

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**IGS İSTASYONLARI ZENİT TROPOFERİK GECİKME PARAMETRESİ  
ZAMAN SERİLERİNDE TREND VE MEVSİMSEL ETKİ ANALİZLERİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Harita Müh. Cansu BEŞEL**

**HAZİRAN 2017  
TRABZON**



**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**IGS İSTASYONLARI ZENİT TROPOFERİK GECİKME PARAMETRESİ ZAMAN  
SERİLERİNDE TREND VE MEVSİMSEL ETKİ ANALİZLERİ**

**Cansu BEŞEL**

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce**

**"HARİTA YÜKSEK MÜHENDİSİ"**

**Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 10 / 05 / 2017**

**Tezin Savunma Tarihi : 12 / 06 / 2017**

**Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Emine TANIR KAYIKÇI**

**Trabzon 2017**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**Harita Mühendisliği Anabilim Dalında  
Cansu BEŞEL tarafından hazırlanan**

**IGS İSTASYONLARI ZENİT TROPOSFERİK GECİKME PARAMETRESİ ZAMAN  
SERİLERİNDE TREND VE MEVSİMSSEL ETKİ ANALİZLERİ**

başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 16/ 05 / 2017 gün ve 1702 sayılı  
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
olarak kabul edilmiştir.

**Jüri Üyeleri**

**Başkan : Prof. Dr. Mualla YALÇINKAYA**

**Üye : Doç. Dr. Yasemin ŞİŞMAN**

**Üye : Yrd. Doç. Dr. Emine TANIR KAYIKÇI**

*Mualla*  
*Yasemin*  
*Emine*

**Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ**

**Enstitü Müdürü**

## ÖNSÖZ

“IGS İstasyonları Zenit Troposferik Gecikme Parametresi Zaman Serilerinde Trend ve Mevsimsel Etki Analizleri” başlıklı yüksek lisans tez çalışması Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği anabilim dalında hazırlanmıştır.

Bu tez çalışmasında, Türkiye ve Avrupa’dan seçilen IGS (International GNSS Service-IGS) istasyonları için ES1206 COST Aksiyonu GNSS4SWEC kapsamında yeniden hesaplanmış olan IGS Repro1 veri setinin kullanılmasına izin veren Sayın Dr. Olivier BOCK (IGN, France)’a teşekkür ederim.

Lisans döneminden itibaren beraber çalıştığım, desteğini benden esirgemeyen, değerli vaktini ayıran ve nice güzel çalışmalara imza atacağımıza inandığım saygıdeğer hocam, Yrd. Doç. Dr. Emine TANIR KAYIKÇI’ya sonsuz teşekkür ederim.

Akademisyenlik hayatımın ilk yılında manevi desteklerini benden esirgemeyen ve tecrübelerini paylaşan Arş Gör. Selma ZENGİN KAZANCI ve Arş. Gör. Nida ÇELİK ŞİMŞEK ve tüm mesai arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Hayatımın her anında bana destek verip yanımda olan, güvenen, anlayışını esirgemeyen ve bu günlere gelmemde büyük pay sahibi olan aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Cansu BEŞEL  
Trabzon, 2017

## TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “IGS İstasyonları Zenit Troposferik Gecikme Parametresi Zaman Serilerinde Trend ve Mevsimsel Etki Analizleri” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Yrd. Doç. Dr. Emine TANIR KAYIKÇI'nın sorumluluğunda tamamladığımı, analizleri kendim yaptığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 12/06/2017

Cansu BEŞEL

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET .....	VIII
SUMMARY .....	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	X
TABLolar DİZİNİ.....	XIII
KISALTMALAR VE SEMBOLLER DİZİNİ .....	XIV
1. GENEL BİLGİLER .....	1
1.1. Giriş .....	1
1.2. Problemin Tanımı .....	2
1.3. Çalışmanın Amacı.....	3
1.4. Literatür Taraması.....	4
1.5. Metodoloji.....	10
1.6. Küresel Navigasyon Uydu Sistemleri.....	11
1.7. Uluslararası GNSS Servisi.....	12
1.8. Atmosferin GNSS Gözlemlerine Etkisi.....	15
1.8.1. Troposferik Etki.....	16
1.8.1.1. Zenit Troposferik Gecikme.....	19
1.8.2. İyonosferik Etki .....	22
1.9. Zaman Serisi .....	23
1.10. Zaman Serilerinde Trend Analizi .....	25
1.10.1. Trend Analizinde Parametrik Yöntemler.....	27
1.10.1.1. Regresyon Analizi.....	27
1.10.1.1.1. Basit Doğrusal Regresyon Analizi.....	28
1.10.1.1.2. Çoklu Doğrusal Regresyon Analizi .....	32
1.10.1.1.3. Regresyon Modelinin Uygunluğunun ve Regresyon Parametrelerinin Anlamlılığının Hipotez Testleri ile Testi .....	32
1.10.1.1.3.1. Model Hipotezi Testi .....	32

1.10.1.1.3.2.	Parametrelerin Anlamlılığı Testi .....	34
1.10.1.1.4.	Regresyon Katsayılarının Belirleyicilik Katsayısı ile Anlamlılığının Testi. ....	35
1.10.2.	Trend Analizinde Parametrik Olmayan Yöntemler .....	36
1.10.2.1.	Mann-Kendall Testi .....	36
1.10.2.2.	Mann-Kendall Mertebe Korelasyon Testi .....	37
1.10.2.3.	Spearman'ın Rho Testi .....	39
1.10.2.4.	Sen'in Trend Eğim Metodu .....	40
1.11.	Zaman Serilerinde Homojenlik.....	40
1.11.1.	Run (Swed-Eisenhart) Testi.....	41
1.12.	Zaman Serilerinde Korelasyon .....	41
1.12.1.	Korelasyon .....	41
1.12.1.1.	Pearson Korelasyon Katsayısı .....	42
1.12.1.2.	Kendall Korelasyon Katsayısı .....	43
1.13.	Zaman Serilerinde Mevsimsel Etki.....	44
1.13.1.	Hızlı Fourier Dönüşümü ile Zaman Serilerinin Spektral Analizi .....	44
1.13.2.	Hareketli Ortalamalar .....	45
1.13.2.1.	Basit Hareketli Ortalama .....	46
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	48
2.1.	Çalışmada Kullanılan Veriler .....	48
2.2.	ZTD Zaman Serilerinin Trend Analizleri .....	49
2.2.1.	Basit Doğrusal Regresyon Analizi Yöntemi .....	50
2.2.1.1.	Regresyon Katsayılarının Belirleyicilik Katsayısı ile Anlamlılığının Testi ..	61
2.2.2.	Mann-Kendall Testi .....	62
2.2.3.	Mann-Kendall Mertebe Korelasyon Testi .....	65
2.2.4.	Spearman'ın Rho Testi .....	78
2.2.5.	Sen'in Trend Eğim Metodu .....	81
2.3.	Run (Swed-Eisenhart) Testi.....	92
2.4.	ZTD Zaman Serilerinde Korelasyon.....	93
2.4.1.	Pearson Korelasyon Katsayısı .....	93
2.4.2.	Kendall Korelasyon Katsayısı .....	95
2.5.	ZTD Zaman Serilerinde Mevsimsel Etki Analizi .....	97
2.5.1.	Hızlı Fourier Dönüşümü ile Zaman Serilerinin Spektral Analizi .....	97

2.5.2.	Basit Hareketli Ortalamalar ile Mevsimsel Etki Analizi .....	99
3.	BULGULAR VE İRDELEMELER.....	104
3.1.	Basit Doğrusal Regresyon Analizi Bulguları.....	104
3.2.	Mann-Kendall Testi Bulguları .....	105
3.3.	Mann-Kendall Mertebe Korelasyon Testi Bulguları .....	106
3.4.	Sperman'ın Rho Testi Bulguları .....	106
3.5.	Sen'in Trend Eğim Metodu Bulguları .....	106
3.6.	Run (Swed-Eisenhart) Testi Bulguları.....	107
3.7.	ZTD Zaman Serilerinde Korelasyon Bulguları .....	108
3.8.	ZTD Zaman Serilerinde Mevsimsel Etki Bulguları.....	108
4.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	109
5.	KAYNAKLAR .....	115
ÖZGEÇMİŞ		



Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

IGS İSTASYONLARI ZENİT TROPOSFERİK GECİKME PARAMETRESİ ZAMAN SERİLERİNDE TREND VE MEVSİMSEL ETKİ ANALİZLERİ

Cansu BEŞEL

Karadeniz Teknik Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı  
Danışman: Yrd. Doç. Dr. Emine TANIR KAYIKÇI  
2017, 122 Sayfa

Bu çalışmada, Türkiye ve Avrupa'dan seçilen 19 adet IGS istasyonu için 1995-2010 yılları arasındaki Zenit Troposferik Gecikme (ZTD) ürünlerinin COST Aksiyonu ES1206, GNSS4SWEC kapsamında yeniden kestirimi ile elde edilmiş (IGS Repro1) ZTD zaman serileri kullanılarak zaman serilerindeki trend ve mevsimsel etki analizleri yapılmıştır. Çalışma kapsamında, trend analizinde farklı özelliklere sahip parametrik ve parametrik olmayan yöntemler kullanıldı. Parametrik yöntemlerden; Basit Doğrusal Regresyon Analizi kullanılmıştır. Bu yöntem ile kurulan modelin doğruluğu ve regresyon parametrelerinin anlamlılığı hipotez testleri ile test edilmiştir. Parametrik olmayan yöntemlerden; Mann-Kendall testi, Mann-Kendall Mertebe Korelasyon testi, Spearman'ın Rho testi ve Sen'in Trend Eğim metodu kullanılmıştır. Trend testlerinden elde edilen sonuçlar birbiri ile kıyaslanmıştır ve yorumlamalar yapılmıştır. Ardından verinin homojen olup olmadığını belirlemek amacıyla Run (Swed-Eisenhart) testi yapılmıştır. Son olarak zaman serisi üzerinde mevsimsel etki analizi yapılmıştır. Çalışmada ZTD zaman serilerinde hem trend hem de mevsimsellik analizleri için farklı yöntemler kullanılarak uygulamada yöntemlerin birbirlerine göre avantajlı ve dezavantajlı durumları değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Tez çalışması kapsamında uygulanan tüm yöntemlerde hesaplamalar MATLAB ortamında yazılan kodlarla yapılmıştır. Kullanılan veriler Dr. Olivier BOCK(IGN, Fransa) tarafından hazırlanmış ve kalitesi kontrol edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** İklim, Zenit Troposferik Gecikme (ZTD), Zaman Serisi, Trend Analizi, Mevsimsel Etki Analizi

Master Thesis

SUMMARY

A TREND AND SEASONAL EFFECT ANALYSIS OF ZENITH TROPOSPHERIC  
DELAY PARAMETER TIME SERIES AT IGS STATIONS

Cansu BEŞEL

Karadeniz Technical University  
The Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Graduate Program of Geodesy  
Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Emine TANIR KAYIKÇI  
2017, 122 Pages

In this study, trend and seasonal effect analysis of time series of (IGS Repro1)ZTD data between 1995-2010 reprocessed in the framework of COST Action ES1206, GNSS4SWEC were performed. 19 IGS stations were used in the study selected from Turkey and Europe. Parametric and nonparametric methods were used in trend analysis. Simple linear regression is used for parametric methods. The accuracy of the model established with this methods and the significance of the regression parameters were tested with hypothesis tests. Mann-Kendall test, Mann-Kendall Rank Correlation test, Spearman's Rho and Sen's Slope method used for nonparametric methods. The result from trend tests were compared and interpreted. Then, Run (Swed-Eisenhart) test was performed. The homogeneity of ZTD data were tested by this test. Then, a seasonal effect analysis was performed on the time series. The aim of the study, was to evaluate the advantages and disadvantages of the application different methods for both trend and seasonality analysis in ZTD time series. In this work, MATLAB programming language was used in all of the tests. Finally, we would like to acknowledge Dr. Olivier BOCK, IGN, France, for making the IWV data from IGS repro1 and ERA-Interim available. These data were prepared and quality checked in the framework of COST Action ES1206, GNSS4SWEC.

**Key Words:** Climate, Zenit Trophospheric Delay (ZTD), Time Series, Trend Analysis, Seasonal Effect Analysis

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa No

Şekil 1. GNSS meteorolojisi .....	12
Şekil 2. IGS organizasyon şeması .....	13
Şekil 3. IGS istasyonları.....	14
Şekil 4. Atmosferin tabakaları.....	15
Şekil 5. Atmosferin elektromanyetik sinyal üzerindeki etkisi .....	16
Şekil 6. Zaman serisi grafiği .....	23
Şekil 7. Zaman serisi bileşenleri .....	23
Şekil 8. Trend yönleri.....	25
Şekil 9. Doğrusal trend.....	26
Şekil 10. Eğrisel trend .....	26
Şekil 11. Basit doğrusal regresyon .....	28
Şekil 12. Trend olmaması durumunda $u(t)-u'(t)$ grafiği .....	38
Şekil 13. Trend olması durumunda $u(t)-u'(t)$ grafiği .....	39
Şekil 14. Değişkenler arasındaki ilişki durumu .....	42
Şekil 15. Çalışmada kullanılan istasyonlar .....	48
Şekil 16. Basit doğrusal regresyon analizi iş akış şeması .....	52
Şekil 17. ANKR, BOR1, EBRE, MAS1 istasyonları basit doğrusal regresyon analizi trend grafiği .....	55
Şekil 18. BRUS ve GRAS istasyonu basit doğrusal regresyon analizi trend grafiği .....	56
Şekil 19. GOPE, GRAZ, HERS, JOZE, KIRU, LAMA, MATE, METS, PENC, POTS, REYK, WTZR ve ZIMM istasyonları basit doğrusal regresyon analizi trend grafikleri.....	57
Şekil 20. Basit doğrusal regresyon analizi sonuçlarına göre istasyonlardaki trend eğimi. ....	60
Şekil 21. Mann-Kendall testi iş akış şeması.....	63
Şekil 22. Mann-Kendall testine göre istasyonlardaki trend durumu .....	64
Şekil 23. Mann-Kendall mertebeye korelasyon testi iş akış şeması .....	66
Şekil 24. ANKR istasyonu Mann-Kendall mertebeye korelasyon testi grafiği .....	67
Şekil 25. GRAS istasyonu Mann-Kendall mertebeye korelasyon testi grafiği .....	68
Şekil 26. MAS1 istasyonu Mann-Kendall mertebeye korelasyon testi grafiği .....	68
Şekil 27. BOR1 istasyonu Mann-Kendall mertebeye korelasyon testi grafiği .....	69

Şekil 28. BRUS istasyonu Mann-Kendall mertebe korelasyon testi grafiği .....	70
Şekil 29. EBRE istasyonu Mann-Kendall mertebe korelasyon testi grafiği .....	70
Şekil 30. GOPE istasyonu Mann-Kendall mertebe korelasyon testi grafiği .....	71
Şekil 31. GRAZ istasyonu Mann-Kendall mertebe korelasyon testi grafiği .....	71
Şekil 32. HERS istasyonu Mann-Kendall mertebe korelasyon testi grafiği .....	72
Şekil 33. JOZE istasyonu Mann-Kendall mertebe korelasyon testi grafiği .....	72
Şekil 34. KIRU istasyonu Mann-Kendall mertebe korelasyon testi grafiği.....	73
Şekil 35. LAMA istasyonu Mann-Kendall mertebe korelasyon testi grafiği .....	74
Şekil 36. MATE istasyonu Mann-Kendall mertebe korelasyon testi grafiği .....	74
Şekil 37. METS istasyonu Mann-Kendall mertebe korelasyon testi grafiği .....	75
Şekil 38. PENC istasyonu Mann-Kendall mertebe korelasyon testi grafiği .....	75
Şekil 39. POTS istasyonu Mann-Kendall mertebe korelasyon testi grafiği .....	76
Şekil 40. REYK istasyonu Mann-Kendall mertebe korelasyon testi grafiği .....	76
Şekil 41. WTZR istasyonu Mann-Kendall mertebe korelasyon testi grafiği .....	77
Şekil 42. ZIMM istasyonu Mann-Kendall mertebe korelasyon testi grafiği .....	77
Şekil 43. Spearman'ın Rho testi iş akış şeması.....	79
Şekil 44. Spearman'ın Rho testine göre istasyonlardaki trend durumu .....	81
Şekil 45. Sen'in trend eğim metodu iş akış şeması .....	82
Şekil 46. ANKR, BOR1, EBRE ve MAS1 istasyonları Sen'in trend eğim metodu grafiği.....	84
Şekil 47. BRUS istasyonu Sen'in trend eğim metodu grafiği .....	84
Şekil 48. GRAS istasyonu Sen'in trend eğim metodu grafiği .....	85
Şekil 49. GOPE istasyonu Sen'in trend eğim metodu grafiği .....	85
Şekil 50. GRAZ istasyonu Sen'in trend eğim metodu grafiği .....	86
Şekil 51. HERS istasyonu Sen'in trend eğim metodu grafiği .....	86
Şekil 52. JOZE istasyonu Sen'in trend eğim metodu grafiği .....	87
Şekil 53. KIRU istasyonu Sen'in trend eğim metodu grafiği .....	87
Şekil 54. LAMA istasyonu Sen'in trend eğim metodu grafiği .....	88
Şekil 55. MATE istasyonu Sen'in trend eğim metodu grafiği .....	88
Şekil 56. METS istasyonu Sen'in trend eğim metodu grafiği .....	89
Şekil 57. PENC istasyonu Sen'in trend eğim metodu grafiği .....	89
Şekil 58. POTS istasyonu Sen'in trend eğim metodu grafiği .....	90
Şekil 59. REYK istasyonu Sen'in trend eğim metodu grafiği .....	90

Şekil 60. WTZR istasyonu Sen'in trend eğim metodu grafiği .....	91
Şekil 61. ZIMM istasyonu Sen'in trend eğim metodu grafiği .....	91
Şekil 62. Run (Swed-Eisenhart) testi iş akış şeması .....	92
Şekil 63. İstasyonlara göre Pearson korelasyon katsayıları .....	95
Şekil 64. İstasyonlara göre Kendall korelasyon katsayıları .....	96
Şekil 65. HERS, JOZE, PENC, POTS, WTZR ve ZIMM istasyonları spektral analiz grafiği.....	99
Şekil 66. IGS istasyonları basit hareketli ortalamalar grafiği .....	100



## TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Troposferik gecikme .....	18
Tablo 2. İstasyon bilgileri .....	49
Tablo 3. Regresyon modelinin uygunluğunun ve regresyon katsayılarının anlamlılığının hipotez testi sonuçları .....	59
Tablo 4. R <sup>2</sup> belirleyicilik katsayısı .....	61
Tablo 5. Mann-Kendall testi ile trend analizi sonuçları .....	65
Tablo 6. Spearman'ın Rho testi ile trend analizi sonuçları .....	80
Tablo 7. Sen modeli ve regresyon modeli eşitlikleri .....	83
Tablo 8. Run (Swed-Eisenhart) testi sonuçları .....	93
Tablo 9. Pearson korelasyon katsayısı .....	94
Tablo 10. Pearson ve Kendall korelasyon katsayıları .....	97
Tablo 11. Maksimum frekans değerleri .....	98
Tablo 12. Basit doğrusal regresyon modeli denklemleri .....	105
Tablo 13. Sen model denklemleri .....	107
Tablo 14. Parametrik olmayan yöntemlere göre trend analizi sonuçları .....	111

## KISALTMALAR VE SEMBOLLER DİZİNİ

Cm	: Santimetre
CNSS	: Compass Navigasyon Uydu Sistemi
Ghz	: Gigahertz
GNSS	: Küresel Navigasyon Uydu Sistemi
GPS	: Küresel Konumlandırma Sistemi
IAG	: Uluslararası Jeodezi Birliği
IGS	: Uluslararası GNSS Sistemi
IWV	: Entegre Su Buharı
Km	: Kilometre
L1	: GPS L1 Sinyali
L2	: GPS L2 Sinyali
m	: Metre
PWV	: Yoğuşabilir Su Buharı
SHD	: Eğik Kuru Gecikme
STD	: Eğik Toplam Gecikme
SWD	: Eğik Islak Gecikme
TEC	: Toplam Elektron İçeriği
ZHD	: Zenit Kuru Gecikme
ZTD	: Zenit Troposferik Gecikme
ZWD	: Zenit Islak Gecikme
$H_0$	: Sıfır Hipotezi
$H_1$	: Seçenek Hipotezi
$\Delta$	: Diskriminant
$\Sigma$	: Toplam

## 1. GENEL BİLGİLER

### 1.1. Giriş

İklim uzun zaman periyotlarında geniş bölgelerde sıcaklık, nem, yağış, atmosferik basınç, rüzgar ve diğer meteorolojik elemanlarından oluşan ortalama hava koşullarının istatistiklerini kapsar. İklimin standart ortalama bir süresi vardır ve bu süre 30 yıldır. Fakat diğer sürelerde amaca göre değişmektedir. Günümüzde iklim değişikliği en önemli çevre sorunlarından biridir. Bu kapsamda iklim değişikliğinin bilimsel yanı, iklim değişikliğini önleme ve iklim değişikliğine uyum konusunda çalışmalar yapılmaktadır (Demircan vd., 2016).

GNSS (Global Navigation Satellite System-Küresel Navigasyon Uydu Sistemi) gözlemleri sağladığı avantajlar dolayısıyla iklim çalışmalarında önemli bir yere sahiptir. GNSS sinyalleri yeryüzündeki alıcılara ulaşmadan önce atmosferde troposferik gecikmeye uğrarlar ve bu gecikme genellikle zenit yönüne dönüştürülerek Zenit Troposferik Gecikme (ZTD-Zenith Tropospheric Delay) olarak elde edilir (Baldysz vd., 2016).

GNSS sinyallerinin atmosferde uğradığı troposferik gecikme ve ZTD verilerinden çeşitli dönüşüm modelleri yardımıyla sera etkisine sebebiyet veren gazlardan biri olan Entegre Su Buharı (IWV-Integrated Water Vapour) elde edilir. Su buharı iklim değişikliğini etkileyen önemli faktörlerden biridir ve Dünya'nın sıcaklığını %60-70 oranında artırır (COST, 2012). Ayrıca su buharı atmosferdeki ve hidrolojik döngüdeki dinamik süreçlerin şekillendirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. ZTD verileri zamana bağlı sıcaklık ve su buharı içeriği ile korelasyon gösterir (Guerova, 2013; Yong vd., 2008). ZTD verilerinin büyüklüğü ve mevsimsel değişkenliği enlem, boylam, su kütlesine uzaklık gibi etkenlere bağlıdır. Bu nedenle ZTD verileri bölgesel hava şartları hakkında bilgi sağlamaktadır. Tüm bu faktörler, bilim adamlarını atmosferde meydana gelen değişimleri izlemeye teşvik etmektedir (Jin vd., 2007; Demircan vd., 2016).

ZTD verilerinden oluşturulan zaman serilerinin trend analizi ile kullanılan zaman periyodu içerisinde veride meydana gelen değişimler göz önüne serilmektedir. Bu sayede geleceğe yönelik tahminler yapılabilmektedir.

Zaman serilerinde mevsimsel değişimin çok güçlü olması bazen trendin görülmesini zorlaştırabilmektedir. Bu nedenle düzeltirme yöntemleri kullanılarak



mevsimsellik ortadan kaldırılabilir veya etkisi azaltılabilir. Bu sayede uzun dönemdeki dalgalanmalar açıkça görülebilir.

Bu tez çalışmasında, Türkiye ve Avrupa'dan seçilen Uluslararası GNSS Servisi (IGS-International GNSS Service) istasyonlarında hesaplanan ZTD zaman serilerinde çeşitli yöntemler kullanılarak yapılacak olan trend ve mevsimsel etki analizleri ile istasyonların bulunduğu bölgeye ait iklim değişiklikleri üzerine yorumlar yapmak ve böylece troposferik zaman serilerindeki analizlerle ekstrem hava olaylarının tahminine katkı sağlayabilecek fikirler ortaya koymak hedeflenmiştir. Çalışmada kullanılan yöntemlerin uygulama ve sonuçları sunma kabiliyetleri ile ilgili de değerlendirmeler yapmak ve troposferik zaman serilerinin analizlerinde kullanılacak yöntemlerin uygulamadaki avantaj ve dezavantajlarını ortaya koymak da tez çalışmasının amaçlarındandır. Tez çalışması kapsamında uygulanan tüm yöntemlerde hesaplamalar MATLAB (R2012a) ortamında yazılan kodlarla yapılmıştır.

## **1.2. Problemin Tanımı**

Günümüzde iklim değişikliği, üzerinde yoğun olarak çalışılan konulardan biridir. GNSS gözlemlerinin analizi ile hava şartlarının belirlenmesinde önemli bir parametre olan zenit troposferik gecikmenin belirlenmesi, GNSS tekniğini iklim değişikliği ile ilgili çalışmalar için önemli kılmaktadır.

Bu çalışmada, Türkiye ve Avrupa'dan seçilen 19 adet IGS istasyonunda 1995-2010 yılları arasında günlük ZTD ürünlerinin COST Aksiyonu ES1206, GNSS4SWEC kapsamında Dr. Olivier Bock (IGN, Fransa) tarafından yeniden kestirimi yapılmış ZTD zaman serileri kullanılmıştır. Çalışmada ilk olarak MATLAB (R2012a) ortamında yazılan kodlarla ZTD zaman serileri için grafikler oluşturulmuştur. Zaman serilerinde trend ve mevsimsel etkileri incelemek amacıyla seçilen yöntemlerin uygulanması için MATLAB ortamında kodlar yazılmıştır. Yapılan analizlerle IGS istasyonlarına ait ZTD zaman serilerindeki trend ve mevsimsel etkiler belirlenmiş ve böylece istasyonların bulunduğu bölgelerde meydana gelen iklim değişikliği karakterleri üzerine değerlendirmeler yapılmıştır. Çalışmada kullanılan yöntemler birbiri ile karşılaştırılarak yöntemlerin uygulamadaki avantaj ve dezavantajları değerlendirilmiş ve sonuçların birbiri ile tutarlı olup olmadığı belirlenmeye çalışılmıştır.

### 1.3. Çalışmanın Amacı

Zenit troposferik gecikme parametresi iklim çalışmalarında önemli bir yere sahiptir. ZTD zaman serileri istasyonun bulunduğu bölgeyle alakalı hava şartlarına ait bilgiler taşımaktadır. ZTD zaman serilerinden yapılan trend analizleri ile verinin zaman içerisinde göstermiş olduğu değişimler belirlenir ve geleceğe yönelik tahminlerde bulunulabilir.

Son zamanlarda iklim değişikliğine bağlı ekstrem hava olayları ciddi zararlara yol açmakta olup can ve mal kaybına sebep olmaktadır. Bu nedenle ekstrem hava olaylarının oluşumu tahmini üzerine yapılan çalışmalar önemlidir. Bu tez çalışmasında elde edilen bulgularının ekstrem hava olaylarının oluşumu tahminine katkılar sağlayacağı öngörülmektedir.

Çalışmada, 1995-2010 yıllarına arasında Türkiye ve Avrupa'dan seçilen 19 adet IGS istasyonuna ait ZTD'lerin COST Aksiyonu ES1206, GNSS4SWEC kapsamında yeniden hesaplanmış ve bu tez çalışması için kullanım izni alınmış ZTD zaman serilerindeki trend ve mevsimsel etki analizlerinin farklı yöntemleri kullanılarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Seçilen yöntemler literatürde çeşitli alanlardaki zaman serilerinin analizinde uygulanan yöntemler olmakla birlikte her birinin uygulama sırasında karşılaşılabilecek avantaj ve dezavantajları ya da trend ve mevsimsel etkiyi belirleme kabiliyetleri farklıdır.

Trend analizinde parametrik ve parametrik olmayan yöntemler kullanılmıştır. Parametrik yöntemlerden Basit Doğrusal Regresyon Analizi, parametrik olmayan yöntemlerden ise Mann-Kendall testi, Mann-Kendall Mertebe Korelasyon testi, Spearman'ın Rho testi ve Sen'in Trend Eğim Metodu kullanılmıştır. Testlerden elde edilen sonuçlar birbiri ile karşılaştırılmıştır. Yöntemlerin sağladığı avantajlar ve dezavantajlar görülmüştür. Trend analizi ile verinin yıllık periyotlarda göstermiş olduğu değişim belirlenerek yorumlamalar yapılmıştır. Böylece istasyonların bulunduğu bölgelerde son 15 yılda oluşan iklimsel değişimler üzerine incelemeler yapılmış olacaktır. Zenit troposferik gecikme verileri ile zaman arasında anlamlı bir ilişki olup olmadığını belirlemek için Pearson korelasyon katsayısı ve Kendall korelasyon katsayısı hesaplanmıştır. Run (Swed-Eisenhart) homojenlik testi ile ZTD verilerinin homojenliği test edilmiştir. Son olarak mevsimsel etki analizi yapılmıştır. Zaman serilerinde mevsimselliğin çok güçlü olması sonucu bazen seri içerisindeki trend net olarak belirlenememektedir. Bu nedenle düzleştirme yoluna gidilmesi gerekmektedir. Bu tez çalışmasında Basit Hareketli

Ortalamalar yöntemi kullanılarak veri düzleştirilmiş ve trendin daha net görülmesi sağlanmıştır. Ayrıca Hızlı Fourier Dönüşümü yardımıyla yapılan Spektral Analiz yöntemi ile mevsimsel bileşen belirlenmiştir.

Bu çalışmada, trend ve mevsimsel etki analizleri ile ZTD verilerinin seçilen uzun zaman periyodunda göstermiş olduğu değişimi görmek, kullanılan yöntemleri karşılaştırmak ve geleceğe yönelik tahminler yapmak amaçlanmıştır. Tüm bu yöntemler yardımıyla elde edilen sonuçların yorumlanması neticesinde istasyonların bulunduğu bölgeye ait iklim değişimleri konusunda yorumlamalar yapılacaktır. Bu sayede kullanılan istasyonların bulunduğu bölgelerde meydana gelen iklimsel değişiklik üzerine değerlendirmelerde bulunulacak ve iklim değişikliği konusunda yapılan çalışmalara katkı sağlanabilecektir.

#### 1.4. Literatür Taraması

Bu tez çalışmasında kullanılan konu ve yöntemlerle alakalı Türkiye ve Dünya’da yapılan çalışmalar aşağıda sunulmuştur.

- Ulusal literatürde yapılan çalışmalar;

Soydan (2016), Seyhan Havzası’nın yağış yapısının ve atmosferik sirkülasyon değişiminin akım üzerindeki etkisini analiz etmiştir. Aylık ortalama yağış verilerine trend analizi yapmıştır. Trendi belirlemek için trend analizi yöntemlerinden Mann-Kendall ve Spearman’ın Rho testi, trendin başlangıç yılının tespit etmek için Mann-Kendall Sıra Korelasyon testi, trend eğilimlerinin belirlenmesinde Sen’in trend eğim metodunu kullanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre kullanılan istasyonların ikisinde trend belirlenmemiştir. Ayrıca istasyonlardan ikisinin son beş ayında azalan yönde trend tespit etmiştir.

Mekik (2016), Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı’nın, GNSS meteorolojisi ağı olarak da görev yapabilmesi için toplam zenit gecikmesi değerlerinin yoğunlaşabilir su buharına (PWV- Precitable Water Vapour) dönüştürülmesinde temel parametre olan Q dönüşüm faktörünü tüm Türkiye için geliştirmiştir. Türkiye için geliştirilen hibrit Q modelinin  $\pm 1.65\text{mm}$  doğrulukla PWV kestirimi yapabileceğini tespit etmiştir.

Çeribaşı (2015), Batı Karadeniz, Doğu Karadeniz ve Sakarya Havzasında yağış-akış askıda katı madde verilerinin trend analizini yapmış ve sonuçları yorumlamıştır. Trend analizi için Mann-Kendall ve Spearman’ın Rho testlerini kullanmıştır. Trend tespit edilen

istasyonlarda trendin başlangıç yılını bulmak için Mann-Kendall Mertebe korelasyon testini kullanmıştır. Trend analizi sonuçlarına göre Batı Karadeniz havzasındaki istasyonların çoğunda trende rastlanmazken akış ve askıda katı madde ölçüm istasyonlarından alınan verilerde azalan yönde trend görülmüştür. Doğu Karadeniz havzasında artan yönde trend, akış ve askıda katı madde verilerinde trend yoktur. Sakarya havzasında ise yağış, akış ve akıda katı madde verilerinin bazılarında azalan yönde trend görülmüştür.

Emek (2014), Doğu Anadolu Bölgesinde 46 adet yağış gözlem istasyonundan alınan 1960-2013 yılları arasındaki verilere Run testi ve Pettitt testi uygulayarak verilerin homojen olup olmadığını araştırmıştır. Homojen olduğu belirlenen istasyonlara Mann-Kendall ve Spearman'ın Rho testlerini uygulayarak trendleri incelemiştir. Sen'in Trend Eğim Metodu ile trend eğilimlerini belirlemiştir. Homojenlik testi sonuçlarına göre 46 adet istasyonun 38'inin homojen olduğu, geriye kalan 8 istasyonun homojen olmadığı görülmüştür. Trend analizi sonuçlarına göre ise 4 adet yağış gözlem istasyonunda %95 güven aralığında, 6 adet yağış gözlem istasyonunda %90 güven aralığında azalan yönde trend olduğu görülmüştür. Sen'in Eğim metoduna göre 28 istasyonda azalan yönde eğilim, 10 istasyonda ise artan yöne eğilim görülmüştür.

Şen (2013), Isparta ilindeki merkez ilçe dahil 5 istasyonun sıcaklık ve yağış verileri için Mann-Kendall ve Spearman'ın Rho testleri ile trend analizleri uygulamıştır. İstasyonların trend başlangıç yılını tespit etmek için Mann-Kendall Mertebe Korelasyon testi, trend eğilimlerini belirlemek için Sen'in Trend Eğim Metodu ve Lineer Regresyon modelini kullanmıştır. Mann-Kendall ve Spearman'ın Rho testi sonuçlarına göre istasyonların yağış değerlerinde %95 anlamlılık seviyesinde negatif ve pozitif yönde trende rastlanmamıştır. Lineer regresyon modeline göre ise Atabey ve Yalvaç istasyonlarında azalma, Senirkent, Uluborlu, Isparta istasyonlarında artma görülmüştür.

Yerdelen (2013), Susurluk havzasındaki yıllık ortalama akım verilerini istatistiki olarak değerlendirerek trendin varlığını ve trend olması durumunda hidrolojik bir değişimin olup olmadığını araştırmıştır. Verilerin kendi içerisinde rasgele olup olmadığını belirlemek için Run testini kullanmıştır. Trend analizi için ise Mann-Kendall Mertebe Korelasyon testini kullanmıştır. Ayrıca Pettitt ve Standart Normal Homojenlik yöntemleri ile değişim yılını tespit etmeye çalışmıştır. Trend analizi sonucunda görece nehir akımlarında azalan yönde bir trend belirlemiştir. Kullanmış olduğu 6 akım gözlem istasyonundan 5'inde %95 güven aralığında değişim yılı tespit etmiştir. Homojenlik testleri, elde edilen

değişim yılları ve Mann-Kendall Mertebe Korelasyon yöntemi ile belirlenen trend başlangıç yıllarının uyumlu olduğu gözlemlenmiştir.

Aşıkoğlu (2012), Ege bölgesi DSİ (Devlet Su İşleri) istasyonlarında ölçülen yıllık toplam yağışların trend analizi için parametrik bir test olan t-testi ile parametrik olmayan Mann-Kendall, Mann-Kendall Mertebe Korelasyon testi, Spearman'ın Rho testi ve Sen'in Trend Eğim yöntemi kullanılmıştır.

Yılmaz (2010), günlük hava sıcaklıklarının zaman serileri ile modellenmesi ve tahminini yapmıştır. Bunun için Kireçburnu, Ankara ve Hubbard Brook istasyonlarını kullanmıştır. Sıcaklık tahminleri, Koşullu Olasılık, Doğrusal Regresyon ve Yapay Sinir Ağları yöntemleri ile yapılmıştır. Çalışmada, Doğrusal Regresyon Yöntemi ile dört farklı kestirim senaryosu analiz edilmiştir.

Kara (2009), sabit GPS istasyonlarının koordinat bileşen verilerine otoregresif (AR) ve otoregresif hareketli ortalama (ARMA) modelleri ile zaman serisi analizi yapmıştır. Çalışmada yapılan zaman serisi analizleri ile istasyonların depremden etkilendiği görülmüştür. Sabit GPS istasyonlarının koordinat bileşenlerinden yükseklik (Du) bileşeni incelediğinde mevsimsel etkilerin olduğu görülmüştür.

Cosun (2008), iklim değişikliğinin Kahramanmaraş ilinde ne boyutta olduğunu ortaya koymak için çalışma alanına ait iklim verilerine istatistik metodları, regresyon analizi, değişim katsayısı ve Mann-Kendall trend analizi uygulamıştır. Mann-Kendall trend analizine göre maksimum sıcaklıklarda en önemli artışlar Kahramanmaraş merkez ilçede, ortalama ve minimum sıcaklıklarda en önemli artışı Elbistan'da görmüştür. Regresyon modellerinde ise yağışlarda önemli bir değişim olmadığı görülmüştür.

Özfidaner (2007), Türkiye'de bulunan yağış gözlem istasyonlarına ait aylık ve yıllık toplam yağış verilerinin Mann-Kendall ve t- testi ile noktasal olarak gidiş içerip içermediğini belirlemiştir. Ayrıca Türkiye'nin 7 coğrafi bölgesi için Bölgesel Ortalama Mann-Kendall test istatistiği ile gidiş içerip içermediğine bakılmıştır. Elde edilen sonuçlar daha önceden bölgesel gidiş analizi yapılmış akım veri sonuçları ile karşılaştırmıştır. Yedi bölge için özellikle kış aylarında yağışların azalma eğiliminde olduğunu görülmüştür. Bölgesel ölçekte ise Güneydoğu Anadolu bölgesinde genel olarak azalma, diğer bölgelerde ise artma veya azalma eğilimleri birbirine yakın elde edilmiştir.

Büyükyıldız (2004), Sakarya Havzası'na ait aylık ortalama yağışlardaki değişimi belirlemek için trend analizi yapmıştır ve stokastik modeller kurmuştur. Verilere Sen'in T, Spearman'ın Rho, Mann-Kendall ve Mevsimsel Mann-Kendall trend testleri uygulanmıştır.

Elde edilen sonuçlara göre 12 istasyonda azalan yönde trend, 4 istasyonda artan yönde trende olduğu belirlenmiştir.

Dağlı (2004)'de Türkiye akarsularında taşkın, ortalama ve düşük akımlarda bölgesel trend varlığı incelenmiştir. Veriler parametrik yöntemlerden t testi, parametrik olmayan yöntemlerden Mann-Kendall testi ile analiz edilmiştir. Analiz sonucunda trend görülen istasyonlar birleştirilmiş ve bölgeler oluşturulmuştur. Çalışmada bölgeler, Ege ve Batı Akdeniz Bölgesi, Marmara ve Trakya Bölgesi, İç Anadolu ve Doğu Akdeniz Bölgesi olarak seçilmiştir. Bu bölgelerde minimum, maksimum ve ortalama akımlarda Mann-Kendall testi uygulayarak bölgesel trend analizi yapılmıştır ve trend bulunan yerlerde serilerin homojenliği de incelenmiştir. Maksimum akım için bulunan trend Bootstrap metodu ile kontrol edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre bölgelerin çoğunda maksimum, ortalama ve minimum akımlar için azalan yönde trend olduğu görülmüştür.

- Uluslararası literatürde yapılan çalışmalar;

Baldysz (2016), ZTD verilerinde lineer trend varlığı hakkında bilgi ve ardışık yeniden işlenmiş GPS kampanyaları arasındaki mevsimsel bileşenleri elde etmek amacıyla ZTD zaman serilerindeki salınım karakterini 57 EPN (European Permanent Network-Avrupa Sürekli Gözlem Ağı) istasyonu için Lomb-Scargle periodogramlarını oluşturmuştur. Mevsimsel bileşen ve lineer trendleri belirlemek için En Küçük Kareler tahminini kullanmıştır. Uzun dönem ZTD değişimlerinin varlığını doğrulamak için Mann-Kendall trend testi uygulamıştır. Son olarak bu iki veri seti arasındaki mevsimsel sinyal ve lineer trend farklılıkları araştırılmıştır. Tüm analizler ZTD zaman serilerinin iki parçası için yürütülmüştür. Bunlar kısaltılmış 16-yıllık seriler ve tam 18-yıllık serilerdir. Spektral analiz durumunda, yıllık ve altı aylık periyotların genişliği her iki yeniden işleme kampanyası için neredeyse tamamen aynı çıkmıştır. Trend tahminleri ise benzer çıkmıştır.

Klos (2016), beş ana iklim bölgesine ayrılmış 700'den fazla küresel dağıtım istasyonunda 1995-2015 arasındaki homojenleştirilmiş GPS zaman serilerinden artık ZTD zaman serilerini oluşturmuş ve ZTD zaman serilerindeki gürültü karakterlerini incelemiştir.

Tanır Kayıkcı (2016), IGS-Repro1 veri setindeki 15 IGS istasyonuna ait ZTD ve IWV zaman serilerinin analizini yapmıştır. Zaman serilerinde mevsimsel bileşen ve lineer trend doğrusal regresyon modelinden EKK ile elde edilmiştir. Elde edilen sonuca göre 10 istasyonda negatif trend, 5 istasyonda ise pozitif trend tespit edilmiştir.

Beşel ve Tanır Kayıkcı (2016), Doğu, Orta ve Batı Karadeniz Bölgesi'nden seçilen ikişer adet istasyona ait Ocak, Nisan, Haziran ve Ekim ayları 32 yıllık günlük maksimum

sıcaklık verilerini kullanarak zaman serilerini oluşturmuş ve bu zaman serileri üzerinden parametrik yöntemlerden basit doğrusal regresyon modeli, parametrik olmayan yöntemlerden Mann-Kendall ve Spearman'ın Rho yöntemlerini kullanarak trend analizi yapmış ve elde edilen sonuçları karşılaştırmıştır. Ayrıca aynı verileri kullanarak tanımlayıcı istatistikleri hesaplamış ve bunlarında basit doğrusal regresyon modeline göre trend analizini yapmıştır.

Baldysz (2015), EUREF sürekli ağı (EPN) istasyonlarındaki 16 yıllık ZTD zaman serilerindeki salınım karakterini belirlemek için 57 EPN istasyonlarında Lomb-Scargle periodogramlarını oluşturmuştur. Çalışmada, mevsimsel bileşen ve lineer trend en küçük kareler kestirimi (EKK) ve Mann-Kendall testi ile belirlenmiştir. Trend değeri üzerinde zaman serisinin boyutunun etkisini doğrulamak için 16 ve 18 yıllık veriler arasında karşılaştırma yapılmıştır.

Efe (2015), Türkiye geneli yağış ve sıcaklık verilerinde eğilimleri ve salınımları incelemiştir. Trend analizi için Mann-Kendall testini ve trendin başlangıç yılını tespit etmek için Mann-Kendall Mertebe Korelasyon testini kullanmıştır. Elde edilen sonuçları karşılaştırmış ve yorumlamalarda bulunmuştur.

Yadav (2015), 2010-2012 yılları arası aylık hava kirliliği verilerinden trend analizi yapmıştır. Trend analiz yöntemlerinden Sen's Slope metodunu diğer bir adıyla Sen Estimatör metodunu kullanmıştır. Trendi belirlemeden önce verilere smoothing yapmıştır.

Jhajharia (2013), Hindistan Godavari Nehri havzasındaki sıcaklık için trend analizi yapmıştır. Pre-whitening yöntemi ile serisel korelasyonun etkisi giderdikten sonra 35 istasyonun maksimum, minimum ve ortalama sıcaklık verileri için Mann-Kendall trend testini kullanmıştır. İstasyonların çoğunda trend görülmemiştir. Trendin homojenliğini test etmek için Van Belle ve Hughes testi kullanılmıştır. Elde edilen sonuca göre farklı istasyon ve aylarda Godavari havzasının homojen olmadığı ortaya çıkmıştır.

Gocic ve Trajkovic (2013), 1980-2010 yılları arası Sırbistan'da bulunan meteoroloji istasyonlarından alınan yedi meteorolojik değişkenin mevsimsel ve yıllık trendlerini Mann-Kendall ve Sen's Slope metodunu kullanarak incelemiştir. Yıllık ve mevsimlik maksimum ve minimum sıcaklık trendleri artan trend görülmüştür. Yaz ve kış yağış verilerinde trende rastlanmamıştır.

Nasher ve Uddin (2013), Bangladeş Chittagong ve Rajshahi'e ait maksimum ve minimum sıcaklıkların trendini Mann-Kendall ve Sen's Slope metodunu kullanarak incelemiştir ve sonuçları karşılaştırmıştır.

Olofintoye (2012), Bölgesel iklim değişikliğinin tatlı su kaynakları ve Güney Afrika'daki Vanderkloof baraj sisteminin işleyişine olan etkilerini incelemiştir. Bunun için uzun dönemli zaman serilerini matematiksel ve istatistiksel yöntemlerle analiz etmiştir. Sıcaklık, yağış ve rüzgara ait verileri kullanmıştır. Trend analizi için Mann-Kendall testi uygulamıştır. Lineer regresyon ve Theil-Sen metodunu kullanarak regresyon modelleri oluşturmuştur. Veriler arasında korelasyon olup olmadığını da araştırmıştır. Elde edilen test sonuçlarını karşılaştırmış ve yorumlamalarda bulunmuştur.

Bosy (2011), ASG-EUPOS istasyonunda ZTD ve IWV bileşenlerini incelemiştir.

Ahmed (2010), GIPSY-OASIS, Bernese, GAMIT ve magicGNSS gibi farklı GNSS yazılımlarından elde edilmiş Zenit Toplam Gecikme verilerini karşılaştırmış ve sonuçları istatistiksel olarak sunmuştur. Çalışmada, iklim modellerinden elde edilen sonuçlarla GNSS yazılımlarından elde edilen sonuçların birbiri ile uyumlu olup 3mm düzeyinde bir farklılık olduğu görülmüştür. Ayrıca GPS, GLONASS ve Galileo'dan gelen atmosferik gecikme tahmininde lokal hataların etkisini simülasyonlar yoluyla incelemiştir.

Longobardi ve Villani (2009), 1918-1999 yılları arası Güney İtalya yağış verilerinin trend analizini yapmıştır. Trend analizi için parametrik bir test olan t-testi ve parametrik olmayan Mann-Kendall testini kullanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre çoğu istasyonun yıllık zaman serilerinin histogramları benzer trend sonuçları göstermektedir. t-testi ve Mann-Kendall testine göre istasyonlarda %99, %95 ve %90 güven aralığında pozitif veya negatif önemli trendler görülmüştür.

Nilsson ve Elgered (2008), GPS verilerinden elde edilen atmosferik su buharı verilerinin uzun dönemli trendlerini incelemiştir. İsveç ve Finlandiya'da bulunan 33 GPS istasyonundan elde edilen su buharı verilerini kullanmıştır. Bu istasyonlarda ZTD'den IWV verilerini üretmiştir. IWV'nin lineer trend tahmini yapmıştır.

Jin (2007), 150 adet IGS istasyonundan (1994-2006) 2 saatlik çözümle türetilen ZTD zaman serilerinde trend ve mevsimsel değişimini analizleri yapmıştır. Tüm IGS istasyonlarında ZTD trendlerini yaklaşık  $1.5 \pm 0.001$  mm/yıl olarak elde etmiştir. Sürekli değişimlerin sistematik olarak kuzey yarımkürede arttığı, güney yarımkürede ise azaldığını görülmüştür. Ayrıca ZTD trendlerinin artan yükseklikle beraber simetrik olarak azaldığını görülmüştür. Mevsimsel ZTD döngülerinin ise temelde zenit ıslak gecikme (ZWD-zenith wet delay) varyasyonlarına bağlı olduğunu değerlendirilmiştir.

Partal ve Kahya (2005), Türkiye yağış verilerini kullanarak trend analizi yapmıştır. Trend analizinde parametrik olmayan yöntemlerden Mann-Kendall ve Sen'in T testini



kullanmıştır. Türkiye'nin çoğunlukla batı ve güneyinde yıllık ortalama yağışlarda azalma gözlemlenmiştir.

Kalaycı ve Kahya (1998), Susurluk Havzası nehirlerinin su kalitesi trendlerini belirlemiştir. Trendi belirlemek için Mann-Kendall, Spearman'ın Rho ve Mevsimsel Mann-Kendall testlerini kullanmıştır. Çalışmada, trendlerin birim zamandaki değişimini belirlemek için Vann Belle ve Hughes (1984) tarafından geliştirilmiş olan homojenlik testi uygulanmıştır. Elde edilen test sonuçlarına göre debi ve sediment konsantrasyonunda azalan, su sıcaklığı, elektriksel iletkenlik, sodyum, potasyum, kalsiyum, magnezyum, bikarbonat ve klorid konsantrasyonunda artan yönde bir trend belirlenmiştir. Karbonat, pH, sülfat, organik madde ve bor konsantrasyonlarında ise trend belirlenmemiştir.

### **1.5. Metodoloji**

Bu çalışma kapsamında Türkiye ve Avrupa'dan seçilmiş olan toplam 19 adet IGS istasyonunda kaydedilen ZTD parametresi verilerine uygulanacak olan işlem adımları,

- IGS-Repro1 ürünleri için tanımlı ftp adreslerinde bulunan verilerin MATLAB ortamında yazılan kodlarla çalışma klasörlerine indirilmesi,
- Her bir istasyona ait ZTD ürünleri için MATLAB ortamında yazılan kodlarla zaman serisi grafiklerinin oluşturulması,
- Trend analizinde kullanılacak parametrik ve parametrik olmayan yöntemlerin seçilmesi,
- Basit doğrusal regresyon analizi yöntemi algoritmasının oluşturulması, MATLAB ortamında yazılan program kodları ile regresyon katsayılarının elde edilmesi, kurulan regresyon modelinin uygunluğunun ve elde edilen regresyon katsayılarının anlamlılığının test edilmesi,
- Mann-Kendall testi algoritmasının oluşturulması ve MATLAB ortamında program kodlarının yazılması ve analiz sonuçlarının irdelenmesi,
- Mann-Kendall Mertebe Korelasyon testi algoritmasının oluşturulması ve MATLAB ortamında program kodlarının yazılması ve analiz sonuçlarının irdelenmesi,
- Spearman'ın Rho testi algoritmasının oluşturulması ve MATLAB ortamında program kodlarının yazılması ve analiz sonuçlarının irdelenmesi,

- Sen'in Trend Eğim Metodu algoritmasının oluşturulması ve MATLAB ortamında program kodlarının yazılması ve analiz sonuçlarının irdelenmesi,
- Run (Swed-Eisenhart) testi algoritmasını oluşturulması ve MATLAB ortamında program kodlarının yazılması ve analiz sonuçlarının irdelenmesi,
- Zaman serilerinde korelasyonu belirlemek için Pearson, Kendall katsayılarının hesaplanması algoritmasının oluşturulması ve MATLAB ortamında program kodlarının yazılması ve analiz sonuçlarının irdelenmesi,
- Mevsimsel etki analizi algoritmasının oluşturulması ve MATLAB ortamında program kodlarının yazılması ve analiz sonuçlarının irdelenmesi,
- Kullanılan yöntemler kendi içerisinde ve birbirleriyle karşılaştırılması ve yorumlamalar yapılması,

şeklindedir.

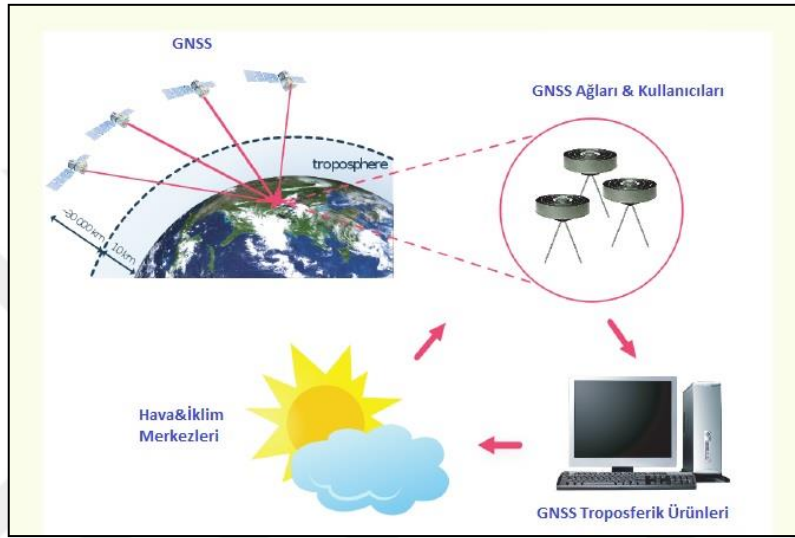
## 1.6. Küresel Navigasyon Uydu Sistemleri

GNSS konum belirleme, navigasyon ve diğer uygulamalar için oluşturulmuştur. Uzay bölümü, kullanıcı bölümü ve kontrol bölümü olmak üzere üç bölümden oluşmaktadır. Uzay bölümü yörünge düzleminde dolanan uydulardan oluşmaktadır. Kullanıcı bölümü birçok farklı türde GNSS alıcısından oluşur. Kontrol bölümü ise uyduları izleme ve çeşitli sebeplerle oluşan bozulmaları düzeltmeden sorumludur (Hofmann-Wellenhof ve Lichtenegger, 2008). GPS, GLONASS ve Galileo sinyallerinin toplamı GNSS sinyalini oluşturur. Her bir uydu sistemi belli bir sinyal karakterine sahiptir. Fakat her uydu sistemi sinyaller arasındaki parazitleri ve zayıflamayı önlemek için diğerleri ile uyumlu olmaya çalışır (URL-16, 2017).

GNSS; jeofizik, yol yapımı, hava tahmini, navigasyon, iklim çalışmaları, deprem çalışmaları ve erken uyarı sistemleri gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Uzun dönemli kayıtlar iklimsel çalışmalara katkıda bulunduğundan hava tahminleri ve tehlike değerlendirme sistemleri için gerçek zamanlı gözlemlerden yararlanır. Günümüzde GNSS sistemi bu konuda geniş ölçüde kullanılmaktadır. Aynı zamanda GNSS gözlemleri ile hava şartlarının etkisini temsil eden ZTD parametresi de elde edilebilir (Bianchi vd., 2016).

Diğer atmosferik gazların aksine atmosferdeki su dağılımı zaman içerisinde güçlü şekilde değişir ve bu değişimin izlenmesi gerekmektedir. Su buharı son derece karışık ve

büyük ölçüde değişken dağılıma sahiptir. Bu nedenle uzun dönemli iklim çalışmalarının yanı sıra hava tahmini ve doğal afetlerin değerlendirilmesinde de yüksek doğrulukta, hızlı, sürekli ve küresel su buharı ölçümleri gerekmektedir. Atmosferik görüntüleme yöntemi olarak da değerlendirilebilen GNSS Meteorolojisi ile atmosferik su buharının uzaktan algılanması jeodezik amaçlı yapılan çalışmalarla büyük oranda geliştirilmiştir (Bevis, 1992; Guerova vd., 2015; Bianchi vd., 2016) (Şekil 1).



Şekil 1. GNSS meteorolojisi (Guerova, 2013)

GNSS Meteorolojisi, atmosfer kimyası, küresel iklim değişikliği ve fırtına oluşumu ve mekanizmaları gibi konuları içermektedir. Aynı zamanda GNSS yardımıyla elde edilen su buharı verilerinin; modelleme, uydu verileri ile diğer meteorolojik verilerin birleştirilmesi, klimatoloji ve hidroloji çalışmalarında kullanımını konu edinmektedir. GNSS verilerinin işlenmesindeki ilerlemeler iklimsel trend analizlerinde GNSS verilerinin de kullanılmasını mümkün kılmaktadır.

### 1.7. Uluslararası GNSS Servisi

Uluslararası GNSS Servisi (IGS-International GNSS Service) jeodezik ve jeofizik amaçlı yapılan çalışmalara destek vermek için GPS yörüngeleri, izleme verileri ve diğer ürünleri sağlamak amacıyla 1993 yılında Uluslararası Jeodezi Birliği (IAG-International Association of Geodesy) tarafından oluşturulmuş ve 1994 yılında işletilmeye başlanmıştır

(URL-7, 2017). Küresel bir sistem olan IGS, yüksek kalitede GNSS verilerini gözlem gününde internet vasıtasıyla elde etmek için uydu izleme istasyonlarını, veri merkezlerini, analiz merkezlerini içerecek şekilde geliştirilmiştir. IGS ile elde edilen ürünler,

- GNSS uydu efemerisleri,
- Dünya dönme parametreleri,
- Küresel izleme istasyonu koordinatları ve hızları,
- Uydu ve izleme istasyonları saat bilgileri,
- Zenit troposferik yol gecikmesi tahminleri,
- Küresel iyonosfer haritalarıdır.

IGS'in sağladığı bu ürünler sayesinde,

- Troposfer ve iyonosfer izlenebilir,
- Dünya'nın deformasyonu ve dönmesi izlenebilir,
- Diğer uyduların yörüngeleri belirlenebilir (URL-7, 2017).

Uluslararası GNSS servisi,

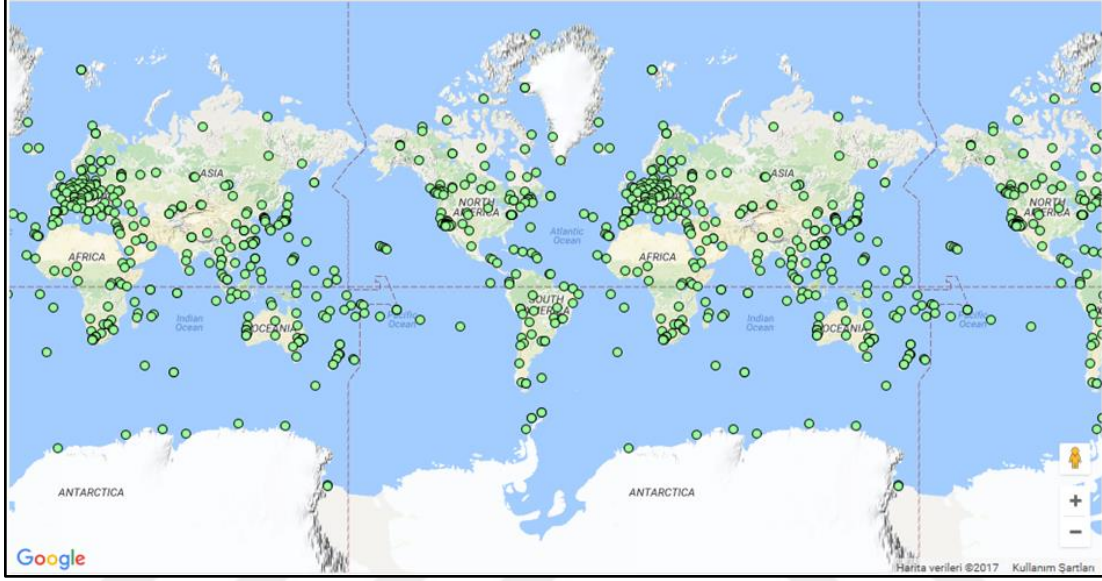
- İzleme istasyonları,
- İşletim merkezleri,
- İşletimsel ve bölgesel veri merkezi,
- Küresel ve bölgesel analiz merkezleri,
- Merkezi bilgi sistemi bürosu

bileşenlerinden oluşur (Şekil 2).



Şekil 2. IGS organizasyon şeması (URL-15, 2017)

IGS ürünlerinin doğruluğu; Uluslararası Yersel Referans Ağı (ITRF-International Terrestrial Reference Frame)'nın geliştirilmesi, yer deformasyonlarının izlenmesi, yer dönmesinin izlenmesi, deniz seviyesi ve buz tabakalarındaki değişikliklerin izlenmesi, uydu yörüngelerinin belirlenmesi, iyonosfer ve troposferin izlenmesi gibi konularda önemlidir.



Şekil 3. IGS istasyonları (URL-8, 2017)

Ülkemizde 3 adet IGS istasyonu bulunmaktadır. Bu istasyonlar; Ankara'da Harita Genel Komutanlığı idaresinde ANKR, İstanbul'da İstanbul Teknik Üniversitesi idaresinde ISTA, Gebze'de TÜBİTAK idaresinde TUBİ'dir. Trabzon'da Karadeniz Teknik Üniversitesi'ndeki TRAB IGS istasyonu da 1999-2009 yılları arasında aktif olarak IGS ve EUREF için veri sağlamıştır (Zengin Kazancı ve Tanır Kayıkçı, 2017).

IGS'in çeşitli çalışma grupları vardır. Bunlar içerisinde aktif olanlar ve aktif pilot proje halinde olanlar bulunmaktadır.

- Multi-GNSS
- İyonosfer
- Troposfer
- Gerçek-Zaman
- Gelgit ölçęđi
- Anten

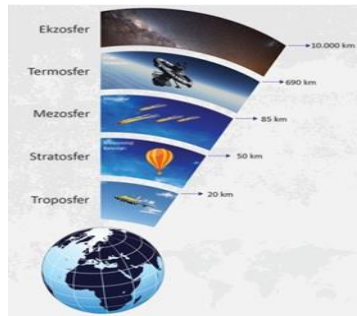
- Veri merkezi
- Saat ürünleri
- Uzay aracı yörünge dinamiği

grupları aktif çalışma gruplarından birkaçıdır.

IGS, troposferle ilgili iki program yürütür. Bunlardan biri IGS Final Troposfer Tahminleri (IGS Final Troposphere Estimates-IGS FTE) diğeri ise Troposfer Çalışma Grubu (IGS Troposphere Working Group-IGS TWG)'dur. Her ikisi de 2011 yılından beri ABD Deniz Kuvvetleri Gözlemevi (US Naval Observatory) tarafından yürütülmektedir. IGS troposfer çalışma grubu 1998 yılında kurulmuştur ve Dünya'da 50'den fazla üyeye sahiptir. IGS troposferik çalışma grubunun amacı, GNSS türevli troposfer tahmininin doğruluğunu ve kullanılabilirliğini geliştirmektir. Çalışma grubu üyeleri IGS istasyonlarının neredeyse tamamının troposfer tahminini üretirler. IGS final troposfer tahminleri IGS kesin yörünge, saat ve Dünya rotasyon parametreleri hesaplandıktan yaklaşık 1-7 gün sonra üretilir. Zenit troposferik gecikme ve kuzey/doğu eğilimleri her 300 saniyede tahmin edilmektedir (Hackman vd., 2015; URL-17, 2017).

### 1.8. Atmosferin GNSS Gözlemlerine Etkisi

Atmosfer, Dünya'nın kütle çekimi ile gezegenin çevresini saran gaz tabakasıdır (URL-9, 2017). Atmosfer her birinin görevi farklı olan troposfer, stratosfer, mezosfer, termosfer ve iyonosfer ana katmanlarından oluşur (Şekil 4).

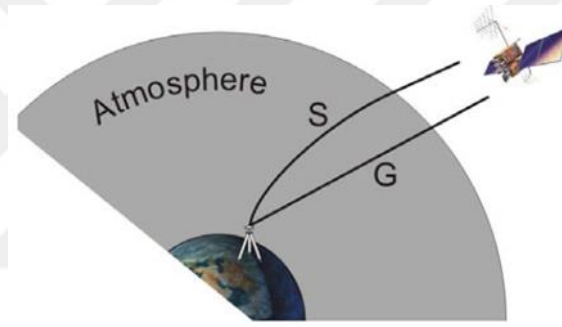


Şekil 4. Atmosferin tabakaları

GNSS sinyali atmosferde bir takım değişikliklere uğramaktadır. Atmosferin farklı tabakaları sinyali çeşitli yollarla değiştirmektedir. Atmosferin tabakaları farklı kırılma

indekslerine sahiptir ve kırılma indeksi yayılım hızını değiştirmektedir. GNSS sinyali bir katman boyunca ilerlediğinde o tabakanın kırılma özelliğinden dolayı yayılım gecikmesine maruz kalmaktadır. Atmosferik kırınım sıcaklık, nem ve basınca karşı duyarlı olduğundan GNSS sinyali atmosferde gecikmeye uğramaktadır. GNSS uydusu ile GNSS yer istasyonu arasındaki sinyal iletimi boyunca oluşan toplam gecikme, yüzey basıncına ve atmosferik nem hacmine bağlıdır (Seeber, 1993).

Elektromagnetik sinyaller için atmosfer, yeryüzündeki veya yakınındaki bir istasyon noktası ile bir uydu arasındaki uzaklığın geometrik uzaklıktan sapmasına sebep olur (Mekik, 1999) (Şekil 5). Meydana gelen sapma; sinyal yolu eğriliği ve yayılım gecikmesi şeklindedir. Gerçekleşen sapma içerisinden yayılım gecikmesi daha önemlidir. Bu gecikme troposferik ve iyonosferik olarak ikiye ayrılır.



Şekil 5. Atmosferin elektromanyetik sinyal üzerindeki etkisi (Katsougiannopoulos vd, 2006)

### 1.8.1. Troposferik Etki

Troposfer, atmosferde en alt ve Dünya'ya en yakın tabakadır. Dünya'da nerede olduğumuza bağlı olarak kalınlığı 8-14 km kalınlığındadır (URL-10, 2017). Meteorolojik olaylar genellikle troposferin 3-4 km'lik alt bölgelerinde meydana gelmektedir. Atmosferin yaklaşık %75-80'ini oluşturur. Bu tabaka aynı zamanda en yoğun tabakadır ve kuru hava ve su buharından oluşmaktadır. Troposfer tabakasında yatay ve düşey yönlü hava hareketleri olmaktadır. Havadaki su buharının neredeyse tamamı bu tabakada bulunur ve hava olayları bu tabakada gerçekleşir (Nişancı, 2006). Uzun dönemde iklimleri belirler ve mevsimleri ayarlar (URL-12, 2017). Atmosferin diğer tabakalarına göre en yoğun katmanı olduğundan dolayı nokta konumunun belirlenmesinde önemli bir yeri vardır.

Troposfer tabakası 15Ghz'e kadar olan frekanslarda nötr atmosfer olarak adlandırılmaktadır ve saçıcı olmayan bir ortamdır. Bundan dolayı frekansa bağlı değildir. Dolayısıyla troposferin faz ve kod ölçülerine olan etkisi aynı büyüklüğe sahiptir. İyonosfer tabakasında meydana gelen gecikmeyi modellemek için kullanılan L1 ve L2 frekanslarının kombinasyonu ile troposferik etki giderilememektedir. Bu nedenle troposfer tabakasından kaynaklanan hataları gidermek için modelleme yoluna gidilmektedir (Hofmann-Wellenhof ve Lichtenegger, 2008).

GNSS sinyalleri iyonosferden geçtikten sonra sırayla mezosfer, stratosfer ve troposfer tabakalarından geçer. Atmosferdeki gazların bileşenleri elektromanyetik sinyalin yayılımını etkilemektedir. Bunun sonucunda sinyalde gecikme olmaktadır. Gecikmenin büyük bir kısmı troposfer tabakasında meydana gelmektedir (Collins ve Langley, 1999).

Atmosferin nötr kısmından geçen sinyalin uğradığı bu gecikmeye “troposferik gecikme” denir (Hopfield, 1971). Troposferik gecikmeye sebep olan temel nedenler; sıcaklık, basınç ve nemdir. Sinyal yolunun altındaki arazi tipi de gecikmeyi etkileyebileceğinden dolayı gecikme kullanıcı konumunun yüksekliğine göre de değişebilmektedir (Saleem ve Usman, 2014). Alçak uydu sinyalleri ise troposferik yolun uzunluğunu artırdığı için çok daha büyük gecikmeye sahiptir.

Herhangi bir uydu sinyali için troposferik gecikme 2-25 m arasındadır. Troposferik modellerle genellikle bu gecikmenin yaklaşık %90'ı düzeltilebilir (MacGougan vd., 2001). Matematiksel olarak troposferik gecikme  $\Delta L_{trop}$ ,

$$\Delta L_{trop} = \int_s (n - 1) ds + \Delta L_g \quad (1)$$

şeklinde ifade edilebilir. Burada,  $n$ ; atmosferik gazların kırılma indeksi,  $\Delta L_g$ ; elektromanyetik dalganın eğilmesinden dolayı ortaya çıkan farktır. Bu fark ( $\Delta L_g = (S - G)$ ) geometrik hata olarak isimlendirilir. Eşitlikteki  $\Delta L_g$  terimi çok küçük olduğundan ihmal edilebilir. Ayrıca  $n$  kırılma indisi yerine  $N = 10^{-6}(n - 1)$  kırıcılık indisi kullanıldığında troposferik gecikme,

$$\Delta L_{trop} = 10^{-6} \int_s N(s) ds \quad (2)$$

şeklinde ifade edilebilir.



$N(s)$ ; sıcaklık, basınç ve su buharının bir fonksiyonu olarak,

$$N(s) = k_1 \frac{P_d}{T} + k_2 \frac{e}{T} + k_3 \frac{e}{T^2} \quad (3)$$

şeklindedir. (3) eşitliğinde  $P_d$ ; kuru havanın kısmi basıncı,  $e$ ; su buharının kısmi basıncı,  $T$  ise atmosfer sıcaklığı,  $k$ ; atmosferik katsayılarıdır (Janes vd, 1991).

$$k_1 = (77.604 \pm 0.014)K/mbar)$$

$$k_2 = (64.79 \pm 0.08)K/mbar)$$

$$k_3 = (3.776 \pm 0.004) * 10^5 K^2/mbar)$$

Atmosferdeki kuru bileşen ve ıslak bileşene göre ise,

$$\Delta L = m_d(\epsilon)\Delta L_d + m_w(\epsilon)\Delta L_w \quad (4)$$

şeklindedir. (4) eşitliğinde  $\Delta L_d$ ; zenit kuru gecikme,  $\Delta L_w$ ; zenit ıslak gecikme,  $m(\epsilon)$ ; haritalama fonksiyonunu ifade etmektedir. Basit haliyle haritalama fonksiyonuna,

$$m(\epsilon) = 1/\sin\epsilon \quad (5)$$

örnek verilebilir.

Troposferde meydana gelen gecikme kuru ve ıslak bileşen (su buharı) olarak ikiye ayrılır. ıslak ve kuru gecikme süreleri, yükseklik açısı azaldığında 10 katına kadar çıkabilir. Sinyalin yükseklik açısı 15 derecenin altında olduğunda troposferik gecikme çok fazla olmaktadır ve bu durumda gecikmenin modellenmesi de zorlaşmaktadır (Tablo 1).

Tablo 1. Troposferik gecikme (Saleem ve Usman, 2014)

Sıra No	Yükseklik Açısı (derece)	Kuru Bileşen (metre)	Islak Bileşen (metre)	Toplam Gecikme (metre)
A	90	2.3	0.2	2.5
B	20	6.7	0.6	7.3
C	15	8.8	0.8	9.6
D	10	12.9	1.1	14.0
E	5	23.6	2.2	25.8

Kuru bileşen zenitte 2.3 m gecikmeye karşılık gelir ve birkaç saat içerisinde %1'den az değişir. Islak bileşen ise birkaç saat içerisinde %10-20 arasında değişir (MacGougan vd, 2001). Kuru gecikmeye temelde atmosferde bulunan oksijen ve azot gazları sebep olur. Kuru bileşen troposferik gecikme modelleri ile yüksek doğrulukta belirlenebilmektedir (Yılmaz, 2013). Islak gecikme atmosferde bulunan su buharına bağlıdır. Su buharı sera gazı etkisine sebep olan temel gazlardan biridir. Son derece karışık ve değişken dağılıma sahiptir. Troposferdeki sıvı su ve su buharının düzensiz dağılımından dolayı troposferdeki gecikmenin %10'unu oluşturan ıslak bileşenin belirlenmesi zordur. Islak bileşenden kaynaklanan gecikme zenit yönünde 0-40 cm arasında değişir (Rocken vd., 1994). Islak bileşeni belirlemek için çeşitli yöntemler vardır. Bu yöntemlerden Yüzey Modelleri (Saastamoinen, Hopfield), Radyosonde Profilleri, Su Buharı Radyometresi ve Standart Atmosfer Modelleri en fazla kullanılır. Islak bileşen ve buna bağlı olan Yoğuşabilir Su Buharı (PWV-Precipitable Water Vapor) uzun süreli GNSS ölçüleri ile yüksek doğrulukta hesaplanabilmektedir.

Kuru bileşen yüzeye ait sıcaklık ve basınç değerleri ile yüksek doğrulukta modellenebilmektedir. Buna karşılık ıslak bileşen değişken yapısı sebebiyle meteorolojik gözlemlerle belirlenmemektedir (Bevis vd, 1992).

### **1.8.1.1. Zenit Troposferik Gecikme**

Atmosferik su buharı, sera gazı etkisine sebep olan temel gazlardan biridir. Aynı zamanda iklim değişikliğini etkileyen en önemli nedenlerden biridir ve Dünya'nın yüzey sıcaklığını %60-70 oranında artırır (COST, 2012). Atmosfer ve hidrolojik döngünün işleyişini şekillendirmede önemli bir rol oynamaktadır. Tüm bu faktörler bilim adamlarını atmosfer içeriğindeki değişiklikleri izlemeye teşvik etmektedir (Baldysz vd., 2015). Diğer atmosferik gazların aksine su buharı zaman, konum ve yüksekliğe bağlı olarak güçlü bir şekilde değişmektedir (Lindenbergh vd., 2017). Son derece karışık ve değişken dağılıma sahiptir. Bu nedenle uzun dönem iklim çalışmalarının yanı sıra hava tahmini ve doğal afetlerin değerlendirilmesi için doğru, hızlı, küresel ve sürekli su buharı ölçümleri gereklidir. Bu yüzden, GNSS küresel iklim değişikliğinde önemli bir yeri olan atmosferik su buharının belirlenmesi için uygundur (Rocken vd., 1994).

GNSS sinyali atmosfer boyunca ilerlerken sinyalin yayılımı atmosferik gazlar tarafından etkilenmektedir. Özellikle bir gün içerisinde %20-%30'a kadar yüksek zamansal

değişime sahip olan su buharının bu konuda önemli bir etkisi vardır (Guerova, 2015). GNSS istasyonları sayesinde her türlü hava koşulunda yüksek duyarlılıkta gözlem verileri elde edilmektedir.

Troposferdeki entegre su buharının (IWV-Integrated Water Vapor) belirlenmesinde birçok yöntem vardır. Bunlara radyosonde, güneş fotometreleri veya uydu araçları (AIRS, GOME, GOME-2) örnek verilebilir. Bununla birlikte klimatolojik verilere olan ihtiyacın artması ile jeodezik tekniklerde su buharının belirlenmesinde kullanılmaktadır (Baldysz vd., 2016). Küçük miktarda su buharı bile GNSS sinyalinin yayılım hızını büyük ölçüde etkilemektedir.

GNSS sinyalinde meydana gelen gecikme genellikle zenit yönüne dönüştürülür ve bu nedenle “Zenit Troposferik Gecikme (ZTD-Zenith Tropospheric Delay)” olarak adlandırılır (Baldysz vd., 2016). GNSS verilerinden üretilen ZTD ile atmosferdeki su buharı tahmin edilebilmektedir. ZTD, troposferin durumunu yansıttığından dolayı seçilen meteorolojik verilerle (sıcaklık, basınç) su buharı belirlenebilmektedir.

$$ZTD = \int_H^{+\infty} [n(z) - 1] dz = 10^{-6} \int_H^{+\infty} N(z) dz \quad (6)$$

şeklinde tanımlanır. (6) eşitliğinde  $n(z)$ ; atmosferik kırılma indeksi,  $N(z)$ ; atmosferik kırıcılığı ifade etmektedir (Bevis vd., 1992).

Zenit troposferik gecikme; Zenit Hidrostatik Gecikme (ZHD-Zenith Hydrostatic Delay) olan kuru bileşen ve Zenit Islak Gecikme (ZWD-Zenith Wet Delay) olan ıslak bileşenden oluşmaktadır. Islak gecikmeye atmosferik su buharı, kuru gecikmeye ise diğer tüm atmosferik bileşenler sebep olur (Rocken vd., 1994). ZWD değişken bir yapıya sahip olduğundan yüzey ölçümleri ile doğru bir şekilde tahmin edilememektedir. ZWD; ZTD'nin %10'unu oluşturur ve su buharının düzensiz dağılımından dolayı modellenmesi zordur. ZWD,

$$D_w^Z = 10^{-6} \int_{h_0}^{\infty} N_w(h) dh \quad (7)$$

şeklinde ifade edilir. (7) eşitliğinde,

$$N_w = k_2' \frac{e}{T} + k_3 \frac{e}{T^2} \quad (8)$$

şeklindedir. Su buharının ortalama sıcaklığı ise,

$$T_m = \frac{\int_{h_0}^{\infty} e/T dh}{\int_{h_0}^{\infty} e/T^2 dh} \quad (9)$$

şeklinde tanımlanır. (8) ve (9) eşitliği yerine yazıldığında,

$$D_w^z = 10^{-6} (k'_2 + k_3/T_m) \int_{h_0}^{\infty} \frac{e}{T} dh \quad (10)$$

elde edilir (Kleijer, 2004). (10) eşitliğinde  $e$ ; su buharı basıncı,  $T$ ; sıcaklığı ifade etmektedir. ZWD, ortalama atmosfer sıcaklığı kullanarak IWV'ye dönüştürülebilmektedir. Bu dönüşüm iklim çalışmalarında önemli bir yer tutmaktadır.

ZTD'nin %90'ını oluşturan ZHD zaman içerisinde az değiştiği için modellenmesi kolaydır. ZHD,

$$D_h^z = [0.0022768 \pm 0.0000024 \text{ m/mbar}] \frac{P_0}{f(\phi, h)} \quad (11)$$

şeklinde ifade edilir (Kleijer, 2004). (11) eşitliğinde  $D_h^z$ ; zenit hidrostatik gecikme,  $P_0$ ; hava basıncının yüzey değeri(mbar),  $\phi$ ; jeodezik enlem(rad),  $h$ ; yükseklik(m) ifade etmektedir.

GNSS sisteminde, gecikmenin boyutu sinyalin atmosferi geçtiği toplam yola bağlıdır. Bu yüzden uydunun zenit mesafesine de bağlıdır. Gecikmenin zenit yönünden uydu yönüne ilişkilendirmek için haritalama fonksiyonları kullanılır. Bu fonksiyonlarla öncül ZTD değeri elde edilir ve atmosferin kuru ve ıslak bileşenlerini haritalamada farklı yöntemlerde göz önünde bulundurularak Eğik Toplam Gecikme (STD-Slant Total Delay)'ye dönüştürülür (Baldysz vd., 2015).

$$STD = \int N_0 ds = \int N_h ds + \int N_w ds = SHD + SWD \quad (12)$$

şeklindedir (Kleijer, 2004). (12) eşitliğinde SHD; eğik kuru gecikme, SWD; eğik ıslak gecikmedir.

ZTD'nin büyüklüğü troposfer durumundaki değişikliklere bağlı olduğundan, bu parametre zaman içerisinde değişebilen sıcaklık (Guerova, 2013) ve zamanla değişen su buharı içeriği ile korelasyon gösterir (Yong vd., 2008).

ZTD atmosferin önemli bir parametresidir ve direkt veya direkt olmayarak hava şartlarını ve iklimi etkilemektedir.

### 1.8.2. İyonosferik Etki

Atmosferin elektromanyetik dalgaları yansıtacak miktarda iyonların ve serbest elektronların bulunduğu kısmı iyonosfer tabakasıdır (URL-13, 2017). İyonosfer yüklü parçacıklar içerdiğinden dolayı elektromanyetik saçılmalar üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Bu sebeple GNSS ölçümlerinde de önemli bir hata kaynağıdır (Ahmed, 2010).

İyonosfer boyunca sinyal ilerlerken kod ölçüleri gecikir, faz ölçüleri ise hızlanır. Bunun sonucunda kod uzunlukları ve taşıyıcı faz uzunlukları değişmektedir. Uzunluktaki bu değişime iyonosferik kırılma neden olmaktadır. Elektromanyetik sinyalin yayılmasında iyonosferin etkisi Toplam Elektron İçeriği (TEC-Total Electron Content) ile açıklanmaktadır (Mekik, 1999; Hofmann-Wellenhof ve Lichtenegger, 2008).

İyonosferik etki uzunluk biriminde,

$$\Delta\rho_R^s(L_i) = \frac{A_1 \text{TEC}}{f^2(L_i)} \quad (13)$$

ifade edilir. (13) eşitliğinde  $\Delta\rho_R^s$ ; R alıcısı ile s uydusu arasındaki fazla uzunluk,  $L_i$ ; L1 ve L2 frekanslarıdır.

Zaman biriminde ise,

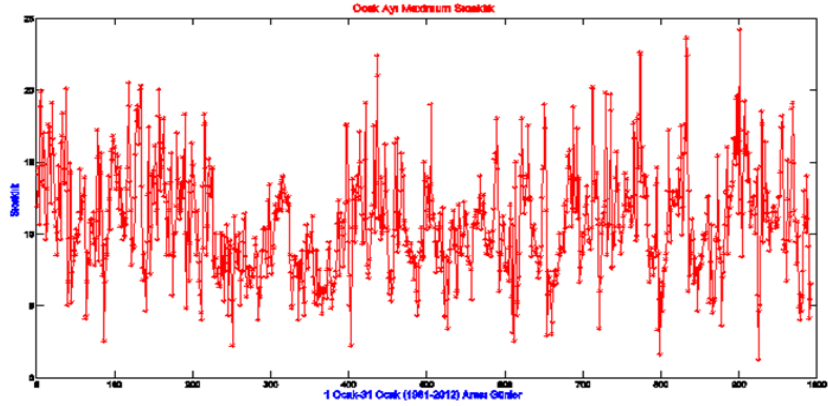
$$\Delta t(L_i) = \frac{\Delta\rho_R^s(L_i)}{c} \quad (14)$$

şeklindedir. (14) eşitliğinde c ışık hızını ifade etmektedir.

Kısa bazlarda (< 20 – 30 km) tekli, ikili ve üçlü faz farkları ile iyonosferik etki önemli ölçüde giderilmektedir. Uzun bazlarda ise çift frekanslı alıcıların kullanılması gerekmektedir (Kahveci, 2009).

## 1.9. Zaman Serisi

Gözlemlerin gün, ay, yıl vb. birbirini takip eden belli bir dönemlerde yapılması ile ortaya çıkan serilere “zaman serisi” denir. Zamana bağlı bir değişken ile ilgili veriler zamana göre sıralanmış olarak zaman serisi grafikleri ile gösterilir (Şekil 6).

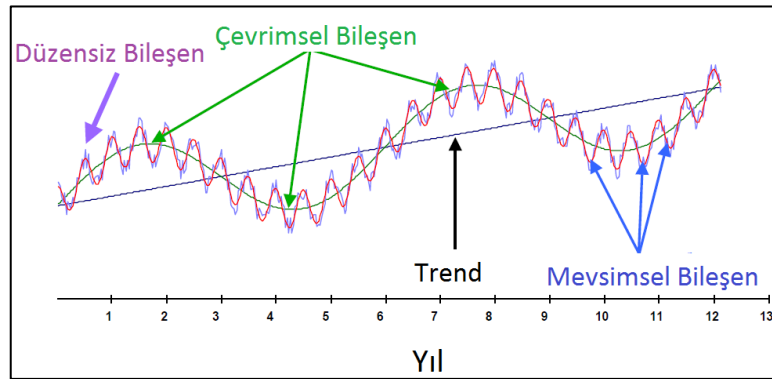


Şekil 6. Zaman serisi grafiği

Zaman serilerinin seyrine göre ya da bu serilerde elde edilen çıkarımlarla geleceğe yönelik tahminlerde de bulunulabilir. Zaman serileri,

- Trend
- Mevsimsel bileşen
- Çevrimsel bileşen
- Düzensiz Bileşen

olarak dört temel bileşenden oluşur (Mann, 1995) (Şekil 7).



Şekil 7. Zaman serisi bileşenleri

Trend Bileşeni: Zaman serisinin uzun zaman aralığında artma veya azalma şeklinde gösterdiği değişimdir.

Mevsimsel Bileşen: Zaman serisinde kısa dönemde veya mevsimlere göre meydana gelen değişimdir.

Çevrimsel Bileşen: Mevsimsel değişimle alakası olmayan daha uzun zaman aralığındaki dönemsel değişimdir.

Düzensiz Bileşen: Oluş nedeni belli olmayan değişimdir.

Verilerde zamanla görülebilecek değişimleri belirlemek ve bu değişimleri matematiksel bir modelle ifade edebilmek için zaman serisi analizi kapsamında trend bileşeni, periyodik ve stokastik bileşenler izlenir. Toplam ve çarpım şeklinde gösterilebilen trend ( $T_t$ ), periyodik ( $P_t$ ) ve stokastik ( $S_t$ ) zaman serisi bileşenleri,

$$X_t = T_t * P_t * S_t \text{ Çarpımsal Model} \quad (15)$$

veya

$$X_t = T_t + P_t + S_t \text{ Toplamsal Model} \quad (16)$$

şeklinde ifade edilir (Akgül, 2003).

Zaman serileri elde edilme şekillerine göre,

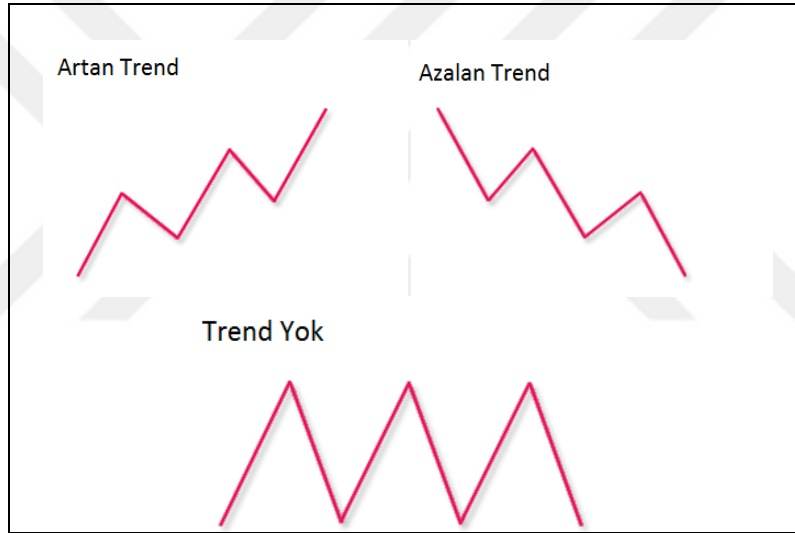
- Sürekli Zaman Serileri
- Kesikli Zaman Serileri

olarak sınıflandırılmaktadır. Zaman serilerinde, gözlem değerleri zaman içerisinde sürekli ise “sürekli zaman serileri”, sadece belirli zamanlarda alınıyorsa “kesikli zaman serileri” olarak adlandırılır. Sürekli zaman serileri genellikle zaman içerisinde eşit olmayan aralıklarda alınan gözlem verilerinden oluşmaktadır. Kesikli zaman serilerinde ise durum tam tersidir. Kesikli zaman serileri günlük, haftalık, aylık ve yıllık şeklinde olabilmektedir (Chatfield, 1975).

Zaman serisinin ortalamasında ve varyansında sistematik bir değişim olmaması halinde seri “durağan” zaman serisidir. Aynı zamanda zaman serisinde bir trend bulunmaması durumunda da serinin durağan olduğu ifade edilir. Eğer seride belirli dönemlerde büyük dalgalanmalar mevcut ise bu tür serilere de “durağan olmayan” seriler denir (Hamilton, 1994; Box ve Jenkins, 1994).

### 1.10. Zaman Serilerinde Trend Analizi

Zamana bağılı bir değişken hakkında elde edilen gözlem değerlerinin, uzun zaman aralığında artma veya azalma yönünde gösterdiği eğilime “trend” denir (URL-1,2013). Gözlemlerin toplanış sırası ile aldığı değerler arasındaki korelasyonun önemini belirlemek için trend analizleri yapılır. Trend analizi matematiksel bir tekniktir ve bu analiz ile geçmişe ait sonuçları kullanarak geleceğe yönelik sonuçlar için tahmin yapılır (Yadav vd, 2015). Artma veya azalma yönündeki değişimler, bazen artabilir bazen de yavaşlayabilir. Sonuç olarak trend aynı kalmaz. Zaman içerisinde artış veya azalış göstermeyen, aynı düzeyde kararlılık gösteren serilerin ise trendi yoktur (Şekil 8).



Şekil 8. Trend yönleri

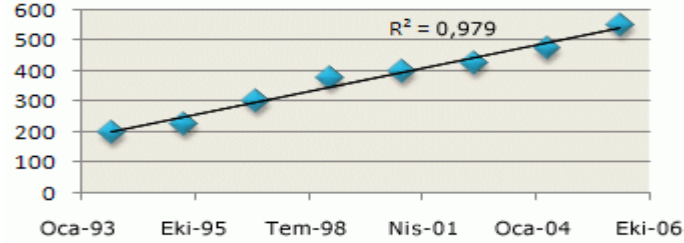
Trend doğrusal ya da eğrisel şekilde olabilir (URL-1, 2013).

$$y = a_0 + a_1x \quad (17)$$

şeklinde bir denkleme sahip olan trende “doğrusal trend” adı verilir (Şekil 9). Hareket düz bir doğru şeklinde olmaktadır. Doğrusal (lineer) denklemde x bağımsız değişkeni zamanı, y ise bağımlı değişkeni ise zaman içerisindeki değişimleri ifade eder.  $a_0$  kesişim sabiti,  $a_1$  sabiti ise değişimin yönünü ve miktarını vermektedir.  $a_1$ 'nin pozitif olması artan bir değişim, negatif olması azalan bir değişim olduğu anlamına gelir.  $a_1$ 'nin sıfırdan çok farklı



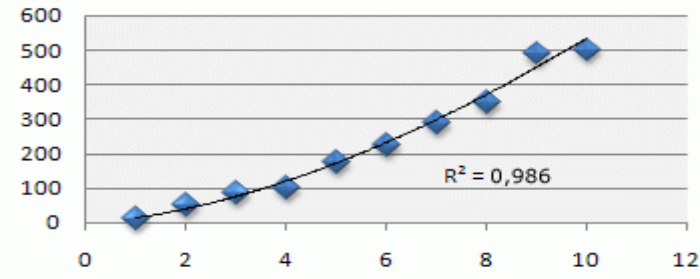
olmaması ise bir değişimin olmadığını ifade eder.  $a_0$  ve  $a_1$  sabitleri bulunduktan sonra denklemde yerine yazılır. Böylece doğrusal trend denklemi elde edilir ve bu denklem yardımıyla tahminler yapılır.



Şekil 9. Doğrusal trend

$$y = a_0 + a_1x + a_2x^2 \quad (18)$$

şeklinde bir denkleme sahip olan trende “eğrisel trend” adı verilir (Şekil 10). Eğrisel trend düz bir doğru şeklinde olmayıp matematiksel eğriler şeklindedir (URL1, 2013).



Şekil 10. Eğrisel trend

Trend analizleri için kullanılan çok sayıda test, parametrik testler ve parametrik olmayan testler şeklinde ikiye ayrılır. Parametrik testlerde bağımsız ve normal dağılıma sahip olan veriler, parametrik olmayan testlerde ise sadece bağımsız veriler kullanılır.

Parametrik testler

- t testi
- Basit doğrusal regresyon modeli

ve parametrik olmayan testler

- Mann-Kendall testi

- Mann-Kendall Mertebe Korelasyon testi
- Spearman'ın Rho testi
- Sen'in Trend Eğim metodu
- Sen'in T testi

şeklinde sıralanabilir.

Trend analizi ile verilerin zaman içerisinde gösterdiği eğilim hakkında bilgi elde edilir. Yıllar, mevsimler veya aylar arasında meydana gelen sıcaklık değişimleri hakkında karşılaştırmalar yapılabilir ve geleceğe yönelik yorumlamalarda bulunulabilir. İklimsel olayların uzun dönemlerde gözlenmesi için trend analizi çokça kullanılır.

### **1.10.1. Trend Analizinde Parametrik Yöntemler**

Parametrik testler süreklilik gösteren verilere uygulanmaktadır. Normal dağılım varsayımına dayanan bu testlerde varılan sonucun geçerli olup olmadığı parametrelerin geçerliliği ile yorumlanır.

#### **1.10.1.1. Regresyon Analizi**

Regresyon, bağımlı değişken(ler)in bağımsız değişkenin fonksiyonu olması şeklinde ifade edilir. Regresyon analizi ile değişkenler arasındaki ilişkinin varlığı hakkında bilgi elde edilir. Değişkenler arasındaki ilişkinin denklemlerle ifade edilmesi ile bilinen değişkenler yardımıyla bilinmeyen değişkenlerin tahmini yapılır. Regresyon analizi ile,

- Bağımsız değişkenin bağımlı değişkeni ne şekilde etkilediği,
- Bağımlı değişken üzerindeki değişimin ne kadarına bağımlı değişkenin sebep olduğu,
- Bağımsız değişkenin alacağı değere göre bağımlı değişkenin değerinin ne olacağı belirlenmeye çalışılır (Can, 2016).

Regresyon analizi bağımsız değişken sayısına göre;

- Basit regresyon analizi (tek bağımsız değişken)
- Çoklu regresyon analizi (birden fazla bağımsız değişken)

olmak üzere iki gruba ayrılır. Bağımlı değişken ve bağımsız değişken arasındaki ilişkinin bir doğru ile ifade edilmesi durumunda basit regresyon, bir eğri ile ifade edilmesi durumunda ise çoklu regresyon analizi söz konusudur.

Kullanılan fonksiyon tipine göre;

- Doğrusal regresyon analizi
- Doğrusal olmayan regresyon analizi

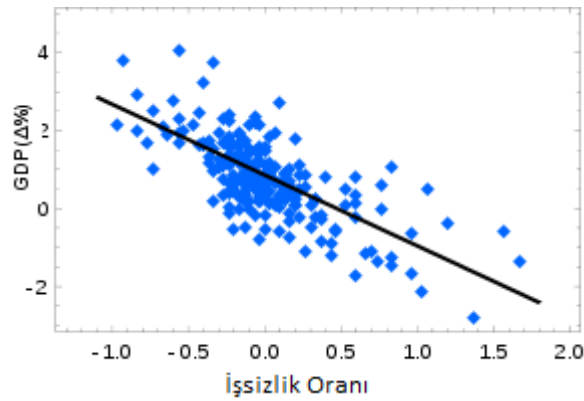
olarak incelenir (Akgül, 2003; Bayazıt ve Yeğen Oğuz, 2005).

#### 1.10.1.1.1. Basit Doğrusal Regresyon Analizi

Basit doğrusal regresyon analizi, tek bağımsız değişken ( $x$ ) ile bağımlı değişkenin( $y$ ) arasındaki ilişkinin doğrusal bir fonksiyonla ifade edildiği regresyon modelidir. Verilerinin zamana bağlı değişimlerini ifade eden zaman serilerinin,

$$y + v = a_0 + a_1x \quad (19)$$

şeklindeki basit doğrusal regresyon modeline göre trend analizi yapılır. (19) eşitliğinde  $x$ ; bağımsız değişken,  $y$ ; zamana bağlı değişimi ifade eden veriler,  $a_1$ ; eğim,  $a_0$ ; kesişim sabiti,  $v$  ise bağımlı değişkenin gerçek değeri ile modelden elde edilen değer arasındaki farkı ifade eden düzeltme parametresidir.



Şekil 11. Basit doğrusal regresyon (URL-18, 2017)

(19) eşitliği n sayıda veri çifti için,

$$\begin{aligned}
 y_1 + v_1 &= a_0 + a_1 x_1 \\
 y_2 + v_2 &= a_0 + a_1 x_2 \\
 y_3 + v_3 &= a_0 + a_1 x_3 \\
 &\vdots \\
 y_n + v_n &= a_0 + a_1 x_n
 \end{aligned} \tag{20}$$

şeklindedir. (20) eşitliğindeki doğrusal denklem sisteminin matris gösterimi,

$$V = Ax - y \tag{21}$$

olarak ifade edilir. En Küçük Karelerle (EKK) parametre kestirimi için ötelenmiş ölçüler başka bir ifadeyle sabitler vektörü;

$$y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix} \tag{22}$$

Katsayılar matrisi;

$$A = \begin{bmatrix} x_1 & 1 \\ x_2 & 1 \\ x_3 & 1 \\ \vdots & \vdots \\ x_n & 1 \end{bmatrix} \tag{23}$$

Bilinmeyenler vektörü;

$$x = \begin{bmatrix} a_1 \\ a_0 \end{bmatrix} \tag{24}$$

Düzeltilmeler vektörü;

$$V = \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \\ \vdots \\ v_n \end{bmatrix} \quad (25)$$

şeklinde gösterilmektedir.

$$x = (A^T A)^{-1} (A^T y) \quad (26)$$

olarak elde edilen simetrik katsayılı denklem sisteminin çözümünden  $x$  bilinmeyen vektörünün elemanları olan  $a_0$  ve  $a_1$  katsayıları elde edilebilir. Ancak  $A$  katsayılar matrisinin kondüsyonunun bozuk olması sebebiyle denklem sisteminin çözümüne geçmeden önce katsayılar matrisi ve sabitler vektöründe öteleme ve normlandırma işlemlerinin yapılması gerekir. Buna göre öncelikle sabitler vektörü ve katsayılar matrisi elemanlarının normlandırılması için,

$$x_s = \frac{[x]}{n} \quad (27)$$

ve

$$y_s = \frac{[y]}{n} \quad (28)$$

katsayıları elde edilir.  $x$  ve  $y$  değerleri (27) ve (28) eşitliklerinden elde edilen ortalamadan çıkarılarak

$$\begin{aligned} x'_i &= x_i - x_s \\ y'_i &= y_i - y_s \end{aligned} \quad (29)$$

ötelenmiş katsayılar elde edilir. Normlandırma işlemi için normlandırma elemanları,

$$\begin{aligned} c_x &= \sqrt{[x_i'^2]} \\ c_y &= \sqrt{[y_i'^2]} \end{aligned} \quad (30)$$

hesaplanır. Buradan normlandırılmış değerler,

$$x_i'' = \frac{x_i'}{c_x} \quad (31)$$

ve

$$y_i'' = \frac{y_i'}{c_y} \quad (32)$$

elde edilir. Ötelenmiş ve normlandırılmış katsayılar matrisi ve sabitler vektörü ile (26) eşitliğine göre oluşturulan simetrik katsayılı normal denklem sisteminden,

$$x = (A^T A)^{-1} (A^T y) \quad (33)$$

En Küçük Kareler (EKK) İlkesine göre hesaplanan regresyon katsayıları olan  $x$  bilinmeyenler vektörünün elemanları,

$$\begin{aligned} a_1 &= x(1) \\ a_0 &= x(2) \end{aligned} \quad (34)$$

olarak elde edilir. Uygulanan regresyon modelinden hesaplanan katsayıların doğruluğunun testi için regresyon düzeltmeleri;

$$V = Ax - y \quad (35)$$

olarak hesaplanır. EKK ilkesine göre elde edilen regresyon katsayılarının ortalama hataları,

$$m_{a_1} = m_0 \sqrt{q_{x_1 x_1}} \quad (36)$$

$$m_{a_0} = m_0 \sqrt{q_{x_2 x_2}} \quad (37)$$

şeklinde hesaplanır. (36) eşitliğinde  $m_0$ ; birim ölçünün ortalama hatası,

$$m_0 = \sqrt{\frac{v^T v}{n-u}} \quad (38)$$

olarak elde edilir. (37) eşitliğinde  $n$  ölçü sayısı,  $u$  bilinmeyen sayısı olup basit doğrusal regresyon modeli için  $u = 2$  olarak alınır. (36) ve (37) eşitliklerinde  $Q_{xx}$ , (26) eşitliğinde elde edilen simetrik katsayılı denklem sisteminin katsayılar matrisinin tersi olarak,

$$Q_{xx} = (A^T A)^{-1} \quad (39)$$

şeklinde hesaplanır (Öztürk ve Şerbetçi, 1992; Bayazıt ve Yeğen Oğuz, 2005).

#### 1.10.1.1.2. Çoklu Doğrusal Regresyon Analizi

Bir ya da birden fazla bağımsız değişken ile bağımlı değişken arasındaki doğrusal ilişki çoklu doğrusal regresyon analizi ile ifade edilebilmektedir. Çoklu doğrusal regresyon modelinde bağımsız değişken ile bağımlı değişken arasındaki ilişki,

$$y_i + v_i = a_0 + a_1 x_{i1} + a_2 x_{i2} + \dots + a_{ik} x_{ik} \quad (40)$$

şeklinde dir.  $i = 1, 2, \dots, n$  bağımlı- bağımsız değişken gruplarının sayısı,  $k$  ise  $i$ . bağımlı- bağımsız değişken grubundaki bağımsız değişkenlerin sayısıdır.  $y_i$   $i$ . gruptaki bağımlı değişken,  $x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ik}$   $i$ . gruptaki bağımsız değişkendir.  $a_1, a_2, \dots, a_{ik}$  regresyon katsayıları,  $a_0$  bağımsız değişkenler sıfır olduğu zaman  $y_i$  bağımlı değişkeninin alacağı değerdir (Bayazıt ve Yeğen Oğuz, 2005; Zengin Kazancı, 2014).

#### 1.10.1.1.3. Regresyon Modelinin Uygunluğunun ve Regresyon Parametrelerinin Anlamlılığının Hipotez Testleri ile Testi

##### 1.10.1.1.3.1. Model Hipotezi Testi

Regresyon modelinde  $x$  bağımsız değişkeni ile  $y$  bağımlı değişkeni arasındaki doğrusal ilişkinin uygun olup olmadığı Hipotez testleri yardımıyla yapılacak olan Model

Hipotezi Testi ile, elde edilen regresyon katsayılarının tutarlı olup olmadığı yine Hipotez testleri yardımıyla yapılacak olan Anlamlılık Testleri ile araştırılması gerekmektedir.

Oluşturulan regresyon analizi modelinin uygunluğunu Hipotez Testi ile belirlemek için;

Sıfır Hipotezi ( $H_0$ ): “x bağımsız değişken(ler)i ile y bağımlı değişkeni arasında doğrusal bir ilişki vardır”

Seçenek Hipotezi ( $H_S$ ): “x bağımsız değişken(ler)i ile y bağımlı değişkeni arasında doğrusal bir ilişki yoktur”

şeklinde Sıfır ve Seçenek Hipotezleri kurulur.

$H_0$  ve  $H_S$  hipotezlerinin testleri için gerekli olan test büyüklüğü,

$$T = \frac{m_0^2}{s_0^2} \quad m_0^2 > s_0^2 \quad (41)$$

ya da

$$T = \frac{s_0^2}{m_0^2} \quad s_0^2 > m_0^2 \quad (42)$$

olarak hesaplanır. Buradaki  $s_0^2$  değeri birim ölçünün öncül (a priori) varyansıdır. İstatistik büyüklük olan bu değer Fisher dağılımına (F-Dağılımı) uyar. Test büyüklüğünün, F-Dağılım tablolarından  $\alpha$  (0.05) yanılma olasılığı ve  $m_0^2$  nin serbestlik derecesi  $f = n - u$ 'ye göre alınan

$$F_{f_1, f_2, 1-\alpha} \text{ (tek yönlü test için)} \quad (43)$$

ya da

$$F_{f_1, f_2, 1-\frac{\alpha}{2}} \text{ (çift yönlü test için)} \quad (44)$$

değer ile karşılaştırılır. (41) veya (42) eşitliğinden elde edilen test büyüklüğü, (43) veya (44) eşitliğine göre elde edilen tablo değerinden küçük ise,



$$T < F \quad (45)$$

$H_0$  hipotezinin reddedilemeyeceğine ve  $H_S$  hipotezinin kabul edilemeyeceğine karar verilir. Yani “x bağımsız değişkeni (değişkenleri) y bağımlı değişkeni arasında doğrusal bir ilişki vardır” kararı geçerlidir. Tersisi durumda eğer,

$$T \geq F \quad (46)$$

ise  $H_S$  hipotezinin reddedilemeyeceğine ve  $H_0$  hipotezinin kabul edilemeyeceğine karar verilir. Yani “x bağımsız değişkeni (değişkenleri) y bağımlı değişkeni arasında doğrusal bir ilişki yoktur” kararı geçerlidir.

#### 1.10.1.1.3.2. Parametrelerin Anlamlılığı Testi

$y = a_0 + a_1x$  regresyon modelinin uygunluğunun testinden sonra elde edilen regresyon parametrelerin anlamlılığı başka bir deyişle bağımsız değişken(lerin) modeldeki varlığı ile testin de yapılması gerekir. Regresyon parametrelerinin anlamlılığı testi için, Sıfır Hipotezi ve Seçenek Hipotezi;

$$H_0: E\{a_0\} = 0 \text{ “}a_0 \text{ regresyon parametresi anlamsızdır”}$$

$$H_S: E\{a_0\} \neq 0 \text{ “}a_0 \text{ regresyon parametresi anlamlıdır”}$$

$$H_0: E\{a_1\} = 0 \text{ “}a_1 \text{ regresyon parametresi anlamsızdır”}$$

$$H_S: E\{a_1\} \neq 0 \text{ “}a_1 \text{ regresyon parametresi anlamlıdır”}$$

şeklinde kurulur.

Sıfır Hipotezi ve Seçenek Hipotezlerini test etmek için gerekli olan test büyüklüğü,

$$T_{a_{0i}} = \frac{|a_{0i}|}{m_{a_{0i}}}$$

$$T_{a_{1i}} = \frac{|a_{1i}|}{m_{a_{1i}}} \quad (47)$$

şeklinde hesaplanır. Elde edilen test büyüklüğü, t-Dağılım tablolarından  $\alpha$  yanılma olasılığı  $f = n - u$  serbestlik derecesine göre alınan

$$q = t_{n-u,1-\alpha} \text{ (tek yönlü test için)} \quad (48)$$

ya da

$$q = t_{n-u,1-\frac{\alpha}{2}} \text{ (çift yönlü test için)} \quad (49)$$

değeri ile karşılaştırılır. (47) eşitliğinden elde edilen test büyüklüğü, (48) veya (49) eşitliğine göre elde edilen tablo değerinden küçük ise,

$$T < q \quad (50)$$

$H_0$  hipotezinin reddedilemeyeceğine ve  $H_S$  hipotezinin kabul edilemeyeceğine karar verilir. Yani %95 istatistik güvenle “ $a_1$  regresyon parametresi anlamsızdır” kararı geçerlidir. Ters durumda eğer,

$$T > q \quad (51)$$

ise  $H_S$  hipotezinin reddedilemeyeceğine ve  $H_0$  hipotezinin kabul edilemeyeceğine karar verilir. Yani %95 istatistik güvenle “ $a_1$  regresyon parametresi anlamlıdır” kararı geçerlidir (Öztürk ve Şerbetçi, 1992; Zengin Kazancı, 2014).

#### 1.10.1.1.4. Regresyon Katsayılarının Belirleyicilik Katsayısı ile Anlamlılığının Testi

Regresyon parametreleri hesaplandıktan sonra regresyon modelinin bağımlı değişken olan  $y$  değerindeki değişimi ne derecede açıkladığını tespit etmek için kullanılan bir yöntemdir. Belirleyicilik katsayısı  $R^2$ , bağımlı değişken olan  $y$ 'deki toplam değişiminin yüzde kaçının bağımsız değişken( $x$ ) tarafından karşılandığını gösteren korelasyon katsayısının karesidir ve,

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (52)$$

şeklinde hesaplanır. (52) eşitliğinde  $\hat{y}_1$  ; y bağımlı değişkeninin modelden elde edilen değeri,  $y_i$ ; y bağımlı değişkeninin gerçek değeri,  $\bar{y}$  ise y bağımlı değişkeninin gerçek değeri ve modelden elde edilen değerinin ortalamasıdır (Tüysüz ve Abanuz, 2012).

### 1.10.2. Trend Analizinde Parametrik Olmayan Yöntemler

Parametrik olmayan testlerde serinin gerçek değeri yerine sıralanmış değerler kullanılmaktadır. Parametrik test varsayımları bu testte aranmamaktadır. Bu testlerde verilerin bağımsızlığı ve rasgele seçilmeleri gibi varsayımlar vardır. Fakat parametrik testlerdeki varsayımlardan daha kolay ve az varsayımlardır.

#### 1.10.2.1. Mann-Kendall Testi

Mann-Kendall yöntemi, hidroloji ve klimatoloji gibi alanlarda zaman serilerindeki trendi belirlemek için yaygın olarak kullanılan ve Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO-World Meteorological Organization) tarafından da önerilen bir yöntemdir. Bu testte  $H_0$  hipotezine göre zamana bağlı olarak sıralanmış  $(x_1, x_2, \dots, x_n)$  gözlem değerleri zamandan bağımsız ve benzer dağılımlı rasgele değişkenlerdir.  $H_1$  hipotezine göre ise  $(k \neq j)$  olmak üzere  $(k, j \leq n)$  için seri içerisinde  $x_k$  ve  $x_j$  değerlerinin dağılımı benzer değildir. Mann-Kendall test istatistiği,

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k) \quad (53)$$

şeklinde hesaplanır. Burada n ölçü sayısı olup S değeri  $n \geq 8$  olduğunda ortalama ve varyans ile yaklaşık olarak normal dağılım gösterir. Eğer  $n \geq 30$  ise z-testi, t-testine yaklaşır. sgn işaret fonksiyonu olup gidiş testi  $k = 1, \dots, n - 1$ 'e kadar sıralanmış olan  $x_k$  veri setine ve  $j = i + 1, \dots, n$ 'e kadar sıralanmış olan  $x_j$  veri setine uygulanır, sgn işaret fonksiyonu değeri  $x_j$  ve  $x_k$  değerlerinin

$$\text{sgn}(x_j - x_k) = \begin{cases} 1 & ; x_j > x_k \\ 0 & ; x_j = x_k \\ -1 & ; x_j < x_k \end{cases} \quad (54)$$

şeklinde kıyaslanması ile elde edilir. S'nin varyansı ise,

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18} \quad (55)$$

şeklinde bulunur. Eğer seri içerisinde aynı değere sahip veriler varsa varyans hesabı aşağıdaki gibi yapılır.

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^k t_i(t_i-1)(2t_i+5)}{18} \quad (56)$$

Burada k veri setindeki bağıl grupların sayısı,  $t_i$  değeri ise i uzunluğundaki bir seride bağılı gözlemleri ifade etmektedir. Standartlaştırılmış Mann-Kendall istatistiği Z,

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} ; S > 0 \\ 0 ; S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} ; S < 0 \end{cases} \quad (57)$$

şeklinde dir. Burada %95 istatistik güvenle ( $Z_{1-\alpha/2}$ ) bulunan standart normal dağılım tablo değeri ( $Z_{\text{tablo}}$ ) ile Mann-Kendall istatistiği Z karşılaştırılır. Eğer  $Z < Z_{\text{tablo}}$  ise  $H_0$  hipotezi kabul edilir. Ters durumda  $H_0$  reddedilir. Bu durumda trend olduğu sonucuna varılır. S değeri pozitif ise trendin artan yönde olduğu, negatif ise azalan yönde olduğuna karar verilir (Mann 1945, Kendall 1975).

### 1.10.2.2. Mann-Kendall Mertebe Korelasyon Testi

Mann-Kendall mertebe korelasyon testi de parametrik olmayan yöntemlerden biridir. Bu yöntemde grafiksel gösterim ile seride trend olup olmadığı görülebilmektedir. Şayet seride trend mevcut ise trendin başlangıç yılı bulunabilmektedir. Yöntemin uygulama aşamasında öncelikle zaman serisinde verilerin ( $x_i$ ) her biri için kendisinden önce gelen verilerin kaç tanesinin kendisinden büyük olduğu sayılır. Bu sayıya  $n_i$  denir ve  $x_i$  verileri  $n_i$  verileri ile yer değiştirir. Böylece yeni bir seri elde edilir. Bu serideki sayıların toplamı,

$$t = \sum_{i=1}^n n_i \quad (58)$$

şeklindedir. Elde edilen t değerlerinin ortalaması ise,

$$E(t) = \frac{n(n-1)}{4} \quad (59)$$

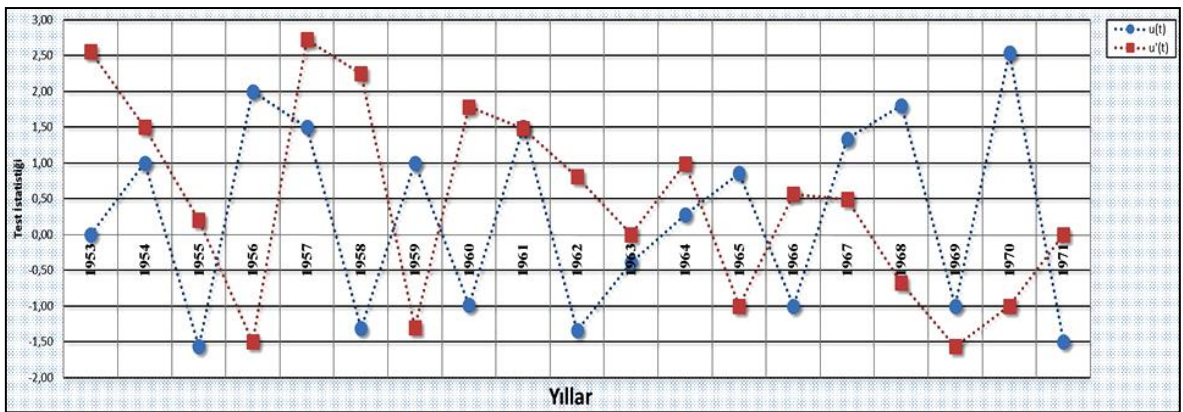
varyansı,

$$\text{Var}(t) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{72} \quad (60)$$

olarak elde edilir. Mann-Kendall test istatistiği  $u(t)$ ,

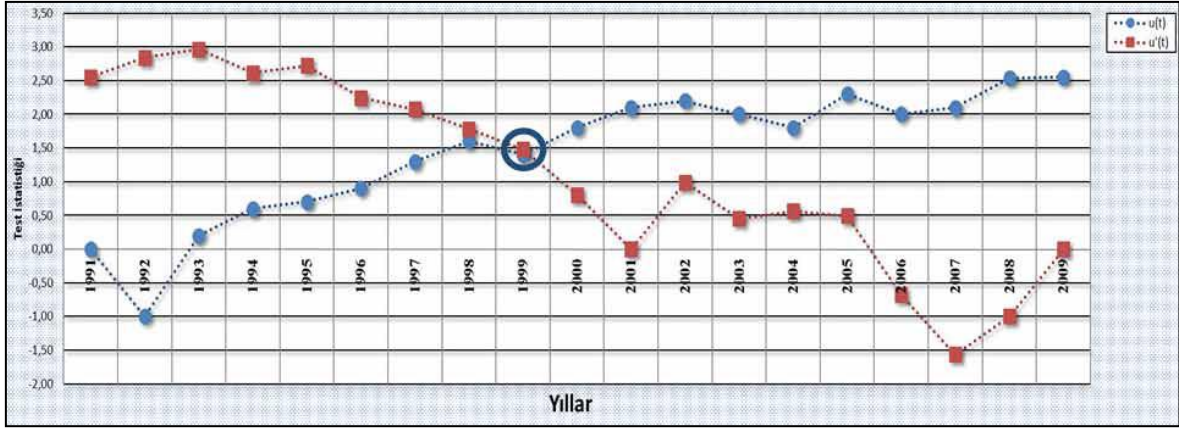
$$u(t) = \frac{t - E(t)}{\sqrt{\text{Var}(t)}} \quad (61)$$

şeklindedir. Burada elde edilen  $u(t)$  değeri sıfıra yakın ise zaman içerisinde bir değişim olmadığı anlamına gelir.  $u'(t)$  ise geri yönde  $u(t)$  ile aynı şekilde hesaplanır. Grafiklerde  $u(t)$  ve  $u'(t)$  eğrilerinin birbirini birkaç kez kestiği durum trendin olmadığı anlamına gelir (Gümüş vd., 2011) (Şekil 12).



Şekil 12. Trend olmaması durumunda  $u(t)$ - $u'(t)$  grafiği

Tersi durumda ise bu iki eğrinin birbirini kestiği zaman trendin başlangıç zamanını ifade etmektedir (Şekil 13).



Şekil 13. Trend olması durumunda  $u(t)-u'(t)$  grafiği

### 1.10.2.3. Spearman'ın Rho Testi

Sıra istatistiğine dayanan Spearman'ın Rho testi ile iki gözlem serisi arasında korelasyon olup olmadığını belirlemek için kullanılır. Bu test, trendin belirlenmesinde hızlı ve kolay bir yoldur. Gözlem serisi  $X(x_1, x_2, \dots, x_n)$  olmak üzere,  $H_0$  hipotezine göre  $x_i (i = 1, 2, \dots, n)$  değerleri eşit olasılıklı dağılımlardır.  $H_1$  hipotezine göre bu değerler zamanla artar ya da azalır. Spearman'ın Rho test istatistiği,

$$r_s = 1 - 6 \frac{[\sum_{i=1}^n (R(X_i) - i)^2]}{(n^3 - n)} \quad (62)$$

şeklinde hesaplanır. Burada sıra istatistiği olan  $R(X_i)$  verilerin büyükten küçüğe ya da küçükten büyüğe sıralanması ile belirlenir.  $i$  verilerin gözlem sırasını,  $n$  ise toplam gözlem sayısını ifade eder.  $r_s$ 'nin test istatistiği  $Z$ ,

$$Z = r_s \sqrt{n - 1} \quad (63)$$

olarak hesaplanır Buradan elde edilen  $Z$  değeri %95 istatistik güvenle elde edilen standart normal dağılım tablo değeri ( $Z_{\text{tablo}}$ ) ile karşılaştırılır. Eğer  $Z$  değeri  $Z_{\text{tablo}}$  değerinden büyük ( $Z > Z_{\text{tablo}}$ ) ise  $H_0$  hipotezi reddedilir ve belirli bir trendin olduğu sonucuna varılır (Gümüş, 2006: 24).

#### 1.10.2.4. Sen'in Trend Eğim Metodu

Sen(1968) tarafından geliştirilen bu metod ile trendin eğimi yani birim zamandaki değişim belirlenir. Parametrik olmayan bu yöntem veri hatalarından ve ekstrem değerlerden etkilenmemektedir. Aynı zamanda eksik verinin bulunduğu serilere de uygulanabilmektedir. Sen'in trend eğim metodunda trendin lineer olduğu varsayılarak,

$$f(t) = B + Qt \quad (64)$$

eşitliği oluşturulur. Burada Q eğim, B sabit, t ise zamanı ifade etmektedir. j ve k zamanlarındaki veriler  $x_j$  ve  $x_k$  olmak üzere ( $j > k$ ),  $N = n(n - 1)/2$  tane  $Q_i$  değerleri,

$$Q_i = \frac{x_j - x_k}{j - k}, (i = 1, 2, \dots, N) \quad (65)$$

ile hesaplanır. Burada n zaman periyotlarının sayısını ifade etmektedir. Elde edilen  $Q_i$  değerleri küçükten büyüğe doğru sıralanır ve Sen'in eğim estimatorü,

$$Q_{\text{med}} = \begin{cases} Q_{[(N+1)/2]} & , N \text{ tek ise} \\ \frac{Q_{[N/2]} + Q_{[(N+2)/2]}}{2} & , N \text{ çift ise} \end{cases} \quad (66)$$

ile bulunur. Eşitlikteki B değerini elde etmek için n farklı değer için  $x_i - Q_{ti}$  hesaplanır ve bu değerlerin medyanı ile B sabiti elde edilir. Sen'in Trend Eğim Metodu, hidro-meteorolojik zaman serilerinde sıklıkla kullanılan bir yöntemdir (Olofintoye vd, 2012; Refat Nasher ve Uddin, 2013; Gocic ve Trajkovic, 2013).

#### 1.11. Zaman Serilerinde Homojenlik

Zaman serilerinde daha güvenli analizlerin yapılabilmesi için verilerin aynı kümeye ait olmaları önemlidir. Bir zaman serisinin homojen olması, verilerin aynı kümeden gelmesi ve birbirinden bağımsız olması demektir. Serinin homojen olup olmadığının araştırılmasında Run (Swed-Eisenhart) testi en çok kullanılan testlerden biridir.

### 1.11.1. Run (Swed-Eisenhart) Testi

Run testi ile verilerin aynı topluma ait olup olmadığı ve birbirinden tamamen bağımsız olup olmadığı test edilir. Bunun için önce sıfır hipotezi ( $H_0$ ) ve seçenek hipotezi ( $H_1$ ) kurulur.  $H_0$  hipotezine göre veriler aynı toplumdandır gelmektedir, yani veriler homojendir.  $H_1$  hipotezine göre veriler aynı toplumdandır gelmemektedir, yani veriler homojen değildir. Zaman serisindeki veriler küçükten büyüğe doğru sıralanır ve bunların medyan değeri hesaplanır. Eğer veri sayısı çift ise ortadaki iki değer ortalaması alınır ve bu değer kullanılır. Elde edilen medyan değerine göre verideki diğer değerler karşılaştırılır ve bu medyan değerinin altında veya üstünde kalan değerler tespit edilir. Medyan değerinin altında ya da üstünde seyreden verilerden birinden diğerine geçiş sayılarının toplamı ile run sayısı elde edilir. Test değeri ise,

$$Z = \frac{r - \frac{2N_a N_u}{(N_a + N_u)} + 1}{\sqrt{\frac{2N_a N_u (2N_a N_u - N)}{N^2 (N-1)}}} \quad (67)$$

şeklinde hesaplanır. Burada run sayısı  $r$ , medyan değerinin altında olanların sayısı  $N_a$ , medyan değerinin üstünde olanların sayısı  $N_u$ , veri sayısı  $N$ ' dir. Elde edilen  $z$  değeri ile  $\alpha = 0.05$  güven seviyesinde belirlenen standart normal dağılım tablo değeri ile karşılaştırılır. Hesaplanan  $z$  değeri %95 istatistik güvenle  $\pm 1.96$  arasında ise  $H_0$  kabul edilir, aksi durumda  $H_1$  kabul edilir (Swed ve Eisenhart, 1943).

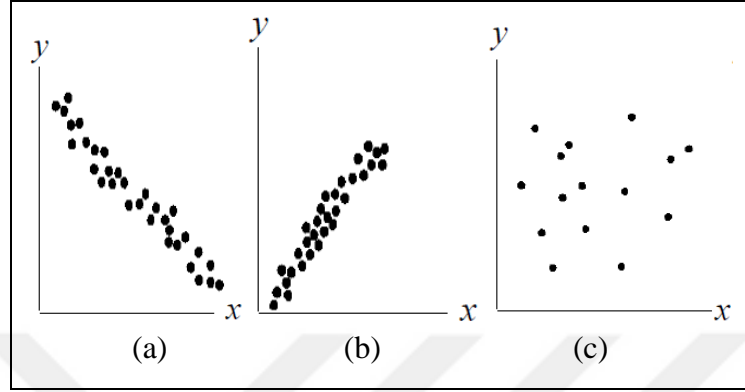
## 1.12. Zaman Serilerinde Korelasyon

### 1.12.1. Korelasyon

Korelasyon, iki rasgele değişken arasındaki ilişkinin yönünü ve gücünü ifade eder (URL-,2017). İlişkinin yönünü ve gücünü belirten katsayıya da “korelasyon katsayısı” denir. Bu katsayı  $-1$  ve  $+1$  arasında değerler alır. Eğer korelasyon katsayısı  $-1$ 'e yakın değerler alıyorsa değişkenler arasında negatif yönde bir ilişki vardır (Şekil 14-a). Ters durumda yani  $+1$ 'e yakın değerler alıyorsa değişkenler arasında pozitif yönde bir ilişki olduğu anlamına gelir (Şekil 14-b). Sıfır ise değişkenler arasında ilişki yok demektir (Şekil



14-c). Korelasyon katsayıları, değişkenlerin türüne göre değişir. Bu değişkenler sıralanabilir nitel değişkenler, kesikli veya sürekli nicel değişkenler olabilir (URL-3, 2017).



Şekil 14. Değişkenler arasındaki ilişki durumu (URL-4, 2017)

Doğrusal trend modellerinde değişken ve zaman arasındaki ilişkinin gücü ve yönü grafik yöntemle gösterilmesi haricinde korelasyon katsayısı ile de gösterilebilmektedir. Korelasyon katsayısı +1 veya -1 değerlerini aldığı anda bütünüyle ilişkili olduğu ifade edilen (21) eşitliğinde hesaplanan değerlerin hepsi bir doğru üzerinde yer alacaktır (Akgül, 2003).

Pearson korelasyon katsayısı ve Kendall korelasyon katsayısı, değişkenler arasındaki ilişkinin belirlenmesinde kullanılan katsayılardır.

#### 1.12.1.1. Pearson Korelasyon Sayısı

Normal dağılıma sahip değişkenler arasında doğrusal bir ilişki varsa Pearson korelasyon katsayısı kullanılır. Normal dağılmış x ve y değişkenleri arasında anlamlı bir ilişki olup olmadığını belirlemek için  $r_{xy}$  istatistiği,

$$r_{xy} = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N \frac{x_i - \bar{x}}{S_x} \frac{y_i - \bar{y}}{S_y} \quad (68)$$

olarak hesaplanır. Burada N veri çiftlerini  $(x_i, y_i)$ ,  $\bar{x}$  ve  $\bar{y}$  değişkenlerin ortalamalarını,  $S_x$  ve  $S_y$  ise değişkenlerin standart sapmalarını ifade etmektedir. İki değişken arasında

bağımlılık olup olmadığını denetlemek için korelasyon katsayısına ( $r_{xy}$ ) bakılması gerekmektedir. Buna göre eğer  $r_{xy} = 0$  ise  $x$  ve  $y$  değişkenleri arasında doğrusal bir bağımlılık olmadığı anlaşılır.  $|r_{xy}|$  değeri “1” değerine yaklaşırsa değişkenler arasındaki ilişkinin gittikçe kuvvetlendiği anlaşılır. Hesaplanan  $r_{xy}$  değerine bakarak bağımlılık yani anlamlılık hakkında karar verebilmek için  $r_{xy}$  istatistiğinin örnekleme dağılımını bilmek gerekmektedir. Bunun için  $x$  ve  $y$  değerlerinin normal dağıldığı varsayılarak test büyüklüğü,

$$t = \frac{r_{xy}\sqrt{N-2}}{\sqrt{1-(r_{xy}^2)}} \quad (69)$$

şeklindedir.

(69) eşitliğinden hesaplanan test büyüklüğü ( $t$ ) mutlak değerce %95 istatistik güvenle elde edilen  $t$ -tablo değerinden küçükse  $H_0$  hipotezi kabul edilir. Yani, “Değişkenler arasında bağımlılık yoktur” varsayımı geçerlidir. Ters durumda  $H_s$  hipotezi kabul edilir. Yani, “Değişkenler arasında bağımlılık vardır” varsayımı geçerlidir (Akdeniz, 2006; Dağlı, 2004).

### 1.12.1.2. Kendall Korelasyon Katsayısı

Zaman serisinde artan sırada sıralanmış olan  $y$  zaman değerlerine karşılık gelen  $x_1, x_2, \dots, x_N$  değerlerine bakılır. Burada  $i = 1, 2, \dots, n - 1$ 'e kadar sıralanmış olan  $x_i$  veri seti ve  $j = i + 1, \dots, n$ 'e kadar sıralanmış olan  $x_j$  veri seti için,

$$\begin{aligned} i < j \text{ için } x_i < x_j \text{ olan } (x_i, x_j) \text{ çiftlerinin sayısı } P, \\ i < j \text{ için } x_i > x_j \text{ olan } (x_i, x_j) \text{ çiftlerinin sayısı } M, \end{aligned} \quad (70)$$

$S = P - M$ ' dir. Kendall korelasyon katsayısı ise,

$$\tau = \frac{S}{N(N-1)/2} \quad (71)$$

şeklinde elde edilir. Kendall korelasyon katsayısı  $-1$  ile  $+1$  arasında değerler alabilir (Cıgızoğlu vd., 2002).

### **1.13. Zaman Serilerinde Mevsimsel Etki**

Zaman serileri frekanslı seriler olup, serilerin frekansları yıllık, üçer aylık, aylık, haftalık ve günlük olarak değişen değerler alabilmektedirler. Zaman serilerinde trend ve mevsimsel etkinin ağırlıklı olarak yer aldığı durumlarda bu bileşenlerin yorumlanması ve modelde açıklanması gerekmektedir. Zaman serilerinde düzenli aralıklarla meydana gelen değişimler “mevsimsellik” olarak adlandırılmaktadır. Zaman serilerinin birçoğu mevsimsel dalgalanmaların etkisi altındadır. Bu dalgalanmalar periyodiktir ve her yıl veya her periyotta düzenli şekilde tekrarlanmaktadır. ZTD zaman serilerinde de mevsimsel bileşen iklimsel çalışmalar açısından önemlidir. Mevsimsel bileşen ilgili bölgede hakim olan hava şartları hakkında bilgi vermektedir (Tornatore vd., 2016).

Bazı serilerde mevsimsel etkinin güçlü olması trendin görülmesini engellemekte ve karmaşık hale getirmektedir. Bu durumda serinin mevsimsel etkiden arındırılması gerekmektedir. Bu sayede uzun dönemdeki dalgalanmalar açıkça görülebilmektedir. Mevsimsel etkiyi yok etmek veya azaltmak için kullanılan yöntemler,

- Hareketli Ortalama Yöntemi
- Üstel Düzleştirme Yöntemi

olarak iki grupta incelenmektedir. Her iki yöntemde de zaman serisindeki mevsimsel dalgalanmalar azaltılarak seride hakim olan trend belirgin hale getirilmeye çalışılmaktadır. Yöntemler birbirine benzemekle beraber parametreler serinin özelliğine bağlı olarak ortaya çıkmaktadır (Akgül, 2003).

#### **1.13.1. Hızlı Fourier Dönüşümü ile Zaman Serilerinin Spektral Analizi**

Spektral analiz ile bir sinyalin frekans bileşeninin gücü tahmin edilir. Astronomi, meteoroloji, jeofizik, biyomedikal gibi alanlarda kullanılabilir. Zaman serilerinde zaman bölgesinden frekans bölgesine geçiş yapılarak serinin periyodik bileşenleri belirlenebilmektedir. Frekans bölgesine dönüşümde Fourier, Laplace, Hilbert, Hankel ve Z dönüşümü gibi çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bunların içerisinde yaygın olarak

Fourier dönüşümü kullanılmaktadır. Hızlı Fourier Dönüşümü (Fast Fourier Transform-FFT) veri içerisindeki bileşen frekanslarını etkili bir şekilde tahmin edilmesini sağlar. Periyodik olan her fonksiyon değişik frekanslara sahip sinüs ve kosinüs bileşenlerinin toplamından oluşur. Bu toplam,

$$x_k = \bar{x} + \beta_1 \cos 2\pi \lambda t_k + \beta_2 \sin 2\pi \lambda t_k \quad (72)$$

şeklinde ifade edilir. (72) eşitliğinde  $x_k = x(t_k)$  ; zaman serisi verileri,  $\lambda$ ; frekans değerini ifade etmektedir. Bu yöntem mevsimsel etkiyi düzleştirme yöntemi olmayıp mevsimsel etki analizinde mevsimsel dalgalanmaların belirlenmesini sağlayan bir yöntemdir (Tanır Kayıkçı vd., 2017; Zengin Kazancı vd., 2017).

### 1.13.2. Hareketli Ortalamalar

Hareketli ortalamalar yönteminde son birkaç dönemin ortalaması alınarak seride gözlemlenen rasgele değişmelerin etkisini azaltarak veri düzleştirilir ve öngöründe bulunmaya çalışılır. Hareketli ortalamalar yöntemi hızlı ve basit bir yöntemdir. Zaman serisinin  $m$  dönemlik hareketli ortalaması, seri içerisinde ardı ardına gelen  $m$  zaman dönemindeki değerlerin ortalaması olarak ifade edilir. Bu yöntemde her yeni gözlem elde edildiğinde eski değer hesaplamadan çıkarılır ve yeni değer katılması ile ortalama değer hesaplanır. Böylece  $m$  değeri daima sabit kalır. Bu nedenle bu yöntem “hareketli ortalamalar” adı verilir.

Dönem sayısı  $m$  seçilirken; zaman serisindeki önemli dalgalanmaları gözden kaybetmeden düzleştirme sağlanmasına ve fazla veri kaybına neden olmamasına dikkat edilir. Hareketli ortalamalar yöntemi dört farklı şekilde ele alınabilir.

Basit hareketli ortalama:  $t$ -döneminde  $m$ -dönemlik basit hareketli ortalama

$$BHO_t = \frac{y_t + y_{t-1} + \dots + y_{t-(m-1)}}{m} \quad (73)$$

şeklinde dir. (73) eşitliğinde  $y_t$ ; serinin gerçek değeri,  $m$ ; dönem sayısını ifade etmektedir.

Merkezi hareketli ortalama: Hareketli ortalama verilerinin ortalamasının merkezileştirilmesidir. Hareketli ortalama sayısı tek olduğunda,

$$MHO_t = \frac{y_{t+\frac{(m-1)}{2}} + y_{t+1} + y_t + y_{t-1} + \dots + y_{t-\frac{(m-1)}{2}}}{m} \quad (74)$$

şeklinde elde edilir. (74) eşitliğinde  $y_t$ ; serinin gerçek değeri,  $m$ ; dönem sayısını ifade etmektedir.

İkili hareketli ortalama: Dönem sayısının çift olduğu durumlarda merkezi hareketli ortalamanın hesaplanması için ikili hareketli ortalama,

$$HO_1 = \frac{y_{t+\frac{m}{2}} + \dots + y_{t+1} + y_t + \dots + y_{t-\frac{m}{2}}}{m} \quad (75)$$

$$HO_2 = \frac{y_{t+\frac{m}{2}+1} + \dots + y_{t+1} + y_t + \dots + y_{t-\frac{m}{2}+2}}{m} \quad (76)$$

elde edilir. (75) ile (76) eşitliklerinin ortalaması alınarak,

$$\dot{HO} = \frac{HO_1 + HO_2}{2} \quad (77)$$

şeklinde hesaplanır. (75) ve (76) eşitliklerinde  $y_t$ ; serinin gerçek değeri,  $m$ ; dönem sayısını ifade etmektedir.

Ağırlıklı hareketli ortalama: Yöntemde ileriye yönelik öngöründe bulunmak için önceki  $m$ -değerin ortalaması alınmaktadır ve yeni verilere eski verilerden daha fazla ağırlık verilmektedir.

Zaman serisi içerisindeki mevsimsel etkiyi azaltmak için yukarıda bahsedilen yöntemlerden çoğunlukla Basit Hareketli Ortalamalar yöntemi tercih edilmektedir.

### 1.13.2.1. Basit Hareketli Ortalama

Basit hareketli ortalama, zaman serisinde mevsimsel ve düzensiz dalgalanmaların mevcut olduğu durumlarda kullanılması uygun bir yöntemdir. Zaman serisi grafiğinde gözlemlenen dalgaları düzleştirmek için,

$$BHO_t = \frac{y_t + y_{t-1} + y_{t-2} + \dots + y_{t-(m-1)}}{m} \quad (78)$$

eşitliği ile  $t$  döneminde  $m$  dönemlik basit hareketli ortalama elde edilir. Dönem sayısı seçilirken 1.13.2. bölümde bahsedilen şartlar göz önünde bulundurulmaktadır.

Basit hareketli ortalamalar yöntemi, mevsimsel ve düzensiz dalgalanmalar sebebiyle zaman serisinde net olarak gözlenemeyen trendi ortaya çıkarmak için serideki mevsimselliği ve rassallığı dışlayarak seriyi düzleştirmektedir. Bu sayede mevsimsellik etkisi azaltılmaktadır ve seri içerisinde belirgin olarak gözlemlenemeyen trend ortaya çıkarılmaktadır. Bu yöntemde amaç; mevsimselliği modellemek değildir, mevsimsel bileşeni ortadan kaldırmaktır (Akgül, 2003).



## 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

### 2.1. Çalışmada Kullanılan Veriler

Bu çalışmada, Türkiye'den ANKR istasyonu, Avrupa'dan BOR1, BRUS, EBRE, GOPE, GRAS, GRAZ, HERS, JOZE, KIRU, LAMA, MAS1, MATE, METS, PENC, POTS, REYK, WTZR ve ZIMM olmak üzere toplam 19 IGS istasyonunda (Şekil 15, Tablo 2) 1995-2010 yıllarına ait verilerin analizi ile elde edilmiş ZTD ürünlerinin COST Aksiyonu ES1206, GNSS4SWEC kapsamında Dr.Olivier Bock (IGN, Fransa) tarafından yeniden hesaplanmış (IGSRepro1, URL-19) ZTD zaman serileri kullanılmıştır. Çalışmada ilk olarak MATLAB (R2012a) ortamında yazılan kodlarla ZTD zaman serileri için grafikler oluşturulmuştur. Zaman serilerinde trend ve mevsimsel etkileri incelemek amacıyla seçilen yöntemlerin uygulanması için MATLAB ortamında kodlar yazılmıştır.



Şekil 15. Çalışmada kullanılan istasyonlar

Tablo 2. İstasyon bilgileri

IGS İstasyon Kodu	Ülke	Enlem (derece)	Boylam (derece)	Yükseklik (m)
ANKR	Türkiye	39.8875000	32.7583333	974.8
BOR1	Polonya	52.1000000	17.0666667	124.0
BRUS	Belçika	50.7980556	4.3583333	158.3
EBRE	İspanya	40.8208333	0.4922222	107.9
GOPE	Çek Cumhuriyeti	49.9136111	14.7855556	592.6
GRAS	Fransa	43.7547222	6.9205556	1319.3
GRAZ	Avusturya	47.0669444	15.4933333	538.3
HERS	İngiltere	50.8672222	0.3361111	76.5
JOZE	Polonya	52.0972222	21.0313889	141.4
KIRU	İsveç	67.8572222	20.9683333	391.1
LAMA	Polonya	53.8922222	20.6697222	187.0
MAS1	İspanya	27.7636111	-15.6330556	197.3
MATE	İtalya	40.6488889	16.7044444	535.6
METS	Finlandiya	60.2175000	24.3952778	94.6
PENC	Macaristan	52.3791667	13.0658333	144.4
POTS	Almanya	47.7894444	19.2813889	291.7
REYK	İzlanda	64.1386111	-21.9552778	93.1
WTZR	Almanya	49.1441667	12.8788889	666.0
ZIMM	İsviçre	46.8769444	7.4650000	956.4

Verilerin ön işleme aşamasında, kullanılan istasyonların bazılarında eksik veri olduğu yani kullanılan yılların her gününe ait veri bulunmadığı gözlemlenmiştir. Bu nedenle eksik günler çalışmadan çıkarılmıştır.

## 2.2. ZTD Zaman Serilerinin Trend Analizleri

Uygulamada seçilen IGS istasyonlarından elde edilen ZTD zaman serilerinde zaman içerisinde meydana gelen değişimleri belirlemek ve geleceğe yönelik bir takım tahminlerde bulunabilmek için trend analizi yapılmıştır. Öncelikle her bir istasyon için zaman serisi grafikleri oluşturuldu ve parametrik ve parametrik olmayan yöntemler kullanılarak trend analizleri yapıldı. Parametrik yöntemlerde seri içerisindeki verinin gerçek değeri önemlidir ve hesaplamalarda bu değer kullanılır. Parametrik olmayan yöntemlerde ise verinin gerçek değeri yerine küçükten büyüğe veya tam tersi şekilde büyükten küçüğe doğru sıralanması ile elde edilen sıra sayısı kullanılır.



Bu tez çalışmasında, parametrik yöntemlerden Basit Doğrusal Regresyon Analizi kullanıldı. Basit doğrusal regresyon analizinde kurulan modelin uygunluğunu ve elde edilen parametrelerin doğruluğunu test etmek için Model Hipotezinin testi ve Parametrelerin Anlamlılığı testi yapıldı. Parametrik olmayan yöntemlerden ise Mann-Kendall testi, Mann-Kendall Mertebe Korelasyon testi, Spearman'ın Rho testi ve Sen'in Trend Eğim yöntemi kullanılarak elde edilen trend analiz sonuçları karşılaştırıldı.

### 2.2.1. Basit Doğrusal Regresyon Analizi

ZTD zaman serilerindeki trend analizi doğrusal regresyon modeli kurularak yapıldı ve kurulan modelin doğruluğu Model Hipotezi Testiyle, elde edilen regresyon katsayıların anlamlılığı ise Parametrelerin Anlamlılığı testi ile test edildi.

Basit doğrusal regresyon analizini yapmadan önce kullanılan verilerin karşılık geldiği yıl, ay ve günün tek bir değerde ifade edilebilmesi için veriler önce jülyen gününe çevrildi. Buradan ortaya çıkan sonuç küsüratlı bir değerdir ve bu küsürat değerini de yok etmek için elde edilen sonuç değiştirilmiş jülyen gününe (MJD) dönüştürüldü. Böylece verilerin her bir yılının her bir gününü ifade eden tek bir değer elde edildi. Jülyen günü MÖ 1 Ocak 4713 tarihinin öğlen Evrensel Zamanından (UT) sonra geçen tam gün sayısıdır ve bir günün zaman aralığını gün ve günün kesirleri biçiminde ifade eder. Jülyen gün sayısı,

$$\begin{aligned} \text{JDN} &= \text{gün} + \frac{153m + 2}{5} + 365y + \frac{y}{4} + \frac{y}{100} + \frac{y}{400} - 32045 \\ a &= [(14 - ay)/12] \\ y &= \text{yıl} + 4800 - a \\ m &= ay + 12a - 3 \end{aligned} \tag{79}$$

olarak hesaplanır. Jülyen günü ise,

$$\text{JD} = \text{JDN} + \frac{\text{saat}-12}{24} + \frac{\text{dakika}}{1440} + \frac{\text{saniye}}{86400} \tag{80}$$

şeklinde elde edilir.

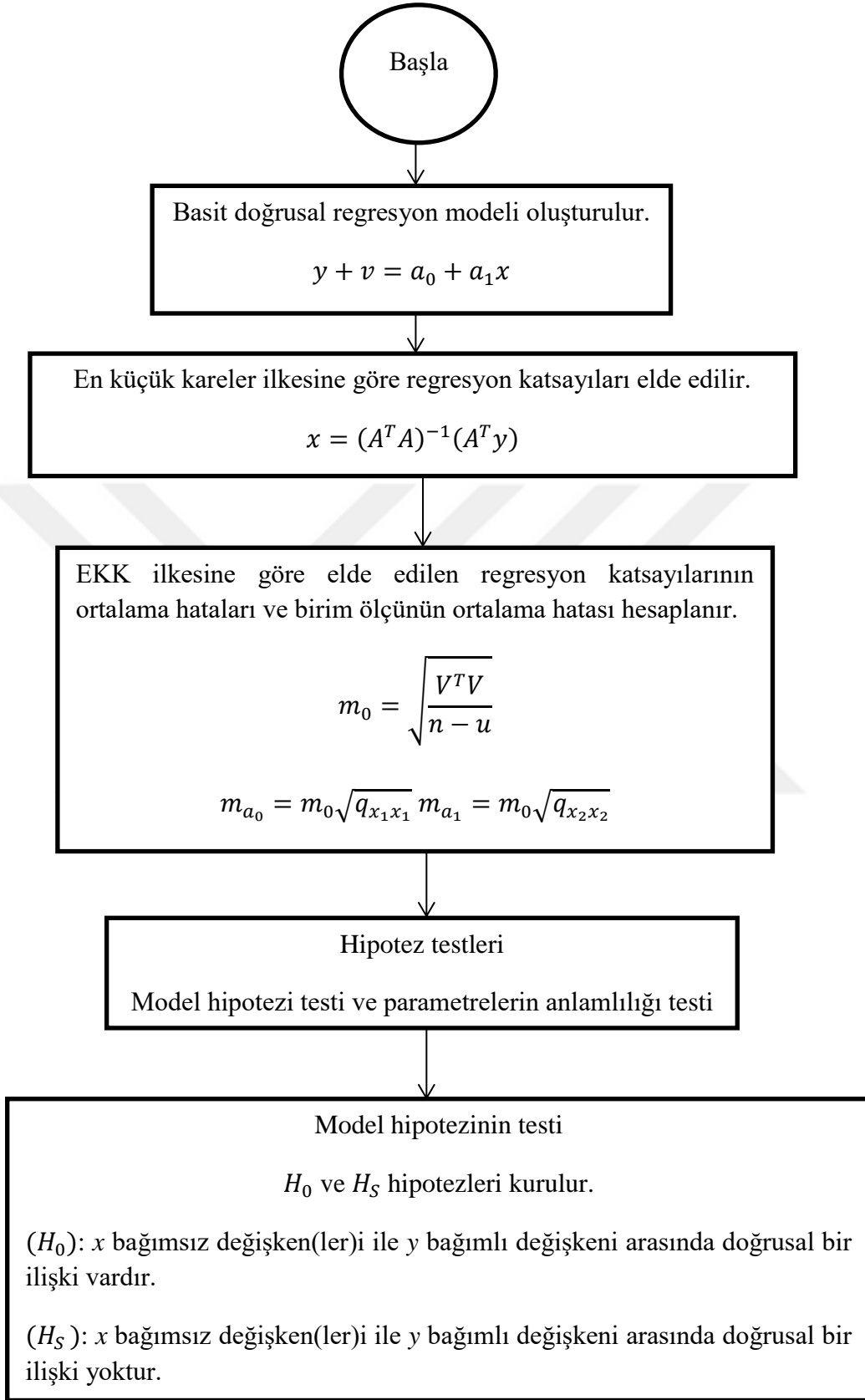
Değiştirilmiş jülyen günü 17 Kasım 1858 saat 00:00:00'dan itibaren tam gün sayıdır. Bu tarih 2400000.5 gününe karşılık gelmektedir ve

$$MJD = JD - 2400000.5 \quad (81)$$

olarak hesaplanır.

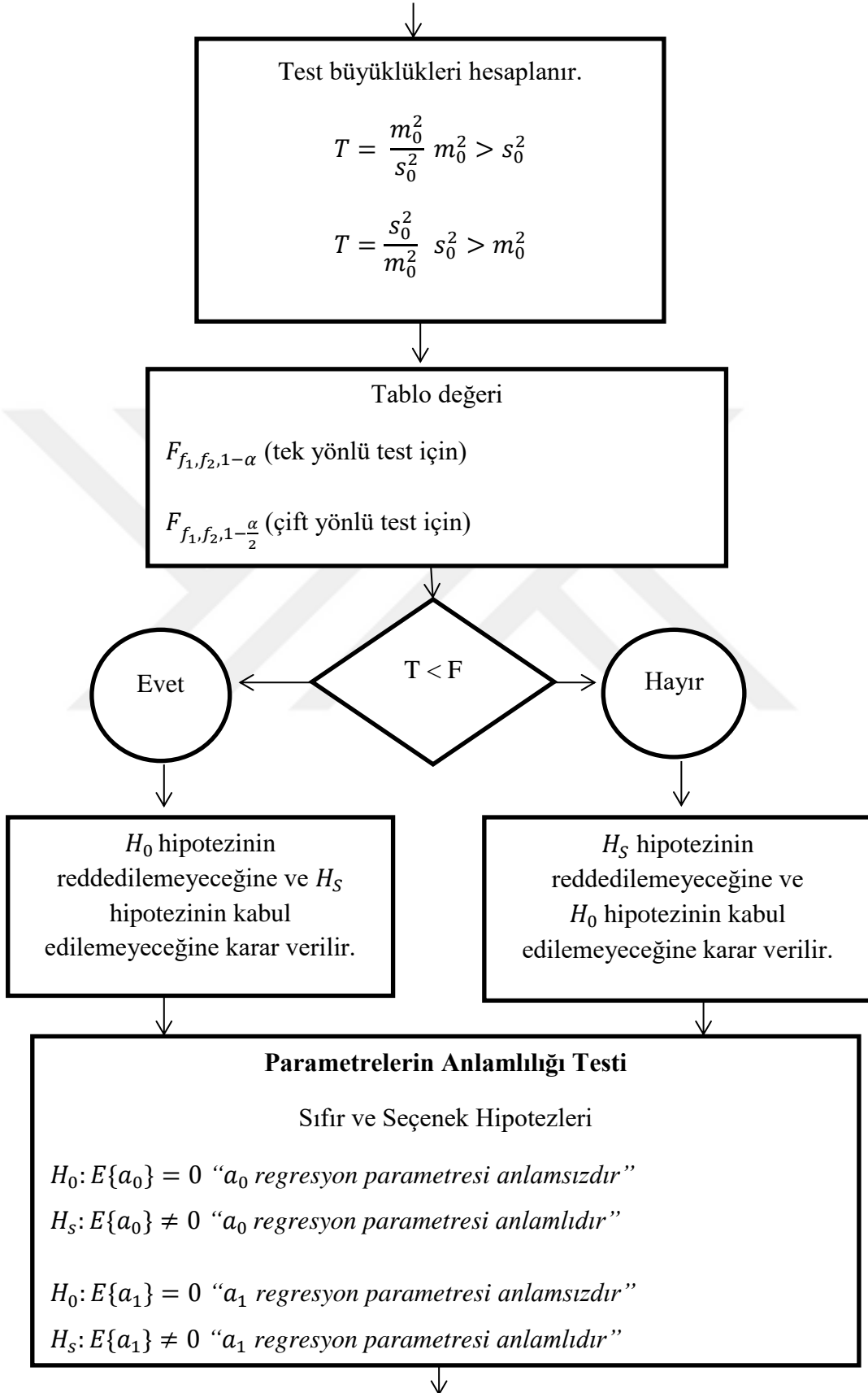
Bu çalışmada ilk olarak (19) eşitliğinde verilen doğrusal regresyon modeline göre trend analizi yapılmıştır. Burada bağımsız değişken  $x$  zamanı yani değiştirilmiş jülyen günün (MJD) temsil etmektedir  $y$  ise bağımlı değişkendir olup ZTD verilerini temsil etmektedir.

$a_0$  ve  $a_1$  katsayıları EKK ilkesine göre hesaplamadan önce (23) eşitliğine göre oluşturulan  $A$  katsayılar matrisi ve (22) eşitliğine göre oluşturulan  $y$  sabitler vektörüne (1.10.1.1.1) bölümünde anlatıldığı gibi öteleme ve normlandırma uygulandı. Normlandırılmış katsayılar matrisi ve sabitler vektörü kullanılarak EKK ilkesine göre  $a_0$  ve  $a_1$  regresyon katsayıları hesaplandı. Hesaplanan değerler (19) eşitliğinde yerine koyuldu ve regresyon modeli elde edildi. Çalışmada kullanılan her istasyon için çizdirilen zaman serisi grafikleri üzerine regresyon modelinden elde edilen trend çizdirildi. Çalışmada doğrusal regresyon modeli ile ZTD zaman serilerine uygulanan trend analizine ilişkin akış diyagramı Şekil 16'da verilmektedir.

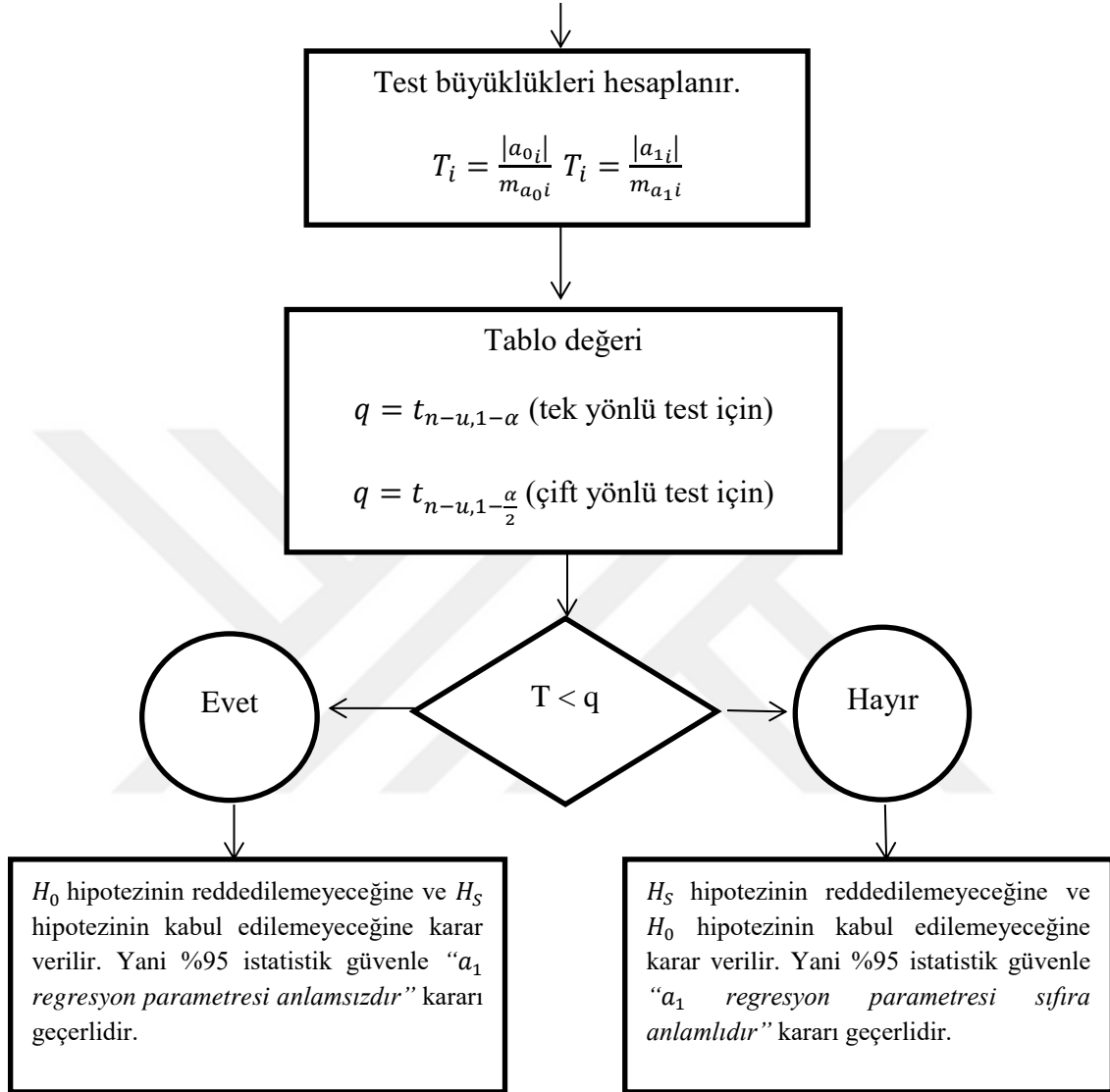


Şekil 16. Basit doğrusal regresyon analizi iş akış şeması

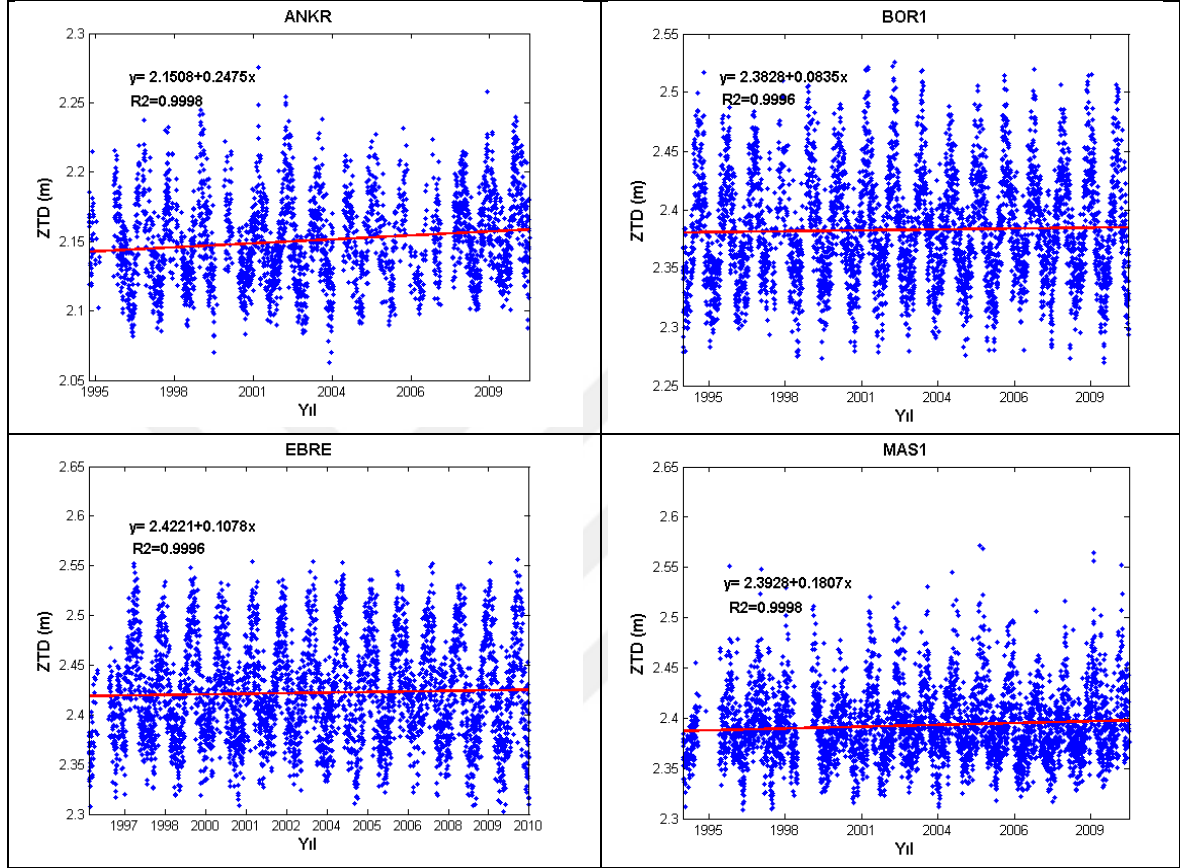
Şekil 16'nın devamı



Şekil 16'nın devamı

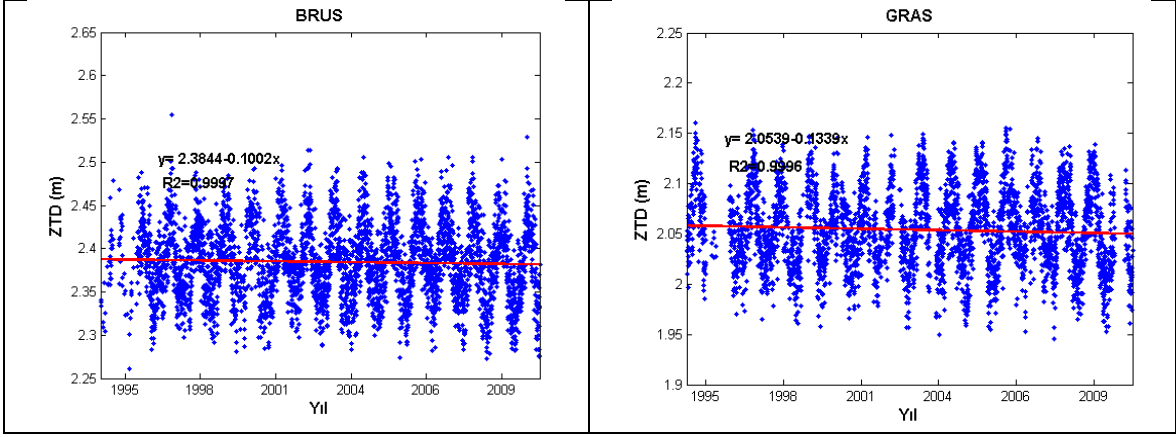


Çalışmada kullanılan her istasyon için basit doğrusal regresyon modeline göre elde edilen trend grafikleri oluşturuldu ve ZTD verilerinde meydana gelen değişimler üzerinde yorumlamalar yapıldı.



Şekil 17. ANKR, BOR1, EBRE, MAS1 istasyonları basit doğrusal regresyon analizi trend grafiği

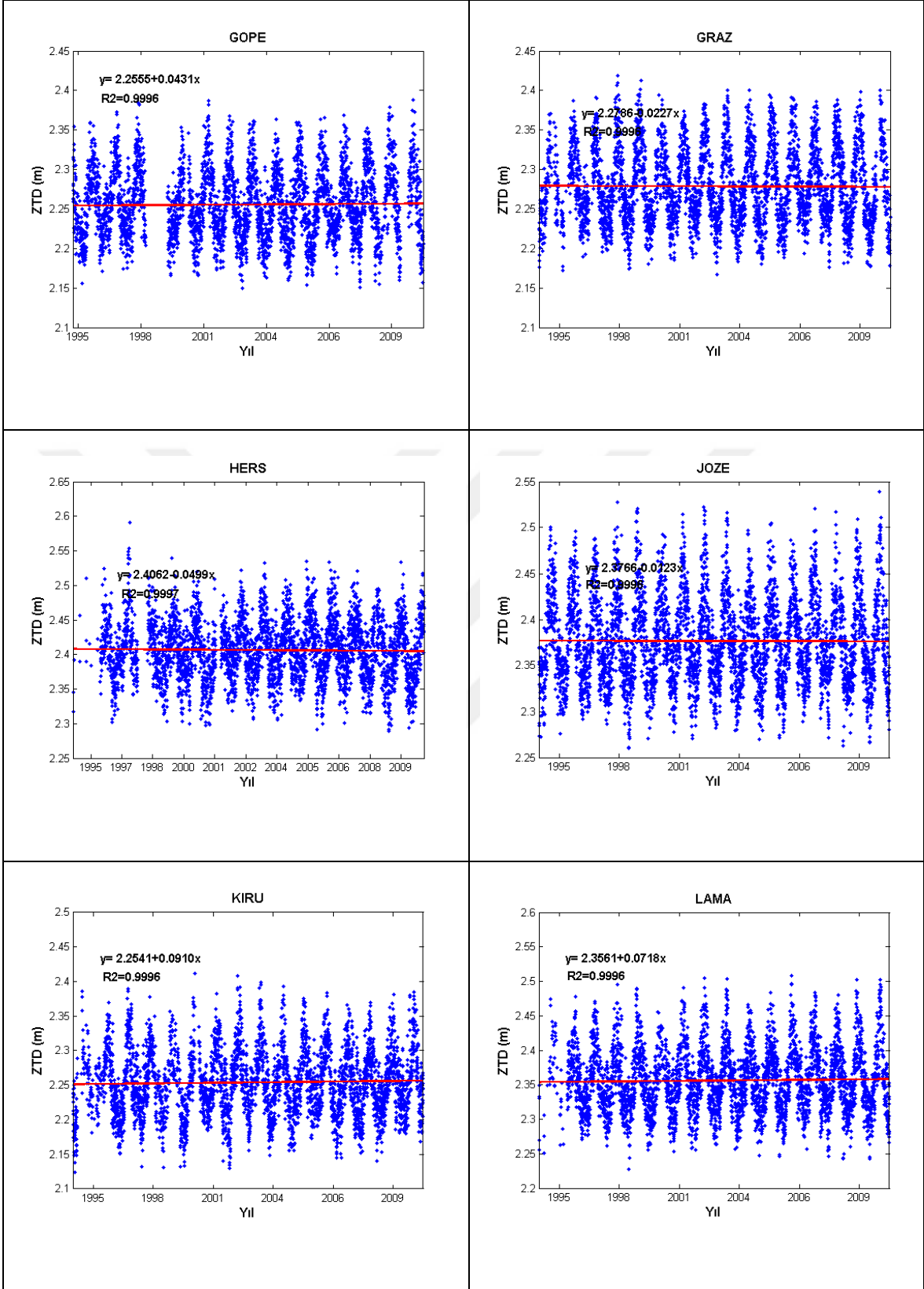
Şekil 17'e göre ANKR ve MAS1 istasyonlarında belirgin bir şekilde trendin artan yönde olduğu görülmektedir. BOR1 ve EBRE istasyonlarında ise trendin artma eğilimi gösterdiği görülmektedir. Söz konusu istasyonların, trendin eğimi ve yönünü ifade eden  $a_1$  katsayısı değerlerine bakıldığında ANKR istasyonu için  $a_1 = 0.2475$ , MAS1 istasyonu için  $a_1 = 0.1807$  olduğu görülmektedir. Buna karşın BOR1 ve EBRE istasyonlarında  $a_1$  eğim katsayısı yine pozitif ancak daha küçük bir değer olarak elde edilmiştir. Bu nedenle BOR1 ve EBRE istasyonlarındaki trendin ANKR ve MAS1 istasyonuna göre daha az belirgin olduğu değerlendirilmiştir.



Şekil 18. BRUS ve GRAS istasyonu basit doğrusal regresyon analizi trend grafiği

Çalışmada kullanılan istasyonlar içerisinde BRUS ve GRAS istasyonunda azalan yönde trend gözlemlenmiştir (Şekil 18).

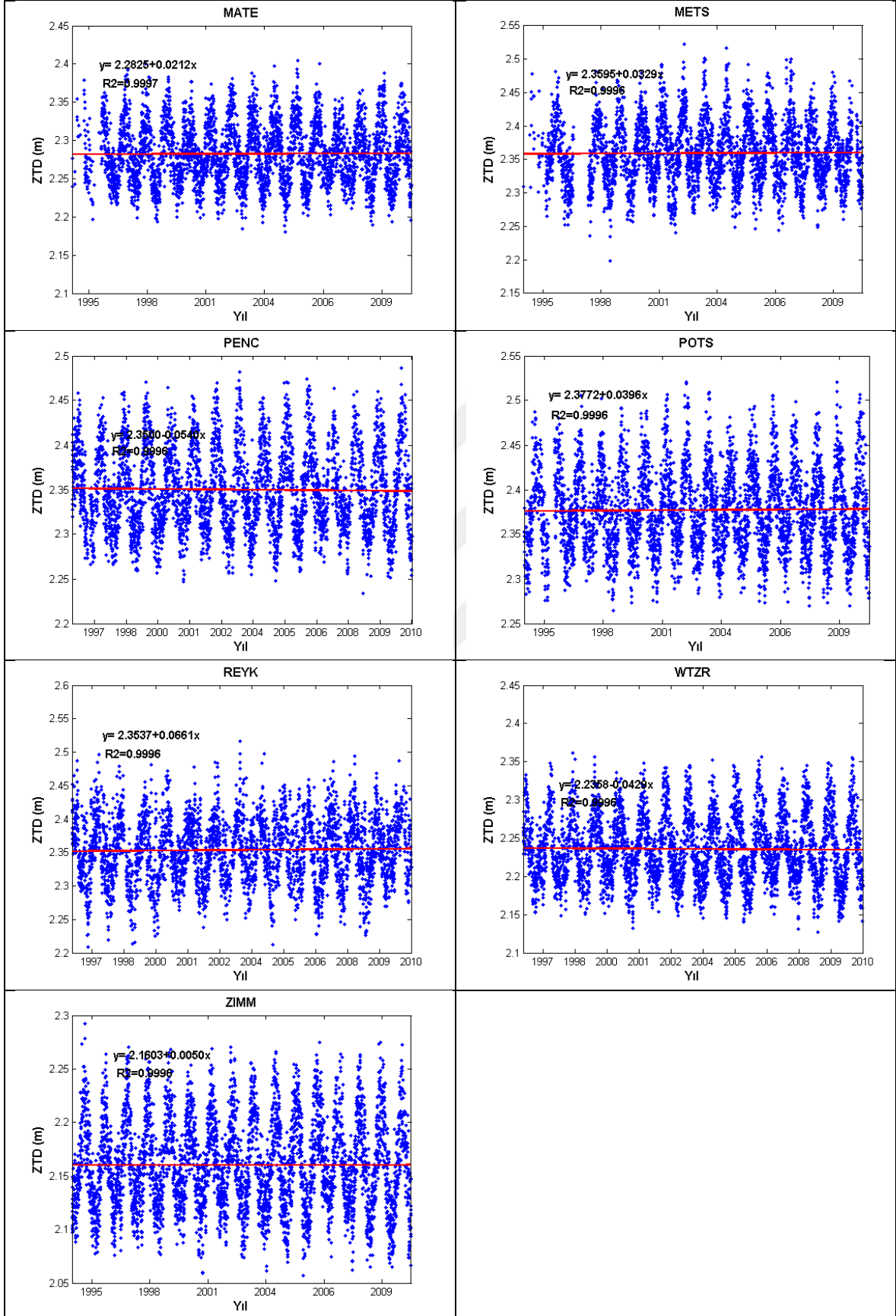
GOPE, GRAZ, HERS, JOZE, KIRU, LAMA, MATE, METS, PENC, POTS, REYK, WTZR ve ZIMM istasyonları grafiklerine bakıldığında ilgili istasyonlarda belirgin bir trend olmadığı görülmektedir (Şekil 19).



Şekil 19. GOPE, GRAZ, HERS, JOZE, KIRU, LAMA, MATE, METS, PENC, POTS, REYK, WTZR ve ZIMM istasyonları basit doğrusal regresyon analizi trend grafikleri



Şekil 19'un devamı



Uygulanan regresyon modelinin doğruluğunu test etmek için Model Hipotezi Testi uygulanmış ve her istasyon uygulanan modelin uygun olduğu sonucu elde edilmiştir. Regresyon parametrelerinin anlamlılığını test etmek için yapılan Parametrelerin Anlamlılığı Testine göre ise  $a_1$  katsayısı ANKR, BRUS, EBRE, GRAS ve MAS1 istasyonlarında anlamlı çıkmıştır. Bu istasyonlar incelendiğinde ANKR, EBRE ve MAS1 istasyonunda  $a_1$  katsayısının pozitif olduğu (Şekil 17), BRUS ve GRAS istasyonlarında ise  $a_1$  katsayısının negatif olduğu görülmüştür (Şekil 18).  $a_1$  katsayısının anlamsız çıktığı istasyonlarda ise  $a_1$  değerinin çok küçük olduğu ve bunun sonucunda istasyonlarda belirgin bir trendin olmadığı görülmüştür.  $a_0$  katsayısı ise tüm istasyonlarda anlamlı çıkmıştır (Tablo 3).

Tablo 3. Regresyon modelinin uygunluğunun ve regresyon katsayılarının anlamlılığının hipotez testi sonuçları

İst.Kod	$a_0$	$a_1$	$m_{a_1}$	$m_{a_0}$	Test Büyüküğü (T)	t-tablo değeri ( $\alpha=0.05$ )	$a_0$ test	$a_1$ test
ANKR	2.1508	0.2475	0.0315	0.0006	2.52	1.96	Anlamlı	Anlamlı
BOR1	2.3828	0.0835	0.0472	0.0007	1.12	1.96	Anlamlı	Anlamsız
BRUS	2.3844	-0.1002	0.0438	0.0007	1.30	1.96	Anlamlı	Anlamlı
EBRE	2.4221	0.1078	0.0509	0.0008	9.63	1.96	Anlamlı	Anlamlı
GOPE	2.2555	0.0431	0.0435	0.0007	1.32	1.96	Anlamlı	Anlamsız
GRAS	2.0539	-0.1339	0.0395	0.0007	1.60	1.96	Anlamlı	Anlamlı
GRAZ	2.2786	-0.0227	0.0478	0.0008	1.09	1.96	Anlamlı	Anlamsız
HERS	2.4062	-0.0499	0.0430	0.0007	1.35	1.96	Anlamlı	Anlamsız
JOZE	2.3766	-0.0123	0.0481	0.0007	1.08	1.96	Anlamlı	Anlamsız
KIRU	2.2541	0.0910	0.0476	0.0008	1.10	1.96	Anlamlı	Anlamsız
LAMA	2.3561	0.0718	0.0465	0.0007	1.15	1.96	Anlamlı	Anlamsız
MAS1	2.3928	0.1807	0.0358	0.0006	1.95	1.96	Anlamlı	Anlamlı
MATE	2.2825	0.0212	0.0392	0.0006	1.62	1.96	Anlamlı	Anlamsız
METS	2.3595	0.0329	0.0463	0.0008	1.16	1.96	Anlamlı	Anlamsız
PENC	2.3500	-0.0540	0.0463	0.0008	1.16	1.96	Anlamlı	Anlamsız
POTS	2.3772	0.0396	0.0457	0.0007	1.20	1.96	Anlamlı	Anlamsız
REYK	2.3537	0.0661	0.0479	0.0008	1.09	1.96	Anlamlı	Anlamsız
WTZR	2.2358	-0.0429	0.0432	0.0007	1.34	1.96	Anlamlı	Anlamsız
ZIMM	2.1603	0.0050	0.0419	0.0006	1.42	1.96	Anlamlı	Anlamsız

EKK ilkesine göre hesaplanan regresyon parametrelerinden trendin eğimini ifade eden  $a_1$  parametresinin istasyonlara göre değişimi Şekil 20’de gösterilmiştir.



Şekil 20. Basit doğrusal regresyon analizi sonuçlarına göre istasyonlardaki trend eğimi

İstasyonlarda basit doğrusal regresyon modeline göre belirlenen trend değişimlerinin görsel bir sunumu için her bir istasyon için EKK ilkesine göre hesaplanan  $a_1$  eğim parametre değerleri üç aralıkta sınıflandırıldı ve bu aralıklar için renk skalası oluşturuldu. Buna göre, istasyonlardaki trendin yönü ve büyüklüğü ile ilgili genel bir değerlendirme yapmak için  $a_1$  değeri  $[-0.1339 \ 0.005]$  arasında ise kırmızı,  $[0.005 \ 0.1078]$  arasında ise sarı,  $[0.1078 \ 0.2475]$  arasında ise yeşil renkle gösterildi (Şekil 20). Buradan elde edilen sonuçlarla basit doğrusal regresyon modeline göre Şekil 17, Şekil 18 ve Şekil 19’da her bir istasyon için ayrı ayrı çizilmiş trend grafikleri büyük oranda uyumludur. Şekil 17’de basit doğrusal regresyon analizi ile elde edilen trend grafiklerine bakıldığında ANKR, BOR1, EBRE ve MAS1 istasyonlarında artan trendler görülmekte, Şekil 18’de ise GRAS ve BRUS istasyonlarında azalan yönde trendler ve Şekil 19’daki istasyonlarda ise belirgin bir trendin olmadığı görülmektedir. (Şekil 20)’de ANKR, EBRE ve MAS1 istasyonları yeşil

renkle en yüksek  $a_1$  değerine sahip istasyonlar, GRAS ve BRUS istasyonları ise kırmızı renkte ve en küçük  $a_1$  değerine sahip istasyonlardır.

### 2.2.1.1. Regresyon Katsayılarının Belirleyicilik Katsayısı ile Anlamlılığının Testi

1995-2010 yılları arasında 19 adet IGS istasyonu için yeniden kestirilmiş olan günlük ZTD verilerine yapılan basit doğrusal regresyon analizi sonucu elde edilen regresyon katsayılarının anlamlılığını test etmek için her bir istasyonda  $R^2$  Belirleyicilik katsayıları hesaplandı. Bunun sonucunda kurulan regresyon modelinin ZTD verilerindeki değişimi %99 karşıladığı görülmüştür (Tablo 4).

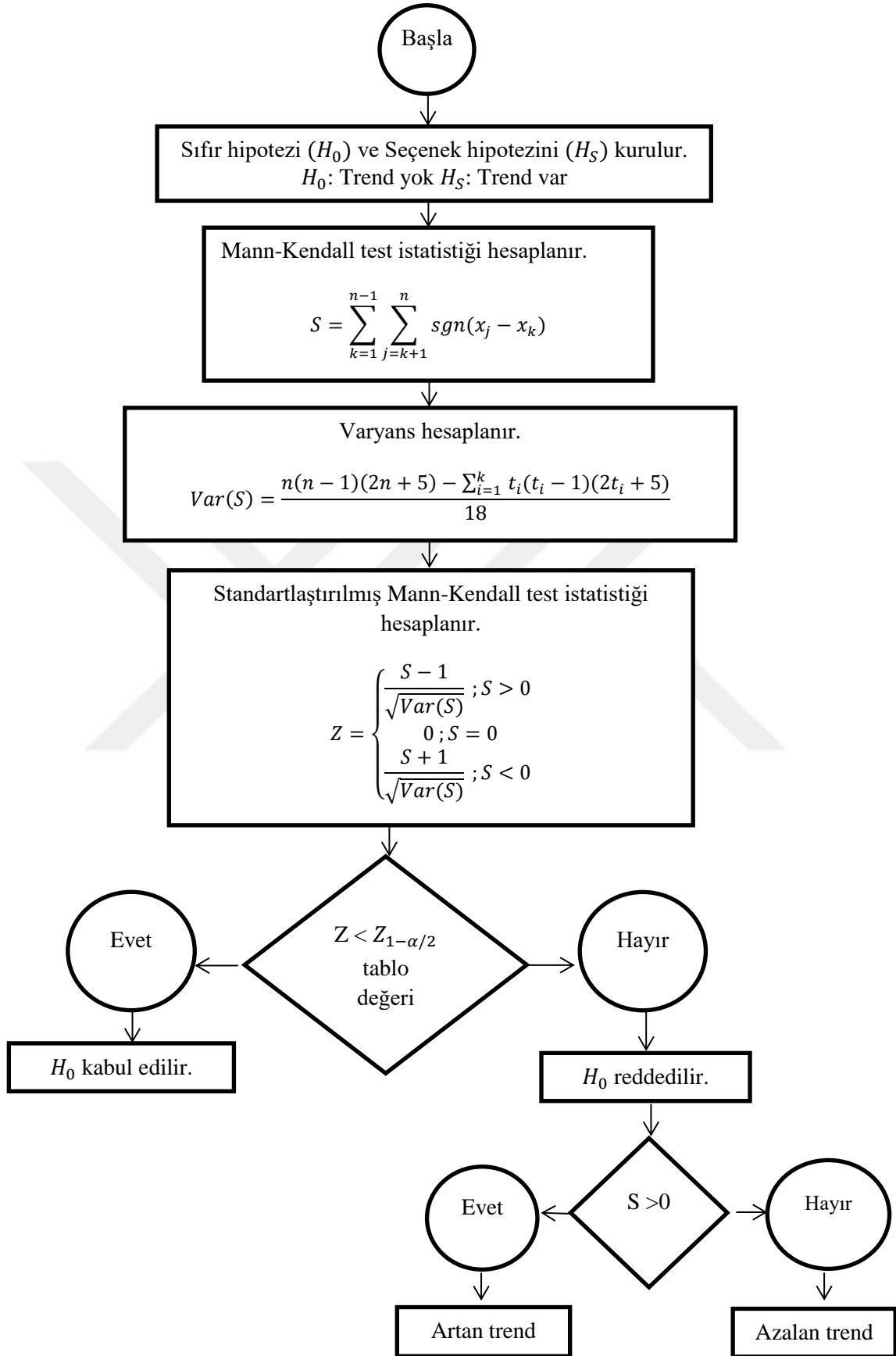
Tablo 4.  $R^2$  belirleyicilik katsayıları

IGS İstasyon Kodu	$R^2$ Belirleyicilik Katsayısı
ANKR	0.9998
BOR1	0.9996
BRUS	0.9997
EBRE	0.9996
GOPE	0.9996
GRAS	0.9996
GRAZ	0.9996
HERS	0.9997
JOZE	0.9996
KIRU	0.9996
LAMA	0.9996
MAS1	0.9998
MATE	0.9997
METS	0.9996
PENC	0.9996
POTS	0.9996
REYK	0.9996
WTZR	0.9996
ZIMM	0.9996

### 2.2.2. Mann-Kendall Testi

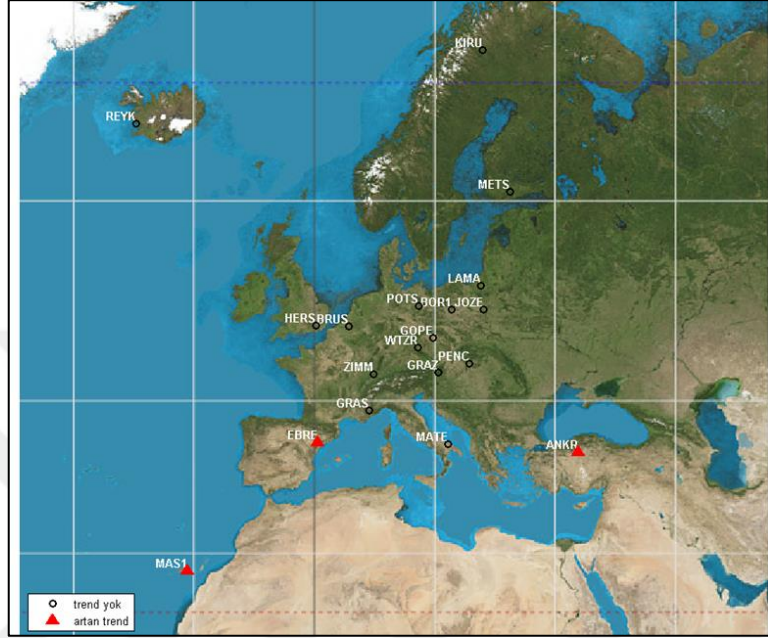
Parametrik olmayan testlerden biri olan Mann-Kendall testi ile 1995-2010 yılları arasında 19 IGS istasyonu için günlük ZTD verilerinde trend eğilimi belirlenmeye çalışıldı. Mann-Kendall testinin işlem adımları Şekil 21’te gösterildiği gibi gerçekleştirildi. Bu çalışmada kullanılan istasyonlarda aynı değere sahip ZTD verileri bulunması sebebiyle varyans değerleri (56) eşitliği ile hesaplandı. Bu nedenle önce aynı değere sahip olan veriler MATLAB programlama dilinde yazılan program kodları ile tespit edildi ve ardından varyans hesaplandı. Burada,  $k$  veri setindeki bağıl grupların sayısı,  $t_i$  değeri ise  $i$  uzunluğundaki bir seride bağılı gözlemleri ifade etmektedir.

Mann- Kendall test istatistiği ( $Z$ ) bulunduktan sonra %95 istatistik güvenle standart normal dağılım tablo değeri ( $Z_{tablo}$ ) hesaplandı ve test istatistiği, tablo değeri ile karşılaştırılarak trend olup olmadığı tespit edildi. Ardından trendin olduğu istasyonlarda trendin yönü tespit edildi. Bu istasyonlarda (53) eşitliğine göre hesaplanan S değeri pozitif ise artan yönde bir trend, negatif ise azalan yönde bir trend olduğuna karar verildi.



Şekil 21. Mann-Kendall testi iş akış şeması

Mann-Kendall testi sonucuna göre; ANKR, EBRE ve MAS1 istasyonlarında trend tespit edilmiş olup ilgili istasyonlardaki trend yönünün artan yönde olduğu görülmüştür. Diğer istasyonlarda ise trend olmadığı görülmüştür (Şekil 22).



Şekil 22. Mann-Kendall testine göre istasyonlardaki trend durumu

Mann-Kendall trend testine göre hesaplanan  $Z$  test değerleri ve %95 istatistik güvenle  $Z_{tablo}$  değeri ile karşılaştırılması sonucu istasyon bazında trend analizi Tablo 5'te gösterilmiştir.

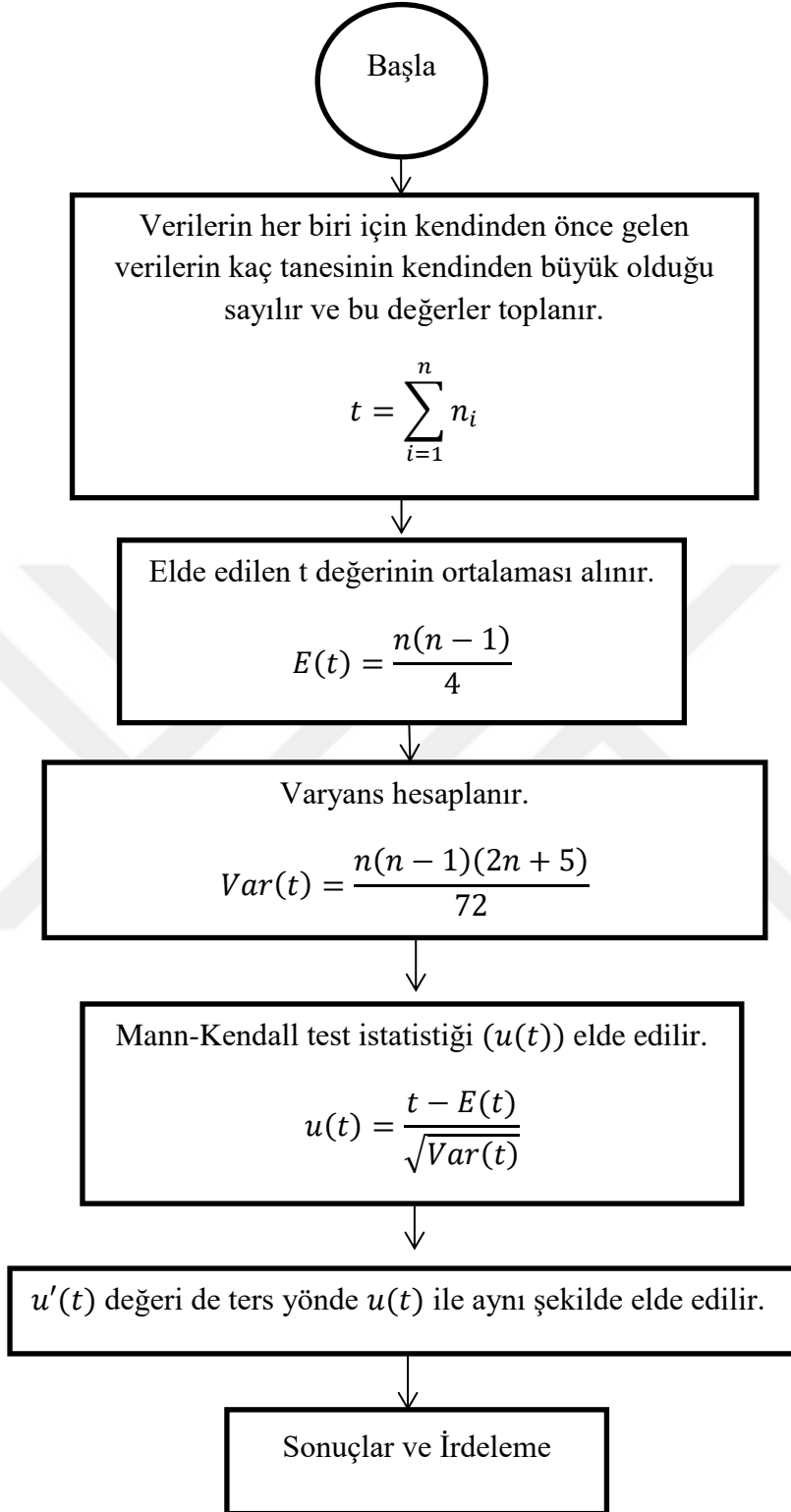
Tablo 5. Mann-Kendall testi ile trend analizi sonuçları

İst. Kodu	Standartlaştırılmış Mann-Kendall istatistiği (Z)	Standart normal dağılım tablo değeri (Z) ( $\alpha=0.05$ )	Trend	Trendin yönü
ANKR	7.6578	1.96	Trend Var	Artan
BOR1	1.7687	1.96	Trend Yok	-
BRUS	-2.3002	1.96	Trend Yok	-
EBRE	2.1397	1.96	Trend Var	Artan
GOPE	1.4549	1.96	Trend Yok	-
GRAS	-2.9557	1.96	Trend Yok	-
GRAZ	-0.9073	1.96	Trend Yok	-
HERS	-0.6723	1.96	Trend Yok	-
JOZE	-0.3171	1.96	Trend Yok	-
KIRU	1.6757	1.96	Trend Yok	-
LAMA	1.1883	1.96	Trend Yok	-
MAS1	4.3215	1.96	Trend Var	Artan
MATE	0.7774	1.96	Trend Yok	-
METS	0.544	1.96	Trend Yok	-
PENC	-1.4826	1.96	Trend Yok	-
POTS	0.5327	1.96	Trend Yok	-
REYK	1.5295	1.96	Trend Yok	-
WTZR	-1.3315	1.96	Trend Yok	-
ZIMM	0.2202	1.96	Trend Yok	-

### 2.2.3. Mann-Kendall Mertebe Korelasyon Testi

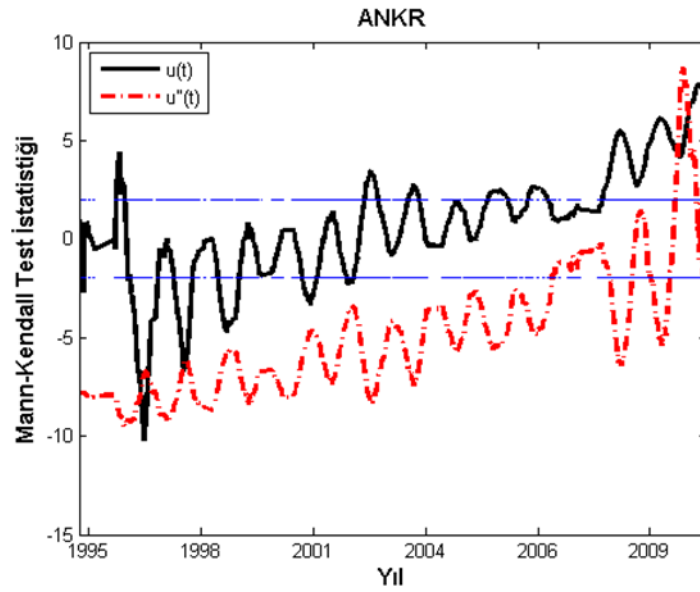
Parametrik olmayan testlerden biri olan Mann-Kendall Mertebe Korelasyon testi ile 1995-2010 yılları arasında 19 IGS istasyonu için günlük ZTD verilerinde zaman içerisinde artma veya azalma yönünde meydana gelen trend eğilimlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca bu yöntem ile trend başlangıç yılı belirlenmeye çalışılmıştır. Her bir istasyon için  $u(t)$  değerleri (61) eşitliği ile hesaplanmıştır. Aynı şekilde tersten giderek  $u'(t)$  değerleri hesaplanmıştır. Bu iki değer birbirini altlı üstlü kesiyor ise trend yok anlamına gelir. Eğer keşşerek birbirinden uzaklaşıyorsa trendin olduğu anlamına gelir.





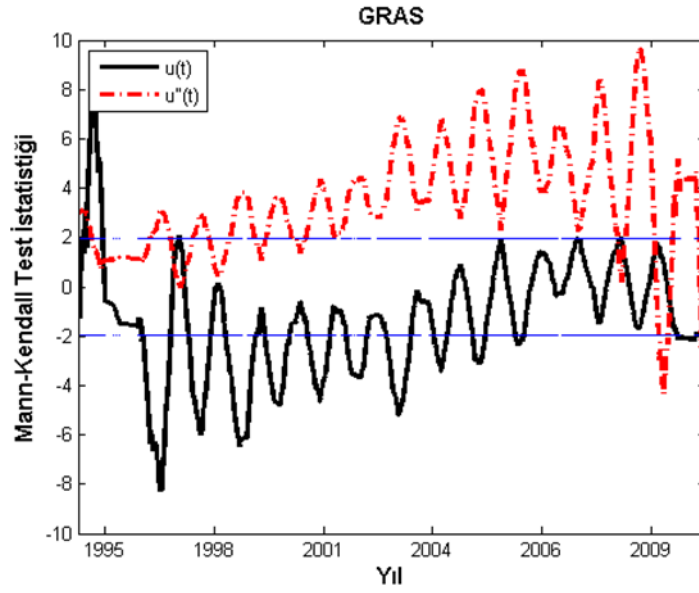
Şekil 23. Mann-Kendall Mertebe Korelasyon testi iş akış şeması

ANKR istasyonunda kaydedilen ZTD verileri incelendiğinde  $u(t)$  ve  $u'(t)$  eğrilerinin birbirini art arda alttan ve üstten kesmediği görülmektedir bu da ANKR istasyonunda artan yönde bir trend olduğu anlamına gelir. Trend başlangıç yılı ise  $u(t)$  ve  $u'(t)$  eğrilerinin birbirini ilk kestiği zaman olan 1996 yılıdır.  $u(t)$  ve  $u'(t)$  değerleri kritik değer olan  $\pm 1.96$  değerinin üzerinde olması, trendin artış eğiliminin %95 istatistik güvenle anlamlı olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 24).



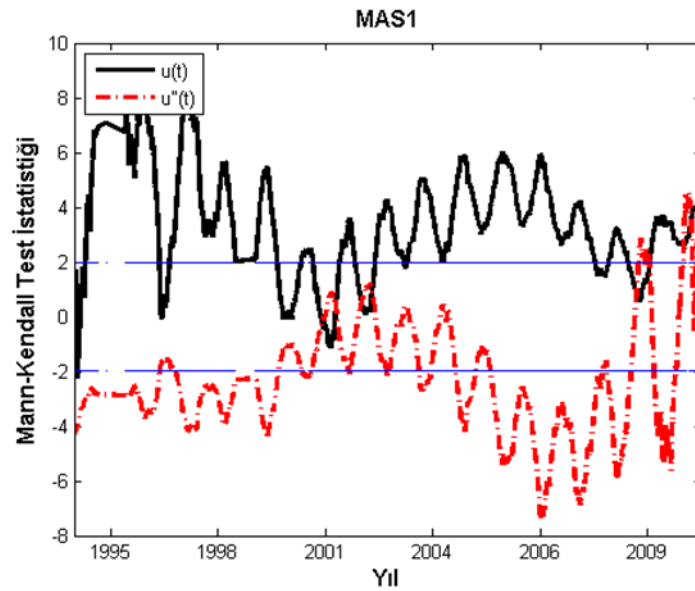
Şekil 24. ANKR istasyonu Mann-Kendall mertebe korelasyon testi grafiği

ANKR istasyonunda kaydedilen ZTD verileri Mann-Kendall Mertebe Korelasyon testine göre artan yönde trend görülmektedir. Trend başlangıcı  $u(t)$  ve  $u'(t)$  değerlerinin birbirini ilk kestiği yer olan 1996 yılıdır.  $u(t)$  ve  $u'(t)$  değerleri kritik değer olan  $\pm 1.96$  değerinin üzerindedir. Buna göre artış eğilimi %95 istatistik güvenle anlamlıdır (Şekil 24).



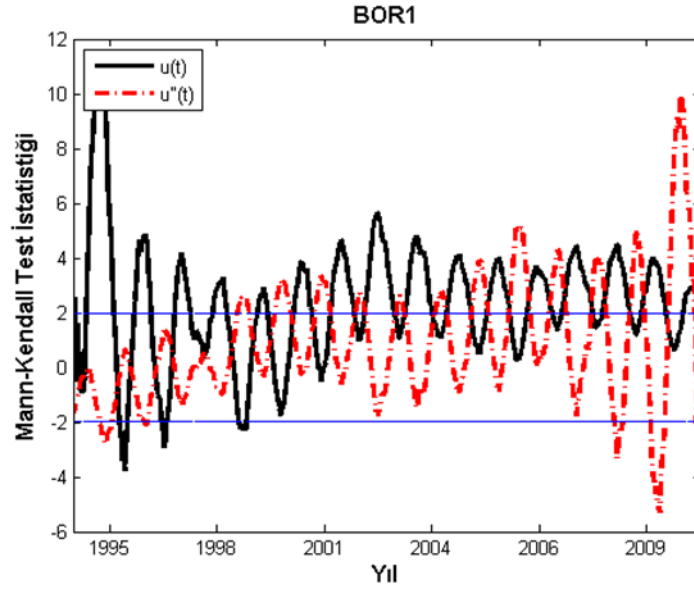
Şekil 25. GRAS istasyonu Mann-Kendall mertebeye korelasyon testi grafiği

GRAS istasyonunda kaydedilen ZTD verilerinin Mann-Kendall Mertebeye Korelasyon testine göre trend başlangıç yılı 1995 yılıdır ve 1998-2008 yılları arasında artan yönde bir trend görülmektedir.  $u(t)$  ve  $u'(t)$  değerleri kritik değer olan  $\pm 1.96$  değerinin üzerinde olması, trendin artış eğiliminin %95 istatistik güvenle anlamlıdır (Şekil 25).



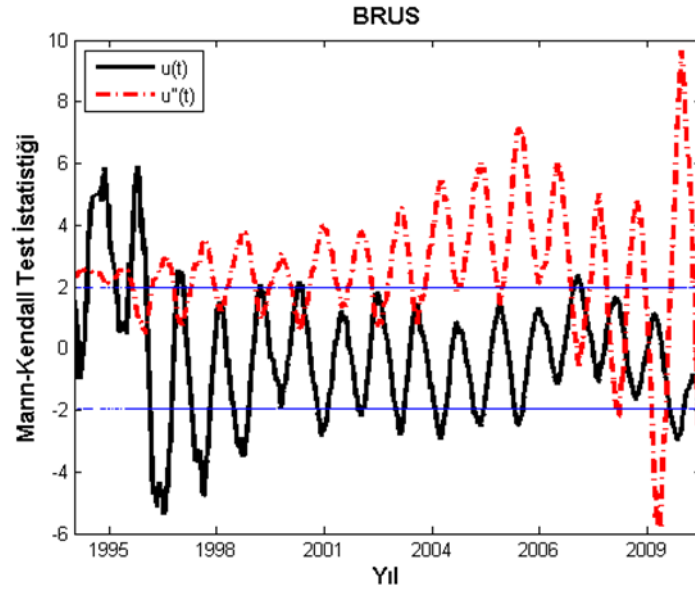
Şekil 26. MAS1 istasyonu Mann-Kendall mertebeye korelasyon testi grafiği

MAS1 istasyonunda 2001 yılına kadar azalma eğilimi varken bu yıldan sonra artma eğilimine geçtiği görülmektedir.  $u(t)$  değerlerinin kritik değer olan  $\pm 1.96$  değerinin üzerinde olduğu görülmekte olup trend eğilimin anlamlı olduğu sonucuna varılmaktadır (Şekil 26).

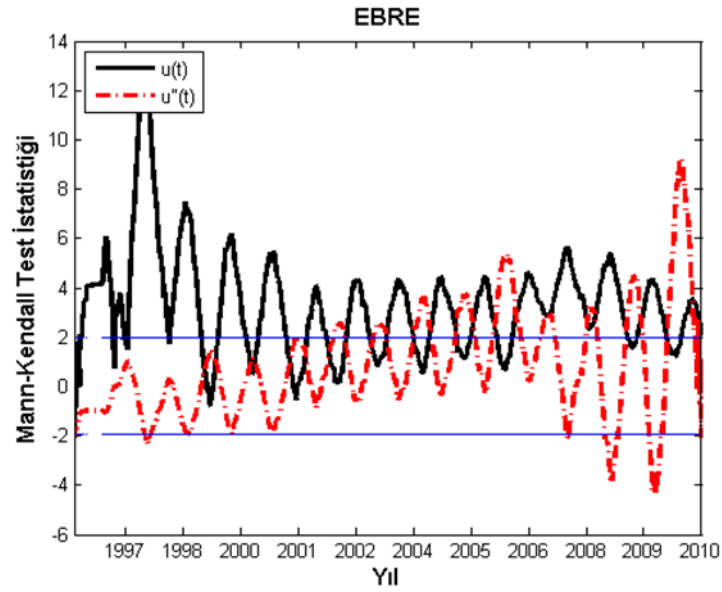


Şekil 27. BOR1 istasyonu Mann-Kendall mertebeye korelasyon testi grafiği

BOR1 istasyonunda  $u(t)$  ve  $u'(t)$  eğrileri birbirini altı üstü kesmektedir. Dolayısıyla bu istasyonda trend gözlenmemiştir (Şekil 27).

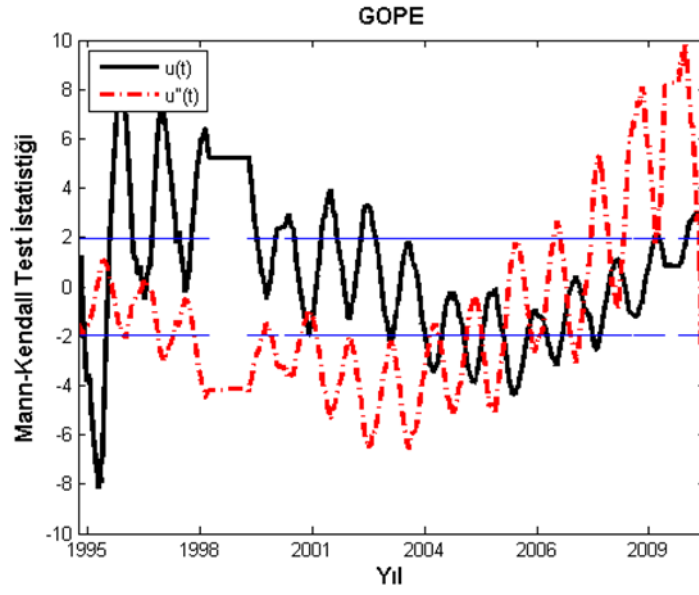


Şekil 28. BRUS istasyonu Mann-Kendall mertebeye korelasyon testi grafiği

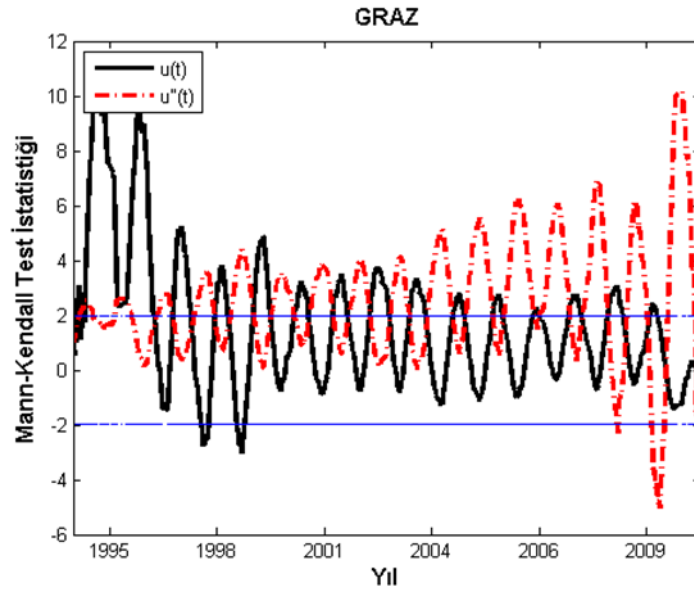


Şekil 29. EBRE istasyonu Mann-Kendall mertebeye korelasyon testi grafiği

BRUS ve EBRE istasyonlarında  $u(t)$  ve  $u'(t)$  eğrileri defalarca üst üste gelmiştir. Dolayısıyla ilgili istasyonlarda trend gözlemlenmemiştir (Şekil 28, Şekil 29).

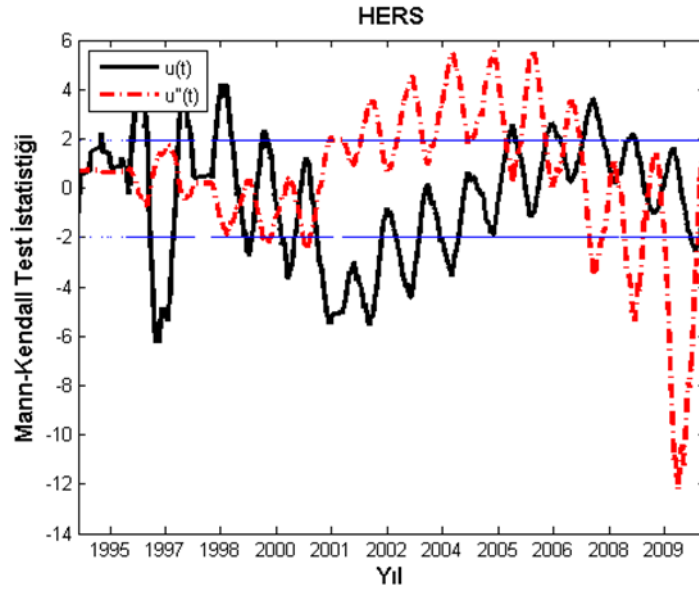


Şekil 30. GOPE istasyonu Mann-Kendall mertebeye korelasyon testi grafiği



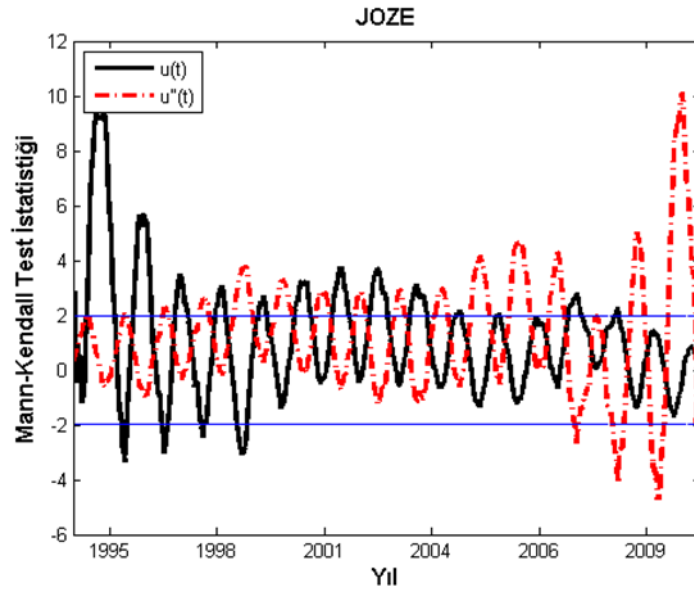
Şekil 31. GRAZ istasyonu Mann-Kendall mertebeye korelasyon testi grafiği

GOPE ve GRAZ istasyonlarında da  $u(t)$  ve  $u''(t)$  eğrileri defalarca üst üste gelmiştir. Dolayısıyla bu istasyonlarda da trend gözlemlenmemiştir (Şekil 30, Şekil 31).



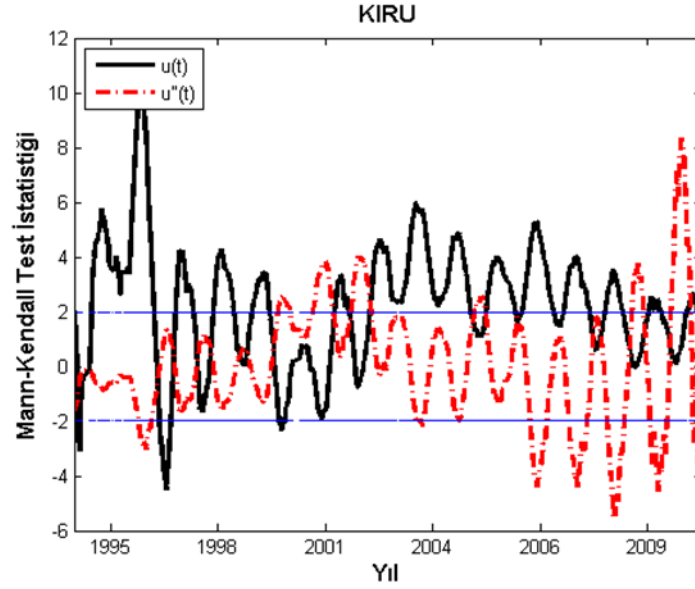
Şekil 32. HERS istasyonu Mann-Kendall mertebeye korelasyon testi grafiği

HERS istasyonunda 2001 yılına kadar trend yokken 2001-2005 yılları arası artma eğiliminde olduğu görülmekte olup 2005 yılından sonra tekrar trend gözlemlenmemiştir (Şekil 32).



Şekil 33. JOZE istasyonu Mann-Kendall mertebeye korelasyon testi grafiği

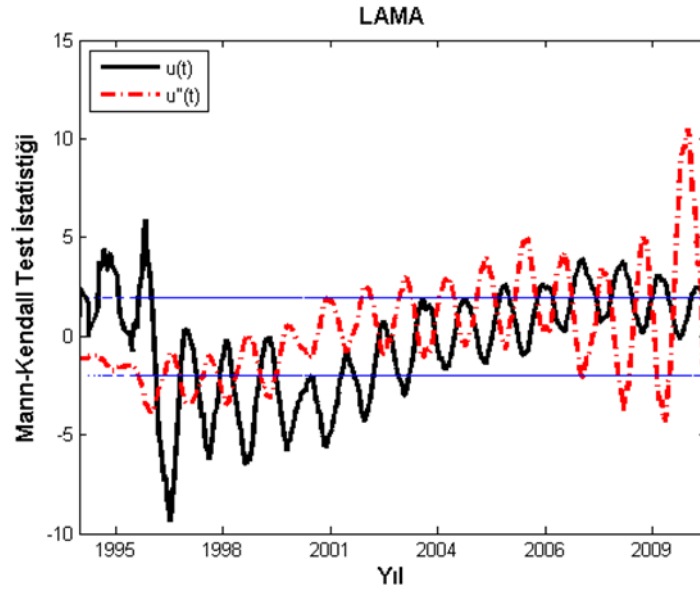
JOZE istasyonunda kaydedilen ZTD verilerine yapılan Mann-Kendall Meritebe Korelasyon testine göre  $u(t)$  ve  $u'(t)$  eğrileri sürekli olarak birbirini kestiğinden bu istasyonda trend gözlemlenmemiştir (şekil 33).



şekil 34. KIRU istasyonu Mann-Kendall meritebe korelasyon testi grafiği

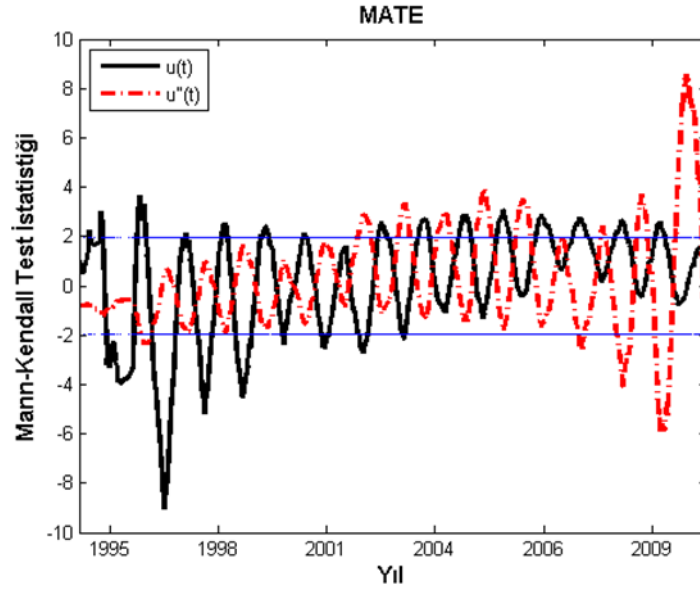
KIRU istasyonunda 1995 yılında  $u(t)$  ve  $u'(t)$  eğrilerinin birbirini kestiği 1997 yılına kadar artan yönde trend olduğu grlmştir. Fakat 1997 yılından itibaren  $u(t)$  ve  $u'(t)$  eğrilerinin birbirini defalarca kestiğinden dolayı belirgin bir trend gözlemlenmemiştir (şekil 34).



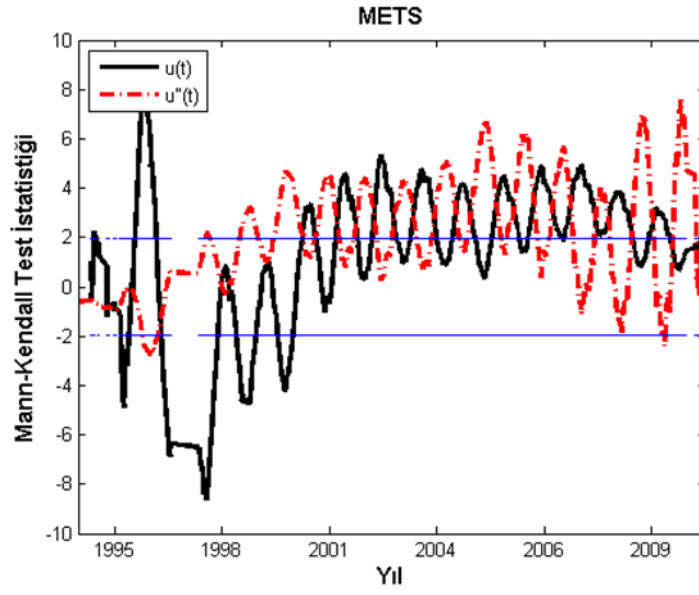


Şekil 35. LAMA istasyonu Mann-Kendall mertebeye korelasyon testi grafiği

LAMA istasyonunda  $u(t)$  ve  $u'(t)$  eğrileri defalarca üst üste gelmiştir. Bu da LAMA istasyonunda bir trend eğiliminin gözlenmediği anlamına gelir (Şekil 35).

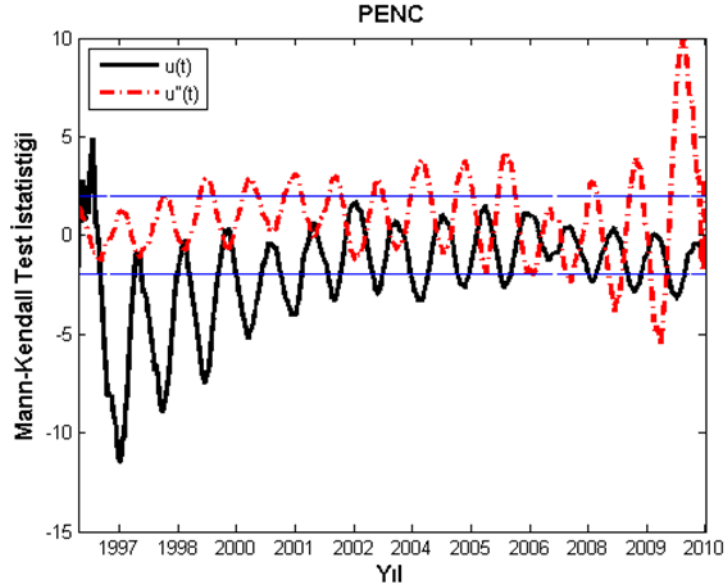


Şekil 36. MATE istasyonu Mann-Kendall mertebeye korelasyon testi grafiği

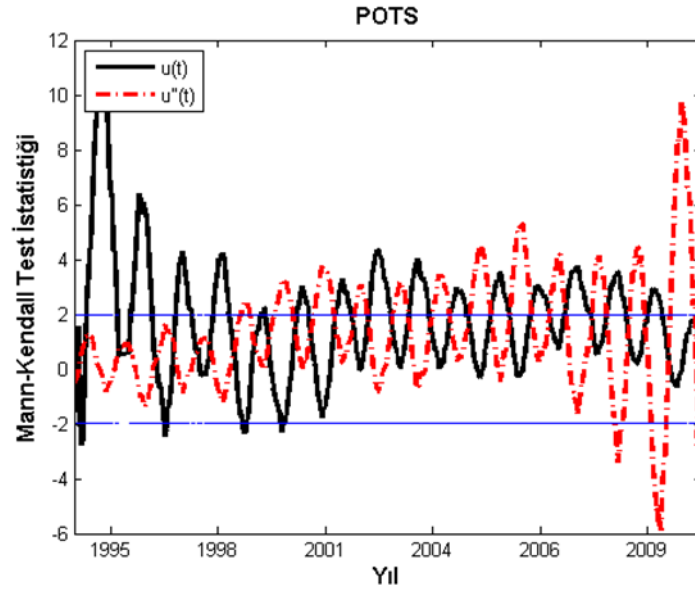


Şekil 37. METS istasyonu Mann-Kendall mertebeye korelasyon testi grafiği

MATE ve METS istasyonlarında  $u(t)$  ve  $u'(t)$  eğrileri defalarca üst üste gelmiştir. Bu da MATE ve METS istasyonlarında bir trend eğiliminin gözlenmediği anlamına gelir (Şekil 36, Şekil 37).

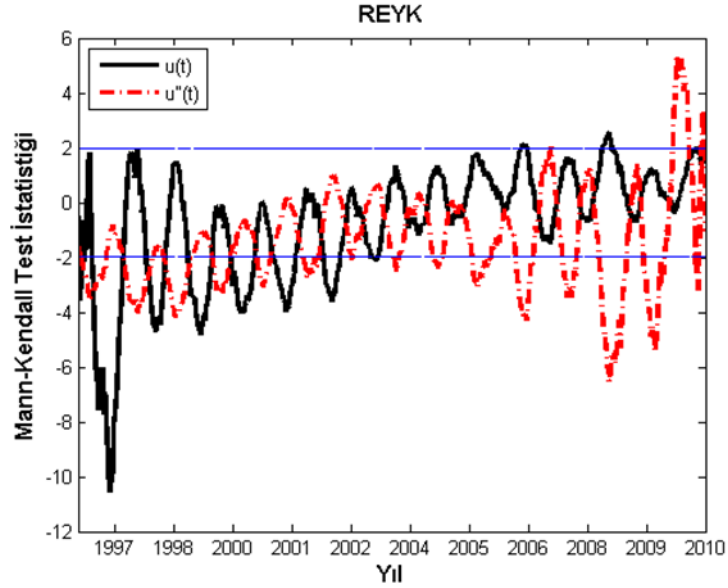


Şekil 38. PENC istasyonu Mann-Kendall mertebeye korelasyon testi grafiği

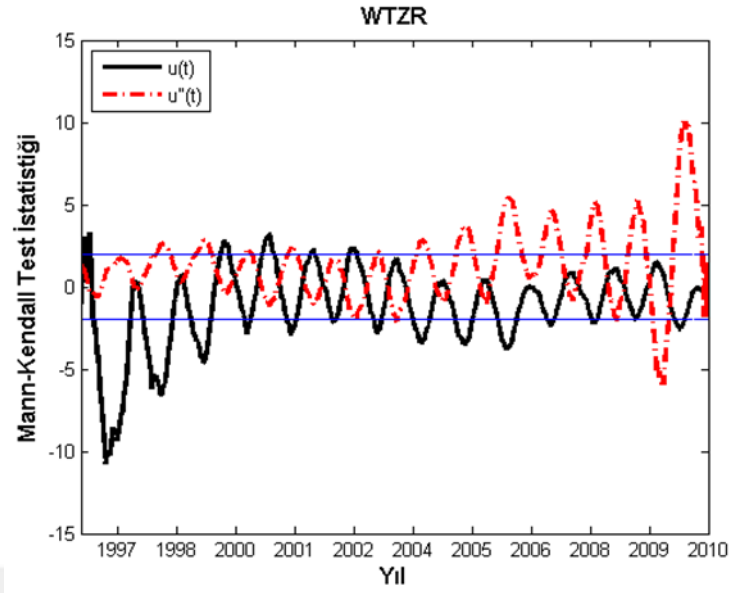


Şekil 39. POTS istasyonu Mann-Kendall mertebeye korelasyon testi grafiği

PENC ve POTS istasyonlarında  $u(t)$  ve  $u'(t)$  eğrileri defalarca üst üste gelmiştir. Bu da PENC ve POTS istasyonlarında bir trend eğiliminin gözlenmediği anlamına gelir (Şekil 38, Şekil 39).

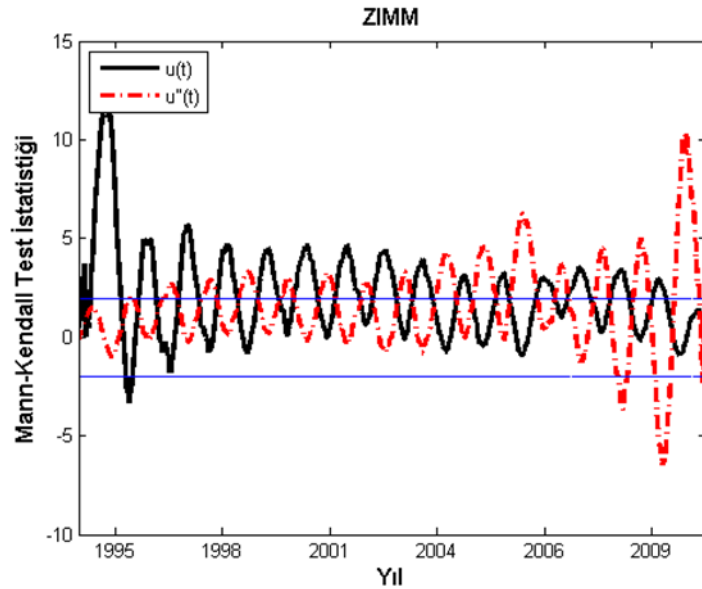


Şekil 40. REYK istasyonu Mann-Kendall mertebeye korelasyon testi grafiği



Şekil 41. WTZR istasyonu Mann-Kendall mertebeye korelasyon testi grafiği

REYK ve WTZR istasyonlarında da  $u(t)$  ve  $u'(t)$  eğrileri defalarca üst üste gelmiştir. Bu da REYK ve WTZR istasyonlarında bir trend eğiliminin gözlenmediği anlamına gelir (Şekil 40, Şekil 41).

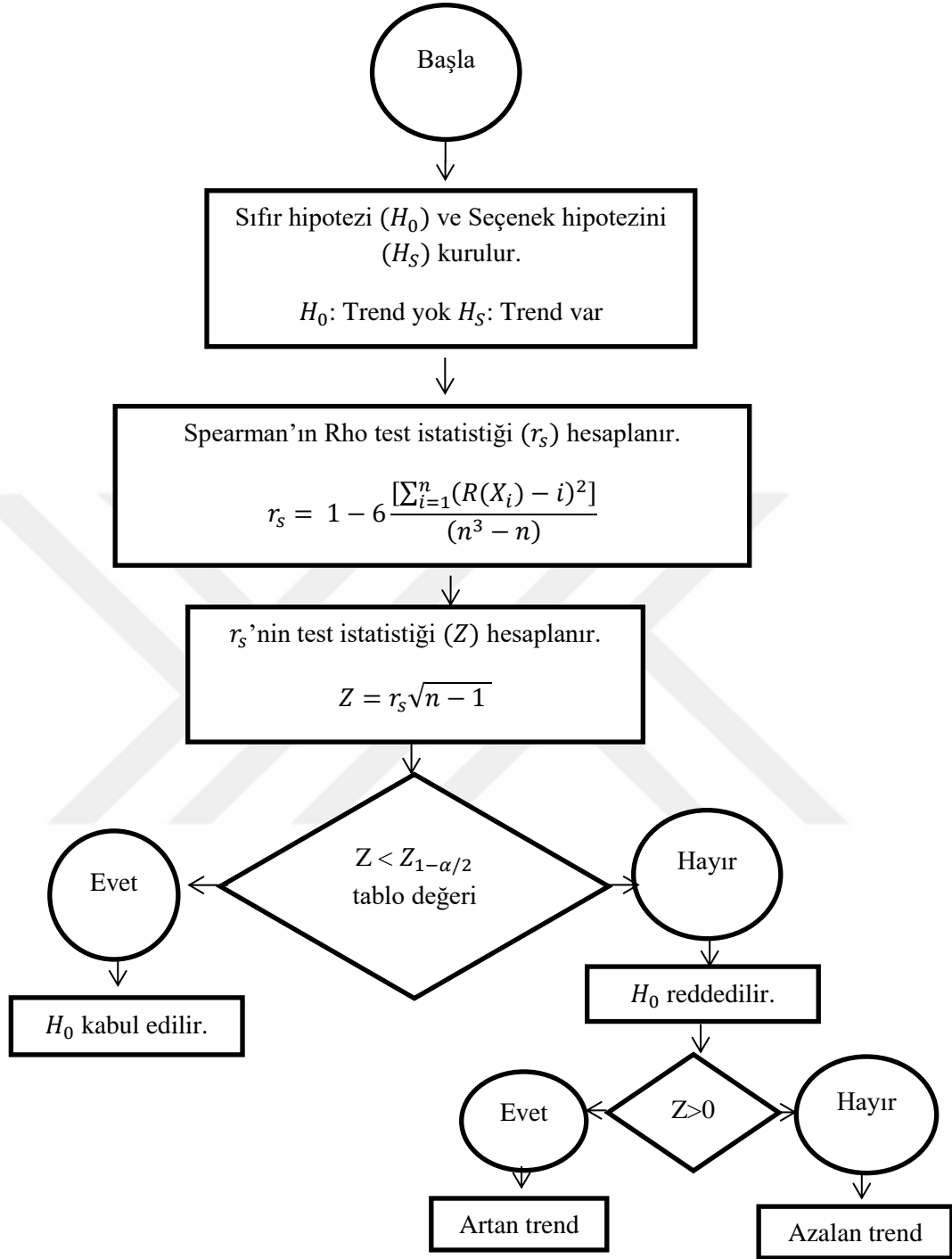


Şekil 42. ZIMM istasyonu Mann-Kendall mertebeye korelasyon testi grafiği

ZIMM istasyonunda  $u(t)$  ve  $u'(t)$  eğrileri sürekli olarak birbirini kestiğinden, ZIMM istasyonunda bir trend yoktur (Şekil 42).

#### 2.2.4. Spearman'ın Rho Testi

Parametrik olmayan testlerden biri olan Spearman'ın Rho testi ile 1995-2010 yılları arasında 19 IGS istasyonu için günlük ZTD verilerinde zaman içerisinde trend eğilimlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Testin uygulanmasında Şekil 43'te verilen iş akış şemasına göre işlem adımları takip edildi, bunun için önce ZTD verileri küçükten büyüğe doğru sıralandı, (62) eşitliğinden Spearman'ın Rho test istatistiği ( $r_s$ ) ve (63) eşitliğinden  $r_s$ 'nin test istatistiği hesaplandı (Tablo 6). Z değeri, %95 istatistik güvenle standart normal dağılım tablo değeri ( $Z_{tablo}$ ) ile karşılaştırıldı ve trend olup olmadığı belirlendi. Trend bulunan istasyonların Z değeri pozitif ise artan, negatif ise azalan yönde trend olduğuna karar verildi.

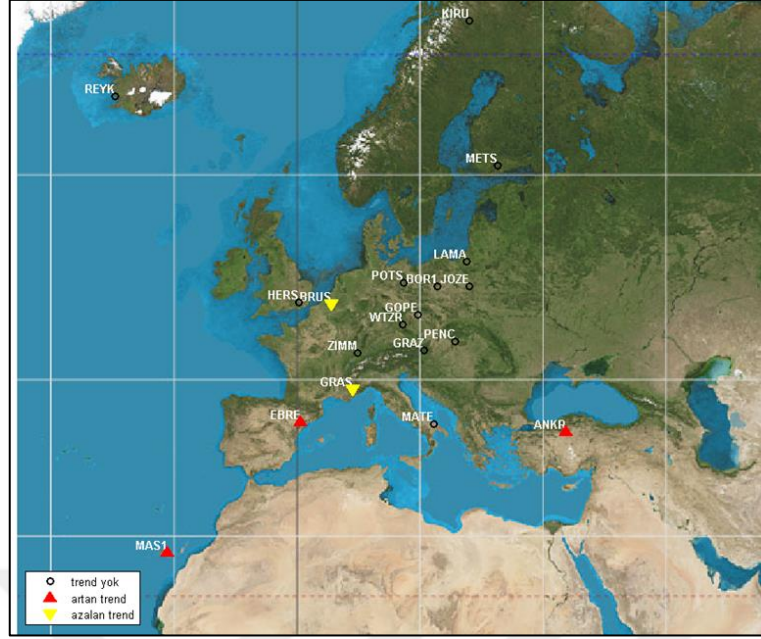


Şekil 43. Spearman'ın Rho testi iş akış şeması

Tablo 6. Spearman'ın Rho testi trend analizi sonucu

İstasyon Kodu	Spearman'ın Rho test statüğü ( $r_s$ )	$r_s$ 'nin test istatistüğü (Z)	Standart normal dağılım tablo değeri (Z) ( $\alpha=0.05$ )	Trend	Trendin yönü
ANKR	0.1431	7.6449	1.96	Trend Var	Artan
BOR1	0.0270	1.7739	1.96	Trend Yok	-
BRUS	-0.0365	-2.3115	1.96	Trend Var	Azalan
EBRE	0.0325	2.0144	1.96	Trend Var	Artan
GOPE	0.0239	1.4490	1.96	Trend Yok	-
GRAS	-0.0506	-3.0075	1.96	Trend Var	Azalan
GRAZ	-0.0143	-0.9040	1.96	Trend Yok	-
HERS	-0.0118	-0.7193	1.96	Trend Yok	-
JOZE	-0.0047	-0.3058	1.96	Trend Yok	-
KIRU	0.0266	1.6426	1.96	Trend Yok	-
LAMA	0.0184	1.1571	1.96	Trend Yok	-
MAS1	0.0683	4.2540	1.96	Trend Var	Artan
MATE	0.0125	0.7866	1.96	Trend Yok	-
METS	0.0089	0.5400	1.96	Trend Yok	-
PENC	-0.0234	-1.4462	1.96	Trend Yok	-
POTS	0.0084	0.5353	1.96	Trend Yok	-
REYK	0.0240	1.4478	1.96	Trend Yok	-
WTZR	-0.0210	-1.3225	1.96	Trend Yok	-
ZIMM	0.0030	0.1978	1.96	Trend Yok	-

Spearman'ın Rho testi sonucuna göre; ANKR, EBRE ve MAS1 istasyonlarında artan yönde trend, BRUS ve GRAS istasyonlarında ise azalan yönde trend belirlenmiştir (Şekil 44).

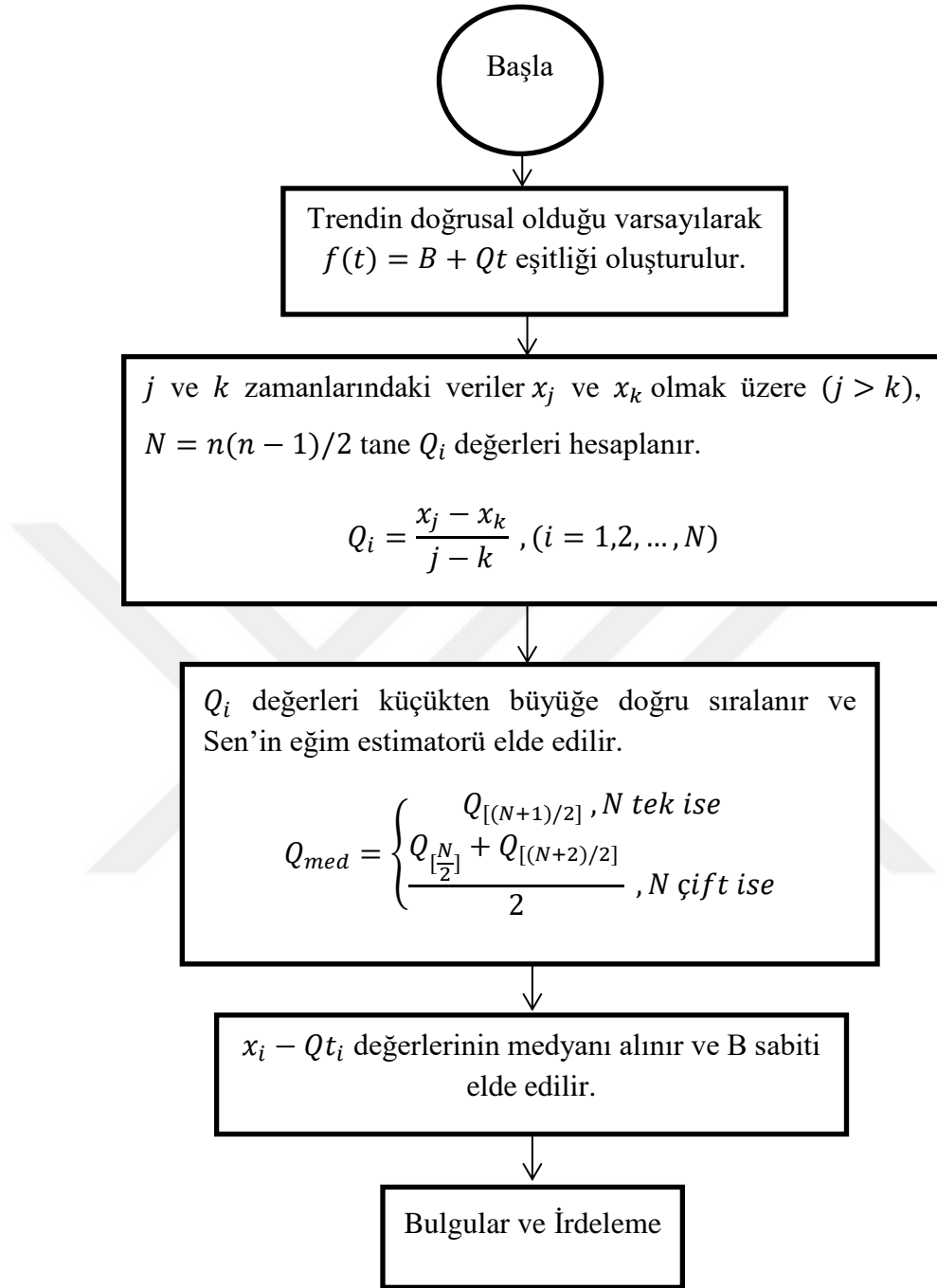


Şekil 44. Spearman'ın Rho testine göre istasyonlardaki trend durumu

### 2.2.5. Sen'in Trend Eğim Metodu

Parametrik olmayan testlerden biri olan Sen'in Trend Eğim metodu 1995-2010 yılları arasında 19 IGS istasyonu için günlük ZTD verilerinde lineer trend eğilimlerinin belirlenmesi amacıyla, Şekil 45'de verilen iş akış şemasına göre uygulandı. Bu yöntemde, lineer trend varsayımına göre  $f(t) = B + Qt$  eşitliği oluşturuldu.





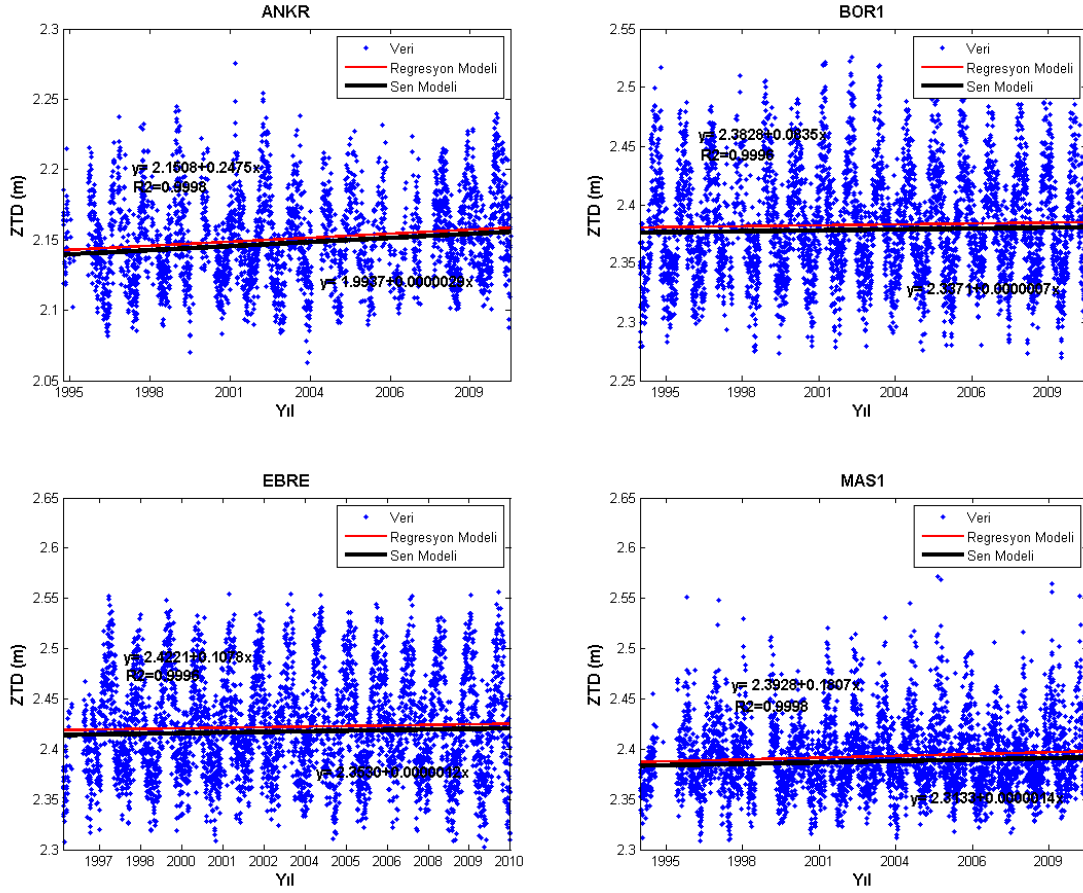
Şekil 45. Sen'in trend eğim metodu iş akış şeması

Sen'in Trend Eğim Metodunda eğim ( $Q$ ), zaman ( $x$ ), sabit ( $B$ ) değerleri kullanılarak kurulan model denklemleri ve Basit Doğrusal Regresyon Analizi'nde, trendin eğimi ( $a_1$ ) kesişim sabiti ( $a_0$ ) ve zaman ( $x$ ) değerleri kullanılarak kurulan model denklemleri Tablo 7'de gösterilmektedir.

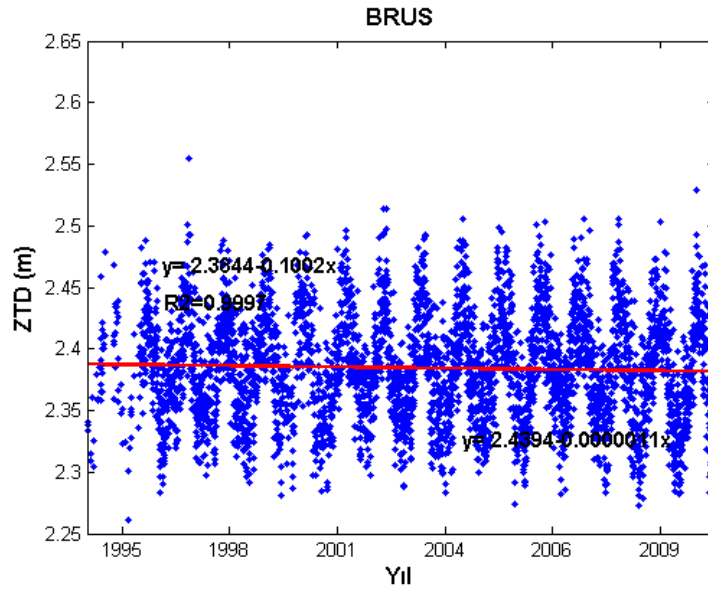
Tablo 7. Sen modeli ve regresyon modeli eşitlikleri

İstasyon Kodu	Sen Modeli	Basit Doğrusal Regresyon Modeli
ANKR	$y = 1.9937 + 0.0000029x$	$y = 2.1508 + 0.2475x$
BOR1	$y = 2.3371 + 0.0000007x$	$y = 2.3828 + 0.0835x$
BRUS	$y = 2.4394 - 0.0000011x$	$y = 2.3844 - 0.1002x$
EBRE	$y = 2.3530 + 0.0000012x$	$y = 2.4221 + 0.1078x$
GOPE	$y = 2.2146 + 0.0000007x$	$y = 2.2555 + 0.0431x$
GRAS	$y = 2.1202 - 0.0000013x$	$y = 2.0539 - 0.1339x$
GRAZ	$y = 2.2944 - 0.00000043x$	$y = 2.2786 - 0.0227x$
HERS	$y = 2.4227 - 0.00000033x$	$y = 2.4062 - 0.0499x$
JOZE	$y = 2.3783 - 0.00000014x$	$y = 2.3766 - 0.0123x$
KIRU	$y = 2.2087 + 0.00000081x$	$y = 2.2541 + 0.0910x$
LAMA	$y = 2.3220 + 0.00000058x$	$y = 2.3561 + 0.0718x$
MAS1	$y = 2.3133 + 0.0000014x$	$y = 2.3928 + 0.1807x$
MATE	$y = 2.2630 + 0.00000033x$	$y = 2.2825 + 0.0212x$
METS	$y = 2.3413 + 0.00000028x$	$y = 2.3595 + 0.0329x$
PENC	$y = 2.3853 - 0.00000076x$	$y = 2.3500 - 0.0540x$
POTS	$y = 2.3610 + 0.00000024x$	$y = 2.3772 + 0.0396x$
REYK	$y = 2.3109 + 0.00000083x$	$y = 2.3537 + 0.0661x$
WTZR	$y = 2.2652 - 0.00000063x$	$y = 2.2358 - 0.0429x$
ZIMM	$y = 2.1515 + 0.000000088x$	$y = 2.1603 + 0.0050x$

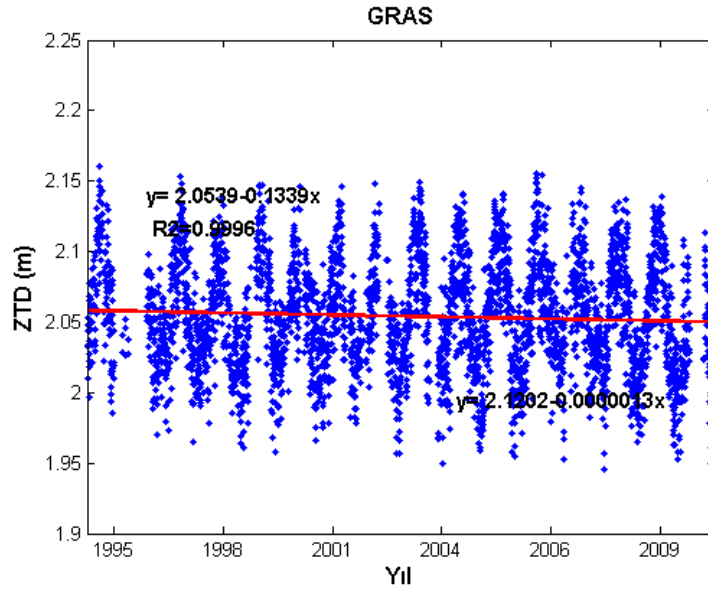
Şekil 46'da ANKR, BOR1, EBRE ve MAS1 istasyonlarında artan yönde trendler görülmektedir ve bu sonuçlar basit doğrusal regresyon yöntemiyle yapılan trend analizi sonuçları ile uyumaktadır. Bu dört istasyon için elde edilen trend eğiminin regresyon modeli ile elde edilen trend eğimine çok yakın olduğu görülmektedir.



Şekil 46. ANKR, BOR1, EBRE ve MAS1 istasyonları Sen'in trend eğim metodu grafiği

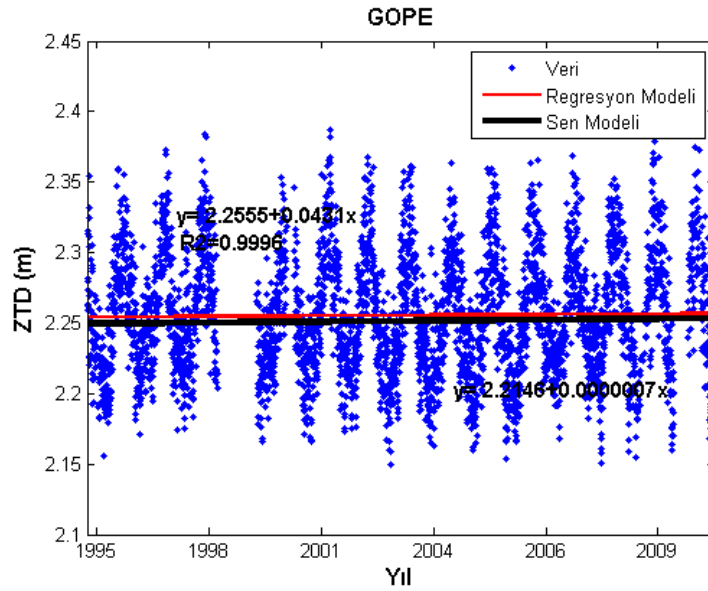


Şekil 47. BRUS istasyonu Sen'in trend eğim metodu grafiği

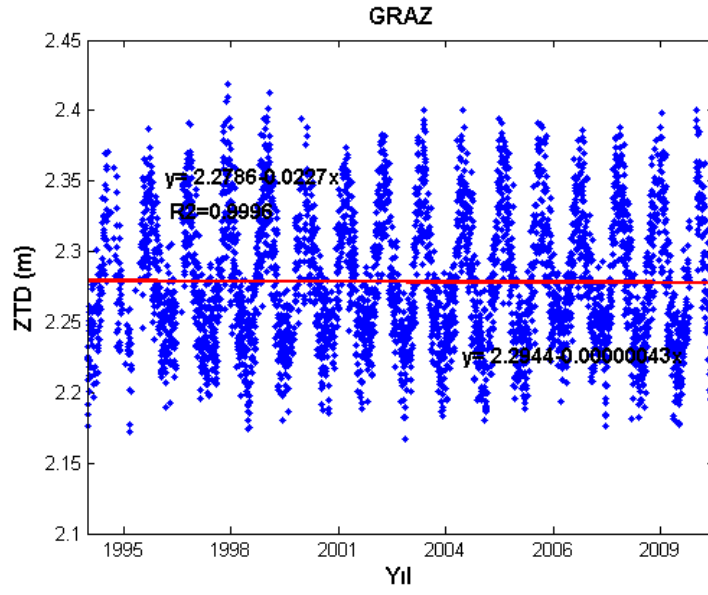


Şekil 48. GRAS istasyonu Sen'in trend eğim metodu grafiği

BRUS ve GRAS istasyonlarında azalan yönde trendler görülmektedir. Sen'in trend eğim yöntemi ile bulunan trend basit doğrusal regresyon analizi ile elde edilen trend ile üst üste çakışmaktadır (Şekil 47, Şekil 48).

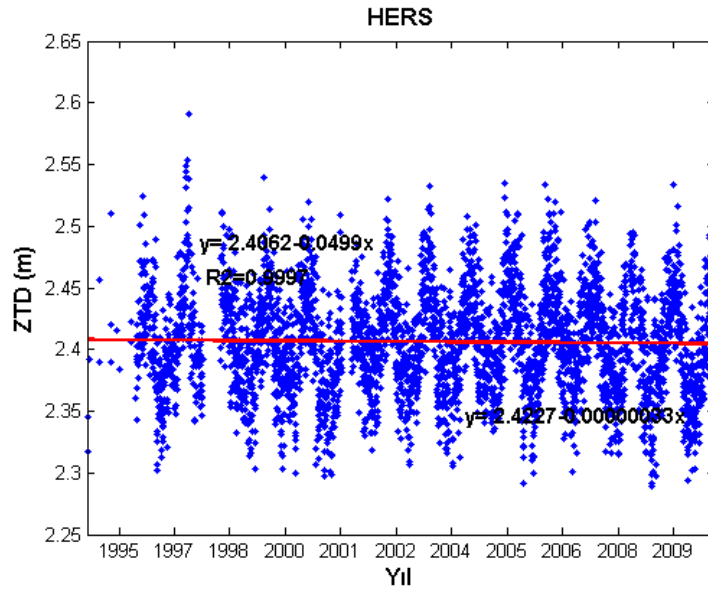


Şekil 49. GOPE istasyonu Sen'in trend eğim metodu grafiği

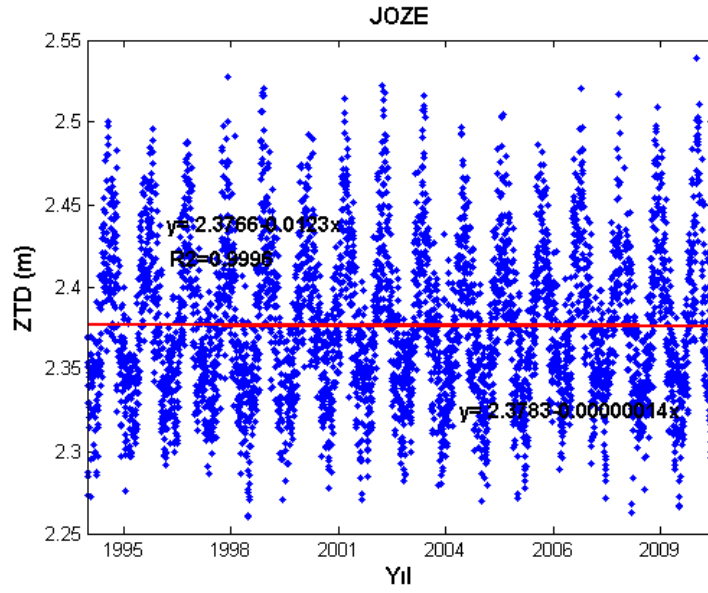


Şekil 50. GRAZ istasyonu Sen'in trend eğim metodu grafiği

GOPE ve GRAZ istasyonlarında trend görülmemektedir. Sen'in trend eğim metodundan elde edilen trend eğiminin basit doğrusal regresyon modelinden elde edilen trend eğimi ile uyumlu olduğu görülmektedir (Şekil 49, Şekil 50).

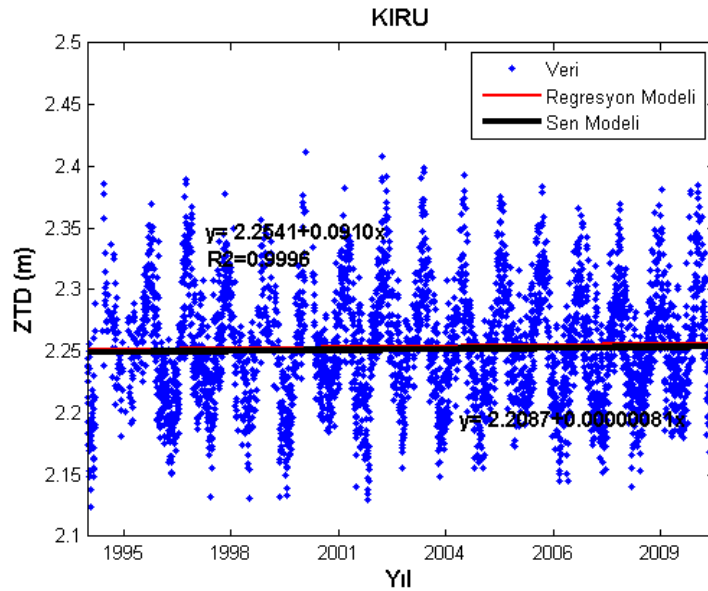


Şekil 51. HERS istasyonu Sen'in trend eğim metodu grafiği

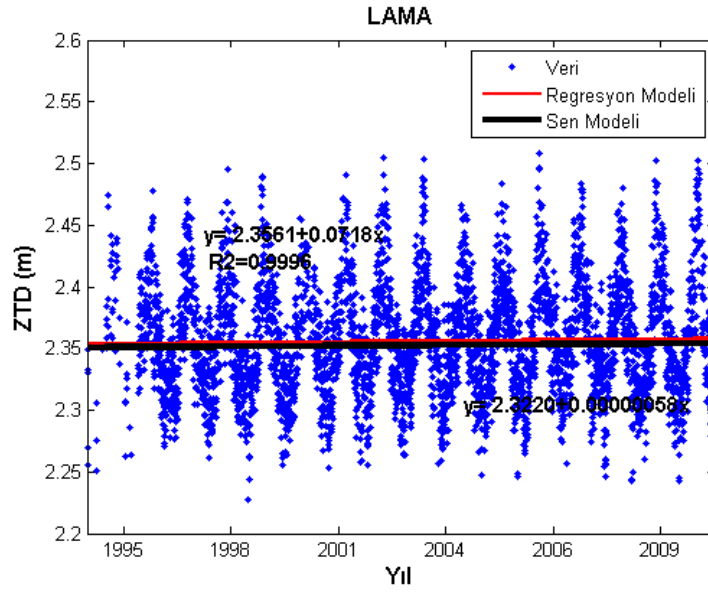


Şekil 52. JOZE istasyonu Sen'in trend eğim metodu grafiği

HERS ve JOZE istasyonlarında trend görülmemektedir. HERS istasyonunda Sen'in trend eğim metodundan elde edilen trend eğiminin basit doğrusal regresyon modelinden elde edilen trend eğimi ile uyumlu olduğu görülmektedir (Şekil 51, Şekil 52).

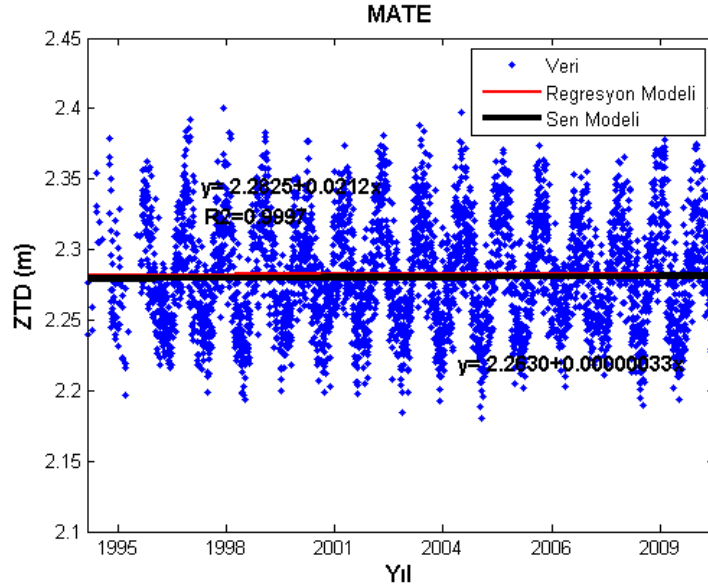


Şekil 53. KIRU istasyonu Sen'in trend eğim metodu grafiği

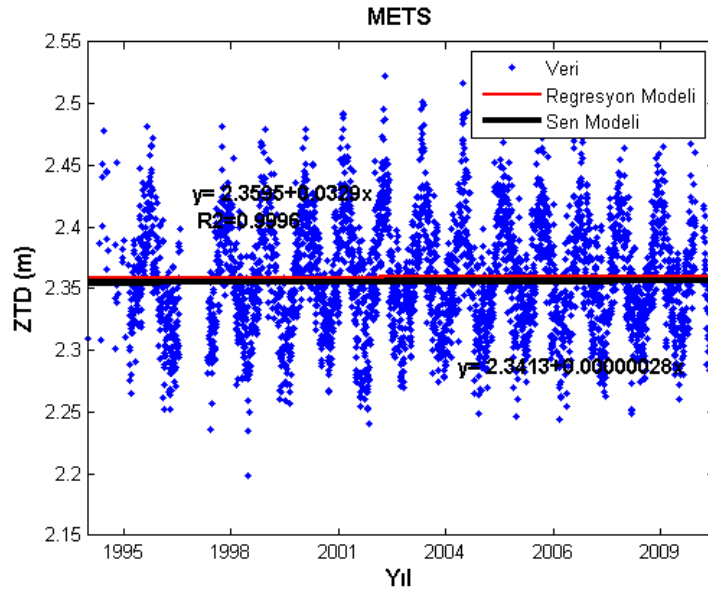


Şekil 54. LAMA istasyonu Sen'in trend eğim metodu grafiği

KIRU ve LAMA istasyonlarında trend görülmemektedir. KIRU istasyonunda Sen'in trend eğim metodundan elde edilen trend eğimi ile basit doğrusal regresyon modelinden elde edilen trend eğimi ile uyumlu olduğu görülmektedir (Şekil 53, Şekil 54).

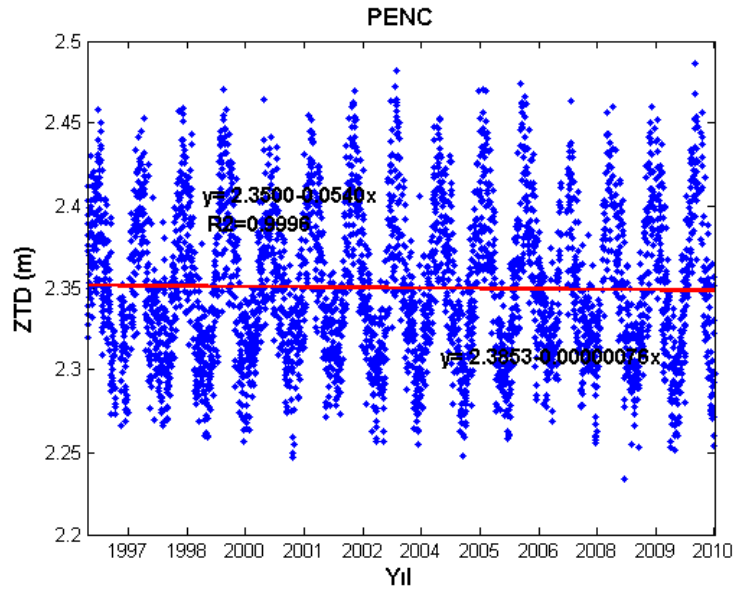


Şekil 55. MATE istasyonu Sen'in trend eğim metodu grafiği



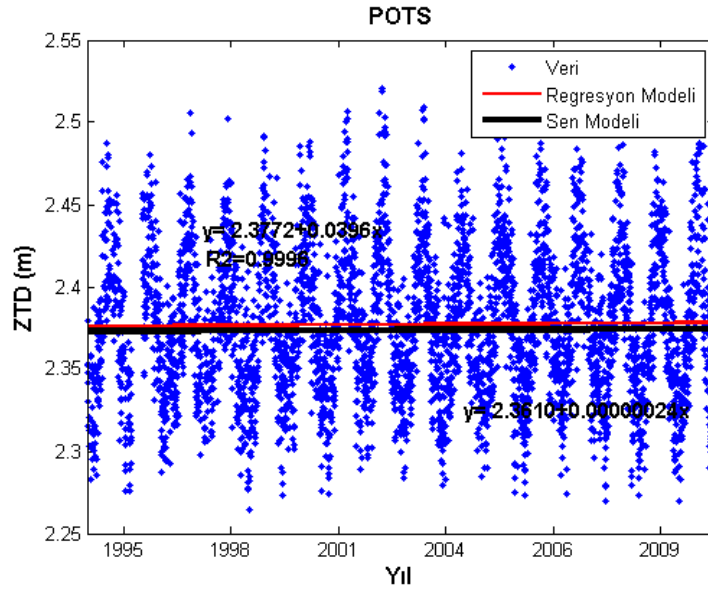
Şekil 56. METS istasyonu Sen'in trend eğim metodu grafiği

MATE ve METS istasyonlarında trend görülmemektedir. MATE istasyonunda Sen'in trend eğim metodunda elde edilen trend eğiminin basit doğrusal regresyon modelinden elde edilen trend eğimi ile uyumlu olduğu görülmektedir (Şekil 55, Şekil 56).



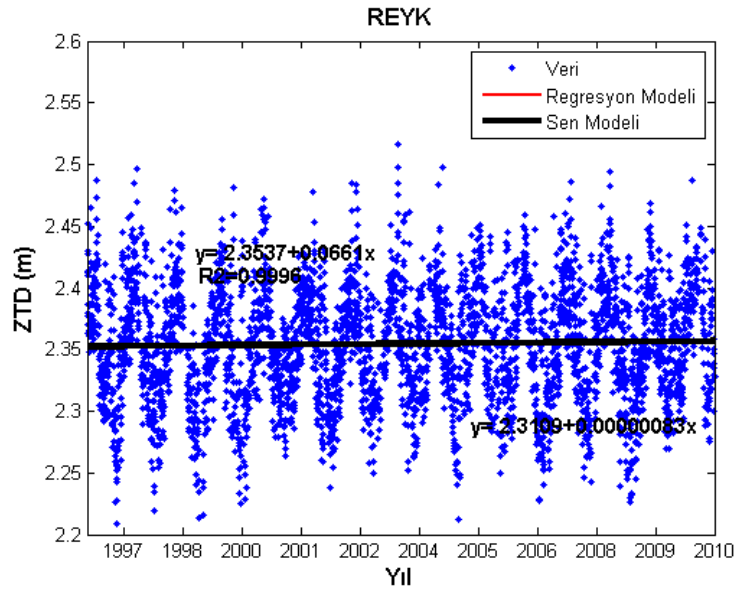
Şekil 57. PENC istasyonu Sen'in trend eğim metodu grafiği



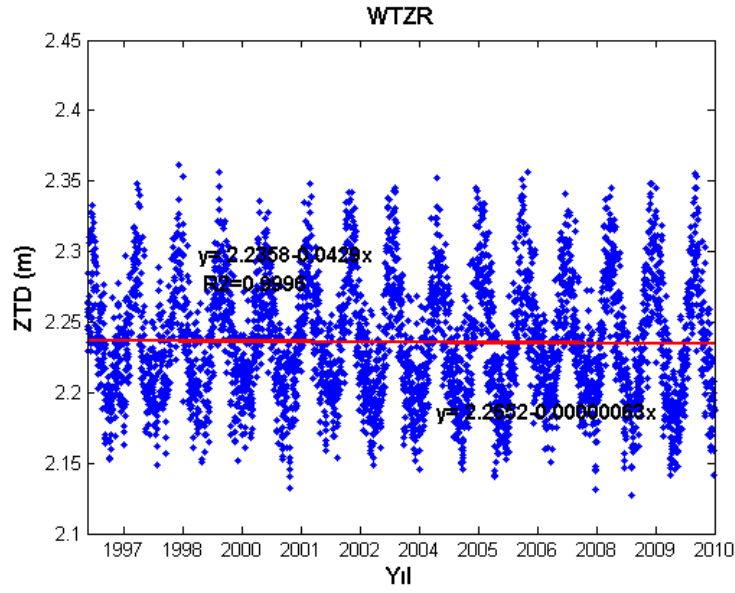


Şekil 58. POTS istasyonu Sen'in trend eğim metodu grafiği

PENC ve POTS istasyonlarında trend görülmemektedir. Sen'in trend eğim metodu ile elde edilen trendin basit doğrusal regresyon modelinden elde edilen trende çok yakın çıkmıştır (Şekil 57, Şekil 58).

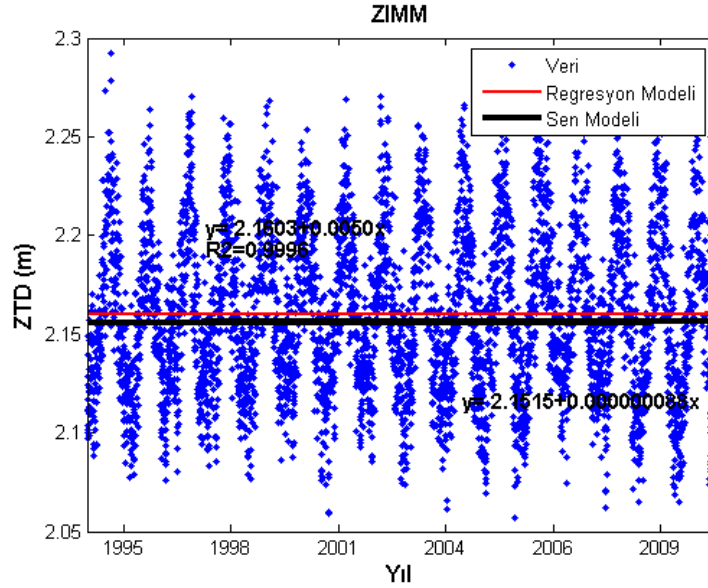


Şekil 59. REYK istasyonu Sen'in trend eğim metodu grafiği



Şekil 60. WTZR istasyonu Sen'in trend eğim metodu grafiği

REYK ve WTZR istasyonlarında trend görülmemektedir. REYK istasyonunda Sen'in trend eğim metodundan elde edilen trendin basit doğrusal regresyon modelinden elde edilen trend ile üst üste geldiği görülmektedir (Şekil 59, Şekil 60).

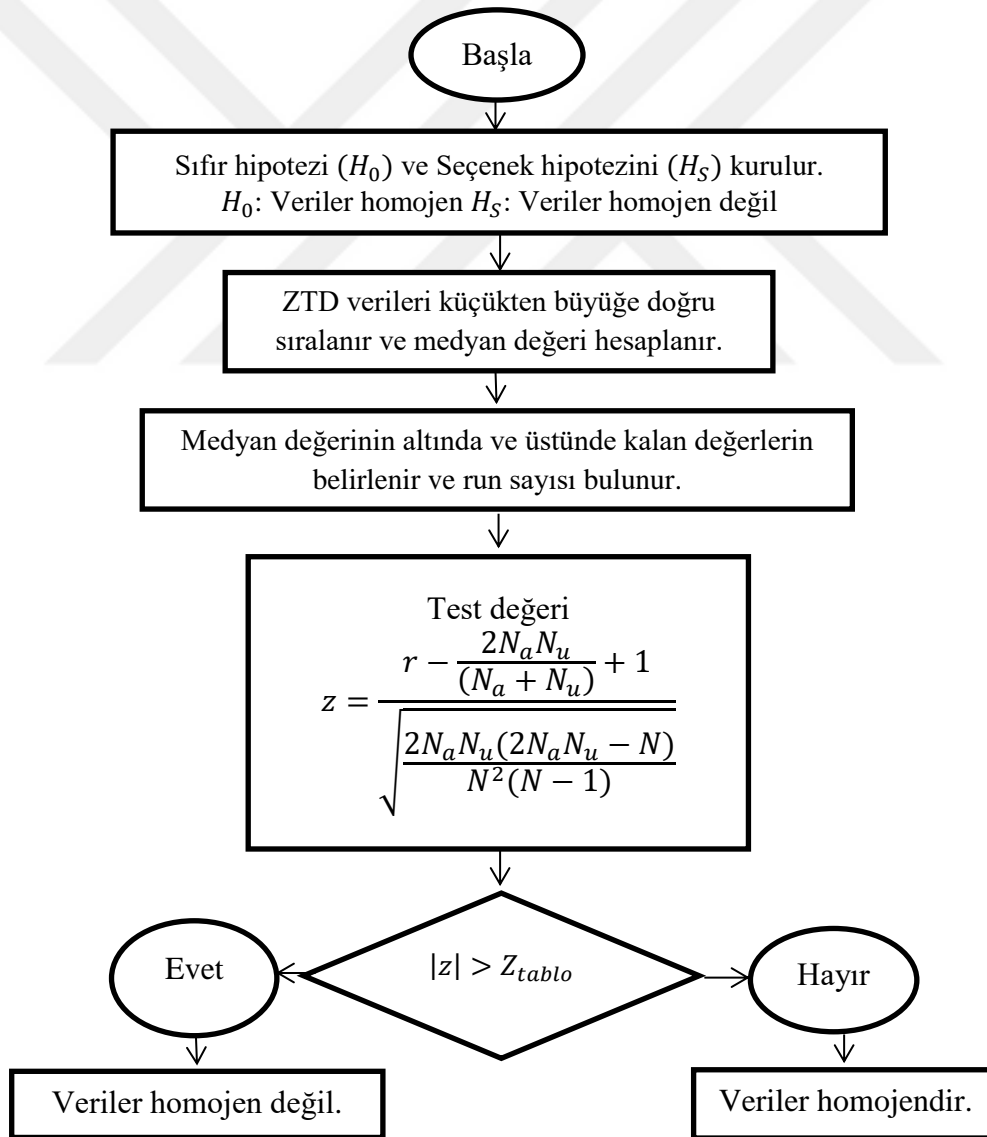


Şekil 61. ZIMM istasyonu Sen'in trend eğim metodu grafiği

ZIMM istasyonunda trend görülmemektedir. REYK istasyonunda Sen'in trend eğim metodundan elde edilen trendin basit doğrusal regresyon modelinden elde edilen trende yakın olduğu görülmektedir (Şekil 61).

### 2.3. Run (Swed-Eisenhart) Testi

1995-2010 yılları arasında 19 IGS istasyonu için günlük ZTD verileri zaman serilerinin homojen olup olmadığını test etmek için Şekil 62'de verilen iş akış şemasına göre Run (Swed-Eisenhart) homojenlik testi uygulandı.



Şekil 62. Run (Swed-Eisenhart) testi iş akış şeması

Tablo 8. Run (Swed-Eisenhart) testi sonuçları

İstasyon Kodu	Run sayısı ( $r$ )	Test değeri ( $z$ )	Standart normal dağılım tablo değeri ( $Z$ ) ( $\alpha=0.05$ )	Homojenlik
ANKR	517.0000	-34.0618	1.96	Homojen Değil
BOR1	1159.0000	-30.4676	1.96	Homojen Değil
BRUS	1826.0000	-9.0620	1.96	Homojen Değil
EBRE	2350.0000	4.8389	1.96	Homojen Değil
GOPE	2735.0000	13.7843	1.96	Homojen Değil
GRAS	3136.0000	21.9802	1.96	Homojen Değil
GRAZ	3417.0000	34.0780	1.96	Homojen Değil
HERS	3852.0000	40.7850	1.96	Homojen Değil
JOZE	4204.0000	62.1454	1.96	Homojen Değil
KIRU	4420.0000	57.1245	1.96	Homojen Değil
LAMA	4707.0000	67.5396	1.96	Homojen Değil
MAS1	5058.0000	75.0043	1.96	Homojen Değil
MATE	5313.0000	83.1096	1.96	Homojen Değil
METS	5511.0000	80.7236	1.96	Homojen Değil
PENC	5669.0000	88.2206	1.96	Homojen Değil
POTS	5847.0000	103.2190	1.96	Homojen Değil
REYK	5991.0000	89.5702	1.96	Homojen Değil
WTZR	6136.0000	105.5358	1.96	Homojen Değil
ZIMM	6315.0000	124.6143	1.96	Homojen Değil

Çalışmada kullanılan 19 adet IGS istasyonundaki ZTD verileri zaman serilerine uygulanan Run (Swed-Eisenhart) homojenlik testi sonuçlarına göre bütün istasyonlardaki ZTD zaman serilerinin homojen olmadığı belirlendi (Tablo 8). Bu da ZTD zaman serilerindeki verilerin aynı kümeye ait olmadığı anlamına gelmektedir. Bu sonuç aynı zamanda verilerin birbirinden bağımsız olmadığını da göstermektedir.

Tez kapsamında 19 adet IGS istasyonunda ZTD zaman serilerine uygulanan trend analizi sonuçlarına göre bazı istasyonlarda artma ve azalma yönünde elde edilen anlamlı trend eğilimleri de bu serilerin homojen olmayışını destekler niteliktedir.

## 2.4. ZTD Zaman Serilerinde Korelasyon

### 2.4.1. Pearson Korelasyon Katsayısı

Çalışmada 19 adet IGS istasyonundaki zaman serilerine ZTD ile zaman (gün) arasındaki bağımlılığı ifade eden Pearson korelasyon katsayısı  $r_{xy}$  (68) eşitliği ile

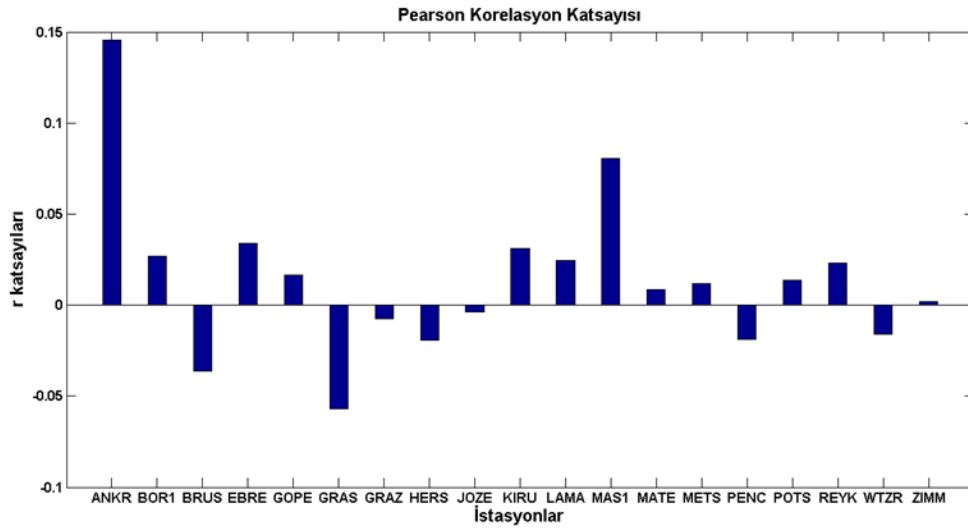
hesaplandı. Bu çalışmada  $x$ ; ZTD verilerini,  $y$  ise zamanı temsil etmektedir. Buradan hesaplanan  $r_{xy}$  değerine bakarak bağımlılık yani anlamlılık hakkında karar verebilmek için  $r_{xy}$  istatistiğinin örnekleme dağılımını bilmek gerekmektedir. Bunun için  $x$  ve  $y$  değerlerinin normal dağılımda olduğu varsayımı ile  $t$  istatistiği (69) eşitliği ile hesaplandı. Değişkenler arasında bağımlılık yok şeklinde oluşturulan  $H_0$  hipotezi, Değişkenler arasında bağımlılık var şeklinde kurulan  $H_5$  hipotezlerin test edilmesi için (69) eşitliğinden hesaplanan  $t$  istatistiği, t-tablo değeri ile karşılaştırıldı. %95 istatistik güven ile  $t$  istatistiği mutlak değer olarak t-tablo değerinden küçükse  $H_0$  hipotezi kabul edildi ve “Değişkenler arasında bağımlılık yoktur” varsayımı geçerli bulundu. Tersisi durumda  $H_5$  hipotezi kabul edildi ve “Değişkenler arasında bağımlılık vardır” varsayımı geçerli bulundu (Tablo 9).

Tablo 9. Pearson korelasyon katsayısı

İstasyon Kodu	$r_{xy}$	t	t tablo değeri ( $\alpha=0.05$ )	Test Sonucu
ANKR	0.1454	7.8524	1.96	Değişkenler arasında anlamlı bir ilişki vardır.
BOR1	0.0269	1.7701	1.96	Değişkenler arasında anlamlı bir ilişki yoktur.
BRUS	-0.0361	-2.2871	1.96	Değişkenler arasında anlamlı bir ilişki vardır.
EBRE	0.0341	2.1166	1.96	Değişkenler arasında anlamlı bir ilişki vardır.
GOPE	0.0163	0.9918	1.96	Değişkenler arasında anlamlı bir ilişki yoktur.
GRAS	-0.057	-3.393	1.96	Değişkenler Arasında anlamlı bir ilişki vardır.
GRAZ	-0.0075	-0.4759	1.96	Değişkenler Arasında anlamlı bir ilişki yoktur.
HERS	-0.0191	-1.1596	1.96	Değişkenler Arasında anlamlı bir ilişki yoktur.
JOZE	-0.0039	-0.2547	1.96	Değişkenler Arasında anlamlı bir ilişki yoktur.
KIRU	0.0309	1.9139	1.96	Değişkenler Arasında anlamlı bir ilişki yoktur.
LAMA	0.0245	1.5422	1.96	Değişkenler arasında anlamlı bir ilişki yoktur.
MAS1	0.0807	5.0429	1.96	Değişkenler arasında anlamlı bir ilişki vardır.
MATE	0.0086	0.5399	1.96	Değişkenler arasında anlamlı bir ilişki yoktur.
METS	0.0117	0.7093	1.96	Değişkenler arasında anlamlı bir ilişki yoktur.
PENC	-0.0189	-1.1662	1.96	Değişkenler arasında anlamlı bir ilişki yoktur.
POTS	0.0135	0.866	1.96	Değişkenler arasında anlamlı bir ilişki yoktur.
REYK	0.0229	1.3789	1.96	Değişkenler arasında anlamlı bir ilişki yoktur.
WTZR	-0.0158	-0.9918	1.96	Değişkenler arasında anlamlı bir ilişki yoktur.
ZIMM	0.0018	0.1198	1.96	Değişkenler arasında anlamlı bir ilişki yoktur.

Tablo 9’a göre ANKR, BRUS, EBRE, GRAS ve MAS1 istasyonlarında değişkenler arasında anlamlı bir ilişki olduğu sonucuna varılmıştır (Şekil 63). Bu istasyonlarda uygulanan trend analizi sonuçlarına bakıldığında da artan veya azalan yönde trendlerin belirlendiği görülmektedir. Bu anlamda Pearson korelasyon katsayısı yönteminden elde

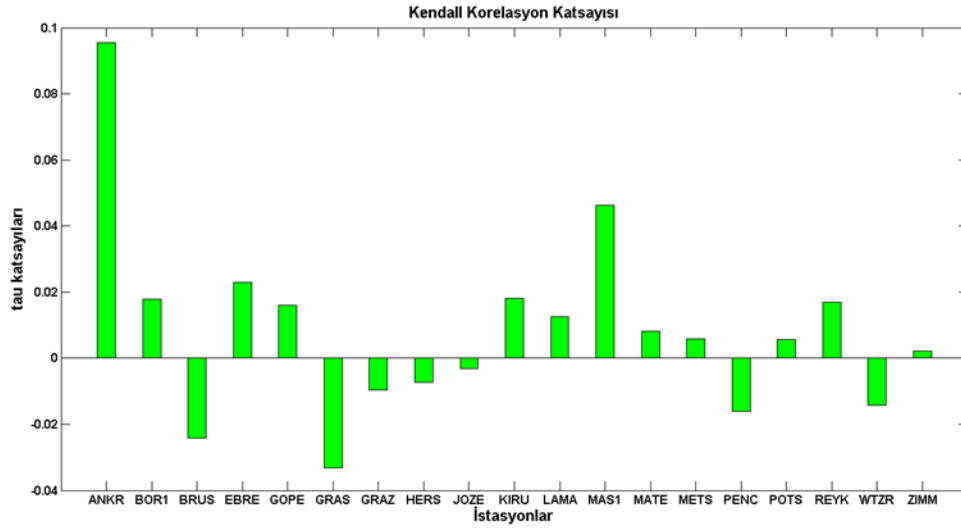
edilen sonuçların, parametrik olan ve parametrik olmayan trend analizi sonuçlarının bir çoğu ile uyumlu olduğu söylenebilir. Trend analiz yöntemlerine göre ZTD zaman serilerinde herhangi bir trend eğilimi belirlenmeyen istasyonlarda Pearson korelasyon katsayısı yöntemine göre ZTD verisi ve zaman(gün) değişkenleri arasında bağımlılık olmadığı görülmektedir. Bu anlamda çeşitli trend analizi yöntemleri ile elde edilen sonuçlar ile Pearson korelasyon katsayısı için yapılan test sonuçlarının birbirini desteklediği görülmektedir.



Şekil 63. İstasyonlara göre Pearson korelasyon katsayıları

#### 2.4.2. Kendall Korelasyon Katsayısı

Çalışmada 19 adet IGS istasyonundaki zaman serilerinde ZTD ile zaman (gün) arasındaki bağımlılığı ifade eden Kendall korelasyon katsayısı  $\tau$  (71) eşitliğinden hesaplandı.



Şekil 64. İstasyonlara göre Kendall korelasyon katsayıları

Hesaplanan Kendall korelasyon katsayıları istasyon bazında değerlendirildiğinde ANKR, BOR1, EBRE, GOPE, KIRU, LAMA, MAS, MATE, METS, POTS, REYK ve ZIMM istasyonlarında pozitif yönde, BRUS, GRAS, GRAZ, HERS, JOZE, PENC ve WTZR istasyonlarında ise negatif yönde olduğu görülmüştür (Şekil 64). Çalışmada kullanılan IGS istasyonlarına uygulanan trend analizi sonuçlarına bakıldığında da artan veya azalan yönde trendlerin belirlendiği görülmektedir. Bu anlamda Kendall korelasyon katsayısı yönteminden elde edilen sonuçların, parametrik olan ve parametrik olmayan trend analizi sonuçlarının bir çoğu ile uyumlu olduğu söylenebilir. Bu anlamda çeşitli trend analizi yöntemleri ile elde edilen sonuçlar ile Pearson korelasyon katsayısı için yapılan test sonuçlarının birbirini desteklediği görülmektedir.

Hesaplanan Pearson ve Kendall korelasyon katsayıları istasyon bazında değerlendirildiğinde ANKR, BOR1, EBRE, GOPE, KIRU, LAMA, MAS, MATE, METS, POTS, REYK ve ZIMM istasyonlarında pozitif yönde, BRUS, GRAS, GRAZ, HERS, JOZE, PENC ve WTZR istasyonlarında ise negatif yönde olduğu görülmüştür. Aynı zamanda elde edilen katsayıların birbirine yakın değerlerdedir (Tablo 10). Parametrik ve parametrik olmayan trend analizi testleri sonuçları ile hesaplanan korelasyon katsayılarına göre ZTD ve zaman (gün) arasındaki ilişkinin yönü tutarlıdır.

Tablo 10. Pearson ve Kendall korelasyon katsayıları

İstasyon Kodu	Pearson Korelasyon Katsayısı	Kendall Korelasyon Katsayısı
ANKR	0.1454	0.0956
BOR1	0.0269	0.0179
BRUS	-0.0361	-0.024
EBRE	0.0341	0.023
GOPE	0.0163	0.016
GRAS	-0.057	-0.033
GRAZ	-0.0075	-0.01
HERS	-0.0191	-0.007
JOZE	-0.0039	-0.003
KIRU	0.0309	0.0181
LAMA	0.0245	0.0126
MAS1	0.0807	0.0463
MATE	0.0086	0.0083
METS	0.0117	0.006
PENC	-0.0189	-0.016
POTS	0.0135	0.0056
REYK	0.0229	0.0169
WTZR	-0.0158	-0.014
ZIMM	0.0018	0.0022

## 2.5. ZTD Zaman Serilerinde Mevsimsel Etki Analizi

1995-2010 yılları arasında 19 IGS istasyonu için günlük ZTD verileri zaman serilerinde bulunan mevsimsel bileşeni belirlemek amacıyla MATLAB fft fonksiyonu ile birlikte serilerdeki en yüksek frekans belirlenerek “Spektral Analiz” yapıldı. Ayrıca, mevsimsel etki unsurunu azaltmak için “Basit Hareketli Ortalamalar” yöntemi kullanıldı.

### 2.5.1. Hızlı Fourier Dönüşümü ile Zaman Serilerinin Spektral Analizi

ZTD verilerinin FFT ile spektral analizi yapılmıştır. Bunun için öncelikle ZTD zaman serilerinden basit doğrusal regresyon modeline göre (19) eşitliği ile elde edilen trend çıkarıldı. Ardından MATLAB fft fonksiyonu ile maksimum frekans değerleri elde edildi (Tablo 11) ve (72) eşitliğine göre zaman serileri için mevsimsel değişim modelleri

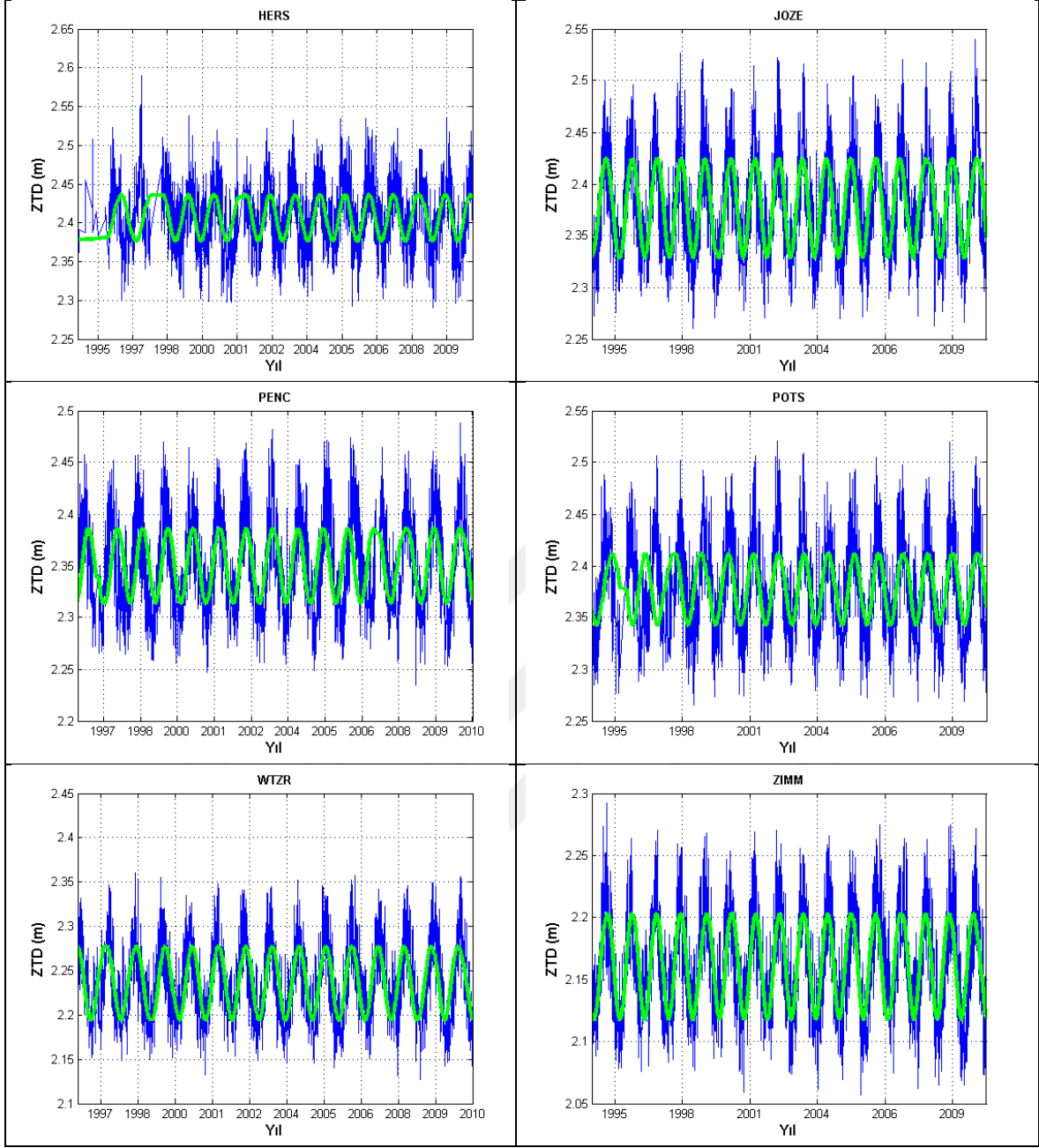


hesaplandı. Sinüs ve kosinüs bileşenlerinden oluşan mevsimsellik modeli trend arındırılmış ZTD zaman serileri üzerine çizdirildi.

Tablo 11. Maksimum frekans değerleri

IGS İstasyon Kodu	Maksimum Frekans
ANKR	0.004883
BOR1	0.003418
BRUS	0.003418
EBRE	0.003662
GOPE	0.003662
GRAS	0.003662
GRAZ	0.003662
HERS	0.003662
JOZE	0.003662
KIRU	0.003662
LAMA	0.003662
MAS1	0.003662
MATE	0.003662
METS	0.003662
PENC	0.003906
POTS	0.003662
REYK	0.004150
WTZR	0.003662
ZIMM	0.003662

ZTD zaman serileri üzerine çizdirilen mevsimsellik modeline bakıldığında istasyonlar için farklı salınımların olduğu görülmektedir. Zaman serisi grafikleri farklı karakterlerde olduğundan elde edilen salınımlarda birbirinden farklıdır (Şekil 65).



Şekil 65. HERS, JOZE, PENC, POTS, WTZR ve ZIMM istasyonları spektral analiz grafiği

### 2.5.2. Basit Hareketli Ortalamalar ile Mevsimsel Etki Analizi

1995-2010 yılları arasında 19 IGS istasyonu için günlük ZTD verilerinin zaman serilerine Basit Hareketli Ortalamalar Yöntemi uygulanarak mevsimsel etki azaltılmaya çalışılmıştır. Uygulamada hızlı ve kolay bir yöntem olması sebebiyle bu yöntem tercih edilmiştir. Dönem sayısı olarak ifade edilen  $m$  değeri; seri içerisinde fazla veri kaybı olmamasına ve dalgalanmaların gözden kaybolmamasına dikkat edilerek belirlenmiştir.

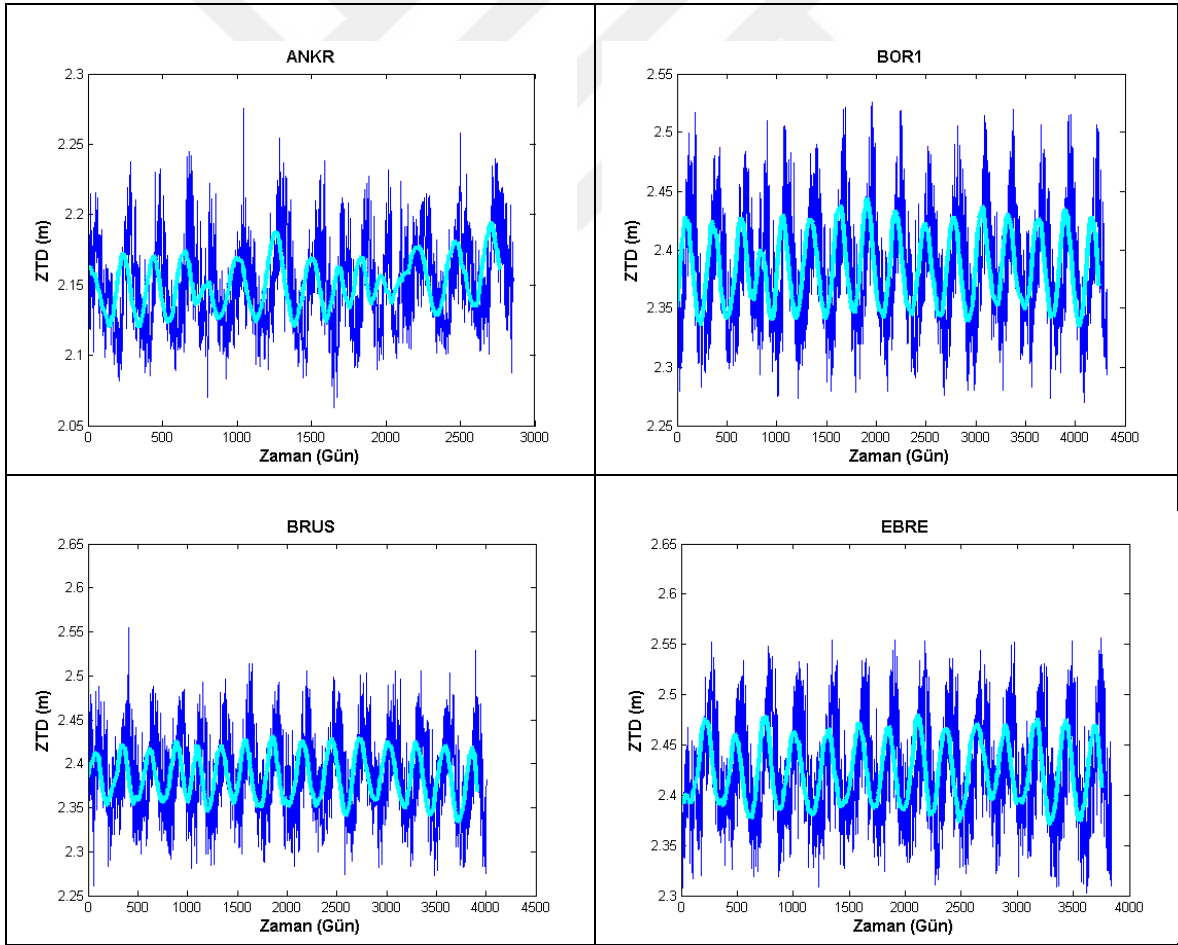
Her bir istasyon için  $m=91$  alınarak hareketli ortalama hesaplanmıştır. Buna göre, serilerdeki ilk ortalama,

$$y_{46} = \frac{ZTD_1 + ZTD_2 + \dots + ZTD_{91}}{91} \quad (82)$$

ikinci ortalama,

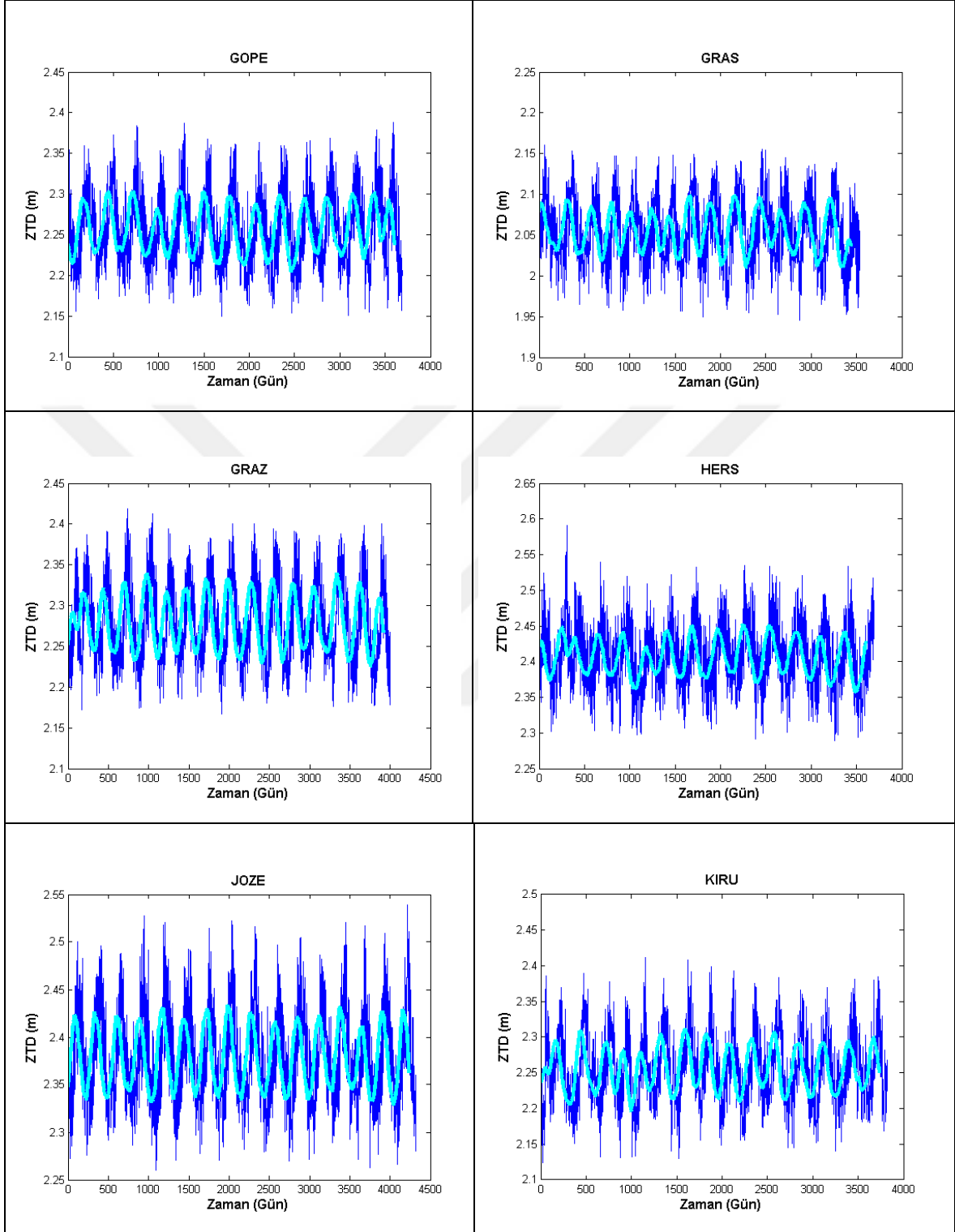
$$y_{47} = \frac{ZTD_2 + ZTD_3 + \dots + ZTD_{92}}{91} \quad (83)$$

şeklinde ardışık hareketli ortalamalar hesaplanmış ve bu hareketli ortalamalardan elde edilen düzleştirilmiş grafikler oluşturulmuştur.

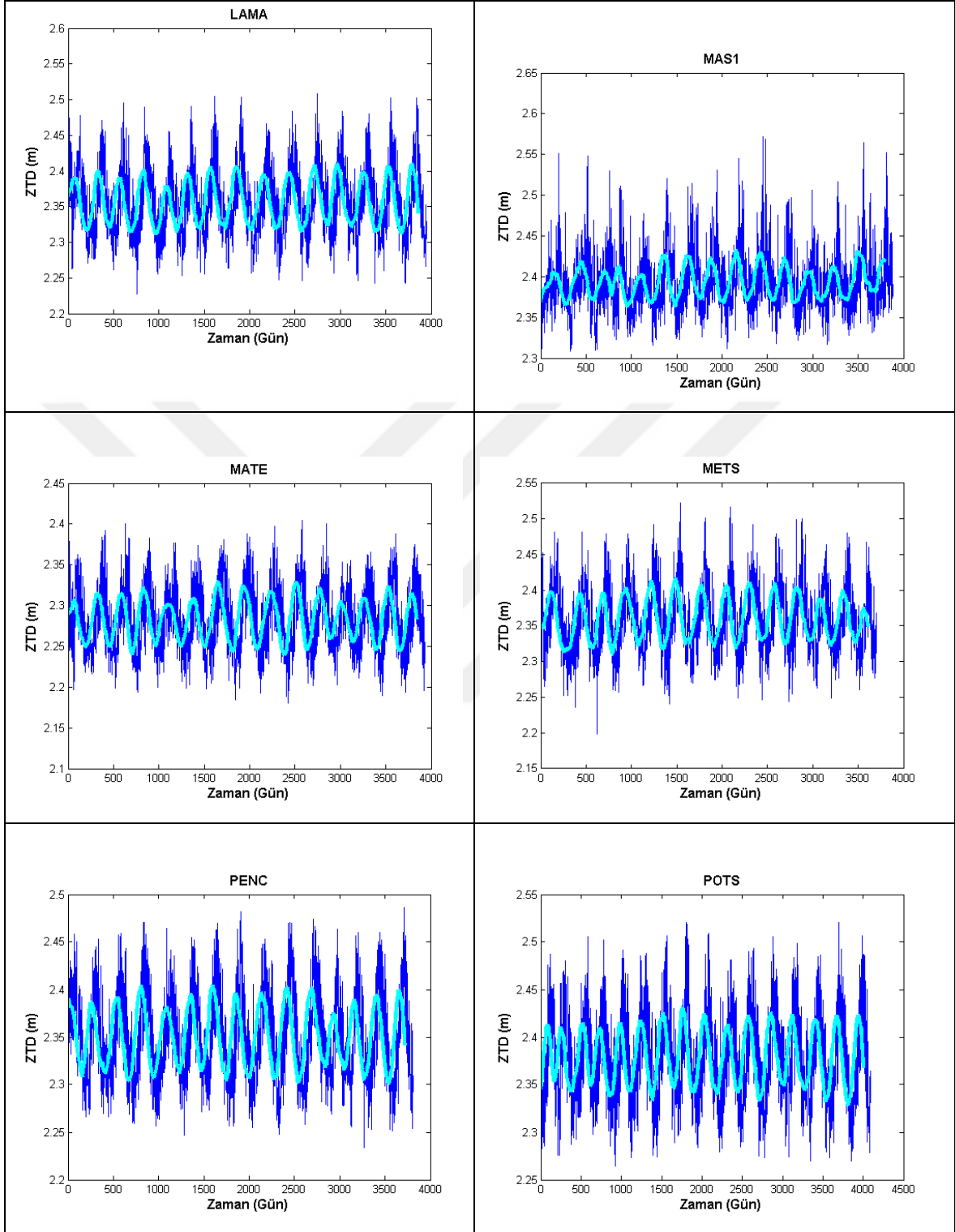


Şekil 66. IGS istasyonları basit hareketli ortalamalar grafiği

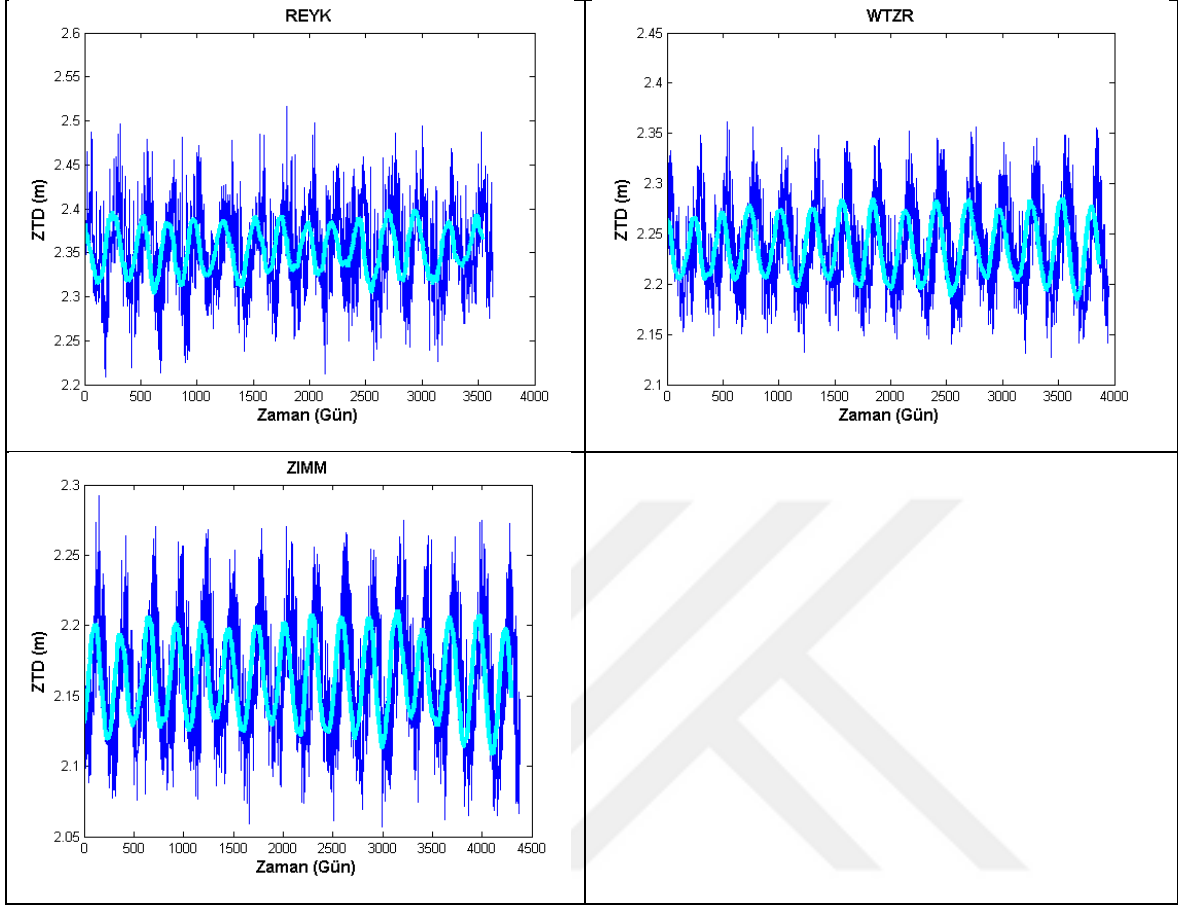
Şekil 66'nın devamı



Şekil 66'nın devamı



Şekil 66'nın devamı



Şekil 66'da Basit Hareketli Ortalamalar Yöntemi ile belirlenen mevsimsellik etkilerinden arındırılmış (düzleştirilmiş) ZTD seri grafikleri görülmektedir. Bu sayede seri içerisinde bulunan mevsimsel etki azaltılmıştır ve zaman serisi grafiği üzerinde trend belirginleştirilmeye çalışılmıştır. Tez çalışması kapsamında uygulanan farklı trend analiz yöntemleri ile ANKR istasyonunda artan yönde trend tespit edilmişti. Basit hareketli ortalamalar yöntemi ile mevsimsel etkinin azaltılıp serinin düzleştirilmesi ile elde edilen grafikte de ANKR istasyonunda artan yönde eğilim olduğu görülmektedir. Diğer istasyonlarda ise belirgin bir fark görülmemiştir.

### 3. BULGULAR VE İRDELEME

1995-2010 yılları arasında Türkiye ve Avrupa'da bulunan toplam 19 IGS istasyonu için günlük ZTD verileri zaman serilerine parametrik ve parametrik olmayan çeşitli yöntemlerle trend analizleri ve Hızlı Fourier Dönüşümü İle Spektral Analiz ve Hareketli Ortalamalar Yöntemleri ile de mevsimsellik etki analizleri yapılmıştır. Çalışmada uygulanan birçok yöntem sonuçlarının birbirleri ile uyumlu olduğu görülmüştür.

#### 3.1. Basit Doğrusal Regresyon Analizi Yöntemi Bulguları

Basit doğrusal regresyon modeline göre, ANKR, BOR1, EBRE ve MAS1 istasyonlarında ZTD verilerinin zaman serilerinde artan yönde trend, BRUS ve GRAS istasyonlarında ise azalan yönde trend gözlemlenmiştir. Diğer istasyonlarda ise belirgin bir trend görülmemiştir. Kurulan regresyon modelinin uygunluğu model hipotezi testi ile test edilmiş olup her istasyon için uygulanan basit doğrusal regresyon modelinin uygun olduğu sonucu elde edilmiştir. Regresyon katsayılarının anlamlılığını test etmek için yapılan parametrelerin anlamlılığı testine göre, trend bulunan istasyonlarda trend eğimini ifade eden  $a_1$  regresyon katsayısı anlamlı olduğu, trendin bulunmadığı istasyonlarda ise  $a_1$  regresyon katsayısının anlamsız olduğu sonucu elde edilmiştir.  $a_0$  regresyon katsayısı ise tüm istasyonlarda anlamlıdır. Maksimum trend eğimi en yüksek  $a_1$  değeri ile 0.2475 olarak ANKR istasyonda, minimum trend eğimi ise en küçük  $a_1$  değeri ile -0.1339 olarak GRAS istasyonunda elde edilmiştir. Trend olmayan istasyonlarda  $a_1$  değerleri birbirine çok yakındır. Regresyon katsayılarının ortalama hataları ise,  $a_1$  katsayısı için 0.0315 ile 0.0509 arasında olup  $a_0$  katsayısı için 0.006 ile 0.008 arasındadır. Her istasyon için kurulan model denklemi Tablo 12'de gösterilmiştir.

Tablo 12. Basit doğrusal regresyon modeli denklemleri

İstasyon No	Basit Doğrusal Regresyon Modeli
ANKR	$y = 2.1508 + 0.2475x$
BOR1	$y = 2.3828 + 0.0835x$
BRUS	$y = 2.3844 - 0.1002x$
EBRE	$y = 2.4221 + 0.1078x$
GRAS	$y = 2.0539 - 0.1339x$
GRAZ	$y = 2.2786 - 0.0227x$
HERS	$y = 2.4062 - 0.0499x$
JOZE	$y = 2.3766 - 0.0123x$
KIRU	$y = 2.2541 + 0.0910x$
LAMA	$y = 2.3561 + 0.0718x$
MAS1	$y = 2.3928 + 0.1807x$
MATE	$y = 2.2825 + 0.0212x$
METS	$y = 2.3595 + 0.0329x$
PENC	$y = 2.3500 - 0.0540x$
POTS	$y = 2.3772 + 0.0396x$
REYK	$y = 2.3537 + 0.0661x$
WTZR	$y = 2.2358 - 0.0429x$
ZIMM	$y = 2.1603 + 0.0050x$

Regresyon katsayılarının belirleyicilik katsayısı ile anlamlılığı testinde  $R^2$  belirleyicilik katsayısı bütün istasyonlarda 0.9996 ila 0.9998 arasında değişmektedir. Bu değerlerle, trend için uygulanan doğrusal lineer regresyon modelinin ZTD verilerindeki değişimi büyük ölçüde açıkladığı sonucuna varılmıştır.

### 3.2. Mann-Kendall Testi Bulguları

Parametrik olmayan trend analizi yöntemlerinden olan Mann-Kendall testi ile ANKR, EBRE ve MAS1 istasyonlarında trend belirlenirken diğer istasyonlarda trend belirlenememiştir. Trend olan istasyonlarda trend yönünün belirleyicisi olan S değerine bakıldığında artan yönde trend olduğu belirlenmiştir. Trend büyüklüğünün belirleyicisi olan Z test değerleri -2.9557 ila 7.6578 arasındadır. En büyük Z olan 7.6578 değeri ANKR istasyonunda, en küçük Z olan -2.9557 değeri ise GRAS istasyonundadır.



### 3.3. Mann-Kendall Mertebe Korelasyon Testi Bulguları

Mann-Kendall Mertebe Korelasyon yöntemi ile ZTD zaman serilerinde trend grafiksel olarak gösterilmiş olup trend bulunan istasyonlarda trendin başlangıç yılı tespit edilmiştir. ANKR istasyonunda artan yönde trend tespit edilmiş olup test sonuçlarına göre bu artma eğiliminin anlamlı olduğu görülmüştür. Trend başlangıç yılı ise 1996'dır. GRAS istasyonunda trend başlangıç yılı 1995 yılıdır ve 2008 yılına kadar artan yönde bir trend göstermektedir. Bulunan trend eğilimi anlamlıdır. MAS1 istasyonunda 2001 yılına kadar azalma eğilimi varken bu yıldan sonra artma eğilimine geçtiği görüldü. HERS istasyonunda 2001-2005 yılları arası artan yönde trend varken 2005 yılında sonra trend gözlemlenmemiştir. Mann-Kendall Mertebe Korelasyon testine göre ANKR, GRAS, MAS1 ve HERS istasyonları haricindeki istasyonlarda trend gözlemlenmemiştir. Trend bulunan istasyonlarda artış ya da azalış eğilimleri %95 istatistik güvünde anlamlıdır.

### 3.4. Spearman'ın Rho Testi Bulguları

Mann-Kendall testi gibi uygulaması kolay olan bu test yardımıyla ZTD zaman serilerinde trend varlığı ve yönü tespit edilmeye çalışılmıştır. Spearman'ın Rho testine göre; ANKR, BRUS, EBRE, GRAS ve MAS1 istasyonlarında trend vardır. Diğer istasyonlarda ise trend bulunmamıştır. ANKR, EBRE ve MAS1 istasyonlarında artan yönde trend, BRUS ve GRAS istasyonlarında azalan yönde trend vardır. Z test değerleri -3.0075 ila 7.6449 değerleri arasındadır. Spearman'ın Rho istatistiği  $r_s$  değerleri -0.0506 ila 0.1431 değerleri arasındadır. Minimum Z ve  $r_s$  değerlerinin GRAS istasyonunda olduğu, maksimum Z ve  $r_s$  değerlerinin ise ANKR istasyonunda olduğu görülmüştür.

### 3.5. Sen'in Trend Eğim Metodu Bulguları

Sen'in trend eğim metodunda trendin lineer olduğu varsayılarak,  $f(t) = B + Qt$  şeklinde model kuruldu. Her istasyon için kurulan model denklemi Tablo 12'de gösterilmektedir.

Tablo 13. Sen model denklemleri

İstasyon No	Sen Modeli
ANKR	$y = 1.9937 + 0.0000029x$
BOR1	$y = 2.3371 + 0.0000007x$
BRUS	$y = 2.4394 - 0.0000011x$
EBRE	$y = 2.3530 + 0.0000012x$
GOPE	$y = 2.2146 + 0.0000007x$
GRAS	$y = 2.1202 - 0.0000013x$
GRAZ	$y = 2.2944 - 0.00000043x$
HERS	$y = 2.4227 - 0.00000033x$
JOZE	$y = 2.3783 - 0.00000014x$
KIRU	$y = 2.2087 + 0.00000081x$
LAMA	$y = 2.3220 + 0.00000058x$
MAS1	$y = 2.3133 + 0.0000014x$
MATE	$y = 2.2630 + 0.00000033x$
METS	$y = 2.3413 + 0.00000028x$
PENC	$y = 2.3853 - 0.00000076x$
POTS	$y = 2.3610 + 0.00000024x$
REYK	$y = 2.3109 + 0.00000083x$
WTZR	$y = 2.2652 - 0.00000063x$
ZIMM	$y = 2.1515 + 0.00000088x$

Bu yöntemle göre; ANKR, BOR1, EBRE ve MAS1 istasyonlarında artan yönde trend, BRUS ve GRAS istasyonlarında azalan yönde trend gözlemlenmiştir. Diğer istasyonlarda ise belirgin bir trend görülmemiştir. Yöntemden elde edilen trend grafikleri Basit Doğrusal Regresyon Analizi ile elde edilen trend grafikleri ile paralellik göstermektedir.

### 3.6. Run (Swed-Eisenhart) Testi Bulguları

ZTD parametresinin homojenliğini test etmek için yapılan Run testi sonucunda her istasyon için veri “homojen değildir” sonucu çıkmıştır. Z test değeri -34.0618 ila 124.6143 değerleri arasındadır.

### 3.7. ZTD Zaman Serilerinde Korelasyon Bulguları

1995-2010 yılları arasında 19 IGS istasyonu için günlük ZTD verileri zaman serilerinde ZTD seri parametresi ve zaman arasındaki ilişkiyi ölçmek için Pearson korelasyon katsayısı ve Kendall korelasyon katsayısı hesaplanmıştır. Tüm istasyonlarda Pearson korelasyon katsayısı -0.0570 ile 0.1454 arasında değişmektedir. Hesaplanan Pearson korelasyon katsayısı ile bağımlılık (anlamlılık) hakkında karar verebilmek için t istatistiği hesaplanmıştır. t istatistiği, t-tablo değeri ile karşılaştırıldı ve ANKR, BRUS, EBRE, GRAS ve MAS1 istasyonlarında değişkenler arasında anlamlı bir ilişki olduğu sonucuna varıldı. Kendall korelasyon katsayıları -0.0330 ile 0.0956 değerleri arasında değişmektedir. En büyük Kendall korelasyon katsayısı ANKR istasyonunda, en küçük Kendall korelasyon katsayısı ise GRAS istasyonundadır. Trend analiz yöntemleriyle trend belirlenen istasyonlarda ZTD ve zaman arasında bağımlılık olduğu, trend belirlenmeyen istasyonlarda ise bağımlılık olmadığı görülmüştür. Bu nedenle trend analizi sonuçları ile Pearson ve Kendall korelasyon katsayısı için yapılan test sonuçları birbirini destekler niteliktedir.

### 3.8. ZTD Zaman Serilerinde Mevsimsel Etki Analizi Bulguları

1995-2010 yılları arasında 19 IGS istasyonu için günlük ZTD verileri zaman serilerinde Basit hareketli ortalamalar yöntemi ile seri içerisindeki büyük dalgalanmalar ortadan kaldırılarak verinin uzun dönemde göstermiş olduğu değişim açık hale getirilmiştir. Uygulanan trend testlerinin hepsinde artan yönde eğilim gösteren ANKR istasyonunun basit hareketli ortalamalar ile düzleştirilmesi sonucu çizdirilen grafikte de artan yönde eğilim olduğu görülmektedir. Diğer istasyonlarda ise belirgin bir eğilim görülmemiştir.

İstasyonlara ait zaman serisi grafiklerinin hepsi farklı karakterde olduğundan spektral analiz sonucu elde edilen mevsimsel bileşen boyutlarının da birbirinden farklı olduğu görülmüştür.

#### 4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Uzun dönem ZTD zaman serilerinde trend belirleme, iklim değişikliğini izleme konusunda büyük öneme sahiptir. ZTD verilerine yapılan trend analizi ile elde edilen grafiklerden veya test değerlerinden ZTD'nin ıslak unsurunun ne kadar etkili olduğu anlaşılmaktadır.

Bu bölümde, Türkiye ve Avrupa'dan seçilmiş olan IGS istasyonlarında Ocak 1995 ve Aralık 2010 tarihleri arasındaki ZTD verileri zaman serilerine uygulanan trend analizi testleri ve mevsimsel etki analizine ait sonuçlar sunulmuştur.

Basit doğrusal regresyon analizi yöntemi, trend eğiminin bulunması ve grafiksel olarak trendin gösterilmesi açısından avantajlıdır. Model hipotezi testi ile kurulan regresyon modelinin uygulduğu test edilebilmektedir. Elde edilen regresyon katsayıları ise parametrelerin anlamlılığı testi ile test edilerek zaman serisi grafiklerindeki trendin eğiminin belirlenmesi sağlanmıştır. Regresyon modelinin veriyi ne derecede temsil ettiğini belirlemek için  $R^2$  belirleyicilik katsayısı hesaplanmış olup her bir istasyon için kurulan modelin veriyi %99 temsil ettiği görülmüştür. Çalışmada kullanılan ZTD verilerinin yeniden düzenlenmiş olması sebebiyle  $R^2$  belirleyicilik katsayısının %99 olarak elde edildiği değerlendirilmiştir.

Literatürde iklim çalışmalarında sıklıkla kullanılan bir yöntem olan Mann-Kendall testi ile trend olup olmadığı ve trendin yönü tespit edilmeye çalışılmıştır. Mann-Kendall Mertebe Korelasyon testi ile trend grafiksel olarak gösterilmiş ve trendin başlangıç yılı yaklaşık olarak belirlenmiştir. Trend bulunan istasyonlarda artma veya azalma eğiliminin %95 güven aralığında anlamlı olup olmadığı belirlenmiştir. Mann-Kendall Mertebe Korelasyon testinin Mann-Kendall testini tamamlayıcı nitelikte olduğu görülmüştür. Mann-Kendall testi, verinin herhangi bir dağılıma uyma zorunluluğu olmaması ve eksik veri bulunan seriye de uygulanabilmesi açısından avantajlıdır. Aynı zamanda test kısa sürede sonuç vermektedir. Mann-Kendall Mertebe Korelasyon testinin uygulanması Mann-Kendall testine göre daha fazla zaman almaktadır. Fakat Mann-Kendall Mertebe Korelasyon testi ile trendin başlangıç yılı yaklaşık olarak belirlenebildiğinden bu testin kullanımı avantajlıdır. Her iki test birbirini tamamlayıcı niteliktedir.

Mann-Kendall testi ile trend eğilimi bulunan istasyonlar Mann-Kendall Mertebe korelasyon testi ile gösterilmiş olup trendin başlangıç yılı belirlenmiştir.

Spearman'ın Rho testi ile Mann-Kendall testinde olduğu gibi trend varlığı ve trendin yönü belirlenmektedir. Uygulaması kolay ve hızlı bir yöntemdir. Normal dağılıma uymayan ve eksik veri bulunan serilere uygulanabilmesi açısından avantajlıdır. Mann-Kendall testi ile karşılaştırıldığında bu yöntemde BRUS (Belçika) ve GRAS (Fransa) istasyonlarında azalan yönde trend gözlemlenmiştir. Diğer istasyonlarda Mann-Kendall testi ile aynı sonuçları vermiştir.

Sen'in Trend Eğim metodu ile trend çizgisi zaman serisi grafiği üzerine çizdirilmiş olup ZTD verisinin zaman içerisinde gösterdiği değişim belirlenmiştir. Parametrik olmayan bu testin uygulama mantığı basit doğrusal regresyon analizine benzemektedir. Sen'in Trend Eğim metodunda da trendin eğimi belirlenmekte ve model kurulmaktadır. Elde edilen grafiklere bakıldığında basit doğrusal regresyon analizi ile paralel sonuçlar verdiği görülmüştür. Bu yöntem, verinin normal dağılıma uyma zorunluluğu olmaması ve eksik verilere uygulanabilmesi açısından avantajlıdır ve basit doğrusal regresyon analizi yöntemine alternatif olarak gösterilebilir. Fakat Basit doğrusal regresyon analizine göre daha uzun sürede tamamlanması açısından dezavantajlıdır.

Bu çalışmada kullanılan parametrik olmayan trend testlerinden Mann-Kendall testi, Mann-Kendall Mertebe Korelasyon testi, Spearman'ın Rho testi ve Sen'in Trend Eğim metodundan elde edilen sonuçların birbiri ile kıyaslanması Tablo 14'te gösterilmiştir. Buna göre artan yönde trend "+", azalan yönde trend "-", trend yok ise "0" şeklinde gösterilmiştir.

Tablo 14. Parametrik olmayan yöntemlere göre trend analizi sonuçları

İstasyon Kodu	Mann-Kendall	MK Mertebe Korelasyon	Spearman'ın Rho	Sen'in Trend Eğim Metodu
ANKR	+	+	+	+
BOR1	0	0	0	+
BRUS	0	0	-	-
EBRE	+	0	+	+
GOPE	0	0	0	0
GRAS	0	+	-	-
GRAZ	0	0	0	0
HERS	0	0	0	0
JOZE	0	0	0	0
KIRU	0	0	0	0
LAMA	0	0	0	0
MAS1	+	+	+	+
MATE	0	0	0	0
METS	0	0	0	0
PENC	0	0	0	0
POTS	0	0	0	0
REYK	0	0	0	0
WTZR	0	0	0	0
ZIMM	0	0	0	0

- ANKR (Türkiye) istasyonunda dört teste göre artan yönde trend vardır.
- EBRE (İspanya) istasyonunda Mann-Kendall, Spearman'ın Rho ve Sen'in Trend Eğim metoduna göre artan yönde trend mevcuttur.
- MAS1 (İspanya) istasyonunda Mann-Kendall, Spearman Rho ve Sen'in Trend Eğim metoduna göre artan yönde trend, Mann-Kendall Mertebe Korelasyon testine göre ise 2001 yılına kadar azalan yönde 2001 yılından sonra artan yönde trend vardır.
- GRAS (Fransa) istasyonunda Mann-Kendall Mertebe Korelasyon testine göre 1998-2008 yılları arasında artan yönde trend varken Spearman'ın Rho testi ve Sen'in Trend Eğim metoduna göre azalan yönde trend vardır.
- BRUS (Belçika) istasyonunda Spearman'ın Rho ve Sen'in Trend Eğim metoduna göre azalan yönde trend mevcuttur.

- BOR1 (Polonya) istasyonunda Sen'in Trend Eğim metoduna göre artan yönde trend mevcuttur.
- Dört teste göre diğer istasyonlarda trend mevcut değildir (Tablo 14).

Mann-Kendall ve Spearman'ın Rho testleri ile yapılan trend analizi sonucunda basit doğrusal regresyon analizinde olduğu gibi trend değeri elde edilmez. Fakat çalışmada kullanılan istasyonlarda yapılan basit doğrusal regresyon analizine göre trend değerleri çok küçüktür ve trend durumuna ilişkin doğrulama gerektiren bu istasyonlarda Mann-Kendall ve Spearman'ın Rho testlerinin kullanımı yararlıdır.

Parametrik testlerden basit doğrusal regresyon analizi ile yukarıda belirtilen parametrik olmayan testlerden elde edilen sonuçlar birbiri ile kıyaslandığında,

- ANKR (Türkiye) ve MAS1(İspanya) istasyonu parametrik ve parametrik olmayan testlere göre artan yönde trend göstermektedir.
- EBRE (İspanya) istasyonunda Mann-Kendall Mertebe Korelasyon testi hariç artan yönde trend bulunmuştur.
- BOR1 (Polonya) istasyonunda parametrik teste göre artan yönde trend varken parametrik olmayan testlerden sadece Sen'in Trend Eğim metodu ile artan yönde trend bulunmuştur.
- BRUS (Belçika) istasyonunda parametrik teste azalan yönde trend varken parametrik olmayan testlerden sadece Spearman'ın Rho testinde azalan yönde trend bulunmuştur.
- GRAS (Fransa) istasyonunda parametrik teste göre azalan yönde trend varken parametrik olmayan testlerden Spearman'ın Rho testinde azalan yönde, Mann-Kendall Mertebe Korelasyon testinde artan yönde trend bulunmuştur.
- Parametrik testlerden Basit Doğrusal Regresyon Analizi testi ile parametrik olmayan testlerden Sen'in Trend Eğim metodunun aynı sonuçlar verdiği görülmüştür. Aynı zamanda parametrik olmayan testlerden Spearman'ın Rho testinin de BOR1 (Polonya) istasyonu hariç Basit Doğrusal Regresyon Analizi yöntemi ile aynı sonuçları verdiği görülmüştür.

Türkiye'de bulunan ANKR (Türkiye) istasyonunda kaydedilen ZTD verileri zaman serilerinin trend analizi testlerinin hepsine göre artan yönde trend göstermektedir.

Basit doğrusal regresyon analizi yöntemine göre; Orta Avrupa bölgesinde kalan istasyonlar içerisinde sadece BOR1 (Polonya) istasyonunda trend vardır. Denize kıyısı olmayan Orta Avrupa bölgesinde kalan GOPE (Çek Cumhuriyeti), GRAZ (Avusturya),

PENC (Macaristan), WTZR (Almanya) ve POTS (Almanya) istasyonlarında trend belirlenememiştir. Denize kıyısı bulunan Polonya'nın LAMA ve JOZE istasyonlarında ise BOR1 (Polonya) istasyonuna kıyasla trend olmadığı görülmüştür. Batı Avrupa'da bulunan BRUS (Belçika) ve GRAS (Fransa) istasyonlarında ise azalan yönde trend görülmüştür. Genel olarak aynı coğrafi bölgede bulunan istasyonların trend durumlarının aynı olduğu görülmüştür.

MAS1 (İspanya) istasyonu, Atlantik okyanusuna kıyısı olan bir konumda bulunması nedeniyle nemli bir bölgede bulunmaktadır. Dolayısıyla ZTD'nin ıslak unsurunun etkisi artmaktadır ve bu istasyonda da artan yönde trend elde edilmiştir. EBRE (İspanya) ve BOR1 (Polonya) istasyonları sıcak bölgededir. Sıcaklık arttıkça nem artmaktadır. Bunun sonucunda ZTD'nin ıslak unsurunun etkisi de artmaktadır. Bu istasyonların trend analizi testleri sonuçlarına bakıldığında genel olarak artan yönde trend vardır.

Yapılan trend testlerinin tümüne bakıldığında ANKR (Türkiye) ve MAS1 (İspanya) istasyonlarında yapılan beş adet trend testine göre artan yönde trend tespit edilmiştir. Kullanılan 19 adet istasyonun 13'ünde trend tespit edilememiştir.

Çalışmada kullanılan her istasyona ait ZTD verileri zaman serilerinin Run (Swed-Eisenhart) testi ile homojenliği test edilmiştir. Test sonuçlarına göre ZTD serilerinin homojen olmadığı görülmüştür. Bu sonuçlar trend analizlerinden elde edilen sonuçlarla uyumludur.

ZTD ve zaman arasındaki bağımlılığı (anlamlılık) belirlemek için Pearson ve Kendall katsayıları hesaplandı. Pearson korelasyon katsayısı hesaplandıktan sonra bu değer örneklem dağılımını belirlemek için t istatistiği hesaplandı ve bu değer t- test değeri ile karşılaştırıldı. Buna göre ANKR (Türkiye), BRUS (Belçika), EBRE (İspanya), GRAS (Fransa) ve MAS1 (İspanya) istasyonlarında değişkenler arasında anlamlı bir ilişki bulunmuştur.

Zaman serilerinin unsurlarından biri olan mevsimsel etki unsurunun iklimsel çalışmalarda kullanımı önemlidir. Elde edilen salınım grafikleri ile istasyonun bulunduğu bölge hakkında yorumlamalar yapılmasına izin vermektedir. ZTD zaman serilerinin hepsi farklı karakterlerde olduğundan elde edilen mevsimsel etki salınımlarının da birbirinden farklı olduğu görülmüştür.

Etkili analizler yapmak için yaklaşık 20 yıllık zaman serileri iklim modellerini desteklemek ve aynı zamanda doğrulamak için yeterli miktarda bir veri kaynağı olabilir.



Ayrıca istasyonun bulunduğu bölgenin iklimi hakkında karar verebilmek için istasyonun konumu ve topoğrafyasının da dikkate alınması gerekmektedir.

ZTD zaman serilerindeki trend özellikle iklim çalışmaları için önemlidir. Çünkü atmosferdeki sıcaklık veya su buharındaki artış ya da azalışı yansıtır. Aynı zamanda ZTD zaman serilerindeki trend varlığı troposferde bazı fiziksel değişimlerin var olduğunu da gösterebilir.



## 5. KAYNAKLAR

- Ahmed, F., 2010. Evaluation of GNSS as a Tool for Monitoring Tropospheric Water Vapour, Yüksek Lisans Tezi, Chalmers University of Technology, Department of Earth and Space Sciences, İsveç.
- Akdeniz, F., 2006. Olasılık ve İstatistik, Nobel Kitabevi, 12. Baskı, Adana.
- Akgül, I., 2003. Zaman Serilerinin Analizi ve Arıma Modelleri, Der Yayınevi, İstanbul.
- Akgül, I., 2003. Geleneksel Zaman Serisi Yöntemleri, Der Yayınevi, İstanbul.
- Aşıkoğlu, Ö.L., 2015. Ege Bölgesi DSİ İstasyonlarında Ölçülen Yıllık Toplam Yağışların Trend Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Baldysz, Z., Nykiel, G., Figurski, M., Szafranek, K. ve Kroszczyński, K., 2015. Investigation of the 16-year and 18-year ZTD Time Series Derived from GPS Data Processing, Acta Geophysica, 1103-1125.
- Baldysz, Z., Nykiel, G., Araszkiwicz, A., Figurski, M., ve Szafranek, K., 2016. Comparison of GPS Tropospheric Delays Derived from Two Consecutive EPN Reprocessing Campaigns from the Point of View of Climate Monitoring, Atmos. Meas. Tech. Discuss., doi:10.5194/amt-2016-5, 1.
- Bayazıt, M. ve Yeğen Oğuz, E.B., 2005. Mühendisler İçin İstatistik, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- Beşel, C. ve Tanır Kayıkcı, E., 2016. Meteorolojik Verilerin Zaman Serisi ve Tanımlayıcı İstatistiklerle Yorumlanması; Karadeniz Bölgesi Örneği, TÜCAUM Uluslararası Coğrafya Sempozyumu, Ekim, Ankara, Bildiriler Kitabı: 50-69.
- Bevis, M., Businger, S., Herring, T.A., Rocken, C., Anthes, R.A. ve Ware, R.H., 1992. GPS Meteorology: Remote Sensing of Atmospheric Water Vapour Using The Global Positioning System, Journal of Geophysical Research, 97, D14, 15787–15801.
- Bianchi, C.E., Mendoza, L.P.O., Fernandez, L.I., Natali, M.P., Meza, A.M. ve Moirano, J.F., 2016. Multi-year GNSS Monitoring of Atmospheric IWV over Central and South America for Climate Studies, Ann. Geophys., 34, 623-639.
- Bosy, J., Rohm, W., Sierny, J. ve Kaplon, J., 2011. GNSS Meteorology, International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation, 5, 79-83.
- Box, G.E.P. ve Jenkins, G.M., 1976. Time Series Analysis Forecasting and Control, Revised Edition, Holden Day Inc., ISSN 0130607746, California.

- Bulut, H., Yeşilata, B. ve Yeşilnacar, M.İ., 2006. Atatürk Baraj Gölünün Bölge İklimi Üzerine Etkisinin Trend Analizi ile Tespiti, GAP V. Mühendislik Kongresi, Nisan, Şanlıurfa, Bildiriler Kitabı: 79-86.
- Büyükyıldız, M., 2004. Sakarya Havzası Yağışlarının Trend Analizi ve Stokastik Modellemesi, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Can, A., 2016. SPSS ile Bilimsel Araştırma Sürecinde Nicel Veri Analizi, 4. Baskı, Pegem Akademi, Ankara.
- Chatfield, C., 1975. The Analysis of Time Series: Theory and Practice, Chapman and Hall, USA.
- Collins P. ve Langley R.B., 1999. Tropospheric Delay: Prediction for the WAAS User, GPS WORLD.
- Cosun, F. ve Karabulut, M., 2009. Kahramanmaraş İlinde Yağışların Trend Analizi, Coğrafi Bilimler Dergisi CBD, 7,1, 65-83.
- Cosun, F. ve Karabulut, M., 2009. Kahramanmaraş'ta Ortalama, Minimum ve Maksimum Sıcaklıkların Trend Analizi, Türk Coğrafya Dergisi, 53, 41-50.
- COST, 2012. Memorandum of Understanding For the Implementation of a European Concerted Research Action, COST Action ES1206, Advanced Global Navigation Satellite Systems Tropospheric Products for Monitoring Severe Weather Events And Climate (GNSS4SWEC), European Cooperation in Science and Technology.
- Cıgızoğlu, H., Bayazıt, M., Önöz, B., Malkoç, Y. ve Yıldız, M., 2002. Türkiye Nehirleri Taşkın, Ortalama ve Düşük Akımlardaki Trendler, İTÜ Araştırma Fonu Projesi.
- Çeribaşı, G., 2015. Karadeniz ve Sakarya Havzalarında Yağış Askıda Katı Madde Verilerinin Trend Analizi ile İncelenmesi, Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Dağlı, Ö.Ö., 2004. Türkiye Akarsularında Bölgesel Trend Analizi, Yüksek Lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Demircan, M., 2016. Arabacı, H., Coşkun, M., Türkoğlu, N. ve Çiçek İ., Sıcaklıkların Aylık Dağılım Desenleri, TÜCAUM 2016 Uluslararası Coğrafya Sempozyumu, Ekim, Ankara, Bildiriler Kitabı: 98-105.
- Demircan, M., Tanır Kayıkçı, E. ve Zengin Kazancı, S., 2016. Comparison of Water Vapour Estimates in Ankara, Turkey, 9th European Conference on Radar in Meteorology and Hydrology (ERAD2016), Ekim, Antalya.
- Efe, B., Toros, H. ve Deniz, A., 2015. Türkiye Geneli Yağış ve Sıcaklık Verilerinde Eğilimler ve Salınımlar, VII. Atmospheric Science Symposium, Nisan, İstanbul, Bildiriler Kitabı: 791-800.

- Emek, M.F., 2014. Doğu Anadolu Bölgesi Yıllık ve Aylık Toplam Yağışların Trend Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Gocic, M. ve Trajkovic, S., 2013. Analysis of Changes in Meteorological Variables Using Mann-Kendall and Sen's Slope Estimator Statistical Tests in Serbia, Global and Planetary Change, 100,172-182.
- Guerova, G., 2013. Ground-Based GNSS Meteorology, Gfg Summer School, Potsdam, Almanya.
- Guerova, G., 2015. Exploitation of Ground-Based GNSS for Meteorology and Climate Studies in Bulgaria/South-Eastern Europe, FIG Working Week 2015 from the Wisdom of the Ages to the Challenges of the Modern World Sofia, Bulgaria, Bildiriler Kitabı: 1-8.
- Guerova, G., Ground Based GNSS Meteorology, [http://www.gfg2.eu/sites/gfg2.eu/files/guero va\\_gpsmet.pdf](http://www.gfg2.eu/sites/gfg2.eu/files/guero_va_gpsmet.pdf), 26 Ocak 2017.
- Gümüş, V., 2006. Fırat Havzası Akımlarının Trend Analizi ile Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Şanlıurfa.
- Gümüş, V., Yenigün, K. ve Kırkgöz, M.S., 2011. Göksu Nehri-Himmetli İstasyonu Aylık Ortalama Akım Gidişlerinin Belirlenmesi, Ç.Ü.Müh.Mim.Fak.Dergisi, 26,1,31-32.
- Hackman, C., Guerova, G., Byram, S., Dousa, J. ve Hugentobler, U., 2015. International GNSS Service (IGS) Troposphere Products and Working Group Activities, FIG Working Week 2015, Mayıs, Bulgaristan, 1-14.
- Hamilton, J.D., 1994. Time Series Analysis, ISSN 0691042896.
- Hastaoğlu, K.Ö., Şanlı, D.U., Poyraz, F. ve Ayazlı, İ.E., 2009. Comparison of Estimation Methods for Tropospheric Errors in GPS Rapid Static Method, Journal of Engineering and Natural Sciences, Sigma 27, 264-274.
- Hofmann-Wellenhof, B., Lichtenegger, H. ve Wasle, E., 2008. GNSS- Global Navigation Satellite Systems, GPS, GLONASS, Galileo and more, DOI 10.1007/978-3-211-73017-1, Springer-Verlag Wien, Avusturya.
- Hopfield, H.S., 1971. Tropospheric Effect of Electromagnetically Measured Range: Prediction from Surface Weather Data, Radio Science, 6, 357-367.
- Hopfield, H.S., 1972. Tropospheric Refraction Effects on Satellite Range Measurement, APL Technical Digest, 11, 11-19.
- Janes, H.W., Langley, R.B. ve Newby, S.P., 1991. Analysis of Tropospheric Delay Prediction Models: Comparisons with Ray-Tracing and Implications for GPS Relative Positioning, Bulletin Geodesique, 65, 151-161.

- Jhajharia, D., Dinpashoh, Y., Kahya, E., Choudhary, R.R. ve Singh, V.P., 2013. Trends in Temperature over Godavari River Basin in Southern Peninsular India, International Journal of Climatology, doi: 10.1002/joc.3761.
- Jin, S., Park, J., Cho, J. ve Park, P., 2007. Seasonal Variability of GPS-Derived Zenith Tropospheric Delay (1994-2006) and Climate Implications, Journal of Geophysical Research, 112, D09110, doi:10.1029/2006JD007772.
- Kahveci, M., 2009. Kinematik GNSS ve RTK CORS Ağları, ISBN 978-9944-0376-1-7, Zerpa Yayıncılık, Ankara.
- Kalaycı, S. ve Kahya E., 1998. Susurluk Havzası Nehirlerinde Su Kalitesi Trendlerinin Belirlenmesi, Tr. J. of Engineering and Environmental Science, 22, 503-514.
- Kara, T., 2009. Sabit GPS İstasyonlarında Zaman Serisi Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Karabulut, M., 2011. Doğu Akdeniz’de Ekstrem Maksimum ve Minimum Sıcaklıkların Trend Analizi, 1. Ulusal Akdeniz Çevre ve Orman Sempozyumu, Ekim, Kahramanmaraş, Bildiriler Kitabı: 26-28.
- Katsougiannopoulos, S., Pıkrıdas, C., Rossikopoulos, D., Ifadis, I.M. ve Fotiou, A., 2006. Tropospheric Refraction Estimation Using Various Models, Radiosonde Measurements and Permanent GPS Data, XXIII FIG Congress, Almanya.
- Kendall, M.G., 1975. Rank Correlation Methods, Charles Griffin, London.
- Kınacı, İ. vd., 2005. Konya İli Sıcaklık Verilerinin Çift Doğrusal Zaman Serisi Modeli ile Modellenmesi, 3. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, Mersin.
- Kızılelma, Y., Çelik, M.A. ve Karabulut, M., 2015. İç Anadolu Bölgesinde Sıcaklık ve Yağışların Trend Analizi, Türkiye Coğrafya Dergisi, 64, 1-10.
- Kleijer, F., 2004. Troposphere modeling and filtering for precise GPS leveling, Delft University of Technology, Delft.
- Klos, A., Hunegnaw, A., Teferle, F.N., Abraha, K.E., Ahmed, F. ve Bogusz, J., 2016. Noise Characteristics in Zenith Total Delay from Homogeneously Reprocessed GPS Time Series, Atmos.Meas.Tech.Discuss., 1-28, doi:10.5194/amt-2016-385.
- Lindenbergh, R., Keshin, M., Van der Marel, H. ve Hanssen, R., Combining Water Vapor Data from GPS and Meris, Delft Institute of Earth Observation and Space Systems, Delft University of Technology, <http://www.isprs.org/proceedings/XXXVI/part7/PDF/018.pdf>, 17 Ocak 2017.
- Longobardi, A. ve Villani P., 2009. Trend Analysis of Annual and Seasonal Rainfall Time Series in the Mediterranean Area, International Journal of Climatology, doi: 10.1002/joc.2001.

- MacGougan, G., Lachapelle, G. ve Nayak, R., 2001. Overview of GNSS Signal Degradation Phenomena, Presented at the International Symposium on Kinematic Systems in Geodesy, Geomatics And Navigation, Canada, 87-100.
- Mann, H.B, 1945. Non-Parametric Tests Against Trend, The Econ. Society, 3, 245-259.
- Mann, S.P., 1995. Statistics for Business and Economics, Wiley, USA.
- Mekik, Ç., 1999. GPS'e Atmosferin Etkileri, Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Dergisi, 86, 14-20.
- Mekik, Ç., 2010. Global Uydu Navigasyon Sistemleri ve Uydu Bazlı Alan Büyütme Sistemleri, CeBIT-Eurasia 2010, Coğrafi Bilgi Teknolojileri Çalıştayı, Ekim, İstanbul, 1-10.
- Mekik, Ç., 2016. Tüm Türkiye İçin GNSS ile Su Buharının Kestiriminde Q Dönüşüm Faktörünün Elde Edilmesi, Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi, 6, 1, 90-99.
- Nilsson, T. ve Elgered, G., 2008. Long-term Trends in Atmospheric Water Vapor Content Estimated from Ground-based GPS data, Journal of Geophysical Research, 113, 1-12.
- Nişancı, A., 2006. Klimatoloji, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Yayınları, 2. Baskı, Samsun.
- Nychka, D., Ten Lectures on Statistical Climatology, <http://www.statmos.washington.edu/?p=42>, 8 Ekim 2013.
- Oğhan, S., 2010. Zaman Serisi Analiz Yöntemlerinin Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Olofintoye, O., Adeyemo, J., ve Otieno, F., 2012. Impact of Regional Climate Change on Freshwater Resources and Operation of the Vanderkloof Dam System in South Africa, Global Warming-Impact and Future Perspective, doi: 10.5772/50414 165-184.
- Özfidaner, M., 2007. Türkiye Yağış Verilerinin Trend Analizi ve Nehir Akımları Üzerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Öztürk, E. ve Şerbetçi, M., 1992. Dengeleme Hesabı, Cilt III, KTÜ Basımevi, Genel Yayın No: 144, Fakülte Yayın No:40, Trabzon.
- Partal, T. ve Kahya, E., 2015. Trend Analysis in Turkish Precipitation Data, Hydrological Processes, 20, 2011-2026.
- Refat Nasher, N.M. ve Uddin, M.N., 2013. Maximum and Minimum Temperature Trends Variation over Northern and Southern Part of Bangladesh, J. Environ. Sci. & Natural Resources, 6,2, 83-88.

- Rocken C., Hove.,T.V., Johnson, J., Solheim, F., Ware, R., Bevis, M., Chiswell, S. ve Businger, S., 1994.GPS/STORM-GPS Sensing of Atmosferic Water Vapor for Meteorology, Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, 12, 468-478.
- Saleem, T. ve Usman, M., 2014. Analysis and Mitigation of Tropospheric Error Effect on GPS Positioning Using Real GPS Data, International Journal of Electronics and Electrical Engineering, 2,3.
- Seeber, G., 1993. Satellite Geodesy, Foundation, Methods and Aplication, Walter de Gruyder, ISBN 3-11-012753-9, 531, Berlin.
- Soydan, N.G., Gümüş, V., Şimşek, O., Gerger, R. ve Ağun, B., 2016. Seyhan Havzası Aylık Ortalama Akım ve Yağış Verilerinin Trend Analizi, Dicle Üniversitesi Mühendislik Dergisi, 7, 319-328.
- Swed, F.S. ve Eisenhart, C., 1943.Tables for Testing Randomness of Grouping in a Sequence of Alternatives, Annals of Mathematical Statistics, 14, 66-87.
- Şanlıoğlu, İ. ve İnal, C., 2004. IGS Ürünlerinin Tanıtımı, IGS Ürünlerine Erişim ve Bir Uygulama, Selçuk Üniversitesi, Teknik Bilimler Yüksekokulu, Teknik-Online Dergi, 3,1.
- Şanlıoğlu, İ., 2004. Global Konum Belirleme Sistemi (GPS) Yazılımlarının Veri İşleme Modüllerinin Uluslararası GPS Servisi (IGS) Ürünleri Kullanarak Test Edilmesi, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Şen, C., 2013. Isparta İlinde Sıcaklık ve Yağış Verilerinin Trend Analizi, Yüksek lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Coğrafya Anabilim Dalı, Isparta.
- Şimşek, O., Gümüş, V., Soydan, N.G., Yenigün, K., Kavşut, M.E. ve Topçu E., 2013. Hatay İlinde Bazı Meteorolojik Verilerin Gidiş Analizi, SDU International Journal of Technologic Science, 5, 2,132-144.
- Tanır Kayıkçı, E., Zengin Kazancı S. ve Tornatore,V., 2016.Analysis of ZTD and IWV Time Series from GPS Reprocessing Campaign, COST ES1206 sub-WG Workshop on Data Homogenisation, Brüksel, Belçika.
- Tanır Kayıkçı, E., Tornatore, V. ve Zengin Kazancı S., 2017. Effect of Data Homogenization for Trend and Seasonal Signal Detection, ES 1206 COST Action Final Workhop, Şubat, Hollanda.
- Tornatore, V., Tanır Kayıkçı, E. ve Roggero, M., 2016. Comparison of ITRF2014 Station Coordinate Input Time Series of DORIS, VLBI and GNSS, Advances in Space Research, 58, 1-12.
- Tüysüz, N. ve Yaylalı Abanuz, G., 2012. Jeoistatistik Kavramlar ve Bilgisayarlı Uygulamalar, 2, KTÜ Matbaası, Trabzon.
- URL-1, <http://web.sakarya.edu.tr>. 8 Ekim 2013.

- URL-2, <https://tr.wikipedia.org/wiki/Korelasyon>. 9 Ocak 2017.
- URL-3, [w3.balikesir.edu.tr/~bsentuna/wp-content/uploads/2013/04/Regrasyon.ppt](http://w3.balikesir.edu.tr/~bsentuna/wp-content/uploads/2013/04/Regrasyon.ppt). 9 Ocak 2017.
- URL-4, [kisi.deu.edu.tr/kemal.sehirli/korelasyon\\_regresyon.pdf](http://kisi.deu.edu.tr/kemal.sehirli/korelasyon_regresyon.pdf). 9 Ocak 2017.
- URL-5, <https://tr.wikipedia.org/wiki/Otokorelasyon>. 25 Ocak 2017.
- URL-6, [http://atlas.selcuk.edu.tr/1205301/GNSS\\_TUM.pdf](http://atlas.selcuk.edu.tr/1205301/GNSS_TUM.pdf). 6 Şubat 2017.
- URL-7, <http://www.igs.org/about>. 6 Şubat 2017.
- URL-8, <http://www.igs.org/network>. 6 Şubat 2017.
- URL-9, [https://tr.wikipedia.org/wiki/D%C3%BCnya\\_atmosferi](https://tr.wikipedia.org/wiki/D%C3%BCnya_atmosferi). 7 Şubat 2017.
- URL-10, <http://spaceplace.nasa.gov/troposphere/en/>. 7 Şubat 2017.
- URL-11, <https://scied.ucar.edu/shortcontent/troposphere-overview>. 7 Şubat 2017.
- URL-12, <https://tr.wikipedia.org/wiki/Troposfer>. 7 Şubat 2017.
- URL-13, <https://tr.wikipedia.org/wiki/%C4%B0yonosfer>. 15 Şubat 2017.
- URL-14, <http://kb.igs.org/hc/en-us/articles/202014583-Organizational-Diagram>. 15 Şubat 2017.
- URL-15, <https://www.princeton.edu/~alaink/Orf467F07/GNSS.pdf>. 14 Mart 2017.
- URL-16, <http://www.igs.org/wg>. 14 Mart 2017.
- URL-17, [https://en.wikipedia.org/wiki/Simple\\_linear\\_regression](https://en.wikipedia.org/wiki/Simple_linear_regression). 6 Nisan 2017.
- URL-18, <ftp://cost1206homogen@ftp-as.oma.be>. 29 Mart 2016.
- Yadav, G., Mishra, N., Prashanthi, K. ve Chaturvedi, S., 2015. Air Pollution Trend Analysis Using Sen Estimator Method-a Survey, International Journal of Science and Research, 4,3, 71-76.
- Yerdelen, C., 2013. Susurluk Havzası Yıllık Akımlarının Trend Analizi ve Değişim Noktasının Araştırılması, DEÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi, 15, 44,77-87.
- Yong, W., Binyun, Y., Debao, W. ve Yanping, L., 2008. Zenith Tropospheric Delay from GPS Monitoring Climate Change of Chinese Mainland, Education Technology and Training, 2008 and 2008 International Workshop on Geoscience and Remote Sensing, ETT and GRS 2008, International Workshop on, 1, doi: 10.1109/ETTandGRS.2008.43.



- Yılmaz, E., 2010. Sıcaklık Zaman Serilerinin Analizi ve Sıcaklık Kestirimi, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Yılmaz, S.A., 2013. GNSS Verilerinden Hesaplanan Elipsoid Yüksekliklerinin Atmosferik Verilerle İyileştirilmesi, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Yue, S., Zou, S. ve Whittlemore, D., 1993. Non-parametric Trend analysis of Water Quality Data of Rivers in Kansas, Journal of Hydrology, 37, 61-80.
- Yücel, A. ve Topaloğlu, F., 1999. Adana İli Uzun Yıllık (1929-1990) Günlük Minimum, Ortalama ve Maksimum Sıcaklık Verilerinin Zaman Serisi Analizi ile İncelenmesi, Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 23, Ek Sayı 4, 863-868.
- Zengin Kazancı, S., 2014. Konumsal Enterpolasyon Yöntemlerinin Uygulanması Üzerine Bir Çalışma: Karadeniz Bölgesi Günlük Ortalama Sıcaklık Verileri Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Zengin Kazancı, S., Tanır Kayıkcı, E. ve Tornatore, V., 2017. Comparison of Time Series Homogenization of IWV Estimates at IGS Stations, COST ES1206 Sub-Working Group "Data Homogenisation": 2nd Workshop, Ocak, Polonya.
- Zengin Kazancı, S. ve Tanır Kayıkcı, E., 2017. Establishment of Karadeniz Technical University Permanent GNSS Station as Reactivated of TRAB IGS Station, EUREF 2017, Wrocław, Polonya.

## ÖZGEÇMİŞ

Cansu BEŞEL, 1991 yılında Trabzon'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Vakfıkebir ilçesinde tamamladı. 2009 yılında Tonya Anadolu Lisesi'nden mezun olduktan sonra 2010 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Harita Mühendisliği bölümüne başladı ve 2014 yılında birincilikle mezun oldu. 2015 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği anabilim dalında yüksek lisans eğitimine başladı. 2016 yılında Öğretim Üyesi Yetiştirme Programı (ÖYP) ile Sinop Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Harita Mühendisliği bölümüne Araştırma Görevlisi olarak atandı. Aynı yıl ÖYP-35. Madde ile Karadeniz Teknik Üniversitesi'nde göreve başladı. Yüksek lisans eğitimine devam etmekte ve İngilizce bilmektedir.