pm 0.53$      |
| <b>ARTV</b>     | BERNESE                            | $15.78 \pm 0.28$          | $30.23 \pm 0.27$        | $-0.07 \pm 0.61$      |
|                 | AUSPOS                             | $16.14 \pm 0.27$          | $30.03 \pm 0.18$        | $1.25 \pm 0.87$       |
|                 | CSRS                               | $16.15 \pm 0.26$          | $30.23 \pm 0.17$        | $0.60 \pm 1.31$       |
| <b>BASK</b>     | BERNESE                            | $25.47 \pm 0.20$          | $22.23 \pm 0.21$        | $0.43 \pm 0.63$       |
|                 | AUSPOS                             | $25.76 \pm 0.17$          | $22.14 \pm 0.18$        | $0.50 \pm 0.56$       |
|                 | CSRS                               | $25.79 \pm 0.18$          | $22.20 \pm 0.15$        | $-0.47 \pm 0.56$      |
| <b>BTMN</b>     | BERNESE                            | $23.76 \pm 0.23$          | $21.71 \pm 0.47$        | $1.03 \pm 0.81$       |
|                 | AUSPOS                             | $24.53 \pm 0.14$          | $21.05 \pm 0.23$        | $2.14 \pm 0.69$       |
|                 | CSRS                               | $24.29 \pm 0.15$          | $21.27 \pm 0.21$        | $1.48 \pm 0.72$       |
| <b>CATK</b>     | BERNESE                            | $25.41 \pm 0.25$          | $22.69 \pm 0.39$        | $1.92 \pm 0.99$       |
|                 | AUSPOS                             | $25.95 \pm 0.25$          | $22.06 \pm 0.21$        | $-1.92 \pm 0.93$      |
|                 | CSRS                               | $25.29 \pm 0.26$          | $22.43 \pm 0.19$        | $0.90 \pm 0.78$       |

**Tablo 3.2.** İstasyonlara ait ortalama hızlar ve standart sapmaları (devamı)

|             |         |                  |                  |                  |
|-------------|---------|------------------|------------------|------------------|
| <b>ERZR</b> | BERNESE | $15.05 \pm 0.17$ | $25.06 \pm 0.17$ | $-0.22 \pm 0.62$ |
|             | AUSPOS  | $15.48 \pm 0.15$ | $24.91 \pm 0.12$ | $-0.18 \pm 0.48$ |
|             | CSRS    | $15.35 \pm 0.14$ | $25.07 \pm 0.13$ | $-0.72 \pm 0.51$ |
| <b>GIRS</b> | BERNESE | $13.25 \pm 0.14$ | $24.21 \pm 0.23$ | $1.12 \pm 0.55$  |
|             | AUSPOS  | $13.54 \pm 0.12$ | $24.48 \pm 0.17$ | $1.61 \pm 0.52$  |
|             | CSRS    | $13.46 \pm 0.15$ | $24.55 \pm 0.14$ | $0.93 \pm 0.53$  |
| <b>HINI</b> | BERNESE | $17.47 \pm 0.35$ | $23.39 \pm 0.34$ | $0.04 \pm 0.63$  |
|             | AUSPOS  | $17.86 \pm 0.34$ | $23.36 \pm 0.30$ | $0.38 \pm 0.58$  |
|             | CSRS    | $17.82 \pm 0.35$ | $23.59 \pm 0.31$ | $-0.27 \pm 0.60$ |
| <b>IGR1</b> | BERNESE | $18.35 \pm 0.30$ | $31.27 \pm 0.27$ | $-0.79 \pm 0.53$ |
|             | AUSPOS  | $18.67 \pm 0.29$ | $30.98 \pm 0.20$ | $-0.47 \pm 0.49$ |
|             | CSRS    | $18.54 \pm 0.30$ | $31.16 \pm 0.25$ | $-0.84 \pm 0.48$ |
| <b>MLZ1</b> | BERNESE | $20.77 \pm 0.16$ | $22.95 \pm 0.20$ | $-3.34 \pm 0.54$ |
|             | AUSPOS  | $21.11 \pm 0.14$ | $22.83 \pm 0.15$ | $-2.93 \pm 0.47$ |
|             | CSRS    | $21.06 \pm 0.15$ | $22.98 \pm 0.14$ | $-3.63 \pm 0.50$ |
| <b>MRSI</b> | BERNESE | $14.77 \pm 0.37$ | $14.88 \pm 0.25$ | $2.12 \pm 0.62$  |
|             | AUSPOS  | $15.32 \pm 0.35$ | $14.95 \pm 0.18$ | $2.19 \pm 0.56$  |

**Tablo 3.2.** İstasyonlara ait ortalama hızlar ve standart sapmaları (devamı)

|             |         |                  |                  |                  |
|-------------|---------|------------------|------------------|------------------|
| <b>MRSI</b> | CSRS    | $15.15 \pm 0.40$ | $15.17 \pm 0.19$ | $1.50 \pm 0.53$  |
|             | BERNESE | $12.85 \pm 0.16$ | $25.38 \pm 0.25$ | $-0.27 \pm 0.50$ |
| <b>RZE1</b> | AUSPOS  | $13.28 \pm 0.16$ | $25.25 \pm 0.21$ | $0.10 \pm 0.53$  |
|             | CSRS    | $13.17 \pm 0.16$ | $25.32 \pm 0.20$ | $-0.47 \pm 0.50$ |
|             | BERNESE | $13.55 \pm 0.19$ | $24.29 \pm 0.15$ | $1.52 \pm 0.60$  |
| <b>SAM1</b> | AUSPOS  | $13.57 \pm 0.20$ | $23.75 \pm 0.10$ | $2.45 \pm 0.57$  |
|             | CSRS    | $13.85 \pm 0.19$ | $23.90 \pm 0.10$ | $1.38 \pm 0.54$  |
|             | BERNESE | $26.17 \pm 0.21$ | $19.80 \pm 0.19$ | $0.26 \pm 0.81$  |
| <b>SURF</b> | AUSPOS  | $26.68 \pm 0.16$ | $20.00 \pm 0.12$ | $-0.03 \pm 0.69$ |
|             | CSRS    | $26.56 \pm 0.20$ | $20.11 \pm 0.13$ | $0.11 \pm 0.63$  |
|             | BERNESE | $13.03 \pm 0.14$ | $25.54 \pm 0.26$ | $1.48 \pm 0.64$  |
| <b>TRBN</b> | AUSPOS  | $13.49 \pm 0.18$ | $25.56 \pm 0.15$ | $2.21 \pm 0.60$  |
|             | CSRS    | $13.32 \pm 0.21$ | $25.74 \pm 0.13$ | $1.07 \pm 0.59$  |
|             | BERNESE | $29.60 \pm 0.45$ | $18.05 \pm 0.80$ | $-5.07 \pm 0.58$ |
| <b>VAN1</b> | AUSPOS  | $29.93 \pm 0.49$ | $18.46 \pm 0.78$ | $-5.37 \pm 0.63$ |
|             | CSRS    | $29.87 \pm 0.47$ | $18.79 \pm 0.74$ | $-5.49 \pm 0.53$ |

AUSPOS ve CSRS-PPP servislerinden elde edilen koordinat sonuçlarının Bernese v5.2 yazılımından elde edilen ve referans kabul edilen değerlerle kıyaslanabilmesi için Bernese v5.2'deki veri değerlendirmesi, yer merkezli koordinat sistemine göre gerçekleştirilmiştir.

Tablo 3.2'ye göre, istasyonların kuzey-güney yönündeki hareketinin tamamının “+” olması kuzey yönünde hareket ettiklerini gösterirken, doğu-batı bileşenindeki hareketlerinin tamamının “+” olması doğu yönünde hareket ettiklerini temsil etmektedir.

Çalışmada, istasyonların yer merkezi referanslı hızlarının Kuzey-Güney ve Doğu-Batı bileşenlerinde tamamının “+” olması nedeniyle bu iki bileşenin bileşkeleri alındığında tüm istasyonların kuzeydoğu yönünde hareket ettiği görülmektedir.

Kuzey-Güney bileşeninde en büyük hız değişimi görülen istasyonlar; ANTE, BASK, BTMN, CATK, SURF ve VAN1'dir. Mevsimsel değişikliklerin sıcaklık ve kar yağışının yoğun etkisi altında kalan karasal iklim kuşağındaki bu istasyonların hızlarına olan etkisinin kuzey-güney bileşeninde ortaya çıktığı düşünülmektedir.

Doğu-Batı bileşende ise, en büyük hız değişimi ARTV, ERZR, IGR1, RZE1, SAM1 ve TRBN istasyonlarında görülmektedir. Genel olarak, yağış bölgesinde bulunan istasyonlara ait hızların doğu-batı bileşeninde etkilendiği düşünülmektedir.

Bu çalışmada Bernese v5.2'den elde edilen sonuçları doğru kabul edilerek AUSPOS ve CSRS-PPP servislerinin performansları değerlendirilmeye çalışılmıştır. Kuzey-Güney ve Doğu-Batı bileşenlerine bakıldığında; her bir istasyon için Bernese v5.2'den elde edilen hız bilgileri ile AUSPOS ve CSRS-PPP'den elde edilen hız bilgilerinin birbirine çok yakın sonuçlar verdiği görülmektedir.

GNSS istasyonların Bernese v5.2 ve internet tabanlı GNSS verisi değerlendirme servislerinden elde edilen yatay hızlar ve standart sapma değerleri Tablo 3.3'te, dikey hızlar ve standart sapmalarına ilişkin bilgiler Tablo 3.4'te gösterilmektedir.

**Tablo 3.3.** İstasyonlara ilişkin yatay hızlar ve standart sapma değerleri

| İstasyon<br>Adı | Hız<br>Yönü | Bernese<br>Yatay Hız<br>(mm/yıl) | AUSPOS<br>Yatay Hız<br>(mm/yıl) | CSRS-PPP<br>Yatay Hız<br>(mm/yıl) |
|-----------------|-------------|----------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|
| ANTE            | Kuzeydoğu   | 31.01 ± 0.28                     | 31.25 ± 0.21                    | 31.21 ± 0.24                      |
| ARTV            | Kuzeydoğu   | 34.10 ± 0.39                     | 34.09 ± 0.32                    | 34.27 ± 0.31                      |
| BASK            | Kuzeydoğu   | 33.81 ± 0.29                     | 33.97 ± 0.25                    | 34.03 ± 0.23                      |
| BTMN            | Kuzeydoğu   | 32.18 ± 0.52                     | 32.32 ± 0.27                    | 32.29 ± 0.26                      |
| CATK            | Kuzeydoğu   | 34.07 ± 0.46                     | 34.06 ± 0.33                    | 33.80 ± 0.32                      |
| ERZR            | Kuzeydoğu   | 29.23 ± 0.24                     | 29.33 ± 0.19                    | 29.40 ± 0.19                      |
| GIRS            | Kuzeydoğu   | 27.60 ± 0.27                     | 27.98 ± 0.21                    | 28.00 ± 0.21                      |
| HINI            | Kuzeydoğu   | 29.19 ± 0.49                     | 29.41 ± 0.45                    | 29.56 ± 0.47                      |
| IGR1            | Kuzeydoğu   | 36.26 ± 0.40                     | 36.17 ± 0.35                    | 36.26 ± 0.39                      |
| MLZ1            | Kuzeydoğu   | 30.95 ± 0.26                     | 31.09 ± 0.21                    | 31.17 ± 0.21                      |
| MRSI            | Kuzeydoğu   | 20.97 ± 0.45                     | 21.41 ± 0.39                    | 21.44 ± 0.44                      |
| RZE1            | Kuzeydoğu   | 28.45 ± 0.30                     | 28.53 ± 0.26                    | 28.54 ± 0.26                      |
| SAM1            | Kuzeydoğu   | 27.81 ± 0.24                     | 27.35 ± 0.22                    | 27.62 ± 0.21                      |
| SURF            | Kuzeydoğu   | 32.82 ± 0.28                     | 33.34 ± 0.20                    | 33.31 ± 0.24                      |
| TRBN            | Kuzeydoğu   | 28.67 ± 0.30                     | 28.90 ± 0.23                    | 28.98 ± 0.25                      |
| VAN1            | Kuzeydoğu   | 34.67 ± 0.92                     | 35.16 ± 0.92                    | 35.29 ± 0.88                      |

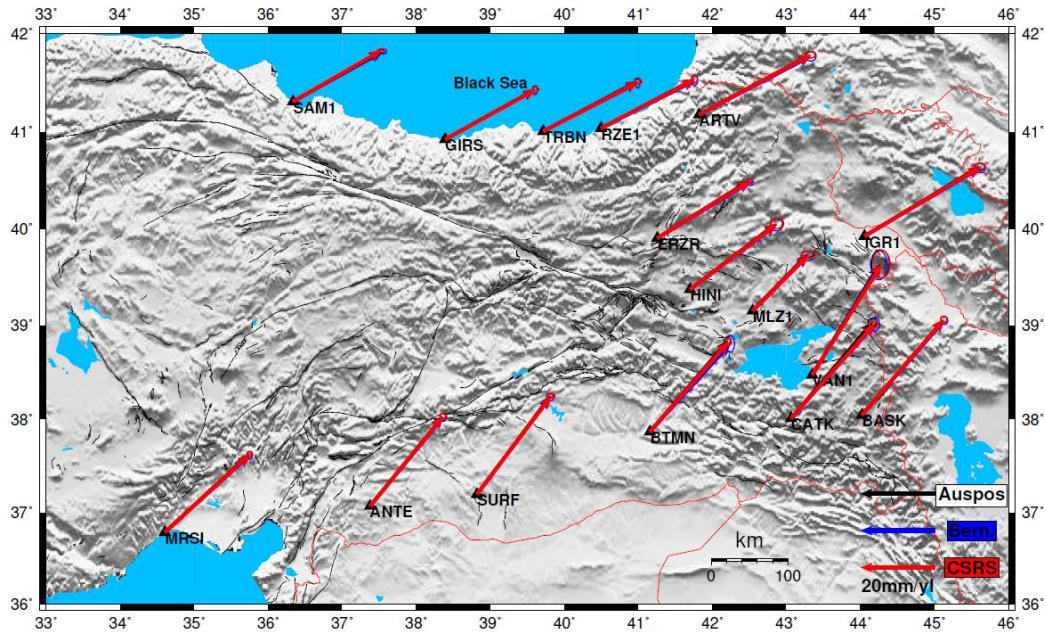
İstasyonlar için Bernese v5.2, AUSPOS ve CSRS-PPP’den hesaplanan hız değerleri ve hız değerlerine ilişkin dengelemeli çözüm ile elde edilen standart sapma sonuçları GMT (The Generic Mapping Tools) programında çizilmiş ve Şekil 3.9 ile Şekil 3.10’da sırasıyla yatay ve düşey hız çizimleri ile hata elipsleri sunulmuştur.

Tüm istasyonlar Bernese v5.2'ye göre ortalama  $30.74 \pm 0.38$  mm/yıl, AUSPOS'a  $30.90 \pm 0.31$  mm/yıl ve CSRS-PPP'ye göre ortalama  $30.95 \pm 0.32$  mm/yıl yatay hız ile hareket etmektedir.

IGR1 istasyonu, kuzeydoğu yönünde 36.26 mm/yıl hız ile en yüksek hız değerine sahip olup Kuzey-Güney bileşeninde  $18.35 \pm 0.30$  mm/yıl ve Doğu-Batı bileşeninde  $31.27 \pm 0.27$  mm/yıl hız ile hareket etmektedir.

Kuzeydoğu yönünde  $20.97 \pm 0.45$  mm/yıl hız ile en düşük hız değerine sahip olan istasyon MRSI istasyonudur, Kuzey-Güney ve Doğu-Batı bileşenleri incelendiğinde Kuzey-Güney bileşeninde  $14.77 \pm 0.37$  mm/yıl ve Doğu-Batı bileşeninde  $14.88 \pm 0.25$  mm/yıl hız ile hareket etmektedir.

Yatay hız bilgilerine bakıldığında, AUSPOS servisinden elde edilen hızların CSRS-PPP servisine kıyasla Bernese v5.2 ile daha uyumlu çıktığı görülmektedir. Bir diğer deyişle, 4 yıllık zaman periyodunda istasyonlara ait yer değiştirmelerde AUSPOS servisinden elde edilen sonuçların CSRS-PPP'ye göre Bernese v5.2 referans değerlere daha yakın çıkmıştır.



**Şekil 3.9.** Bernese, AUSPOS, CSRS-PPP yatay hız çizimleri

Şekil 3.9'da tüm GNSS istasyonlarının yatay hız vektörleri yer merkezi referanslı olmaları nedeniyle kuzeydoğu yönünde görülmektedir [77].

Bernese ve internet tabanlı servislerden elde edilen yatay hız bileşenlerinin çakışması, istasyonlara ait yer değiştirme vektörlerinin yön ve büyüklükleri açısından uyumlu olduğunu ve vektörler arasında dönüklük durumunun mevcut olmadığını göstermektedir (Şekil 3.9).

Tablo 3.4 ile istasyonlara ait hesaplanan düşey hız değerleri sunulmaktadır.

**Tablo 3.4.** İstasyonlara ilişkin düşey hızlar ve standart sapma değerleri

| <b>İstasyon<br/>Adı</b> | <b>Bernese<br/>Düşey Hız<br/>(mm/yıl)</b> | <b>AUSPOS<br/>Düşey Hız<br/>(mm/yıl)</b> | <b>CSRS-PPP<br/>Düşey Hız<br/>(mm/yıl)</b> |
|-------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------|
| <b>ANTE</b>             | $-1.79 \pm 0.68$                          | $-1.22 \pm 0.50$                         | $-1.93 \pm 0.53$                           |
| <b>ARTV</b>             | $-0.07 \pm 0.61$                          | $1.25 \pm 0.87$                          | $0.60 \pm 1.31$                            |
| <b>BASK</b>             | $0.43 \pm 0.63$                           | $0.50 \pm 0.56$                          | $-0.47 \pm 0.56$                           |
| <b>BTMN</b>             | $1.03 \pm 0.81$                           | $2.14 \pm 0.69$                          | $1.48 \pm 0.72$                            |
| <b>CATK</b>             | $1.92 \pm 0.99$                           | $-1.92 \pm 0.93$                         | $0.90 \pm 0.78$                            |
| <b>ERZR</b>             | $-0.22 \pm 0.62$                          | $-0.18 \pm 0.48$                         | $-0.72 \pm 0.51$                           |
| <b>GIRS</b>             | $1.12 \pm 0.55$                           | $1.61 \pm 0.52$                          | $0.93 \pm 0.53$                            |
| <b>HINI</b>             | $0.04 \pm 0.63$                           | $0.38 \pm 0.58$                          | $-0.27 \pm 0.60$                           |
| <b>IGR1</b>             | $-0.79 \pm 0.53$                          | $-0.47 \pm 0.49$                         | $-0.84 \pm 0.48$                           |
| <b>MLZ1</b>             | $-3.34 \pm 0.54$                          | $-2.93 \pm 0.47$                         | $-3.63 \pm 0.50$                           |
| <b>MRSI</b>             | $2.12 \pm 0.62$                           | $2.19 \pm 0.56$                          | $1.50 \pm 0.53$                            |
| <b>RZE1</b>             | $-0.27 \pm 0.50$                          | $0.10 \pm 0.53$                          | $-0.47 \pm 0.50$                           |
| <b>SAM1</b>             | $1.52 \pm 0.60$                           | $2.45 \pm 0.57$                          | $1.38 \pm 0.54$                            |
| <b>SURF</b>             | $0.26 \pm 0.81$                           | $-0.03 \pm 0.69$                         | $0.11 \pm 0.63$                            |
| <b>TRBN</b>             | $1.48 \pm 0.64$                           | $2.21 \pm 0.60$                          | $1.07 \pm 0.59$                            |
| <b>VAN1</b>             | $-5.07 \pm 0.58$                          | $-5.37 \pm 0.63$                         | $-5.49 \pm 0.53$                           |

Servislerden elde edilen kartezyen koordinatların toposentrik sisteme dönüştürülmesiyle elde edilen yükseklik bileşeninin hız büyüklüğü Bernese v5.2 ile ARTV istasyonunun  $-0.07 \pm 0.61$  mm/yıl olarak çökme eğiliminde olduğu hesaplanmıştır. AUSPOS ve CSRS-PPP servislerinden elde edilen hızların ise sırasıyla;  $1.25 \pm 0.87$  mm/yıl ve  $0.60 \pm 1.31$  mm/yıl hız ile yükselme yönünde olduğu görülmektedir (Tablo 3.4).

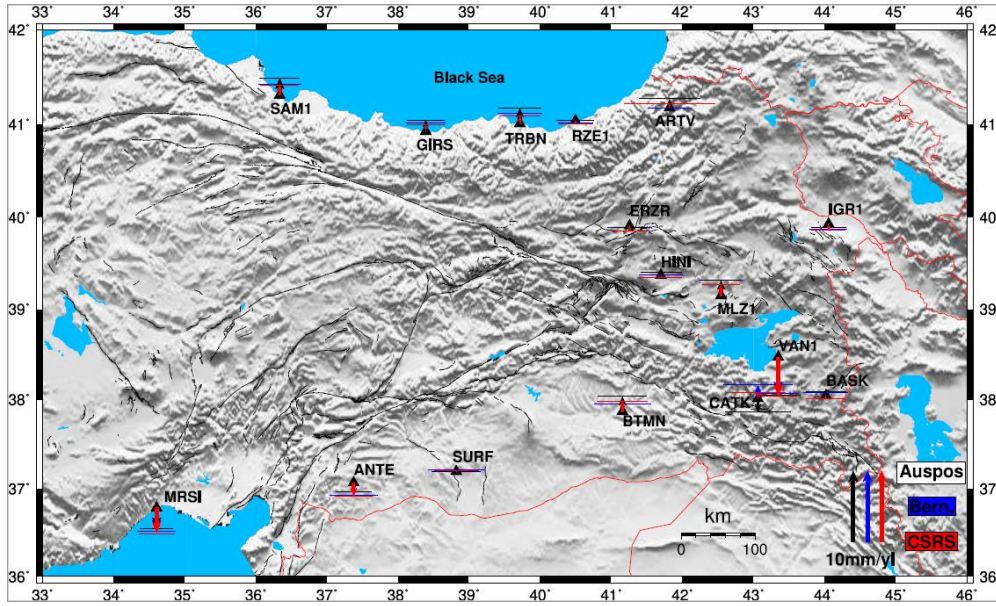
BASK ve HINI istasyonlarının Bernese v5.2 ile tespit edilen yükselme hareketini AUSPOS servisinden elde edilen sonuç desteklemiş, fakat CSRS-PPP'den elde edilen koordinat değerlerinden tam tersi yönde olduğu yani çökme yönünde hareket ettiği tespit edilmiştir (Tablo 3.4).

Benzer durum CATK ve SURF istasyonlarının Bernese v5.2 ve CSRS-PPP'den hesaplanan düşey hız bileşenlerine bakılması sonucunda düşey yönde yükselme, AUSPOS'tan elde edilen sonuçlara göre düşey yönde çökme hareketi gerçekleştirdiği şeklinde hesaplanmasında yaşanmıştır (Tablo 3.4).

SURF istasyonunun Bernese v5.2 ve CSRS-PPP'ye göre düşey yönde yükseldiği sonucu elde edilirken AUSPOS düşey hızına bakıldığında çöktüğü tespit edilmiştir (Tablo 3.4).

Düşey yönde hesaplanan hız bilgilerine göre, VAN1 istasyonu en büyük düşey hız değerine sahip ve  $-5.07 \pm 0.58$  mm/yıl büyüklükte hız ile düşey yönde çökme hareketi gerçekleştirmiştir (Tablo 3.4).

HINI istasyonu düşey yönde en küçük düşey hız değerine sahiptir ve  $0.04 \pm 0.63$  mm/yıl hız ile yükselmiştir (Tablo 3.4).



**Şekil 3.10.** Bernese, AUSPOS, CSRS-PPP düşey hız çizimleri

Şekil 3.10 ile çalışma kapsamında tercih edilen GNSS istasyonlarının Bernese, AUSPOS ve CSRS-PPP'den elde edilen düşey hız çizimleri gösterilmektedir. İstasyonların düşey hız çizimlerine bakıldığında; ARTV, BASK, CATK, HINI ve SURF istasyonlarının düşey hız vektörlerinin aynı yönlü olmadığı görülebilmektedir (Şekil 3.10).

### 3.4 Servislerin Doğruluk Analizi

Çalışma kapsamında değerlendirilen istasyonların Bernese v5.2 akademik yazılımı ile AUSPOS ve CSRS-PPP servislerinden elde edilen sonuçlarının üç boyutlu toposentrik sistemdeki karşılıkları karşılaştırılırken her iki internet tabanlı servisin doğruluğunun analizinde Bernese v5.2'den elde edilen sonuçlar referans kabul edilmiş ve çevrimiçi değerlendirme servislerinin Bernese v5.2 sonuçlarından farklarının karesel ortalama hata değerleri (KOH / Root Mean Square Error - RMS) hesaplanmıştır.

Tekrarlanmış ölçümlerde gözlem sonucu elde edilen sonuçların doğruluklarının testinde hata değeri hesaplanabilmektedir. Bu çalışmada hata değerinin hesaplanması için Bernese v5.2'den elde edilen koordinat sonuçlarının toposentrik kartezyen sistemdeki karşılıkları, gerçek değer olarak kabul edilmiştir.

İnternet tabanlı GNSS değerlendirme servislerinden elde edilen kartezyen koordinatların toposentrik kartezyen karşılıklarının, gerçek kabul edilen değerden sapması **gerçek hata** olarak adlandırılmıştır [78].

Herhangi bir büyüklüğün (x) beklenen ya da gerçek değerinin  $E(x) = \mu$  olduğu varsayılın.

Bu durumda her bir ölçü için beklenen değerden sapma;

$$\epsilon_i = x_i - \mu \quad (3.15)$$

şeklinde ifade edilir ve gerçek hata olarak tanımlanabilir.

Ölçü sayısının ‘n’ olması durumunda RMS ise, ölçülerin beklenen değerden farklarının kareleri toplamının karekök içerisinde ölçü sayısına oranıdır.

RMS değeri tekrarlı ölçülen bir büyüklük için oluşturulan ölçü kümesinde değişimin ortaya çıkarılmasını sağlayan istatistiksel bir büyüklüktür. Beklenen değer gerçeğe yakın olarak kabul edilmesi durumunda bu değişim ölçü kümesine ait doğruluk olarak da ifade edilebilmektedir [79].

$$\text{RMS} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2}{n}} \quad (3.16)$$

RMS değeri, servislerin çalışma kapsamında seçilen istasyonlara ilişkin konum bilgisi kestirimlerinde bir doğruluk belirleme aracı olarak kullanılabilir [80].

Çalışma kapsamında seçilen çevrim içi GNSS veri değerlendirme servislerinde tüm noktalar için hesaplanan RMS değerleri Tablo 3.5 ve Tablo 3.6’da sunulmaktadır. RMS değerleri hesaplanırken Şekil 3.7’de yer alan toplan RINEX veri sayısının tüm istasyonlardaki aylık dağılımı dikkate alınmıştır.

**Tablo 3.5.** AUSPOS servisinin doğruluk analizi sonucu / RMS değerleri

| <b>İstasyon<br/>Adı</b> | <b>Kuzey-Güney<br/>(mm)</b> | <b>Doğu-Batı<br/>(mm)</b> | <b>Yükseklik<br/>(mm)</b> | <b>Yatay Doğruluk<br/>(mm)</b> |
|-------------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------------|
| <b>ANTE</b>             | 1.47                        | 1.31                      | 4.47                      | 1.97                           |
| <b>BTMN</b>             | 2.29                        | 2.57                      | 4.33                      | 3.44                           |
| <b>IGR1</b>             | 1.64                        | 1.31                      | 6.59                      | 2.10                           |
| <b>MRSI</b>             | 1.46                        | 2.08                      | 3.43                      | 2.54                           |
| <b>SURF</b>             | 1.58                        | 1.95                      | 4.93                      | 2.51                           |
| <b>Ort.</b>             | 1.69                        | 1.84                      | 4.75                      | 2.51                           |
| <b>BASK</b>             | 1.58                        | 2.31                      | 4.80                      | 2.80                           |
| <b>CATK</b>             | 1.75                        | 3.08                      | 11.10                     | 3.54                           |
| <b>ERZR</b>             | 1.77                        | 1.40                      | 5.91                      | 2.26                           |
| <b>HINI</b>             | 1.59                        | 1.91                      | 4.70                      | 2.49                           |
| <b>MLZ1</b>             | 1.66                        | 1.45                      | 4.81                      | 2.20                           |
| <b>VAN1</b>             | 1.62                        | 2.21                      | 7.14                      | 2.74                           |
| <b>Ort.</b>             | 1.66                        | 2.06                      | 6.41                      | 2.67                           |
| <b>ARTV</b>             | 1.94                        | 1.65                      | 8.59                      | 2.55                           |
| <b>GIRS</b>             | 1.67                        | 2.28                      | 5.21                      | 2.83                           |
| <b>RZE1</b>             | 2.26                        | 1.70                      | 6.90                      | 2.83                           |
| <b>SAM1</b>             | 1.60                        | 1.47                      | 3.75                      | 2.17                           |
| <b>TRBN</b>             | 1.77                        | 3.19                      | 5.45                      | 3.65                           |
| <b>Ort.</b>             | 1.85                        | 2.06                      | 5.98                      | 2.80                           |

AUSPOS servisinde elde edilen 4 yıllık koordinat bilgilerinin Bernese v5.2 akademik yazılımından elde edilen sonuçlardan farkları kullanılarak servisin doğruluğuna ilişkin Kuzey-Güney bileşeninde elde edilen en düşük değer, 2.29 mm doğrulukla BTMN istasyonuna, en yüksek değer ise 1.46 mm ile MRSI istasyonuna aittir. Doğu-Batı bileşeninde en düşük doğruluk 3.19 mm ile TRBN istasyonuna, en yüksek doğruluk ise 1.31 mm ile ANTE ve IGR1 istasyonlarına aittir. Yükseklik

bileşeninde elde edilen en düşük doğruluk değeri CATK istasyonuna ait 11.10 mm olarak, en yüksek doğruluk ise MRSI istasyonuna ait 3.43 mm olarak hesaplanmıştır. AUSPOS servisi sonuçlarına göre hesaplanan RMS değerlerine bakıldığında; MRSI istasyonu, Kuzey-Güney ve Yükseklik bileşenlerinde en yüksek doğruluklara sahiptir (Tablo 3.5).

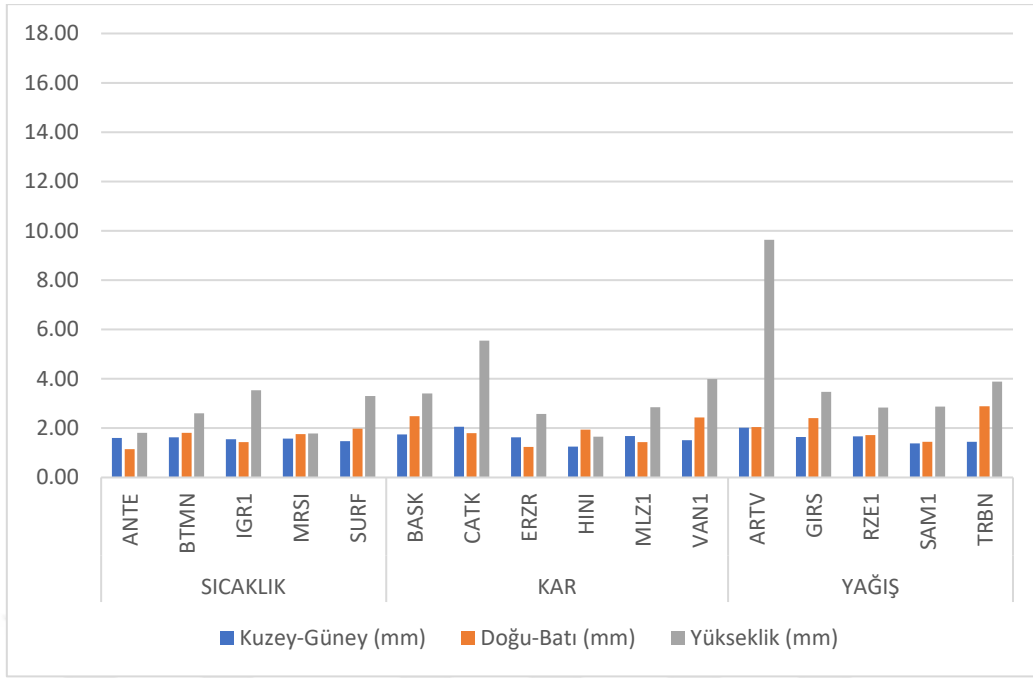
**Tablo 3.6.** CSRS-PPP servisinin doğruluk analizi sonucu / RMS değerleri

| <b>İstasyon Adı</b> | <b>Kuzey-Güney (mm)</b> | <b>Doğu-Batı (mm)</b> | <b>Yükseklik (mm)</b> | <b>Yatay Doğruluk (mm)</b> |
|---------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------|
| <b>ANTE</b>         | 1.56                    | 1.31                  | 4.73                  | 2.04                       |
| <b>BTMN</b>         | 2.44                    | 2.77                  | 4.48                  | 3.69                       |
| <b>IGR1</b>         | 1.31                    | 1.91                  | 2.92                  | 2.32                       |
| <b>MRSI</b>         | 1.77                    | 1.80                  | 5.67                  | 2.52                       |
| <b>SURF</b>         | 1.42                    | 2.21                  | 4.09                  | 2.63                       |
| <b>Ort.</b>         | 1.70                    | 2.00                  | 4.38                  | 2.64                       |
| <b>BASK</b>         | 1.51                    | 2.58                  | 2.90                  | 2.99                       |
| <b>CATK</b>         | 1.86                    | 3.15                  | 4.63                  | 3.66                       |
| <b>ERZR</b>         | 1.42                    | 2.02                  | 2.78                  | 2.47                       |
| <b>HINI</b>         | 1.35                    | 2.45                  | 2.59                  | 2.80                       |
| <b>MLZ1</b>         | 1.52                    | 2.24                  | 2.79                  | 2.71                       |
| <b>VAN1</b>         | 1.24                    | 2.16                  | 2.79                  | 2.49                       |
| <b>Ort.</b>         | 1.48                    | 2.43                  | 3.08                  | 2.85                       |
| <b>ARTV</b>         | 2.05                    | 1.75                  | 8.82                  | 2.70                       |
| <b>GIRS</b>         | 2.10                    | 2.90                  | 3.58                  | 3.58                       |
| <b>RZE1</b>         | 1.63                    | 1.91                  | 3.39                  | 2.51                       |
| <b>SAM1</b>         | 1.25                    | 1.68                  | 4.36                  | 2.09                       |
| <b>TRBN</b>         | 2.07                    | 3.98                  | 4.18                  | 4.49                       |
| <b>Ort.</b>         | 1.82                    | 2.44                  | 4.87                  | 3.07                       |

CSRS-PPP servisinden elde edilen 4 yıllık koordinat bilgilerinin Bernese v5.2'den farkları kullanılarak servisin doğruluğuna ilişkin Kuzey-Güney bileşeninde elde edilen en düşük doğruluk 2.44 mm ile BTMN istasyonuna, en yüksek doğruluk ise 1.24 mm ile VAN1 istasyonuna aittir (Tablo 3.6).

Doğu-Batı bileşeninde en düşük doğruluk 3.98 mm ile TRBN istasyonuna, en yüksek doğruluk ise 1.31 mm ile ANTE istasyonuna aittir. Yükseklik bileşeninde elde edilen en düşük doğruluk değeri ARTV istasyonuna ait 8.82 mm olarak, en yüksek doğruluk ise HINI istasyonuna ait 2.59 mm olarak hesaplanmıştır (Tablo 3.6). CSRS-PPP servisinde hesaplanan Doğu-Batı ve Yükseklik bileşenlerine ait ortalama RMS değerleri, AUSPOS servisinden hesaplanan değerlerden daha düşük çıkmıştır (Tablo 3.5 ve Tablo 3.6). Bu nedenle CSRS-PPP servisinin bu bileşenler için doğruluğu, AUSPOS'tan daha yüksektir. AUSPOS servisinin ise Kuzey-Güney yönündeki performansı daha CSRS-PPP'den daha iyidir.

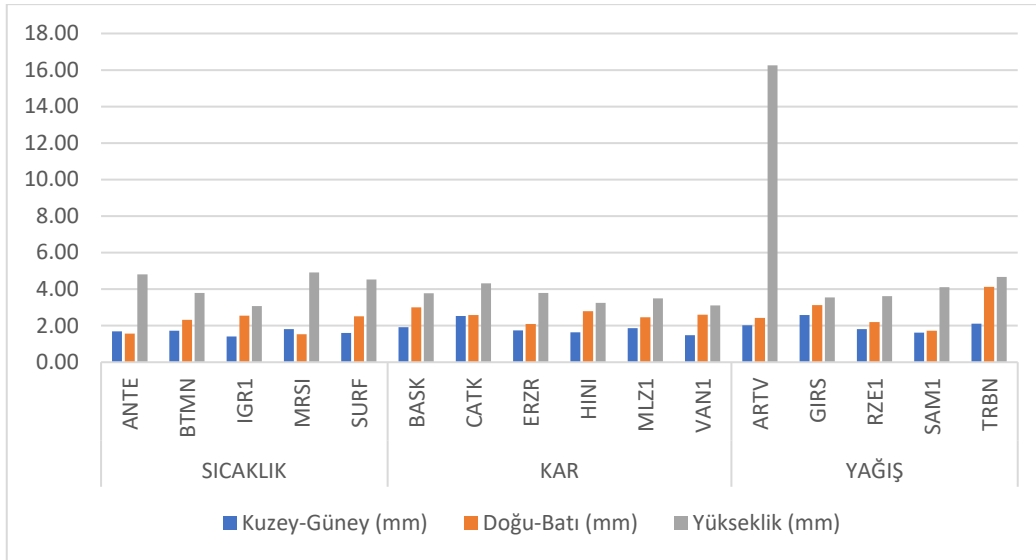
Her iki servisin yatay ve düşey yatay doğrulukları (Tablo 3.5 ve Tablo 3.6) kıyaslandığında ise; AUSPOS yatay doğruluk değeri 2.67 mm, düşey doğruluk değeri 5.76 mm, CSRS-PPP yatay doğruluk değeri 2.87 mm, düşey doğruluk değeri 4.04 mm'dir. Dolayısıyla AUSPOS'tan elde edilen yatay doğruluk CSRS-PPP'den daha yüksek iken CSRS-PPP'nin düşey doğruluktaki performansı AUSPOS'tan daha iyi çıkmıştır.



**Şekil 3.11.** AUSPOS kış mevsimi RMS değerleri

Kış mevsiminde istasyonlara ilişkin AUSPOS'tan elde edilen RMS değerleri; Kuzey-Güney bileşeninde [1.25-2.06]mm aralığında ve ortalama değeri 1.61 mm, Doğu-Batı bileşeni [1.14-2.89]mm aralığında ve ortalaması 1.87 mm, Yükseklik bileşeni [1.65-9.63]mm aralığında ve ortalaması 3.48 mm'dir (Şekil 3.11).

- Kuzey-Güney bileşeninde; ARTV, BASK, BTMN, CATK, ERZR, GIRS, MLZ1 ve RZE1 istasyonları,
- Doğu-Batı bileşeninde; ARTV, BASK, GIRS, HINI, SURF, TRBN, VAN1,
- Yükseklik bileşeninde ise; ARTV, CATK, IGR1, SURF, TRBN, VAN1 istasyonları ortalamanın üzerinde RMS değerlerine sahiptir (Şekil 3.11).

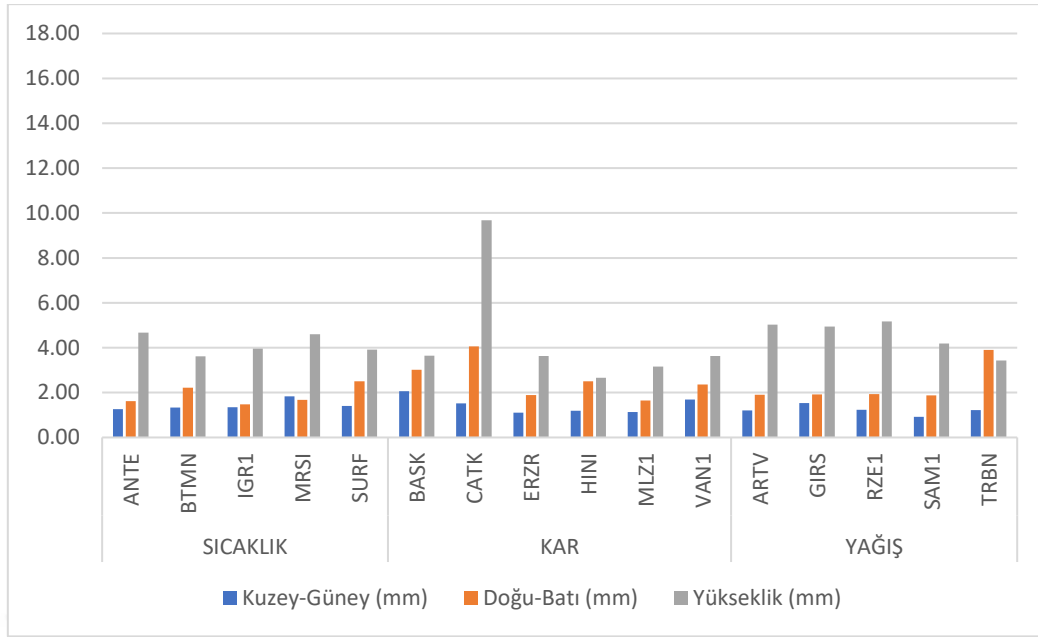


**Şekil 3.12.** CSRS-PPP kış mevsimi RMS değerleri

Kış mevsiminde istasyonlara ilişkin CSRS-PPP'den elde edilen RMS değerleri; Kuzey-Güney bileşeninde [1.41-2.58]mm aralığında ve ortalama değeri 1.85 mm, Doğu-Batı bileşeni [1.52-4.13]mm aralığında ve ortalaması 2.48 mm, Yükseklik bileşeni [3.07-16.25]mm aralığında ve ortalaması 4.69 mm'dir (Şekil 3.12).

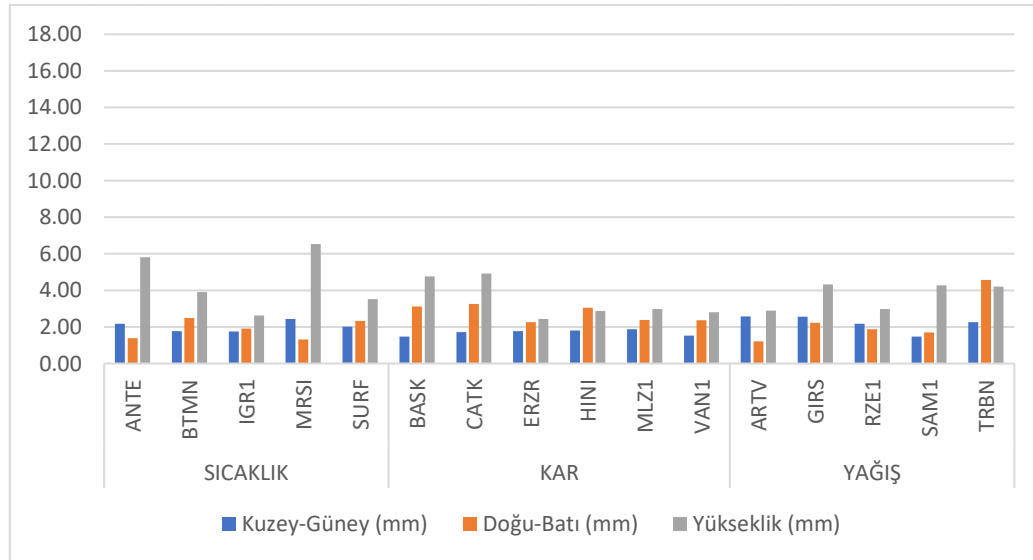
- Kuzey-Güney bileşeninde; ARTV, BASK, CATK, GIRS, MLZ1 ve TRBN istasyonları,
- Doğu-Batı bileşeninde; BASK, CATK, GIRS, HINI, SURF, TRBN, VAN1,
- Yükseklik bileşeninde ise; ANTE, ARTV, MRSI, SURF istasyonları ortalamanın üzerinde RMS değerlerine sahiptir (Şekil 3.12).

AUSPOS ve CSRS-PPP servislerinin kış mevsimi sonuçlarına bakıldığında; AUSPOS'ta RMS değerlerinin ortalama değerden daha yüksek değerde çıkan istasyon sayısı, CSRS-PPP servisindekinden fazladır fakat her iki serviste de ortalamanın üzerinde RMS değerlerine sahip istasyonlar neredeyse aynı şekilde tespit edilmiştir. Bu istasyonların değerlendirme sonuçlarının Bernese v5.2'den farkı konusunda servislerin benzer eğilim gösterdiği görülmektedir. Ayrıca AUSPOS yatay doğruluk değeri 2.47 mm iken CSRS-PPP yatay doğruluğu 3.09 mm'dir. AUSPOS servisinden elde edilen yatay ve düşey doğruluk değerleri, CSRS-PPP'ye kıyasla daha düşük dolayısıyla gerçek kabul edilen koordinat değerlerine daha yakın çıkmıştır. Kış mevsiminde AUSPOS servisinin performansının yatay ve düşey bileşenlerde CSRS-PPP'den daha iyi olduğu görülmektedir (Şekil 3.11 ve Şekil 3.12).



**Şekil 3.13.** AUSPOS ilkbahar mevsimi RMS değerleri

İlkbahar mevsiminde servislerin Bernese v5.2'den farkları değerlendirildiğinde; AUSPOS servisinde elde edilen RMS değerleri Kuzey-Güney bileşeni için [0.92-2.07], Doğu-Batı bileşeni için [1.48-4.06], Yükseklik bileşeni için [2.66-9.68]mm aralığında olup ortalama değerler sırasıyla; 1.37, 2.28, 4.37 mm'dir (Şekil 3.13).



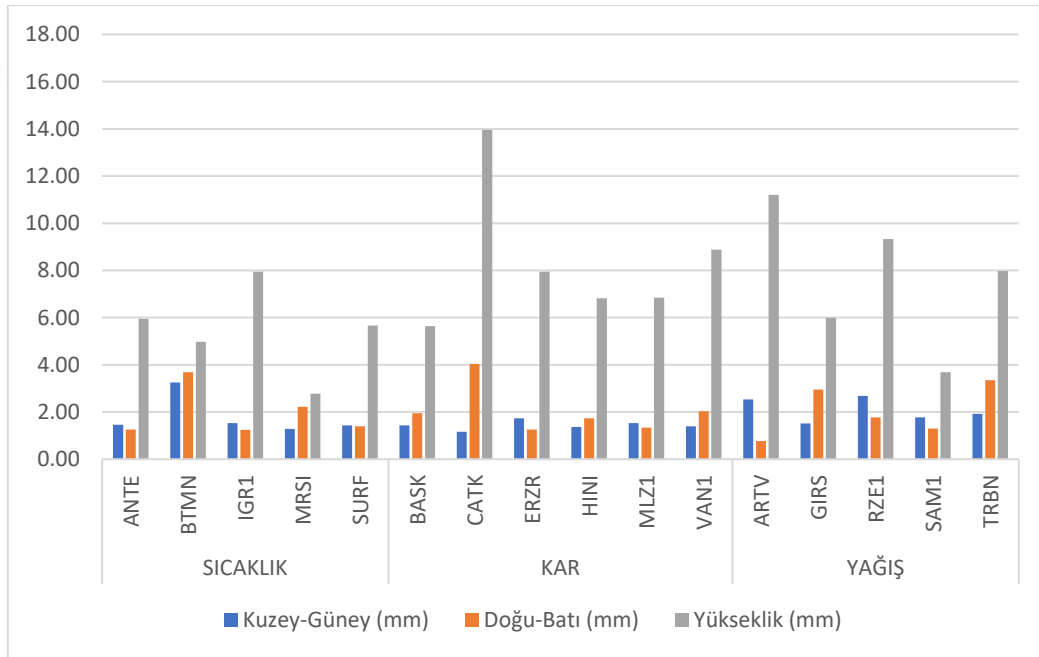
**Şekil 3.14.** CSRS-PPP ilkbahar mevsimi RMS değerleri

CSRS-PPP servisinde elde edilen RMS sonuçlarına bakıldığında; Kuzey-Güney bileşeni [1.47-2.58], Doğu-Batı bileşeni [1.21-4.57], Yükseklik bileşeni ise [2.44-6.53]mm aralığında ve ortalama değerleri 1.96, 2.34 ile 3.87 mm'dir (Şekil 3.14).

AUSPOS'tan elde edilen yatay doğruluk değeri 2.66 mm, CSRS-PPP yatay doğruluk değeri ise 3.05 mm'dir.

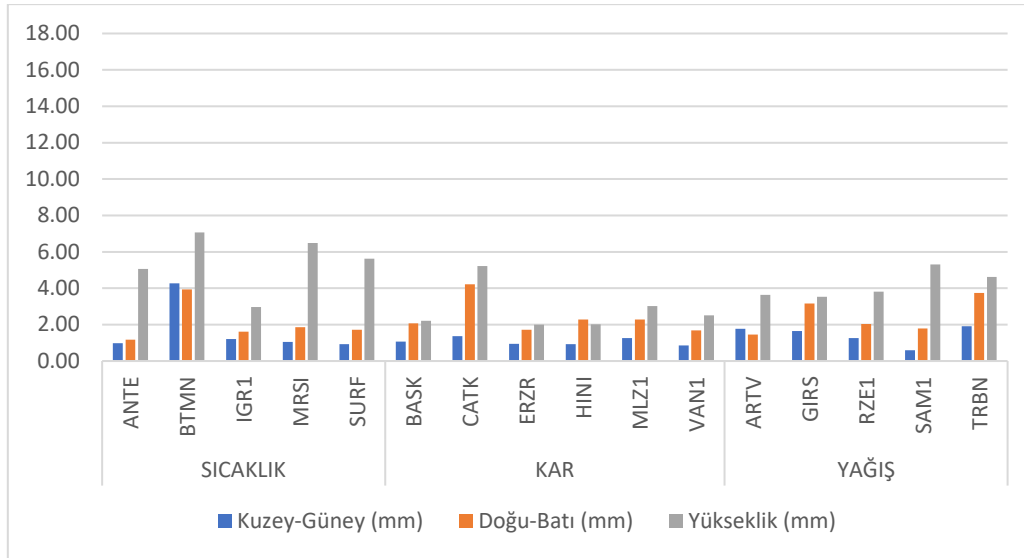
Kış mevsiminde olduğu gibi AUSPOS çevrimiçi servisinin yatay doğruluk performansı CSRS-PPP çevrimiçi servisinden daha iyi çıkmıştır. Fakat düşey doğrulukta CSRS-PPP'nin performansı AUSPOS'unkinden daha yüksek olarak elde edilmiştir.

AUSPOS çevrim içi servisinin düşey yöndeki performansını CATK, ARTV ve RZE1 istasyonlarının ortalamasının üzerinde kalan RMS değerleri olumsuz yönde etkilemiştir (Şekil 3.13).



**Şekil 3.15.** AUSPOS yaz mevsimi RMS değerleri

AUSPOS çevrim içi servisinden elde edilen koordinat bilgilerinin Haziran, Temmuz, Ağustos aylarına ait ortalama değerlerinin Bernese'ten farkları alınmıştır. Bu farklardan RMS değerleri hesaplanmış ve ortalaması alınarak yaz mevsimine ilişkin RMS değerleri elde edilmiştir (Şekil 3.15).



**Şekil 3.16.** CSRS-PPP yaz mevsimi RMS değerleri

Servislerin yaz mevsimine ilişkin düşey doğruluk değerleri AUSPOS'ta 7.23 mm iken CSRS-PPP'de 4.07 mm'dir (Şekil 3.15 ve Şekil 3.16).

AUSPOS servisinde elde edilen K-G bileşeni RMS değerleri [1.16-3.26]mm aralığında ve ortalama değeri 1.75 mm'dir, D-B bileşeni için bu değerler [0.77-4.05]mm aralığında ve ortalama değeri 2.02 mm'dir, Yükseklik bileşenine ait RMS değerleri ise [2.78-13.96]mm aralığında ve ortalama değeri 7.12 mm'dir (Şekil 3.15).

CSRS-PPP servisinde K-G bileşeni için hesaplanan RMS değerleri [0.59-4.26]mm ve ortalama değeri 1.37 mm'dir, D-B bileşeninde bu değerler [1.17-4.21] aralığında ve ortalama değeri 2.29 mm, Yükseklik bileşeni için ise hesaplanan RMS değerleri [2.01-7.06]mm aralığında ve ortalama değeri 4.07 mm'dir (Şekil 3.16).

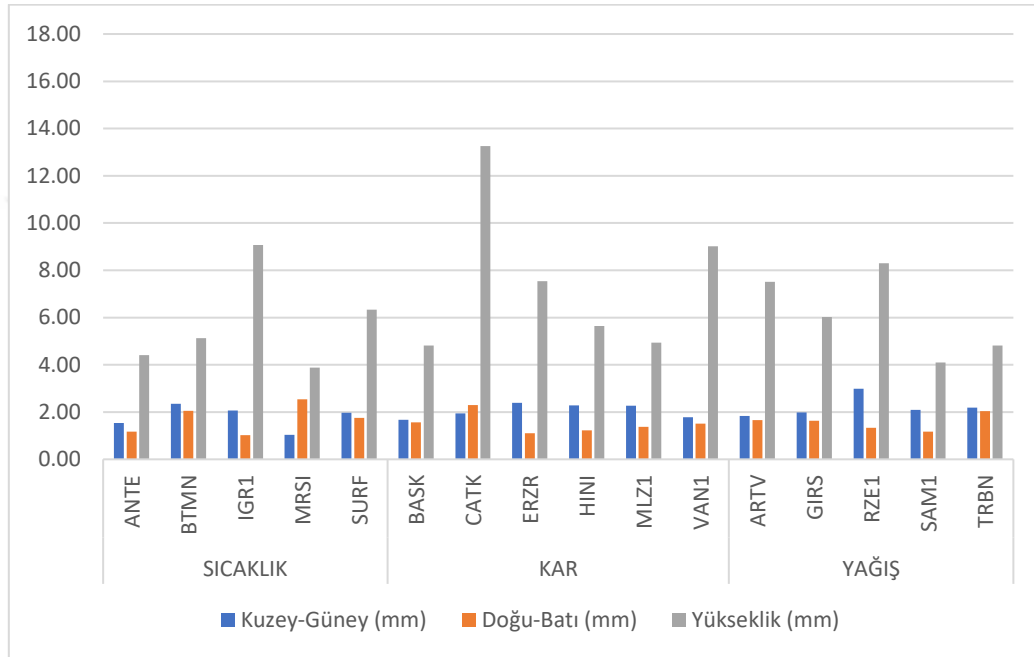
Yaz mevsiminde her iki servisten elde edilen yatay doğruluk değeri birbirine eşit ve 2.67 mm'dir.

AUSPOS servisinde K-G bileşeninde ARTV, BTMN, RZE1, SAM1, TRBN istasyonları; D-B bileşeninde BTMN, CATK, GIRS, MRSI, TRBN ve VAN1 istasyonları, Yükseklik bileşeninde ise ARTV, CATK, ERZR, IGR1, RZE1, TRBN, VAN1 istasyonları ortalama RMS değerlerinin üzerinde farklara sahiptir (Şekil 3.15).

CSRS-PPP servisinde K-G bileşeninde ARTV, BTMN, GIRS, TRBN istasyonları; D-B bileşeninde BTMN, CATK, GIRS, TRBN istasyonları, Yükseklik bileşeninde

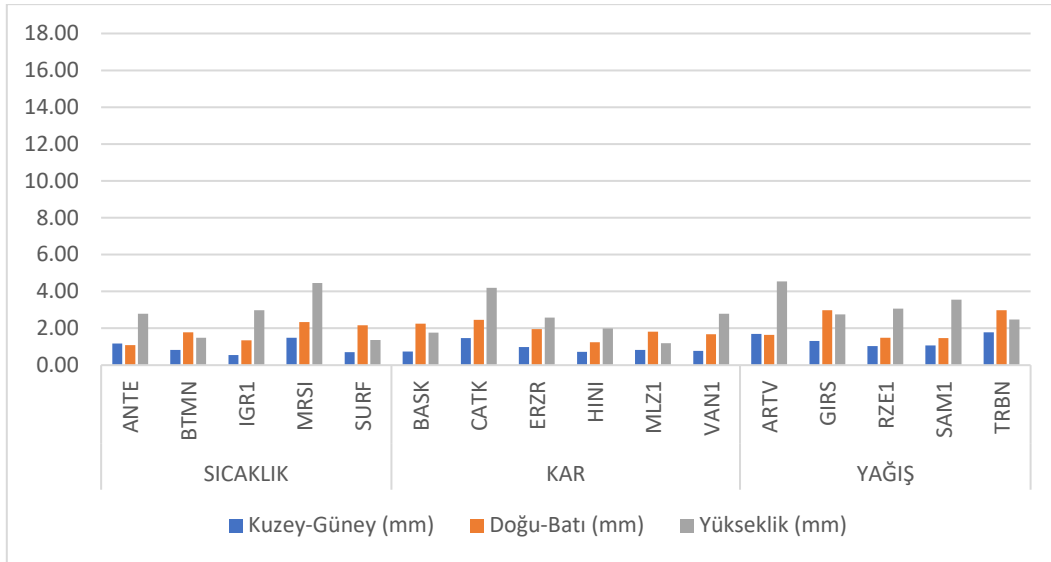
ise ANTE, BTMN, CATK, MRSI, SAM1, SURF, TRBN istasyonları ortalama RMS değerlerinin üzerinde farklara sahiptir (Şekil 3.16).

Her iki çevrimiçi GNSS veri değerlendirme servisinin de yatay ve düşey doğruluklarını düşüren istasyonlar benzer çıkmıştır. Servislerin yaz mevsimine ilişkin hesaplanan RMS değerlerinin karşılaştırılması ile K-G ve Yükseklik bileşenlerinde CSRS-PPP'nin performansı, AUSPOS'unkinden daha yüksek olarak elde edilmiştir (Şekil 3.15 ve Şekil 3.16).



**Şekil 3.17.** AUSPOS sonbahar mevsimi RMS değerleri

AUSPOS'tan elde edilen K-G yönündeki doğruluklar [1.03-2.99]mm aralığında ve ortalama 2.02 mm, D-B yönünde [1.03-2.54]mm aralığından ve ortalama 1.59 mm, düşey yönde ise [3.89-13.25]mm aralığında ve ortalama 6.55 mm'dir (Şekil 3.17).



**Şekil 3.18.** CSRS-PPP sonbahar mevsimi RMS değerleri

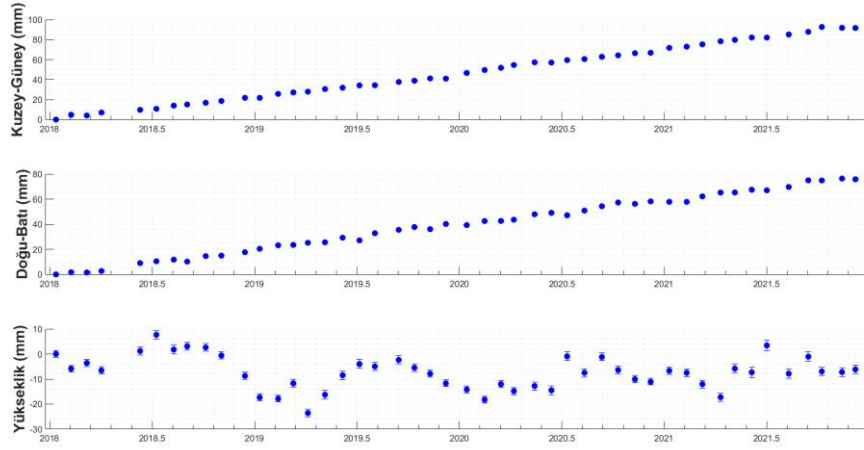
CSRS-PPP’den elde edilen K-G yönündeki doğruluklar [0.56-1.78]mm aralığında ve ortalama 1.07 mm, D-B yönünde [1.08-2.98]mm aralığında ve ortalama 1.92 mm, düşey yönde ise [1.19-4.54]mm aralığında ve ortalama 2.75 mm’dir (Şekil 3.18).

Sonbahar mevsiminde servislere ait RMS değerlerinin gösterildiği grafiklere bakıldığında AUSPOS servisinde elde edilen düşey doğrulukların CSRS-PPP servिसinden oldukça düşük çıktığı açık bir şekilde görülmekte olup CSRS-PPP’nin doğruluğu, AUSPOS’un doğruluğunun yaklaşık 3 katıdır (Şekil 3.17 ve Şekil 3.18).

Servislerin tüm mevsimlerdeki performansı ayrı ayrı değerlendirildiğinde yatay doğrulukların AUSPOS servisinde daha yüksek çıktığı, CSRS-PPP servisi ile düşey doğrulukların daha iyi olduğu anlaşılmıştır.

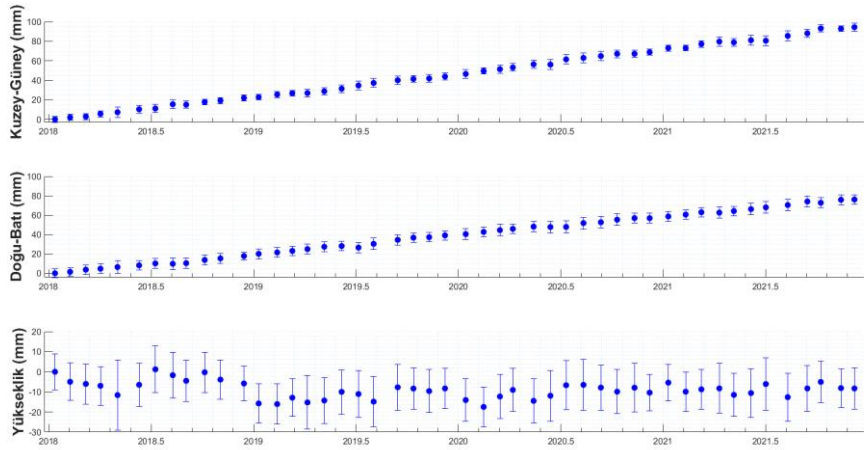
Her iki servisin mevsimlere göre performansları değişse de Bernese’ten olan farkları yatay doğrulukta 3.5 mm’nin, düşey doğrulukları ise 7.5 mm’nin altında çıkmıştır. Gerçekleştirilecek çalışmalarda gereken hassasiyet ihtiyacına bağlı olarak, AUSPOS ve CSRS-PPP gibi internet tabanlı GNSS veri değerlendirme servisleri akademik yazılımlara alternatif olarak kullanılabilir.

Çalışmanın bu kısmında, araştırılan üç etki için birer istasyon seçilmiş ve seçilen istasyonların zamana bağlı koordinat değişimleri grafiği incelenmiştir.

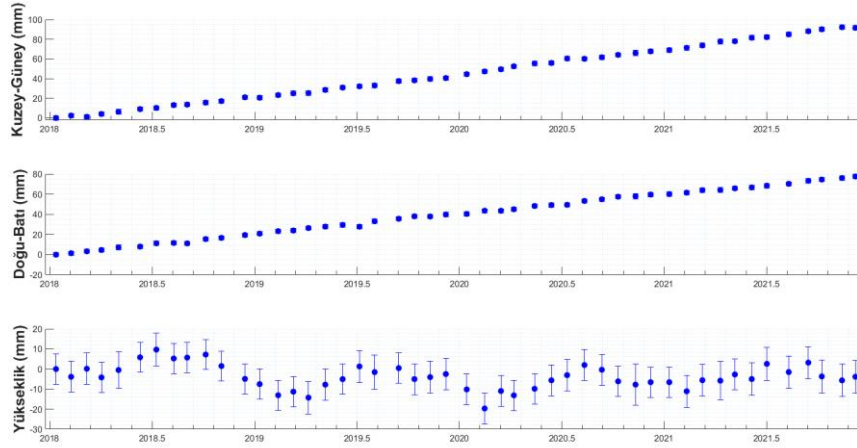


**Şekil 3.19.** ANTE istasyonu Bernese v5.2 koordinat zaman değişimi

ANTE istasyonunun Bernese v5.2 akademik yazılımından 2018-2021 tarih aralığına ait elde edilen koordinat bilgilerinin Kuzey-Güney, Doğu-Batı ve Yükseklik bileşenlerindeki koordinat değişimi Şekil 3.19’da gösterilmektedir.



**Şekil 3.20.** ANTE istasyonu AUSPOS koordinat zaman değişimi

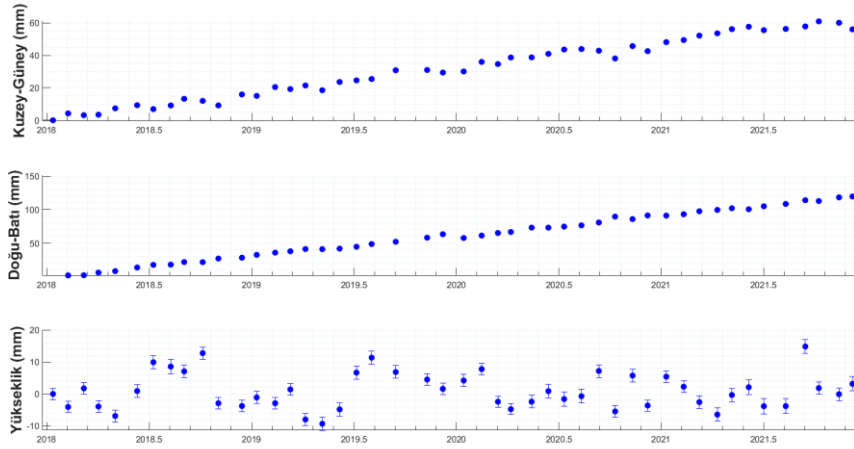


**Şekil 3.21.** ANTE istasyonu CSRS-PPP koordinat zaman değişimi

ANTE istasyonunun 2018-2021 yılları arasında elde edilen koordinatlarının toposentrik sistemdeki karşılıklarının zamana bağlı çizimleri her üç serviste de incelendiğinde;

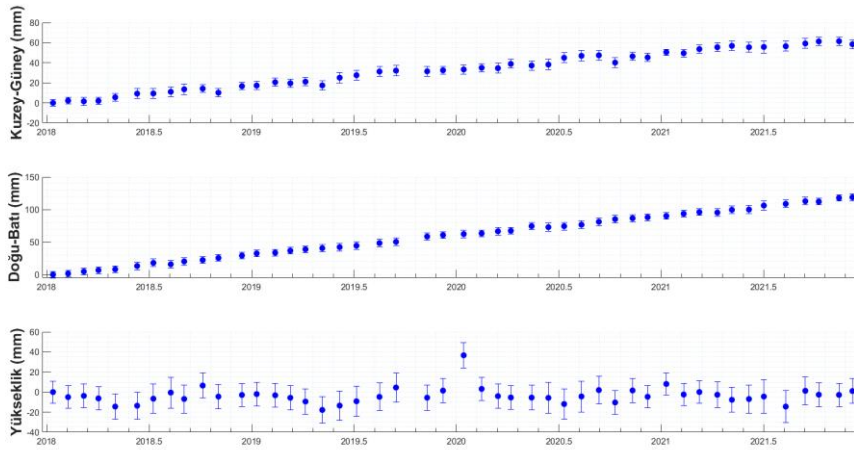
- AUSPOS'tan elde edilen K-G yönündeki RMS değeri 1.47 mm, D-B yönündeki RMS değeri 1.31 mm ve Yükseklik bileşeninde elde edilen RMS değeri 4.47 mm'dir (Tablo 3.5).
- CSRS-PPP'den elde edilen K-G yönündeki RMS değeri 1.56 mm, D-B yönündeki RMS değeri 1.31 mm ve Yükseklik bileşeninde elde edilen RMS değeri 4.73 mm'dir (Tablo 3.6).
- AUSPOS'tan elde edilen sonuçların CSRS-PPP'ye göre, Bernese v5.2 ile daha uyumlu olduğu dolayısıyla performansının daha iyi olduğu anlaşılmaktadır.
- AUSPOS'tan ANTE istasyonu için 4 yıllık periyotta elde edilen yatay doğruluk 1.97 mm, CSRS-PPP'den elde edilen yatay doğruluk ise 2.04 mm'dir.
- En yüksek sıcaklıkların yaşandığı Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında her üç servis için de elde edilen yatay ve düşey doğruluklar diğer aylara kıyasla daha düşük çıkmıştır.
- Bernese ve internet tabanlı GNSS değerlendirme servislerinden elde edilen yatay doğruluklar düşey doğrulukların yaklaşık 3 katıdır.
- AUSPOS'tan elde edilen standart sapma değerleri, CSRS-PPP'den elde edilen değerlerin yaklaşık 3 katı olmasına rağmen elde edilen koordinatlar

Bernese'ten elde edilen ve doğru kabul edilen koordinatlara daha yakın çıkmıştır (Şekil 3.19, Şekil 3.20 ve Şekil 3.21).

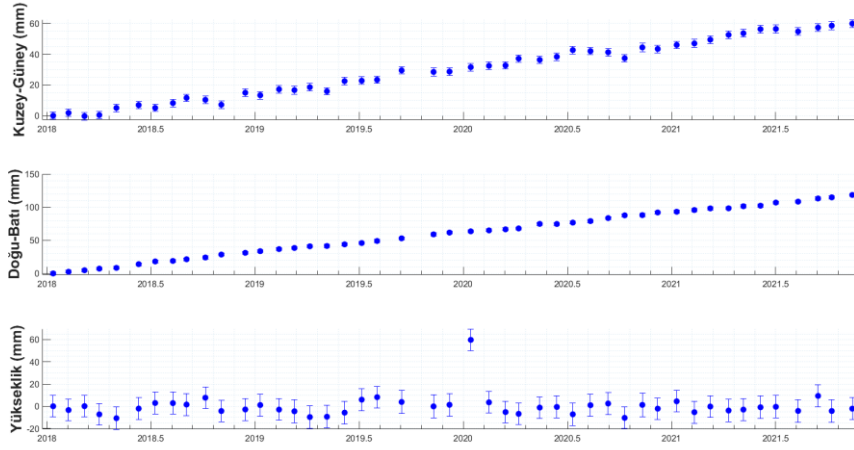


**Şekil 3.22.** ARTV istasyonu Bernese v5.2 koordinat zaman değişimi

Şekil 3.22’de ARTV istasyonunun Bernese v5.2 akademik yazılımından 2018-2021 tarih aralığına ait elde edilen koordinat bilgilerinin Kuzey-Güney, Doğu-Batı ve Yükseklik bileşenlerindeki koordinat değişimi gösterilmektedir.



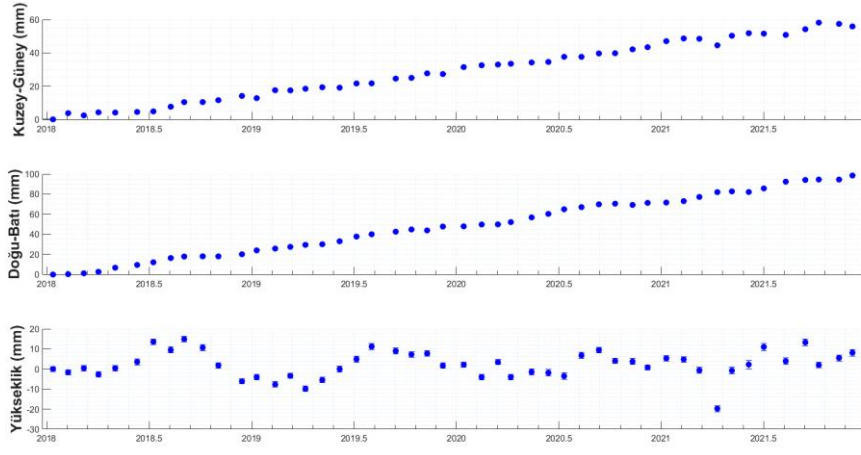
**Şekil 3.23.** ARTV istasyonu AUSPOS koordinat zaman değişimi



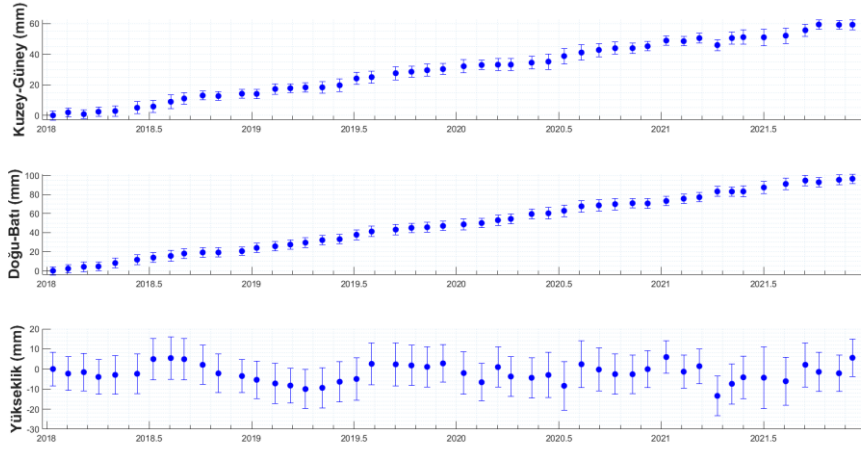
**Şekil 3.24.** ARTV istasyonu CSRS-PPP koordinat zaman değişimi

ARTV istasyonunun 2018-2021 yılları arasında elde edilen toposentrik koordinat değişimlerine bakıldığında;

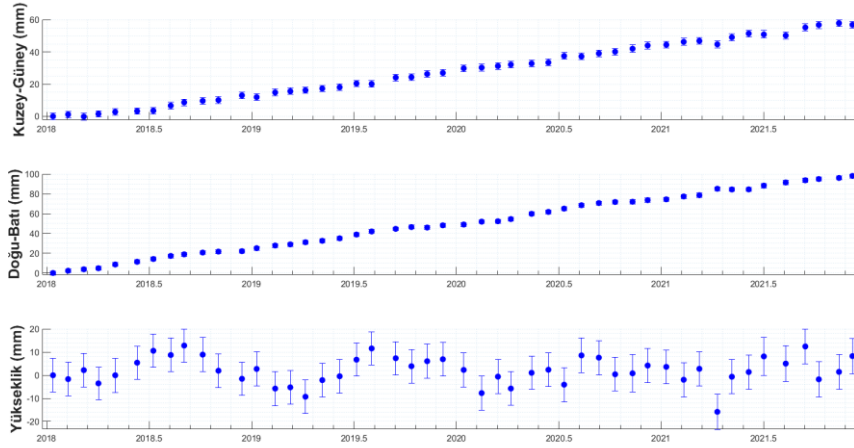
- CSRS-PPP ve AUSPOS servislerinde elde edilen zamana bağlı değişimlerin uyumlu olduğu,
- Her üç servisten de elde edilen yatay doğrulukların, düşey doğrulukların yaklaşık 3 katı olduğu sonuçlarına ulaşılmıştır (Şekil 3.22, Şekil 3.23 ve Şekil 3.24).
- Bu istasyonda K-G bileşeninde AUSPOS servisinden elde edilen RMS değeri 1.94 mm, CSRS-PPP'den elde edilen RMS değeri ise 2.05 mm'dir (Tablo 3.5 ve Tablo 3.6).
- D-B bileşeni için AUSPOS'tan 1.65 mm, CSRS-PPP'den 1.75 mm doğruluk elde edilmiştir (Tablo 3.5 ve Tablo 3.6).
- Yatay bileşen doğrulukları AUSPOS ve CSRS-PPP için sırasıyla; 2.55 mm ve 2.69 mm'dir (Tablo 3.5 ve Tablo 3.6).
- Düşey bileşende ise AUSPOS'tan elde edilen RMS değeri 8.59 mm, CSRS-PPP'den elde edilen RMS değeri ise 8.82 mm'dir (Tablo 3.5 ve Tablo 3.6).
- ARTV istasyonunda yatay ve düşey doğruluklara bakıldığında AUSPOS çevrim içi servisi performansının CSRS-PPP servisinden daha iyi olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Tablo 3.5 ve Tablo 3.6).



Şekil 3.25. ERZR istasyonu Bernese v5.2 koordinat zaman değişimi



Şekil 3.26. ERZR istasyonu AUSPOS koordinat zaman değişimi



**Şekil 3.27.** ERZR istasyonu CSRS-PPP koordinat zaman değişimi

ERZR istasyonundan elde edilen koordinat sonuçları değerlendirildiğinde;

- AUSPOS'tan elde edilen koordinat değerlerinin Bernese'ten farklarının hesaplanmasıyla elde edilen RMS değerleri K-G bileşeninde 1.77 mm, D-B bileşeninde 1.40 mm ve Yükseklik bileşeninde ise 5.91 mm olarak hesaplanmıştır.
- CSRS-PPP'den elde edilen RMS değerleri ise K-G, D-B ve Yükseklik bileşenleri için sırasıyla; 1.42 mm, 2.02 mm ve 2.78 mm'dir.
- AUSPOS'tan elde edilen yatay doğruluk 2.26 mm, CSRS-PPP'den elde edilen yatay doğruluk ise 2.47 mm'dir.
- CSRS-PPP servisiyle elde edilen düşey doğruluk AUSPOS'tan yüksektir, yatay bileşende ise AUSPOS'un performansı yani yatay doğruluğu CSRS-PPP'den daha yüksek olduğu görülmektedir (Tablo 3.5 ve Tablo 3.6).

### 3.5 Mevsimsel Değişimlerin GNSS Konum Hız Bileşenlerine Etkisinin İncelenmesi

Mevsimsel değişimlerin GNSS konum hız bileşenlerine etkilerinin belirlenmesi amacıyla; servislerden ve Bernese v5.2 akademik yazılımdan elde edilen kartezyen koordinat değerlerinin ilk ölçüm gününden farkları alınmış ve elde edilen tüm farklar topocentrik koordinat sistemine dönüştürülerek tüm istasyonların zamana bağlı koordinat değişimleri incelenmiştir.

Kar, yağış ve sıcaklığın seçilen GNSS istasyonlarına ait konum doğruluklarına ilişkin etkileri incelenirken tüm istasyonların 2018-2021 yılları aralığındaki her yıl için 12 ay, 3 günlük verilerinin ortalamaları alınmıştır, her ortalama değeri bir ayı temsil etmiştir.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından her sene yayınlanan iklim raporlarına göre;

- Sıcaklıkların en yüksek olduğu iller; Gaziantep, Adana, Hatay, Şırnak, Şanlıurfa ve Iğdır,
- Kışın en düşük sıcaklıkların yaşandığı iller; Ardahan, Erzurum ve Ağrı,
- Yağışların en yoğun olduğu iller; Artvin, Rize, Samsun,
- Kar yağışının en etkin olduğu iller; Erzurum, Ağrı,
- Ülke genelinde sıcaklık etkisinin en çok olduğu aylar; Temmuz ve Ağustos,
- Ülke genelinde yağış etkisinin en çok olduğu aylar; Ocak, Şubat, Mart, Nisan ve Aralık ayları olarak belirtilmiştir [81].

Mevsimsel değişimlerin GNSS konum hız bileşenleri üzerindeki etkilerinin araştırılmasında istasyonların 2018-2021 yılları arasında Bernese v5.2 akademik yazılımı ile kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsimlerinden elde edilen K-G, D-B, yatay ve düşey hız değerleri, istasyonların 4 yıllık zaman serilerinden elde edilen hız değerleri ile karşılaştırılmıştır (Tablo 3.7-Tablo3.10).

**Tablo 3.7** K-G bileşeni hız değerleri ve standart sapmaları (mm/yıl)

| <b>İstasyon<br/>Adı</b> | <b>4 Yıllık<br/>(mm/yıl)</b> | <b>Kış<br/>(mm/yıl)</b> | <b>İlkbahar<br/>(mm/yıl)</b> | <b>Yaz<br/>(mm/yıl)</b> | <b>Sonbahar<br/>(mm/yıl)</b> |
|-------------------------|------------------------------|-------------------------|------------------------------|-------------------------|------------------------------|
| <b>ANTE</b>             | 23.91 ± 0.19                 | 23.40 ± 0.71            | 23.81 ± 0.49                 | 24.01 ± 0.45            | 24.43 ± 0.73                 |
| <b>ARTV</b>             | 15.78 ± 0.28                 | 14.83 ± 0.09            | 16.47 ± 0.37                 | 16.34 ± 3.55            | 15.47 ± 1.04                 |
| <b>BASK</b>             | 25.47 ± 0.20                 | 25.23 ± 1.22            | 25.19 ± 0.57                 | 25.95 ± 9.42            | 25.23 ± 0.49                 |
| <b>BTMN</b>             | 23.76 ± 0.23                 | 23.95 ± 0.31            | 23.69 ± 0.11                 | 24.48 ± 4.91            | 23.31 ± 0.68                 |
| <b>CATK</b>             | 25.41 ± 0.25                 | 25.42 ± 0.42            | 24.95 ± 0.32                 | 24.86 ± 8.94            | 25.88 ± 0.87                 |
| <b>ERZR</b>             | 15.05 ± 0.17                 | 15.04 ± 0.44            | 14.71 ± 0.08                 | 15.35 ± 3.06            | 15.11 ± 0.24                 |
| <b>GIRS</b>             | 13.25 ± 0.14                 | 13.37 ± 0.59            | 13.04 ± 0.12                 | 12.97 ± 9.25            | 13.35 ± 0.43                 |
| <b>HINI</b>             | 17.47 ± 0.35                 | 17.01 ± 1.22            | 18.44 ± 0.72                 | 17.71 ± 7.69            | 16.64 ± 1.18                 |
| <b>IGR1</b>             | 18.35 ± 0.30                 | 18.60 ± 0.48            | 17.12 ± 0.68                 | 18.33 ± 3.13            | 19.34 ± 1.15                 |
| <b>MLZ1</b>             | 20.77 ± 0.16                 | 20.22 ± 0.35            | 20.40 ± 0.41                 | 21.11 ± 1.09            | 21.13 ± 0.34                 |
| <b>MRSI</b>             | 14.77 ± 0.37                 | 14.21 ± 0.10            | 13.67 ± 0.52                 | 15.88 ± 8.13            | 15.52 ± 1.11                 |
| <b>RZE1</b>             | 12.85 ± 0.16                 | 13.02 ± 0.34            | 12.56 ± 0.22                 | 12.84 ± 8.42            | 12.94 ± 0.06                 |
| <b>SAM1</b>             | 13.55 ± 0.19                 | 13.18 ± 0.58            | 13.33 ± 0.88                 | 13.97 ± 9.57            | 13.82 ± 0.64                 |
| <b>SURF</b>             | 26.17 ± 0.21                 | 25.73 ± 0.80            | 26.12 ± 0.63                 | 26.89 ± 8.44            | 26.85 ± 0.85                 |
| <b>TRBN</b>             | 13.03 ± 0.14                 | 12.93 ± 0.27            | 12.86 ± 0.39                 | 13.24 ± 2.17            | 13.20 ± 0.31                 |
| <b>VAN1</b>             | 29.60 ± 0.45                 | 29.19 ± 1.10            | 30.24 ± 1.35                 | 29.71 ± 7.09            | 28.60 ± 1.96                 |

**Tablo 3.8** D-B bileşeni hız değerleri ve standart sapmaları (mm/yıl)

| <b>İstasyon<br/>Adı</b> | <b>4 Yıllık<br/>(mm/yıl)</b> | <b>Kış<br/>(mm/yıl)</b> | <b>İlkbahar<br/>(mm/yıl)</b> | <b>Yaz<br/>(mm/yıl)</b> | <b>Sonbahar<br/>(mm/yıl)</b> |
|-------------------------|------------------------------|-------------------------|------------------------------|-------------------------|------------------------------|
| <b>ANTE</b>             | 19.74 ± 0.21                 | 19.25 ± 0.71            | 20.34 ± 0.32                 | 19.22 ± 0.09            | 20.53 ± 0.60                 |
| <b>ARTV</b>             | 30.23 ± 0.27                 | 30.01 ± 1.13            | 30.95 ± 0.84                 | 29.41 ± 0.23            | 30.31 ± 0.23                 |
| <b>BASK</b>             | 22.23 ± 0.21                 | 22.19 ± 1.54            | 22.99 ± 0.48                 | 21.86 ± 0.32            | 22.97 ± 2.60                 |
| <b>BTMN</b>             | 21.71 ± 0.47                 | 20.30 ± 0.14            | 21.66 ± 0.36                 | 21.22 ± 1.33            | 24.00 ± 4.70                 |
| <b>CATK</b>             | 22.69 ± 0.39                 | 21.47 ± 0.57            | 24.46 ± 0.77                 | 23.01 ± 0.28            | 23.43 ± 3.53                 |
| <b>ERZR</b>             | 25.06 ± 0.17                 | 24.67 ± 0.30            | 25.28 ± 0.61                 | 25.08 ± 0.50            | 25.37 ± 5.24                 |
| <b>GIRS</b>             | 24.21 ± 0.23                 | 24.29 ± 0.21            | 24.69 ± 0.45                 | 22.61 ± 0.36            | 24.65 ± 4.18                 |
| <b>HINI</b>             | 23.39 ± 0.34                 | 22.63 ± 0.42            | 25.91 ± 0.27                 | 23.19 ± 0.28            | 21.54 ± 1.83                 |
| <b>IGR1</b>             | 31.27 ± 0.27                 | 31.29 ± 0.34            | 31.77 ± 0.49                 | 30.49 ± 0.28            | 31.16 ± 1.57                 |
| <b>MLZ1</b>             | 22.95 ± 0.20                 | 23.01 ± 0.97            | 23.66 ± 0.44                 | 22.13 ± 0.79            | 23.08 ± 3.45                 |
| <b>MRSI</b>             | 14.88 ± 0.25                 | 14.37 ± 1.04            | 15.23 ± 0.57                 | 15.38 ± 0.67            | 14.92 ± 4.29                 |
| <b>RZE1</b>             | 25.38 ± 0.25                 | 24.68 ± 0.80            | 25.88 ± 0.53                 | 24.40 ± 0.69            | 26.16 ± 6.26                 |
| <b>SAM1</b>             | 24.29 ± 0.15                 | 24.03 ± 0.48            | 24.61 ± 0.38                 | 24.12 ± 0.47            | 24.38 ± 4.15                 |
| <b>SURF</b>             | 19.80 ± 0.19                 | 19.49 ± 0.27            | 19.99 ± 0.45                 | 19.45 ± 0.57            | 20.37 ± 0.45                 |
| <b>TRBN</b>             | 25.54 ± 0.26                 | 24.68 ± 0.23            | 26.09 ± 0.14                 | 24.56 ± 0.24            | 26.85 ± 6.59                 |
| <b>VAN1</b>             | 18.05 ± 0.80                 | 17.43 ± 1.23            | 17.70 ± 0.73                 | 18.33 ± 2.29            | 20.28 ± 0.80                 |

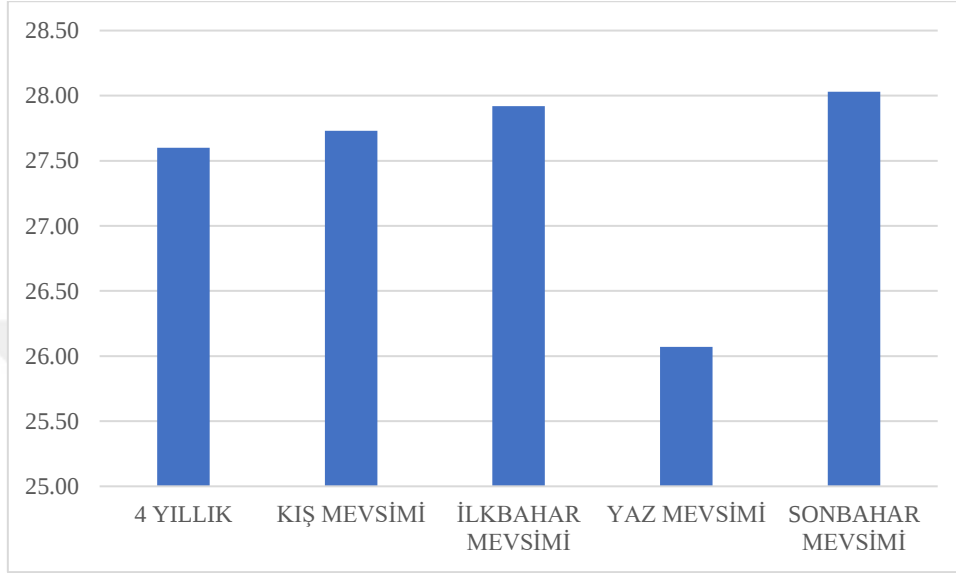
**Tablo 3.9** Düşey hız değerleri ve standart sapmaları (mm/yıl)

| <b>İstasyon<br/>Adı</b> | <b>4 Yıllık<br/>(mm/yıl)</b> | <b>Kış<br/>(mm/yıl)</b> | <b>İlkbahar<br/>(mm/yıl)</b> | <b>Yaz<br/>(mm/yıl)</b> | <b>Sonbahar<br/>(mm/yıl)</b> |
|-------------------------|------------------------------|-------------------------|------------------------------|-------------------------|------------------------------|
| <b>ANTE</b>             | $-1.79 \pm 0.68$             | $-0.90 \pm 3.03$        | $-1.94 \pm 2.39$             | $-2.79 \pm 2.13$        | $-2.23 \pm 1.30$             |
| <b>ARTV</b>             | $-0.07 \pm 0.61$             | $2.25 \pm 0.36$         | $0.16 \pm 0.59$              | $-3.01 \pm 0.46$        | $-0.39 \pm 0.82$             |
| <b>BASK</b>             | $0.43 \pm 0.63$              | $0.12 \pm 2.11$         | $0.80 \pm 2.72$              | $-0.18 \pm 1.65$        | $0.13 \pm 1.65$              |
| <b>BTMN</b>             | $1.03 \pm 0.81$              | $2.84 \pm 2.37$         | $-0.41 \pm 3.95$             | $-0.95 \pm 1.78$        | $1.56 \pm 2.05$              |
| <b>CATK</b>             | $1.92 \pm 0.99$              | $4.02 \pm 1.13$         | $1.56 \pm 3.33$              | $-1.79 \pm 4.86$        | $0.89 \pm 1.09$              |
| <b>ERZR</b>             | $-0.22 \pm 0.62$             | $2.76 \pm 1.16$         | $-1.27 \pm 1.69$             | $-1.81 \pm 1.60$        | $-0.91 \pm 0.49$             |
| <b>GIRS</b>             | $1.12 \pm 0.55$              | $3.24 \pm 2.05$         | $0.28 \pm 0.80$              | $-0.39 \pm 0.68$        | $0.09 \pm 0.60$              |
| <b>HINI</b>             | $0.04 \pm 0.63$              | $2.09 \pm 0.91$         | $-1.56 \pm 1.84$             | $-1.78 \pm 1.36$        | $1.30 \pm 1.59$              |
| <b>IGR1</b>             | $-0.79 \pm 0.53$             | $0.11 \pm 1.26$         | $-0.27 \pm 1.67$             | $-2.38 \pm 1.45$        | $-0.88 \pm 1.88$             |
| <b>MLZ1</b>             | $-3.34 \pm 0.54$             | $-2.34 \pm 1.66$        | $-2.67 \pm 2.34$             | $-4.81 \pm 0.63$        | $-4.77 \pm 0.43$             |
| <b>MRSI</b>             | $2.12 \pm 0.62$              | $3.69 \pm 2.34$         | $2.44 \pm 1.41$              | $-0.05 \pm 0.46$        | $1.24 \pm 1.01$              |
| <b>RZE1</b>             | $-0.27 \pm 0.50$             | $1.33 \pm 1.40$         | $-1.22 \pm 1.08$             | $-2.19 \pm 0.35$        | $0.63 \pm 0.48$              |
| <b>SAM1</b>             | $1.52 \pm 0.60$              | $3.79 \pm 1.46$         | $0.85 \pm 1.40$              | $-0.58 \pm 0.76$        | $1.36 \pm 1.10$              |
| <b>SURF</b>             | $0.26 \pm 0.81$              | $0.98 \pm 3.59$         | $1.02 \pm 3.23$              | $0.25 \pm 2.61$         | $-1.22 \pm 1.28$             |
| <b>TRBN</b>             | $1.48 \pm 0.64$              | $2.96 \pm 2.00$         | $0.02 \pm 1.09$              | $-0.62 \pm 0.98$        | $2.45 \pm 2.58$              |
| <b>VAN1</b>             | $-5.07 \pm 0.58$             | $-4.36 \pm 2.56$        | $-5.00 \pm 2.52$             | $-6.76 \pm 0.67$        | $-4.57 \pm 0.87$             |

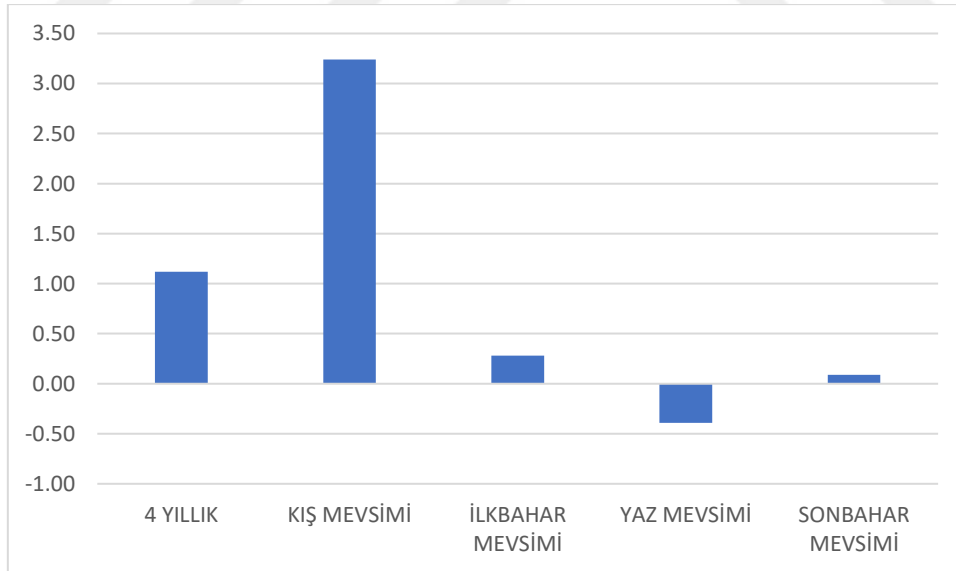
**Tablo 3.10** Yatay hız değerleri ve standart sapmaları (mm/yıl)

| <b>İstasyon<br/>Adı</b> | <b>4 Yıllık<br/>(mm/yıl)</b> | <b>Kış<br/>(mm/yıl)</b> | <b>İlkbahar<br/>(mm/yıl)</b> | <b>Yaz<br/>(mm/yıl)</b> | <b>Sonbahar<br/>(mm/yıl)</b> |
|-------------------------|------------------------------|-------------------------|------------------------------|-------------------------|------------------------------|
| <b>ANTE</b>             | 31.01 ± 0.28                 | 30.30 ± 1.00            | 31.32 ± 0.59                 | 30.76 ± 0.46            | 31.91 ± 0.94                 |
| <b>ARTV</b>             | 34.10 ± 0.39                 | 33.47 ± 1.13            | 35.06 ± 0.92                 | 33.64 ± 0.60            | 34.03 ± 1.07                 |
| <b>BASK</b>             | 33.81 ± 0.29                 | 33.60 ± 1.96            | 34.10 ± 0.75                 | 33.93 ± 0.53            | 34.12 ± 0.77                 |
| <b>BTMN</b>             | 32.18 ± 0.52                 | 31.40 ± 0.34            | 32.10 ± 0.38                 | 32.40 ± 1.61            | 33.46 ± 0.98                 |
| <b>CATK</b>             | 34.07 ± 0.46                 | 33.27 ± 0.71            | 34.94 ± 0.83                 | 33.87 ± 0.98            | 34.91 ± 1.02                 |
| <b>ERZR</b>             | 29.23 ± 0.24                 | 28.89 ± 0.53            | 29.25 ± 0.62                 | 29.40 ± 0.50            | 29.53 ± 0.34                 |
| <b>GIRS</b>             | 27.60 ± 0.27                 | 27.73 ± 0.63            | 27.92 ± 0.47                 | 26.07 ± 0.44            | 28.03 ± 0.47                 |
| <b>HINI</b>             | 29.19 ± 0.49                 | 28.31 ± 1.29            | 31.80 ± 0.77                 | 29.18 ± 0.74            | 27.22 ± 1.44                 |
| <b>IGR1</b>             | 36.26 ± 0.40                 | 36.40 ± 0.59            | 36.09 ± 0.84                 | 35.58 ± 0.31            | 36.67 ± 1.95                 |
| <b>MLZ1</b>             | 30.95 ± 0.26                 | 30.63 ± 1.03            | 31.24 ± 0.60                 | 30.58 ± 0.80            | 31.29 ± 0.56                 |
| <b>MRSI</b>             | 20.97 ± 0.45                 | 20.21 ± 1.04            | 20.47 ± 0.77                 | 22.11 ± 1.31            | 21.53 ± 1.15                 |
| <b>RZE1</b>             | 28.45 ± 0.30                 | 27.90 ± 0.87            | 28.77 ± 0.57                 | 27.57 ± 0.81            | 29.19 ± 0.27                 |
| <b>SAM1</b>             | 27.81 ± 0.24                 | 27.41 ± 0.75            | 27.99 ± 0.96                 | 27.87 ± 0.74            | 28.02 ± 0.66                 |
| <b>SURF</b>             | 32.82 ± 0.28                 | 32.28 ± 0.84            | 32.89 ± 0.77                 | 33.19 ± 0.72            | 33.70 ± 0.96                 |
| <b>TRBN</b>             | 28.67 ± 0.30                 | 27.86 ± 0.35            | 29.09 ± 0.41                 | 27.90 ± 0.29            | 29.92 ± 0.67                 |
| <b>VAN1</b>             | 34.67 ± 0.92                 | 34.00 ± 1.65            | 35.04 ± 1.53                 | 34.91 ± 2.54            | 35.06 ± 4.28                 |

Çalışmanın bu kısmında GIRS istasyonu örnek seçilerek istasyon hızlarına ait grafikler detaylandırılmıştır. Şekil 3.28’de GIRS istasyonunun; 4 yıllık zaman serisi, kış mevsimi, ilkbahar mevsimi, yaz mevsimi ve sonbahar mevsimi değerlerinden elde edilen ortalama yatay hız değerleri, Şekil 3.29’da ise ortalama düşey hız değerleri gösterilmektedir.



**Şekil 3.28.** GIRS istasyonu yatay hız değerleri (mm/yıl)



**Şekil 3.29.** GIRS istasyonu düşey hız değerleri (mm/yıl)

Sene boyu yüksek yağış etkisinde kalan GIRS istasyonunun yatay bileşen için hesaplanan 4 yıllık hız büyüklüğü  $27.60 \pm 0.27$  mm/yıl’dır. İstasyonun kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsimlerinden elde edilen ortalama hız değerleri sırasıyla;

27.73  $\pm$  0.63 mm/yıl, 27.92  $\pm$  0.47 mm/yıl, 26.07  $\pm$  0.44 mm/yıl ve 28.  $\pm$  0.47 mm/yıl'dır (Tablo 3.10). Yatay bileşende kış mevsiminde elde edilen standart sapma değeri, diğer mevsimlere ve 4 yıllık sonuca göre daha yüksektir. Yatay bileşenden elde edilen hızlarda, kış mevsiminde oluşan bu fark ve etkilerin istasyonda meydana gelen yoğun yağışlardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Düşey bileşende hesaplanan 4 yıllık ortalama hız değeri 1.12  $\pm$  0.55 mm/yıl'dır. . İstasyonun kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsimlerinden elde edilen ortalama hız değerleri sırasıyla; 3.24  $\pm$  2.05 mm/yıl, 0.28  $\pm$  0.80 mm/yıl, -0.39  $\pm$  0.68 mm/yıl ve 0.09  $\pm$  0.60 mm/yıl'dır (Tablo 3.9). Düşey bileşende de kış ve yaz mevsiminde diğer mevsimlere kıyasla oluşan fark ve standart sapma değerleri yüksektir. Bu durumun kışın istasyonun bulunduğu bölgede gerçekleşen yoğun yağışlar ve yazın yaşanan yüksek sıcaklıklar ile güneşlenme süresinin fazla olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Bu tezin amacı, sürekli gözlem yapılan TUSAGA-Aktif istasyonlarından elde edilen GNSS verileri kullanılarak, mevsimsel değişimlerin nokta konum doğruluğu üzerindeki etkilerinin ortaya çıkarılması ve internet tabanlı GNSS veri değerlendirme servisleri olan AUSPOS ve CSRS-PPP servislerinin referans seçilen Bernese v5.2 akademik yazılımından elde edilecek koordinat sonuçlarına olan uyumluluğunun analiz edilmesidir. Bu amaç kapsamında Bernese v5.2 akademik yazılımından elde edilen koordinat bilgileri ve standart sapma değerleri gerçek kabul edilerek AUSPOS ve CSRS-PPP servislerinden elde edilen sonuçların zamana bağlı değişimleri, RMS değerleri, yatay ve düşey doğrulukları ile kestirilen hız bilgileri incelenmiştir.

Servislerden elde edilen yatay hız bilgilerine bakıldığında, AUSPOS servisinden elde edilen hızların CSRS-PPP servisine kıyasla Bernese v5.2 ile daha uyumlu çıktığı görülmüştür. İstasyonlara ait 4 yıllık zaman periyodunda elde edilen yer değiştirmelerin GMT hız çizimlerine bakıldığında hız vektörlerinin hata elipsleri içerisinde kalmaması, hızların anlamlı olduğunu göstermiştir.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından yayınlanan iklim değerlendirme raporlarında en yüksek sıcaklıkların Temmuz ve Ağustos ayında yaşandığı belirtilmiş olup çalışma sonuçları incelendiğinde bu aylara ilişkin konum doğruluklarının diğer aylara kıyasla daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Bu doğrultuda, konum doğruluğunun yaz mevsiminde diğer mevsimlerle kıyaslandığında daha düşük olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

İstasyonların toposentrik koordinatları dikkate alınarak hesaplanan yatay doğruluklar, düşey doğruluk değerlerinin yaklaşık üç katı olarak elde edilmiştir.

AUSPOS internet tabanlı GNSS veri değerlendirme servisinin CSRS-PPP servisine göre Bernese'ten elde edilen konum değişimlerine daha uygun sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. CSRS-PPP servisinde faz kayıklığı belirsizliğinin (ambiguity) yüksek oranda çözümlenememesinden kaynaklı olarak istasyonlara ait koordinat değerlerini tam olarak çözemediği, kesintisiz sonuç çıkaramadığı anlaşılmıştır.

Servislerin tüm mevsimlerdeki performansı ayrı ayrı değerlendirildiğinde yatay doğrulukta AUSPOS servisi, düşey doğrulukta ise CSRS-PPP servisi daha iyi performans sergilemiştir. Yalnızca sonbahar mevsiminde CSRS-PPP'nin yatay ve düşey konum doğrulukları AUSPOS'tan daha yüksek çıkmıştır.

Düşey yöndeki konum değişimlerinde internet tabanlı GNSS veri değerlendirme servislerinden elde edilen düşey konum doğrulukları mevsimsel bazda incelendiğinde, kış mevsimi haricinde CSRS-PPP servisinin sayısal değer açısından daha düşük düşey konum değerlerine sahip olduğu ve dolayısıyla AUSPOS servisine kıyasla düşey konum belirlemedeki performansının daha iyi olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Servislerden yatay ve düşey yönlerde hesaplanan RMS değerleri özellikle ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde düşük çıkmıştır. Yaz ve kış mevsimlerinde elde edilen RMS değerlerinin, yaşanan yüksek sıcaklık ve yoğun yağış etkileri nedeniyle daha yüksek olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle yüksek duyarlılık gerektiren bilimsel çalışmalarda, yükseklik belirlemeye yönelik gerçekleştirilecek çalışmalarında kış ve yaz mevsimlerinde karşılaşılabilecek olası anomalilere karşı ölçümlerin uzun süreli gözlemler şeklinde planlanması önerilmektedir. Ayrıca Temmuz ve Ağustos aylarında elde edilen yatay ve düşey doğruluklar diğer aylara kıyasla daha düşük çıkmıştır, bunun sebebinin bu aylarda yaşanan yüksek sıcaklık ve güneşlenme süresinin fazla olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Mevsimsel değişimlerin GNSS konum hız bileşenleri üzerindeki etkilerinin araştırılmasında istasyonların 2018-2021 yılları arasında Bernese v5.2 akademik yazılımı ile kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsimlerinden elde edilen K-G, D-B, yatay ve düşey hız değerleri, istasyonların 4 yıllık zaman serilerinden elde edilen hız değerleri ile karşılaştırılmıştır. Değerlendirmeler sonucunda istasyonların mevsimsel bazda hesaplanan yatay ve düşey bileşenlere ilişkin hız ve standart sapma değerlerinin 4 yıllık zaman serilerinden hesaplanan değerlerden farklı olduğu tespit edilmiştir. Özellikle kış ve yaz mevsimlerindeki düşey bileşen sonuçlarında oluşan farklar, bu mevsimlerde gerçekleştirilecek yüksek doğruluk gerektiren çalışmalarda mevsimsel etkilerin dikkate alınması gerektiğini göstermektedir.

İnternet tabanlı servislerden elde edilen koordinat sonuçlarına bakıldığında "mm" seviyesinde oluşan RMS değerleri sayesinde, servislerin gerçekleştirilecek birçok

bilimsel çalışmada gerekli duyarlılık beklentisi dahilinde, akademik yazılımlara alternatif olarak AUSPOS ve CSRS-PPP servisleri önerilmektedir.

Servislerin GNSS verilerini değerlendirmede referans aldıkları istasyonların tür ve sayıları farklı olduğundan, yüksek duyarlılık gerektiren çalışmalar için seçilen nokta kümesinin bulunduğu lokasyondaki fiziki şartlar, servislerin değerlendirmede kullandığı sabit IGS istasyonlarıyla arasındaki mesafe gibi parametreler, servislerin performansını etkilemektedir.

Elde edilen veri kalitesine bağlı olarak istasyonlarda yaşanan eksik veri sorunu ve kaba hatalar nedeniyle, istasyon hareketlerinin izlenmesine yönelik çalışmalarda GNSS gün veri seti seçimlerinin 3 günden fazla olması önerilmektedir.



- [1] J. G. McNeff, "The global positioning system," *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, vol. 50, no. 3, pp. 645–652, Mar. 2002, doi: <https://doi.org/10.1109/22.989949>.
- [2] T. Öcalan. (2020). "Ölçme bilgisi 3 – GPS ders notları". (Online). Available: <https://avesis.yildiz.edu.tr/resume/downloadfile/tocalan?key=47540908-0a55-438b-8bd2-ba8289a03691>
- [3] G. Xu, GPS. Springer Science & Business Media, 2007.
- [4] J. P. Malet, S. Hartig, E. Calais, and Olivier Maquaire, "Apport du GPS au suivi en continu des mouvements de terrain. Application au glissement-coulée de Super-Sauze (Alpes de Haute-Provence, France)," Jan. 2000.
- [5] M. R. Kaloop and H. Li, "Monitoring of bridge deformation using GPS technique," *KSCE Journal of Civil Engineering*, vol. 13, no. 6, pp. 423–431, Sep. 2009, doi: <https://doi.org/10.1007/s12205-009-0423-y>.
- [6] J. A. Behr, K. W. Hudnut, and N. E. King, "Monitoring Structural Deformation at Pacoima Dam, California Using Continuous GPS," pp. 59–68, Sep. 1998.
- [7] H. S. Park, H. G. Shon, I. S. Kim, and J. H. Park, "Monitoring of structural behavior of high-rise buildings using GPS," in *CTBUH Seoul Conference*, Oct. 10-13, 2004. [Online]. Available: <https://global.ctbuh.org/resources/papers/download/1175-monitoring-of-structural-behavior-of-high-rise-buildings-using-gps.pdf>
- [8] T. Kijewski-Correa and M. Kochly, "Monitoring the wind-induced response of tall buildings: GPS performance and the issue of multipath effects," *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, vol. 95, no. 9–11, pp. 1176–1198, Oct. 2007, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jweia.2007.02.002>.
- [9] P. Breuer, T. Chmielewski, P. Górski, and E. Konopka, "Application of GPS technology to measurements of displacements of high-rise structures due to weak winds," *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, vol. 90, no. 3, pp. 223–230, Mar. 2002, doi: [https://doi.org/10.1016/S0167-6105\(01\)00221-5](https://doi.org/10.1016/S0167-6105(01)00221-5).
- [10] F. Zhang, "Seasonal vertical crustal motions in China detected by GPS," *Chinese Science Bulletin*, vol. 47, no. 21, p. 1772, 2002, doi: <https://doi.org/10.1360/02tb9387>.
- [11] M. Grácová and V. Schenk, "Data processing of GNSS observations of the GEONAS network – effects of extreme meteorological conditions," Jan. 2007.

- [12] A. Özkan, E. Tari, R. Çakmak, and ErgintavS., “MAGNET Marmara Sürekli GPS Ağı İstasyonlarının Dönemsel Etkiler Açısından Kampanya GPS Ölçmelerine Katkıları,” *Jeodezi ve Jeoinformasyon Dergisi*, no. 101, Feb. 2010, Accessed: May. 21, 2023. [Online]. Available: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/hkmojjd/issue/53143/704645>
- [13] J. Bogusz, M. Figurski, Krzysztof Kroszczyński, and Karolina Szafranek, “Investigation of environmental influences to the precise GNSS solutions,” vol. 8, pp. 5–15, Jan. 2011.
- [14] U. Dogan, M. Uludag, and D. O. Demir, “Investigation of GPS positioning accuracy during the seasonal variation,” *Measurement*, vol. 53, pp. 91–100, Jul. 2014, doi: <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2014.03.034>.
- [15] K. Maciuk and Stanisław Szombara, “Annual crustal deformation based on GNSS observations between 1996 and 2016,” vol. 11, no. 21, Nov. 2018, doi: <https://doi.org/10.1007/s12517-018-4022-4>.
- [16] H. K. Subaşı ve R. M. Alkan, “İnternet-tabanlı GPS değerlendirme servislerinin doğruluk analizi: İstanbul örneği”, *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, 18-22 Nisan 2011, Ankara.
- [17] T. Ocalan, B. Erdogan, and N. Tunalioglu, “Analysis of web-based online services for GPS relative and precise point positioning techniques,” *Boletim de Ciências Geodésicas*, vol. 19, no. 2, pp. 191–207, Jun. 2013, doi: <https://doi.org/10.1590/s1982-21702013000200003>.
- [18] Q. Guo, “Precision comparison and analysis of four online free PPP services in static positioning and tropospheric delay estimation,” *GPS Solutions*, vol. 19, no. 4, pp. 537–544, Oct. 2014, doi: <https://doi.org/10.1007/s10291-014-0413-5>.
- [19] R. M. Alkan, İ. M. Özülü, and V. İlçi, “Web-based online data processing services as an alternative to conventional GNSS processing software,” *Afyon Kocatepe University Journal of Sciences and Engineering*, vol. 17, no. 2, pp. 603–619, Aug. 2017, doi: <https://doi.org/10.5578/fmbd.57600>.
- [20] I. H. Mohammed, T. N. Ataiwe, and H. Al Sharaa, “Accuracy assessment of a variety of GPS data processing, online services and software,” *Geomatics and Environmental Engineering*, vol. 15, no. 4, pp. 5–19, Sep. 2021, doi: <https://doi.org/10.7494/geom.2021.15.4.5>.
- [21] T. Erol, “OPUS and CSRS web-based GNSS services accuracies for data from USA and Turkey,” *Technical Gazette*, vol. 28, no. 6, Dec. 2021, doi: <https://doi.org/10.17559/tv-20200129110205>.
- [22] U. Doğan. (2016). “GNSS verilerinin değerlendirilmesi”.
- [23] A. El-Rabbany, “Introduction to GPS: The global positioning system,” 2002.

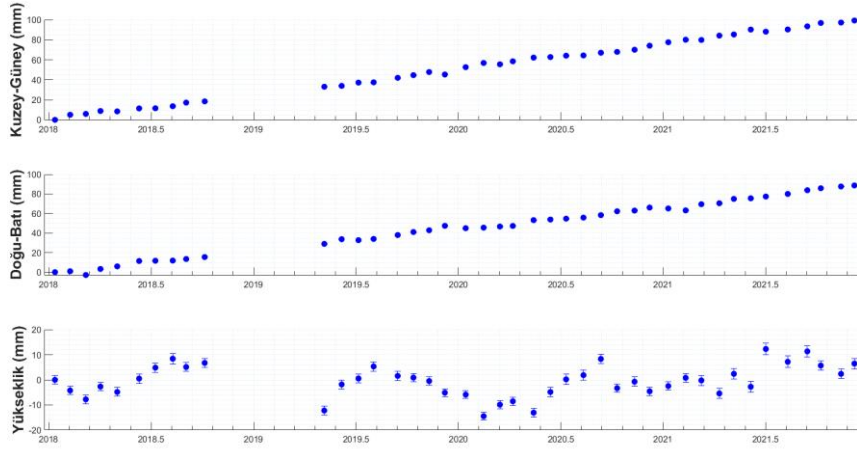
- [24] Ş. Vural, “GPS ölçmelerinde uygun ölçme süresinin belirlenmesi,” M.S. thesis, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2005.
- [25] J. S. Subirana, J. Zornoza and A. R. Garcia, “Overview of GNSS positioning techniques and code pseudorange modelling”, gACE/UPC Research Group of Astronomy and Geomatics, BarcelonaTECH, Spain, 2019.
- [26] M. Karaim, M. Elsheikh, and A. Noureldin, “GNSS error sources,” IntechOpen, 2018. Available: <https://www.intechopen.com/chapters/60049>
- [27] A. C. Uçarlı, F. Demir, S. Erol, and R. M. Alkan, “Farklı GNSS uydu sistemlerinin hassas nokta konumlama (PPP) tekniğinin performansına etkisinin incelenmesi,” vol. 6, no. 3, pp. 247–258, Dec. 2021, doi: <https://doi.org/10.29128/geomatik.779420>.
- [28] O. L. Colombo, “Ephemeris errors of GPS satellites,” Bulletin Géodésique, vol. 60, no. 1, pp. 64–84, Mar. 1986, doi: <https://doi.org/10.1007/bf02519355>.
- [29] B. Hofmann-Wellenhof, H. Lichtenegger, and E. Wasle, GNSS-global navigation satellite systems : GPS, GLONASS, Galileo, and more. Wien ; New York: Springer, 2008.
- [30] “Products – International GNSS Service.” [https://igs.org/products/#orbits\\_clocks](https://igs.org/products/#orbits_clocks) (accessed: May. 21, 2023).
- [31] M. Abdel-Salam, “Precise point positioning using un-differenced code and carrier phase observations,” Jan. 2005, doi: <https://doi.org/10.11575/prism/5202>.
- [32] Vahap Gülal, Nedim Onur Aykut, Burak Akpınar, and Süreyya Özgür Uygur, “GNSS antenlerinin faz merkezi ve değişiminin araştırılması,” Oct. 2011.
- [33] M. Rlinami, H. Morikawa, and T. Aoyama, “An adaptive multipath mitigation technique for GPS signal reception,” Nov. 2002, doi: <https://doi.org/10.1109/vetecs.2000.851402>.
- [34] “Multipath | GEOG 862: GPS and GNSS for geospatial professionals,” Psu.edu, 2018. <https://www.e-education.psu.edu/geog862/node/1721>
- [35] “GPS accuracy: HDOP, PDOP, GDOP, multipath & the atmosphere - GIS geography,” GIS Geography, Mar. 13, 2017. <https://gisgeography.com/gps-accuracy-hdop-pdop-gdop-multipath/> (accessed: May. 21, 2023).
- [36] A. Fevzi, M. Kaya, and Sarıtaş, “A computer simulation of dilution of precision in the global positioning system using MATLAB .” Accessed: May. 24, 2023. [Online]. Available: [https://www.emo.org.tr/ekler/7ef345422b300b5\\_ek.pdf](https://www.emo.org.tr/ekler/7ef345422b300b5_ek.pdf)
- [37] V. E. Baysal, “Jeodezik uygulamalarda tek frekanslı GPS alıcılarının kullanılabilirliğinin araştırılması,” M.S. thesis, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2008.

- [38] M. Kahveci and S. Kırtıl, “GNSS ile konum belirlemede farklı troposferik modellerin incelenmesi,” vol. 24, no. 71, pp. 475–486, May 2022, doi: <https://doi.org/10.21205/deufmd.2022247113>.
- [39] “Sıkça sorulan sorular - Meteoroloji genel müdürlüğü,” [www.mgm.gov.tr](http://www.mgm.gov.tr). <https://www.mgm.gov.tr/genel/sss.aspx?s=atmosfer> (accessed May. 21, 2023).
- [40] N. Hanna, E. Trzcina, G. Möller, W. Rohm, and R. Weber, “Assimilation of GNSS tomography products into the weather research and forecasting model using radio occultation data assimilation operator,” *Atmospheric Measurement Techniques*, vol. 12, no. 9, pp. 4829–4848, Sep. 2019, doi: <https://doi.org/10.5194/amt-12-4829-2019>.
- [41] C. Satirapod and P. Chalermwattanachai, “Impact of different tropospheric models on GPS baseline accuracy: Case study in Thailand,” *Journal of Global Positioning Systems*, vol. 4, no. 1 & 2, pp. 36–40, Dec. 2005, doi: <https://doi.org/10.5081/jgps.4.1.36>.
- [42] M. Uludağ, “Mevsimsel değişimlerde GPS konum doğruluğunun araştırılması,” M.S. thesis, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2012.
- [43] M. Hernández-Pajares et al., “The ionosphere: effects, GPS modeling and the benefits for space geodetic techniques,” *Journal of Geodesy*, vol. 85, no. 12, pp. 887–907, Sep. 2011, doi: <https://doi.org/10.1007/s00190-011-0508-5>.
- [44] K. Guo, M. Aquino, and S. Vadakke Veetil, “Ionospheric scintillation intensity fading characteristics and GPS receiver tracking performance at low latitudes,” *GPS Solutions*, vol. 23, no. 2, Feb. 2019, doi: <https://doi.org/10.1007/s10291-019-0835-1>.
- [45] H. Erdoğan and N. Arslan, “Identification of vertical total electron content by time series analysis,” *Digital Signal Processing*, vol. 19, no. 4, pp. 740–749, Jul. 2009, doi: <https://doi.org/10.1016/j.dsp.2008.07.002>.
- [46] Z. Can and O. Gümrükçü, “İyonosfer ile GPS sinyallerinin etkileşimi interaction of GPS signals with ionosphere,” *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, vol. 8, no. 15, pp. 69–78, Jun. 2009, Accessed: May. 21, 2023. [Online]. Available: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ticaretfbid/issue/21355/229084>
- [47] N. Yaacob, M. Abdullah, M. İsmail, M. N. İbrahim, Z. Zakaria, “Total electron content (TEC) and estimation of positioning error using Malaysia data,” Presented at WCE, London, U.K., 2010.
- [48] M. Ulukavak and M. Yalçınkaya, “Toplam elektron içeriği (TEC) değerleri ve deprem ilişkisinin incelenmesi,” vol. 4, no. 1, pp. 107–107, Jan. 2014, doi: <https://doi.org/10.17714/gufbed.2014.04.008>.

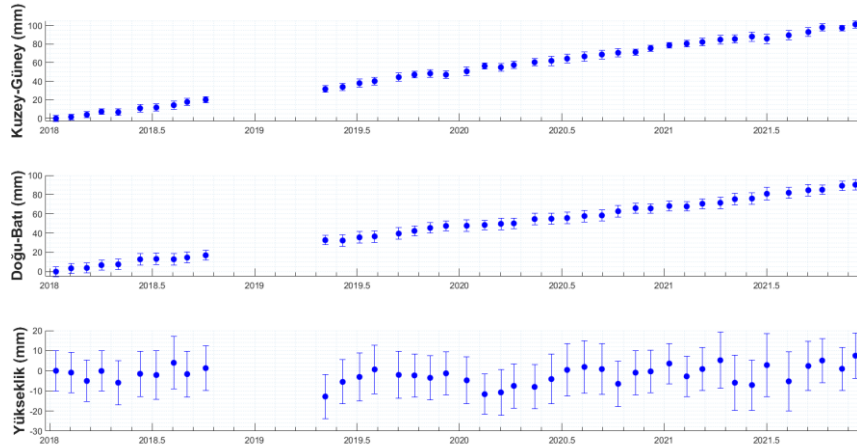
- [49] S. Korlaelçi, “Jeomanyetik aktif durumlar için manyetik eşlenik noktalarındaki iyonosferik toplam elektron içeriğindeki (TEİ) değişimlerinin incelenmesi,” Ph.D. dissertation, İnönü Üniversitesi, Malatya, 2020.
- [50] V. Akgül, “High-order ionospheric effects on GPS tropospheric and coordinate estimations,” M.S. thesis, Bülent Ecevit Üniversitesi, Zonguldak, 2017.
- [51] “Provisional dst index monthly plot and table,” wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp. [https://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/dst\\_provisional/201801/index.html](https://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/dst_provisional/201801/index.html) (accessed May. 21, 2023).
- [52] “Provisional dst index monthly plot and table,” wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp. [https://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/dst\\_provisional/201904/index.html](https://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/dst_provisional/201904/index.html) (accessed May. 21, 2023).
- [53] “Provisional dst index monthly plot and table,” wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp. [https://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/dst\\_provisional/202007/index.html](https://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/dst_provisional/202007/index.html) (accessed May. 21, 2023).
- [54] “Provisional dst index monthly plot and table,” wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp. [https://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/dst\\_provisional/202110/index.html](https://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/dst_provisional/202110/index.html) (accessed May. 21, 2023).
- [55] “Bernese GNSS Software,” <http://www.bernese.unibe.ch/#OVR> (accessed May. 21, 2023).
- [56] C. İnal ve Ö. Salgın, “Farklı GPS yazılımları ile değerlendirilen GPS baz uzunluklarının bilinen değerler ile karşılaştırılması” <https://docplayer.biz.tr/400395-Farkli-gps-yazilimlari-ile-degerlendirilen-gps-baz-uzunluklarinin-bilinen-degerler-ile-karsilastirilmesi-cevat-inal-1-omer-salgın-2.html> (accessed May. 24, 2023).
- [57] Ö. F. Atiz, “PPP yönteminde AR yaklaşımının konum doğruluğuna etkisinin araştırılması,” M.S. thesis, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Konya, 2021.
- [58] “AUSPOS - Online GPS Processing Service,” May 15, 2014. <https://www.ga.gov.au/scientific-topics/positioning> (accessed May. 21, 2023).
- [59] S. Alçay and H. İ. Imren, “OPUS ve AUSPOS web-tabanlı GPS değerlendirme servislerinin farklı gözlem süreleri için doğruluk performanslarının incelenmesi,” vol. 6, no. 2, pp. 452–466, Jul. 2017, doi: <https://doi.org/10.28948/ngumuh.341282>.
- [60] M. Albayrak, “Web-tabanlı bağıl ve mutlak konum belirleme servislerinin performans analizi,” M.S. thesis, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2014.
- [61] “Precise Point Positioning,” <https://webapp.csrscs.nrcan-ncan.gc.ca/geod/tools-outils/ppp.php> (accessed May. 24, 2023).

- [62] C. Ö. Yiğit, M. Kızılarıslan, and E. Çalışkan, “Evaluating positioning performance of static GPS-PPP and GPS/GLONASS-PPP methods based on observation durations,” *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 2016, doi: <https://doi.org/10.15659/hartek.16.03.289>.
- [63] S. Banville et al., “Enabling ambiguity resolution in CSRS-PPP,” vol. 68, no. 2, pp. 433–451, May 2021, doi: <https://doi.org/10.1002/navi.423>.
- [64] C. Ö. Yiğit, B. N. Özdemir, S. Alçay, and A. Ceylan, “CSRS-PPP yazılımının uzun dönemli GNSS zaman serilerinin oluşturulmasında ve nokta hızlarının kestirilmesinde kullanılabilirliği,” vol. 82, no. 155, pp. 23–31, Jan. 2016.
- [65] M. Mulic, D. Krdzalić, E. Donlagic, and A. Bilajbegovic, “Possibilities and benefit of the online GNSS PPP free services for GNSS applications- the accuracy and reliability UN/Croatia Workshop on GNSS Application 21-25 April 2013, Baska Croatia.” Available: <https://www.unoosa.org/documents/pdf/psa/activities/2013/croatia/1.5.pdf>
- [66] M. Jamieson and D. T. Gillins, “Comparative Analysis of Online Static GNSS Postprocessing Services,” *Journal of Surveying Engineering*, vol. 144, no. 4, p. 05018002, Nov. 2018, doi: [https://doi.org/10.1061/\(asce\)su.1943-5428.0000256](https://doi.org/10.1061/(asce)su.1943-5428.0000256).
- [67] “TUSAGA,” <https://www.tusaga-aktif.gov.tr/Sayfalar/IstasyonHaritasi.aspx> (accessed May. 24, 2023).
- [68] G. Blewitt, “Basics of the GPS Technique: Observation Equations,” Available: <https://nbmg.unr.edu/staff/pdfs/Blewitt%20Basics%20of%20gps.pdf> (accessed May. 21, 2023).
- [69] R. Dach, S. Lutz, P. Walser, and P. Fridez, “Bernese GNSS Software Version 5.2 Edited by,” 2015, doi: <https://doi.org/10.7892/boris.72297>.
- [70] S. Bülbül, C. İnal, and B. Bilgen, “Mevsimsel değişimlerin hassas nokta konumlamaya etkisi,” *Konya Journal of Engineering Sciences*, vol. 10, no. 2, pp. 274–286, Jun. 2022, doi: <https://doi.org/10.36306/konjes.1024445>.
- [71] A. Özdemir, “23 Ekim 2011 Van depreminin yakın alan deprem anı deformasyonlarının GPS ile belirlenmesi,” M.S. thesis, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2016.
- [72] S. Bülbül, “TUSAGA-Aktif noktalarında renkli gürültülerden arındırılmış hız bileşenlerinin belirlenmesi,” Ph.D. dissertation, Selçuk Üniversitesi, Konya, 2018.
- [73] S. Erol, “GPS ve nivelman ölçüleriyle deformasyonların belirlenmesi,” Ph.D. dissertation, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2008.

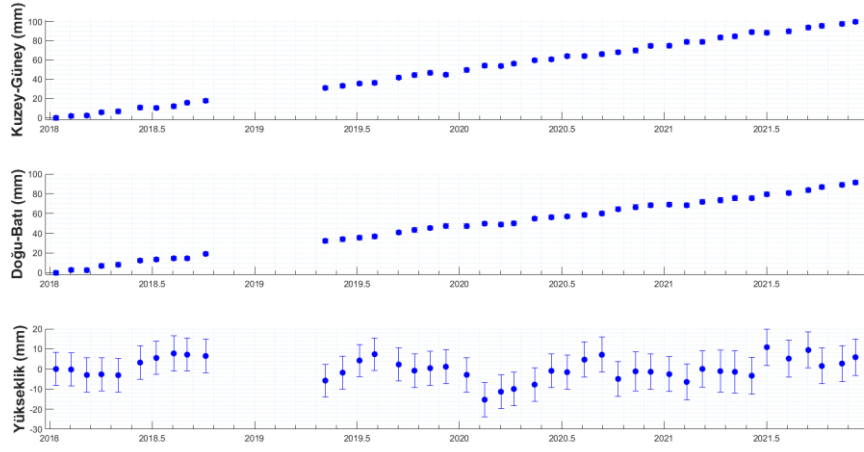
- [74] V. Öztaş, “Lokal üç boyutlu ve iki boyutlu dik koordinat sistemlerinde dengeleme ve karşılaştırmalar,” M.S. thesis, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 1991.
- [75] U. Doğan. (2018). “Jeodezide Özel Konular”.
- [76] A. Selendi, “Marmara bölgesinde yer kabuğu hareketlerinin GPS ve gravite ölçmeleri (2006-2010) ile belirlenmesi,” M.S. thesis, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2011.
- [77] A. M. M. Redhwan, “İç Anadolu bölgesi sabit GNSS ağıının izlenmesi,” M.S. thesis, Aksaray Üniversitesi, Aksaray, 2021.
- [78] C. Aydın. (2019). “Jeodezide İstatistik Analiz”.
- [79] A. H. Doğan, “Kısa süreli GPS baz çözümlerinde varyans kovaryans matrisinin güvenilirliğinin araştırılması,” M.S. thesis, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2017.
- [80] D. Martin, A. P. Miller, A. Quesnel-Vallée, N. R. Caron, B. Vissandjée, and G. P. Marchildon, “Canada’s universal health-care system: achieving its potential,” *The Lancet*, vol. 391, no. 10131, pp. 1718–1735, 2018, doi: [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(18\)30181-8](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(18)30181-8).
- [81] “Meteoroloji Genel Müdürlüğü,” <https://www.mgm.gov.tr/iklim/iklim-raporlari.aspx> (accessed May. 24, 2023).
- [82] M. Bezcioglu, C. Ö. Yiğit, and M. N. Bodur, “Kinematik PPP-AR ve geleneksel PPP yöntemlerin performanslarının değerlendirilmesi: Antarktika yarımadası örneği,” *Afyon Kocatepe University Journal of Sciences and Engineering*, vol. 19, no. 1, pp. 162–169, May 2019, doi: <https://doi.org/10.35414/akufemubid.467336>.



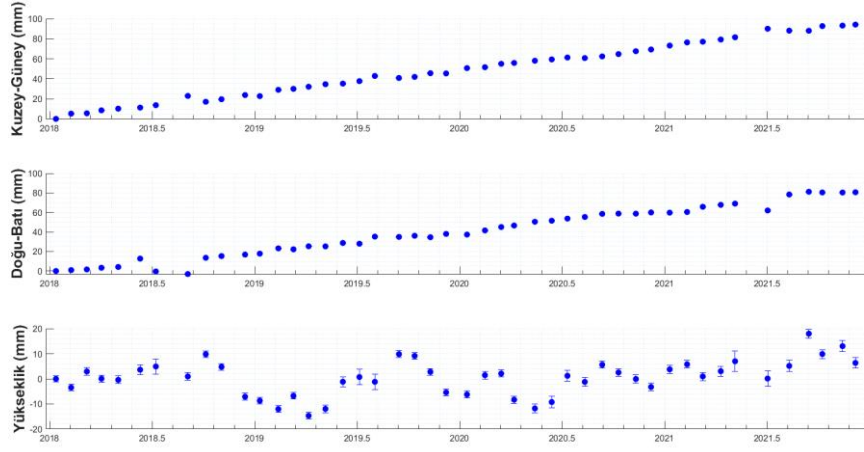
Şekil A.1. BASK koordinat zaman değişimi (Bernese v5.2)



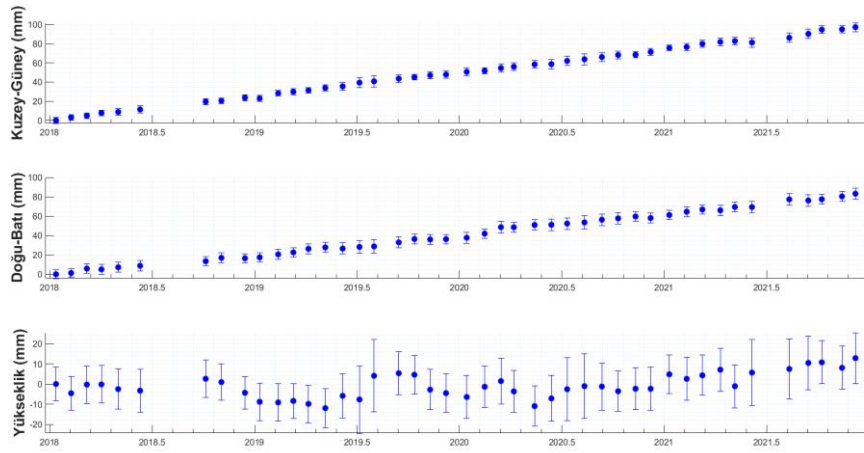
Şekil A.2. BASK koordinat zaman değişimi (AUSPOS)



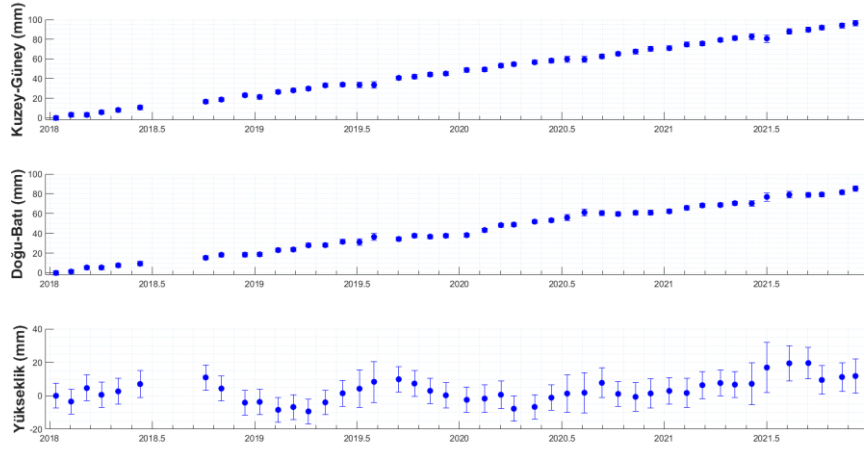
**Şekil A.3.** BASK koordinat zaman değişimi (CSRS-PPP)



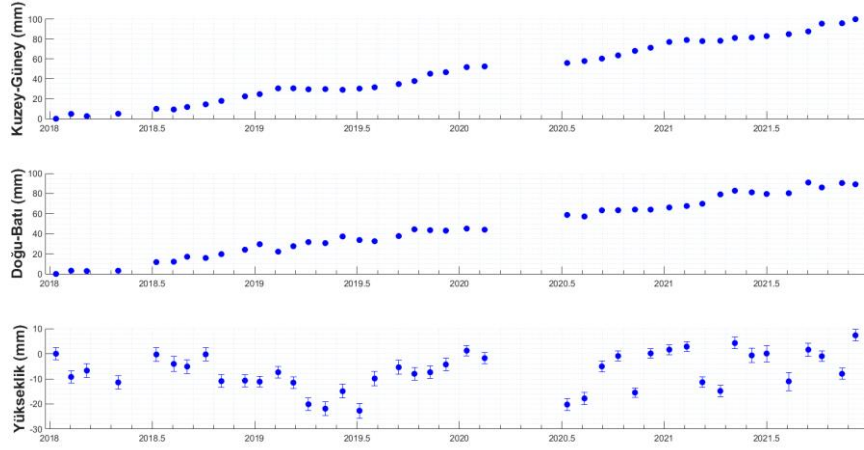
**Şekil A.4.** BTMN koordinat zaman değişimi (Bernese v5.2)



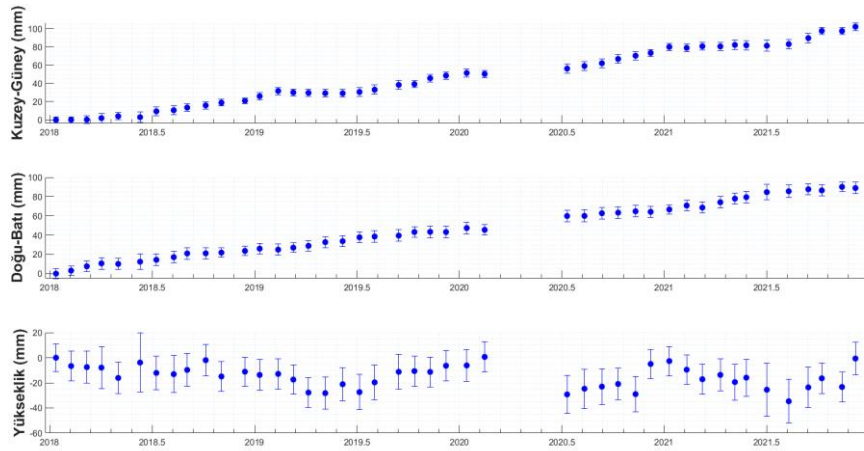
**Şekil A.5.** BTMN koordinat zaman değişimi (AUSPOS)



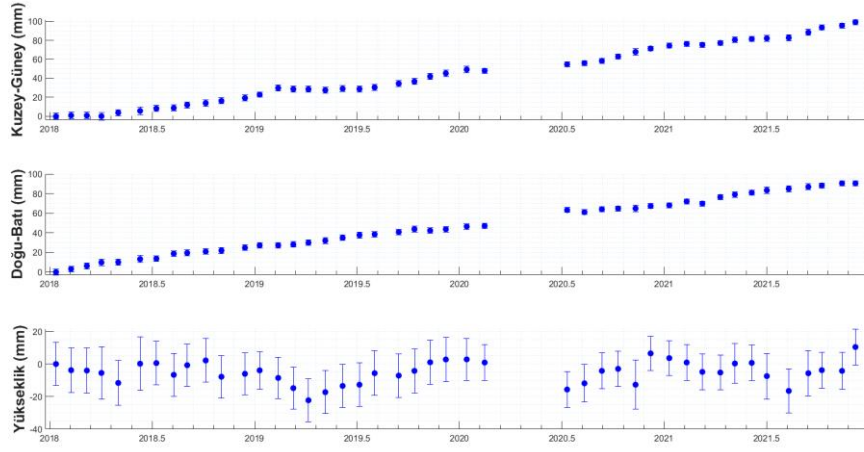
**Şekil A.6.** BTMN koordinat zaman değişimi (CSRS-PPP)



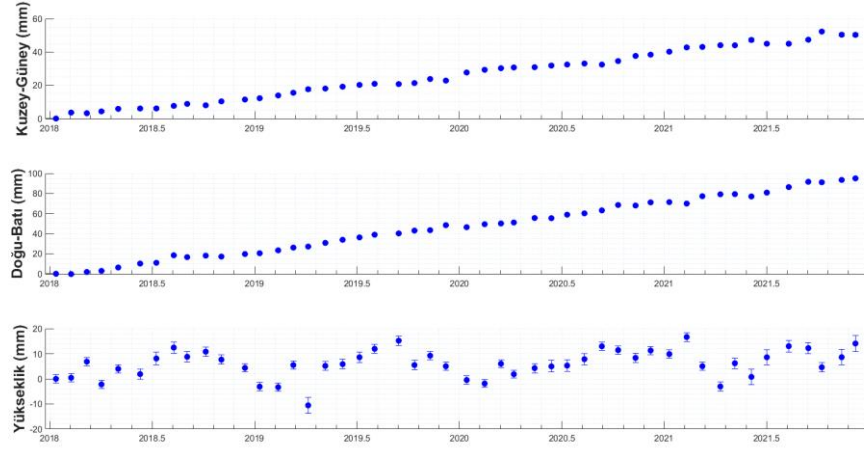
**Şekil A.7.** CATK koordinat zaman değişimi (Bernese v5.2)



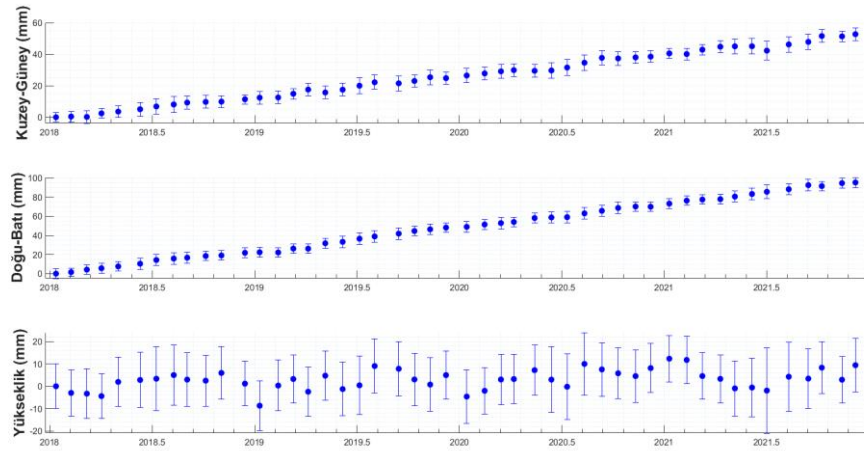
**Şekil A.8.** CATK koordinat zaman değişimi (AUSPOS)



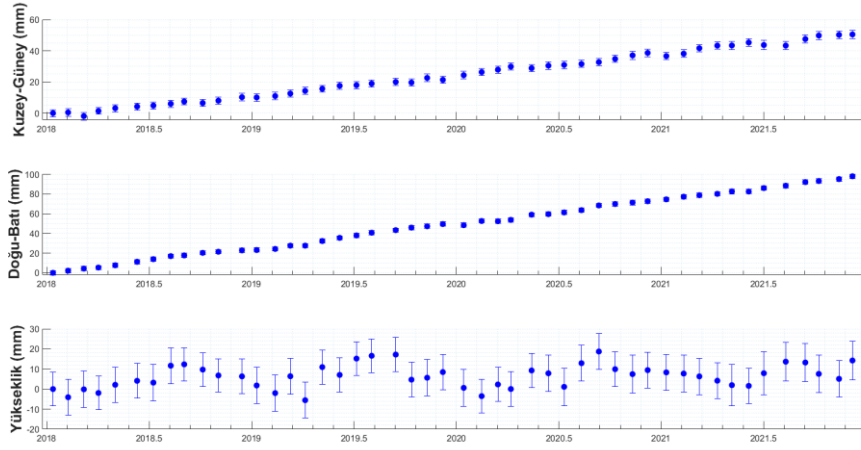
**Şekil A.9.** CATK koordinat zaman değişimi (CSRS-PPP)



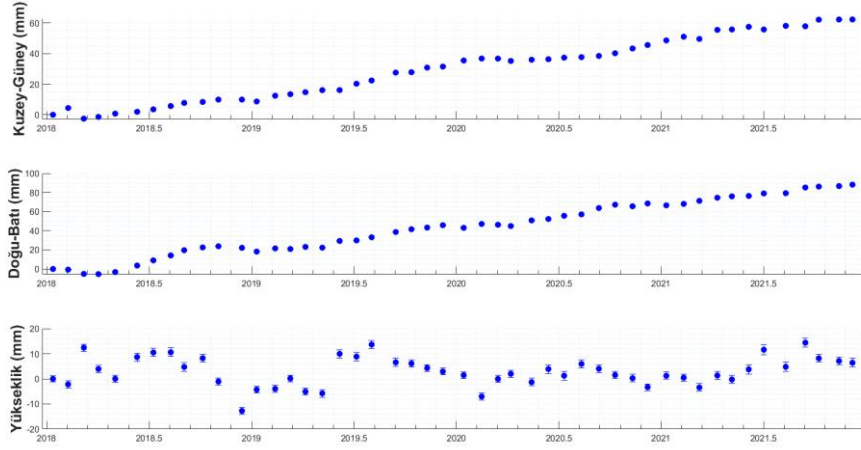
**Şekil A.10.** GIRS koordinat zaman değişimi (Bernese v5.2)



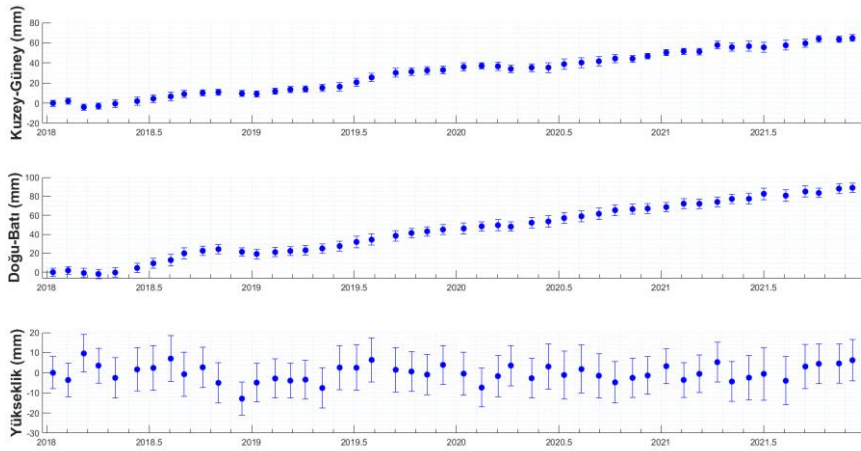
**Şekil A.11.** GIRS koordinat zaman değişimi (AUSPOS)



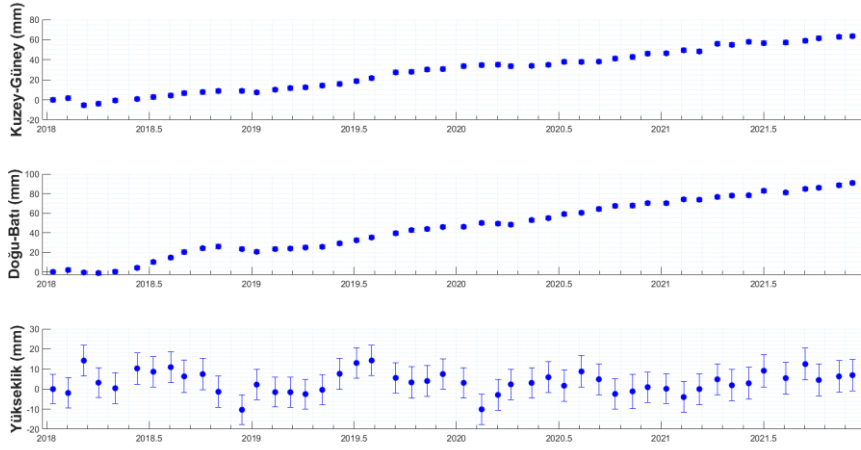
**Şekil A.12.** GIRS koordinat zaman değişimi (CSRS-PPP)



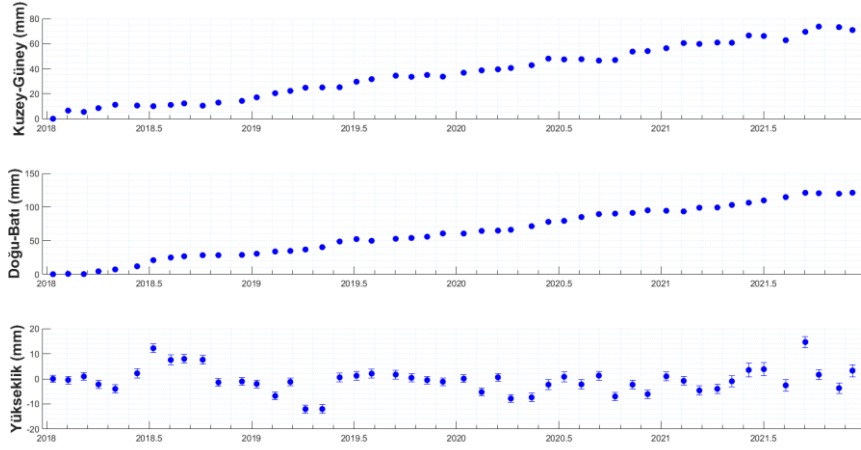
**Şekil A.13.** HINI koordinat zaman değişimi (Bernese v5.2)



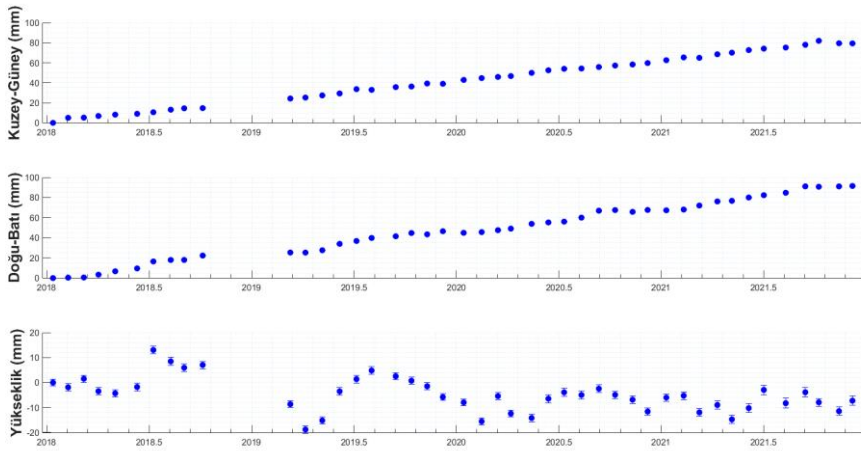
**Şekil A.14.** HINI koordinat zaman değişimi (AUSPOS)



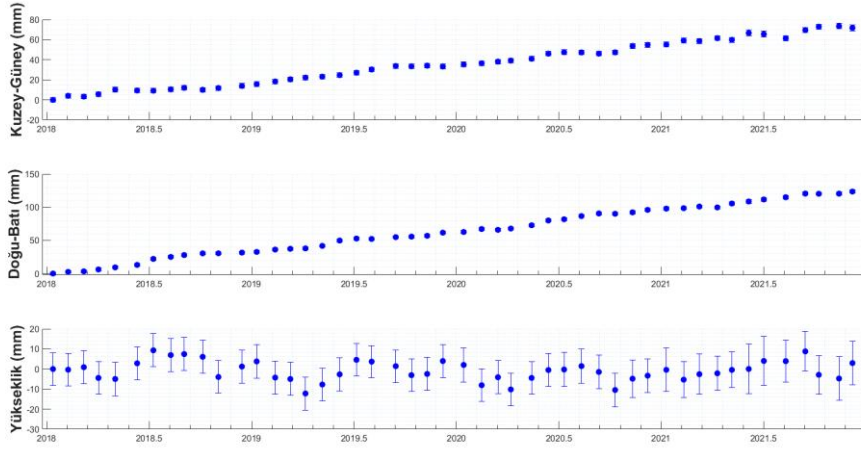
**Şekil A.15.** HINI koordinat zaman değişimi (CSRS-PPP)



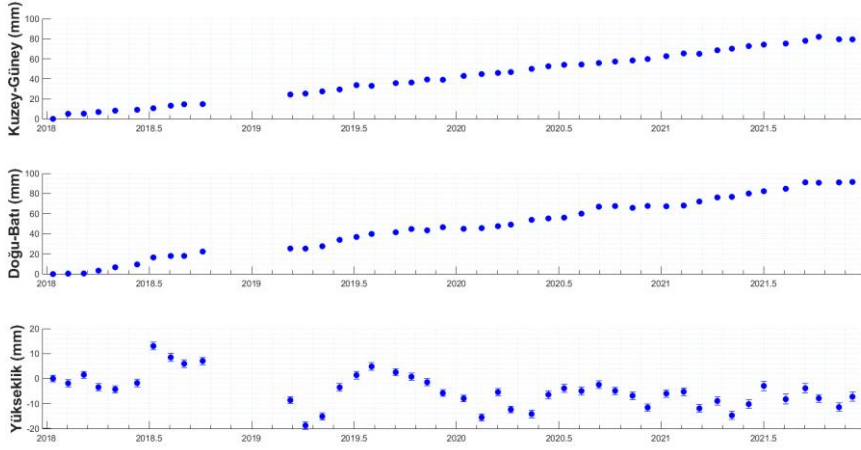
**Şekil A.16.** IGR1 koordinat zaman değişimi (Bernese v5.2)



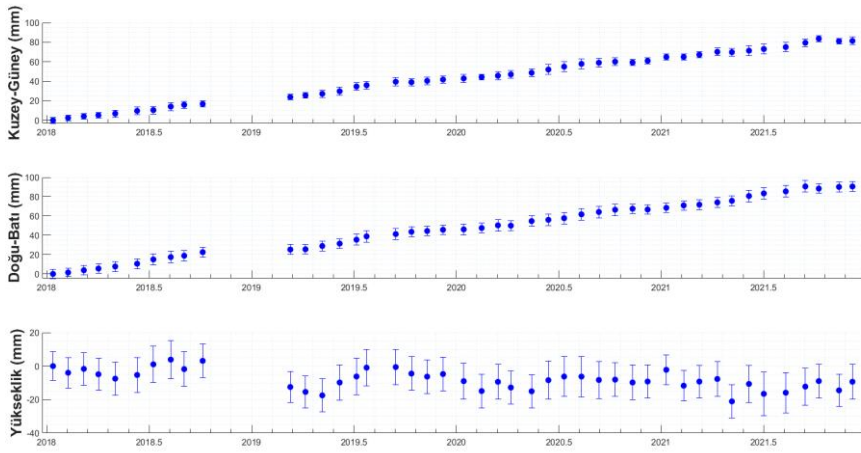
**Şekil A.17.** IGR1 koordinat zaman değişimi (AUSPOS)



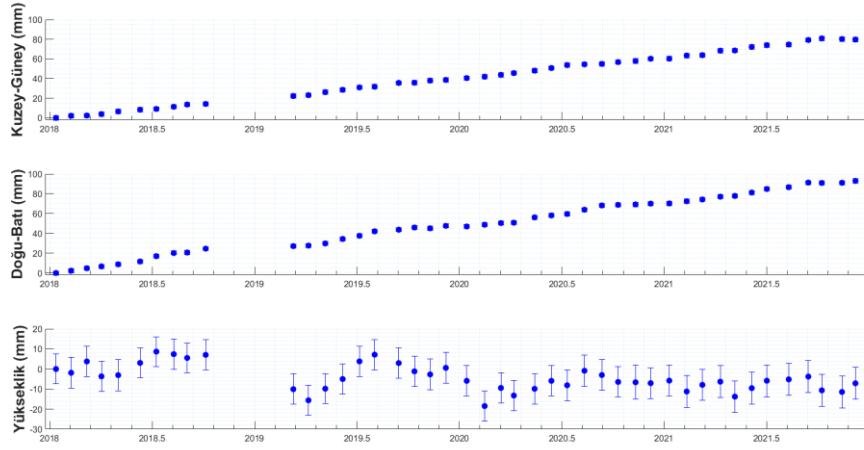
**Şekil A.18.** IGR1 koordinat zaman değişimi (CSRS-PPP)



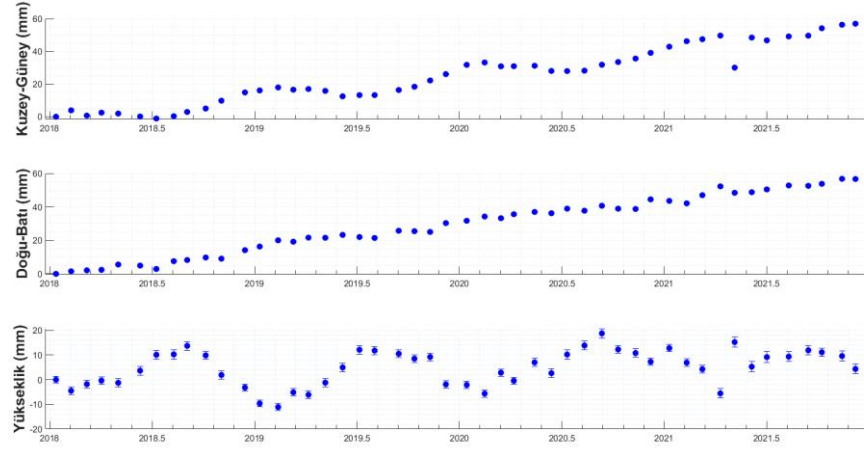
**Şekil A.19.** MLZ1 koordinat zaman değişimi (Bernese v5.2)



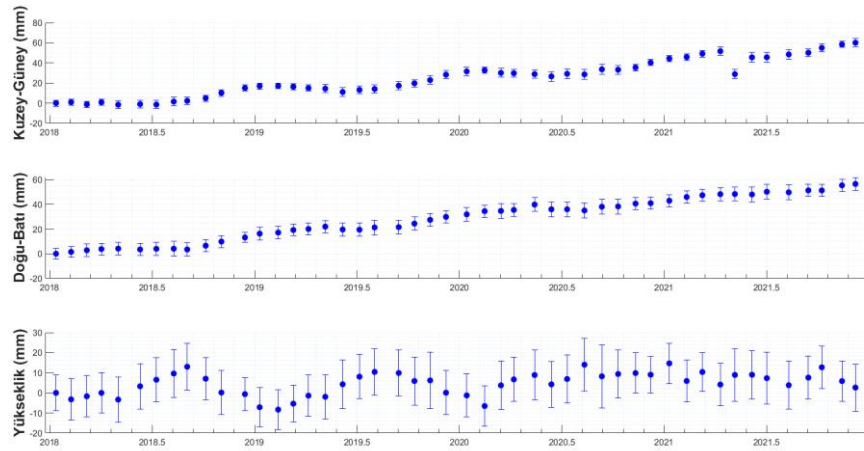
**Şekil A.20.** MLZ1 koordinat zaman değişimi (AUSPOS)



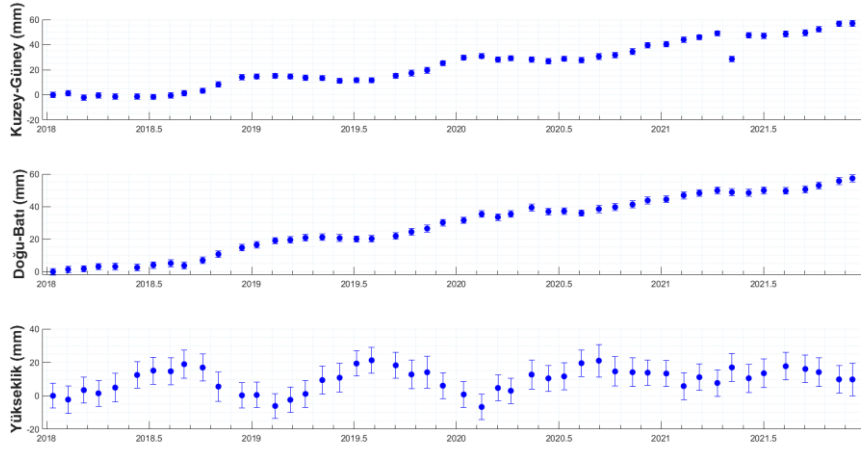
**Şekil A.21.** MLZ1 koordinat zaman değişimi (CSRS-PPP)



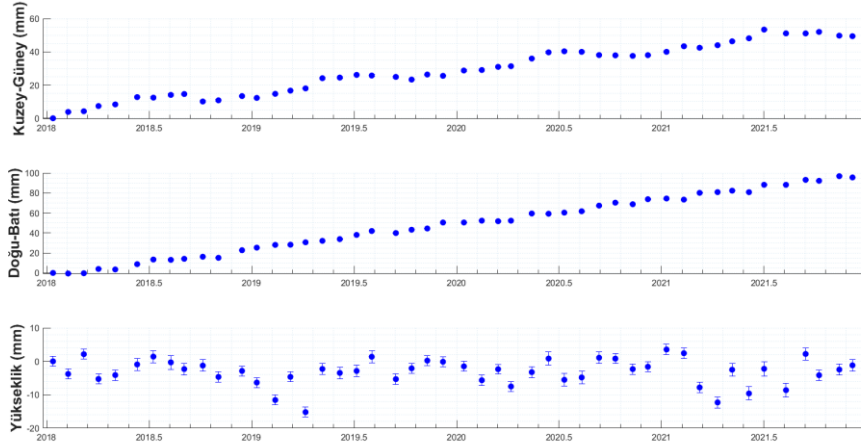
**Şekil A.22.** MRSI koordinat zaman değişimi (Bernese v5.2)



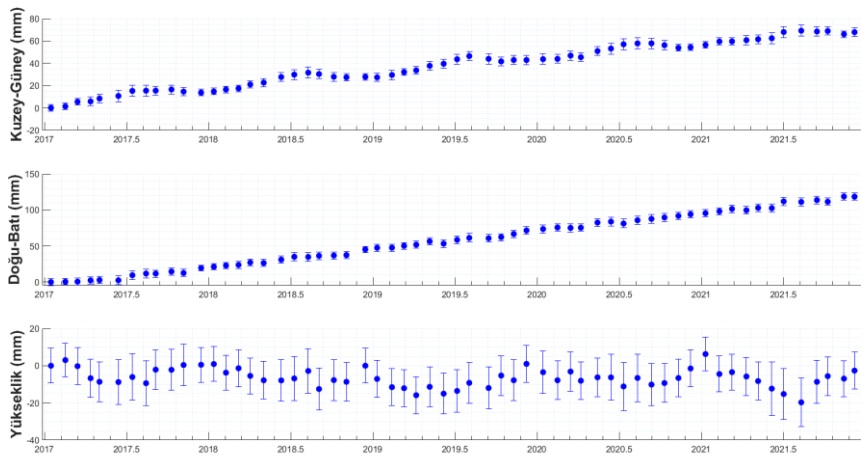
**Şekil A.23.** MRSI koordinat zaman değişimi (AUSPOS)



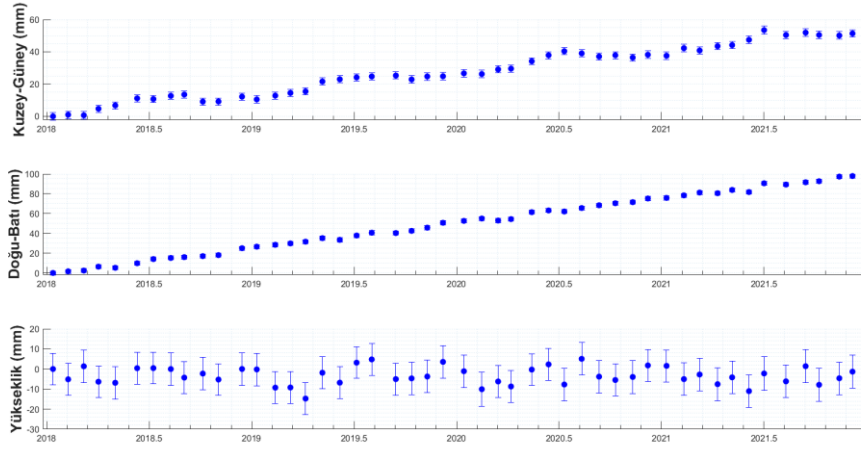
Şekil A.24. MRSI koordinat zaman değişimi (CSR-PPP)



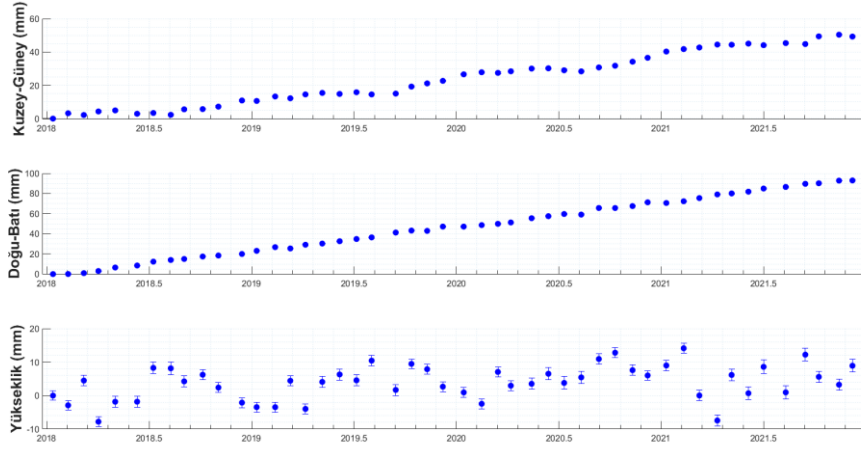
Şekil A.25. RZE1 koordinat zaman değişimi (Bernese v5.2)



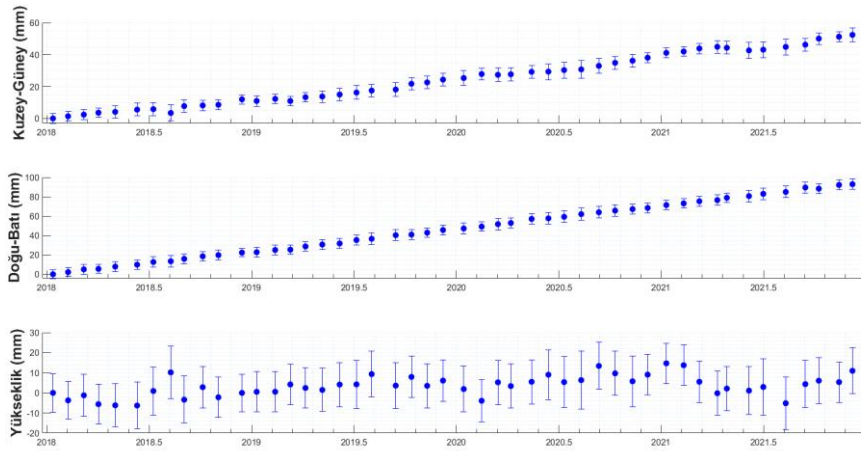
Şekil A.26. RZE1 koordinat zaman değişimi (AUSPOS)



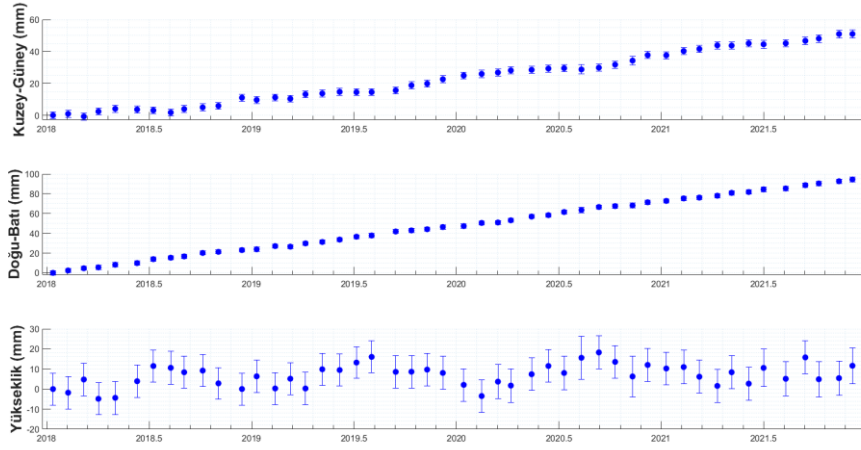
**Şekil A.27.** RZE1 koordinat zaman değişimi (CSRS-PPP)



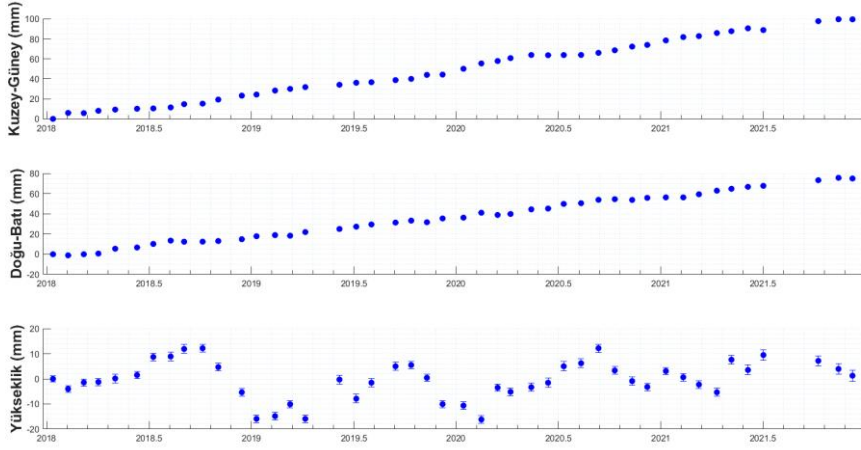
**Şekil A.28.** SAM1 koordinat zaman değişimi (Bernese v5.2)



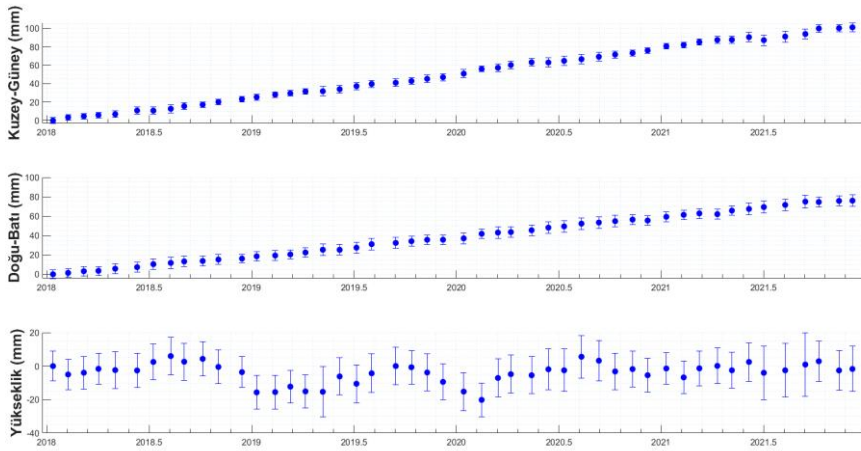
**Şekil A.29.** SAM1 koordinat zaman değişimi (AUSPOS)



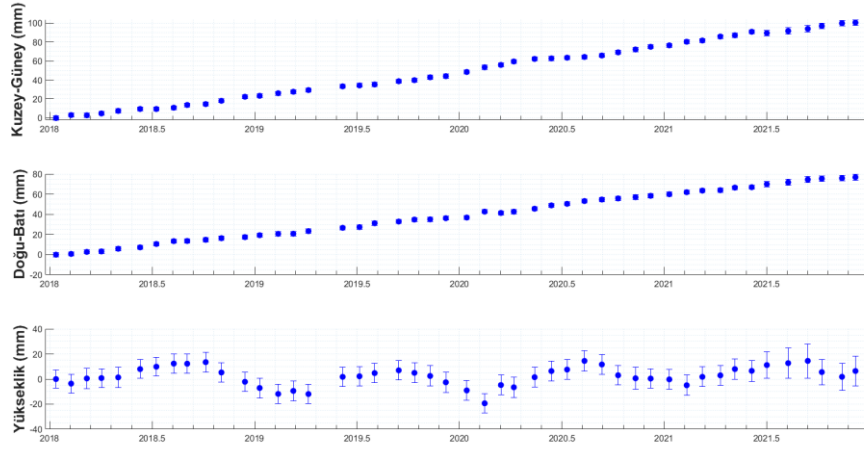
**Şekil A.30.** SAM1 koordinat zaman değişimi (CSRS-PPP)



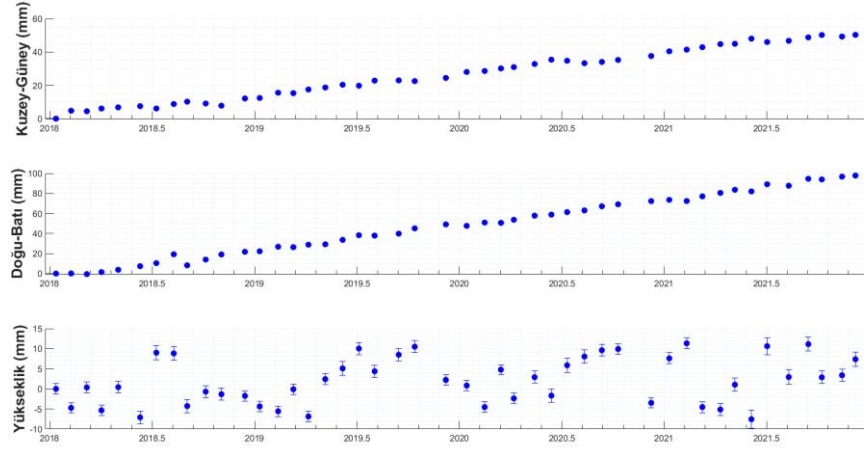
**Şekil A.31.** SURF koordinat zaman değişimi (Bernese v5.2)



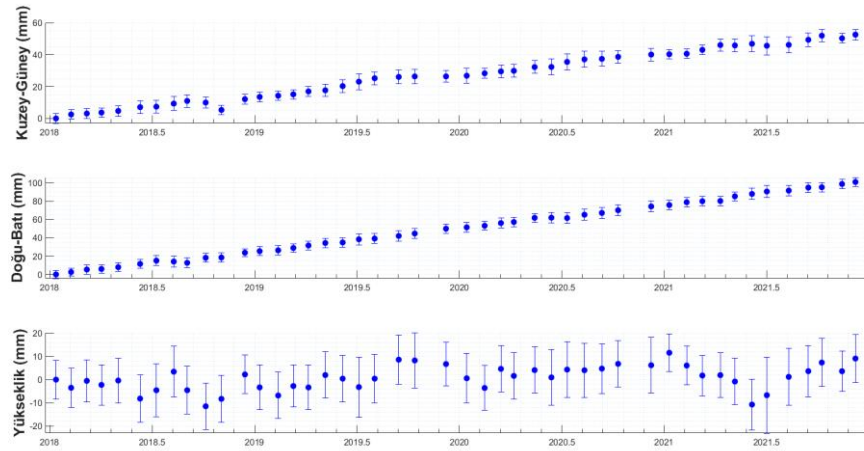
**Şekil A.32.** SURF koordinat zaman değişimi (AUSPOS)



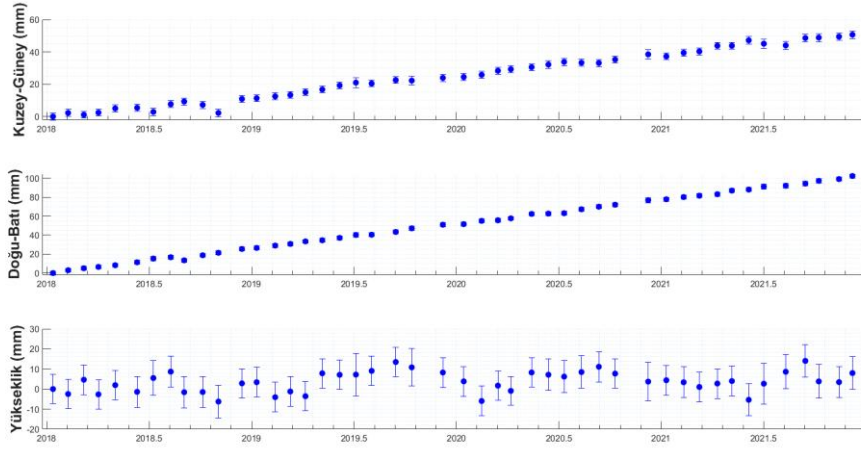
**Şekil A.33.** SURF koordinat zaman değişimi (CSR-PPP)



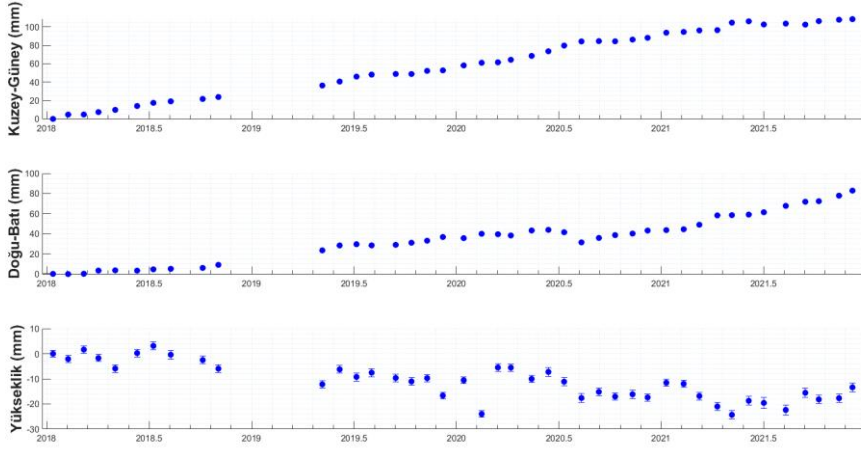
**Şekil A.34.** TRBN koordinat zaman değişimi (Bernese v5.2)



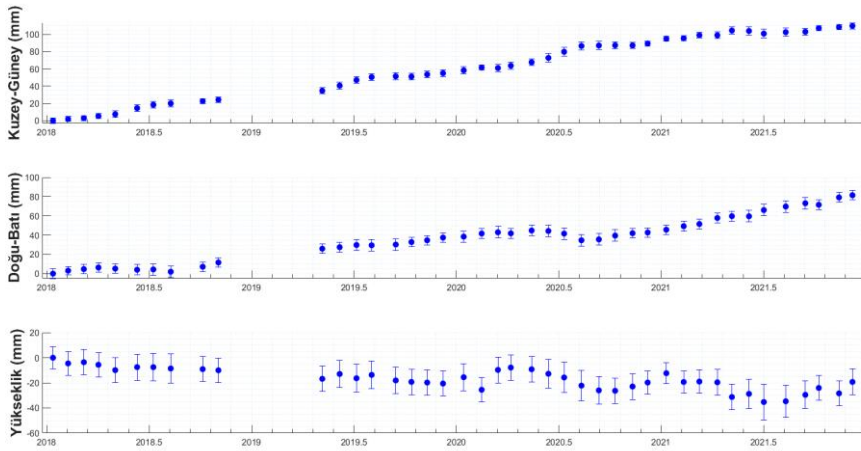
**Şekil A.35.** TRBN koordinat zaman değişimi (AUSPOS)



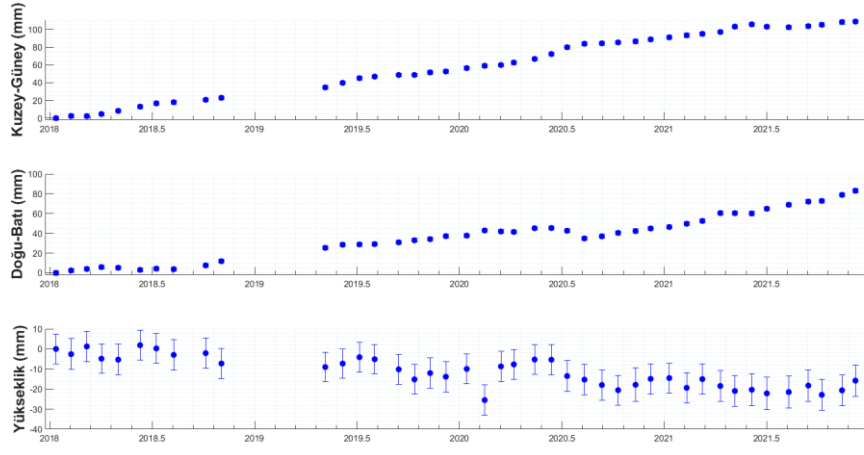
**Şekil A.36.** TRBN koordinat zaman değişimi (CSRS-PPP)



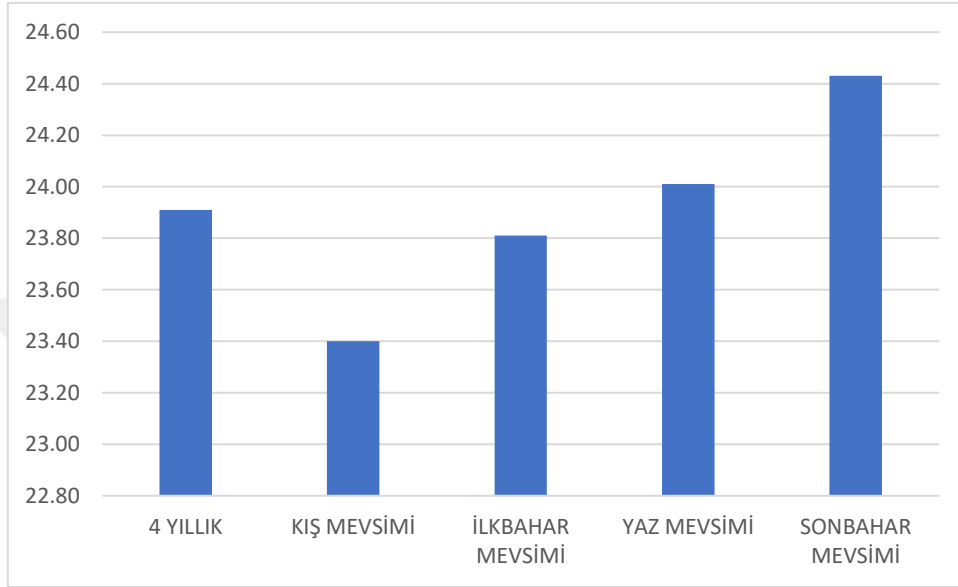
**Şekil A.37.** VAN1 koordinat zaman değişimi (Bernese v5.2)



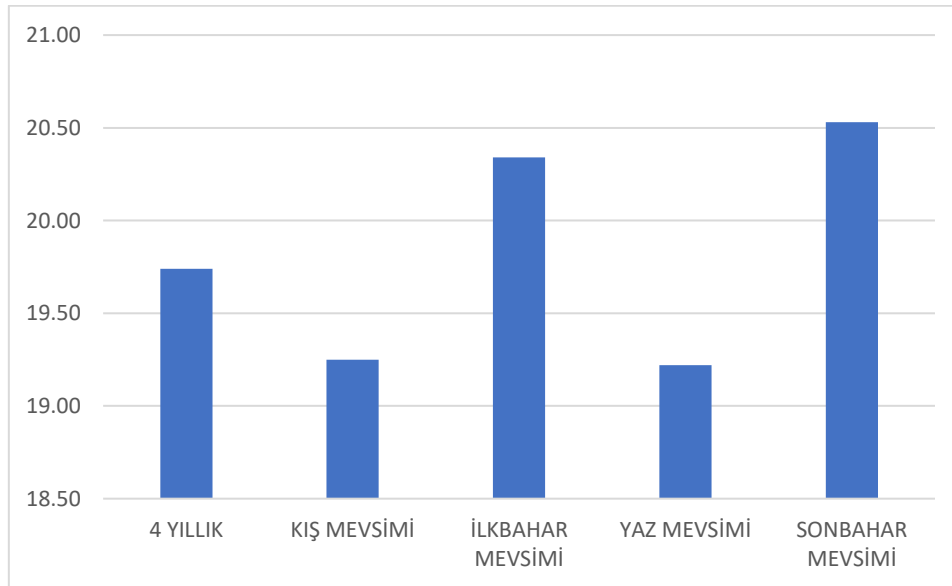
**Şekil A.38.** VAN1 koordinat zaman değişimi (AUSPOS)



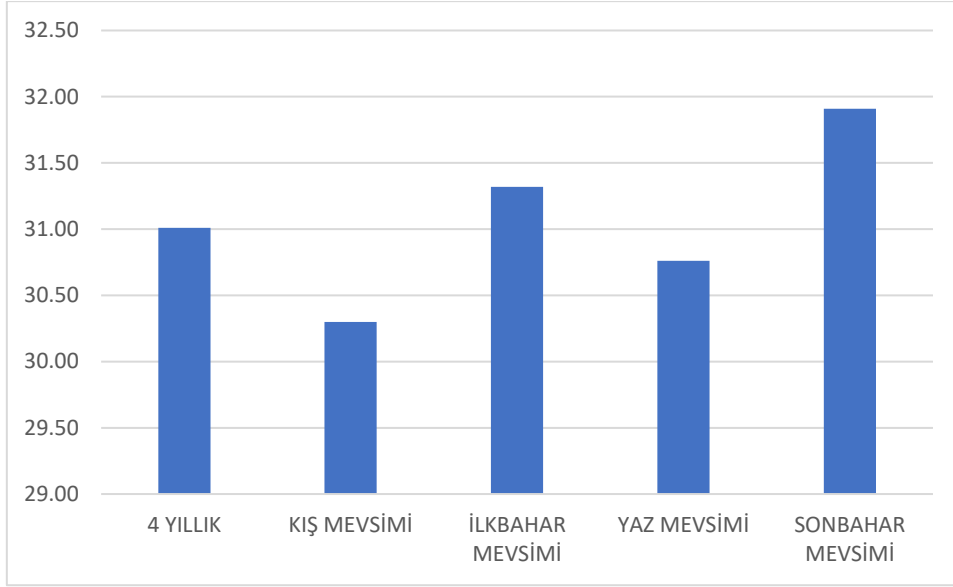
Şekil A.39. VAN1 koordinat zaman değişimi (CSRS-PPP)



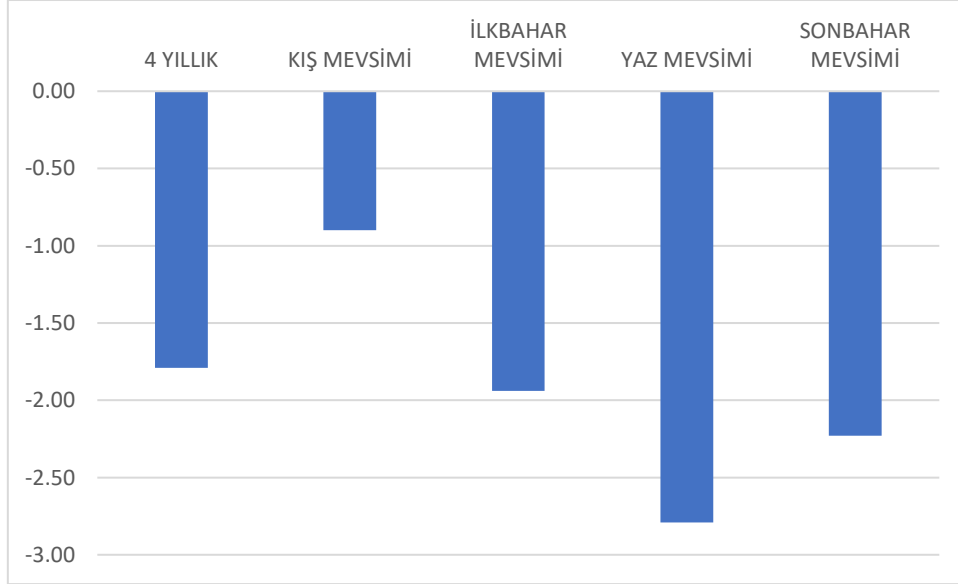
**Şekil B.40.** ANTE 4 yıllık ve mevsimsel K-G bileşen hız değerleri



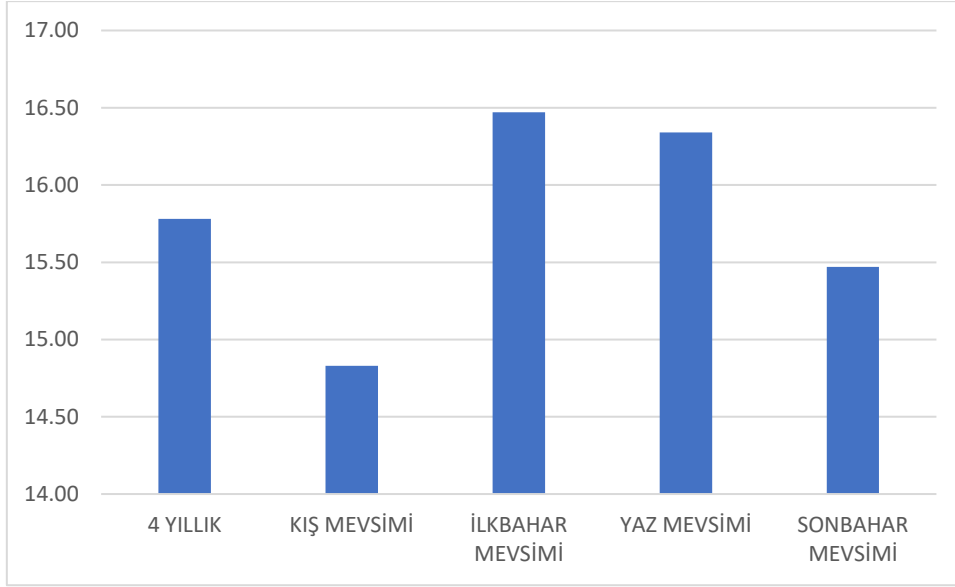
**Şekil B.2.** ANTE 4 yıllık ve mevsimsel D-B bileşen hız değerleri



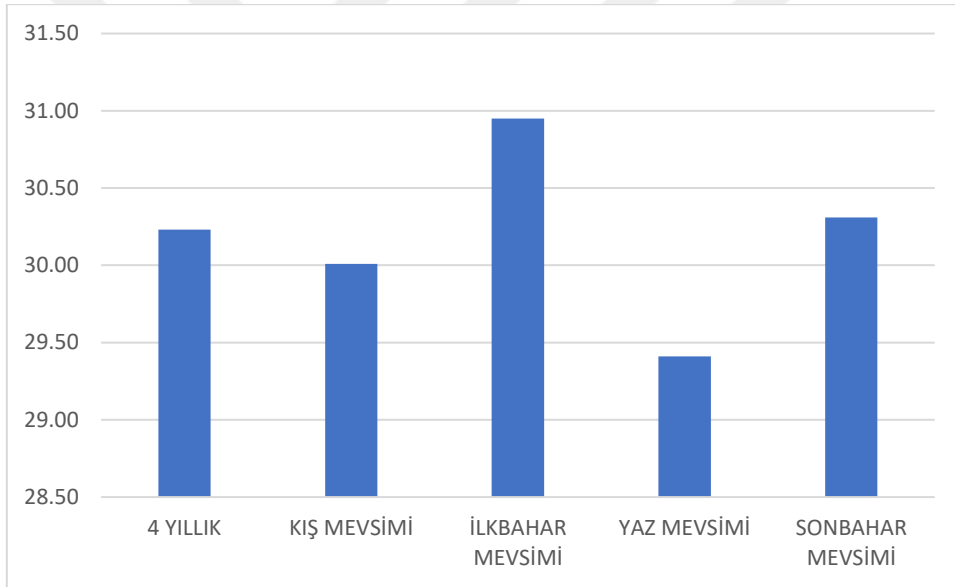
**Şekil B.3.** ANTE 4 yıllık ve mevsimsel yatay hız değerleri



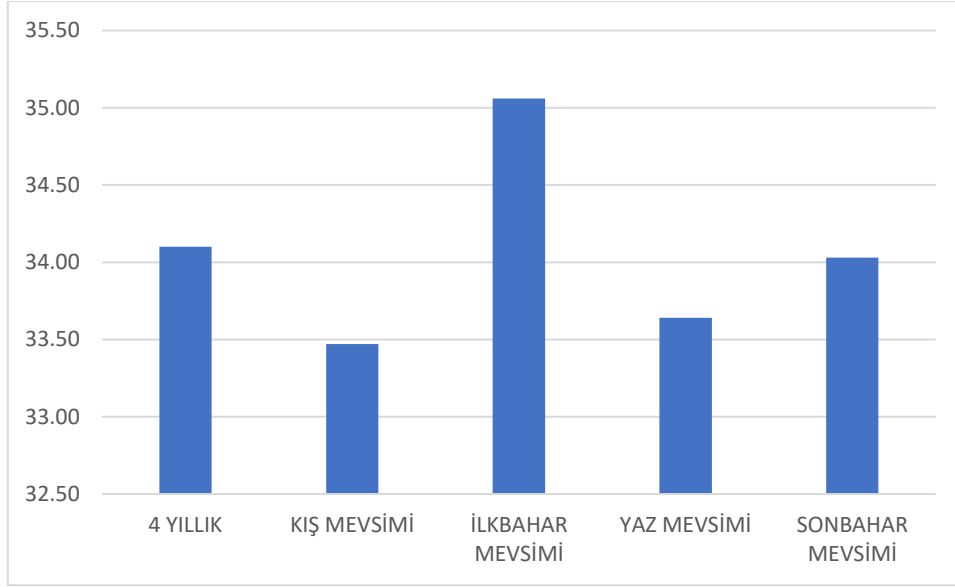
**Şekil B.4.** ANTE 4 yıllık ve mevsimsel düşey hız değerleri



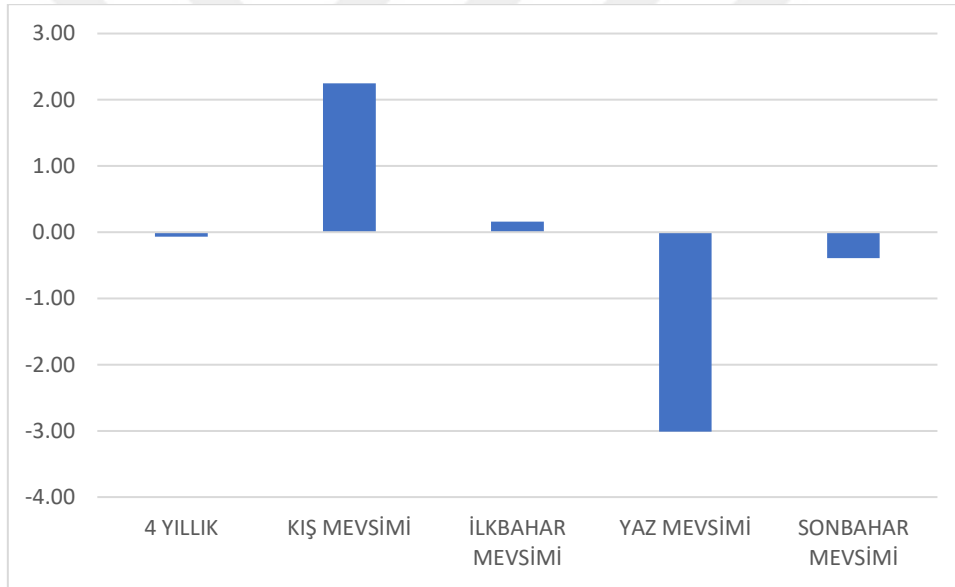
**Şekil B.5.** ARTV istasyonu 4 yıllık ve mevsimsel K-G bileşen hız değerleri



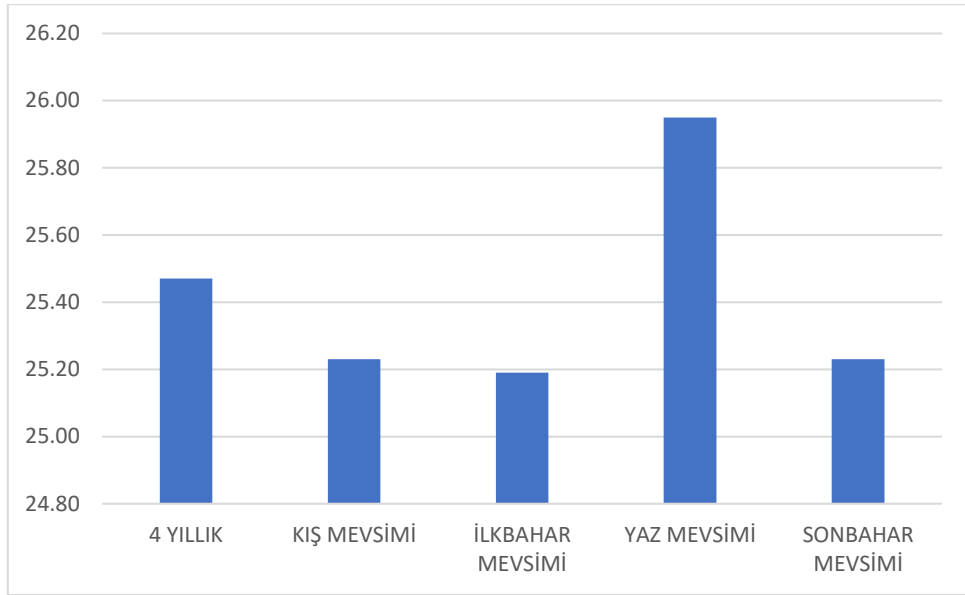
**Şekil B.6.** ARTV istasyonu 4 yıllık ve mevsimsel D-B bileşen hız değerleri



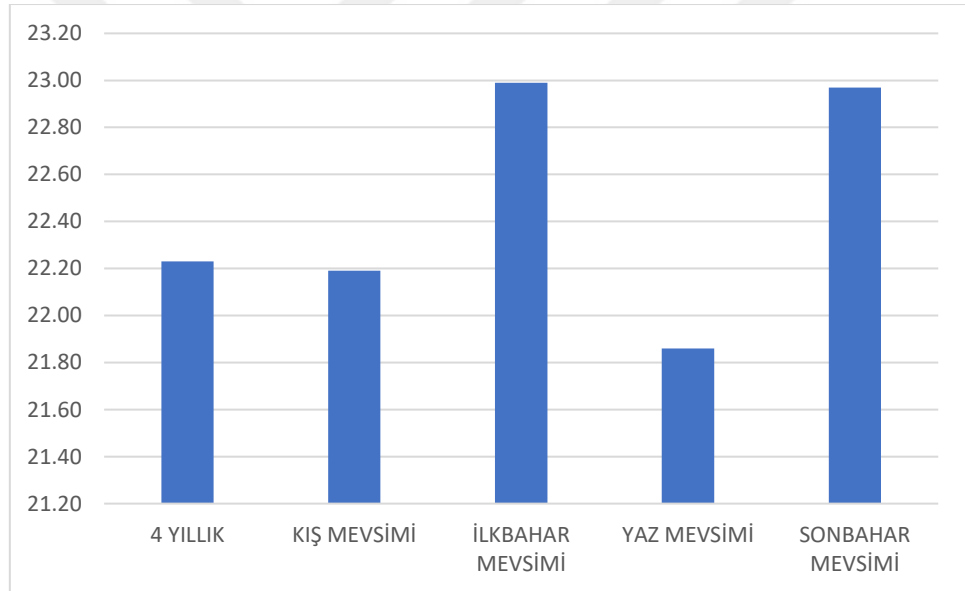
**Şekil B.7.** ARTV 4 yıllık ve mevsimsel yatay hız değerleri



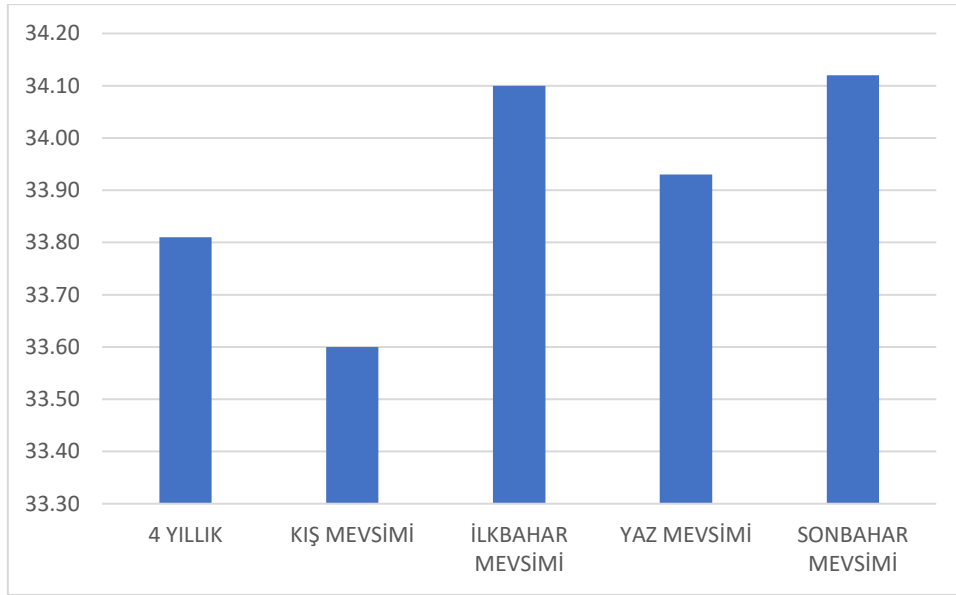
**Şekil B.8.** ARTV 4 yıllık ve mevsimsel düşey hız değerleri



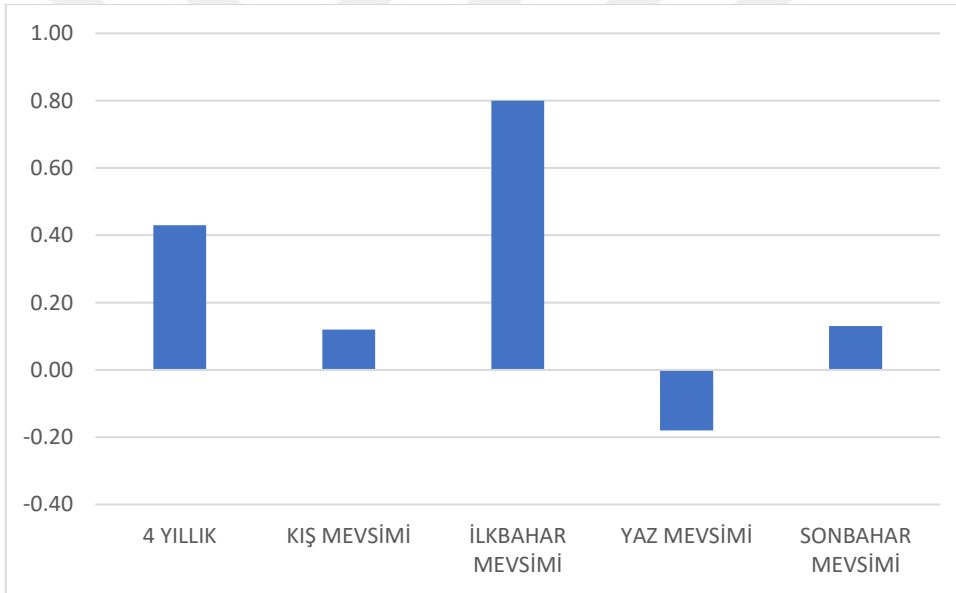
**Şekil B.9.** BASK istasyonu 4 yıllık ve mevsimsel K-G bileşen hız değerleri



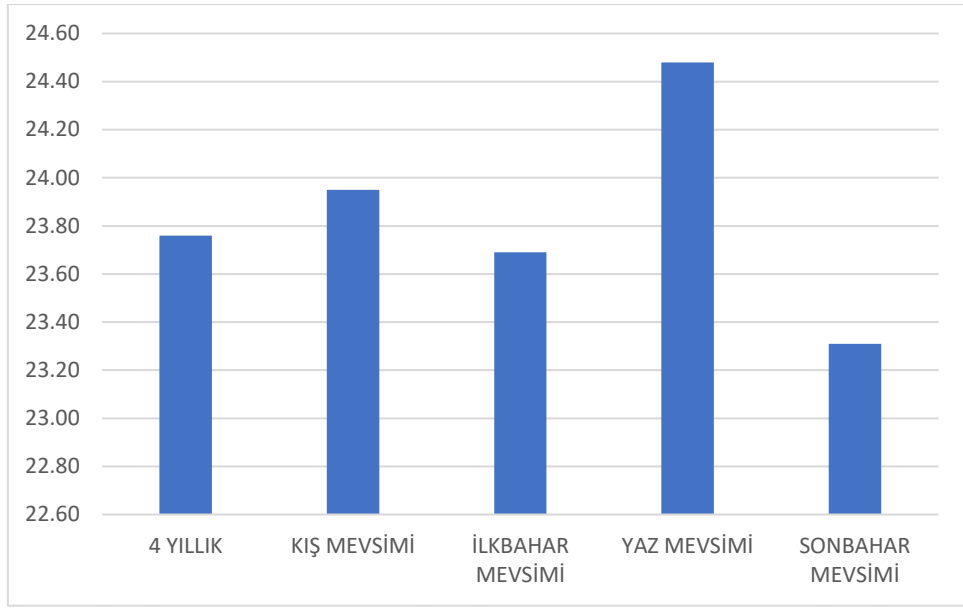
**Şekil B.10.** BASK istasyonu 4 yıllık ve mevsimsel D-B bileşen hız değerleri



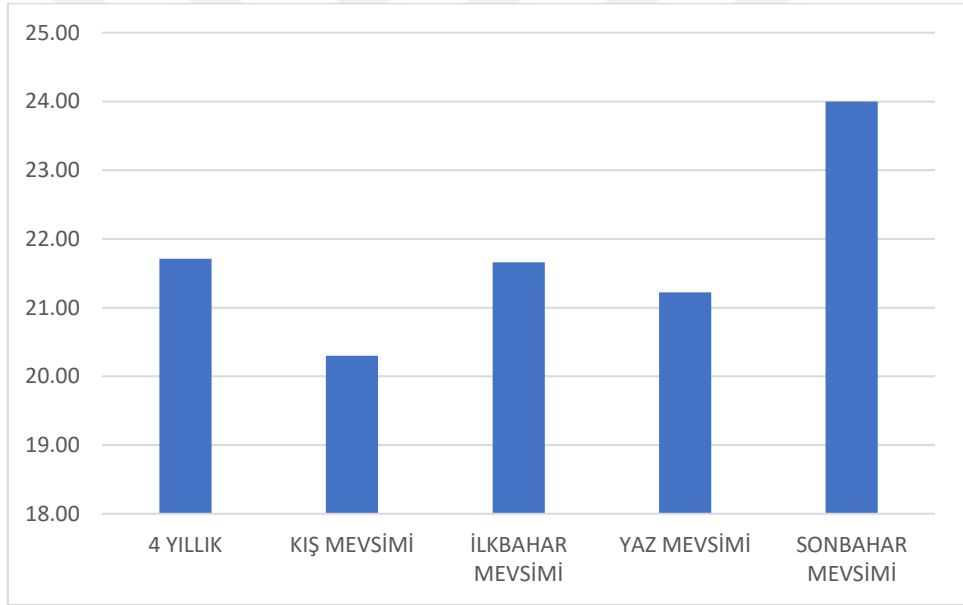
**Şekil B.11.** BASK 4 yıllık ve mevsimsel yatay hız değerleri



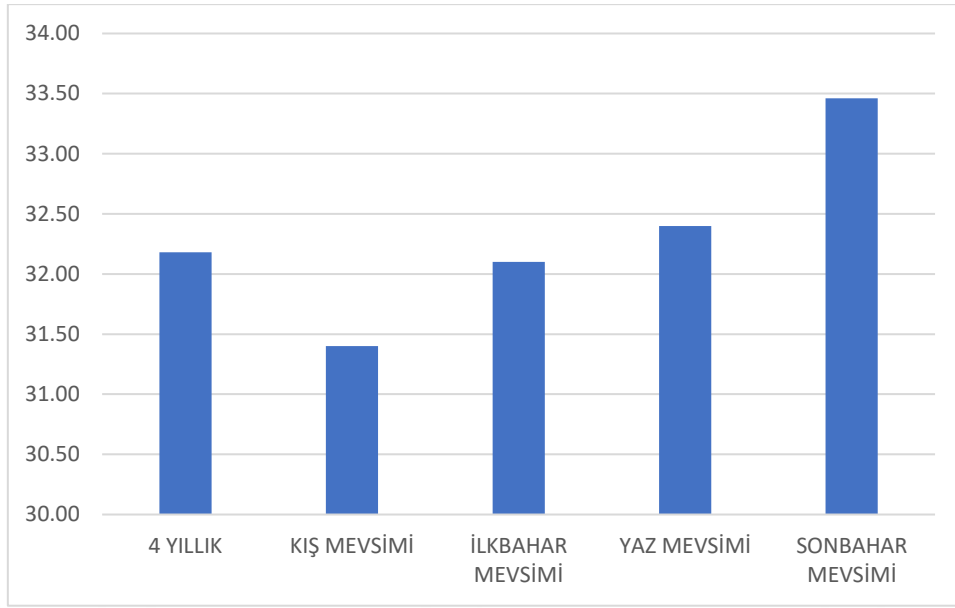
**Şekil B.12.** BASK 4 yıllık ve mevsimsel düşey hız değerleri



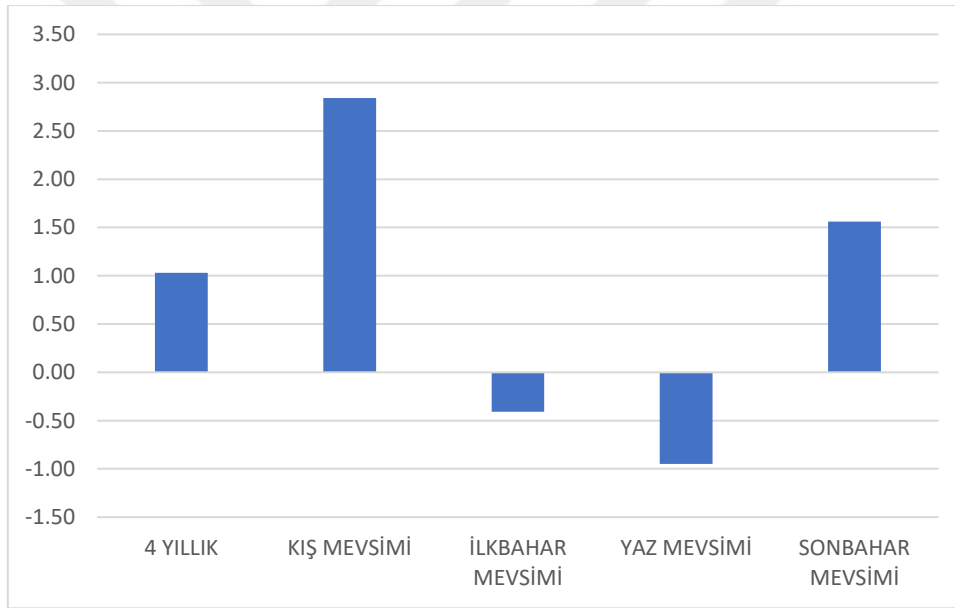
**Şekil B.13.** BTMN istasyonu 4 yıllık ve mevsimsel K-G bileşen hız değerleri



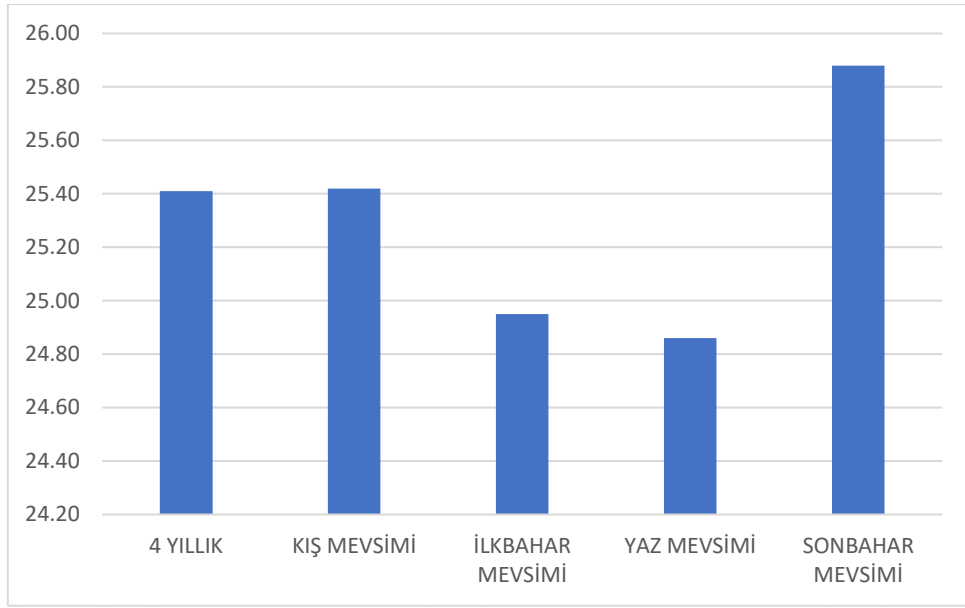
**Şekil B.14.** BTMN istasyonu 4 yıllık ve mevsimsel D-B bileşen hız değerleri



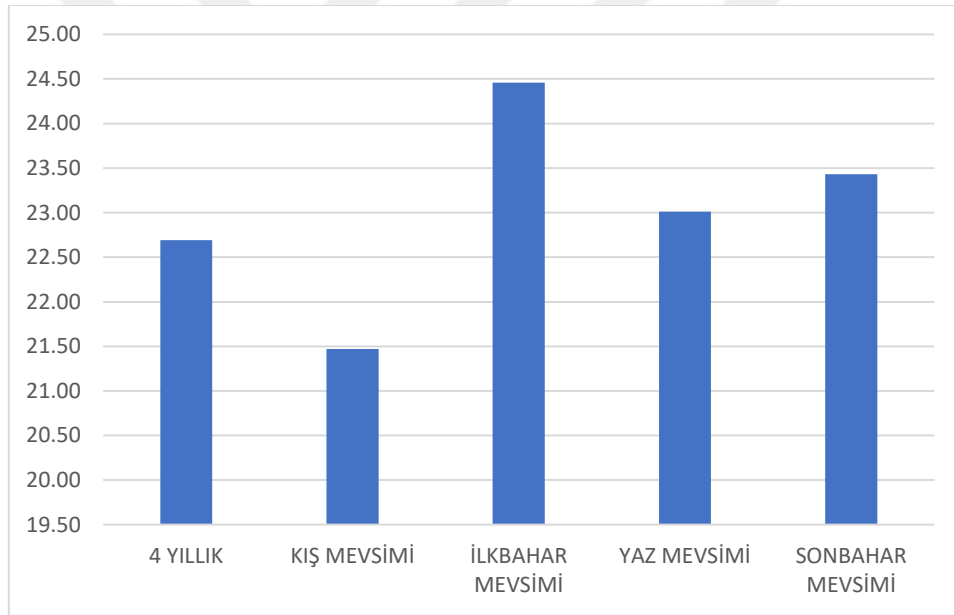
**Şekil B.15.** BTMN 4 yıllık ve mevsimsel yatay hız değerleri



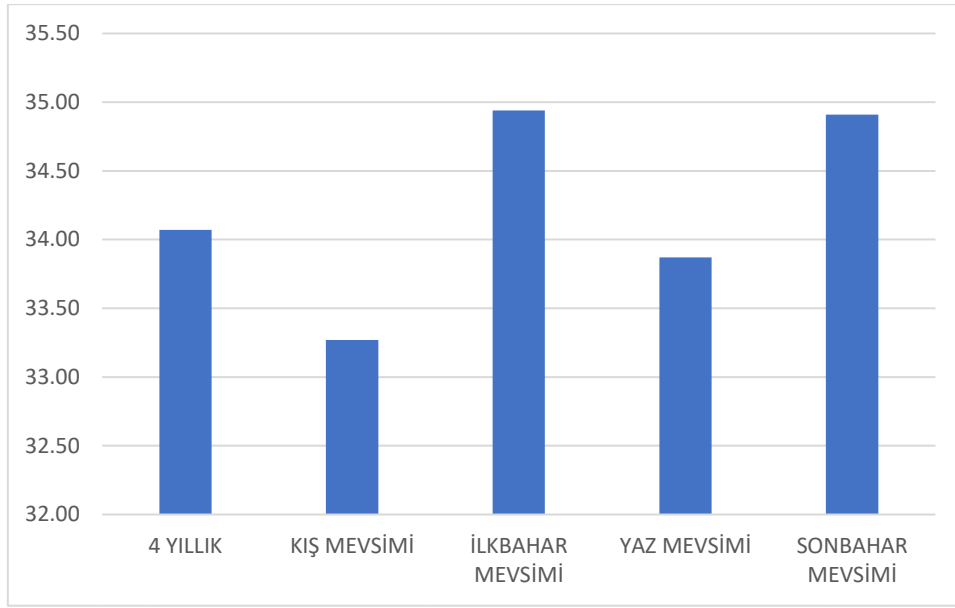
**Şekil B.16.** BTMN 4 yıllık ve mevsimsel düşey hız değerleri



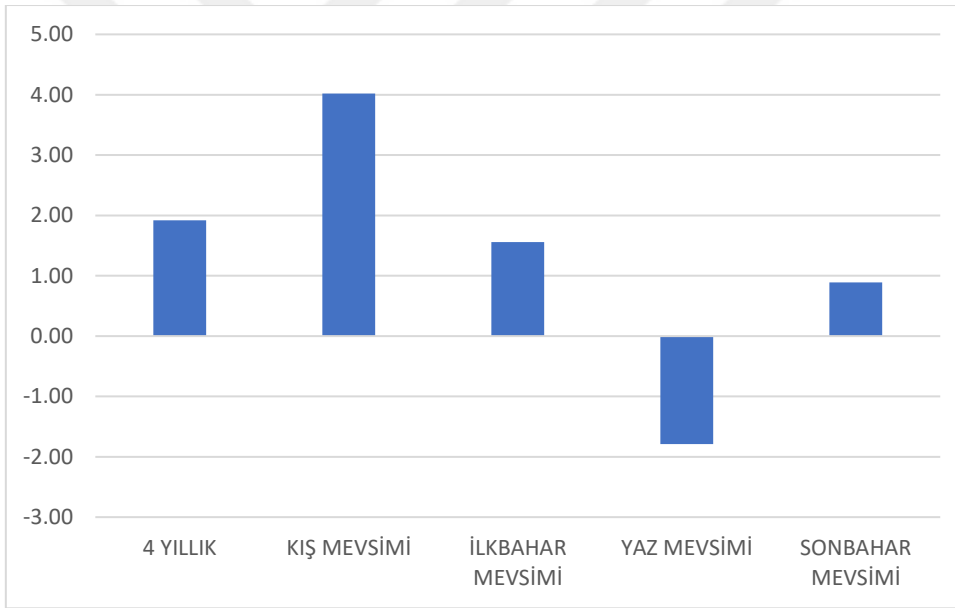
**Şekil B.17.** CATK istasyonu 4 yıllık ve mevsimsel K-G bileşen hız değerleri



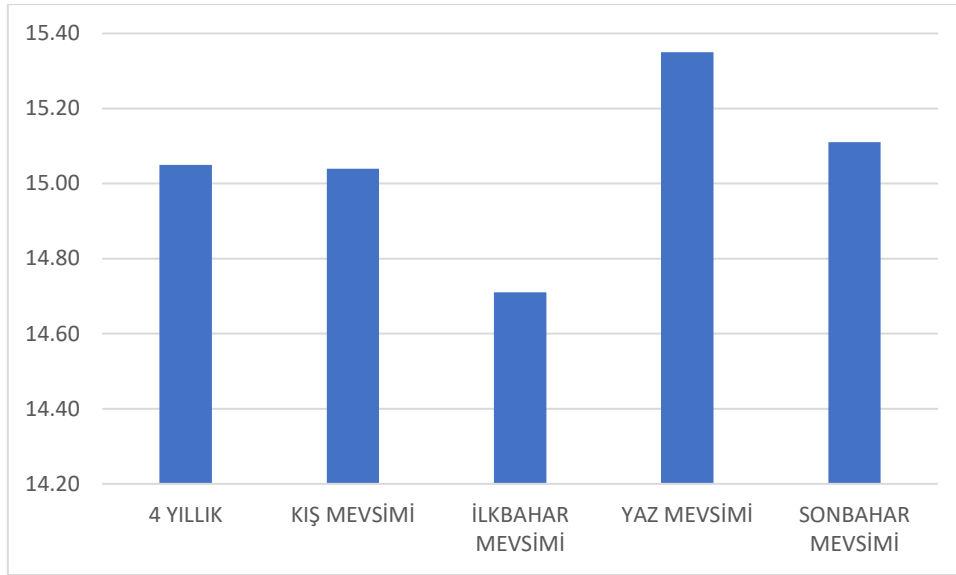
**Şekil B.18.** CATK istasyonu 4 yıllık ve mevsimsel D-B bileşen hız değerleri



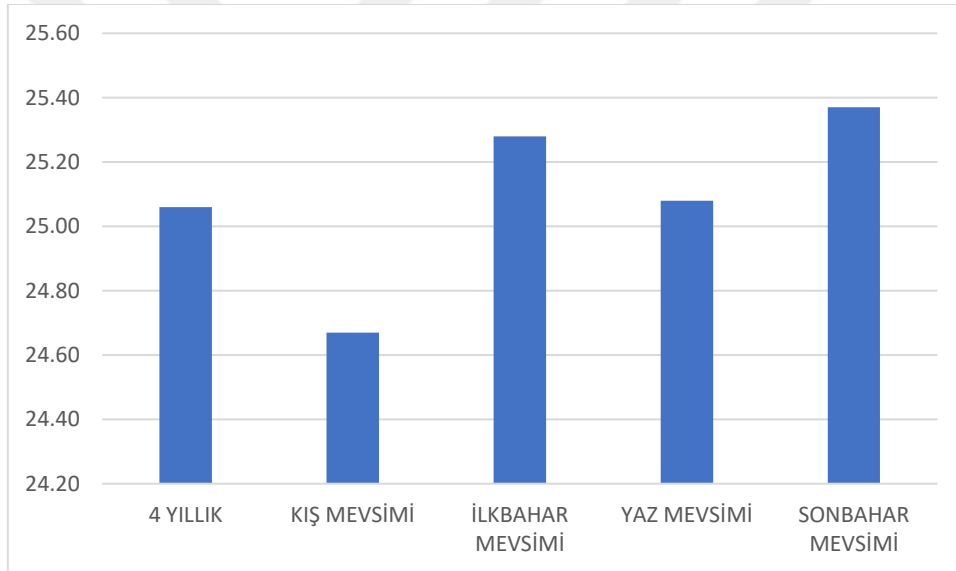
**Şekil B.19.** CATK 4 yıllık ve mevsimsel yatay hız değerleri



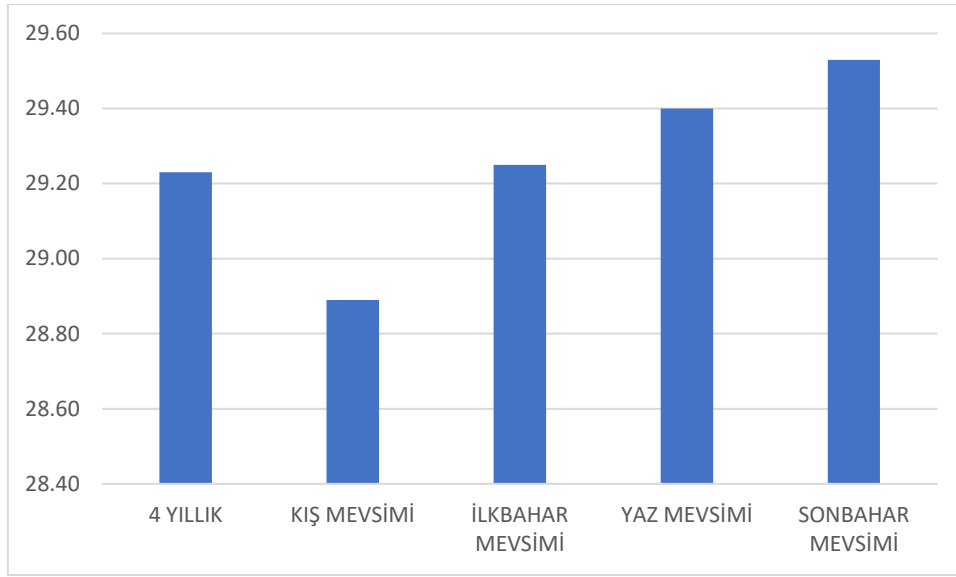
**Şekil B.20.** CATK 4 yıllık ve mevsimsel düşey hız değerleri



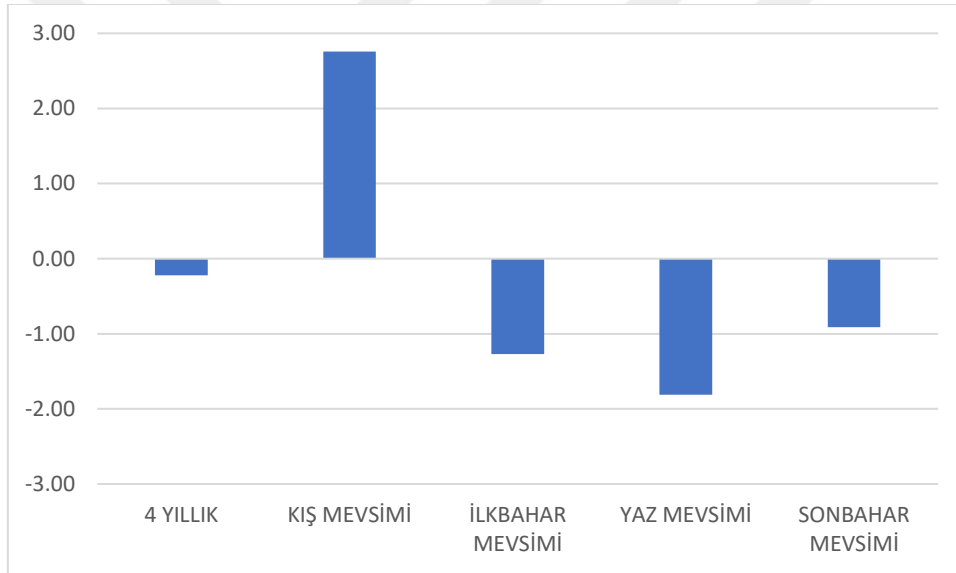
**Şekil B.241.** ERZR istasyonu 4 yıllık ve mevsimsel K-G bileşen hız değerleri



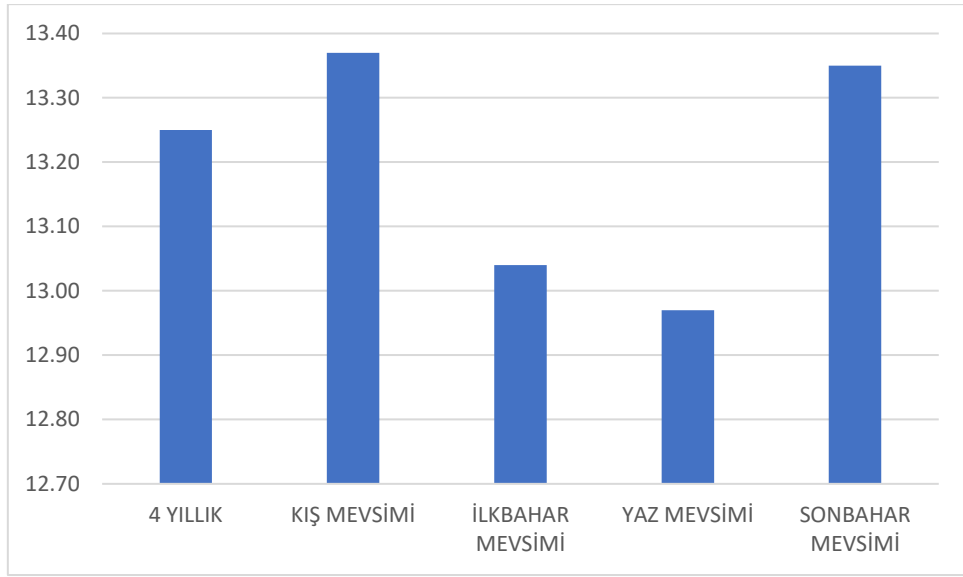
**Şekil B.22.** ERZR istasyonu 4 yıllık ve mevsimsel D-B bileşen hız değerleri



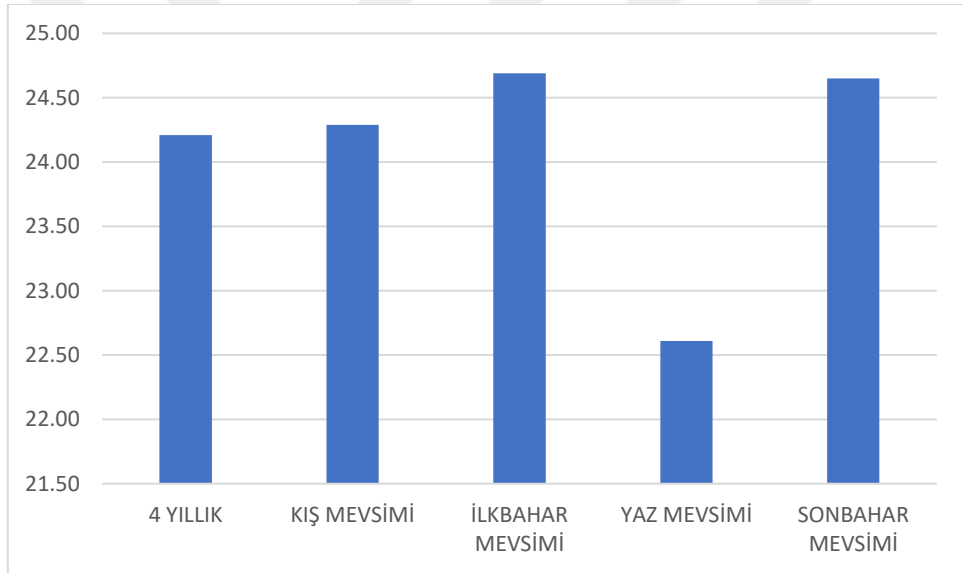
**Şekil B.23.** ERZR 4 yıllık ve mevsimsel yatay hız değerleri



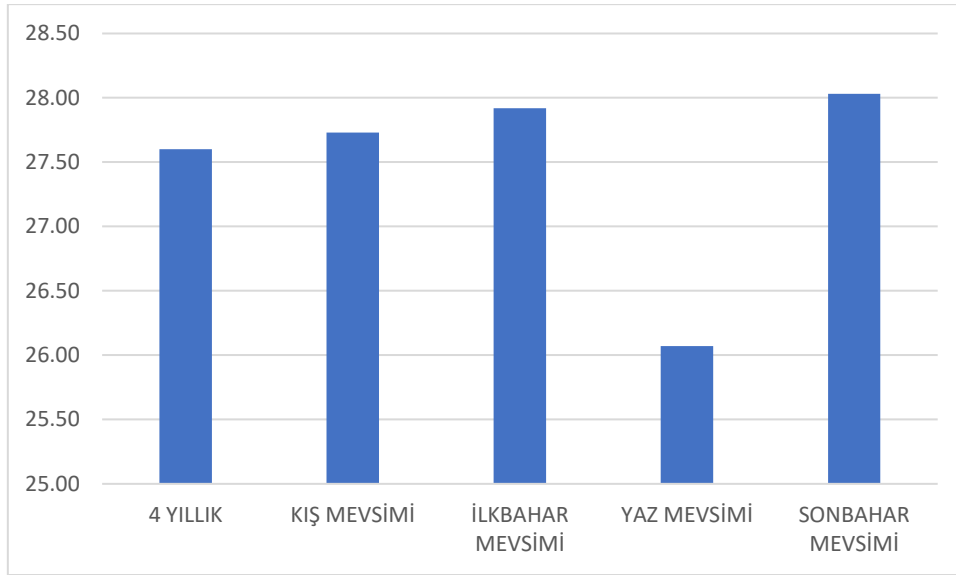
**Şekil B.24.** ERZR 4 yıllık ve mevsimsel düşey hız değerleri



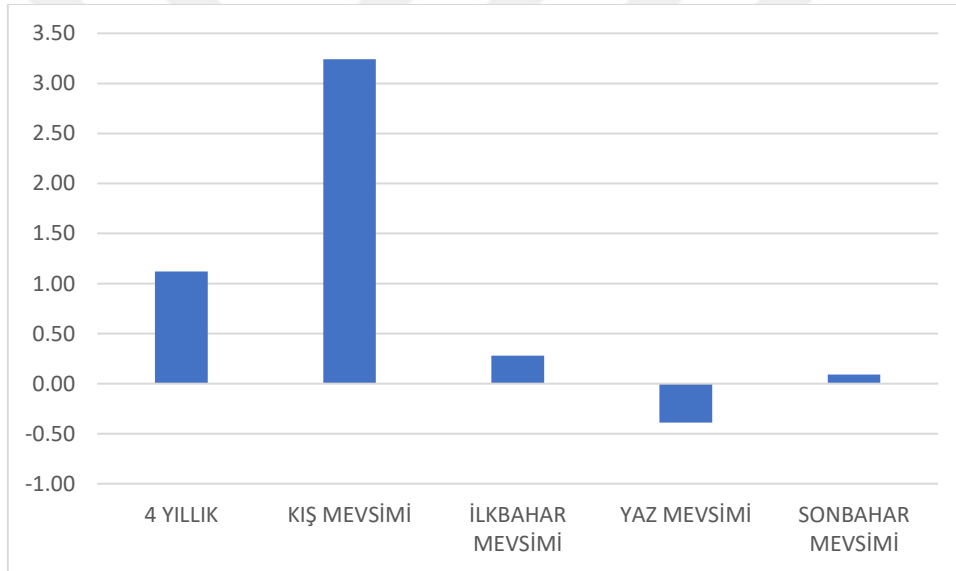
**Şekil B.25.** GIRS istasyonu 4 yıllık ve mevsimsel K-G bileşen hız değerleri



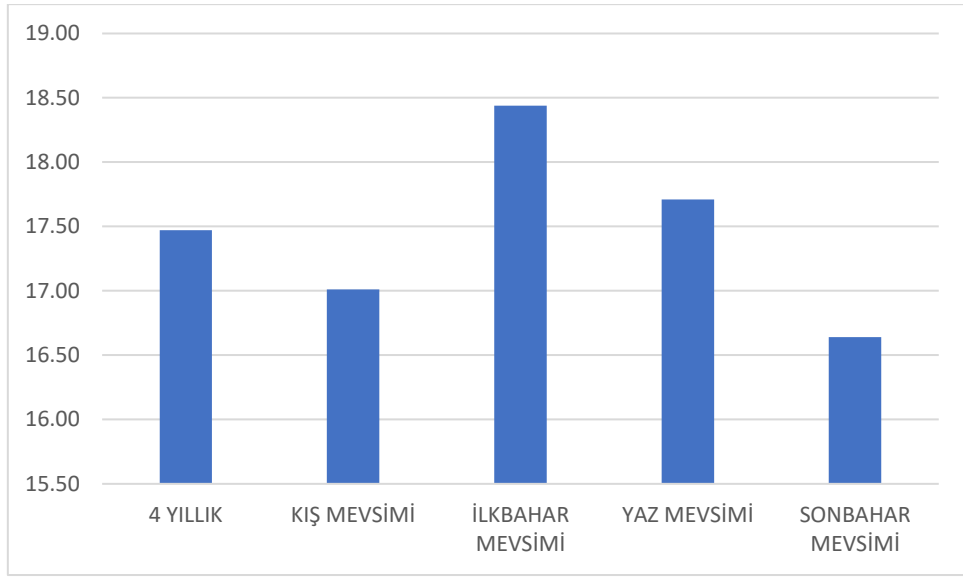
**Şekil B.26.** GIRS istasyonu 4 yıllık ve mevsimsel D-B bileşen hız değerleri



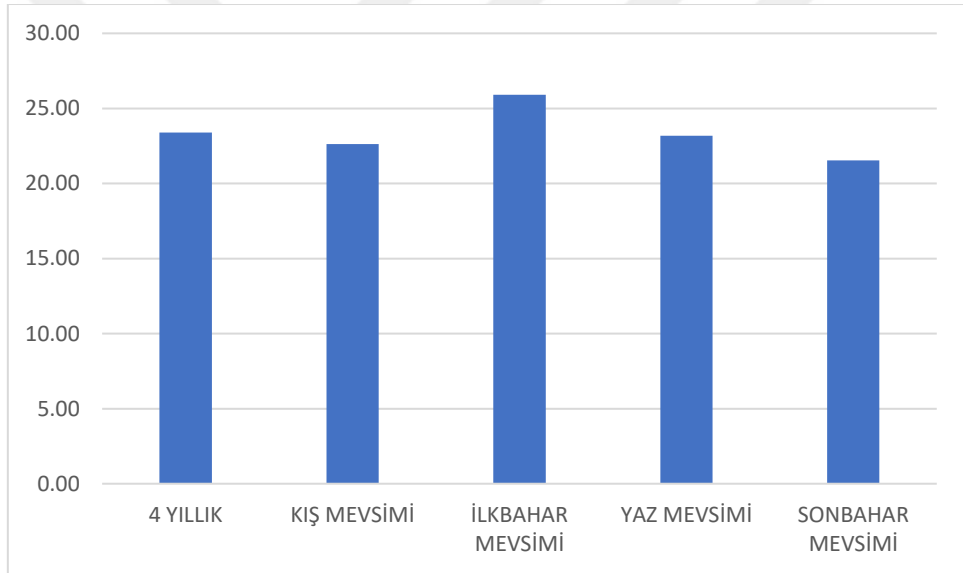
**Şekil B.27.** GIRS 4 yıllık ve mevsimsel yatay hız değerleri



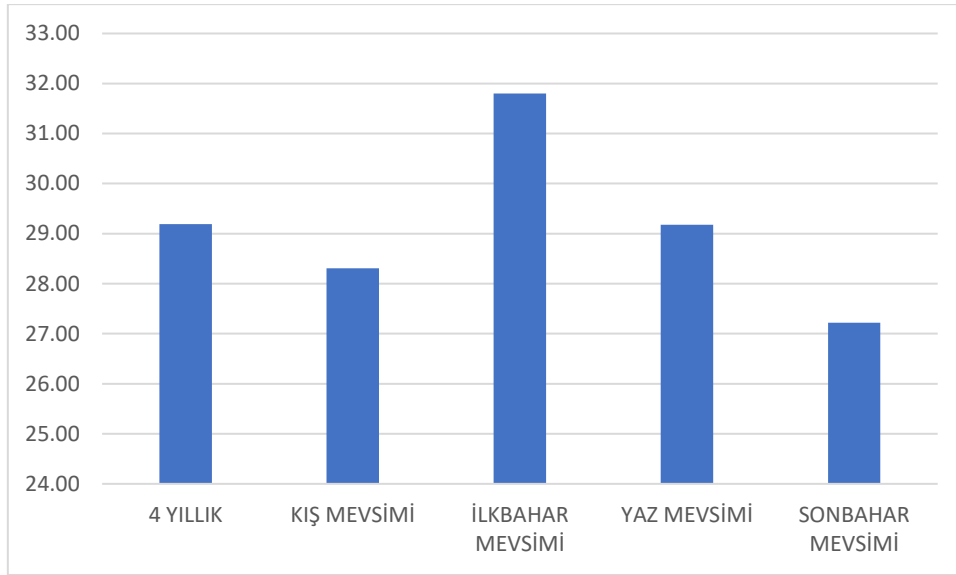
**Şekil B.28.** GIRS 4 yıllık ve mevsimsel düşey hız değerleri



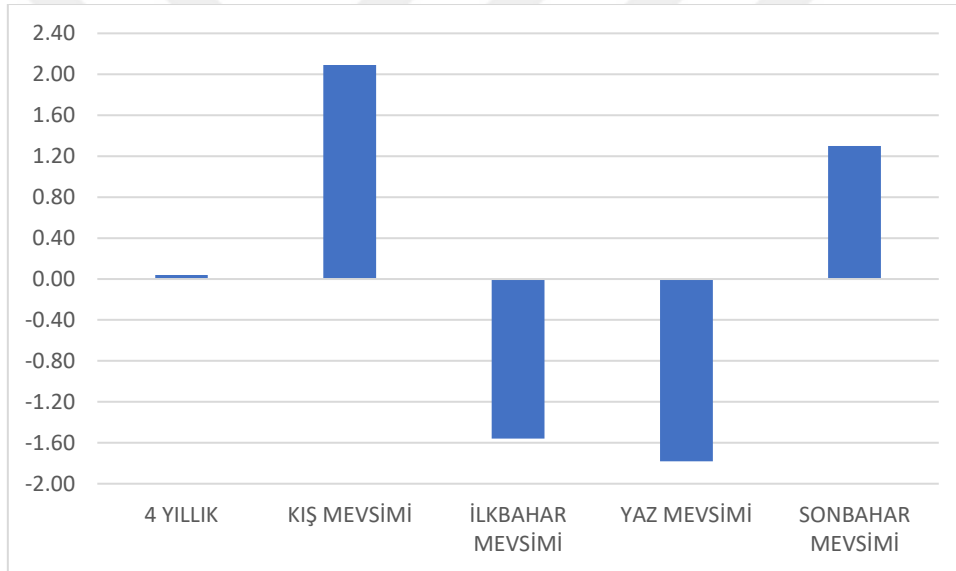
**Şekil B.29.** HINI istasyonu 4 yıllık ve mevsimsel K-G bileşen hız değerleri



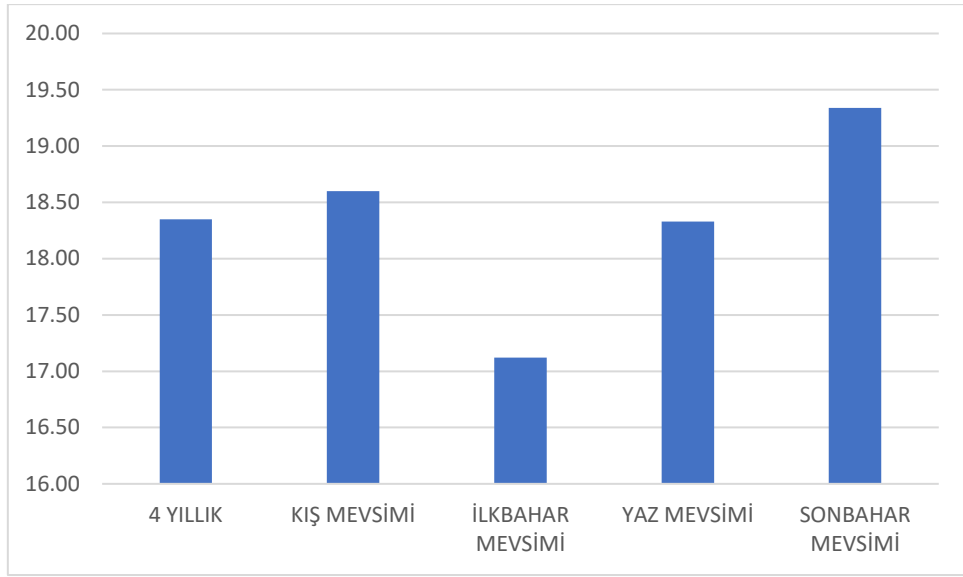
**Şekil B.30.** HINI istasyonu 4 yıllık ve mevsimsel D-B bileşen hız değerleri



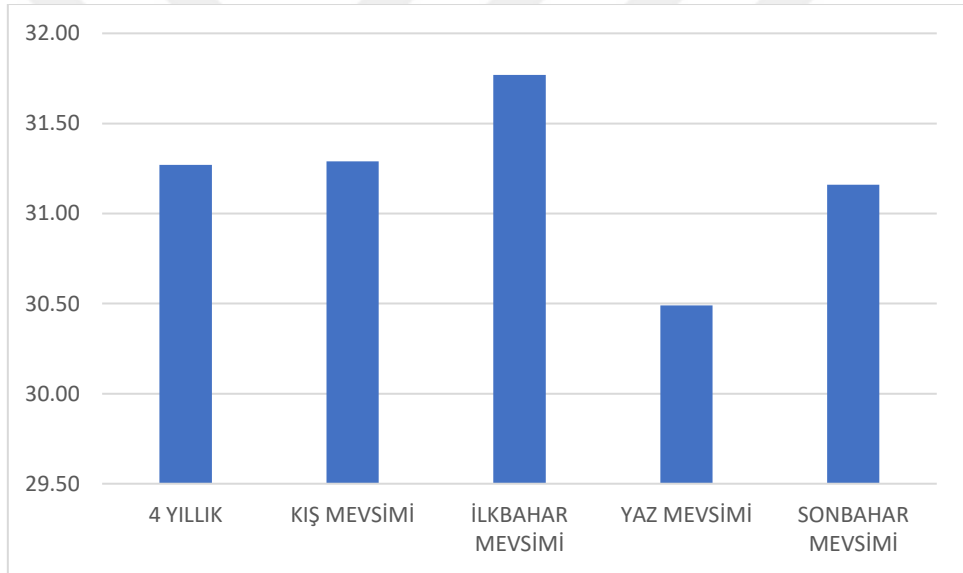
**Şekil B.31.** HINI 4 yıllık ve mevsimsel yatay hız değerleri



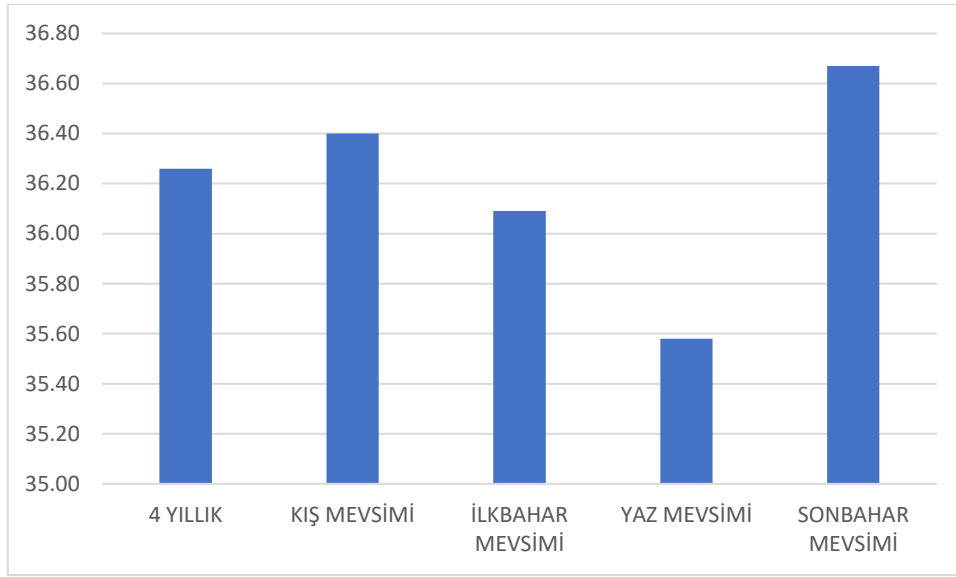
**Şekil B.32.** HINI 4 yıllık ve mevsimsel düşey hız değerleri



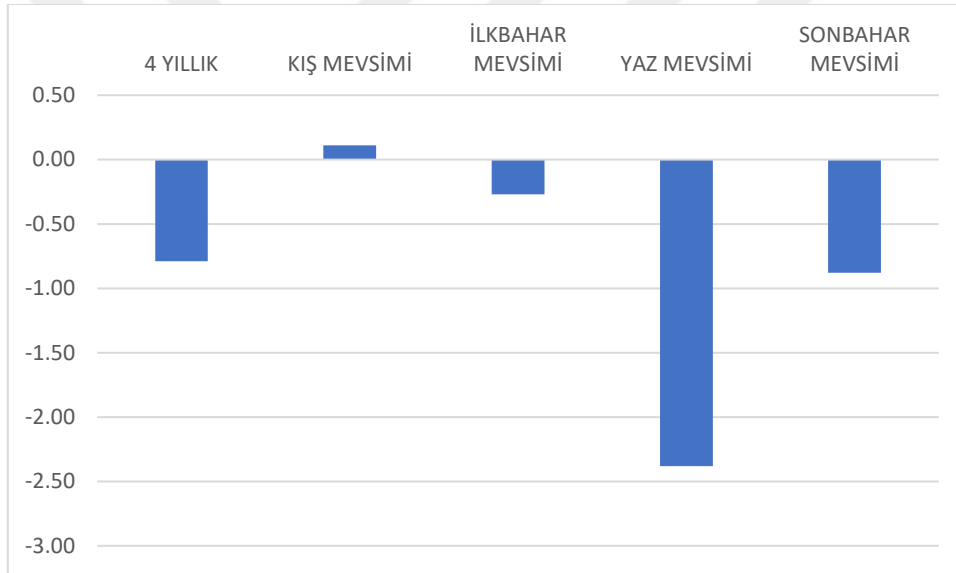
**Şekil B.33.** IGR1 istasyonu 4 yıllık ve mevsimsel K-G bileşen hız değerleri



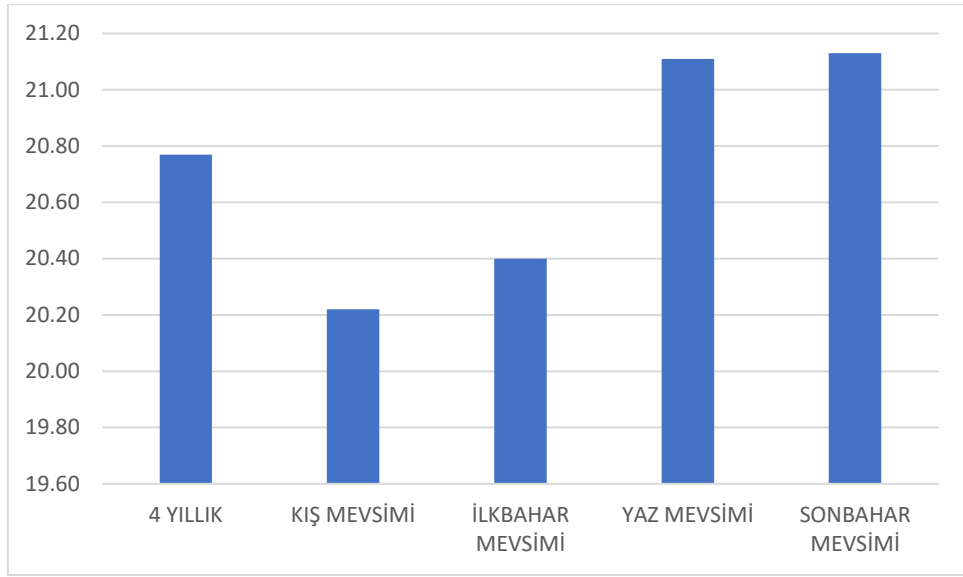
**Şekil B.34.** IGR1 istasyonu 4 yıllık ve mevsimsel D-B bileşen hız değerleri



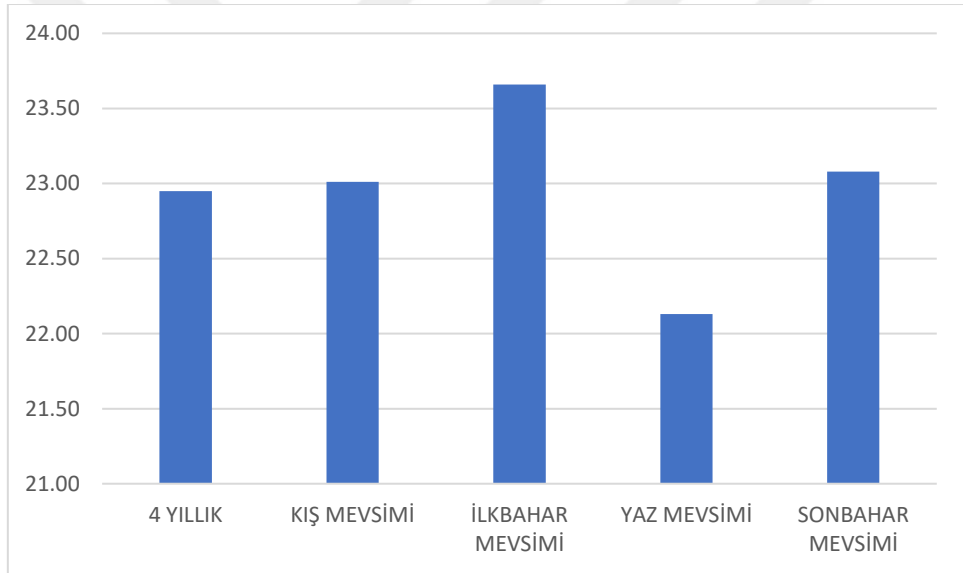
**Şekil B.35.** IGR1 4 yıllık ve mevsimsel yatay hız değerleri



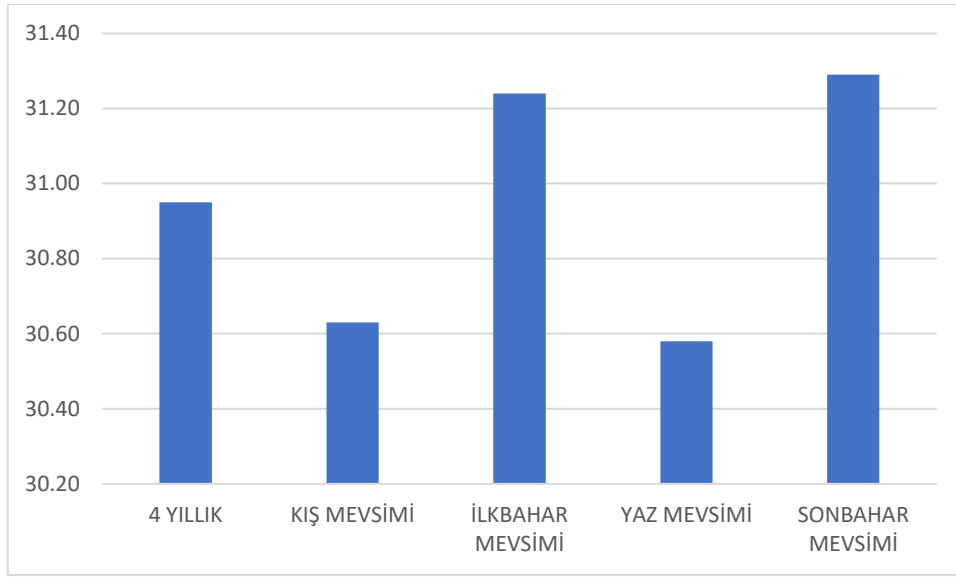
**Şekil B.36.** IGR1 4 yıllık ve mevsimsel düşey hız değerleri



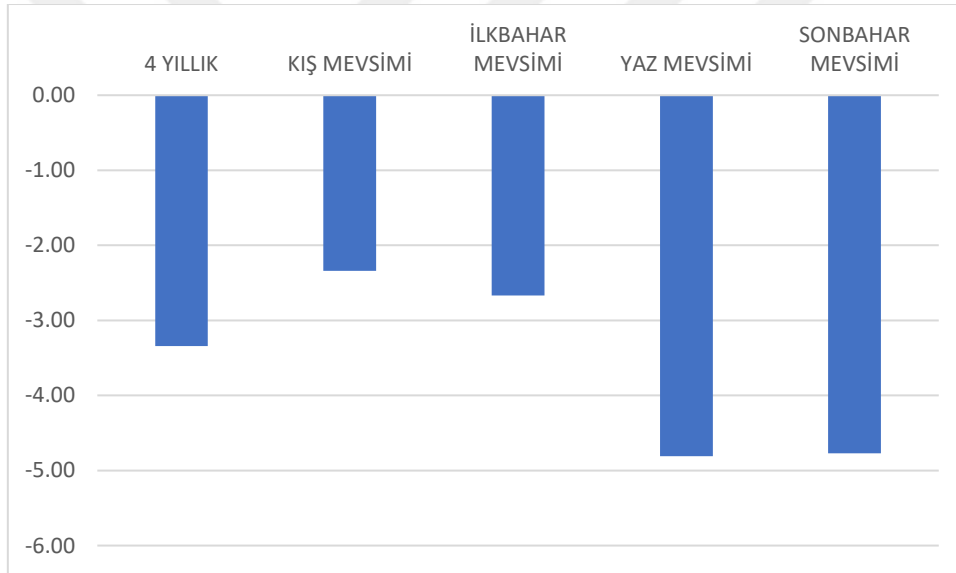
**Şekil B.37.** MLZ1 istasyonu 4 yıllık ve mevsimsel K-G bileşen hız değerleri



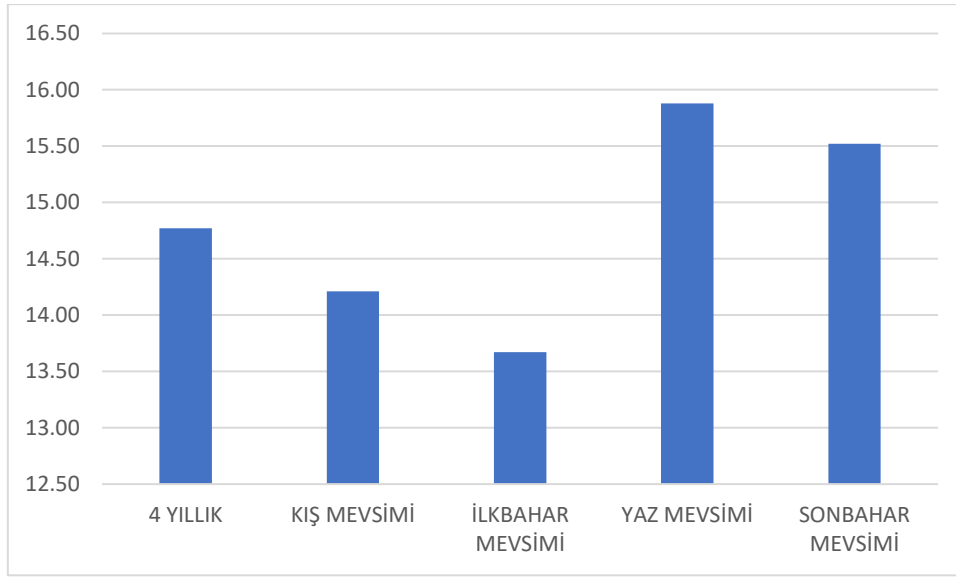
**Şekil B.38.** MLZ1 istasyonu 4 yıllık ve mevsimsel D-B bileşen hız değerleri



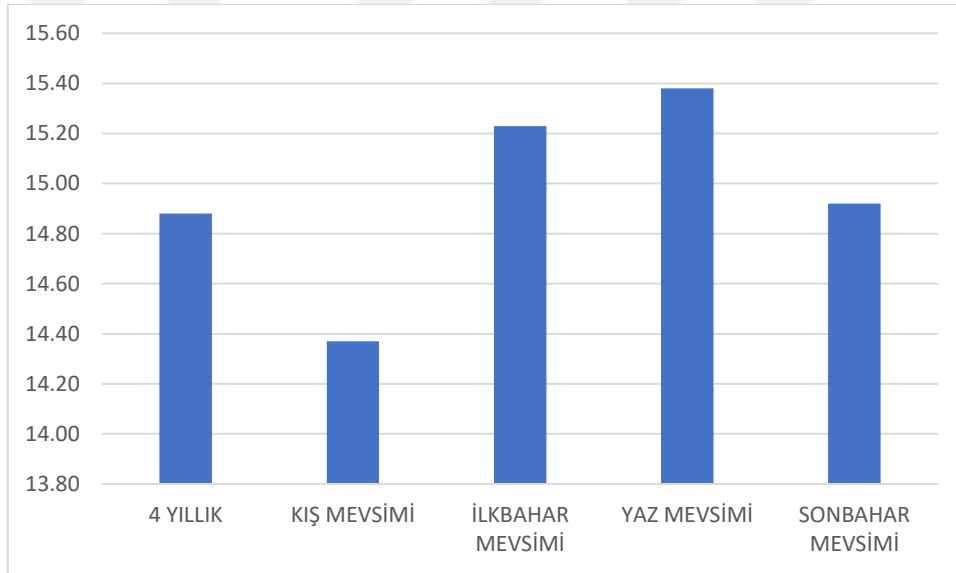
**Şekil B.39.** MLZ1 4 yıllık ve mevsimsel yatay hız değerleri



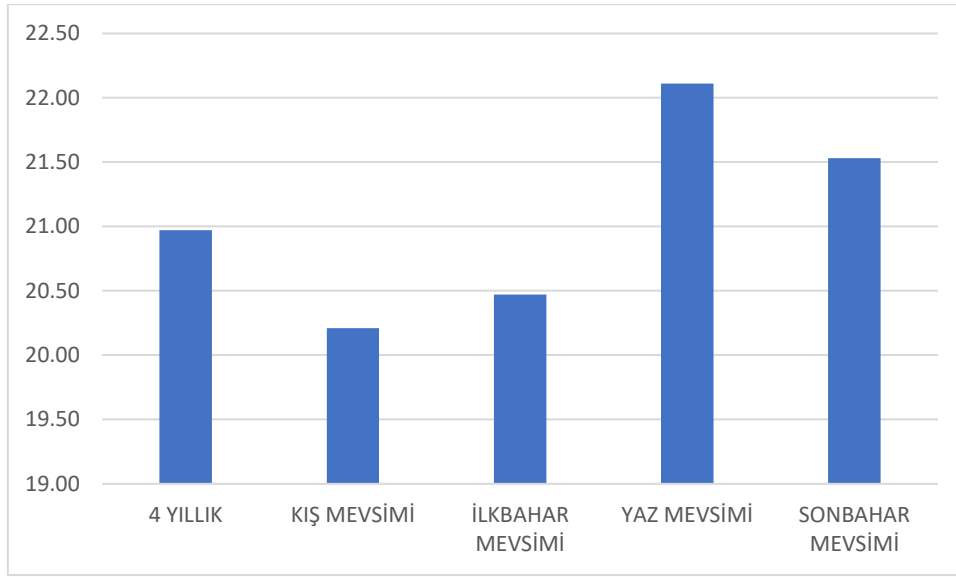
**Şekil B.40.** MLZ1 4 yıllık ve mevsimsel düşey hız değerleri



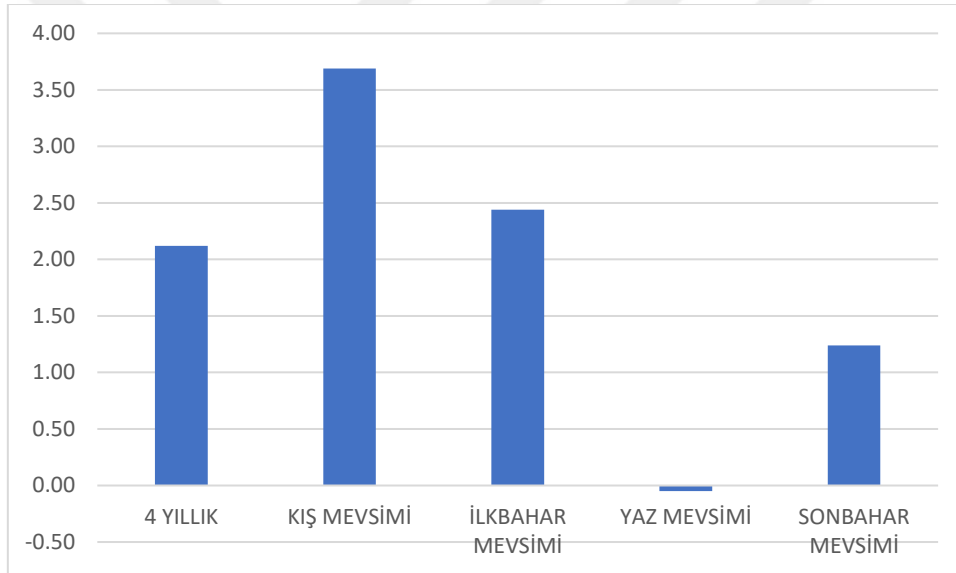
**Şekil B.442.** MRSI istasyonu 4 yıllık ve mevsimsel K-G bileşen hız değerleri



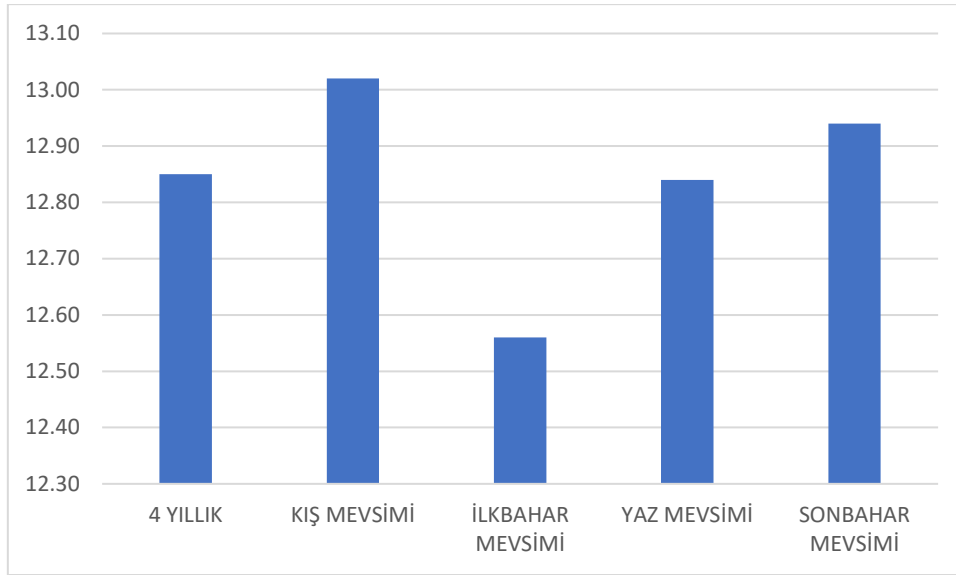
**Şekil B.42.** MRSI istasyonu 4 yıllık ve mevsimsel D-B bileşen hız değerleri



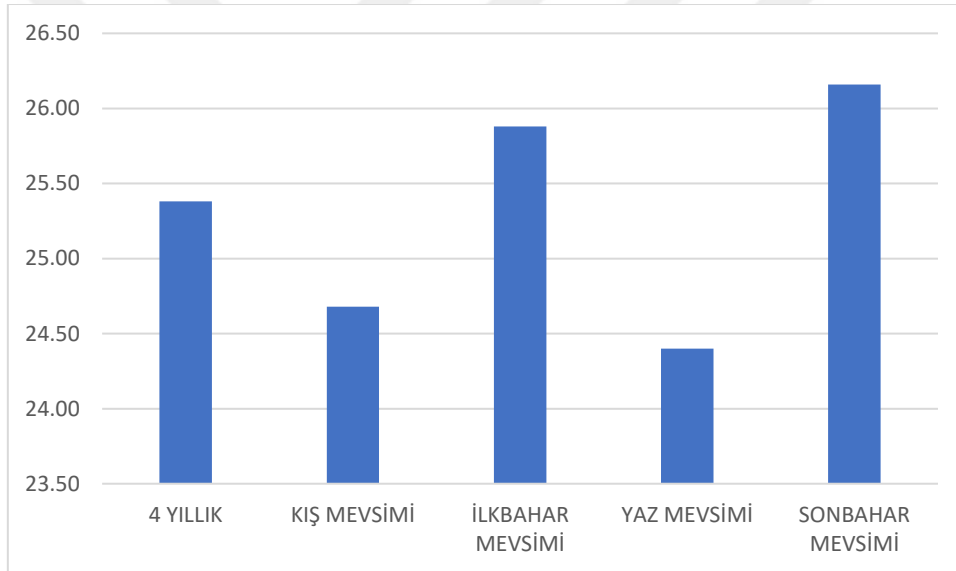
**Şekil B.43.** MRSI 4 yıllık ve mevsimsel yatay hız değerleri



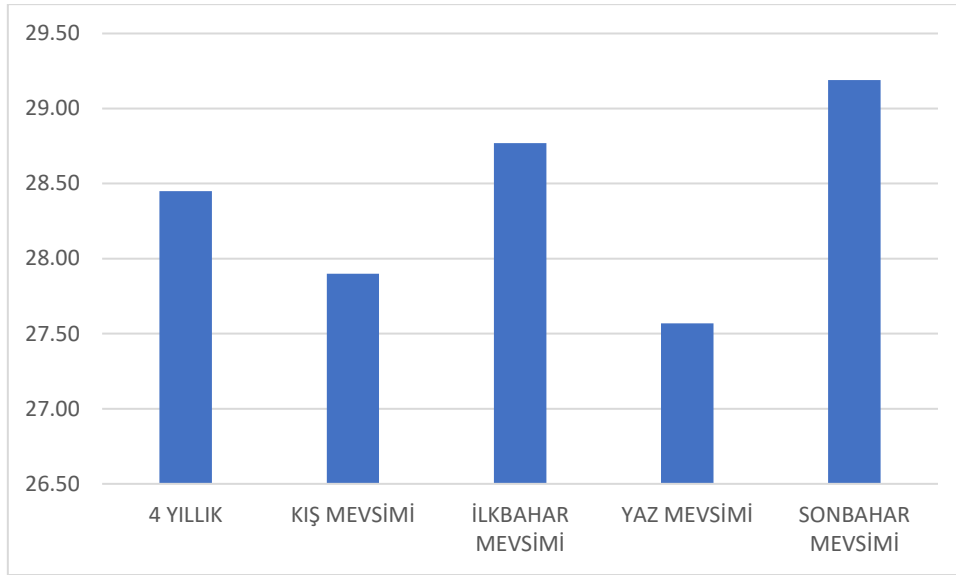
**Şekil B.44.** MRSI 4 yıllık ve mevsimsel düşey hız değerleri



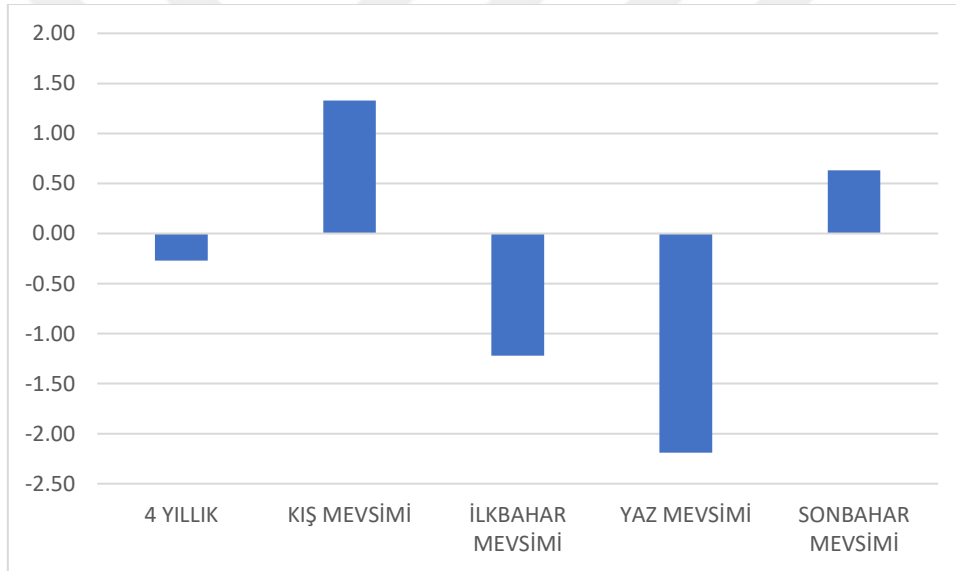
**Şekil B.45.** RZE1 istasyonu 4 yıllık ve mevsimsel K-G bileşen hız değerleri



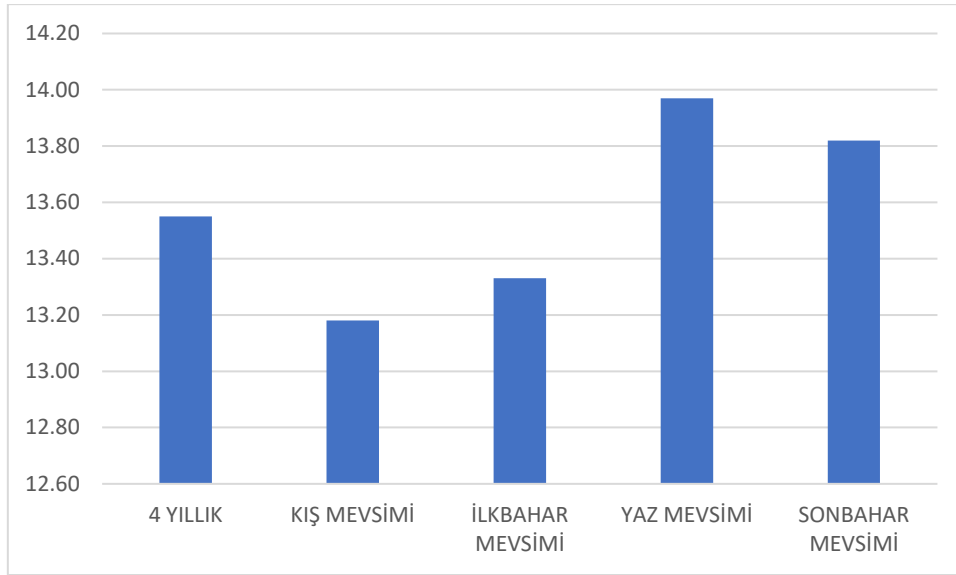
**Şekil B.46.** RZE1 istasyonu 4 yıllık ve mevsimsel D-B bileşen hız değerleri



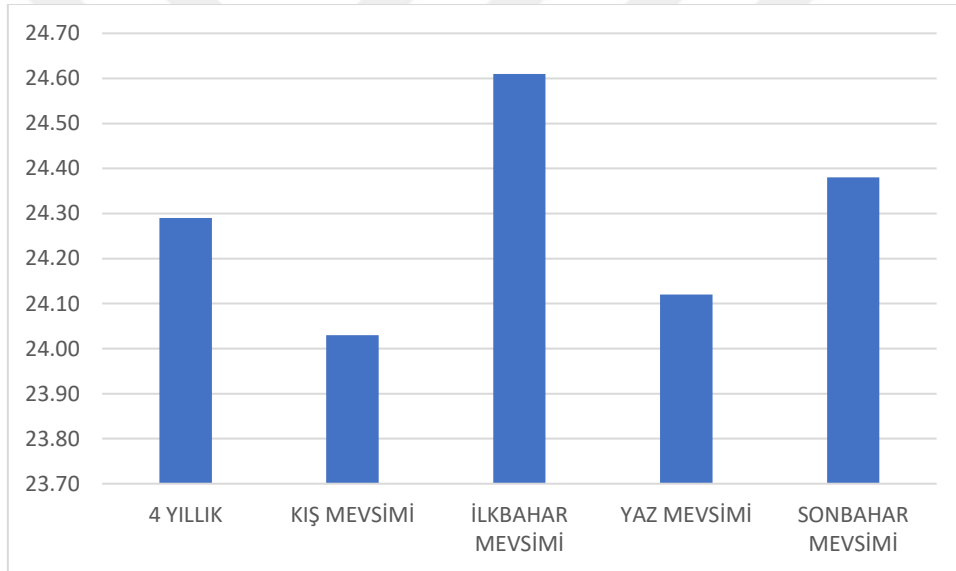
**Şekil B.47.** RZE1 4 yıllık ve mevsimsel yatay hız değerleri



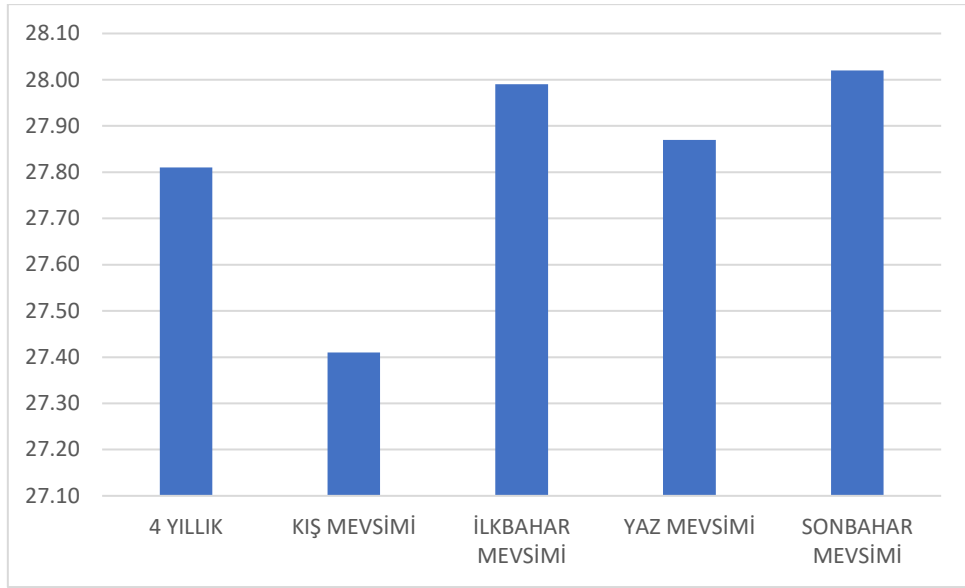
**Şekil B.48.** RZE1 4 yıllık ve mevsimsel düşey hız değerleri



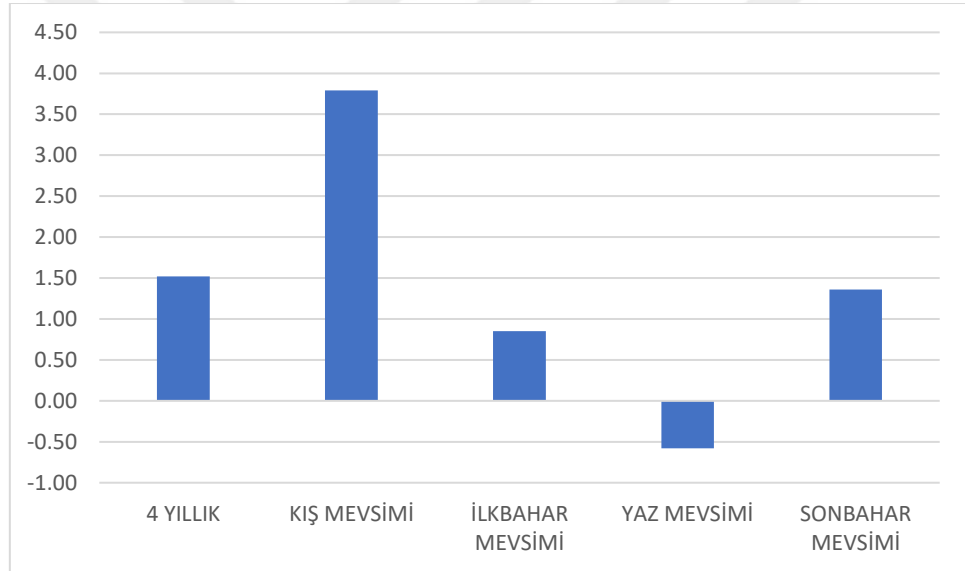
**Şekil B.49.** SAM1 istasyonu 4 yıllık ve mevsimsel K-G bileşen hız değerleri



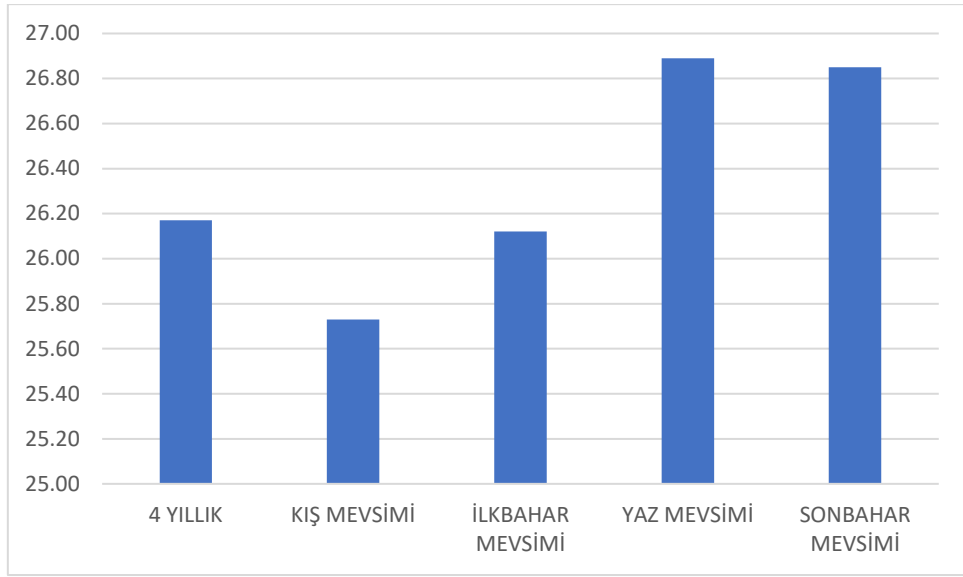
**Şekil B.50.** SAM1 istasyonu 4 yıllık ve mevsimsel D-B bileşen hız değerleri



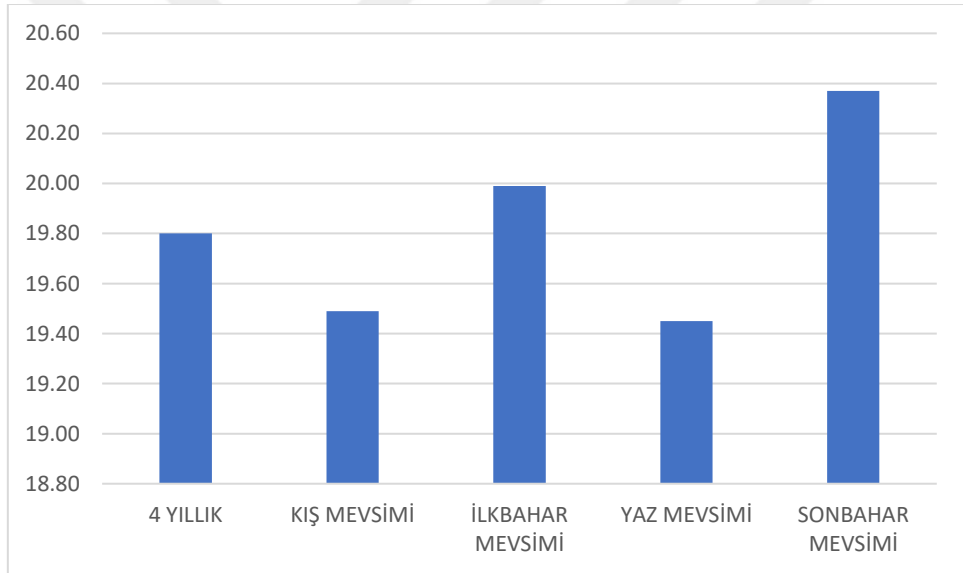
**Şekil B.51.** SAM1 4 yıllık ve mevsimsel yatay hız değerleri



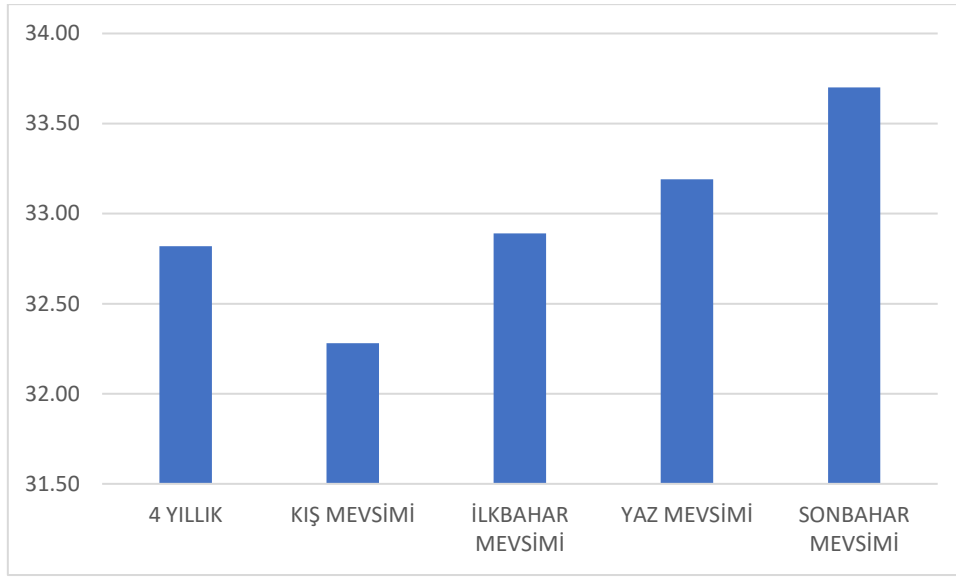
**Şekil B.52.** SAM1 4 yıllık ve mevsimsel düşey hız değerleri



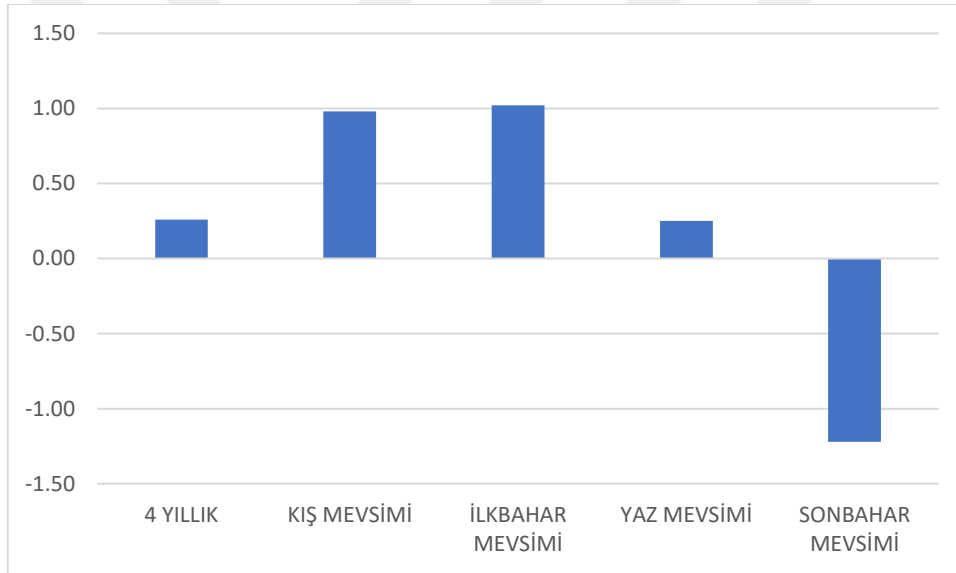
**Şekil B.53.** SURF istasyonu 4 yıllık ve mevsimsel K-G bileşen hız değerleri



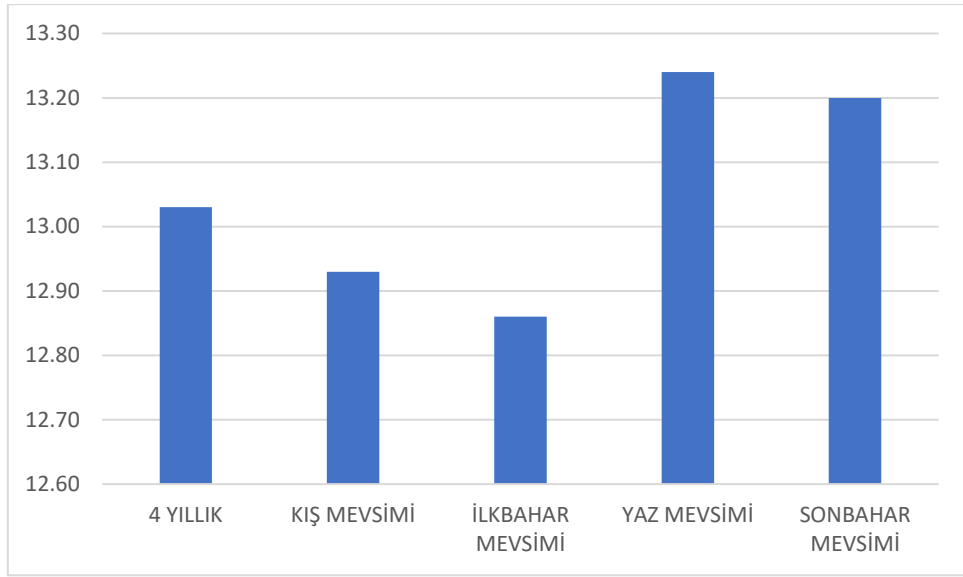
**Şekil B.54.** SURF istasyonu 4 yıllık ve mevsimsel D-B bileşen hız değerleri



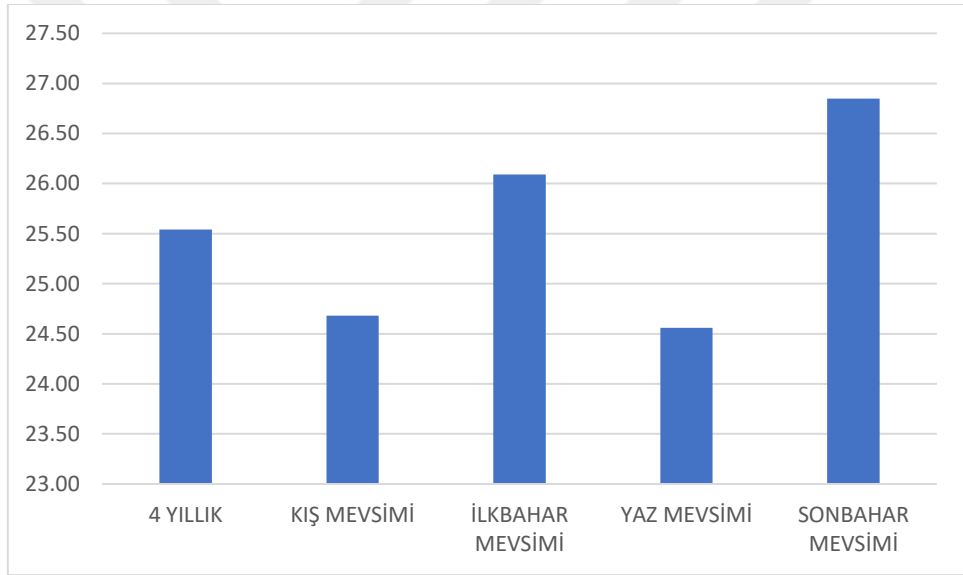
**Şekil B.55.** SURF 4 yıllık ve mevsimsel yatay hız değerleri



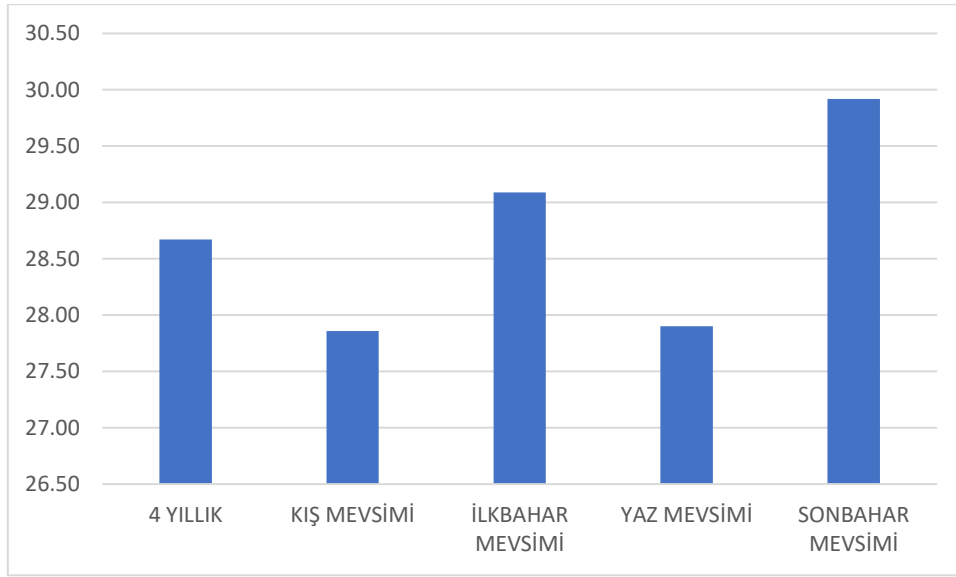
**Şekil B.56.** SURF 4 yıllık ve mevsimsel düşey hız değerleri



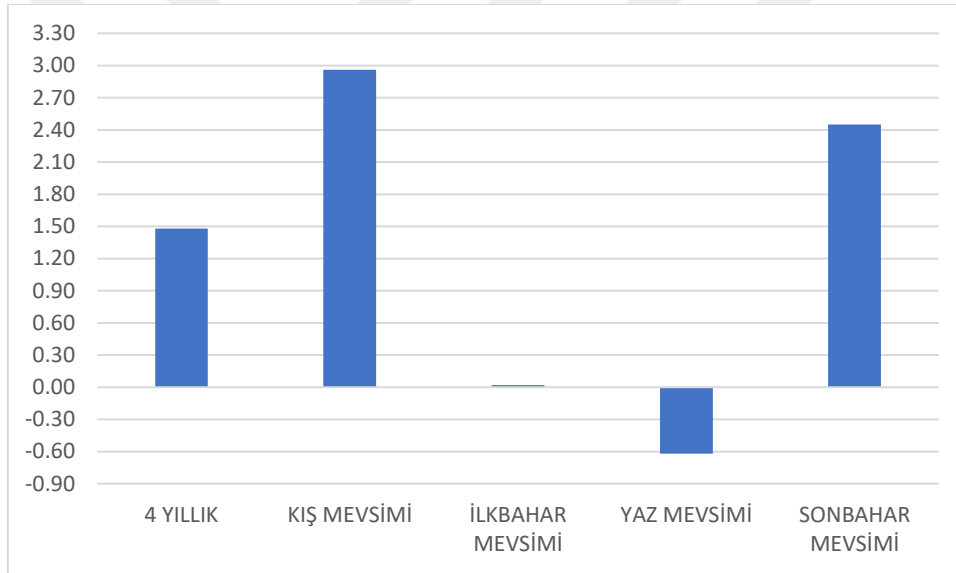
**Şekil B.57.** TRBN istasyonu 4 yıllık ve mevsimsel K-G bileşen hız değerleri



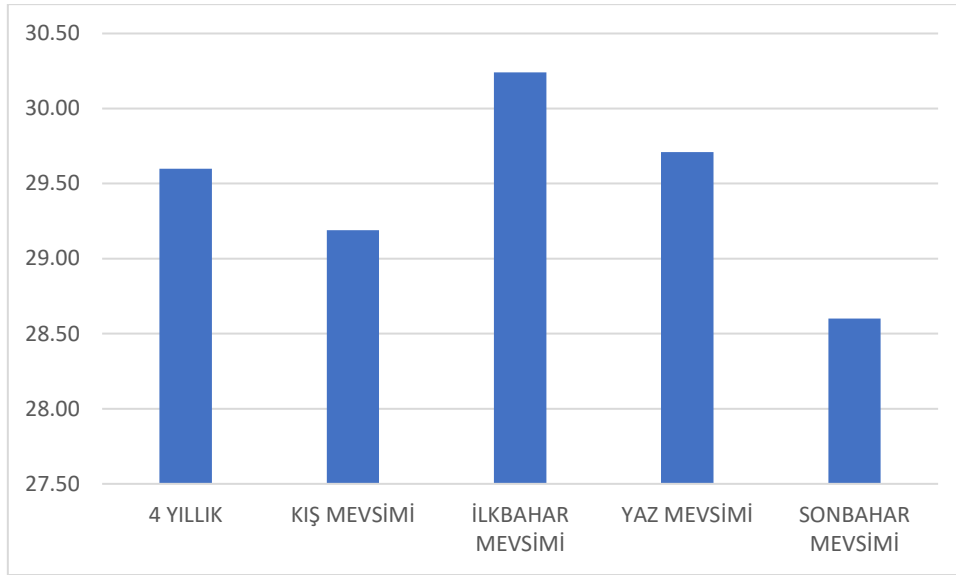
**Şekil B.58.** TRBN istasyonu 4 yıllık ve mevsimsel D-B bileşen hız değerleri



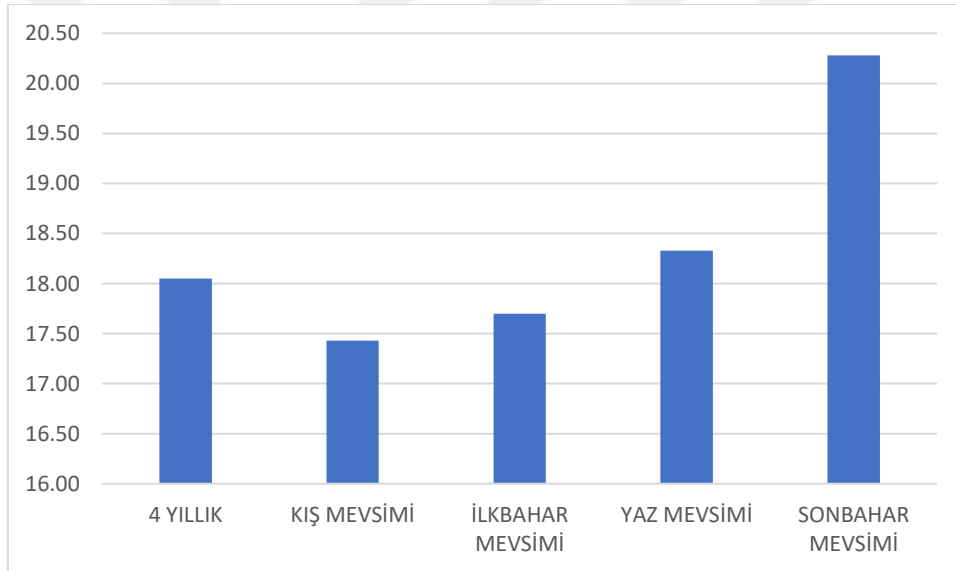
**Şekil B.59.** TRBN 4 yıllık ve mevsimsel yatay hız değerleri



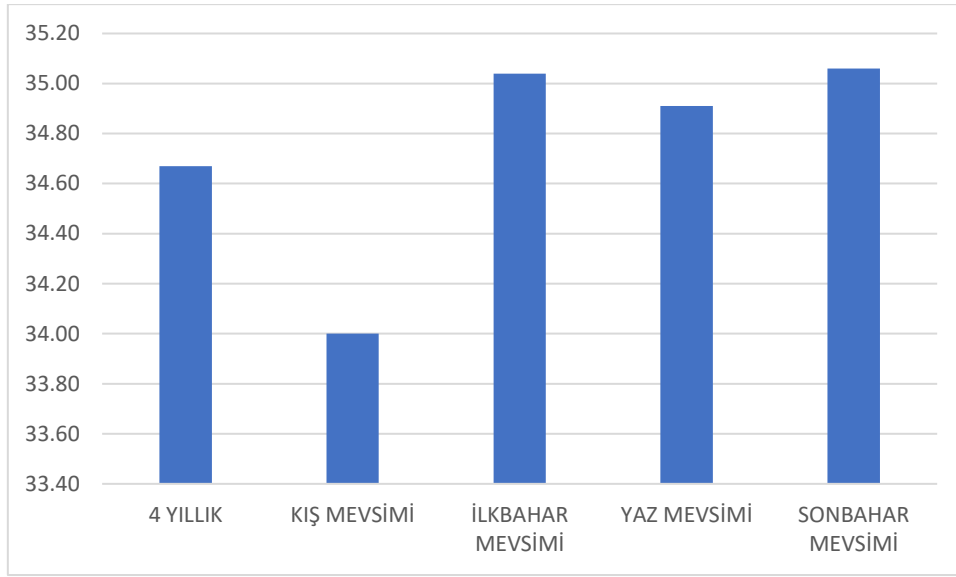
**Şekil B.60.** TRBN 4 yıllık ve mevsimsel düşey hız değerleri



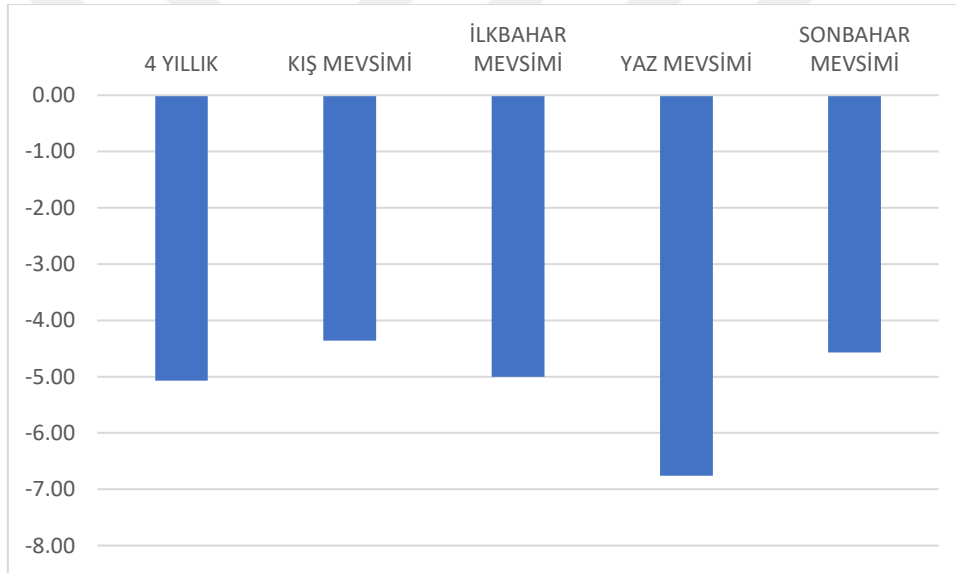
**Şekil B.61.** VAN1 istasyonu 4 yıllık ve mevsimsel K-G bileşen hız değerleri



**Şekil B.62.** VAN1 istasyonu 4 yıllık ve mevsimsel D-B bileşen hız değerleri



**Şekil B.63.** VAN1 4 yıllık ve mevsimsel yatay hız değerleri



**Şekil B.64.** VAN1 4 yıllık ve mevsimsel düşey hız değerleri

## TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR

---

### Konferans Bildirileri

1. S. Bengül, A. Özdemir ve U. Doğan, "Mevsimsel Değişimlerin GNSS Konum Doğruluğu Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması", içinde ATAG 25, İstanbul, Türkiye, 2022, s. 69.

