

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

KABUK HAREKETLERİNİN VLBI VE GPS ÖLÇÜLERİ İLE BELİRLENMESİ

DOKTORA TEZİ

Özge KARAASLAN

KASIM 2023
TRABZON



**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

KABUK HAREKETLERİNİN VLBI VE GPS ÖLÇÜLERİ İLE BELİRLENMESİ

Özge KARAASLAN

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce
"DOKTOR (HARİTA MÜHENDİSLİĞİ)"
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 10 / 10 / 2023

Tezin Savunma Tarihi : 09 / 11 / 2023

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Emine TANIR KAYIKÇI

Trabzon 2023

ÖNSÖZ

“Kabuk Hareketlerinin VLBI ve GNSS Ölçüleri ile Belirlenmesi” isimli bu tez Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Programı’nda hazırlanmıştır.

Öncelikle, danışmanlığımı üstelenen, çalışmamda bana yön gösteren, destek ve emeklerini esirgemeyen Prof. Dr. Emine TANIR KAYIKÇI’ ya, verdiği destek ve motivasyon için sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Tez izleme komitemde yer alarak değerli görüşleri ile araştırmamın şekillenmesini sağlayan Prof. Dr. Mualla YALÇINKAYA ve Prof. Dr. Hakan KARSLI hocalarıma çok teşekkür ederim.

Tez çalışmasında kullandığım PORT-GFZ yazılımıyla alakalı sorularıma içtenlikle cevap verip yardımcı olan Alman Yerbilimleri Araştırma Merkezi’nden Dr. George Beyerle’e ve Bernese GNSS yazılımıyla alakalı da yardımcı olan Erasmus Staj programı kapsamında gittiğim Varşova Teknoloji Üniversitesi Jeodezi ve Kartografya Fakültesi’nden Dr. Tomasz Liwosz’a teşekkür ederim.

Her türlü destekleriyle uzun yıllardır yanımda olan iş arkadaşım Doç. Dr. M. Akif GÜNEN, eşi Banu ve minik kızı Gökçe’ye teşekkür ederim. Tüm hayatım boyunca yanımda olan, aldığım kararları her zaman destekleyen annem, babam, kardeşlerime ve tezimin son dönemlerinde hayatıma girip her türlü desteğini esirgemeyen nişanlıma çok teşekkür ederim.

Bu tez çalışmasının bundan sonraki çalışmalara katkı sağlamasını temenni ederim.

Özge KARAASLAN

Trabzon 2023

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Doktora Tezi olarak sunduğum “Kabuk Hareketlerinin VLBI ve GPS Ölçüleri ile Belirlenmesi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Emine TANIR KAYIKÇI’nın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, 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. 09/11/2024

Özge KARAASLAN

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	1II
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VII
SUMMARY	X
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XIII
TABLolar DİZİNİ.....	XV
KISALTMALAR DİZİNİ	XIX
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş	1
1.2. Problemin Tanımı ve Motivasyon	2
1.3. Çalışmanın Amacı.....	5
1.4. Literatür Taraması.....	6
1.5. VLBI Uzay Jeodezisi Tekniği.....	13
1.5.1. Uluslararası VLBI Jeodezi ve Astrometri Servisi (IVS) Ağ İstasyonları	16
1.5.2. PORT-GFZ VLBI Yazılımı	20
1.6. GNSS Uydu Jeodezisi Tekniği	21
1.6.1. GNSS Gözlemlerinin Bernese 5.2. Yazılımı ile Analizi.....	22
1.6.2. Alıcıdan Bağımsız Veri Değişimi (RINEX)	23
1.6.3. Uluslararası GNSS Servisi Ağ İstasyonları.....	23
1.6.4. Avrupa Yersel Referans Ağ (EUREF) İstasyonları	25
1.7. Jeodezik Koordinat Sistemleri	26
1.7.1. Jeodezik Dik (Kartezyen) Koordinat Sistemleri	27
1.7.2. Jeodezik Eğri Koordinat Sistemi.....	28
1.7.3. Elipsoid ve Dik Koordinatlar Arasındaki Dönüşüm	29
1.8. Üç Boyutlu Jeodezik Ağlarda Duyarlık Ölçütleri.....	30
1.8.1. Noktalara Göre Tanımlanan Duyarlık Ölçütleri.....	31
1.8.2. Global Duyarlık Ölçütleri.....	33

1.9. IGS ve IVS Sabit İstasyonları İçin Hızların Hesaplama Yöntemleri.....	33
1.9.1. ITRF 2014 Yerel Hızlarının Hesaplanması.....	33
1.9.2. ITRF 2014 Açısal Hızlarının Hesaplanması	34
1.9.3. ITRF2014 Hızlarının ETRF2014 Hızlarına Dönüştürülmesi.....	35
1.9.4. Plaka Hareket Modellerinden Sabit İstasyonların Hızlarının Hesaplanması	35
1.10. Bayesci, LOWESS ve LSF Tahmin Yöntemleri Kullanılarak Sabit İstasyonların Hızlarının Hesaplanması	37
1.10.1. Bayesci Tahminleme Yöntemi	38
1.10.2. LOWESS Yöntemi	39
1.10.3. LSF (Least Squared Fit) Yöntemi	40
1.10.4. Yöntemlerin Benzerlikleri.....	41
1.10.5. Yöntemlerin Farklılıkları.....	41
1.11. Hızlar Arasındaki Korelasyonun Hesaplanması	42
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	44
2.1. Çalışma Bölgesi ve Oluşturulan Ağlar	44
2.2. IVS Ağ İstasyonlarının PORT Yazılımı ile Günlük Analizi	48
2.3. IGS Ağ İstasyonlarının Bernese 5.2 Yazılımı ile Günlük Analizi.....	52
2.4. Plaka Hareket Modellerinden IGS ve IVS Ağ İstasyonlarının Hızlarının Hesabı...	56
2.5. Tahmin Yöntemleriyle IGS ve IVS Ağ İstasyonlarının Hızlarının Hesabı	56
3. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	58
3.1. Oluşturulan Ağların Duyarlık ve Güven Ölçütleri Hesabı	58
3.2. IVS Ağ İstasyonlarının PORT Yazılımı ile Analizinden Elde Edilen ITRF2014 Hızlarıyla İlgili Elde Edilen Bulgular	71
3.3. IGS Ağ İstasyonlarının Analizleri ile Hesaplanan Hızlarla İlgili Elde Edilen Bulgular	72
3.4. Plaka Hareket Modellerinden Hesaplanan Hızlarla İlgili Bulgular	96
3.5. Tahmin Yöntemlerinden Hesaplanan Hızlarla İlgili Bulgular.....	118
3.6. EUREF Hızları ile Hesaplanan Hızlar Arasındaki Korelasyonların Hesaplanması	129
4. SONUÇLAR.....	130
5. ÖNERİLER	133
6. KAYNAKLAR.....	135
ÖZGEÇMİŞ	

Doktora Tezi

ÖZET

KABUK HAREKETLERİNİN VLBI VE GPS ÖLÇÜLERİ İLE BELİRLENMESİ

Özge KARAASLAN

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Emine TANIR KAYIKÇI
2023, 145 Sayfa

Jeodezik uydu/uzay teknikleri son yıllarda konum belirleme temel amacının dışında deprem etkileri, kabuk deformasyonları, tektonik plaka aktivitesi, hız tahmini, su buharı, volkanik aktivite ve heyelanlar gibi birçok uygulamada sıklıkla kullanılmaktadır. Bu çalışmada, Avrupa’da Alp-Himalaya sismotektonik kuşağının kuzey ve güney bölümünde konumlandırılmış IVS (International VLBI Service for Geodesy and Astrometry) ve IGS (International GNSS Service) ağlarından istasyonlarla oluşturulmuş dört ayrı jeodezik ağda Bernese 5.2. GNSS Yazılımı ve PORT-GFZ VLBI Yazılımından elde edilen hızlar, "Plate Motion Calculator Yazılımı"nda 18 farklı tektonik plaka hareket modelinden ve Bayesci Tahminleme, LOWESS ve LSF gibi matematiksel yöntemlerle hesaplanan hızlarla karşılaştırılmıştır. Bernese 5.2’den elde edilen ITRF2014 hızları ile Bernese 5.2. ITRF2014 koordinatları ile hesaplanan açısalsal/yerel hızlar ve ETRF2014 hızları arasında en fazla $\pm 4-5$ mm/yıl; ITRF2014 hızları ile GSRMv2.1 hızları arasında en fazla ± 2 mm/yıl, GSRMv2.1 modeli ile NUVEL1A modeli arasında en fazla ± 3 mm/yıl fark edilmiştir. Bayesci tahminleme ve LSF matematiksel yöntemlerinden hesaplanan hız değerleri birbirleriyle uyumluyken, LOWESS yöntemiyle elde edilen hızlar (X) yönündeki hızlarda 5 istasyon, (Y) yönündeki hızlarda ise 2 istasyon hariç, santimetrenin altında farklar hesaplanmıştır; (Z) yönündeki hızlarda ise daha fazla en çok ~ 5 cm farklar hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kabuk Hareketleri, ITRF Hızları, ETRF hızları, Bernese GNSS Yazılımı, PORT-GFZ VLBI Yazılımı, Yerel Hız, Açısalsal Hız, Bayesci Tahminleme, LOWESS Kestirimi, LSF, Koordinat Kestirimi, Plaka Hareket Modelleri

PhD. Thesis

SUMMARY

ANALYSES OF CRUSTAL MOVEMENTS USING VLBI AND GPS MEASUREMENTS

Özge KARAASLAN

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Geomatics Engineering
Supervisor: Prof. Dr. Emine TANIR KAYIKÇI
2023, 145 Pages

Geodetic satellite and space techniques The growing quantity of permanent stations conducting GNSS (Global Navigation Satellite Systems) and VLBI (Very Long Baseline Interferometry) observations has elevated these surveying methods as effective tools for diverse geodetic and geodynamic purposes. Geodetic satellite/space techniques have been commonly utilized in several applications including earthquake effects, crustal deformations, tectonic plate activity, velocity estimation, water vapor, volcanic activity, landslides, and location. The study focused on Bernese 5.2. The goal is to compare the velocities derived from GNSS Software and PORT-GFZ VLBI Software with the velocities of 18 distinct tectonic plate motion models obtained through the "Plate Motion Calculator Software," as well as the velocities estimated using Bayesian Estimation, LOWESS, and LSF methods. Both local and global sensitivity metrics were computed to assess application networks based on sensitivity measures. The investigation involved calculating velocities of IGS and IVS stations using various models and techniques. The comparisons demonstrate how various estimation strategies might enhance the comprehension of geodetic data.

Key Words: Plate Motions, ITRF Velocities, ETRF Velocities, Bernese GNSS Software, PORT-GFZ VLBI Software, Local Velocity, Angular Velocity, Bayesian Estimation, LOWESS Estimation, LSF, Coordinate Estimation, and Plate Motion Models.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.	Alp-Himalaya sismotektonik kuşağının çalışma bölgesinde kalan kısmı	4
Şekil 2.	VLBI çalışma prensibi (URL-4, 2023)	15
Şekil 3.	Onsala Uzay Gözlemevi (İsveç)'ndeki uzay jeodezik gözlemlerine yönelik ekipmanlar: 25 metre radyo teleskop ve 13,2 m ikiz teleskoplar	15
Şekil 4.	Onsala Uzay Gözlemevi (İsveç)'ndeki uzay jeodezik gözlemlerine yönelik ekipman: 20 m radar-kubbe (radom-radar dome) radyo teleskopu	16
Şekil 5.	IVS Ağ İstasyonları Haritası (URL-1, 2023)	17
Şekil 6.	IGS istasyonları (URL-17, 2023)	25
Şekil 7.	EUREF haritası (URL-18, 2023)	25
Şekil 8.	Dik koordinatlar (X, Y, Z : eksenler; O orijin noktası, x, y, z eksenlere uzaklık- koordinat değeri)	27
Şekil 9.	Elipsoidal koordinatlar (φ, λ, h)	28
Şekil 10.	Bayesci tahminlemenin temel adımları	38
Şekil 11.	LOWESS yönteminin ana adımları	39
Şekil 12.	Ağlar için hesaplanan duyarlık ölçütlerinin iş akış şeması.....	44
Şekil 13.	Birinci Ağ	45
Şekil 14.	İkinci Ağ	46
Şekil 15.	Üçüncü Ağ	47
Şekil 16.	Dördüncü Ağ	47
Şekil 17.	PORT yazılımının klasörlerindeki dosyaların kontrolü	48
Şekil 18.	PORT yazılımının analiz başlangıç ekranı	49
Şekil 19.	PORT init modülü	49
Şekil 20.	PORT model modülü.....	50
Şekil 21.	MATLAB yazılında dosya yolu tanııtma	51
Şekil 22.	Sıralı kodlar ile analiz	51
Şekil 23.	STA istasyon bilgi dosyası	54
Şekil 24.	VEL hız dosyası	55
Şekil 25.	CRD koordinat dosyası.....	55
Şekil 26.	Birinci ağın IGS istasyonlarının hata elipsoidi	60
Şekil 27.	Birinci ağın IVS istasyonlarının hata elipsoidi	62
Şekil 28.	İkinci ağın hata elipsoidi.....	66

Şekil 29. Üçüncü ağın hata elipsoidi	69
Şekil 30. Dördüncü ağın hata elipsoidi	71
Şekil 31. Birinci ağıdaki IGS istasyonlarının X yönündeki hızlarının grafiklerle gösterimi	86
Şekil 32. İkinci ağıdaki IGS istasyonlarının X yönündeki hızlarının grafiklerle gösterimi	87
Şekil 33. Üçüncü ağıdaki IGS istasyonlarının X yönündeki hızlarının grafiklerle gösterimi	87
Şekil 34. Dördüncü ağıdaki IGS istasyonlarının X yönündeki hızlarının grafiklerle gösterimi	88
Şekil 35. Birinci ağıdaki IGS istasyonlarının Y yönündeki hızlarının grafiklerle gösterimi	88
Şekil 36. İkinci ağıdaki IGS istasyonlarının Y yönündeki hızlarının grafiklerle gösterimi	89
Şekil 37. Üçüncü ağıdaki IGS istasyonlarının Y yönündeki hızlarının grafiklerle gösterimi	89
Şekil 38. Dördüncü ağıdaki IGS istasyonlarının Y yönündeki hızlarının grafiklerle gösterimi	90
Şekil 39. Birinci ağıdaki IGS istasyonlarının Z yönündeki hızlarının grafiklerle gösterimi	90
Şekil 40. İkinci ağıdaki IGS istasyonlarının Z yönündeki hızlarının grafiklerle gösterimi	91
Şekil 41. Üçüncü ağıdaki IGS istasyonlarının Z yönündeki hızlarının grafiklerle gösterimi	91
Şekil 42. Dördüncü ağıdaki IGS istasyonlarının Z yönündeki hızlarının grafiklerle gösterimi	92

TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1. IVS Analiz merkezlerinden bazıları hakkında bilgiler	19
Tablo 2. Değerlendirmede kullanılan parametreler ve modeller	53
Tablo 3. Birinci ağı IGS istasyonlarının 3 boyutlu nokta koordinat duyarlılıkları	59
Tablo 4. Birinci ağı IGS istasyonlarının hata elipsoidi elemanları	60
Tablo 5. Birinci ağı IVS istasyonlarının 3 boyutlu nokta koordinat duyarlılıkları	61
Tablo 6. Birinci ağı IVS istasyonlarının hata elipsoidi elemanları	62
Tablo 7. İkinci ağı 3 boyutlu nokta koordinat duyarlılıkları	64
Tablo 8. İkinci ağı hata elipsoidi elemanları	65
Tablo 9. Üçüncü ağı 3 boyutlu nokta koordinat duyarlılıkları	67
Tablo 10. Üçüncü ağı hata elipsoidi elemanları	68
Tablo 11. Dördüncü ağı 3 boyutlu nokta koordinat duyarlılıkları	70
Tablo 12. Dördüncü ağı hata elipsoidi elemanları	70
Tablo 13. VLBI istasyonlarının V_X , V_Y , V_Z hızları	72
Tablo 14. VLBI ve ITRF2014 hız farkları	72
Tablo 15. Birinci ağıdaki IGS istasyonlarının X, Y, Z koordinatları ve V_X , V_Y , V_Z hızları (ITRF2014)	73
Tablo 16. İkinci ağıdaki IGS istasyonlarının X, Y, Z koordinatları ve V_X , V_Y , V_Z hızları (ITRF2014)	74
Tablo 17. Üçüncü ağıdaki IGS istasyonlarının X, Y, Z koordinatları ve V_X , V_Y , V_Z hızları (ITRF2014)	75
Tablo 18. Dördüncü ağıdaki IGS istasyonlarının X, Y, Z koordinatları ve V_X , V_Y , V_Z hızları (ITRF2014)	76
Tablo 19. Birinci ağıdaki IGS istasyonlarının X, Y, Z koordinatları ve V_X , V_Y , V_Z hızları (ETRF2014)	77
Tablo 20. İkinci ağıdaki IGS istasyonlarının X, Y, Z koordinatları ve V_X , V_Y , V_Z hızları (ETRF2014)	78
Tablo 21. Üçüncü ağıdaki IGS istasyonlarının X, Y, Z koordinatları ve V_X , V_Y , V_Z hızları (ETRF2014)	79
Tablo 22. Dördüncü ağıdaki IGS istasyonlarının X, Y, Z koordinatları ve V_X , V_Y , V_Z hızları (ETRF2014)	80
Tablo 23. Birinci ağıdaki IGS istasyonlarının ITRF2014 yerel hızları	80
Tablo 24. İkinci ağıdaki IGS istasyonlarının ITRF2014 yerel hızları	81
Tablo 25. Üçüncü ağıdaki IGS istasyonlarının ITRF2014 yerel hızları	82

Tablo 26. Dördüncü ağıdaki IGS istasyonlarının ITRF2014 yerel hızları.....	83
Tablo 27. Birinci ağıdaki istasyonlar için hesaplanan ITRF2014 açısal hızlar	83
Tablo 28. İkinci ağıdaki istasyonlar için hesaplanan ITRF2014 açısal hızlar	84
Tablo 29. Üçüncü ağıdaki istasyonlar için hesaplanan ITRF2014 açısal hızlar	85
Tablo 30. Dördüncü ağıdaki istasyonlar için hesaplanan ITRF2014 açısal hızlar.....	85
Tablo 31. GNSS verilerinden hesaplanan hızların istasyonlara göre incelenmesi	93
Tablo 32. BRST istasyonu için “Plate Motion Calculator” yazılımından elde edilen hızlar	96
Tablo 33. BUCU istasyonu için “Plate Motion Calculator” yazılımından elde edilen hızlar	97
Tablo 34. CEBR istasyonu için “Plate Motion Calculator” yazılımından elde edilen hızlar	97
Tablo 35. CRAO istasyonu için “Plate Motion Calculator” yazılımından elde edilen hızlar	98
Tablo 36. DLF1 istasyonu için “Plate Motion Calculator” yazılımından elde edilen hızlar	98
Tablo 37. GANP istasyonu için “Plate Motion Calculator” yazılımından elde edilen hızlar	99
Tablo 38. GOPE istasyonu için “Plate Motion Calculator” yazılımından elde edilen hızlar	99
Tablo 39. GRAZ istasyonu için “Plate Motion Calculator” yazılımından elde edilen hızlar	100
Tablo 40. ISTA istasyonu için “Plate Motion Calculator” yazılımından elde edilen hızlar	100
Tablo 41. IZMI istasyonu için “Plate Motion Calculator” yazılımından elde edilen hızlar	101
Tablo 42. JOZE istasyonu için “Plate Motion Calculator” yazılımından elde edilen hızlar	101
Tablo 43. LAMA istasyonu için “Plate Motion Calculator” yazılımından elde edilen hızlar	102
Tablo 44. LROC istasyonu için “Plate Motion Calculator” yazılımından elde edilen hızlar	102
Tablo 45. M0SE istasyonu için “Plate Motion Calculator” yazılımından elde edilen hızlar	103
Tablo 46. MADR istasyonu için “Plate Motion Calculator” yazılımından elde edilen hızlar	103
Tablo 47. MAR7 istasyonu için “Plate Motion Calculator” yazılımından elde edilen hızlar	104
Tablo 48. MARS istasyonu için “Plate Motion Calculator” yazılımından elde edilen hızlar	104

Tablo 49. MATE istasyonu için “Plate Motion Calculator” yazılımından elde edilen hızlar	105
Tablo 50. MEDI istasyonu için “Plate Motion Calculator” yazılımından elde edilen hızlar	105
Tablo 51. METS istasyonu için “Plate Motion Calculator” yazılımından elde edilen hızlar	106
Tablo 52. MIKL istasyonu için “Plate Motion Calculator” yazılımından elde edilen hızlar	106
Tablo 53. NOT1 istasyonu için “Plate Motion Calculator” yazılımından elde edilen hızlar	107
Tablo 54. OBE4 istasyonu için “Plate Motion Calculator” yazılımından elde edilen hızlar	107
Tablo 55. ONS1 istasyonu için “Plate Motion Calculator” yazılımından elde edilen hızlar	108
Tablo 56. ORID istasyonu için “Plate Motion Calculator” yazılımından elde edilen hızlar	108
Tablo 57. PENC istasyonu için “Plate Motion Calculator” yazılımından elde edilen hızlar	109
Tablo 58. POTS istasyonu için “Plate Motion Calculator” yazılımından elde edilen hızlar	109
Tablo 59. SFER istasyonu için “Plate Motion Calculator” yazılımından elde edilen hızlar	110
Tablo 60. SOFI istasyonu için “Plate Motion Calculator” yazılımından elde edilen hızlar	110
Tablo 61. SULP istasyonu için “Plate Motion Calculator” yazılımından elde edilen hızlar	111
Tablo 62. SVTL istasyonu için “Plate Motion Calculator” yazılımından elde edilen hızlar	111
Tablo 63. TIT2 istasyonu için “Plate Motion Calculator” yazılımından elde edilen hızlar	112
Tablo 64. TLSE istasyonu için “Plate Motion Calculator” yazılımından elde edilen hızlar	112
Tablo 65. VIS0 istasyonu için “Plate Motion Calculator” yazılımından elde edilen hızlar	113
Tablo 66. WARN istasyonu için “Plate Motion Calculator” yazılımından elde edilen hızlar	113
Tablo 67. WROC istasyonu için “Plate Motion Calculator” yazılımından elde edilen hızlar	114
Tablo 68. WTZR istasyonu için “Plate Motion Calculator” yazılımından elde edilen hızlar	114

Tablo 69. YEBE istasyonu için “Plate Motion Calculator” yazılımından elde edilen hızlar	115
Tablo 70. ZECK istasyonu için “Plate Motion Calculator” yazılımından elde edilen hızlar	115
Tablo 71. ZIMM istasyonu için “Plate Motion Calculator” yazılımından elde edilen hızlar	116
Tablo 72. ITRF hızları ve plaka hareket modellerinden (GSRMv2.1 modeli, NUVEL 1A) elde edilen hızlar	117
Tablo 73. Bayesci yöntemi tahmin edilen hızlar	119
Tablo 74. LOWESS yöntemi ile tahmin edilen hızlar	120
Tablo 75. LSF yöntemi ile tahmin edilen hızlar	121
Tablo 76. Tahmin yöntemleriyle elde edilen X yönündeki hız değerleri ve m_{x0} değerleri	123
Tablo 77. Tahmin yöntemleriyle elde edilen Y yönündeki hız değerleri ve m_{y0} değerleri	124
Tablo 78. Tahmin yöntemleriyle elde edilen Z yönündeki hız değerleri ve m_{z0} değerleri	125
Tablo 79. Tahmin yöntemleriyle elde edilen X yönündeki hız değerleri, IGS istasyonlarının ITRF2014 V_X hızları ve VLBI istasyonlarının V_X hızları	126
Tablo 80. Tahmin yöntemleriyle elde edilen Y yönündeki hız değerleri; IGS istasyonlarının ITRF2014 V_Y hızları ve VLBI istasyonlarının V_Y hızları	127
Tablo 81. Tahmin yöntemleriyle elde edilen Z yönündeki hız değerleri, IGS istasyonlarının ITRF2014 V_Z hızları ve VLBI istasyonlarının V_Z hızları	128
Tablo 82. EUREF hızları ile elde edilen hızlar arasında korelasyon katsayıları	129

KISALTMALAR DİZİNİ

ASCII	: American Standard Code for Information Interchange- Bilgi Değişimi İçin Amerikan Standart Kodlama Sistemi
BCRS	: Barycentric Celestial Reference System- Güneş Sistemi Merkezli Göksel Referans Sistemi
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
CIP	: Celestial Intermediate Pole-Gök Ortalama Kutbu
CRF	: Celestial Reference Frame-Göksel Referans Ağı
GCRS	: Geocentric Celestial Reference System-Yer Merkezli Göksel Referans Sistemi
EKK	: En Küçük Kareler
EOP	: Earth Orientation Parameters-Yer Dönüklük Parametreleri
EPN	: EUREF Permanent GNSS Network-EUREF Sabit GNSS Ağı
ETRS	: European Terrestrial Reference System-Avrupa Yersel Referans Sistemi
EUREF	: European Terrestrial Reference Frame-Avrupa Yersel Referans Ağı
GCRS	: Geocentric Celestial Reference System-Yer Merkezli Göksel Referans Sistemi
GFZ	: German Research Centre for Geosciences-Alman Yer Bilimleri Araştırma Merkezi
GNSS	: Global Navigation Satellite Systems-Küresel Navigasyon Uydu Sistemleri
GPS	: Global Positioning Systems-Küresel Konum Belirleme Sistemi
GSFC	: Goddard Space Flight Center-Goddard Uzay Uçuş Merkezi
IAG	: International Association of Geodesy-Uluslararası Jeodezi Birliği
IAU	: International Astronomical Union-Uluslararası Astronomi Birliği
ICRF	: International Celestial Reference Frame-Uluslararası Göksel Referans Ağı
ICRS	: International Celestial Reference System-Uluslararası Göksel Referans Sistemi

IERS	: International Earth Rotation and Reference Systems Service-Uluslararası Yer Dönüklük ve Referans Sistemleri Servisi
IGS	: International GNSS Service-Uluslararası GNSS Servisi
InSAR	: Interferometric Synthetic Aperture Radar-İnterferometrik Yapay Açıklıklı Radar Sistemi
IGS	: International GNSS Service- Avrupa Uluslararası GNSS Servisi
INSPIRE	: Infrastructure for Spatial Information in Europe-Avrupa'da Mekânsal Bilgi Altyapısı
ITRF	: International Terrestrial Reference Frame-Uluslararası Yersel Referans Ağı
ITRS	: International Terrestrial Reference System-Uluslararası Yersel Referans Sistemi
IVS	: International VLBI Service for Geodesy and Astrometry-Uluslararası Jeodezi ve Astrometri VLBI Servisi
JPL	: Jet Propulsion Laboratory- Jet Propulsion Laboratuvarı
KAFZ	: Kuzey Anadolu Fay Zonu
LOWESS	: LOcally WEighted Scatterplot Smoothing- Yerel Ağırlıklı Saçılım Düzleştirme
LSF	: Least Squared Fit- En Küçük Kareler Uyumu
MIDAS	: Mixed Data Sampling Regression Models-Karışık Veri Örnekleme Regresyon Modeli
MLE	: Maximum Likelihood Estimation-Maksimum Olasılık Tahmini
PORT	: Potsdam Open-source Radio interferometry Tool-Potsdam Açık Kaynak Radyo İnterferometri Aracı
RINEX	: Receiver Independent Exchange Format-Alıcıdan Bağımsız Veri Değişimi
SAR	: Sentetik Aralıklı Radar
SINEX	: Software Independent Exchange Format-Yazılımdan Bağımsız Veri Değişimi
SOPAC	: Scripps Orbit ve Permanent Array Center- Scripps Yörünge ve Sabit Ağ Merkezi
TRF	: Terrestrial Reference Frame-Yersel Referans Ağı
TUSAGA-Aktif	: Türkiye Ulusal Temel GNSS Ağı-Aktif

TUTGA	: Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı
TÜBİTAK	: Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu
UT1	: Universal Time 1-Evrensel Zaman 1
UTC	: Coordinated Universal Time- Eşgüdümlü Evrensel Zaman
VieVS	: Vienna VLBI Software-Viyana VLBI Yazılımı
VLBI	: Very Long Baseline Interferometry-Çok Uzun Bazlı İnterferometri
ZTD	: Zenith Total Delay- Toplam Troposferik Gecikme

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Kabuk deformasyonu, konumun ve gravite alanındaki değişimleri içerir. Günümüzde deformasyonların büyüklüğü yanında hızı, ivmesi ve ivmesinin zamana bağlı değişimi yüksek duyarlılıkta belirlenebilmektedir. Jeodinamik amaçlar doğrultusunda uydu/uzay jeodezik tekniklerin sabit yer istasyonlarından oluşan ağlarda koordinat bileşenleri için elde edilen hızlar yerkabuğu deformasyonu belirleme çalışmalarında önemli bilgiler sağlamaktadır (Kurt, 2009; Bilgen & İnal, 2022). Belirli bir çalışma bölgesindeki sabit jeodezik istasyonlarda zamana veya etkiyen kuvvetlere bağlı olarak bir hareketin olup olmadığının belirlenmesi işlemine “jeodezik deformasyon analizi” denir. Levha ve fay hareketleri sebebiyle Litosfer parçalarında deformasyonlar meydana gelmektedir. Bu deformasyonları incelemek için, yeryüzünde çeşitli ölçüm yöntemlerinin (GNSS, InSAR, LİDAR ve sismik ölçümler gibi) kullanılması büyük önem taşımaktadır. Levhalar arasındaki hareketler milyonlarca yıl boyunca oluşan hareketlerin tahminlerine dayanarak belirlenmektedir. Böyle uzun zaman aralıkları için yapılan tespitler ile uzay jeodezisi yöntemleri kullanılarak yapılan kısa süreli (birkaç yıllık) gözlemlerle elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında sonuçların birbiriyle uyumlu olduğu ortaya çıkmaktadır (Yavaşoğlu, 2003).

Çok Uzun Bazlı İnterferometri (VLBI-Very Long Baseline Interferometry) ölçümleri 1970’lerin sonlarından günümüze ve birçok jeodezik (Counselman, 1973; Whitney, 1974; Bossier, 1983; Schlüter & Behrend, 2007; Wresnik vd., 2009; Schuh & Behrend, 2012; Böhm vd., 2018; Kitpracha vd., 2022; Kern vd., 2023), jeodinamik (Anderson, 1977; Bender, 1979; Finkelstein vd., 2012; He vd., 2021; Sun vd., 2022), atmosferik (Rabbel & Schuh, 1986; MacMillan & Ma, 1997; Niell, 2000; Boehm vd., 2009; Ke vd., 2024) ve astronomik (Campbell, 1995; Sekido, 1999; Hirabayashi vd., 2000; Barbosa vd., 2021) çalışmalarda kullanılmaktadır. VLBI, jeodezi ve astronominin yanı sıra ilgili bilimler için, en doğru yersel ve göksel referans ağları ve Yer Dönüklük Parametreleri (EOP -Earth Orientation Parameters) çözümlerini sağlayan uzay jeodezisi tekniklerinden biridir. VLBI konum doğruluğu, 1970’lerde birkaç metreden günümüzde santimetrenin altı seviyesine ulaşmıştır. Diğer taraftan çok kısa sürede ve yüksek doğruluklu olarak ölçüm noktalarının

konumlarının belirlenebildiği, zaman, maliyet, insan gücü bakımından tasarruflu olduğu ve lojistik, kullanım kolaylığı sağladığı için, Global Navigasyon Uydu Sistemleri (GNSS-Global Navigation Satellite System), Küresel Konum Belirleme Sistemi (GPS-Global Positioning System) kullanım alanı geniş bir uydu jeodezik tekniktir. Yer istasyonlarında uydu/uzay jeodezik yöntemler kullanılarak yapılan birkaç yıllık gözlemler ile elde edilen hareketler, birbirleri ile genel olarak örtüşmektedir (Yavaşoğlu, 2009).

Bu kapsamda, uydu/uzay jeodezik ölçme yöntemleri, levha tektoniği alanında modelleri geliştirmek görevini üstlenmektedir. Türkiye’de de değişik bölgelerde GNSS ile kabuk hareketlerinin belirlenmesine yönelik çalışmalar 1990’lı yılların başlarında yapılmaya başlanmıştır (Salk vd., 1990; Alp, 1993). Bu çalışmaların birçoğu hem depremlerin önceden tahmin edilebilmesi hem de bölgenin tektonik yapısının daha iyi anlaşılabilmesi için özellikle deprem oluşma olasılığının yüksek olduğu bölgelerde yapılmıştır. Avrupa genelinde, farklı bölgelerde yürütülen çalışmalarda GNSS ve VLBI çalışmaları, kabuk hareketleri, deprem riski ve tektonik aktivitelerin izlenmesi konusunda önemli bir araştırma alanını oluşturmaktadır.

1.2. Problemin Tanımı ve Motivasyon

Yerkabuğunun hareketlerinin izlenmesi için yeni ölçüm tekniklerinin geliştirilmesi, farklı tekniklerden elde edilen verilerin birleştirilmesi veya hibrid modellerin geliştirilmesi için yeni yöntemler üzerinde bilimsel çalışma yapılması gerekmektedir. Çalışma, Alp-Himalaya sismotektonik (deprem veya tektonik) kuşağını içine alan bölgede olmak üzere Avrupa Uluslararası GNSS Servisi (IGS-International GNSS Service) ağındaki istasyonların Bernese 5.2 GNSS yazılımından elde edilen ITRF 2014, ETRF 2014, açısız ve yerel hızları ve Bayesci, LOWESS ve LSF modelleri ile elde edilen hızlar, IGS ortak yerleşkeli Uluslararası Jeodezi ve Astrometri VLBI Servisi (IVS-International VLBI Service for Geodesy and Astrometry) istasyonların PORT-GFZ (Potsdam Açık Kaynak Radyo İnterferometri Aracı- Potsdam Open-Source Radio Interferometry Tool) VLBI yazılımından elde edilen hızlar ve Bayesci, LOWESS ve LSF modelleri ile elde edilen hızlar hem teknik içinde (intra-teknik) hem de teknikler arası (inter-teknik) kıyaslanmıştır. Diğer yandan IGS ve IVS tekniklerine bağlı analizlerle elde edilmiş bu hızlar, 18 levha modeli ile de karşılaştırılmıştır. Çalışmanın amacı uluslararası sabit istasyonlarda hız kestiriminde uygulanan uydu/uzay tekniğine, kullanılan yazılıma ve uygulanan yöntemle

bağlı farklılıkları belirlemek ve hız kestiriminde en uygun yöntem için önerilerde bulunmaktır. Çalışmanın GNSS ve VLBI tekniğine dayalı analizlerle sabit ağ istasyonlarının hızlarının belirlenmesi yoluyla kabuk hareketlerinin belirlenmesine katkı sağlaması açısından literatüre önemli katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Literatürde kabuk hareketlerinin belirlenmesi çalışmaları,

- Sadece VLBI tekniği ile elde edilen jeodezik sonuçlarla (Haas vd., 2003; Tanır Kayıkcı vd., 2010a),
- Sadece GNSS tekniği ile elde edilen jeodezik sonuçlarla (Özener vd., 2005; Campbell vd., 2010; Echeverria vd., 2013; Rossikopoulos vd., 2016; Sridevi vd., 2017; Qu vd., 2018; Şimşek vd., 2019; Konakoğlu & Akar, 2021; Yadav vd., 2021),
- GNSS ile elde edilen jeodezik sonuçların yersel yöntemlerle elde edilen sonuçlarla (Konakoğlu, 2020; Bilgen, 2022),
- GNSS ile elde edilen jeodezik sonuçların İnterferometrik Yapay Açıklıklı Radar Sistemi- Interferometric Synthetic Aperture Radar (InSAR) ile elde edilen sonuçlarla (Doğru & Özener, 2011; Bekaert vd., 2016; Carla vd., 2019; Del Soldato vd., 2021),

karşılaştırılması ile gerçekleştirilmiş olduğu dikkat çekmektedir. Çalışmada Avrupa, Alp-Himalaya sismotektonik kuşağına göre 3 farklı bölgeye ayrılmış ve bu bölgelerde güncel kabuk hareketleri hem VLBI hem de GNSS sabit istasyonlarından oluşan çeşitli ağlardan hız kestirimi ile elde edilmiş ve sonuçlar 18 levha modeli ile karşılaştırılmıştır. Şekil 1’de Alp-Himalaya sismotektonik kuşağının çalışma bölgesinde kalan kısmı harita üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 1. Alp-Himalaya sismotektonik kuşağının çalışma bölgesinde kalan kısmı

Çalışma kapsamında yapılan çalışmada, IVS (URL-1, 2023) ağından Ukrayna: CRIMEA (Sm), İtalya: MATERA (Ma), NOTO (Nt), MEDICINA (Mc), Almanya: EFLSBERG (Eb), WETTZELL (Wz), İsveç: ONSALA60 (On), Rusya: SVETLOE (Sv), Finlandiya: METSHAHOV (Mh), İspanya: MADRID26 (Md), YEBES (Yb), ZELENCHK (Zc) 12 istasyon ve IGS ağından (URL-2, 2023), Almanya (OBE4, POTS, TIT2, WARN, WTZR), Avusturya (GRAZ), Bulgaristan (SOFI), Çekya (GOPE), Finlandiya (METS), Fransa (BRST, MARS, TLSE, LROC), Hollanda (DLF1), İspanya (CEBR, MADR, SFER, YEBE), İtalya (M0SE, MATE, MEDI, NOT1), İsveç (MAR7, VIS0, ONS1), İsviçre (ZIMM), Macaristan (PENC), Makedonya (ORID), Polonya (JOZE, LAMA, WROC), Romanya (BUCU), Rusya Federasyonu (SVTL, ZECK), Slovakya (GANP), Türkiye (ISTA, IZMI), Ukrayna (CRAO, MIKL, SULP) olmak üzere 40 istasyonun 2017-2020 yılları arasındaki günlük oturumların analizi sonucunda elde edilen istasyon koordinatları kullanılmıştır.

İlk olarak Avrupa’da IGS ve IVS ağındaki sabit istasyonlardan ağlar oluşturulmuştur ve oluşturulan ağlardaki IVS ve IGS istasyonların verileri hazırlanmış v ağların dengelemesinden elde edilen sonuçlarla hız değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar 18 levha modeli (GSRM v2.1, ITRF2014 [2016], NNR-MORVEL56, GEODVEL 2010, MORVEL 2010, ITRF2008, APKIM2005-DGFI, APKIM2005-IGN, GSRM v1.2, CGPS 2004, REVEL 2000, ITRF2000 (AS&B [2002]), HS3-NUVEL1A, APKIM2000.0, ITRF2000 (D&A [2001]), HS2-NUVEL1A, NUVEL 1A, NUVEL 1)’nden elde edilen hız değerleriyle ve Bayesci, LOWESS ve LSF modellerinden ile elde edilen sonuçlarla kıyaslanmıştır.

Tezin tamamında yapılan çalışmalarda, 1/01/2017–31/12/2020 dönemini kapsayan günlerin verileri kullanılmıştır. Bu kapsamda sunulan tez aşağıdaki işlem adımlarını içermektedir.

1. IGS istasyonlarından oluşan 4 ağı Bernese 5.2. GNSS yazılımı ile dengelemesi,
2. IVS istasyonlarından oluşturulan ağın PORT-GFZ VLBI yazılımı ile dengelemesi,
3. İş Paketi 1 ve İş Paketi 2’den elde edilen sonuçlarla IVS ağ istasyonlarının PORT yazılımı ile analizinden elde edilen ITRF2014 hızlarının ve IGS ağ istasyonlarının Bernese 5.2. GNSS yazılımı ile analizinden elde edilen ITRF2014 hızlarının hesabı,
4. 18 levha modelinden ağ istasyonlarının bulundukları noktaların tektonik plaka hareketlerinin hesaplanması,
5. LSF (Least-Squares Fiting), LOWESS ve Bayesci matematiksel kestirim yöntemleri ile IGS ve IVS ağından seçilen istasyonların hızlarının hesaplanması,
6. (3) ve (5)’den elde edilen hızların karşılaştırılması.

Literatürde kabuk hareketlerinin belirlenmesi amacıyla yapılan jeodezik çalışmalara bakıldığında, genellikle (1) VLBI ve GNSS tekniklerinden elde edilen sonuçların kullanıldığı, (2) GNSS ile elde edilen sonuçların yersel yöntemlerle ve InSAR ile elde edilen sonuçlarla karşılaştırıldığı görülmektedir. Çalışmadaysa, kabuk hareketleri VLBI ve GNSS koordinat zaman serileri analizi ve Bayesci tahminleme, LOWESS, LSF yöntemleri kullanılarak yapılan hesaplamalarla belirlenmiştir ve sonuçlar jeolojik/jeofizik teoriler ve ölçüm sonuçlarıyla oluşturulmuş levha modelleri ile dayandırılarak yorumlanmıştır.

1.3. Çalışmanın Amacı

Tezin temel amacı, IVS ve IGS ağlarından seçilen sabit istasyonlarda elde edilen koordinat verilerini kullanarak, hız tahminleri elde etmek ve bu tahminleri plaka hareket modelleri ile karşılaştırmaktır. Çalışma, Bernese 5.2 GNSS, PORT-GFZ VLBI gibi yazılımların ve Bayesci Tahminleme, LOWESS, LSF gibi istatistiksel yöntemlerin etkinliğini değerlendirmektir.

Tezin konusu disiplinler arası bir çalışma gerektirmekte olup temel hedefleri;

- IVS ve IGS ağından seçilen sabit istasyonlarda belirlenen dönemdeki koordinat verilerinin elde edilmesi ve kullanılacak yazılımların (Bernese 5.2 ve PORT-GFZ) incelenmesi;
- IVS istasyonlarından oluşturulan ağı ait verilerin seçilen dönemler için PORT-GFZ VLBI yazılımında değerlendirilmesi ve hız tahminlerinin yapılması,
- IGS istasyonlarından oluşturulan ağı ait verilerin seçilen dönemler için Bernese 5.2 GNSS yazılımında değerlendirilmesi ve hız tahminlerinin yapılması,
- Çalışmada yer alan tüm IGS ve IVS istasyonlarının 18 plaka hareket modellerinden “Plate Motion Calculator Yazılımı” (URL-3, 2023) ile hız tahmini yapılması,
- Bayesci Tahminleme, LOWESS ve LSF yöntemleriyle çalışmada yer alan tüm IGS ve IVS istasyonlarının (ağıdan bağımsız) tek tek koordinat verilerinden hız tahmini yapılması,
- Çeşitli hız kestirim yöntemiyle elde edilen hızların ve literatürdeki 18 farklı levha modelinden elde edilen hızların karşılaştırılması ve sonuçların yorumlanmasını içermektedir.

1.4. Literatür Taraması

Bu bölümde, geçmişten günümüze jeodezik yöntemlerle Türkiye ve dünyada kabuk hareketlerinin belirlenmesi için yapılandırılmış çalışmalardan bazıları kronolojik sıraya göre irdelenmiştir.

Haas vd. 2003, jeodezik VLBI veri analizinin tanımına, kullanılan analiz modellerine ve kabuk hareketlerine ilişkin sonuçlara odaklanmıştır. 1990 yılı Ocak ayından itibaren düzenli aralıklarla Avrupa'yı kapsayan jeodezik VLBI gözlemleri yapılmıştır. Ayrıca Avrupa'da Sicilya'dan Spitzbergen'e ve İber yarımadasından Kırım yarımadasına kadar 10 bölgede yapılan VLBI gözlemleri Avrupa'nın bu bölgelerindeki güncel kabuk hareketlerini belirlemek için kullanılmıştır. Önemli yatay kabuk hareketleri, %10-40 aralığındaki bağıl doğruluklarla, önemli düşey kabuk hareketleri, %30-40 aralığındaki bağıl doğruluklarla belirlenmiştir. Jeodezik VLBI ölçümlerinin analizi ile belirlenen bu kabuk hareketleri, jeofizik ve jeolojik amaçlı bölgede yapılacak çalışmalara katkı sağlamıştır.

Mendes vd., 2006, sekiz haftalık bir dönemde, SOPAC' tan alınan GPS'nin bir günlük çözümü, iki VLBI istasyonu koordinat zaman serisini ve karşılık gelen temel bazlar incelemiştir. GPS çözümlerine uygulanan kısıtlamaların ele alınması çalışmadaki en büyük engellerden biri olmuştur. Asya kıtasındaki birkaç bölge için genlikleri 9 mm' ye kadar olan yükseklik bileşenindeki mevsimsel sinyaller iyileştirilmiştir. 5000 km'den daha uzun bazlar için, GPS tekniğinin kesinliği, tekrarlanabilirlik açısından VLBI tekniğinden üstün olduğu görülmüştür. Goddard Space Flight Center (GSFC-Goddard Uzay Uçuş Merkezi) VLBI grubu tarafından sağlanan atmosferik basınç yükleme süresi serisi uygulandıktan sonra VLBI temel tekrarlanabilirliğindeki iyileşme de %3.3'e (medyan değer) ulaşılmıştır.

Campbell vd., 2010, EPN, JPL ve SOPAC üç analiz merkezinden elde edilen standart sapmalar incelenmiştir. Tüm sonuçlar arasındaki farkların karesel ortalama hatası ± 0.3 mm/yıl olarak elde edilmiştir. Çalışma sonucunda, farklı analiz merkezleri tarafından belirlenen gerçek hız alanının önemli bir doğu-batı genişleme deformasyonu göstermediği görülmüştür.

Hooper vd., 2012, Yapay Açıklıklı Radar İnterferometrisi (InSAR-Interferometric Synthetic Aperture Radar), zaman serileri ile yer değiştirmelerin belirlenmesi yöntemlerini incelemiştir. Çalışmada, İzlanda'daki Eyjafjallajökull yanardağının 2010 patlamasıyla oluşan deformasyonuna, Meksika'daki Guerrero dalma bölgesinde yavaş kaymaya ve Batı Anadolu ve Türkiye'deki tektonik deformasyonlara uygulanan bazı SAR interferometrisi algoritmaları çalışmaya dahil edilmiştir.

Echeverria vd., 2013, CuaTeNeo GPS ağıнын beş oturumundan (1997, 2002, 2006, 2009 ve 2011) elde edilen ve Güneydoğu Betik' te devam eden tektonik aktiviteyi ortaya koyan GPS'den türetilen yatay kabuk deformasyonlarını incelemiştir. Çalışmada elde edilen GPS hız alanının en belirgin özelliği, kıyı yakınında 2 mm/yıl ile iç kısımlarda 0.5 mm/yıl arasında değişen hızlarda istasyonların çoğunluğunun kuzeybatı yönlü hareketidir. Bu da hız alanının Nubia ve Avrasya plakaları arasında devam eden yakınsama ile ilgili olduğunu göstermektedir. Deformasyonun çoğu, 2011 Lorca depreminin (Mw 5.2) kaynağı olan Alhama de Murcia fayı üzerinde yoğunlaşmıştır. Çalışma ile kabuk deformasyon alanı ve analizleri ve bu ölçekte kabuk deformasyon oranları ilk kez sunulduğu için Doğu Beticler için sismik tehlikeyi tahmin etmede önemli katkı sağlamışlardır.

Hao vd. 2016, Güneydoğu Tibet Platosu boyunca sabit GPS istasyonları ve GRACE ölçümlerini yer değiştirmeleri elde etmiştir. Çalışmada, GRACE düşey yer değiştirmelerin GPS düşey yıllık ve yarıyıllık yer değiştirmelerle yüksek düzeyde uyumlu olduğu

görülmüştür. GPS zaman serilerinden, GRACE verileriyle modellenmiş mevsimsel etkiler kaldırdıktan sonra, ortak mod hatalarını süzgeçlemek için bir yığınlama tekniği kullanmışlar. Daha sonra, süzgeçlenmiş zaman serileri için en iyi gürültü modelini tahmin edilmiş ve son olarak, Güneydoğu Tibet Platosunun düşey kabuk hareketi oranları belirlenmişlerdir. Güneydoğudaki Tibet Platosunun yükselmekte olduğu, güney Sichuan-Yunnan parçasının ise bölgeye göre kuzeye doğru ilerlediği sonucuna varılmıştır.

Rossikopoulos vd. 2016, konumsal yer değiştirmelerin ve deformasyon parametrelerinin tespitine ilişkin jeodezik sonuçların değerlendirilmesi, yorumlanması ve bir jeofizik model ile birleştirilmesi gerektiğini öne sürmüştür. Bu çalışmada uygun bir polinom fonksiyonla deformasyon modeli oluşturulmuştur. Çalışmanın temel amacı, Yunanistan için modern ve gelişmiş bir jeodezik hız alanı oluşturmak üzere yöntemleri ve sabit GNSS istasyonlarının veri analizi için uygun algoritmaları sunmaktır. Çalışmada ayrıca “referans ağları tanımı” problemine de vurgu yapılmıştır.

Arisa ve Heki 2017, Bizon adalarında GNSS sonuçlarını güçlendirmek için, Chichijima' da ki VLBI istasyonları ile SW Japonya 2004.8–2015.4'teki diğer iki VLBI istasyonu arasındaki mesafe değişim zaman serisini incelemiştir.

Sridevi vd. 2017, yeni bir Hindistan-ITRF2008 açısal hızı hesaplamıştır. Bunun için, daha önce yapılan çalışmalarda örneklenmemiş ya da sadece seyrek olarak örneklenmiş olan plaka iç kısmının batı ve doğu bölgelerindeki istasyonları içeren 30 GPS istasyonu kullanılmıştır. Yeni tahmin edilen Hindistan-ITRF2008, önceki tahminlere göre ~%3 daha yüksek doğruluklu açısal hız sağlamıştır.

Chujkova vd. 2018, Uluslararası Yersel Referans Ağı (ITRF-International Reference Frame) ITRF2000, ITRF2005, ITRF2008'de elde edilen koordinat ve hızları ile düşey hareketlerinin sebebini araştırmıştır. Buna göre kutup bölgelerindeki yükselmesi ve ekvatorial bölgedeki çökme hareketleri çöküntünün, ayın gelgit etkisine bağlı yerin dönme hızının azalması kaynaklı olduğu yorumlanmıştır. Yersel hareketlerin ana nedeni ise depremler, volkanik patlamalar gibi sismik olaylar olarak belirtilmiştir. Ayrıca çalışmada, koordinatı ve hız belirlemedeki hatanın ana nedeninin, troposferik modelleme hatası ve antenlerin termal deformasyonu olduğuna karar verilmiştir.

Qu vd. 2018, 1999-2007 ve 2009-2011 dönemlerinde GPS verisine dayalı olarak Güneydoğu Tibet Platosu ve çevresindeki alanların güncel kabuk deformasyonlarını incelemiştir. Güneydoğu Tibet Platosu ve çevresindeki alanlar, karmaşık jeolojik arka plan ve yoğun tektonik aktivite ile karakterize olan Çin'in güneyinde tipik bir tektonik kuşağı

kapsamaktadır. Çalışma ile ilk olarak, kabuk hareketi ve gerilme hızındaki değişimler analiz edilmiş ve üç boyutlu kabuk hareketi, yerel alt-blok aktiviteleri ve kabuk hareketlerinin yoğunluğu ile gerilme oranı dağılımı arasındaki ilişki incelenmiştir. Kabuk deformasyonu ve gerilme özelliklerine göre, bölgenin günümüzdeki jeodinamik ortamının devam eden Hindistan-Avrasya çarpışması ve Alashan, Ordos ve Güney Çin bloklarının ile ilişkili olduğu değerlendirilmiştir.

Maciuk vd. 2018, GNSS koordinatları zaman serilerindeki mevsimsel etkileri belirlenmek üzere 1996-2016 yılları arasındaki haftalık EPN çözümleri ile Kuzey (N), Doğu (E), Yukarı (U) bileşenlerinin uzun dönemli değişimlerini incelemiştir. Çalışma, uzun dönemli ve çok sayıda istasyon kullanılan ilk çalışmalardan biridir. Analizlerde N, E ve U bileşenlerinde sırasıyla 4.7 mm, 2.9 mm ve 8.3 mm düzeyinde koordinat tekrarlanabilirliği elde edilmiştir.

Jagoda ve Rutkowska., 2020, SLR, DORIS, VLBI, GNSS uydu/uzay tekniklerinin gözlemlerine dayanan tektonik plakaların hareket parametrelerinin analiziyle ilgili araştırmalar yapmıştır. 21 yıllık GNSS verilerinden yaklaşık 1000 istasyonun ITRF2014 koordinat ve hızları kullanılarak Avrasya tektonik levha hareketi analiz edilmiştir ve levha hareket parametrelerinden açısal dönüş hızı hesaplanmıştır. Analizler her tektonik levha için ayrı ayrı yapılmıştır. Avrasya levhasıyla ilgili verileri dört bölüme ayırarak çalışma yapılmıştır. Avrasya levhasının Avrupa ve Asya kısmının ortak çözümü için her bölümde, 30 istasyon bulunmaktadır. Dört bölümde açısal dönüş hızı aynı değere sahip olduğu görülmüştür. Analizin son aşamasında ise bu dört bölümdeki 120 istasyon kullanılarak açısal dönüş hızı $\pm 0.0025^\circ/\text{Ma}$ (Derece per Mach- bir cismin ses hızına oranla belirli bir süre içinde hareket ettiği açısal mesafe) olarak elde edilmiştir. Bu sonuçlar APKIM2005 modeli ve GNSS tekniğine dayalı diğer çözüm ile karşılaştırılmış ve sonuçların uyumlu olduğu görülmüştür.

Métivier vd., 2020, ITRF' in farklı versiyonları arasında orijin kayması gibi problemlerin çözümü için jeofiziksel değerlendirme sağlamıştır. ITRF 2005, 2007, 2011, 2016 çözümleri, farklı buzul izostatik denge (GIA-Glacial Isostatic Adjustment) model tahminleriyle karşılaştırılmış ve bu dört ITRF çözümü tarafından sağlanan GNSS düşey hızları araştırılmıştır. Her yeni ITRF çözümünün tüm GIA tahminleriyle giderek daha tutarlı olduğu bulunmuştur. GNSS gözlemleri ve GIA tahminleri global ölçekte ITRF2000 verileri kullanılarak ~ 4 mm/yıl, ITRF2005 verileri kullanılarak $\sim 2.5\text{--}3$ mm/yıl ve ITRF2008 verileri kullanılarak ~ 2 mm/yıl düzeyinde tutarlı görünmüştür. ITRF2014 için,

GNSS gözlemleri ile GIA tahminleri arasındaki tutarlılık 2000'de son derece yüksektir (~ 1.5 mm/yıl) ancak zamanla azalıyor gibi görünmektedir (2013'te ~ 2 mm/yıl). Bu tutarsızlık, GIA modellerinde dikkate alınmayan, ancak son gözlem yıllarında, özellikle Grönland'da ITRF2014 düşey hızları tarafından da açıkça kanıtlanan, son zamanlardaki buzul erime etkisinden kaynaklandığı düşünülmüştür.

Li, 2021, GAMIT/GLOBK tarafından işlenen temel gözlemlere ve çeşitli jeofizik modellere dayanarak, uygulanan jeofizik modellerin düzeltilmesinin etkisini analiz etmiştir ve parametre tahmini ve doğruluk değerlendirmesi tekniklerini açıklamıştır. Çin Anakarasındaki güncel kabuk hareketlerini ve Nepal'deki MW7.8 depremini örnek alarak, GAMIT/GLOBK'nın kabuk deformasyon izlemedeki uygulamaları ve gelecekteki beklentileri tartışılmıştır.

Rahmani vd., 2021, NUVEL-1A ve GSRM2.1 modellerinin Avrupa'daki VLBI ve SLR sonuçları ile tutarlılığını araştırmıştır. NUVEL-1A ve GSRM2.1 modellerinden alınan yatay hareketin yönü ve büyüklüğü, her iki jeodezik tekniğin ilgili değerleri ile karşılaştırılmıştır. Jeodezik tabanlı modelin (GSRM2.1) değerlerinin, SLR ve VLBI sonuçlarıyla daha uyumlu olduğu görülmüştür.

Nistor vd., 2021, gürültü ve genlik türlerini ve bunların hız kestirimi ile ilgili belirsizlikler üzerindeki etkilerini karakterize etmek için Repro 2 yeniden değerlendirme kampanyasındaki yaklaşık 200 GNSS istasyonunun EUREF Ağı istasyonları koordinat zaman serilerini değerlendirmiştir. Farklı gürültü modellerinden analiz edilen verileri nasıl temsil ettiğine ilişkin inceleme, güç spektral yoğunluğu ve tahmini gürültü modeli kullanılarak yapılan hesaplanan Allan sapmasının, beyaz ve kırpışma gürültüsü ile tutarlı olduğu görülmüştür. Yatay ve düşey bileşen için hızların karışık veri örnekleme regresyon modeli (MIDAS-Mixed Data Sampling Regression Models) ve maksimum olasılık tahmini (MLE-Maximum Likelihood Estimation) durumunda benzer değerler gösterdiği sonucuna varılmıştır. Ancak MIDAS' tan kaynaklanan belirsizliklerin MLE' den kaynaklanan belirsizliklere kıyasla daha yüksek olduğu görülmüştür. Ek olarak, gürültü genliğinde ve ayrıca yukarı bileşeni için hız belirsizliklerindeki farklılıklarla ilgili olarak mekânsal bir korelasyonun varlığına değinilmiştir.

Yadav vd., 2021, Himalaya' daki kabuk deformasyonunun ayrıntılı bir incelemesi için, sürekli GPS ölçümlerinden tahmin edilen Kumaun Garhwal Himalaya'daki güncel tektonik ve tektonik olmayan deformasyonları karakterize etmiştir. Yatay ve düşey yer değiştirme bileşenlerinde güçlü mevsimsel değişimler gözlemlenmiştir. Küresel hidrolojik

modellerden tahmin edilen geçici yüzey deformasyonunun, gözlenen mevsimsel değişimlerin ~%40-60'ını açıkladığı bulunmuştur. Çalışma ile Kuzey-kuzeydoğu yönünde ortalama -0.09μ gerinim/yıl ana kısalma oranı ile aşırı bir sıkıştırma belirlenmiştir. Bölgede en az son 200 yıldan beri büyük ve büyük depremlerin durgunluğu ve yüksek gerinim oluşumu, bu bölgeyi yakın gelecekte potansiyel olarak yıkıcı $M_w \geq 8$ depreme karşı savunmasız hale getirmekte olduğu sonucuna varılmıştır

Türkiye'nin değişik bölgelerinde GNSS ile kabuk hareketlerinin belirlenmesine yönelik çalışmalar 1990'lı yılların başlarında yapılmaya başlanmıştır. Bu çalışmaların birçoğu hem depremlerin önceden tahmin edilebilmesi hem de bölgenin tektonik yapısının daha iyi anlaşılabilmesi için özellikle deprem oluşma riskinin yüksek olduğu bölgelerde yapılmıştır. Elde edilen jeodezik veriler, jeolojik ve/veya jeofiziksel verilerle birlikte yorumlanmıştır.

Özener vd. 2005, Kuzey Anadolu Fayı'nın Karlıova kesiminden başlanılarak batı yönünde yaklaşık 350x200 kilometrekarelik bir bölgede GPS ölçme tekniği kullanılarak yerkabuğu hareketleri araştırmak üzere gerçekleştirilen TÜBİTAK araştırma projesi kapsamında gerçekleştirilen analiz sonuçlarını sunmuştur. Çalışma bölgesinde yeni tesis edilen 14 adet GPS istasyonu ve bölgede bulunan Türkiye Ulusal Temel GPS Ağına (TUTGA) ait 2 istasyon kullanılmıştır. 10 aylık aralıklarla gerçekleştirilen 3 GPS ölçme kampanyası ile bölgenin güncel tektonik özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Gerçekleştirilen GPS ölçme kampanyalarından KAFZ doğu kesimine ait kabuk hareketleri ile ilgili elde edilen bulgular paylaşılmıştır.

Özener ve Doğru 2009, Kuzey Anadolu Fay Zonu batı kesiminde GPS hızları ile sismik veriler kullanılarak Haines ve Holt algoritması ile gerçekleştirilen hız alanı ve gerinim oranları hesabı sonuçlarını sunmuştur. Jeodezik veri olarak 2003-2005 yılları arasındaki GPS hızları; sismik veri olarak 30 yıllık büyüklüğü 4'ün üzerindeki depremlerin odak mekanizması çözümleri kullanılmıştır. Elde edilen bulgulara göre doğu-batı kısalması, Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun batı yarısının sağ yanal doğrultu atımlı özelliğini yansıtmıştır. GPS'den elde edilen minimum hız 0.42 mm/yıl iken maksimum hız 25 mm/yıldır . Güney koldaki hareketse batı-güneybatı yönünde bulunmuştur. Gerinim oranları Kuzey Anadolu Fay Zonu batı kesimindeki kuzey-güney genişlemesini göstermiştir.

Tanır Kayıkçı vd. 2010, Avrupa'daki düşey yöndeki kabuk hareketlerinin belirlenmesi için VieVS (Vienna VLBI Software) yazılımı ile İtalya'da Matera, Medicina

ve Noto; Almanya’ da Wettzell; Rusya’ da Svetleo ve Zelenchuskaya; İsveç’de Onsala ve Norveç’de NyAlesund olmak üzere toplam sekiz VLBI istasyonunda 1990-2010 yılları arasında gerçekleştirilen toplam 95 IVS-Avrupa oturumunu analiz etmiştir. Analizler sonucunda elde edilen istasyonların kartezyen koordinatlarından hız vektörleri belirlenmiş, en küçük kareler yöntemi ile birinci derece bir polinomun katsayıları kestirilerek hız vektörleri hesaplanmıştır. Onsala yerleşkesinde 4mm/yıl ve Ny-Alesund yerleşkesinin 8mm/yıl yükselme görülmüştür. İtalya, Medicina’ da 2 mm/yıl alçalma görülmüştür. Bu sonuç, bölgesel bir çökme olduğu yönünde yorumlanmıştır. IVS-Avrupa çözümünden 2000.0 referans epoğu için elde edilen ITRF 2005 ve VTRF 2008 gibi farklı yer sabit referans ağları arasındaki üç boyutlu Helmert dönüşümü parametreleri hesaplanmıştır. Doğru ve Özener (2011), InSAR tekniğinde interferogramların elde edilmesinde topografik etkiyi ortadan kaldırmak için iki radar görüntüsü ve çalışma bölgesine ait sayısal arazi modeli kullanmışlardır. Çalışmada, deformasyon belirleme çalışmalarında InSAR tekniğinden elde edilen sonuçların GPS verileriyle birlikte yorumlanmasıyla doğruluğu yüksek sonuçlar elde edilebilmiştir.

Doğru ve Özener 2011, InSAR tekniğinde interferogramların elde edilmesinde topografik etkiyi ortadan kaldırmak için iki radar görüntüsü ve çalışma bölgesine ait sayısal arazi modeli kullanılmıştır. Çalışmada, deformasyon belirleme çalışmalarında InSAR tekniğinden elde edilen sonuçların GPS verileri ile birlikte yorumlanmasıyla doğruluğu yüksek sonuçlar elde edilebilmiştir.

Şimşek vd., 2019, 23 Ekim 2011 Van depremi anı için web tabanlı online değerlendirme servislerinin doğruluk performanslarını değerlendirmiştir. Bu bölgede bulunan 12 TUSAGA-Aktif istasyonuna ait istasyon gözlem verileri web tabanlı çevrimiçi GNSS analiz servisleri AUSPOS, CSRS-PP ve OPUS aracılığı ile ve GAMIT/GLOBK GNSS yazılımı ile değerlendirilmiş, yatay deformasyonlar belirlenip birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Web tabanlı çevrimiçi değerlendirme servislerinden ve GAMIT/GLOBK yazılımından elde edilen deprem anı yatay deformasyonlar kullanılarak iki boyutlu gerinim analizi yapılmıştır. Asal gerinim parametrelerinin uyumlu olduğu görülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre, web tabanlı çevrimiçi değerlendirme servisleri tarafından elde edilen koordinat çözümleri tektonik çalışmalarda kullanılabilecek düzeyde yüksek doğruluktadır.

Konakoğlu ve Akar 2021, Doğu Anadolu Fay Zonu üzerinde 04 Nisan 2019’de 5.2 Mw büyüklüğündeki, 27 Aralık 2019’ da 4.8 Mw büyüklüğündeki ve 24 Ocak 2020’de 6.5 Mw büyüklüğündeki depremlerin, çevresinde olan TUSAGA-Aktif istasyonlarını (ADY1,

ARPK, BING, DIYB, ELAZ, ERGN, MALY, SIV1ve TNCE) nasıl etkilendiğini araştırmıştır. En büyük hareket ELAZ istasyonunda 03 Ocak 2019 ile 25 Ocak 2020 tarihleri arasında yatay doğrultuda yaklaşık 5.5 cm (güneybatı yönünde), düşey doğrultuda ise yaklaşık 3 cm (yukarı yönde) olarak bulunmuştur. Diğer istasyonlarında 24 Ocak 2020 tarihinde meydana gelen depremden etkilendiği ve yatay doğrultuda yaklaşık 1- 2 cm' ye varan hareketlerin olduğu tespit edilmiştir.

1.5. VLBI Uzay Jeodezisi Tekniği

VLBI galaksimiz dışındaki radyo kaynaklarından (kuasar) dünyaya ulaşan radyo dalgasının iki yer-sabit antene ulaşmasındaki zaman gecikmesini ölçen geometrik bir uzay jeodezisi tekniğidir. Küresel bir anten ağıyla gözlemlenen birçok kuasardan alınan çok sayıda zaman farkı ölçümünü kullanan VLBI tekniği ile Yer-sabit referans sisteminde (Uluslararası Yersel Referans Sistemi, International Terrestrial Reference System, ITRS) tanımlı gök ortalama kutbu (Celestial Intermediate Pole, CIP) konumu (kutup gezinmesi koordinatları), Yer'in ortalama dönme ekseninin uzay-sabit referans sistemine (Yer-Merkezli Göksel Referans Sistemi, Geocentric Celestial Reference System, GCRS) göre mutlak dönüklüğü (UT1-UTC), gök-sabit referans sisteminde (Uluslararası Göksel Referans Sistemi, International Celestial Reference System, ICRS) tanımlı CIP konumu (nutasyon ofsetleri), Güneş Sistemi Merkezli Göksel Referans Sisteminde (Barycentric Celestial Reference System, BCRS) tanımlı radyo kaynağı (quasi-stellar radio source, quasar (kuasar)) konumu, ITRS'de tanımlı anten konumu, iyonosfer sinyal gecikmeleri, yükselim açısına göre değişen troposfer sinyal gecikmeleri, azimut açısına göre değişen troposfer sinyal gecikmeleri (troposfer gradyanları), saat hataları, güneş, ay ve diğer güneş sistemindeki gezegenlerinin Yer'in dış gravite alanı içerisinde oluşturduğu gel-git (tidal) potansiyeline Yer'in verdiği visko-elastik radyal ve yatay tepki katsayıları: love ve shida numaraları ve teknik (VLBI) özel parametreler şeklinde sıralanabilir (Teke vd., 2009; Teke vd. 2012).

VLBI kuasarlar tarafından tanımlanan inersiyal referans ağında kuasar koordinatlarını ve eş zamanlı olarak yersel referans ağında antenlerin kesin koordinatları belirlenir. Zaman farkı ölçümleri birkaç pikosaniye ($\frac{saniye}{10^{12}}$) hassasiyetinde olduğundan,

VLBI antenlerin görelî konumlarını birkaç milimetreye ve kuasar konumlarını bir miliyay saniyesinin kesirlerine göre belirler. VLBI tekniğinin sağladığı ürünler;

- Uluslararası Yersel Referans Sistemi (ITRS-International Terrestrial Reference System)’nde tanımlı kutup gezinmesi koordinatları,
- Yer–Merkezli Göksel Referans Sistemi (GCRS-Geocentric Celestial Reference System)’e göre Yer’in ortalama dönme ekseninin mutlak dönüklüğü (UT1–UTC),
- Uluslararası Göksel Referans Sistemi (ICRS-International Celestial Reference System)’nde tanımlı nutasyon ofsetleri,
- Güneş Sistemi Merkezli Göksel Referans Sisteminde (BCRS-Barycentric Celestial Reference System) tanımlı kuasar konumu,
- ITRS’de tanımlı anten konumları,
- İyonosfer sinyal gecikmeleri,
- Troposfer sinyal gecikmeleri ve gradyanları,
- Saat hataları,
- Güneş, ay ve diğer güneş sistemindeki gezegenlerinin Yer’in dış gravite alanı içerisinde oluşturduğu gel–gıt etkisiyle Yer’in visko–elastik radyal ve yatay tepki katsayıları,
- Tekniğe özel diğer özel parametreler

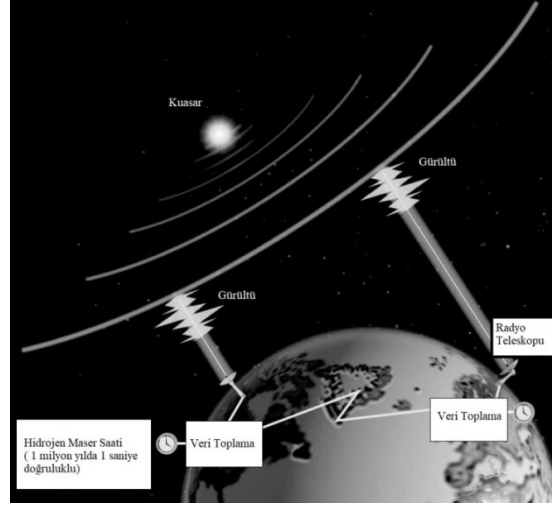
olarak sıralanabilir.

Uluslararası VLBI Jeodezi ve Astrometri Servisi (IVS-International VLBI Service), bütün bileşenlerini çalıştıran veya destekleyen kuruluşların uluslararası bir iş birliği olarak Uluslararası Astronomi Birliği’nin (IAU-International Astronomical Union) ve Uluslararası Jeodezi Kuruluşu’nun (IAG-International Association of Geodesy)’nin bir servisi. IVS, referans sistemleri, yer bilimi araştırmaları ve operasyonel faaliyetler üzerinde jeodezik ve astrometrik çalışmaları desteklemektedir.

VLBI uzay jeodezi tekniğini diğer uydu/uzay jeodezik tekniklerden ayıran en büyük üstünlüğü; Göksel Referans Ağı (CRF-Celestial Reference Frame) ile Yersel Referans Ağı (TRF-Terrestrial Reference Frame) arasındaki bağlantıyı sağlayan yer dönüklük parametrelerini doğrudan ölçebilmesidir (Teke vd., 2009; Teke vd., 2012).

VLBI ölçü prensibi, kuasarlardan dünyaya ulaşan radyo dalgalarının, dünyanın farklı konumlarındaki iki veya daha fazla radyo teleskobu (Şekil 2) tarafından alınması ve radyo

teleskopları ile aynı gözlem istasyonundaki atomik saatlerce ölçülen zamanın ilgili sinyallere etiketlenmesi ve zaman etiketli sinyallerinin eşleştirilmesi ilkesine dayanır.



Şekil 2. VLBI çalışma prensibi (URL-4, 2023)

VLBI temel ölçüsü, eşleşen sinyallere etiketli zamanların farkıdır (grup sinyal gecikmesi-group delay). VLBI parametreleri, bu zaman farkının bir fonksiyonu olarak hesaplanır. Grup sinyal gecikmesi birkaç milimetre hassasiyette belirlenebilmektedir. Şekil 3 ve 4'te Onsala Uzay Gözlemevi'ne ait görüntüler verilmiştir.



Şekil 3. Onsala Uzay Gözlemevi (İsveç)'ndeki uzay jeodezik gözlemlerine yönelik ekipmanlar: 25 metre radyo teleskop ve 13,2 m ikiz teleskoplar



Şekil 4. Onsala Uzay Gözlemevi (İsveç)'ndeki uzay jeodezik gözlemlerine yönelik ekipman: 20 m radar-kubbe (radom-radar dome) radyo teleskopu

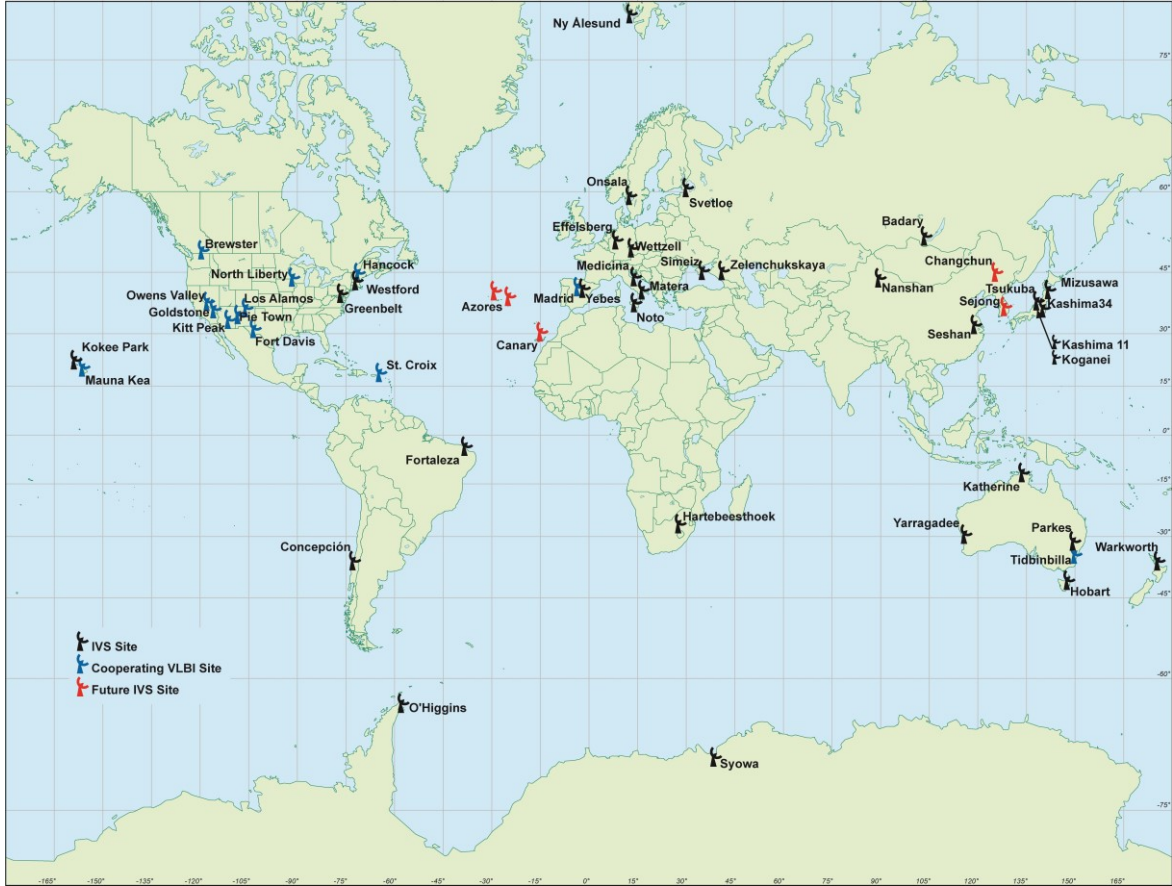
VLBI teknolojisi ve veri analiz stratejisi ile ilgili detaylı bilgi Böhm vd. (2011), Campbell (1979, 2004), Kurt (2018), Küreç Nehbit vd. (2020, 2023), Schuh (1987), Nothnagel (1991), Sovers vd. (1998), Takahashi vd. (2000), Tanır Kayıkçı vd. (2010a, 2010b, 2018), Tornatore vd. (2016), Teke vd. (2009, 2012) ve Teke (2011) kaynaklarından edinilebilir.

1.5.1. Uluslararası VLBI Jeodezi ve Astrometri Servisi (IVS) Ağ İstasyonları

IVS, VLBI bileşenlerini çalıştıran veya destekleyen kuruluşların uluslararası bir iş birliğidir. Jeodezik, jeofizik ve astrometrik araştırma ve operasyonel faaliyetleri desteklemek için bir hizmet sağlamak; Jeodezik ve astrometrik VLBI tekniğinin tüm yönlerinde araştırma ve geliştirme faaliyetlerini teşvik etmek ve VLBI ürünleri kullanıcıları topluluğu ile etkileşim kurmak ve VLBI'yı küresel bir Dünya gözlem sistemine entegre etmek gibi amaçları vardır (Schlüter & Behrend, 2007). IVS hem dış kullanıcılara hem de jeodezik ve astrometrik topluluğa hizmet etmektedir (URL-5, 2023).

IVS, bilimsel topluluklar için veri ve ürünler sağlar. Bu ürünlerden bazıları: ITRF, ICRF ve yer dönüklük parametreleri (EOP-Earth Orientation Parameters)'dir. Tüm IVS verileri ve ürünleri veri merkezlerinde arşivlenir ve ilgili jeodezi, jeofizik ve astrometri alanlarında araştırma yapmak için kullanıcılara açıktır. IVS Ağ İstasyonları, jeodezik ve

astrometrik VLBI verilerini alır. Ağ istasyonlarında veri alımı, Operasyon Merkezleri tarafından hazırlanan programlarla kontrol edilmektedir. Ham veriler ve günlük dosyaları, işlenmek üzere korelatörlere iletilir. Planlanan oturumların detayları koordinasyon merkezi tarafından tutulan ana dosyalarda yayınlanır. Dünya genelinde 37 IVS ağ istasyonu vardır (URL-5, 2023). Bu istasyonların dünya haritası üzerinde dağılımı Şekil 5’te verilmiştir.



Şekil 5. IVS Ağ İstasyonları Haritası (URL-1, 2023)

Ağ istasyonları tarafından alınan veriler sonra korelatörler tarafından işlenip veri merkezlerine gönderilir, bu veriler daha sonra analiz merkezleri tarafından analiz edilerek ürün oluşturulur. Veri Merkezlerinin içerikleri iki tipte düzenlenmiştir: Veri tabanları ve NGS kart dosyaları gibi birincil veriler ve program dosyası, günlük dosyaları gibi yardımcı veriler içeren ürünler ve EOP, TRF, CRF gibi ürünler. IVS verilerini ve ürün dosyalarını tutan üç IVS Veri Merkezi bulunmaktadır: CDDIS (ABD), BKG (Almanya), OPAR (Fransa) (URL-6, 2023).

IVS Analiz Merkezleri, IVS ürünleri oluşturmak ve yer bilimlerinde araştırma yapmak için jeodezik ve astrometrik VLBI verilerini analiz eder. Analiz için yaygın olarak kullanılan yazılım paketleri, çeşitli IVS bileşenleri tarafından geliştirilmekte ve sürdürülmektedir. Kullanılan paketler CALC/SOLVE, c5++, DOGS-RI, GLORIA, MODEST, OCCAM, PORT, SteelBreeze, VieVS'dir (URL-7,2023; Nothnagel ve Steinforth, 2002).

IVS, kullanıcılarına yüksek kaliteli ürünler sağlamak üzere Operasyonel Analiz Merkezleri, Aday Analiz Merkezleri, Özel Veri Oturumları İçin Özel Analiz Merkezleri ve Kombinasyon Merkezleri tarafından gerçekleştirilen veri analizlerini koordine eder.

Tüm Analiz Merkezleri, uygun VLBI analiz yazılımını uygular ve/veya geliştirir. Operasyonel Analiz Merkezleri, IVS Analiz Koordinatörünün direktiflerine göre sonuçlar üretmek ve IVS gereksinimlerini karşılamaktan sorumludur. Ayrıca, Operasyonel Analiz Merkezleri düzenli aralıklarla yer dönüklük parametreleri, istasyon koordinatları ve kuasar koordinatları sonuç ürünlerini sağlar. Operasyonel Analiz Merkezleri, yüksek kaliteli ürünlerin oluşturulması ve bunların zamanında arşivlenmesi ve dağıtılması için sonuç ürünlerini IVS Veri Merkezlerine iletir. Tablo 1'de ülkeler ve kurumlara göre aday ve operasyonel analiz merkezlerinin listesi sunulmuştur.

Tablo 1. IVS Analiz merkezlerinden bazıları hakkında bilgiler (URL-8, 2023)

Ülke	IVS Bileşen Adı	Tip	Birincil İlgili Kişi	Sponsor Kuruluş	Yazılım
Arjantin	IGN Argentino	Assoc	Micaela Carbonetti, Facundo Barrera	Instituto Geográfico Nacional Argentino	VieVS
Avustralya	Geoscience Australia	Full	Oleg Titov	Geoscience Australia	OCCAM
Çin	Shanghai Observatory	Full	Jinling Li	Shanghai Observatory, Chinese Academy of Sciences	CALC/SOLVE
Fransa	Observatoire de Paris	Assoc	Sébastien Lambert	Observatoire de Paris	GLORIA
Almanya	BKG/DGFI Combination Center	Combi	Sabine Bachmann	Bundesamt für Kartographie und Geodäsie und Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut	DOGS
Almanya	GFZ Potsdam	Assoc	Robert Heinkelmann	GFZ German Research Centre for Geosciences	PORT, VieVS@GFZ
İtalya	Politecnico di Milano DICA	Assoc	Vincenza Tornatore	Politecnico di Milano DICA (PMD)	VieVS
Japonya	Geospatial Information Authority of Japan	Full	Yu Takagi	Geospatial Information Authority of Japan (GSI)	OCCAM, CALC/SOLVE, c5++
Norveç	Norwegian Mapping Authority (NMA)	Assoc	Ann-Silje Kirkvik	Norwegian Mapping Authority (NMA)	WHERE
Rusya	Institute of Applied Astronomy Analysis Center	Full	Elena Skurikhina	Institute of Applied Astronomy	OCCAM
Güney Kore	KASI	Combi	Jungho Cho	Korea Astronomy and Space Science Institute	Bernese 5.0
İspanya	Instituto Geográfico Nacional de España (IGE)	Assoc	Esther Azcue, Victor Puente	Instituto Geográfico Nacional de España (IGE); Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana	Where, VieVS
İsveç	Onsala Space Observatory	Assoc	Rüdiger Haas	Chalmers University of Technology	CALC/SOLVE, GLOBK
İsviçre	ETH Zurich	Assoc	Benedikt Soja	Eidgenössische Technische Hochschule Zürich (ETH Zurich)	VieVS, VieVS@GFZ / PORT, c5++, nuSolve
Türkiye	Karadeniz Technical University (KTU)	Assoc	Emine Tanir	Karadeniz Technical University	CALC/SOLVE, GLOBK
Ukrayna	Main Astronomical Observatory	Assoc	Yaroslav Yatskiv	Main Astronomical Observatory, National Academy of Sciences, Kiev	SteelBreeze
Amerika Birleşik Devletleri	Goddard Space Flight Center	Full	John Gipson	NASA Goddard Space Flight Center	CALC/SOLVE

1.5.2. PORT-GFZ VLBI Yazılımı

GFZ Potsdam’da geliştirilen PORT (Potsdam Open-source Radio interferometry Tool) adlı yazılım programı, günümüz ve geçmiş VLBI gözlemlerini analiz etmek için kullanılmaktadır. Bu yazılım, uzay jeodezisi, jeofizik ve astrometri alanlarında en son araştırmaların yanı sıra GFZ VLBI Analiz Merkezi’nin görevlerini yerine getirmek için geliştirilmekte ve kullanılmaktadır. PORT yazılımı, istasyon konumları, kuasar konumları, yer dönüklük parametreleri ve atmosferik gecikme parametreleri dâhil olmak üzere, bütün ana (istasyon ve kuasar koordinatları gibi) ve yardımcı (atmosferik gecikme parametreleri gibi) VLBI sonuç ürünlerini kestirimi için en küçük kareler (EKK) veya Kalman filtresi kullanır. PORT; veri süresinden bağımsız olarak geleneksel S-/X bandı ve tek bant gözlemlerine ek olarak VGOS gözlemlerini de işleyebilir. PORT, ITRF2020’ye uygundur ve Uluslararası Yer Dönüklük ve Referans Sistemleri Servisi (IERS-International Earth Rotation and Reference Systems Service) ve IVS tarafından önerilen en son standartlara uygundur (Schuh vd., 2021).

PORT bir GitHub sunucusunda kullanıcılara açıktır ve MATLAB R2019a yazılımında birkaç Python bileşeniyle yazılmıştır. PORT ile VLBI verilerinin incelenmesi, bir grafik kullanıcı arayüzü kullanılarak veya komut dosyası kullanılarak etkileşimli olarak yapılabilir. Gelişmekte olan PORT yazılımı, güvenilir göksel ve yersel referans sistemleri oluşturmak için VLBI gözlemlerini planlama, simüle edebilme, analiz edebilme ve kullanabilme kabiliyetine sahiptir. IVS Veri Merkezleri, anonim indirme erişimine izin veren FTP sunucularından VLBI verilerine erişilebilir. NASA Goddard Veri Merkezi (CDDIS)’nin anonim indirimlere erişim izni veren <https> sunucularından verileri indirmek için URL-9’ dan parola ile bir kullanıcı hesabı oluşturmak gerekmektedir. PORT’un jeodezik VLBI analizi için ihtiyaç duyduğu veriler, VLBI kuasar konum bilgileri, EOP verilerini, gezegen efemeris (gök günlüğü) modellerini, istasyon konumlarını, okyanus yükleme modelleridir (URL-10, 2023).

PORT yazılımının klasörleri, *bin*, *data*, *doc*, *scripts*, *source*, *work*’ten oluşmaktadır. Yürütülebilir programlar *bin* ve PORT belgeleri ise *doc* klasöründe saklanır. MATLAB için kaynak kodu ve PORT için Python3 kodu (ve diğer kaynak kodları) *source* klasöründe bulunur. IVS verilerinin analizi için MATLAB’ı *work* klasörü içinden başlatılmalıdır. *Obs* klasörü içinde, her oturum için gözlemlerin başladığı 4 basamaklı yılı içeren klasörler bulunur. Her yıl klasörü içinde, her oturum için ham verileri içeren klasörler bulunur

(Anderson 2021). Örneğin; port/data/VLBI/obs/2019/2019-01-01-X0; .../obs/2019/2019-01-02-XA; .../obs/2019/2019-01-02-X0; ... gibi.

1.6. GNSS Uydu Jeodezisi Tekniği

Küresel Navigasyon Uydu Sistemleri tekniği, sivil ve askeri kullanım amaçlarına yönelik olarak; herhangi bir zamanda, her türlü hava koşullarında, küresel bir koordinat sisteminde, yüksek doğrulukta, ekonomik olarak anında ve sürekli olarak konum, hız ve zamanın belirlenmesini sağlayan bir uydu tekniğidir. GNSS, tanım gereği, dünya çapında kapsama alanı sunar. Avrupa’da Galileo, ABD’de NAVSTAR Küresel Konumlandırma Sistemi, Rusya’da GLONASS ve Çin’de BeiDou Navigasyon Uydu Sistemi GNSS’ye birkaç örnektir (URL-11, 2023).

GNSS performansı değerlendirilirken aşağıdaki dört faktör dikkate alınır:

1. Doğruluk, alıcının ölçülen konumu, hızı veya zamanı ile gerçek değerleri arasındaki tutarsızlıktır,
2. Bütünlük, sistemin bir güven eşiği belirleme ve bir konumlandırma verisi anomalisi durumunda bir alarm verme yeteneği,
3. Süreklilik, sistemin sürekli çalışma kapasitesi,
4. Kullanılabilirlik, sinyalin yukarıda belirtilen doğruluk, bütünlük ve süreklilik gereksinimlerini karşılama süresidir.

GNSS sistemleri üç bileşenden oluşmaktadır. Dünyayı 20.000 kilometre yukarıdan çevreleyen takımyıldızlar olarak bilinen uydular ağına uzay bölümü denir. Her GNSS uydusu kendi adını, yörünge bilgisini ve durum bilgisini içeren bir sinyal yayınlr. GNSS’nin ikinci bileşeni olan kontrol bölümü, GNSS alıcıları olarak hizmet veren yer tabanlı bir yer kontrol istasyonları ağı tarafından yürütülür. Veri yükleme istasyonları aracılığıyla yer kontrol istasyonları, aldıkları sinyalleri analiz ettikten sonra yörünge ve zaman düzeltmelerini uyduların takımyıldızına iletir. Kullanıcı bölümü ise GNSS’nin üçüncü bileşenidir. GPS uydularından gelen sinyalleri alan ve iletilen bilgileri kullanıcının üç boyutlu konumunu ve zamanını hesaplamak için kullanan GPS alıcı donanımından oluşur (Ananda vd. 1988; URL-12, 2023).

1.6.1. GNSS Gözlemlerinin Bernese 5.2. Yazılımı ile Analizi

Bernese yazılımı, İsviçre'nin Bern Üniversitesi Astronomi Enstitüsü (AIUB) tarafından geliştirilmiş, yerkabuğu hareketlerinin belirlenmesi, ülke temel GPS ağlarının kurulması, referans sistemi oluşturulması, deformasyon ölçülerinin analizi ve meteorolojik tahminlere katkı sağlayacak troposferik parametrelerin hesaplanması gibi tamamen bilimsel amaçlı çalışmalarda kullanılan bir yazılımdır. Bernese içerisinde değerlendirilen verileri ve işlemleri nitelemek için “campaign-kampanya” terimi kullanılmaktadır. Bernese yazılımında bir analiz yapabilmek için öncelikle bir kampanya oluşturulur. Kampanya oluşturulduktan sonra değerlendirme aşamasına geçmeden önce; GNSS verilerin kampanyada ilgili klasörlere aktarılması, analizi yapılacak istasyonlar için öncül koordinat listesinin tanımlanması, Bernese formatında bazı dosyaların internetten indirilerek ilgili klasör içine kopyalanması, yer dönme ve yörünge bilgilerinin hazırlanması adımları gerçekleştirilmektedir. Bernese yazılımı ile değerlendirme yapılırken internetten IGS ürün dosyaları indirilmektedir. Bu dosyalar, değerlendirme sürecinde yararlanılan genel dosyalar ve çözüme konu olan zaman dilimine ait olan dosyalar olarak iki sınıfa ayrılmaktadır. Genel dosyaların bir kısmı yazılımla birlikte yüklenirken, uydu hatalarını içeren CRX dosyaları, anten faz merkezi kayıklıklarını içeren PHAS_IGS. REL dosyası, alıcı türlerini içeren RECEIVER dosyaları ve yörüngedeki uydu bilgilerini içeren SATELLIT gibi dosyalar düzenli olarak güncellenmektedir. Çözüme konu zaman dilimine ait olan ve güncellenecek dosyalar ise, hassas yörünge bilgileri, saat düzeltmesi, atmosferik düzeltme vb. dosyalarıdır. Güncelleme işlemi URL-13, 14' ten yapılabilir. Bernese yazılımına doğrudan parametre (iyonosferik düzeltme, okyanus düzeltmesi, gibi.) girişinin kullanıcı tarafından yapılması, değerlendirmeye müdahale edilebilmesi, hataların elemine edilebilmesi için önemlidir. ADDNEQ2 programı, sıralı GPSEST çözümleri veya önceki ADDNEQ2 çalışmalarından kaynaklanan sonuçları birleştirmek için kullanılır. Giriş dosyaları, GPSEST çalıştırılırken kaydedilen normal denklem dosyalarıdır (NEQ). Algoritması ise prensip olarak, parametreler arasındaki varyans-kovaryans bilgilerini dikkate alarak istasyon koordinat sonuçlarının bir kombinasyonu için kullanılanlarla aynıdır. NEQ dosyalarına kaydedilen istasyon hızlarının tahmini parametreleri ADDNEQ2 tarafından işlenebilir.

Bernese yazılımı için en güncel versiyon 16.10.2023 tarihinde uygulamaya konulmuş olan “5.4” versiyonudur. 2015 yılından ilgili tarihe kadar da Bernese 5.2 versiyonu

kullanılmaktaydı (Dach vd., 2015). Bu çalışmada, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Jeodezi Bilim dalında yapılan 116Y186 kodlu TÜBİTAK projesi kapsamında satın alınan Bernese 5.2. versiyonu (Windows) kullanılmıştır.

1.6.2. Alıcıdan Bağımsız Veri Değişimi (RINEX)

RINEX sürüm 3.00 biçimi, Gözlem veri dosyası, Navigasyon mesajı Dosyası, Meteorolojik veri dosyası olmak üzere üç ASCII dosya türünden oluşmaktadır. Her dosya türü bir başlık bölümü ve bir veri bölümünden oluşur. Başlık bölümü, dosyanın tamamı için genel bilgileri içerir ve dosyanın başına yerleştirilir. Başlık bölümü, başlık bölümünde yer alan her satır için 61-80 sütunlarında başlık etiketleri içerir. Bu etiketler zorunludur ve tam olarak bu açıklamalarda ve örneklerde verildiği gibi görünmelidir. Format, belirli bir alıcı veya uydu sisteminin farklı gözlem türlerinin sayısından bağımsız olarak, bu alıcı için saklanacak gözlem türleri ve gözlemlenen uydu sistemleri başlıkta belirtilerek minimum alan gereksinimleri için optimize edilmiştir. Değişken kayıt uzunluklarına izin veren bilgisayar sistemlerinde, gözlem kayıtları mümkün olduğu kadar kısa tutulabilir. Sondaki boşluklar kayıtlardan kaldırılabilir. Gözlem kayıtları için maksimum kayıt uzunluğu sınırlaması yoktur. Her Gözlem dosyası ve her Meteorolojik Veri dosyası temel olarak bir siteden ve bir oturumdan gelen verileri içerir.

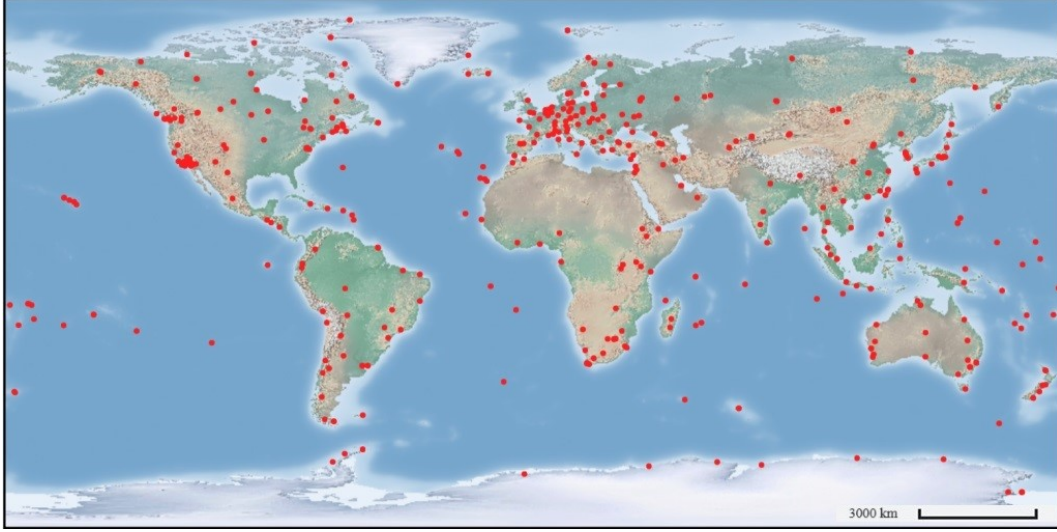
1.6.3. Uluslararası GNSS Servisi Ağ İstasyonları

IGS, 1994'ten beri açık erişimli, yüksek kaliteli GNSS veri ürünleri sağlamaktadır. 100'den fazla ülkede/bölgede 200'den fazla kendi kendini finanse eden kurum, üniversite ve araştırma kurumundan oluşan gönüllü bir servis olarak Dünyadaki en yüksek hassasiyetli GPS uydu yörüngelerini ve milyonlarca kullanıcının çok çeşitli uygulamalarını destekleyen yüksek hassasiyetteki ürünlere ücretsiz ve açık erişim sağlar. Ayrıca, Dünya çapında 400'den fazla referans istasyonu ile ITRF'ye katkı sağlayarak çalışma grupları ve pilot projeler aracılığıyla yeni uygulama ve ürünlerin sürekli geliştirilmesini destekler. IGS, küresel jeodezik gözlem sisteminin bir bileşeni ve dünya veri sisteminin üyesidir. CDDIS'de arşivlenen GNSS verilerinden türetilen ürünler, IGS analiz merkezleri tarafından üretilmekte ve sunulmaktadır. IGS ürünleri ITRF'nin gerçekleştirilmesi, yer

kabuğu deformasyonunun izlenmesi, hidrosferdeki değişimlerin izlenmesi (deniz seviyesi, buz tabakaları, vb.), bilimsel uydu yörüngelerinin belirlenmesi, iyonosfer ve troposferin izlenmesi, zaman ve frekans transferi gibi alanlarda da bilimsel araştırmaları destekler. IGS operasyonel ürünleri, hassas GNSS uydu efemerislerini, global GNSS ağındaki istasyonların konumlarını ve hızlarını, EOP'leri ve istasyon ve uydu saati çözümlerini içerir. CDDIS GNSS verilerinden türetilen diğer ürünler, Çalışma Gruplarını veya Pilot Projeleri destekleyen zenit doğrultusunda toplam troposferik gecikme (ZTD-Zenith Total Delay) ve global iyonosfer haritalarıdır. Her istasyon için yaklaşık koordinatlara, istasyon haritasına URL-2'den erişilebilir. ITRF referans sistemindeki kesin koordinatlar, ITRF'den temin edilebilir.

IGS analiz merkezleri CDDIS'ye günlük olarak istasyon konumu ve hız çözümleri sağlamaktadır. Analiz merkezleri, istasyon konumu, hızları, gün uzunluğu (LOD-Length of Day) ve X, Y kutup konumları ve hızları ile yer merkezli (jeosentrik) konum çözümleri sunar. IGS referans sistemi koordinatörü analiz merkezlerinden gelen bu çözümleri alır ve kombinasyon çözümleri üretir ve bu daha sonra CDDIS'de SINEX formatında arşivlenir. Bu kombinasyon çözümleri, ITRF'ye katkı sağlayan resmi IGS ürünleridir. Bu dosyalar (GPS ve GPS+GLONASS çözümleri) için URL-15'te ve yalnızca GLONASS çözümleri için URL-16'da bulunur.

IGS ağı, IGS şemsiyesi altında toplayan birçok farklı kuruluş tarafından işletilen heterojen istasyonlardan oluşur. Katılımcı istasyonlar, burada yer alan ve IGS ağının ve ürünlerinin tutarlı yüksek kalitesini sağlayan standartlara ve sözleşmelere uymayı kabul etmektedirler. IGS için özellikle önemli olan, ağın istikrarlı, uzun vadeli işletimidir. IGS istasyonları, yüksek doğruluklu alıcılar kullanarak sürekli izleme sağlar ve veri merkezlerine hızlı (minimum: günlük) veri iletimi sağlayan veri iletim tesislerine sahiptir. Şekil 6'da IGS istasyonlarının dünya üzerindeki dağılımları sunulmuştur.



Şekil 6. IGS istasyonları (URL-17, 2023)

1.6.4. Avrupa Yersel Referans Ağ (EUREF) İstasyonları

EUREF Avrupa Sabit GNSS Ağı (EPN-EUREF Permanent Network) sürekli çalışan, GNSS referans istasyonlarından oluşan, istasyon verilerine erişim sağlayan veri merkezlerine sahip, GNSS verilerini analiz eden analiz merkezleri olan, EPN ürünlerini üreten ürün merkezlerine sahip ve EPN'nin günlük olarak izlenmesinden ve yönetiminden sorumlu bir Merkez Bürodan oluşan ağıdır. Şekil 7'da EUREF istasyonlarının dünya haritası üzerinde dağılımı sunulmuştur.



Şekil 7. EUREF haritası (URL-18, 2023)

EPN, IAG'nin Avrupa için Bölgesel Referans sistemi alt komisyonu EUREF çatısı altında işletilmektedir. EPN'ye yapılan tüm katkılar, 100'den fazla Avrupa ajansı/üniversitesiyle birlikte gönüllülük esasına göre sağlanmaktadır. EPN, katkıda bulunanların abone olduğu tanımlanmış uluslararası standartlar ve yönergeler kapsamında çalışır. Bu yönergeler, EPN ürünlerinin uzun vadeli kalitesini garanti eder. EPN'nin birincil amacı, Avrupa çapında standart GNSS koordinat sistemi olan Avrupa Yersel Referans Sistemi 89'a (ETRS89) erişim sağlamaktır. EuroGeographics tarafından desteklenen ve Avrupa Mekânsal Bilgi Altyapısı (INSPIRE-Infrastructure for Spatial Information in Europe-A) tarafından onaylanan ETRS89 hem ulusal hem de uluslararası düzeyde Avrupa topraklarındaki coğrafi konum verilerinin temelini oluşturur. EPN, tüm EPN istasyonlarının kesin konumları, hızları ve troposferik parametrelerinin yanı sıra GNSS izleme verileri için halka açık hale getirerek ETRS89'a erişim sağlar. Bu ürünlere dayalı olarak EPN, Avrupa'daki tektonik deformasyonların izlenmesine de katkıda bulunur ve uzun vadeli iklim izleme, sayısal hava tahmini ve deniz seviyesi değişimlerinin izlenmesini destekler.

1.7. Jeodezik Koordinat Sistemleri

Yeryüzündeki mühendislik çalışmalarının düzenlenmesi ve insanların yaşamını kolaylaştırmak adına birçok projede yer almak için, konum bilgisinin doğru bir şekilde bilinmesi gerekmektedir. Bu çalışmaların etkili bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için çeşitli koordinat sistemleri tanımlanmıştır. Farklı koordinat sistemleri arasında geçiş yapabilmek için, bir koordinat sisteminde belirlenen konumun, başka bir koordinat sistemindeki değeri hesaplanabilmelidir (Başçıftçi & İnal, 2008). Bu nedenle koordinat sistemleri tanımlanırken, aralarındaki dönüşüm formülleri de belirlenmelidir. Jeodezik çalışmalarda, özellikle GNSS teknolojisinin gelişmesi ile koordinatların üç boyutlu olarak belirlenmesi daha kolay hale gelmiştir. Koordinat sistemleri, matematiksel bir yapıya sahiptir ve genellikle n-boyutlu uzayların tanımlanması ve incelenmesinde kullanılır. Bu sistemler, bir noktanın konumunu belirlemek için sıralı n tane sayı kullanır ve bu sayılara noktanın koordinatları denir (Kahveci & Tuşat, 2023).

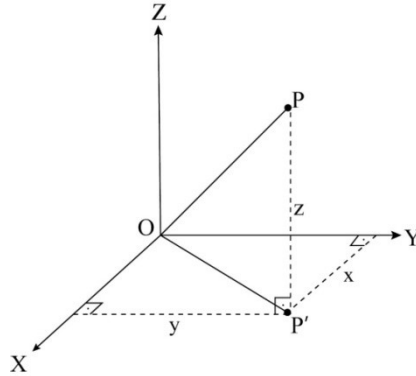
1.7.1. Jeodezik Dik (Kartezyen) Koordinat Sistemleri

Dik koordinatlar, matematiksel ve geometrik bağlamlarda kullanılan bir koordinat sistemi olan Dikdörtgen Koordinat Sistemi'nde ifade edilen koordinatlardır. Bu koordinat sistemi, bir düzlem veya uzay üzerindeki noktaların konumlarını belirtmek için x, y ve z eksenleri (veya daha fazla boyutlu uzayda ilgili eksenler) kullanır. Üç boyutlu uzayda tanımlanan dik koordinat sistemi sade yapısı sayesinde birçok farklı kullanım alanı bulmuştur. Bu koordinat sisteminin orijini O, Öklid uzayında tanımlanan dik çatının orijini P' ile çakışıktır. Eksenleri de dik sistemi tanımlayan birim vektörlerle çakışıktır. Bu sistemde bir P noktasının konumu o noktadan her bir koordinat eksenine inilen dik boyları ile belirlenir ve noktanın dik koordinatları olarak adlandırılırlar. (X, Y, Z) dik koordinatları $+\infty$ ve $-\infty$ arasında değer alabilir (Konak, 1994; Uzun, 2003).

Bu durumda dik koordinat sisteminde üç boyutlu uzayın herhangi bir P noktasının konumu,

$$\overrightarrow{OP} = x \vec{i} + y \vec{j} + z \vec{k} \quad (1)$$

vektörel bağıntısı ile elde edilir (Şekil 8).



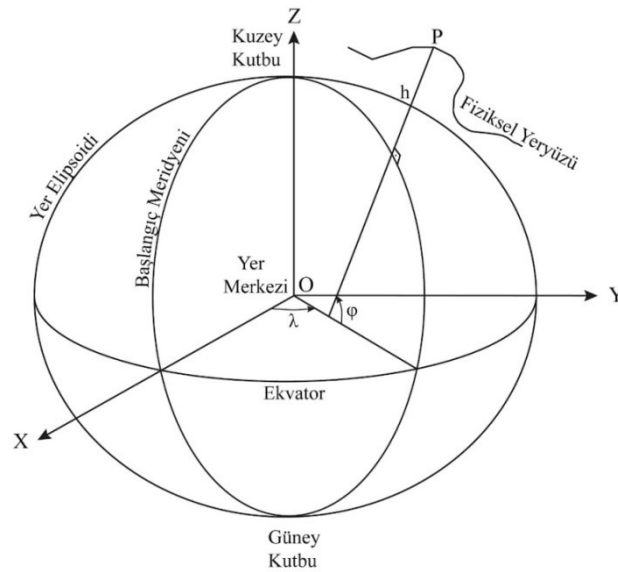
Şekil 8. Dik koordinatlar (X, Y, Z : eksenler; O orijin noktası, x, y, z eksenlere uzaklık-koordinat değeri)

1.7.2. Jeodezik Eğri Koordinat Sistemi

Elipsoidal koordinatlar, coğrafi referans sistemlerinde yeryüzünün eğriliğini ve şeklini daha iyi yansıtmak amacıyla kullanılan koordinatlardır. Yeryüzü genellikle bir elipsoit olarak kabul edildiğinden, bu koordinatlar, yüzeydeki noktaların eğriliği dikkate alınarak tanımlanır. En yaygın kullanılan elipsoidal koordinat sistemi, enlem ve boylam (latitude ve longitude) koordinatlarıdır. Enlem, yeryüzü yüzeyindeki bir noktanın ekvatora göre olan açısal uzaklığını ifade eder. Kuzey yarım kürede $+90^\circ$ ile -90° arasında değişen değerler alırken, güney yarım kürede -90° ile $+90^\circ$ arasında değerler alır. Boylam, yeryüzü yüzeyindeki bir noktanın Greenwich Meridyeni' ne göre olan açısal uzaklığını ifade eder. Boylam 0° ile $+180^\circ$ doğu ve 0° ile -180° batı arasında değişen değerler alır.

Elipsoidal koordinatlar, haritalama, coğrafi bilgi sistemleri (CBS), navigasyon ve coğrafi konum belirleme alanlarında kullanılır ve yeryüzündeki konumların hassas bir şekilde ifade edilmesine yardımcı olur (Kahveci & Tuşat, 2023).

Bu sistemde koordinatlar referans elipsoidinde tanımlanır. Bu sistemin koordinat bileşenleri; λ (jeodezik boylam) bir P noktasın elipsoidal meridyen düzlemi ile başlangıç jeodezik meridyeni aradaki açı, ϕ (jeodezik enlem) P noktasından geçen elipsoit yüzey normalinin jeodezik ekvator düzlemi ile yaptığı açı ve h ise P noktasından geçen elipsoit normalinin boyu ya da elipsoit yüksekliği şeklinde tanımlanırlar. Sistemin orijini elipsoidin merkez noktasıdır ve sağ el kuralına uyan bir sistemdir (Şekil 9) (Uzun, 2003).



Şekil 9. Elipsoidal koordinatlar (ϕ, λ, h)

1.7.3. Elipsoidal ve Dik Koordinatlar Arasındaki Dönüşüm

Koordinat sistemleri arasındaki dönüşüm, bir matematiksel işlem veya dönüşüm kullanarak bir koordinat sistemi içinde ifade edilmiş bir noktanın, başka bir koordinat sistemi içindeki karşılığını hesaplamak anlamına gelir. Koordinat sistemleri arasındaki dönüşüm, farklı coğrafi koordinat sistemleri, harita projeksiyonları veya diğer referans çerçeveleri arasında veri veya konum bilgisi aktarmanın veya uyumlaştırmanın bir yoludur. Bu süreç, farklı sistemlerin kullanıldığı durumlarda veri uyumluluğunu sağlamak, haritalama işlemlerini gerçekleştirmek veya coğrafi bilgi sistemlerinde tutulan verileri birbirine dönüştürmek için önemlidir (Kahveci & Tuşat, 2023). Elipsoidal koordinatlardan dik koordinatlar (Yıldırım vd., 2011):

$$X = (N + h) \cos \varphi \cos \lambda \quad (2)$$

$$Y = (N + h) \cos \varphi \sin \lambda \quad (3)$$

$$Z = \left(\frac{a^2}{b^2} N + h\right) \sin \varphi \quad (4)$$

eşitlikleri ile elde edilir. Burada; a, b kullanılan elipsoidin büyük ve küçük yarı eksenleridir. N ise meridyene dik doğrultudaki normal kesit eğrilik yarıçapıdır ve

$$N = \frac{a^2}{\sqrt{a^2(\cos \varphi)^2 + b^2(\sin \varphi)^2}} \quad (5)$$

eşitliğinden elde edilir. Elipsoidal koordinatlar (φ, λ, h) ise

$$\varphi = \arctan \frac{Z + e'^2 b (\sin \theta)^3}{\sqrt{X^2 + Y^2 - e'^2 a (\cos \theta)^3}} \quad (6)$$

$$\lambda = \arctan \frac{Y}{X} \quad (7)$$

$$h = \frac{\sqrt{X^2 + Y^2}}{\cos \varphi} - N \quad (8)$$

şeklindeki dönüşüm formülleri ile hesaplanabilir. Eşitlik (6-8)'de ki bilinmeyenlerin, e'^2 elipsoidin birinci dış merkezlik parametresi ve θ , elipsoidin büyük ve küçük yarı eksenleri (a, b) kullanılarak

$$e'^2 = \frac{a^2 - b^2}{b^2} \quad (9)$$

$$\theta = \arctan \frac{Z \cdot a}{\sqrt{X^2 + Y^2} \cdot b} \quad (10)$$

şeklinde hesaplanabilir.

1.8. Üç Boyutlu Jeodezik Ağlarda Duyarlık Ölçütleri

Jeodezik ağlar, özellikle altyapı hizmetlerine temel oluşturacak haritaların hazırlanması için, hâlihazır ya da kadastral haritaların üretilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Ayrıca, büyük mühendislik yapılarının, örneğin barajlar ve tünellerin çevresinde meydana gelebilecek deformasyonların izlenmesi, fay hatları boyunca yer kabuğu hareketlerinin gözlenmesi ve ülke yüzey ağlarının gelişen teknolojiye uygun olarak geliştirilmesi ve iyileştirilmesi için de jeodezik ağlar oluşturulmaktadır. Bu nedenle, bahsedilen jeodezik ağların amaçlarına uygun olarak tasarlanmaları ve iyileştirilmeleri büyük bir öneme sahiptir. Günümüzde, yüksek kapasiteli ve hızlı hesap makineleri ile ölçme tekniklerinin sunduğu yeni imkânları kullanarak, jeodezik ağların yatay ve düşey konumları üç boyutlu modellerle topluca değerlendirilmesi, yaygın bir uygulama haline gelmiştir. Yeni geliştirilen ölçüm teknikleri ve GPS, jeodezik ağlarda üç boyutlu değerlendirme modellerini vazgeçilmez hale getirmektedir (Yalçinkaya & Teke, 2006). Optimizasyon işlemi genellikle duyarlık, doğruluk ve güvenilirlik açısından en iyi sonuçları elde etme amacına dayanmaktadır. Jeodezik ağların, kullanım amacına bağlı olarak önceden belirlenen belirli duyarlılıkları karşılaması beklenir (Teke vd., 2008).

Duyarlık kavramı, rasgele ölçüm hataları ve ağın geometrik yapısının etkisiyle ortaya çıkan istatistiksel bir büyüklük olan karesel ortalama hata ile temsil edilir. Bu büyüklük, kaba ve sistematik hatalardan arındırılmış ölçümlerle gerçekleştirilen bir dengeleme sonucunda elde edilir. Aynı zamanda, ölçülerin güvenilirliği hakkında önemli bilgiler

sunar. Duyarlık kriterleri, gerçek dünya koşullarını yansıtan bilgiler içerirler. Bu nedenle, dengeleme modelinin geçerliliği ve ölçülerin değerlendirilmesi sırasında bir model hatasının meydana gelip gelmediği, güvenilirlik kriterleri ile kontrol edilmelidir. Jeodezik ağlar için belirlenen duyarlık ölçütleri, genellikle üç ana kategori altında incelenir: Noktalara Göre Tanımlanan Duyarlık Ölçütleri, Lokal Duyarlık Ölçütleri, Global Duyarlık Ölçütleri (Konak, 1994; Yalçınkaya vd., 2003).

1.8.1. Noktalara Göre Tanımlanan Duyarlık Ölçütleri

Noktalara göre tanımlanan duyarlık ölçütleri, koordinat bilinmeyenlerinin varyans-kovaryans matrisi veya ters ağırlık matrisinin ilgili noktaya ait alt matrisinden yararlanarak hesaplanır. Ağdaki noktaların gerçek değerlerinin hangi sınırlar içinde olacağını belirlemeye yardımcı olan bu tür ölçütler koordinat bilinmeyenlerin karesel ortalama hatası, helmert nokta konum hatası, hata elipsoitlerini içerir.

Dengeleme sonucunda hesaplanan birim ölçünün ortalama hatası (m_0) ve koordinat bilinmeyenlerinin ters ağırlık matrisinin (Q_{xx}) ilgili köşegen elemanları kullanılarak koordinat bilinmeyenlerinin ortalama hataları

$$\begin{aligned} m_{xi} &= m_0 \sqrt{q_{xxi}} \\ m_{yi} &= m_0 \sqrt{q_{yiyi}} \\ m_{zi} &= m_0 \sqrt{q_{zizi}} \end{aligned} \quad (11)$$

ve koordinat bilinmeyenlerinin ortalama hatalarını kullanarak Helmert nokta konum hatası

$$m_{pi} = \sqrt{m_{xi}^2 + m_{yi}^2 + m_{zi}^2} \quad (12)$$

olarak hesaplanır. Bir noktanın konum duyarlığı Helmert elipsoitleri ile de tanımlanabilir. Söz konusu elipsoitler, nokta konum hatalarına göre daha çok bilgi taşırlar. Bir noktaya ilişkin ortalama hata elipsoidinin elemanları

$$A_H = m_0 \sqrt{\lambda_1} \quad (13)$$

$$B_H = m_0 \sqrt{\lambda_2} \quad (14)$$

$$C_H = m_0 \sqrt{\lambda_3} \quad (15)$$

şeklinde hesaplanır. Burada A_H , B_H , C_H hata elipsoidlerinin X, Y ve Z yönündeki yarı eksen uzunluğunu ve λ 'lar ise Q_{xx} matrisinin ilgili noktaya ait 3x3 boyutlu alt matrisin öz değerlerini ifade etmektedir. Hata elipsoidlerinin yarı eksenlerinin sırasıyla x, y ve z yönündeki dönüklükleri ise

$$\cos \alpha_j = \frac{M_j}{W_j} \quad (16)$$

$$\cos \beta_j = \frac{N_j}{W_j} \quad (17)$$

$$\cos \gamma_j = \frac{T_j}{W_j} \quad (18)$$

şeklinde hesaplanır. (16-18) eşitliklerindeki ara değerler ise;

$$M_j = q_{xz}(q_{yy} - \lambda_j) - q_{xy} Q_{yz} \quad (19)$$

$$N_j = (q_{xx} - \lambda_j)q_{yz} - q_{xy}q_{xz} \quad (20)$$

$$T_j = q_{xy}^2(q_{xx} - \lambda_j) - (q_{yy} - \lambda_j) \quad (21)$$

$$W_j^2 = M_j^2 + N_j^2 + T_j^2 \quad (22)$$

şeklinde hesaplanır. Burada q_{xx} , q_{yy} ve q_{xy} , q_{xz} Q_{xx} matrisinin ilgili noktaya ait 3x3 boyutundaki alt matrisinin köşene üstündeki ve köşegen dışı elemanlarıdır.

1.8.2. Global Duyarlık Ölçütleri

Global duyarlık ölçütleri, bir jeodezik ağda koordinat bilinmeyenlerine ait varyans–kovaryans matrisinin veya ters ağırlık matrisinin tümünden yararlanarak hesaplanan duyarlık ölçütleridir.

Varyans ölçütü; varyans-kovaryans matrislerinin ana köşegen elemanlarının toplamı olarak

$$iz(K_{xx}) = m_0^2 iz(Q_{xx}) = m_0^2 \sum_{i=1}^{3p} \lambda_i \quad (23)$$

şeklinde hesaplanır (Yalçinkaya vd., 2003).

1.9. IGS ve IVS Sabit İstasyonları İçin Hızların Hesaplama Yöntemleri

Bu bölümde IGS ve IVS sabit istasyonları için hızların hesaplama yöntemleri anlatılmıştır.

1.9.1. ITRF 2014 Yerel Hızlarının Hesaplanması

MATLAB R2019a yazılımında kod yazılarak (X, Y, Z) jeodezik dik koordinatları (φ, λ, h) jeodezik eğri koordinatlarına dönüşüm sağlanmıştır. Analiz kapsamında oluşturulan ağ istasyonlarının hızları:

$$\dot{X}_e = R \cdot \dot{X}_d \quad (24)$$

eşitliğinden hesaplanır. Burada $\dot{X}_e = (n_{vel}, e_{vel}, u_{vel})$, $\dot{X}_d = (V_x, V_y, V_z)$ hızları temsil etmekte R ise her bir istasyon için ayrı ayrı hesaplanan dönüklük açılarını içeren bir dönüşüm matrisi olarak,

$$R = \begin{bmatrix} -\sin\lambda & \cos\lambda & 0 \\ -\sin\varphi * \cos\lambda & -\sin\varphi * \sin\lambda & \cos\varphi \\ \cos\varphi * \cos\lambda & \cos\varphi * \sin\lambda & \sin\varphi \end{bmatrix} \quad (25)$$

eşitliğinden elde edilir. Burada (φ, λ, h) istasyonların jeodezik eğri koordinatlarını; n_{vel} , e_{vel} ve u_{vel} sırasıyla dünyanın yüzeyine göre hızın kuzey bileşenini, doğu bileşenini ve yukarı bileşenini temsil eden yerel hızlardır.

1.9.2. ITRF 2014 Açısal Hızlarının Hesaplanması

Bu bölümde ITRF 2014 açısal hızlarının hesaplanma adımları yer almaktadır. Açısal hız,

$$V_{(açısal)} = \Omega \cdot C \quad (26)$$

eşitliğinden hesaplanır. Burada $C = [X \ Y \ Z]$ koordinatlardan oluşan bir matristir. Ω ise bir dönüşüm matrisi

$$\Omega = \begin{bmatrix} 0 & -\omega_3 & \omega_2 \\ \omega_3 & 0 & -\omega_1 \\ -\omega_2 & \omega_1 & 0 \end{bmatrix} \quad (27)$$

olarak eşitliğinden elde edilir. Kullanılan V_X , V_Y , V_Z hız değerleri, Bernese GNSS yazılımı analizlerinden elde edilen ITRF2014 hızlarıdır. Ayrıca bu hesaplama da ITRF2014 koordinat değerleri kullanılmıştır (Ammon, 2001; Herring, 2010). Eşitlik (27)'deki değerler

$$l = \begin{bmatrix} V_X \\ V_Y \\ V_Z \end{bmatrix} \quad (28)$$

$$A = \begin{bmatrix} 0 & Z & -Y \\ -Z & 0 & X \\ Y & -X & 0 \end{bmatrix} \quad (29)$$

$$\begin{bmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \\ \omega_3 \end{bmatrix} = (A^T A)^{-1} (A^T l) \quad (30)$$

eşitliklerinden elde edilir (Alinia vd., 2017).

1.9.3. ITRF2014 Hızlarının ETRF2014 Hızlarına Dönüştürülmesi

Avrupa Yersel Referans Sistemi 89 (European Terrestrial Reference System 89-ETRS1989), 1990'da İtalya'nın Firenze kentinde, EUREF Karar 1'in ardından "IAG alt komisyonu tarafından Avrupa referans sistemi için, EUREF tarafından benimsenecek sistemin 1989.0 dönemindeki ITRS ile çakışmasını ve Avrasya Plakasının sabit kısmına sabitlenmesini ve Avrupa yersel referans sistemi 89 olarak adlandırılması" kabul edilmiştir. ETRF hızları Avrupa genelindeki istasyonlardan yapılan analizler sonucu elde edilen kabuk hareketlerinin çıkarılmış hızlarıdır

ETRS89, benzerlik dönüşümüyle ($\dot{X}_E = \dot{X}_I + R.X_I$) ITRS'ye bağlanır (Altamimi, 2018). Burada $\dot{X}_E$ ETRF2014 hızlarını, $\dot{X}_I$ ITRF2014 hızlarını, X_I ITRF koordinatlarını, R ise dönüklük açılarını içeren matrisi ifade etmektedir. Bu dönüşümle Bernese GNSS Yazılımı analizlerinden elde edilen ITRF2014 hız değerleri, ETRF2014 hız değerlerine dönüştürülmektedir.

1.9.4. Plaka Hareket Modellerinden Sabit İstasyonların Hızlarının Hesaplanması

Depremlerin sıklığı ve büyüklüğü, tektonik plakaların nasıl hareket ettiğine bağlıdır. Bu plaka hareketlerini anlamak, yüzeydeki dağ oluşumu gibi çeşitli jeolojik olayları açıklamada yardımcı olabilir. Fayların gösterdiği hareket, plakaların birbirinden uzaklaşma veya birbirine yaklaşma durumunu belirtir (Uzel, 2023). Bu hareket, faylanma olarak adlandırılır ve sismik tehlikeye veya plakaların hafifçe ayrılmasına yol açabilir. Ayrıca, plaka hareket modellerinden elde edilen hız sonuçları, levha sınırları içindeki deprem riskini temsil etmek için bir gösterge olarak kullanılabilir. Plakalar arasındaki etkileşimler, depremlerin meydana gelme olasılığını ve büyüklüğünü belirleyen önemli faktörlerdir. Bu nedenle, tektonik plaka hareketlerini izlemek ve anlamak, depremlerin nedenlerini ve risklerini değerlendirmek için önemlidir (Of & Öztürk, 2022). Literatürde sıklıkla kullanılan bazı plaka hareket modelleri şu şekildedir: GSRM v2.1 (2014), ITRF2008, ITRF2014, NNR-MORVEL56, MORVEL (2010), GEODVEL (2010), APKIM2005,

GSRM v1.2 (2004), CGPS (2004), REVEL 2000, ITRF2000 (AS&B [2002]), HS3-NUVEL 1A, APKIM2000, ITRF2000 (D&A [2001]), HS2-NUVEL 1A, NUVEL 1A, NUVEL 1.

Bu 18 plaka hareket modellerinden 10'u GPS ölçümleri ve diğer jeofiziksel veriler kullanılarak oluşturulan modellerdir (Altamimi vd., 2012; Altamimi vd., 2017; Ghosh & Holt, 2012; Kreemer vd., 2014);

- NNR-MORVEL56: Kuzey Amerika'nın hareketini tanımlamak için kullanılır. Bu hareket, GPS verileri ve sismik veriler gibi çeşitli gözlem teknikleri kullanılarak belirlenir.
- MORVEL2010: Global bir hareket modeli olan MORVEL, Dünya'nın farklı yerlerindeki tektonik plakaların hareketlerini tanımlar.
- GEODVEL2010: Dünya üzerindeki plakaların hareketini tanımlamak için kullanılır.
- GSRM v2.1 2014 ve GSRM v1.2 2004: Dünya üzerindeki deprem ve volkan aktiviteleri gibi kırılma olaylarının neden olduğu yer kabuğu deformasyonunu tanımlamak için kullanılan modellerdir.
- APKIM 2000 ve APKIM 2005: Türkiye'deki yer kabuğu hareketlerini tanımlamak için oluşturulmuş bir modeldir. Bu model, GPS verileri kullanılarak oluşturulmuştur ve Türkiye'deki tektonik hareketleri ve deprem riskini tahmin etmek için kullanılır.
- CGPS (Continuous Global Positioning System) 2004: Dünya üzerindeki tektonik hareketleri izlemek için kullanılan bir tekniktir. Bu teknikte, sürekli GPS verileri alınarak yer kabuğu hareketleri analiz edilir.
- REVEL (Relative Earth Velocity Model) 2000: Dünya'nın farklı yerlerindeki tektonik plakaların hareketlerini tanımlamak için kullanılır. Bu modelde, GPS ölçümleri ve diğer jeofiziksel veriler kullanılarak, plakalar arasındaki hareketler ve hızlar tahmin edilir.
- ITRF2000 AS&B 2002 ve ITRF2000 D&A 2001: ITRS referans sisteminin 2000 yılında belirlenen bir sürümüdür. GPS verileri, VLBI ve SLR gibi uzaktan ölçüm teknikleri kullanılarak oluşturulmuştur.
- HS3-NUVEL 1A, HS2-NUVEL 1A, NUVEL 1A ve NUVEL 1: Kuzey Amerika'nın hareketini tanımlamak için kullanılır.

- HS3-NUVEL 1A ve HS2-NUVEL 1A: NUVEL 1A modelinin bir güncellemesi olarak kabul edilir ve GPS verileri ve sismik veriler gibi çeşitli gözlem teknikleri kullanılarak belirlenir (Demets vd., 2010).

Çalışma kapsamında plaka hareket modellerinden hız tahmini için “Plate Motion Calculator Yazılımı” kullanılmıştır (URL-3). Bu yazılım herhangi bir veya daha fazla plaka hareketi modelini kullanarak Dünya üzerindeki herhangi bir konumdaki tektonik plaka hareketini hesaplar. Yazılımın iş akış adımları şu şekildedir:

1. İstasyon Bilgileri Tanımlama: Hız tahmini yapılacak istasyonun coğrafi koordinatları (φ, λ, h) veya WGS-84 kartezyen koordinatları (X, Y, Z) yazılıma tanımlanır.
2. Tektonik Plaka Seçimi: İstasyonun bulunduğu bölgedeki tektonik plaka bilgisi yazılıma eklenir.
3. Plaka Hareket Modeli Seçimi: Bir veya daha fazla plaka hareket modeli seçilir.
4. İsteğe Bağlı İstasyon Bilgileri: İstasyonun adı ve diğer isteğe bağlı bilgiler (çoklu coğrafi koordinat veya çoklu kartezyen koordinat bilgisi, kendi referans açısız hızınız) isteğe bağlı olarak eklenir.
5. Hız Kestirimi Yapma: Belirlenen istasyon parametreleri üzerinden hız tahmini yapılır.

1.10. Bayesci, LOWESS ve LSF Tahmin Yöntemleri Kullanılarak Sabit İstasyonların Hızlarının Hesaplanması

Hız kestirimi, bir nesnenin veya olayın gelecekteki hızını tahmin etmeye yönelik bir süreçtir. Matematiksel modeller, bu tür tahminler yapmak için kullanılabilir. Matematiksel modeller, geçmiş verilere dayanarak gelecekteki olayları tahmin etmeye çalışır. Bu modeller, belirli bir bağlamda geçmiş veriye dayalı olarak hız kestirimi yapabilen birçok farklı matematiksel yöntem içerebilir. Bu tahminler, karar alıcıları bilgilendirmek ve belirli olaylara hazırlıklı olmak için kullanılabilir (Kadıoğlu, 2008). Matematiksel modeller, yazılım tabanlı analizlerin temelini oluşturur. Bu modeller, karmaşık sistemleri anlamak, tahmin etmek ve optimize etmek amacıyla matematiksel denklemleri kullanır. Yazılım, bu denklemleri çözerek veri setlerini analiz eder ve gelecekteki olayların olasılıklarını tahmin eder. Bu tür modeller mühendislik, lojistik ve birçok başka alan için ön-görüşel analizler sağlar. Yazılım tabanlı matematiksel modeller, büyük veri setlerini işleyebilme yetenekleri

sayesinde karmaşık ilişkileri anlamak ve bilgi sağlamak için güçlü bir araç haline gelmiştir (Yıldız, 2022).

1.10.1. Bayesci Tahminleme Yöntemi

Bayesci tahminleme yöntemi, belirsizlikleri hesaba katan istatistiksel bir yaklaşımdır. Bu yöntemde verilere ait öncül bilgiler bir araya getirilerek istatistiksel bir model oluşturulur. Veriler ile bu model güncellenerek istenilen tahminler yapılabilir (Şekil 10). Bayesci tahminleme, veri analizi, tahminleme ve karar verme alanlarında kullanılır (Gencer, 2019; Rao & Toutenburg, 1995).



Şekil 10. Bayesci tahminlemenin temel adımları

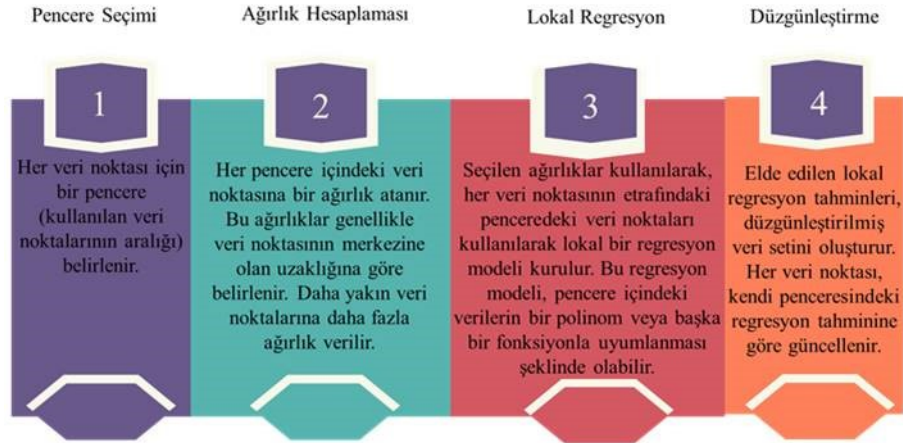
Bayesci tahminleme yönteminde

$$V_b = \frac{V_{\bar{o}}}{\sigma_{\bar{o}}} + \frac{\sqrt{\sum V_k}}{1 + \sigma_{\bar{o}}^2 + n^2} \quad (31)$$

eşitliği uygulanır. Burada: V_b , Bayesci tahminleme ile istasyonun hesaplanan ortalama hızı; $V_{\bar{o}} = 0$, ön bilgi olarak kabul edilen hızı; $\sigma_{\bar{o}} = 1$, ön bilgi olarak kabul edilen standart sapmayı; V_k , konum verilerinden elde edilen hız; n gözlem verilerinin sayısını temsil etmektedir.

1.10.2. LOWESS Yöntemi

LOWESS (LOcally WEighted Scatterplot Smoothing), pürüzlü veya gürültülü verilerde düzgünleştirme yapmak için kullanılan bir istatistiksel yöntemdir. LOWESS, veri noktalarının çevresindeki küçük bölgelerde yerel ağırlıklı regresyon yöntemini kullanarak veri düzgünleştirir. Bu sayede verideki gürültüyü azaltırken, temel yapıları korur. Lowess yöntemi, verinin her bir noktası için, o noktanın çevresindeki verileri kullanarak yaklaşık bir polinom uydurur. Bu yaklaşık polinom, düzgünleştirme ve türev hesaplamaları için kullanılır. Yani, her veri noktası için uygulanan yaklaşık polinom, o noktanın yerel davranışını temsil eder. Bu yöntem, verinin yerel davranışını daha iyi yakalar ve gürültülü veri setlerinde de etkili olabilir. Temel çalışma prensibi, her veri noktasını alarak, bu noktanın yakınında bulunan diğer veri noktalarına ağırlıklar verir ve bu ağırlıkları kullanarak yerel bir regresyon yapar (Şekil 11). Bu regresyon, genellikle düşük dereceli polinomlar veya başka parametrik fonksiyonlar kullanılarak yapılır. Bu sayede, verinin düzgünleştirilmiş bir temsili elde edilir (Cleveland & Devlin, 1988; Zhao vd., 2023).



Şekil 11. LOWESS yönteminin ana adımları

IGS ve IVS İstasyonlarının (X, Y, Z) koordinatlarını ve ölçü zamanı t (mjd = modified julian date, değiştirilmiş jülyen zamanı) değerleri kullanılarak $v_x(lowess)$, $v_y(lowess)$, $v_z(lowess)$ değerleri,

$$\begin{aligned}
v_x (lowess) &= \frac{\partial X}{\partial t} \\
v_y (lowess) &= \frac{\partial Y}{\partial t} \\
v_z (lowess) &= \frac{\partial Z}{\partial t}
\end{aligned} \tag{32}$$

eşitliklerinden hesaplanır.

1.10.3. LSF (Least Squared Fit) Yöntemi

En Küçük Kareler Uyumu olarak da adlandırılan LSF (Least Squared Fit) yöntemi, verileri bir matematiksel model veya fonksiyon ile en iyi şekilde uyumlayarak modelin parametrelerini bulmayı amaçlayan bir istatistiksel ve matematiksel bir yaklaşımdır. LSF, veri analizi, regresyon analizi ve deney sonuçlarının modellenmesi gibi birçok alanda kullanılır. Temel amacı, modelin tahminlerinin gerçek verilere olan sapmasını en aza indirmektir. Bu sapmayı minimize etmek için, hedef fonksiyon olarak ölçü hataları toplamını kullanır. Yani, her veri noktası için modelin tahmin ettiği değer ile gerçek değer arasındaki farkın karesi alınır ve bu karelerin toplamı en küçük yapılır. Matematiksel olarak, y bağımlı değişkeni, x bağımsız değişkeni ve $f(x, \theta)$ ise modelin parametrelerle bağlantılı fonksiyonu olmak üzere, LSF probleminin amaç fonksiyonu,

$$\Sigma(y - f(x, \theta))^2 \rightarrow \min \tag{33}$$

biçimindedir. Burada, $\Sigma(y - f(x, \theta))^2$ ölçü hataların kareleri toplamını ifade eder. Amaç, en uygun θ parametrelerini seçerek bu hedef fonksiyonunu en küçük yapmaktır (Kurt & Arslan, 2019; Şişman, 2015). LSF, doğrusal ve doğrusal olmayan regresyon analizlerinde yaygın olarak kullanılır. Doğrusal regresyon durumunda, model birinci dereceden bir polinomdur. Doğrusal olmayan regresyon durumunda ise model daha karmaşık bir fonksiyon olabilir ve LSF, bu modelin parametrelerini belirleyerek en uygun tahminleri elde etmek için kullanılır (Tanır Kayıkçı & Karaaslan, 2015). Konum verilerinden (IGS ve IVS İstasyonlarının (X, Y, Z) koordinatları) hız değerleri, (koordinatlara denk gelen $t = mjd$ olmak üzere).

$$v_x = \frac{\partial X}{\partial t}, v_y = \frac{\partial Y}{\partial t}, v_z = \frac{\partial Z}{\partial t} \quad (34)$$

eşitliğinden elde edilir. $V_i = a t + b$ ($i= x, y, z$), birinci dereceden polinomunun a ve b katsayıları MATLAB R2019a yazılımında hesaplanır. Polinomun katsayıları bulunduğundan sonra, polinomun V değerleri hesaplanır.

1.10.4. Yöntemlerin Benzerlikleri

Tez çalışması kapsamında hız kestirimi için uygulanan LSF, LOWESS ve Bayesci hız kestirim yöntemlerinin veri yaklaşımı, kestirim parametreleri ve temelleri açısından benzerlikleri vardır;

1. İstatistiksel regresyon temelli yaklaşımlardır. Tüm bu yöntemler, veriler arasındaki ilişkiyi modelleyerek tahminlemeye çalışırlar,
2. Verilere dayalı çalışır ve genellikle istatistiksel hesaplamalar veya matematiksel modeller kullanırlar,
3. Hız, eğri veya model parametreleri gibi belirli bir değeri tahminleme için kullanılırlar.

1.10.5. Yöntemlerin Farklılıkları

Tez çalışması kapsamında hız kestirimi için uygulanan LSF, LOWESS ve Bayesci hız kestirim yöntemleri, amaç fonksiyonları, uyumsuz ölçülerden etkilenme düzeyleri ve parametrelere optimizasyon uygulama stratejileri gibi konularda farklılıklar göstermektedirler;

1. LSF, veri noktaları ve bir fonksiyon arasındaki ölçü hatalarının kareleri toplamını minimize eder. Doğrusal veya doğrusal olmayan fonksiyonlara uygulanabilir.
2. LOWESS, lokal bölgelerde ağırlıklı bir regresyon yaklaşımıdır ve her veri noktası, kendisine yakın verilere daha fazla ağırlık vererek hesaplanır.
3. Bayesci Yöntemler, olasılık teorisine dayalı olarak, verilere ve önceden bilgiye dayalı istatistiksel tahminler yapar. Belirsizlikleri modellemek için kullanılırlar.
4. LSF, uyumsuz ölçülere karşı hassastır ve tahminleri bu tür verilerden etkilenebilir.

5. LOWESS, lokal yaklaşım kullandığı için uyuşumsuz ölçülere karşı dayanıklılığı daha yüksektir.
6. Bayesci Yöntemler, veriye ve önceden bilgiye dayalı olarak tahmin yaparlar, bu nedenle aykırı değerlere karşı daha dayanıklı olabilirler.
7. LSF, parametre optimizasyonuna ihtiyaç duyar.
8. LOWESS, pencere boyutu ve yaklaşımın tipi gibi parametreleri optimize etmek gerekir.
9. Bayesci Yöntemler, bayesci teorisine dayalı olarak belirli öncül bilgiler ve dağılımlar gerektirebilir.

1.11. Hızlar Arasındaki Korelasyonun Hesaplanması

Çalışmada farklı yöntemlerle elde edilen hızlar arasındaki bağımlılık ilişkisi Pearson Doğrusal Korelasyon katsayı ile irdelenmiştir. Bunun için EUREF Kalıcı Ağının çok yıllık konum ve hız çözümlerinin değerleri referans hız alınarak Referans alınan hız ($V_{referans}$), her bir yöntemden elde edilen hızlar ile referans hız arasındaki farklar alınarak düzeltme değerleri

$$\begin{aligned} V_{fark1} &= V_{referans} - V_{yöntem1} \\ V_{fark2} &= V_{referans} - V_{yöntem2} \end{aligned} \quad (35)$$

eşitlikleri ile hesaplanmıştır. . Bu düzeltmelerden yararlanarak her bir yöntemle elde edilen hızların varyansları (m_{v1}^2 ve m_{v2}^2) ve aralarındaki kovaryanslar m_{v1v2} sırasıyla

$$\begin{aligned} m_{v1}^2 &= \frac{V_{fark1}^T \cdot V_{fark1}}{n} \\ m_{v2}^2 &= \frac{V_{fark2}^T \cdot V_{fark2}}{n} \\ m_{v1v2} &= \frac{V_{fark1}^T \cdot V_{fark2}}{n} \end{aligned} \quad (36)$$

eşitliklerinden elde edilmiştir. Burada n ağdaki toplam hız sayısıdır. İkişerli yöntemler arasındaki korelasyon katsayısı ise

$$r_v = \frac{m_{v1v2}}{m_{v1} \cdot m_{v2}} \quad (37)$$

olarak hesaplanmıştır. Bu katsayı -1 ile +1 arasında değerler alır, burada +1 mükemmel pozitif bir ilişkiyi, -1 mükemmel negatif bir ilişkiyi ve 0 ise bir bağımlılık ilişkisi olmadığını gösterir. Örneğin, bir korelasyon analizinde, değişkenlerden birinin değeri artarken diğerinin de artması pozitif bir korelasyon olduğunu gösterir. Tersine, bir değişkenin değeri artarken diğerinin azalması negatif bir korelasyonu işaret eder.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Çalışma Bölgesi ve Oluşturulan Ağlar

Çalışmada uygulamalar için aynı parametreler seçilerek 4 farklı ağın analizi yapılmıştır. Çalışmada kullanılan ağlar;

Birinci Ağ: Alp-Himalaya sismotektonik kuşağını içine alan Avrupa’da aynı yerde konumlanmış olan VLBI ve GPS istasyonlarından oluşan ağı,

İkinci Ağ: Avrupa’da birinci ağdan daha fazla sayıda IGS istasyonundan oluşan ağı,

Üçüncü Ağ: Alp-Himalaya sismotektonik kuşağının kuzeyindeki IGS istasyonlarından oluşan Avrupa kuzey ağını,

Dördüncü Ağ: Alp-Himalaya sismotektonik kuşağının güneyindeki IGS istasyonlarından oluşan Avrupa güney ağını

temsil etmektedir. Her ağ için ayrı ayrı hesaplanan duyarlık ölçütlerini içeren iş akış şeması verilmiştir (Şekil 12).

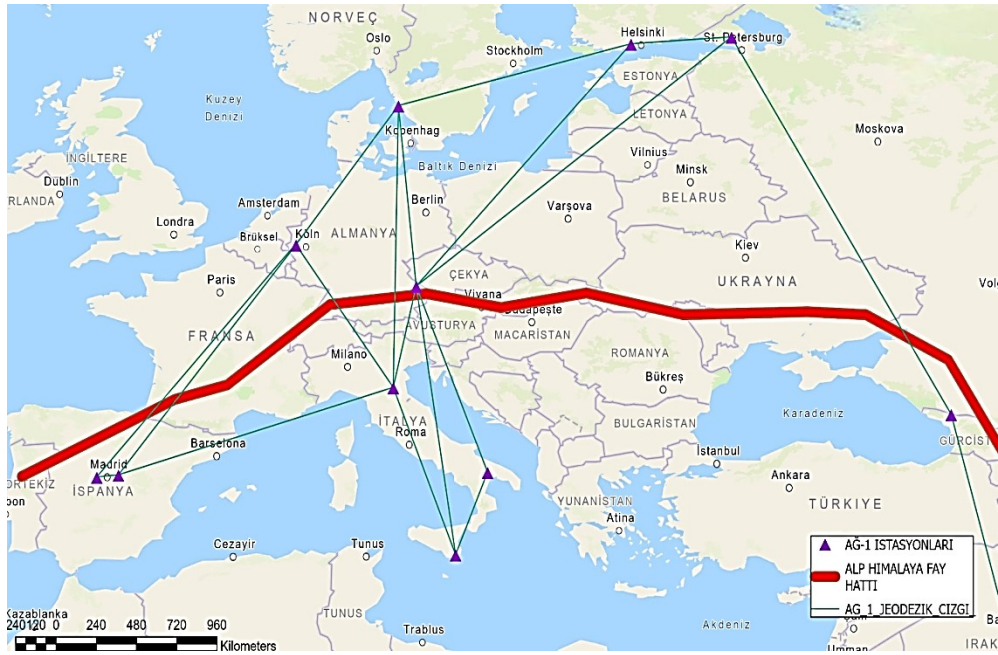


Şekil 12. Ağlar için hesaplanan duyarlık ölçütlerinin iş akış şeması

Çalışmada IVS ve IGS istasyonlarından oluşan ağların sınırlarının belirlenmesinde kriter olarak kullanılan Alp-Himalaya sismotektonik kuşağı Avrasya’nın güney kenarı boyunca uzanan bir sıradağ sistemidir. Cava ve Sumatra’dan başlayarak, Himalayalar ve

Akdeniz üzerinden Atlas Okyanusu'na doğru uzanan kuşak Alpleri, Karpatları, Anadolu ve İran dağlarını, Himalayaları ve Güneydoğu Asya dağlarını içine alır. Pasifik Deprem Kuşağı'ndan sonra, en büyük depremlerin %17'si ile Dünya'nın en sismik ikinci bölgesidir. Alpin Kuşağı kuzeye doğru hareketli Afrika, Arap ve Hint levhaları ile Avrasya levhası arasındaki devam eden çarpışma süreci sonucunda oluşmaktadır (Çolak 2007, Kurt ve Ekinci 2014).

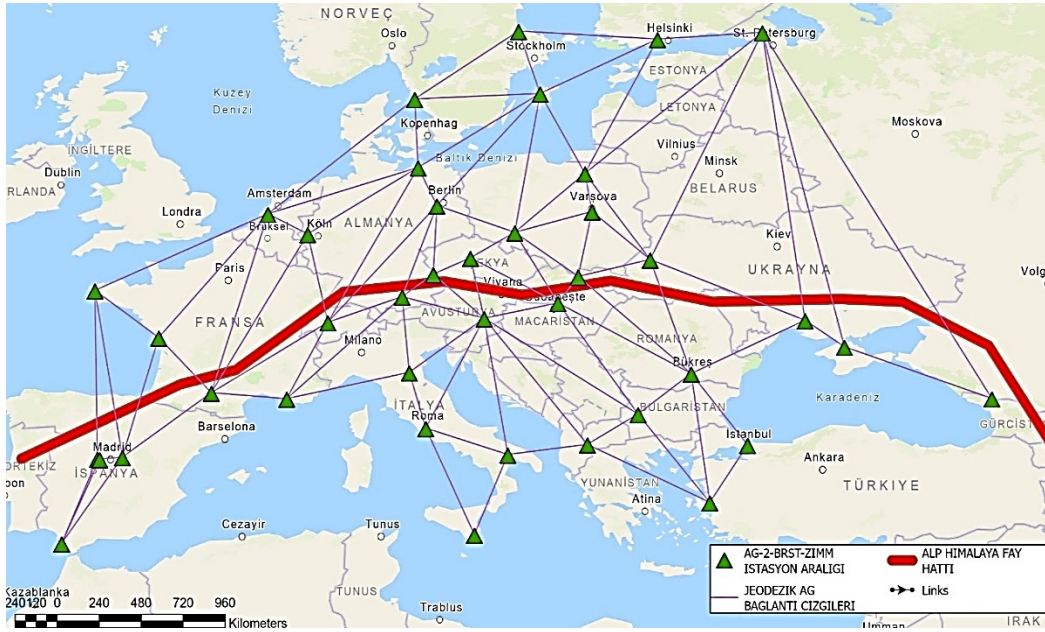
Birinci Ağ, Avrupa'da aynı yerde konumlanmış olan VLBI ile GPS istasyonlarından oluşmaktadır. Bu ağ CRIMERA- CRAO (Ukrayna), MADRID26- MADR (İspanya), MATERA- MATE (İtalya), MEDICINA- MEDI (İtalya), METSAHOV- METS (Finlandiya), NOTO- NOT1 (İtalya), ONSALA60- ONS1 (İsveç), SVETLOE- SVTL (Rusya Federasyonu), EFLSBERG- TIT2 (Almanya), WETTZELL- WTZR (Almanya), YEBES- YEBE (İspanya), ZELENCHK- ZECK (Rusya Federasyonu) IVS- IGS istasyonlarından oluşur (Şekil 13).



Şekil 13. Birinci Ağ

İkinci Ağ, Avrupa'da birinci ağdan daha fazla istasyon içeren ve BRST (Fransa), BUCU (Romanya), CEBR (İspanya), CRAO (Ukrayna), DLF1 (Hollanda), GANP (Slovakya), GOPE (Çekya), GRAZ (Avusturya), ISTA (Türkiye), IZMI (Türkiye), JOZE (Polonya), LAMA (Polonya), LROC (Fransa), M0SE (İtalya), MADR (İspanya), MAR7

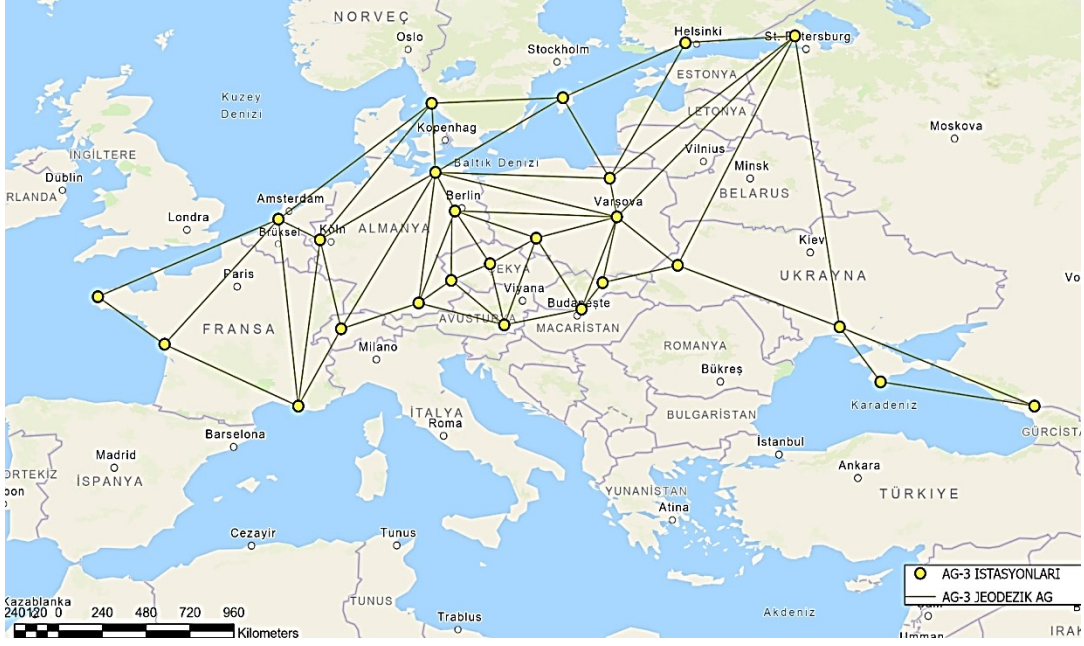
(İsveç), MARS (Fransa), MATE (İtalya), MEDI (İtalya), METS (Finlandiya), MIKL (Ukrayna), NOT1 (İtalya), OBE4 (Almanya), ONS1 (İsveç), ORID (Makedonya), PENC (Macaristan), POTS (Almanya), SFER (İspanya), SOFI (Bulgaristan), Sulp (Ukrayna), SVTL (Rusya Federasyonu), TIT2 (Almanya), TLSE (Fransa), VIS0 (İsveç), WARN (Almanya), WROC (Polonya), WTZR (Almanya), YEBE (İspanya), ZECK (Rusya Federasyonu), ZIMM (İsviçre) IGS istasyonlarından oluşan ağdır (Şekil 14).



Şekil 14. İkinci Ağ

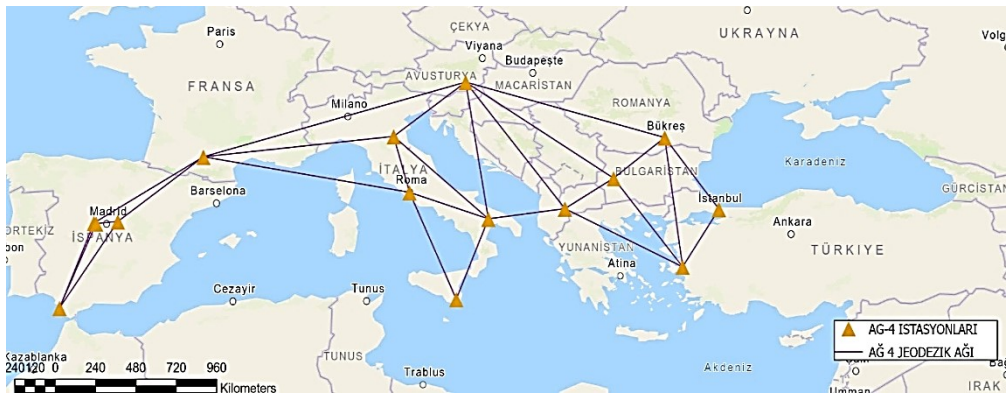
İkinci ağda bulunan tüm istasyonlardan oluşacak şekilde ve Alp-Himalaya sismotektonik kuşağını göz önüne alarak Avrupa'yı kuzey ve güney olarak iki parçaya ayıracak şekilde üçüncü ağ ve dördüncü ağ oluşturulmuştur.

Üçüncü Ağ, Alp-Himalaya sismotektonik kuşağını göz önüne alarak Avrupa'nın kuzey parçası olan ağ; BRST (Fransa), CRAO (Ukrayna), DLF1 (Hollanda), GANP (Slovakya), GOPE (Çekya), GRAZ (Avusturya), JOZE (Polonya), LAMA (Polonya), LROC (Fransa), MAR7 (İsveç), METS (Finlandiya), MIKL (Ukrayna), OBE4 (Almanya), ONS1 (İsveç), PENC (Macaristan), POTS (Almanya), Sulp (Ukrayna), SVTL (Rusya Federasyonu), TIT2 (Almanya), VIS0 (İsveç), WARN (Almanya), WROC (Polonya), WTZR (Almanya), ZECK (Rusya Federasyonu), ZIMM (İsviçre) IGS istasyonlarından oluşmaktadır (Şekil 15).



Şekil 15. Üçüncü Ağ

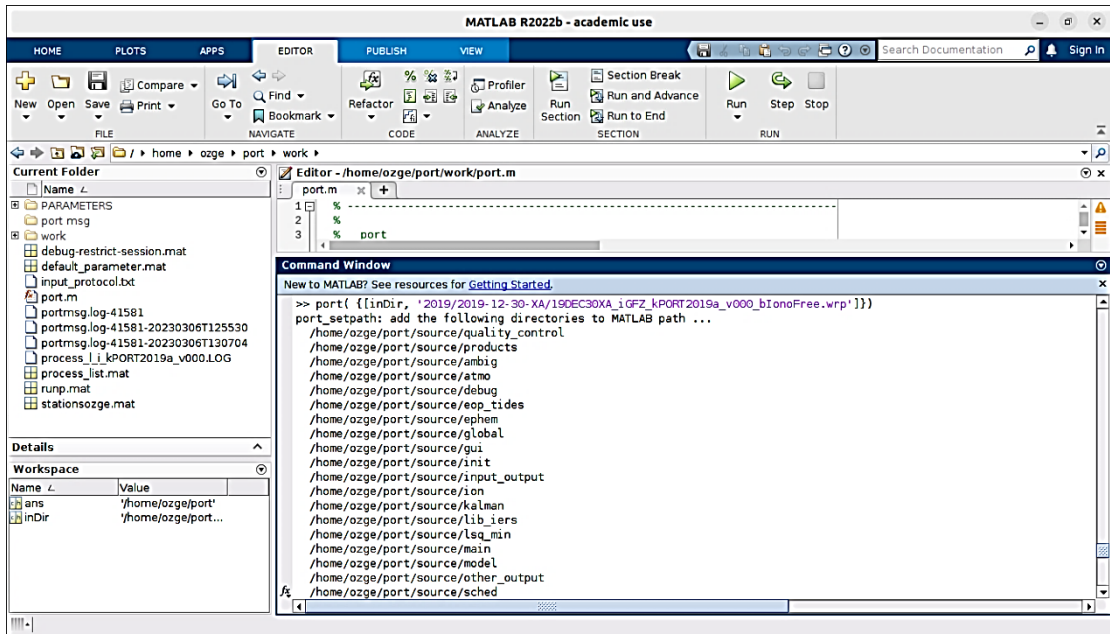
Dördüncü Ağ, İspanya, Avusturya, Türkiye ve İtalya'yı kapsayacak şekilde Alp-Himalaya sismotektonik kuşağını göz önüne alarak Avrupa'nın güney parçası olan ağ; BUCU (Romanya), CEBR (İspanya), ISTA (Türkiye), IZMI (Türkiye), M0SE (İtalya), MADR (İspanya), MARS (Fransa), MATE (İtalya), MEDI (İtalya), NOT1 (İtalya), ORID (Makedonya), SFER (İspanya), SOFI (Bulgaristan), TLSE (Fransa), YEBE (İspanya) IGS istasyonlarından oluşmaktadır (Şekil 16).



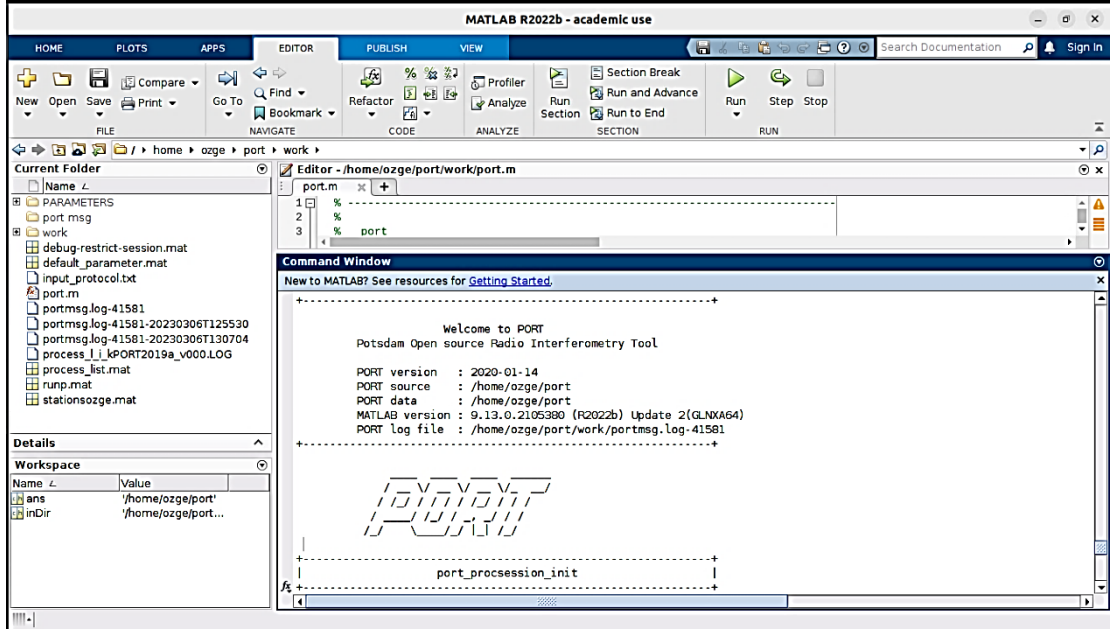
Şekil 16. Dördüncü Ağ

2.2. IVS Ağı İstasyonlarının PORT Yazılımı ile Günlük Analizi

IVS ağı istasyonlarının port yazılımı ile günlük analizinin gerçekleştirilmesi için yazılım ara yüzünden tek tek her oturum için dosya ekleme gibi birçok işlem yapmaktan kaçınmak, fazla sayıda analizi daha kısa sürede yapabilmek için kod dizisi kullanılmıştır: `port({'${PORT_ROOT}/data/analysis/2019a/2019/2019-05-02-XE/19MAY02XE_iGFZ_kPORT2019a_v000_bIonoFree.wrp'})` kodunu MATLAB R2019a yazılımında komut penceresine yazıldığında; PORT başlamakta ve 2019-05-02-XE oturumunu analiz edilmeye başlanmaktadır. PORT yazılımının klasörlerindeki dosyaların kontrolü ve yazılımın analiz başlangıç ekranının MATLAB R2019a ekran görüntüsü sunulmuştur (Şekil 17, 18).

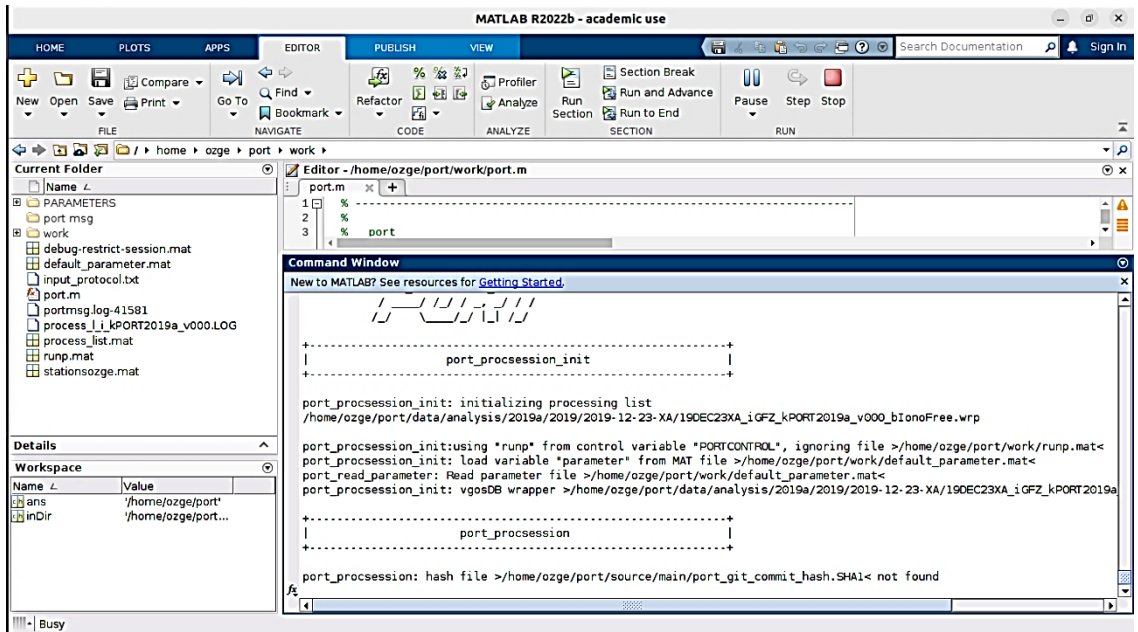


Şekil 17. PORT yazılımının klasörlerindeki dosyaların kontrolü



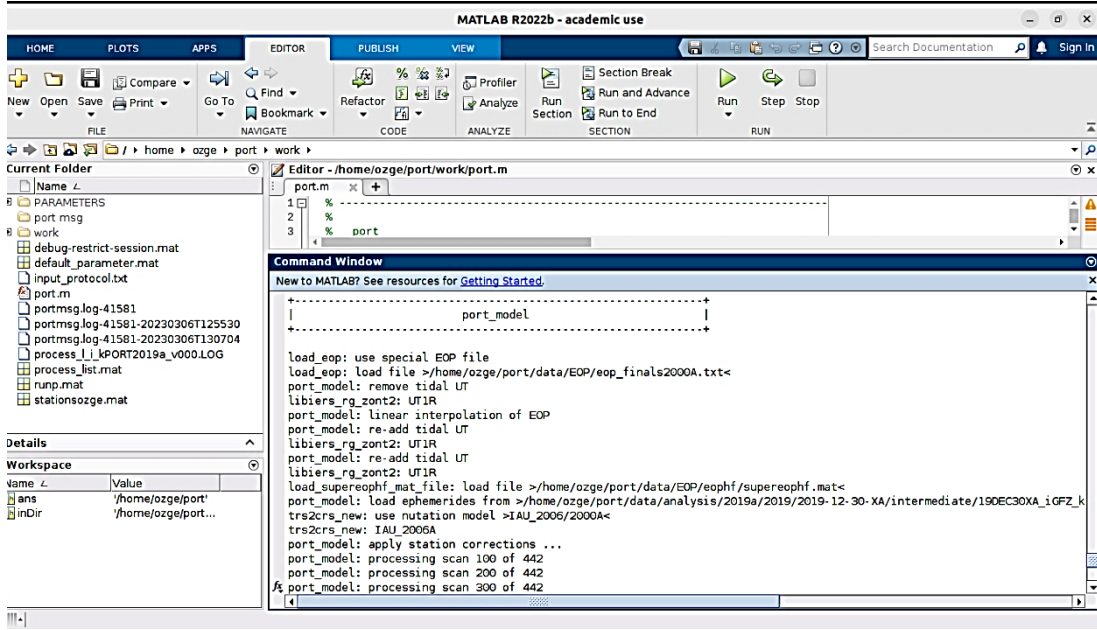
Şekil 18. PORT yazılımının analiz başlangıç ekranı

PORT yazılımının *Init* modülüne oturum verilerinin başlatılması ve okunması gerçekleştirilir. Burada istasyonlar, kaynaklar veya ana hatlar hariç tutuluyorsa, bununla ilgili bir mesaj görüntülenir. Ardından program veri setinde okuma hakkında bilgi verir. Oturumdaki istasyonların bir listesinin ardından kaç tane istasyon, kaynak bulunduğunu gösterir (Şekil 19).



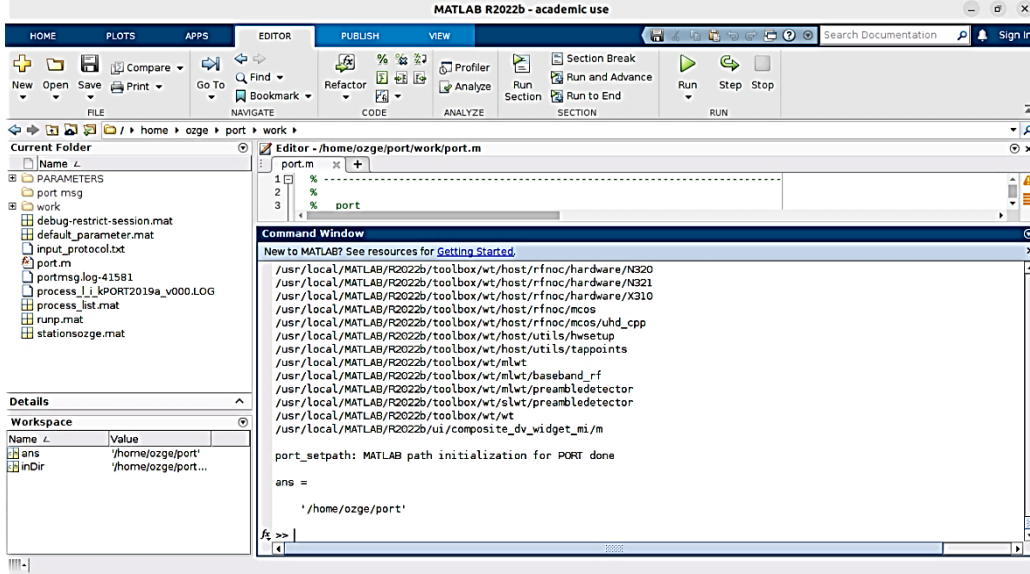
Şekil 19. PORT init modülü

Daha sonra gözlemler için *model* modülü ("hesaplanan") gecikmeleri belirleme sürecini gerçekleştirir. Çözümde PORT, en küçük kareler çözümünü kullanır. Bu çözüm için *port_lsqmin* alt modülünü kullanır. PORT model modülünün MATLAB R2019a ekran görüntüsü sunulmuştur (Şekil 20).

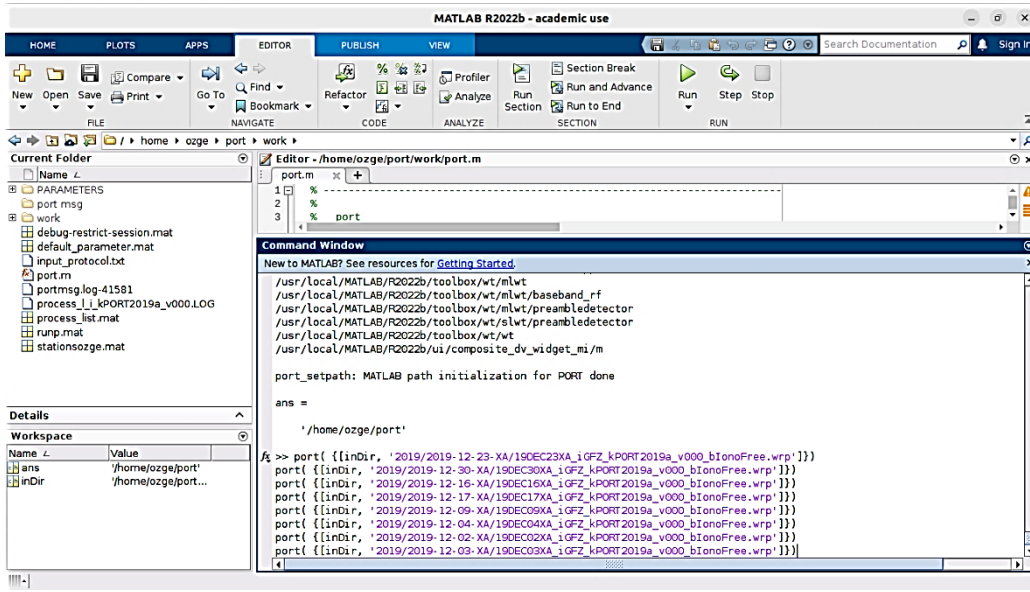


Şekil 20. PORT model modülü

MATLAB R2019a yazılımında PORT yazılımı için kullanılan dosyaların yolu tanıtıldıktan sonra (Şekil 21), sıralı kodlar ile hızlı bir şekilde analizler (Şekil 22) yapılabilir.



Şekil 21. MATLAB yazılında dosya yolu tanıtmak



Şekil 22. Sıralı kodlar ile analiz

VLBI gözlemlerinde XA, XB, XC, XU, VA, VB, VC, ... gibi harfler kullanılmaktadır. Bu harfler; farklı radyo teleskoplarını, gözlem yapılan frekans bandını ve amaçlanan gözlem türünü temsil eder. IVS tarafından düzenlenen rutin gözlem oturumları genellikle 24 saat veya daha kısa sürelerde gerçekleştirilirken, özel gözlem oturumları birkaç gün veya daha uzun sürebilir. Bu süre boyunca, farklı istasyonlardan gelen veriler kaydedilir ve daha sonra bu veriler işlenir. VLBI gözlem oturumları, genellikle belirli bir

konu veya uygulama için planlanır. Bütün gözlem oturumları VLBI istasyonlarının hepsini kapsamamaktadır.

2.3. IGS Ağı İstasyonlarının Bernese 5.2 Yazılımı ile Günlük Analizi

Çalışmada kullanılan sabit istasyonların hızların hesaplanması ve dönüştürülmesi için GNSS istasyonlarının Bernese 5.2 yazılımı ile ITRF2014 hızları elde edilmiştir. Daha sonra bu hesaplanan ITRF2014 hızları ve koordinatları kullanarak ETRF2014, açısız ve yerel hızlar hesaplanmıştır. Çalışma kapsamında GNSS ve VLBI analiz sonuçlarına göre;

- Bernese 5.2. GNSS Yazılımından Elde Edilen ITRF2014 Hızları: IGS istasyonlarından oluşturulan ağı ait verilerin seçilen dönemler için Bernese 5.2 GNSS yazılımında değerlendirilmesi sonucu elde edilen hızlar,
- ETRF2014 Hızları: Bernese 5.2. GNSS yazılımından elde edilen ITRF2014 hızlarından dönüştürülerek elde edilmektedir. Avrupa genelindeki istasyonlardan yapılan analizler sonucu elde edilen kabuk hareketlerinden bağımsız olan hızlar,
- ITRF2014 Açısız Hızları: Bernese 5.2. GNSS yazılımından elde edilen ITRF2014 koordinatları ve hızlarından dönüştürülerek hesaplanan hızlar,
- ITRF2014 Yerel Hızları: φ, λ, h jeodezik eğri koordinatları kullanılarak hesaplanan hızlar,
- PORT-GFZ VLBI yazılımından elde edilen sonuçlarla hesaplanan VLBI hızları,
- “Plate Motion Calculator Yazılımı” ile 18 Plaka Modelinden Hesaplanan Model Hızları,

olmak üzere toplam altı farklı grupta hız hesabı yapılmıştır. Bu hız grupları arasındaki temel fark farklı koordinat sistemlerini referans almasıdır. İlk grubun (ITRF2014 Hızları-ITRF2014 Açısız Hızları) hesaplanması için Uluslararası Yersel Referans Sistemi (ITRS/ International Terrestrial Reference System) referans alınan jeodezik dik koordinatlar kullanılırken, ikinci grubun (ETRF2014 Hızları – ITRF2014 Yerel Hızları) hesaplanması için ise Yer Merkezli Yer Sabit Koordinat Sistemi (ECEF/ The Earth-Centered, Earth-Fixed (ECEF) Coordinate System)’ni referans alan jeodezik elipsoidal koordinatlar kullanılmıştır.

Oluşturulan ağların günlük veri analizi ile koordinat kestirimi yapılması için 1/1/2017–31/12/2020 tarih aralığındaki IGS istasyonlarının ücretsiz RINEX verileri

Bernese GNSS Yazılımı 5.2.'de değerlendirilmiştir. Bernese GNSS Yazılımı ile verilerin değerlendirilmesinde IGS istasyonlarının gözlem verileri, yörünge dosyaları, iyonosferik düzeltme değerleri, Okyanus düzeltme dosyası, URL-9 ve URL-19 üzerinden yüklenmiştir. Değerlendirmede kullanılan parametreler verilmiştir (Tablo 2).

Tablo 2. Değerlendirmede kullanılan parametreler ve modeller

Değerlendirme parametreleri	Değerlendirme stratejileri
Giriş verileri (gözlem, iyonosfer dosyaları)	Günlük dosyalar (iyonosfer verileri 1'er saat aralıklı)
Ağ yapısı	Maximum ortak gözleme göre (Obs-Max)
Yörünge	IGS hassas yörünge (yörünge verileri 15'er dakika aralıklı)
Okyanus düzeltmesi	FES2004 Okyanus Düzeltme Modeli (BLQ dosyası)
İyonosfer	Higher-Order Correction
Sinyal belirsizlikleri	Kod bazlı geniş-şerit (WL) belirsizlik çözümü (<6000 km) Kod bazlı dar-şerit (NL) belirsizlik çözümü (<6000 km) (MW/L3 Melbourne/Wübenna Lineer Kombinasyonu kullanılmıştır. <2000km) Faz bazlı geniş-şerit (L5) belirsizlik çözümü (<2000 km) Faz bazlı dar-şerit (L3) belirsizlik çözümü (<200 km) Kuasi-İyonosferden bağımsız (QIF) stratejisi (<2000 km)
Öncül model	Saastamonien Modeli (oldukça hassas hidrostatik model)
İz düşüm fonksiyonu	GMF

Günlük ağ çözümünde,

- Öncül koordinat olarak IGS ve EPN (European Permanent Network-Avrupa Sabit GNSS İstasyonları Ağı) koordinatlarının bileşimi seçilmiştir.
- Troposfer verileri parçalı lineer fonksiyonlar yardımıyla bir saatlik aralıklarla kestirilmiştir.
- Parametre kestirimi öncesi Global Mapping Function, GMF troposferik iz düşüm fonksiyonunu seçilmiştir.
- Analiz için ayrıca okyanus yükleme etkisi, uydu yörünge bilgisi, iyonosferik düzeltme değerleri de göz önünde bulundurulmuştur.
- Okyanus yükleme için FES2004 tercih edilmiş, çıktı dosyası olarak BLQ olarak seçilmiştir. Bernese için diğer gerekli olan ATL, CRD, VEL, PLD, BLQ, STA uzantılı dosyalar düzenlenip, ilgili klasörlere yüklenmiştir.

Sabit GNSS istasyonlarında hız kestirimi yapabilmek için minimum 3 yıl için analiz edilmiş verilere ihtiyaç vardır (Liwosz, 2017). Bu kapsamda Ocak 2017-Aralık 2020 aralığında günlük veri analizi yapılmıştır. Üç yıllık veri analizinde elde edilen zaman serileri sonucunda uyuşumsuz ölçü analizi için STA, CRD, VEL dosyalarında bazı düzeltmeler yapılmıştır. Bu düzeltmeler sırasında uyuşumsuz ölçülerin olduğu günlerde istasyonlarda anten veya alıcı değişikliği olup olmadığı ve herhangi bir kesintiye uğramış olup olmadıkları araştırılmıştır. Bu kontrol istasyonların log dosyalarından ve URL-20'dan edinilen EPN_discontinues.snx dosyasından araştırılıp STA dosyasına eklenmiştir. Bu değişiklikleri dosyalara eklenirken istasyon kodlarının sonuna A, B, C, ... gibi harfler eklenerek yeni STA, CRD, VEL dosyaları oluşturulmuştur (Şekil 23-25).

MULTI - Not Defteri									
Dosya Düzen Biçim Görünüm Yardım									
BERNESE V.5.2 STA FILE FOR EPN PROCESSING									
06-Nov-19 03:54									

FORMAT VERSION: 1.01									
TECHNIQUE: GNSS									
TYPE 001: RENAMING OF STATIONS									

STATION NAME	FLG	FROM				TO			
*****	***	YYYY	MM	DD	HH	MM	SS	*****	*****
BRST 10004M004A	001	1998	10	31	00	00	00	BRST 10004M004	brst_20181127.log
BRST 10004M004B	001	2018	06	18	00	00	00	BRST 10004M004	brst_20181127.log
BRST 10004M004C	001	2018	11	26	00	00	00	BRST 10004M004	brst_20181127.log
BRUX 13101M010A	001	2006	07	07	00	00	00	BRUX 13101M010	brux_20181112.log
BRUX 13101M010B	001	2018	02	01	00	00	00	BRUX 13101M010	brux_20181112.log
DLF1 13502M009A	001	2011	04	15	00	00	00	DLF1 13502M009	dlf1_20191026.log
DLF1 13502M009B	001	2017	01	03	00	00	00	DLF1 13502M009	dlf1_20191026.log
GANP 11515M001A	001	2003	07	01	00	00	00	GANP 11515M001	ganp_20190906.log
GANP 11515M001B	001	2017	02	06	00	00	00	GANP 11515M001	ganp_20190906.log
GENO 12712M002A	001	1998	07	23	00	00	00	GENO 12712M002	geno_20180725.log
GENO 12712M002B	001	2018	03	26	00	00	00	GENO 12712M002	geno_20180725.log
GENO 12712M002C	001	2019	01	23	00	00	00	GENO 12712M002	geno_20180725.log
GRAS 10002M006	001	1995	02	22	00	00	00	GRAS*	gras_20190220.log
LAMA 12209M001A	001	1994	12	01	00	00	00	LAMA 12209M001	lama_20180823.log
LAMA 12209M001B	001	2018	03	06	00	00	00	LAMA 12209M001	lama_20180823.log
LROC 10023M001	001	2001	11	23	00	00	00	LROC*	lroc_20190418.log
MARS 10073M008A	001	1998	07	16	00	00	00	MARS 10073M008	mars_20191024.log
MARS 10073M008B	001	2016	08	05	00	00	00	MARS 10073M008	mars_20191024.log
MEDI 12711M003A	001	1995	07	28	00	00	00	MEDI 12711M003	medi_20190711.log
MEDI 12711M003B	001	2016	09	01	00	00	00	MEDI 12711M003	medi_20190711.log
MEDI 12711M003C	001	2017	09	18	00	00	00	MEDI 12711M003	medi_20190711.log
MEDI 12711M003D	001	2017	10	15	00	00	00	MEDI 12711M003	medi_20190711.log
MEDI 12711M003E	001	2018	10	17	00	00	00	MEDI 12711M003	medi_20190711.log

Şekil 23. STA istasyon bilgi dosyası

MULTI - Not Defteri

Dosya Düzen Biçim Görünüm Yardım

IGS station velocities

20-JUL-19

LOCAL GEODETIC DATUM: IGS14

NUM	STATION NAME	VX (M/Y)	VY (M/Y)	VZ (M/Y)	FLAG
1	BRST 10004M004	-0.01166	0.01767	0.01085	I
4	BRUX 13101M010	-0.01362	0.01675	0.01045	I
6	DLF1 13502M009A	-0.01293	0.01728	0.00910	A
7	DLF1 13502M009B	-0.01293	0.01728	0.00910	A
8	GANP 11515M001A	-0.01607	0.01709	0.00798	A
9	GANP 11515M001B	-0.01607	0.01709	0.00798	A
10	GENO 12712M002A	-0.01445	0.01885	0.01104	A
11	GENO 12712M002B	-0.01445	0.01885	0.01104	A
12	GENO 12712M002C	-0.01445	0.01885	0.01104	A
13	GRAS 10002M006	-0.01377	0.01887	0.01142	I
14	LAMA 12209M001A	-0.01815	0.01488	0.00840	A
15	LAMA 12209M001B	-0.01815	0.01488	0.00840	A
16	LROC 10023M001	-0.01179	0.01847	0.01111	I
17	MARS 10073M008A	-0.01336	0.01892	0.01123	A
18	MARS 10073M008B	-0.01336	0.01892	0.01123	A
19	MEDI 12711M003A	-0.01356	0.01843	0.00978	A
20	MEDI 12711M003B	-0.01356	0.01843	0.00978	A
21	MEDI 12711M003C	-0.01356	0.01843	0.00978	A
22	MEDI 12711M003D	-0.01356	0.01843	0.00978	A
23	MEDI 12711M003E	-0.01356	0.01843	0.00978	A
24	ORID 15601M001	-0.01559	0.01994	0.00899	A

Şekil 24. VEL hız dosyası

MULTI - Not Defteri					
Dosya Düzen Biçim Görünüm Yardım					
EXAMPLE: Session 191490: Coordinate propogation					

LOCAL GEODETIC DATUM: IGS14			EPOCH: 2019-05-29 00:00:00		
NUM	STATION NAME	X (M)	Y (M)	Z (M)	FLAG
1	BRST 10004M004	4231162.40859	-332746.42383	4745131.06982	I
4	BRUX 13101M010	4027881.38340	306998.73539	4919499.01374	I
6	DLF1 13502M009A	3924697.64540	301125.26765	5001905.33707	A
7	DLF1 13502M009B	3924697.64540	301125.26765	5001905.33707	A
8	GANP 11515M001A	3929181.28204	1455236.95531	4793654.03685	A
9	GANP 11515M001B	3929181.28204	1455236.95531	4793654.03685	A
10	GENO 12712M002A	4507892.11328	707621.74928	4441603.67257	A
11	GENO 12712M002B	4507892.11328	707621.74928	4441603.67257	A
12	GENO 12712M002C	4507892.11328	707621.74928	4441603.67257	A
13	GRAS 10002M006	4581690.70112	556115.10753	4389360.95853	I
14	LAMA 12209M001A	3524522.66084	1329693.83961	5129846.47158	A
15	LAMA 12209M001B	3524522.66084	1329693.83961	5129846.47158	A
16	LROC 10023M001	4424632.39448	-94174.96266	4577544.24728	I
17	MARS 10073M008A	4630532.56640	433946.58582	4350142.88819	A
18	MARS 10073M008B	4630532.56640	433946.58582	4350142.88819	A
19	MEDI 12711M003A	4461400.47386	919593.85125	4449504.92598	A
20	MEDI 12711M003B	4461400.47386	919593.85125	4449504.92598	A
21	MEDI 12711M003C	4461400.47386	919593.85125	4449504.92598	A
22	MEDI 12711M003D	4461400.47386	919593.85125	4449504.92598	A
23	MEDI 12711M003E	4461400.47386	919593.85125	4449504.92598	A
24	ORID 15601M001	4498451.47171	1708267.26932	4173591.99594	A
25	PENC 11206M006	4052449.21458	1417681.37170	4701407.24756	A
26	PTBB 14234M001A	3844059.73584	709661.55014	5023129.69278	A
27	PTBB 14234M001B	3844059.73584	709661.55014	5023129.69278	A
28	REDU 13102M001A	4091423.15045	368380.83371	4863179.94209	A
29	REDU 13102M001B	4091423.15045	368380.83371	4863179.94209	A
30	REDU 13102M001C	4091423.15045	368380.83371	4863179.94209	A
31	SFER 13402M004A	5105518.89299	-555145.62901	3769803.58344	A
32	SFER 13402M004B	5105518.89299	-555145.62901	3769803.58344	A
33	SULP 12366M001	3765296.72222	1677559.42238	4851297.53473	A
34	WARN 14277M002A	3658785.56804	784471.10107	5147870.72009	A

Şekil 25. CRD koordinat dosyası

Analizi yapılan günlerde uyumsuz ölçü analizinden sonra elde edilen zaman serileri EUREF sonuçları zaman serileri ile kontrol edilmiştir (URL-21, 2023). Bazı uyumsuz ölçüler EUREF Permanent Network (EPN) (Avrupa Referans Ağı) analizlerinde de olduğu görülmüştür. EUREF 30'dan fazla Avrupa ülkesinde 100'den fazla kurum, üniversite ve araştırma kurumunun gönüllü bir federasyonudur. Avrupa Komisyonu tarafından kabul edilen Avrupa çapında tek standart koordinat referans sistemi olan Avrupa Yersel Referans Sistemi'ni (ETRS89) korumak için çalışırlar. ETRS89'un korunmasındaki kilit rolünün yanı sıra EPN verileri, yer deformasyonlarının izlenmesi, deniz seviyesi, uzay havası ve sayısal hava tahmini gibi çok çeşitli bilimsel uygulamalar için de kullanılmaktadır. Analizi yapılan günler için STA, CRD, VEL dosyalarında değişiklik yapıldıktan sonra Bernese GNSS Yazılımında ADDNEQ2 programı çalıştırılarak yeni sonuçlar elde edilmiştir.

2.4. Plaka Hareket Modellerinden IGS ve IVS Ağ İstasyonlarının Hızlarının Hesabı

İkinci ağıda bulunan BRST, BUCU, CEBR, CRAO, DLF1, GANP, GOPE, GRAZ, ISTA, IZMI, JOZE, LAMA, LROC, M0SE, MADR, MAR7, MARS, MATE, MEDI, METS, MIKL, NOT1, OBE4, ONS1, ORID, PENC, POTS, SFER, SOFI, SULP, SVTL, TIT2, TLSE, VIS0, WARN, WROC, WTZR, YEBE, ZECK, ZIMM IGS istasyonlarının URL-3.'de sunulan "Plate Motion Calculator Yazılımından elde edilen X, Y, Z yönündeki hız sonuçları hesaplanmıştır.

2.5. Tahmin Yöntemleriyle IGS ve IVS Ağ İstasyonlarının Hızlarının Hesabı

LSF, LOWESS ve Bayesci yöntemleri, istatistiksel regresyon temelli yaklaşımlardır. Tüm bu yöntemler, veriler arasındaki ilişkiyi modelleyerek tahminlemeye çalışırlar. Hepsi, verilere dayalı çalışır ve genellikle istatistiksel hesaplamalar veya matematiksel modeller kullanırlar ve hız, eğri veya model parametreleri gibi belirli bir değeri tahminleme için kullanılırlar. LSF, veri noktaları ve bir fonksiyon arasındaki ölçü hatalarının kareleri toplamını minimize eder. Doğrusal veya doğrusal olmayan fonksiyonlara uygulanabilir. LOWESS yerel bölgelerde ağırlıklı bir regresyon yaklaşımıdır. Her veri noktası, kendisine yakın verilere daha fazla ağırlık vererek hesaplanır. Bayesci yöntemler olasılık teorisine

dayalı olarak, verilere ve önceden bilgiye dayalı istatistiksel tahminler yapar. Belirsizlikleri modellemek için kullanılırlar. LSF, aykırı değerlere hassastır ve tahminleri bu tür verilerden etkilenebilir. LOWESS, aykırı değerlere karşı dayanıklılığı daha yüksektir, çünkü yerel yaklaşım kullanarak daha az etkilenir. Bayesci yöntemler, veriye ve önceden bilgiye dayalı olarak tahmin yaparlar, bu nedenle aykırı değerlere karşı daha dayanıklı olabilirler.

Bu yöntemlerle yapılan hesaplamalar her istasyon için ayrı ayrı yapılmıştır. Matlab’da “smoothdata” fonksiyonu ile Lowess yöntemi kullanılmıştır. Bu fonksiyon ile veriyi düzgünleştirip ve sonrasında düzgünleştirilmiş veri üzerinden hız tahmini yapılmıştır. Bu sayede veri setindeki gürültü azaltılır ve hız tahminleri daha pürüzsüz hale getirilmiştir. Bayesci tahminleme de ise ön bilgi olarak kabul edilen ortalama hız 1 ve ön bilgi olarak kabul edilen standart sapma 1 alınarak yöntem uygulanmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu bölümde, önce VLBI ağ istasyonlarının analizleri ile hesaplanan hızlarla ilgili elde edilen bulgular, sonra GNSS istasyonlarının analizleri ile hesaplanan hızlarla ilgili elde edilen bulgular, plaka hareket modellerinden hesaplanan hızlarla ilgili elde edilen bulgular ve son olarak tahmin yöntemlerinden elde edilen bulgulardan bahsedilmiştir.

3.1. Oluşturulan Ağların Duyarlık ve Güven Ölçütleri Hesabı

Tablo 3,4'te Birinci Ağın IGS istasyonları için Eşitlik (11)'den hesaplanan 3 boyutlu nokta koordinat duyarlıkları, Eşitlik (12)'den hesaplanan Helmert nokta konum hatası ve Eşitlik (13-15)'ten hesaplanan hata elipsoidi elemanları değerlerine yer yerilmiştir. Birinci ağın IGS istasyonlarının varyans ölçütü 0.000331335 m^2 olarak hesaplanmıştır. Birinci ağın IGS istasyonlarının hata elipsoidi elipsoitleri hesaplanarak çizilmiştir (Şekil 26)

Tablo 3'te görüldüğü gibi SVTL (0.86267 mm) ve TIT2 (0.76419 mm) istasyonları, Helmert nokta konum hatasının en düşük olduğu istasyonlar arasında yer almaktadır. Bu, bu istasyonların konumlarının diğerlerine göre daha kesin belirlendiğini gösterir. NOT1 (1.48650 mm) istasyonu, en yüksek Helmert nokta konum hatası değerine sahiptir, bu da onun konumunun diğerlerine göre daha az kesin olduğunu gösterir. X, Y ve Z koordinat duyarlıklarını inceleyecek olursak; NOT1 ($m_x = 1.0729 \text{ mm}$) istasyonu x koordinatı için, ONS1 ($m_y = 0.4552 \text{ mm}$) istasyonu y koordinatı için ve CRAO ($m_z = 0.94187 \text{ mm}$) istasyonu z koordinatı için en yüksek duyarlılık değerlerine sahiptir.

Çalışmamızda sunulan hata elipsoidi görsellerinde yapılan 1.000.000.000 katlık ölçeklendirme işlemi, yalnızca belirsizliklerin görsel temsilini kolaylaştırmak amacıyla değil, aynı zamanda geniş coğrafi alanlar üzerinde dağılmış olan ağdaki noktalar arası mesafelerin büyüklüğü nedeniyle tüm ağı tek bir görselde net bir şekilde gösterebilmek için de gerçekleştirilmiştir (Şekil 26-30). Bu coğrafi yayılım, ağın bütünlüğünü ve noktalar arası ilişkileri tek bir bakışta değerlendirme imkanı sağlamak amacıyla, hata elipsoitlerinin boyutlarının gerçek ölçülerinin çok üzerinde gösterilmesini gerektirmiştir.

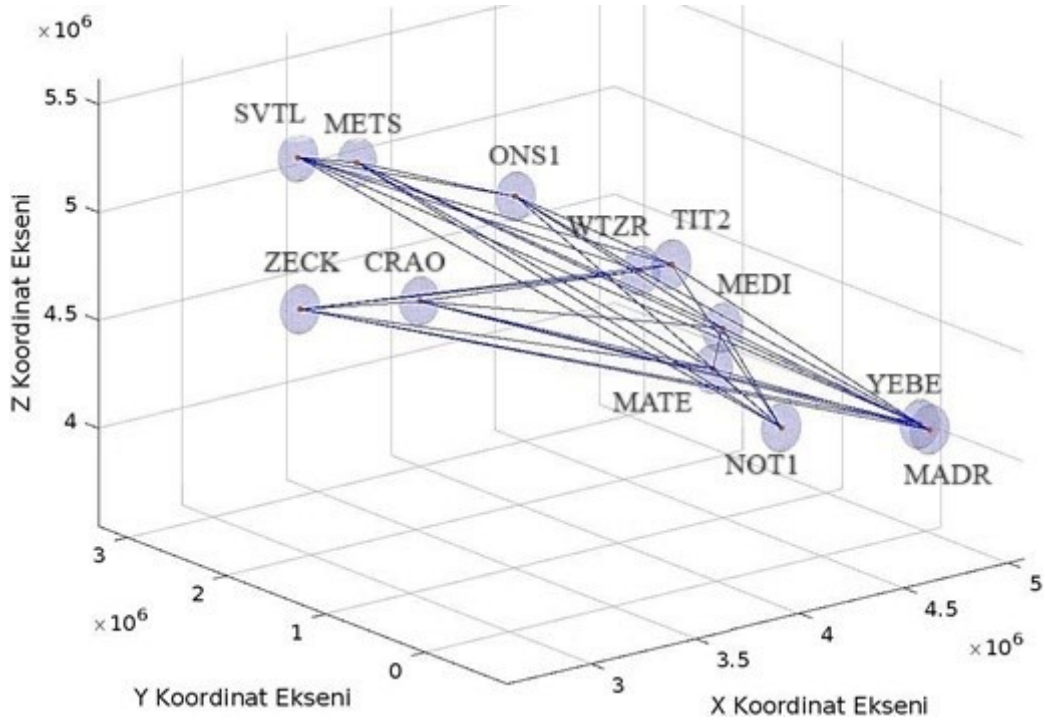
Tablo 3. Birinci ağın IGS istasyonlarının 3 boyutlu nokta koordinat duyarlılıkları

Noktalar	m_x (mm)	m_y (mm)	m_z (mm)	m_p (helmert nokta konum hatası)
CRAO	0.89073	0.61765	0.94187	1.43597
MADR	0.84555	0.24674	0.75264	1.15858
MATE	0.69083	0.30561	0.65323	0.99868
MEDI	0.65189	0.26677	0.6748	0.97544
METS	0.59285	0.34406	0.90519	1.13544
NOT1	1.0729	0.43263	0.93349	1.48650
ONS1	0.9861	0.4552	0.51271	1.20103
SVTL	0.47629	0.26838	0.66732	0.86267
TIT2	0.48601	0.21591	0.54878	0.76419
WTZR	0.50843	0.22731	0.56419	0.79277
YEBE	0.96497	0.30845	0.90453	1.35812
ZECK	0.604	0.45105	0.73359	1.05186

Hata elipsoidi değerleri arttıkça, istasyonun konum belirleme işlemindeki belirsizlik artar. Tablo 4'e göre, ZECK istasyonu hata elipsoidi elemanlarının en büyük değerlerine sahiptir. Bu, ZECK istasyonunun konumunun belirlenmesinde diğer istasyonlara kıyasla daha fazla belirsizliğe sahip olduğunu gösterir. CRAO istasyonu, hata elipsoidi elemanlarında en düşük değerlere sahiptir, bu da onun diğer istasyonlara göre daha yüksek konumlandırma hassasiyetine sahip olduğunu gösterir. Bu tür analizler, GNSS ağlarının planlanması ve istasyon seçiminde önemli rol oynar. İstasyonların konumlandırma hassasiyeti ve belirsizlik düzeyleri, özellikle hassas mühendislik uygulamalarında veya jeodezik çalışmalarda kritik öneme sahiptir.

Tablo 4. Birinci ağı IGS istasyonlarının hata elipsoidi elemanları

Noktalar	$A_H(m)$	$B_H(m)$	$C_H(m)$
CRAO	0.000168	0.000175	0.000184
MADR	0.000202	0.000209	0.000222
MATE	0.000223	0.000227	0.000233
MEDI	0.000240	0.000248	0.000255
METS	0.000262	0.000269	0.000298
NOT1	0.000314	0.000315	0.000341
ONS1	0.000348	0.000351	0.000353
SVTL	0.000357	0.000364	0.000370
TIT2	0.000377	0.000379	0.000391
WTZR	0.000402	0.000419	0.000432
YEBE	0.000463	0.000490	0.000549
ZECK	0.000605	0.000618	0.000623



Şekil 26. Birinci ağı IGS istasyonlarının hata elipsoidi

Tablo 5-6'da birinci birinci ağı IVS istasyonları için Eşitlik (11)'den hesaplanan 3 boyutlu nokta koordinat duyarlılıkları, Eşitlik (12)'den hesaplanan Helmert nokta konum hatası ve Eşitlik (13-15)'ten hesaplanan hata elipsoidi elemanları değerlerine yer

yerilmiştir. Birinci ağın IVS istasyonlarının varyans ölçütü 0.007238151 m^2 olarak hesaplanmıştır. Birinci ağın IVS istasyonlarının hata elipsoitleri hesaplanarak çizilmiştir (Şekil 27). IVS istasyonları sadece birinci ağıdaki IGS istasyonları ile ortak yerleşkelidir. Bundan dolayı diğer ağlar için IVS istasyonlarına ait hesaplamalar yapılamamıştır.

Tablo 5 incelendiğinde, CRIMERA istasyonunun x, y, z koordinat duyarlıkları sırasıyla $m_x=0.1510 \text{ mm}$, $m_y=0.118 \text{ mm}$ ve $m_z=0.0180 \text{ mm}$ değerleriyle en düşük değerlere sahiptir. YEBES ve WETTZELL ve NOTO istasyonlarında sırasıyla 1.04101, 0.97600 ve 0.85368 mm değerleriyle en yüksek Helmert nokta konum hatası hesaplanırken; CRIMERA istasyonunda 0.19248 mm ile en düşük Helmert nokta konum hatası hesaplanmıştır.

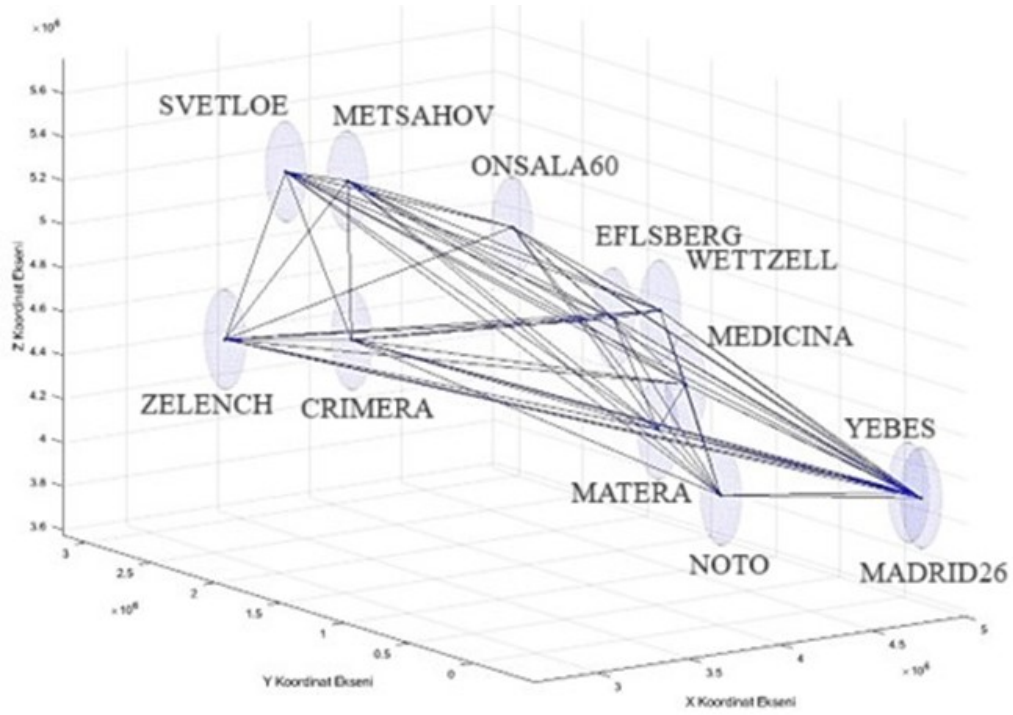
Tablo 5. Birinci ağın IVS istasyonlarının 3 boyutlu nokta koordinat duyarlıkları

Noktalar	$m_x \text{ (mm)}$	$m_y \text{ (mm)}$	$m_z \text{ (mm)}$	$m_p \text{ (helmert nokta konum hatası)}$
CRIMERA	0.1510	0.1180	0.0180	0.19248
EFLSBERG	0.1319	0.7410	0.1977	0.77818
MADRID26	0.4326	0.2901	0.3209	0.61178
MATERA	0.3637	0.2437	0.3544	0.56326
MEDICINA	0.3704	0.1423	0.2523	0.47021
METSAHOV	0.1830	0.1511	0.3511	0.42378
NOTO	0.1420	0.5361	0.6490	0.85368
ONSALA60	0.3200	0.1930	0.3645	0.52202
SVETLOE	0.2110	0.3310	0.1739	0.42933
WETTZELL	0.4800	0.1740	0.8318	0.97600
YEBES	0.7040	0.3050	0.7036	1.04101
ZELENCHK	0.3822	0.1509	0.1629	0.44202

Tablo 6 incelendiğinde ise, MATERA ve ONSALA60 istasyonlarında, hata elipsoidinin üç yöndeki yarı eksenleri en düşük değerde olduğu görülmektedir, bu da onların yüksek ölçüm doğruluğunu gösterir. EFLSBERG ve MADRID26 istasyonlarında ise diğer istasyonlara göre hata elipsoitlerinin yarı eksenleri daha büyüktür.

Tablo 6. Birinci ağın IVS istasyonlarının hata elipsoidi elemanları

Noktalar	$A_H(m)$	$B_H(m)$	$C_H(m)$
CRIMERA	0.0001	0.0311	0.0334
EFLSBERG	0.0490	0.0500	0.0510
MADRID26	0.0919	0.1030	0.1050
MATERA	0.0090	0.0093	0.0094
MEDICINA	0.0495	0.0268	0.0217
METSAHOV	0.0054	0.0029	0.0051
NOTO	0.0107	0.0109	0.0115
ONSALA60	0.0066	0.0068	0.0072
SVETLOE	0.0357	0.0364	0.0370
WETTZELL	0.0222	0.0120	0.0103
YEBES	0.0349	0.0189	0.0164
ZELENCHK	0.0476	0.0258	0.0352



Şekil 27. Birinci ağın IVS istasyonlarının hata elipsoidi

Tablo 7,8’de ikinci ağın IGS istasyonları için Eşitlik (11)’den hesaplanan 3 boyutlu nokta koordinat duyarlılıkları, Eşitlik (12)’den hesaplanan nokta konum hatası ve Eşitlik (13-15)’ten hesaplanan hata elemanları değerlerine yer yerilmiştir. İkinci ağın IGS istasyonlarının varyans ölçütü 0.000129558 m^2 olarak hesaplanmıştır. İkinci ağın IGS istasyonlarının hata elipsoidi hesaplanarak çizilmiştir (Şekil 28).

Tablo 7 incelendiğinde, MIKL istasyonu, y koordinatı için en yüksek duyarlılığa sahiptir. OBE4 istasyonu ise düşük m_x , m_y ve m_z değerleri dikkat çekmektedir. LROC istasyonu en yüksek Helmert nokta konum hatasına sahiptir, bu da LROC istasyonun genel konum belirleme doğruluğunun diğer istasyonlara göre daha düşük olduğunu gösterir. OBE4, istasyonu ise en düşük Helmert nokta konum hatasına sahiptir, bu onun yüksek genel konumlandırma doğruluğunu yansıtır.

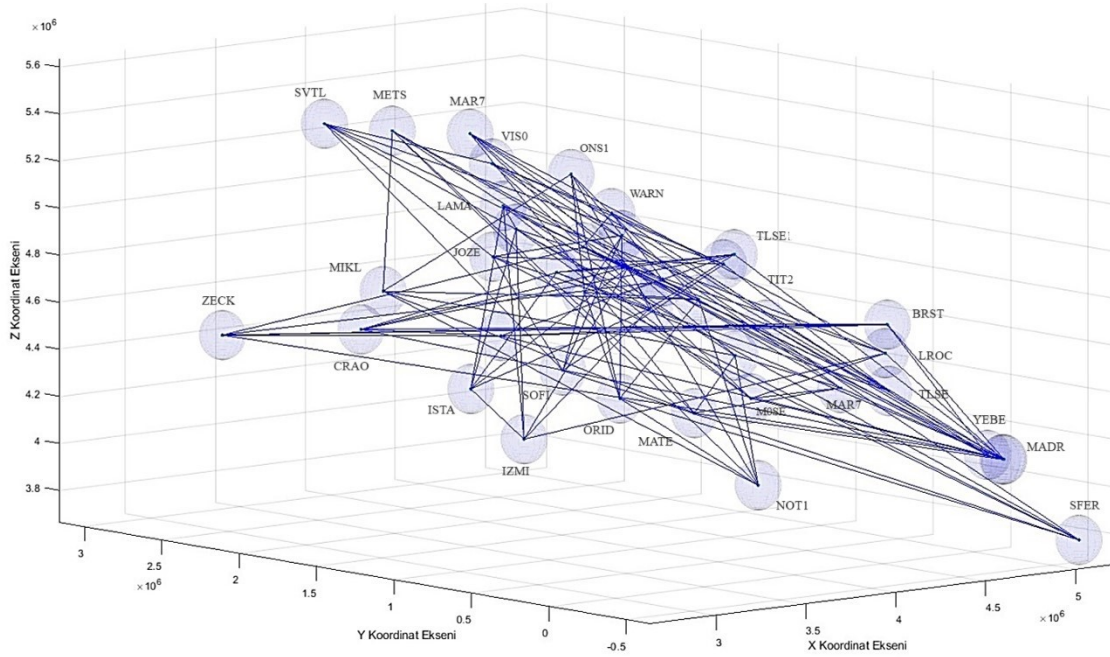
Hata elipsoidin her üç yöndeki yarı eksenleri BRST ve BUCU istasyonlarında en düşük değerlerdeyken, hesaplandığı görülmekte ZIMM istasyonunda en yüksek değerlerdedir.

Tablo 7. İkinci ağı 3 boyutlu nokta koordinat duyarlılıkları

Noktalar	m _x (mm)	m _y (mm)	m _z (mm)	m _p (helmert nokta konum hatası)
BRST	0.55082	0.60218	0.20143	0.84059
BUCU	0.20499	0.55896	0.54497	0.80712
CEBR	0.20635	0.22695	0.72068	0.78324
CRAO	0.49627	0.50710	0.22419	0.74411
DLF1	0.22695	0.75388	0.59686	0.98797
GANP	0.28091	0.23031	0.57136	0.67706
GOPE	0.51222	0.60175	0.32954	0.85619
GRAZ	0.22083	0.23878	0.49139	0.58928
ISTA	0.43330	0.73264	0.25835	0.88953
IZMI	0.23878	0.74977	0.58110	0.97819
JOZE	0.49535	0.23214	0.48005	0.72781
LAMA	0.46662	0.62506	0.26394	0.82347
LROC	0.18735	0.62935	0.75973	1.00418
M0SE	0.18735	0.27173	0.47836	0.58118
MADR	0.48490	0.55986	0.19988	0.76715
MAR7	0.20426	0.60513	0.56092	0.85002
MARS	0.24541	0.24239	0.51740	0.62184
MATE	0.45622	0.61648	0.19173	0.79053
MEDI	0.20903	0.62619	0.49845	0.82720
METS	0.24587	0.32549	0.43534	0.59659
MIKL	0.53735	0.94043	0.22558	1.10636
NOT1	0.20332	0.43330	0.63075	0.79179
OBE4	0.20332	0.28679	0.42292	0.54995
ONS1	0.43330	0.49535	0.19643	0.68681
ORID	0.22533	0.70297	0.54134	0.91542
PENC	0.20499	0.28152	0.44022	0.56131
POTS	0.51578	0.58930	0.21394	0.81183
SFER	0.35303	0.49090	0.52462	0.80052
SOFI	0.22695	0.20426	0.48614	0.57407
SULP	0.50710	0.52726	0.20357	0.75934
SVTL	0.39199	0.45622	0.53194	0.80297
TIT2	0.23031	0.20903	0.85970	0.91423
TLSE	0.53112	0.61522	0.26905	0.85614
VISO	0.29114	0.57816	0.73787	0.98157
WARN	0.23878	0.27793	0.51220	0.62977
WROC	0.49449	0.56812	0.39660	0.85122
WTZR	0.24074	0.60577	0.60530	0.88955
YEBE	0.23214	0.32203	0.71050	0.81388
ZECK	0.58810	0.67346	0.25937	0.93096
ZIMM	0.20499	0.43633	0.75536	0.89609

Tablo 8. İkinci ağın hata elipsoidi elemanları

Noktalar	$A_H(m)$	$B_H(m)$	$C_H(m)$
BRST	0.000194	0.000196	0.000200
BUCU	0.000203	0.000206	0.000207
CEBR	0.000209	0.000211	0.000213
CRAO	0.000215	0.000218	0.000220
DLF1	0.000222	0.000224	0.000225
GANP	0.000227	0.000228	0.000230
GOPE	0.000231	0.000233	0.000236
GRAZ	0.000237	0.000239	0.000241
ISTA	0.000243	0.000246	0.000248
IZMI	0.000250	0.000252	0.000255
JOZE	0.000257	0.000259	0.000262
LAMA	0.000264	0.000265	0.000266
LROC	0.000268	0.000269	0.000270
M0SE	0.000271	0.000272	0.000273
MADR	0.000274	0.000275	0.000276
MAR7	0.000278	0.000279	0.000281
MARS	0.000282	0.000283	0.000285
MATE	0.000286	0.000287	0.000289
MEDI	0.000290	0.000291	0.000293
METS	0.000294	0.000297	0.000299
MIKL	0.000301	0.000303	0.000305
NOT1	0.000307	0.000310	0.000312
OBE4	0.000315	0.000319	0.000322
ONS1	0.000326	0.000331	0.000336
ORID	0.000343	0.000351	0.000364
PENC	0.000377	0.000390	0.000400
POTS	0.000405	0.000411	0.000415
SFER	0.000418	0.000422	0.000424
SOFI	0.000428	0.000430	0.000432
SULP	0.000434	0.000436	0.000438
SVTL	0.000439	0.000442	0.000444
TIT2	0.000447	0.000449	0.000452
TLSE	0.000456	0.000459	0.000463
VIS0	0.000467	0.000471	0.000475
WARN	0.000480	0.000483	0.000488
WROC	0.000492	0.000496	0.000500
WTZR	0.000504	0.000509	0.000514
YEBE	0.000520	0.000526	0.000533
ZECK	0.000544	0.000558	0.000580
ZIMM	0.000616	0.000643	0.000661



Şekil 28. İkinci ağın hata elipsoidi

Tablo 9,10'da üçüncü ağı IGS istasyonları için Eşitlik (11)'den hesaplanan 3 boyutlu nokta koordinat duyarlılıkları, Eşitlik (12)'den Helmert hesaplanan nokta konum hatası ve Eşitlik (13-15)'ten hesaplanan hata elipsoidi elemanları değerlerine yer verilmiştir. Üçüncü ağı IGS istasyonlarının varyans ölçütü 0.000905419 m^2 olarak hesaplanmıştır. Üçüncü ağı IGS istasyonlarının hata elipsoidleri hesaplanarak çizilmiştir (Şekil 29).

Tablo 9 incelendiğinde, OBE4 ve WROC istasyonlarında, yüksek nokta konum hatası hesaplandığı görülmektedir. BRST, MAR7, POTS istasyonlarında ise düşük nokta konum hatası hesaplanmıştır bu da bu istasyonların ölçümlerinde yüksek doğruluk ve düşük belirsizlik olduğunu gösterir.

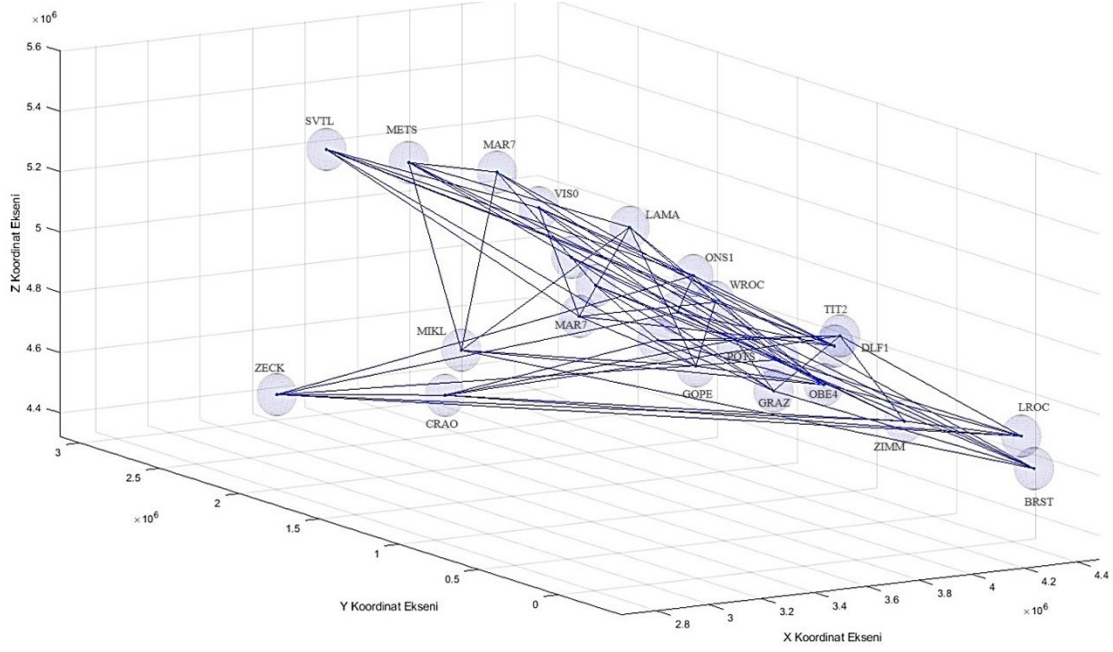
Tablo 9. Üçüncü ağı 3 boyutlu nokta koordinat duyarlılıkları

Noktalar	m_x (mm)	m_y (mm)	m_z (mm)	m_p (helmert nokta konum hatası)
BRST	2.825785	2.045560	2.616228	4.36051
CRAO	2.145796	2.779679	2.919958	4.56697
DLF1	2.722153	2.864049	2.282936	4.56341
GANP	2.812141	2.175241	2.820042	4.53789
GOPE	2.120695	2.797120	2.966588	4.59585
GRAZ	2.730407	3.020850	2.142546	4.60121
JOZE	2.864610	2.143591	2.931007	4.62512
LAMA	2.177684	2.945382	2.855009	4.64421
LROC	2.796997	2.842041	2.122269	4.51712
MAR7	2.805912	2.092921	2.771722	4.46496
METS	2.027832	2.804898	3.208047	4.71923
MIKL	2.782475	2.916239	2.394954	4.68854
OBE4	3.217355	2.312170	3.125122	5.04618
ONS1	2.593797	2.774767	2.776768	4.70506
PENC	3.126804	2.997471	2.053578	4.79363
POTS	2.679003	2.157733	2.712943	4.38097
SULP	1.911909	2.909892	2.901598	4.53234
SVTL	2.655179	2.943160	2.157205	4.51284
TIT2	2.954180	1.933466	2.838778	4.53036
VIS0	1.972593	2.937422	2.959558	4.61287
WARN	2.935608	2.824490	2.271035	4.66403
WROC	3.155561	2.162479	2.835831	4.76191
WTZR	2.525059	2.707148	2.851149	4.67265
ZECK	2.925244	2.712184	2.049575	4.48484
ZIMM	2.810857	2.091892	2.819769	4.49756

Tablo 10 incelendiğinde, hata elipsoidi değerleri BRST ve ZIMM istasyonları için en düşük iken ZECK istasyonları için en yüksektir.

Tablo 10. Üçüncü ağın hata elipsoidi elemanları

Noktalar	$A_H(m)$	$B_H(m)$	$C_H(m)$
BRST	0.000130	0.000131	0.000134
CRAO	0.000135	0.000136	0.000137
DLF1	0.000139	0.000142	0.000144
GANP	0.000146	0.000148	0.000149
GOPE	0.000150	0.000152	0.000155
GRAZ	0.000157	0.000162	0.000165
JOZE	0.000172	0.000178	0.000179
LAMA	0.000180	0.000181	0.000182
LROC	0.000184	0.000184	0.000186
MAR7	0.000187	0.000189	0.000191
METS	0.000192	0.000193	0.000195
MIKL	0.000196	0.000198	0.000200
OBE4	0.000202	0.000205	0.000210
ONS1	0.000215	0.000220	0.000234
PENC	0.000254	0.000270	0.000283
POTS	0.000285	0.000285	0.000287
SULP	0.000289	0.000291	0.000292
SVTL	0.000294	0.000295	0.000298
TIT2	0.000299	0.000302	0.000306
VIS0	0.000311	0.000316	0.000320
WARN	0.000325	0.000327	0.000334
WROC	0.000338	0.000345	0.000360
WTZR	0.000383	0.000419	0.000441
ZECK	0.000452	0.000491	0.000507
ZIMM	0.000130	0.000131	0.000134



Şekil 29. Üçüncü ağın hata elipsoidi

Tablo 11,12’de dördüncü ağın IGS istasyonları için Eşitlik (11)’den hesaplanan 3 boyutlu nokta koordinat duyarlılıkları, Eşitlik (12)’den hesaplanan Helmert nokta konum hatası ve Eşitlik (13-15)’ten hesaplanan hata elipsoidi elemanları değerlerine yer verilmiştir. Dördüncü ağın IGS istasyonlarının varyans ölçütü 0.001415058 m^2 olarak hesaplanmıştır. Dördüncü ağın IGS istasyonlarının hata elipsoidleri hesaplanarak çizilmiştir (Şekil 30).

Tablo 11 incelendiğinde, SOFI noktası m_x değeri açısından en az duyarlılık gösterirken, CEBR noktası m_z değeri açısından en yüksek duyarlılığa sahiptir. En düşük Helmert nokta konum hatası TLSE’de, en yüksek ise CEBR’de görülmektedir, bu da CEBR noktasının diğerlerine göre konumunun belirlenmesinde daha fazla belirsizliğe sahip olduğunu göstermektedir.

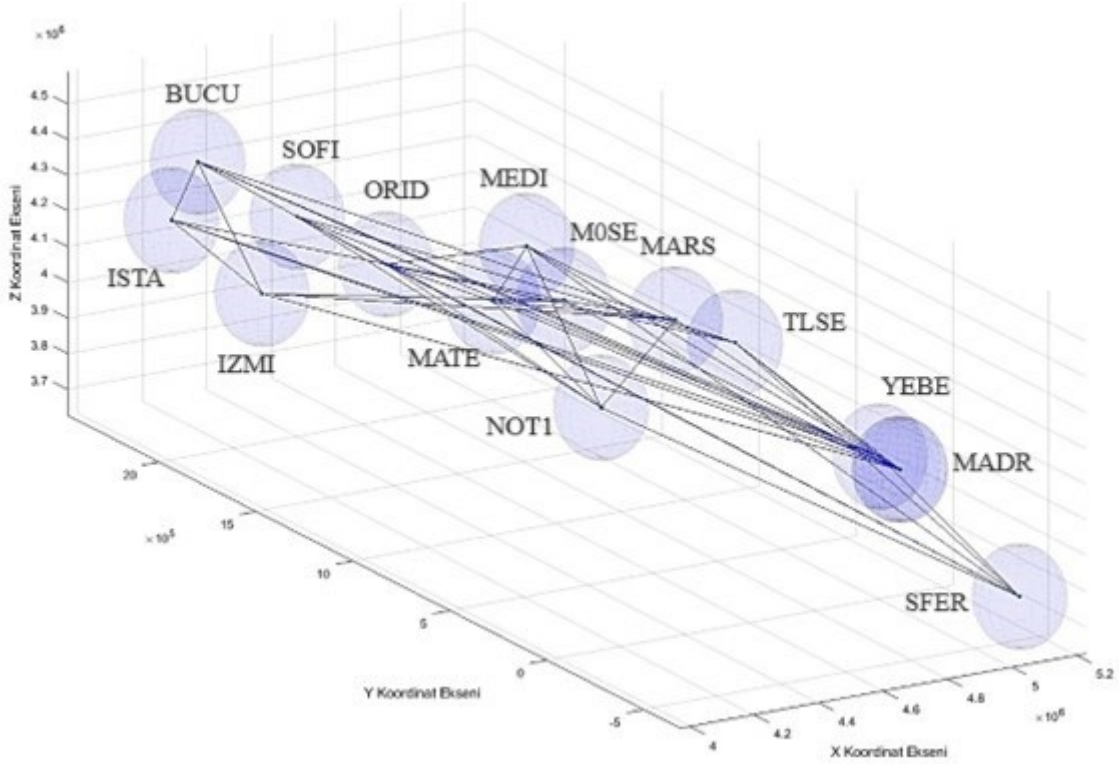
Tablo 11. Dördüncü ağın 3 boyutlu nokta koordinat duyarlılıkları

Noktalar	m_x (mm)	m_y (mm)	m_z (mm)	m_p (helmert nokta konum hatası)
BUCU	3.727902	2.665126	3.33811	5.66949
CEBR	2.568092	3.689512	4.31715	6.23261
GRAZ	3.665699	3.325842	3.20975	5.89924
ISTA	3.545337	2.052973	4.19118	5.86090
IZMI	2.276989	3.311533	4.24924	5.84867
M0SE	3.502368	3.523054	3.20181	5.91017
MADR	3.668258	2.076813	4.15175	5.91661
MARS	2.393604	3.472632	3.68542	5.60097
MATE	3.618776	3.794437	2.40759	5.76973
MEDI	3.663859	2.742574	3.643369	5.84976
NOT1	2.563768	3.682866	3.675163	5.80028
ORID	3.578103	3.850713	2.084042	5.65456
SFER	3.843536	2.246457	3.691252	5.78314
SOFI	2.105829	3.853629	3.947661	5.90500
TLSE	3.830585	3.371794	2.216776	5.56385
YEBE	3.755129	2.123293	3.956891	5.85375

Tablo 12 incelendiğinde, YEBE istasyonunda hata elipsoidi değerlerinin en büyük olduğu görülmektedir, bu da ölçümlerin bu noktada en fazla belirsizliğe sahip olduğunu gösterir. BUCU istasyonuysa en küçük hata elipsoidi değerlerine sahiptir.

Tablo 12. Dördüncü ağın hata elipsoidi elemanları

Noktalar	A_H (m)	B_H (m)	C_H (m)
BUCU	0.000251	0.000257	0.000265
CEBR	0.000269	0.000274	0.000279
GRAZ	0.000285	0.000289	0.000294
ISTA	0.000299	0.000303	0.000307
IZMI	0.000311	0.000313	0.000316
M0SE	0.000319	0.000321	0.000324
MADR	0.000326	0.000329	0.000333
MARS	0.000337	0.000341	0.000346
MATE	0.000352	0.000359	0.000367
MEDI	0.000376	0.000391	0.000426
NOT1	0.000451	0.000493	0.000498
ORID	0.000504	0.000512	0.000520
SFER	0.000526	0.000532	0.000540
SOFI	0.000550	0.000558	0.000566
TLSE	0.000579	0.000592	0.000612
YEBE	0.000635	0.000667	0.000773



Şekil 30. Dördüncü ağın hata elipsoidi

3.2. IVS Ağ İstasyonlarının PORT Yazılımı ile Analizinden Elde Edilen ITRF2014 Hızlarıyla İlgili Elde Edilen Bulgular

İstasyonların analizler sonucunda kestirilen Kartezyen (X, Y, Z) koordinatları yardımıyla elde edilen V_X , V_Y , V_Z hızları verilmiştir (Tablo 13). Batıya doğru en hızlı hareket eden istasyon MADRID26, doğuya doğru en hızlı hareket eden (yani batıya doğru en yavaş hareketi temsil eden negatif en büyük değer) MEDICINA'dır. Bu, istasyonların yerel tektonik hareketlerden etkilendiğini gösterir. Kuzeye doğru en hızlı hareket eden istasyon YEBES'tir. Bu, farklı jeodinamik süreçlerin etkisi altında olduğunu düşündürmektedir. Dikey yöndeki en büyük yükselme hızı NOTO'da gözlemlenirken, en düşük yükselme hızı ZELENCHK'da görülmektedir. Bu hızlar, yer kabuğunun yükselme veya çökme eğilimlerini yansıtır.

Tablo 13. VLBI istasyonlarının V_X , V_Y , V_Z hızları

İstasyon İsimleri	V_X (mm/yıl)	V_Y (mm/yıl)	V_Z (mm/yıl)
CRIMERA	-22.03	11.26	5.24
EFLSBERG	-14.41	16.14	12.49
MADRID26	-10.58	13.42	15.24
MATERA	-21.20	20.63	17.83
MEDICINA	-24.81	17.32	15.72
METSAHOV	-21.77	16.56	12.17
NOTO	-22.45	20.94	18.95
ONSALA60	-19.96	16.18	13.64
SVETLOE	-22.69	16.20	12.34
WETTZELL	-20.90	21.65	11.13
YEBES	-11.49	21.93	14.11
ZELENCHK	-23.99	16.78	10.20

VLBI'dan elde edilen hızlar ITRF hızları ile karşılaştırılarak hız farkları elde edilmiştir (Tablo 14).

Tablo 14. VLBI ve ITRF2014 hız farkları

İstasyon İsimleri	X yönündeki hız farkı(mm/yıl)	Y yönündeki hız farkı(mm/yıl)	Z yönündeki hız farkı(mm/yıl)
CRIMERA	-1.22	-4.08	-3.39
EFLSBERG	0.08	-0.68	2.28
MADRID26	-1.18	-6.26	2.79
MATERA	-2.64	1.54	2.96
MEDICINA	-6.87	-2.13	4.21
METSAHOV	-5.23	2.02	2.08
NOTO	-4.56	3.55	3.63
ONSALA60	-5.66	1.52	3.23
SVETLOE	-4.39	2.35	4.08
WETTZELL	-4.49	4.45	1.12
YEBES	-1.77	2.37	1.64
ZELENCHK	-1.71	2.42	1.09

3.3. IGS Ağ İstasyonlarının Analizleri ile Hesaplanan Hızlarla İlgili Elde Edilen Bulgular

Çalışma kapsamında, Ocak 2017- Aralık 2020 dönemi için her bir ağda IGS istasyonlarında elde edilen koordinat kestirimlerinden hesaplanan hız değerleri ITRF2014

(Tablo 15-18) ve ETRF2014 (Tablo 19-22) hızları ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca, Tablo 23-26'da birinci-dördüncü uygulama ağlarındaki IGS istasyonların n_{vel} , e_{vel} , u_{vel} ITRF2014 yerel hızları verilmiştir. Tablo 27-30'da birinci-dördüncü ağlardaki IGS istasyonların ITRS2014 açısal hızları verilmiştir.

Analizi yapılan günler için elde edilen normal denklem sistemlerini kullanarak, Bernese 5.2 GNSS Yazılımında ADDNEQ2 programı çalıştırılarak ITRF2014 hız değerleri elde edilmiştir (Tablo 15-30). Bu sonuçlardan elde edilen zaman serileri EUREF sonuçları zaman serileri ile kontrol edilmiştir.

Tablo 15 incelendiğinde, ZECK istasyonu batıya doğru en hızlı harekete sahipken MADR ve YEBE istasyonları batıya doğru en yavaş harekete sahiptir. CRAO istasyonu kuzeye doğru en yavaş harekete sahipken MADR ve YEBE istasyonları kuzeye doğru en hızlı harekete sahiptir. SVTL istasyonu yukarı doğru en yavaş harekete sahipken NOT1 istasyonu yukarı doğru en hızlı harekete sahiptir.

Tablo 15. Birinci ağıdaki IGS istasyonlarının X, Y, Z koordinatları ve V_x , V_y , V_z hızları (ITRF2014)

İstasyon İsimleri	X (m)	Y (m)	Z (m)	V_x (mm/y)	V_y (mm/y)	V_z (mm/y)
CRAO	3783896.63133	2551409.33555	4441264.46896	-20.81	15.34	8.63
MADR	4849201.38232	-360324.09133	4114912.80447	-9.4	19.68	12.45
MATE	4641948.85446	1393050.35274	4133287.50738	-18.56	19.09	14.87
MEDI	4461399.95231	919598.49368	4449504.66745	-17.94	19.45	11.51
METS	2892570.18040	1311848.36464	5512634.10319	-16.54	14.54	10.09
NOT1	4934545.51144	1321269.90337	3806456.15556	-17.89	17.39	15.32
ONS1	3370666.15205	711823.87863	5349787.93706	-14.3	14.66	10.41
SVTL	2730154.76591	1562369.64957	5529989.27856	-18.3	13.85	8.26
TIT2	3993786.47503	450208.79128	4936131.48959	-14.49	16.82	10.21
WTZR	4075579.81848	931858.70389	4801568.02899	-16.41	17.2	10.01
YEBE	4848723.76533	-261627.33319	4123093.80643	-9.72	19.56	12.47
ZECK	3451174.26259	3060340.35304	4391955.92143	-22.28	14.36	9.11

Tablo 16 incelendiğinde, ZECK istasyonu en yüksek batıya doğru hıza sahiptir, bu da bölgesel tektonik hareketlerin güçlü bir göstergesidir. SFER istasyonu en düşük batıya doğru hıza sahiptir, bu istasyonun daha stabil bir tektonik bölgede olabileceğini

düşündürür. SFER istasyonu pozitif en yüksek V_Z hızına sahiptir, bu da bu bölgenin yükseldiğini gösterir. IZMI istasyonu en düşük V_Z hızına sahiptir, bu da istasyonun bulunduğu bölgenin çöktüğünü gösterir.

Tablo 16. İkinci ağıdaki IGS istasyonlarının X, Y, Z koordinatları ve V_X , V_Y , V_Z hızları (ITRF2014)

İstasyon İsimleri	X (m)	Y (m)	Z (m)	V_X (mm/y)	V_Y (mm/y)	V_Z (mm/y)
BRST	4231162.45012	-332746.44063	4745131.09051	-21.45	16.53	-1.82
BUCU	4093760.66627	2007794.03898	4445130.13655	-25.74	17.71	-1.68
CEBR	4846664.86829	-370195.03206	4116929.65228	-18.17	18.53	1.06
CRAO	3783896.85515	2551404.61747	4441264.42671	-29.08	16.37	-2.46
DLF1	3924697.68032	301125.24671	5001905.35242	-22.98	16.3	-1.95
GANP	3929181.33076	1455236.94125	4793654.06011	-23.71	15.06	-1.14
GOPE	3979315.94186	1050312.69920	4857067.27029	-24.47	16.84	-0.97
GRAZ	4194423.61680	1162702.93217	4647245.58340	-25.11	17.23	-0.1
ISTA	4208830.08194	2334850.53372	4171267.39688	-26.83	17.38	-1.99
IZMI	4456584.32773	2278765.55116	3939930.87725	-8.78	3.89	-15.33
JOZE	3664939.94453	1409154.06566	5009571.52362	-26.71	13.77	-5.18
LAMA	3524522.70835	1329693.82404	5129846.49277	-26.13	14.96	-1.02
LROC	4424632.43700	-94174.97872	4577544.26498	-20.92	17.34	-0.81
M0SE	4642432.30154	1028629.67114	4236854.42981	-24.49	17.38	-0.53
MADR	4849202.26619	-360328.70531	4114913.39426	-20.89	19.11	-1.43
MAR7	2998198.30062	931450.08969	5533393.04475	-23.1	13.78	3.02
MARS	4630532.61008	433946.56707	4350142.90930	-21.74	18.09	-0.53
MATE	4641949.33245	1393045.67753	4133287.68903	-27.59	19.75	1.07
MEDI	4461400.52453	919593.83190	4449504.94911	-25.69	18.16	0.73
METS	2892570.58280	1311843.63137	5512634.28200	-25.73	15.01	0.61
MIKL	3698553.74631	2308676.21601	4639769.64298	-27.86	16.46	-1.71
NOT1	4934546.01002	1321265.24024	3806456.34834	-26.61	18.57	1.03
OBE4	4186704.32917	834903.67548	4723664.89969	-23.07	17.89	-0.98
ONS1	3370666.74918	711819.11616	5349788.25623	-23.5	13.71	-0.36
ORID	4498451.51366	1708267.24613	4173592.01413	-23.82	19.42	-2.62
PENC	4052449.26404	1417681.35631	4701407.26825	-25.38	17.93	-0.53
POTS	3800689.44643	882077.59783	5028791.47797	-21.31	17.03	-0.89
SFER	5105518.91366	-555145.63795	3769803.59935	-4.19	12.68	5.35
SOFI	4319371.88206	1868688.02415	4292064.07742	-24.68	19.45	-2.05
SULP	3765296.76979	1677559.40562	4851297.55525	-26.99	16.05	-1.47
SVTL	2730155.13260	1562364.91404	5529989.40460	-27.19	14.41	-0.71
TIT2	3993787.11658	450204.12820	4936131.84862	-18.35	16.92	3.01
TLSE	4627851.69545	119640.27631	4372993.73639	-20.73	18.24	0.36
VIS0	3246470.06940	1077900.70553	5365278.25819	-24.95	14.44	0.1
WARN	3658785.61282	784471.08461	5147870.73975	-22.92	15.54	0.27
WROC	3835751.10014	1177250.16988	4941605.39911	-25.18	15.67	-1.29
WTZR	4075580.35986	931854.02572	4801568.29211	-24.07	16.87	-0.04
YEBE	4848724.60527	-261631.94963	4123094.34972	-18.78	18.42	0.26
ZECK	3451174.43194	3060335.62070	4391955.79782	-30.13	16.09	-0.75
ZIMM	4331296.90770	567556.11866	4633134.12197	-22.88	17.25	0.15

Tablo 17 incelendiğinde, ZECK istasyonu en yüksek batıya doğru hıza sahiptir ve bu bölgesel tektonik hareketlerin güçlü bir göstergesi olabilir. TIT2 istasyonu en yüksek V_Z hızına sahip olup, bu istasyonun bulunduğu bölgenin yükseldiğini gösterir. TIT2 istasyonu, batıya doğru en düşük hızı sergileyerek, karşılaştırmalı olarak daha stabil bir tektonik yapıda olabileceğini düşündürebilir.

Tablo 17. Üçüncü ağıdaki IGS istasyonlarının X, Y, Z koordinatları ve V_X , V_Y , V_Z hızları (ITRF2014)

İstasyon İsimleri	X (m)	Y (m)	Z (m)	V_X (mm/y)	V_Y (mm/y)	V_Z (mm/y)
BRST	4231162.431	-332746.4526	4745131.059	-13.9	19.57	9.63
CRAO	3783896.839	2551404.61	4441264.397	-22.41	17.36	7.95
DLF1	3924697.661	301125.2358	5001905.321	-15.39	18.87	9.17
GANP	3929181.312	1455236.932	4793654.029	-16.64	16.14	9.6
GOPE	3979315.923	1050312.689	4857067.239	-17.63	18.74	9.24
GRAZ	4194423.599	1162702.922	4647245.551	-18.64	19.01	10.44
JOZE	3664939.927	1409154.057	5009571.494	-19.65	15.16	4.37
LAMA	3524522.69	1329693.815	5129846.462	-19.11	16.78	9.11
LROC	4424632.418	-94174.99038	4577544.233	-13.98	20.15	10.13
MAR7	2998198.281	931450.0804	5533393.014	-15.25	15.82	13.52
METS	2892570.563	1311843.623	5512634.252	-18.62	17.25	11.25
MIKL	3698553.729	2308676.209	4639769.613	-20.33	17.87	9.36
OBE4	4186704.31	834903.6651	4723664.868	-15.95	20.45	9.71
ONS1	3370666.73	711819.1066	5349788.226	-15.76	16.05	10.96
PENC	4052449.246	1417681.347	4701407.237	-18.61	19.74	10.14
POTS	3800689.427	882077.5877	5028791.447	-13.79	19.15	9.47
SULP	3765296.752	1677559.397	4851297.524	-20.21	17.54	8.77
SVTL	2730155.113	1562364.905	5529989.375	-19.97	15.6	9.6
TIT2	3993787.096	450204.1174	4936131.816	-10.17	19.45	14.45
VIS0	3246470.05	1077900.696	5365278.228	-16.81	16.52	11.35
WARN	3658785.593	784471.0747	5147870.708	-16.29	17.56	10.84
WROC	3835751.082	1177250.16	4941605.368	-17.95	17.63	9.4
WTZR	4075580.341	931854.0156	4801568.26	-17.04	18.97	10.43
ZECK	3451174.415	3060335.615	4391955.767	-23.46	16.06	8.86
ZIMM	4331296.889	567556.1078	4633134.09	-15.95	19.5	10.85

Tablo 18 incelendiğinde, IZMI istasyonu batıya doğru en düşük hızı gösterir, bu da istasyonun neredeyse sabit bir konumda olduğunu düşündürebilir. SFER istasyonu en yüksek V_Z hızına sahip olup, bu istasyonun bulunduğu bölgenin hızla yükseldiğini gösterir.

Tablo 18. Dördüncü ağıdaki IGS istasyonlarının X, Y, Z koordinatları ve V_X , V_Y , V_Z hızları (ITRF2014)

İstasyon İsimleri	X (m)	Y (m)	Z (m)	V_X (mm/y)	V_Y (mm/y)	V_Z (mm/y)
BUCU	4093760.635	2007794.048	4445130.106	-18.38	16.51	9.14
CEBR	4846664.838	-370195.0267	4116929.621	-11.26	18.44	12.04
ISTA	4208830.049	2334850.54	4171267.364	-18.13	18.87	11.41
IZMI	4456584.297	2278765.561	3939930.846	-0.98	2.73	-3.58
M0SE	4642432.27	1028629.679	4236854.399	-17.18	16.59	10.84
MADR	4849202.237	-360328.7002	4114913.364	-13.96	19.21	9.52
MARS	4630532.579	433946.5735	4350142.878	-14.68	17.9	10.71
MATE	4641949.302	1393045.686	4133287.659	-20.63	18.91	12.03
MEDI	4461400.494	919593.8399	4449504.919	-19.07	17.49	11.25
NOT1	4934545.984	1321265.249	3806456.321	-19.24	18.09	12.88
ORID	4498451.483	1708267.255	4173591.984	-16.95	18.5	8.33
SFER	5105518.890	-555145.6353	3769803.569	1.74	12.53	15.79
SOFI	4319371.851	1868688.033	4292064.047	-17.51	18.16	8.81
TLSE	4627851.665	119640.2826	4372993.706	-13.88	17.89	11.04
YEBE	4848724.575	-261631.9441	4123094.319	-11.67	18.33	11.27

ETRF2014 ve ITRF2014 hızları karşılaştırıldığında, iki farklı referans ağı arasında hız değerlerinde önemli farklılıklar gözlemlenir. Bu farklılıklar, iki referans sisteminin yerel ve global hareketleri nasıl yansıttığına dair içgörüler sunar. ETRF2014: Genellikle Avrupa kıtasının hareketlerini yansıtmak üzere tasarlanmış bir referans ağıdır. ETRF, Avrupa'nın tektonik hareketlerine ve yerel deformasyonlarına odaklanır. ITRF2014: Küresel ölçekte Dünya'nın hareketlerini ve deformasyonlarını yansıtan bir referans ağıdır. ITRF, küresel tektonik plaka hareketlerinden yerel deformasyonlara kadar geniş bir yelpazede jeodinamik süreçleri kapsar. Bu iki referans ağı arasındaki farklılıklar jeodezik verilerin analizinde ve yorumlanmasında referans ağının seçiminin önemini vurgular.

Tablo 19 incelendiğinde, METS ve ONS1 istasyonları pozitif V_X ve V_Y hızlarına sahiptir, bu da onların kuzey-doğu yönünde hareket ettiğini gösterir. Ayrıca, her iki istasyonda da pozitif V_Z hızları görülür, bu da yükselme eğilimini belirtir. MATE istasyonu en yüksek V_Z ile de dikkat çekmektedir, bu da belirgin bir yükselme hareketini gösterir. MEDI istasyonu pozitif V_Y hızı ile kuzeye doğru hareket ederken, diğer istasyonlara göre daha düşük bir hız sergiler.

Tablo 19. Birinci ağıdaki IGS istasyonlarının X, Y, Z koordinatları ve V_X , V_Y , V_Z hızları (ETRF2014)

İstasyon İsimleri	X (m)	Y (m)	Z (m)	V_X (mm/y)	V_Y (mm/y)	V_Z (mm/y)
CRAO	3783896.63133	2551409.33555	4441264.46896	0.178	-0.71	-0.14
MADR	4849201.38232	-360324.09133	4114912.80447	-0.1	-0.22	-0.23
MATE	4641948.85446	1393050.35274	4133287.50738	-2.61	-0.07	3.42
MEDI	4461399.95231	919598.49368	4449504.66745	-3.05	0.90	0.32
METS	2892570.18040	1311848.36464	5512634.10319	2.63	1.41	3.13
NOT1	4934545.51144	1321269.90337	3806456.15556	-3.21	-2.71	3.11
ONS1	3370666.15205	711823.87863	5349787.93706	2.19	-0.20	1.98
SVTL	2730154.76591	1562369.64957	5529989.27856	1.69	1.26	1.80
TIT2	3993786.47503	450208.79128	4936131.48959	0.02	-0.17	0.07
WTZR	4075579.81848	931858.70389	4801568.02899	-0.44	-0.04	-0.24
YEBE	4848723.76533	-261627.33319	4123093.80643	-0.12	-0.34	-0.22
ZECK	3451174.26259	3060340.35304	4391955.92143	0.42	-0.42	1.377

Tablo 20 incelendiğinde, İZMI istasyonu ETRF2014 verilerinde dikkate değer bir anomali gösterir; yüksek V_X hızı (doğuya doğru hızlı bir hareket), yüksek V_Y hızı (güneye doğru hızlı bir hareket) ve yüksek V_Z hızı (çok hızlı bir çökme) ile bu istasyon, bölgedeki belirgin jeodinamik aktiviteleri yansıtır.

Tablo 20. İkinci ağıdaki IGS istasyonlarının X, Y, Z koordinatları ve V_x , V_y , V_z hızları (ETRF2014)

İstasyon İsimleri	X (m)	Y (m)	Z (m)	V_x (mm/y)	V_y (mm/y)	V_z (mm/y)
BRST	4231162.45012	-332746.44063	4745131.09051	-10.37	-1.24	-12.90
BUCU	4093760.66627	2007794.03898	4445130.13655	-6.82	0.57	-11.53
CEBR	4846664.86829	-370195.03206	4116929.65228	-9.04	-1.36	-11.67
CRAO	3783896.85515	2551404.61747	4441264.42671	-8.21	0.30	-11.27
DLF1	3924697.68032	301125.24671	5001905.35242	-9.06	-0.43	-12.02
GANP	3929181.33076	1455236.94125	4793654.06011	-5.98	-1.61	-10.72
GOPE	3979315.94186	1050312.69920	4857067.27029	-8.07	-0.09	-10.72
GRAZ	4194423.61680	1162702.93217	4647245.58340	-8.94	-0.43	-10.50
ISTA	4208830.08194	2334850.53372	4171267.39688	-7.43	-0.13	-12
IZMI	4456584.32773	2278765.55116	3939930.87725	9.93	-14.51	-25.93
JOZE	3664939.94453	1409154.06566	5009571.52362	-8.60	-2.02	-14.11
LAMA	3524522.70835	1329693.82404	5129846.49277	-8.03	-0.36	-9.6
LROC	4424632.43700	-94174.97872	4577544.26498	-9.39	-1.17	-12.33
M0SE	4642432.30154	1028629.67114	4236854.42981	-9.67	-1.80	-12.11
MADR	4849202.26619	-360328.70531	4114913.39426	-11.58	-0.70	-14.12
MAR7	2998198.30062	931450.08969	5533393.04475	-5.30	0.29	-4.45
MARS	4630532.61008	433946.56707	4350142.90930	-9.01	-0.87	-12.31
MATE	4641949.33245	1393045.67753	4133287.68903	-11.84	0.68	-10.28
MEDI	4461400.52453	919593.83190	4449504.94911	-10.85	-0.38	-10.41
METS	2892570.58280	1311843.63137	5512634.28200	-6.79	1.85	-6.38
MIKL	3698553.74631	2308676.21601	4639769.64298	-7.33	0.64	-10.35
NOT1	4934546.01002	1321265.24024	3806456.34834	-11.90	-1.45	-11.11
OBE4	4186704.32917	834903.67548	4723664.89969	-7.73	0.38	-11.45
ONS1	3370666.74918	711819.11616	5349788.25623	-7.18	-1.11	-8.83
ORID	4498451.51366	1708267.24613	4173592.01413	-6.77	0.91	-13.63
PENC	4052449.26404	1417681.35631	4701407.26825	-8.02	0.75	-10.43
POTS	3800689.44643	882077.59783	5028791.47797	-4.99	0.73	-10.36
SFER	5105518.91366	-555145.63795	3769803.59935	3.35	-8.06	-8.07
SOFI	4319371.88206	1868688.02415	4292064.07742	-6.57	1.48	-12.44
SULP	3765296.76979	1677559.40562	4851297.55525	-8.26	-0.08	-10.52
SVTL	2730155.13260	1562364.91404	5529989.40460	-7.14	1.84	-7.09
TIT2	3993787.11658	450204.12820	4936131.84862	-3.89	-0.05	-7.13
TLSE	4627851.69545	119640.27631	4372993.73639	-8.91	-0.91	-11.63
VIS0	3246470.06940	1077900.70553	5365278.25819	-6.99	0.02	-7.85
WARN	3658785.61282	784471.08461	5147870.73975	-6.68	-0.39	-8.84
WROC	3835751.10014	1177250.16988	4941605.39911	-8.11	-0.76	-10.76
WTZR	4075580.35986	931854.02572	4801568.29211	-8.37	-0.43	-10.26
YEBE	4848724.60527	-261631.94963	4123094.34972	-9.08	-1.42	-12.41
ZECK	3451174.43194	3060335.62070	4391955.79782	-7.45	1.33	-8.50
ZIMM	4331296.90770	567556.11866	4633134.12197	-8.80	-0.88	-10.85

Tablo 21 incelendiğinde, MAR7 ve TIT2 istasyonları yüksek V_z hızları ile dikkat çekmektedir. IZMI istasyonu V_y önemli bir güneye doğru hareket ve V_z 'de dikkat çekici bir çökme hareketi sergiler. GANP istasyonu pozitif bir V_x hızına sahip olup, bu da doğuya doğru hafif bir hareketi gösterir.

Tablo 21. Üçüncü ağıdaki IGS istasyonlarının X, Y, Z koordinatları ve V_x , V_y , V_z hızları (ETRF2014)

İstasyon İsimleri	X (m)	Y (m)	Z (m)	V_x (mm/y)	V_y (mm/y)	V_z (mm/y)
BRST	4231162.786	-332746.9209	4745130.691	-2.8165	1.7594	-1.4397
CRAO	3783897.49	2551404.204	4441264.092	-1.3720	1.2943	-0.8597
DLF1	3924698.103	301124.8003	5001904.983	-1.2692	2.0776	-0.8695
GANP	3929181.867	1455236.502	4793653.703	1.2131	-0.6333	0.0146
GOPE	3979316.438	1050312.252	4857066.905	-1.2553	1.8034	-0.6114
GRAZ	4194424.112	1162702.464	4647245.203	-2.2359	1.3369	0.0312
JOZE	3664940.49	1409153.653	5009571.186	-1.4431	-0.6459	-4.5242
LAMA	3524523.252	1329693.425	5129846.163	-0.8101	1.4288	0.4646
LROC	4424632.789	-94175.47744	4577543.855	-2.5273	1.6762	-1.3994
MAR7	2998198.825	931449.743	5533392.748	2.5321	2.2973	6.1454
METS	2892571.148	1311843.298	5512633.997	0.5687	4.0801	4.2241
MIKL	3698554.367	2308675.808	4639769.311	0.2229	2.0410	0.6800
OBE4	4186704.793	834903.2054	4723664.517	-0.6128	2.7942	-0.8540
ONS1	3370667.239	711818.7295	5349787.931	0.7096	1.2025	2.4360
PENC	4052449.791	1417680.904	4701406.902	-1.1746	2.5745	0.1817
POTS	3800689.934	882077.1673	5028791.123	2.5188	2.8595	-0.0308
SULP	3765297.335	1677558.985	4851297.212	-1.3686	1.4247	-0.2619
SVTL	2730155.727	1562364.6	5529989.134	0.1186	3.0093	3.1754
TIT2	3993787.55	450203.6754	4936131.475	4.1280	2.4068	4.2741
VIS0	3246470.6	1077900.334	5365277.946	0.9560	2.1397	3.3366
WARN	3658786.097	784470.6683	5147870.394	0.0510	1.7101	1.6142
WROC	3835751.616	1177249.738	4941605.045	-0.8638	1.1745	-0.0795
WTZR	4075580.839	931853.5676	4801567.918	-1.3604	1.6369	0.2220
ZECK	3451175.118	3060335.246	4391955.491	-0.6191	1.2967	1.1566
ZIMM	4331297.336	567555.6324	4633133.726	-1.8039	1.3117	-0.1564

Tablo 22 incelendiğinde, IZMI istasyonu dikkat çekici bir şekilde yüksek V_x hızına sahip olup, bu da doğuya doğru bir hareketi gösterir. Aynı zamanda V_y ve V_z 'de büyük negatif değerlere sahip, bu da güneye doğru hareket ve çökme eğilimini belirtir. SFER

istasyonu pozitif bir V_X hızına sahipken, V_Y 'de büyük negatif bir değer gösterir. Bu, doğruya doğru bir hareket ile batıya doğru bir hareketin olduğunu gösterir.

Tablo 22. Dördüncü ağıdaki IGS istasyonlarının X, Y, Z koordinatları ve V_X , V_Y , V_Z hızları (ETRF2014)

İstasyon İsimleri	X (m)	Y (m)	Z (m)	V_X (mm/y)	V_Y (mm/y)	V_Z (mm/y)
BUCU	4093761.227	2007793.605	4445129.774	0.4986	-0.6541	-0.6714
CEBR	4846665.148	-370195.556	4116929.21	-2.0035	-1.4095	-0.6396
ISTA	4208830.659	2334850.089	4171267.026	1.3845	1.3192	1.4271
IZMI	4456584.886	2278765.084	3939930.491	17.5296	-15.6403	-14.2438
M0SE	4642432.742	1028629.175	4236854.017	-2.3629	-2.5265	-0.8074
MADR	4849202.548	-360329.2297	4114912.952	-4.8019	-0.6881	-3.2321
MARS	4630532.993	433946.0679	4350142.491	-1.7312	-1.2287	-1.1318
MATE	4641949.807	1393045.184	4133287.281	-4.9091	-0.1720	0.6340
MEDI	4461400.968	919593.3532	4449504.549	-4.2025	-1.1283	0.0337
NOT1	4934546.459	1321264.718	3806455.921	-4.6084	-1.9996	0.6312
ORID	4498452.026	1708266.77	4173591.62	0.2914	-0.1129	-2.6367
SFER	5105519.156	-555146.1897	3769803.137	9.2424	-8.1427	2.3478
SOFI	4319372.419	1868687.567	4292063.697	0.4453	0.2068	-1.6696
TLSE	4627852.046	119639.7761	4372993.315	-2.0957	-1.3181	-0.9445
YEBE	4848724.897	-261632.4733	4123093.908	-1.9324	-1.5697	-1.4202

Tablo 23. Birinci ağıdaki IGS istasyonlarının ITRF2014 yerel hızları

İstasyon İsimleri	n_{vel} (mm/yıl)	e_{vel} (mm/yıl)	u_{vel} (mm/yıl)
CRAO	0.075	-0.690	-0.290
MADR	-0.120	-0.240	-0.230
MATE	4.240	0.674	0.303
MEDI	2.201	1.492	-1.790
METS	-1.020	0.194	4.183
NOT1	4.768	-1.790	-1.190
ONS1	-0.700	-0.650	2.782
SVTL	-0.930	0.251	2.576
TIT2	0.050	-0.180	0.042
WTZR	0.179	0.049	-0.480
YEBE	-0.100	-0.360	-0.240
ZECK	0.973	-0.600	0.960

Tablo 24. İkinci ağıdaki IGS istasyonlarının ITRF2014 yerel hızları

İstasyon İsimleri	n_{vel} (mm/yıl)	e_{vel} (mm/yıl)	u_{vel} (mm/yıl)
BRST	-0.9144	-2.0603	-16.4564
BUCU	-4.1123	3.5073	-12.2870
CEBR	-3.0980	-2.0550	-14.3678
CRAO	-3.4015	4.8406	-12.6459
DLF1	-0.2574	0.2527	-15.0673
GANP	-2.3665	0.5571	-12.1492
GOPE	-0.9179	1.9674	-13.2540
GRAZ	-0.7596	1.9627	-13.6467
ISTA	-4.7323	3.4839	-12.8485
IZMI	-21.7131	-17.4443	-14.3721
JOZE	-1.7597	1.2002	-16.5301
LAMA	0.5229	2.4907	-12.2706
LROC	-1.7888	-1.3835	-15.3902
M0SE	-2.4466	0.3309	-15.4194
MADR	-3.2948	-1.5651	-17.9244
MAR7	2.1522	1.8395	-6.3378
MARS	-2.7569	-0.0332	-15.0459
MATE	-0.5361	4.0457	-15.1656
MEDI	0.0876	1.8126	-14.9449
METS	1.5443	4.4850	-8.2416
MIKL	-2.7634	4.4204	-11.5924
NOT1	-1.7649	1.6702	-16.1761
OBE4	-2.0623	1.8812	-13.5545
ONS1	1.3556	0.3923	-11.3656
ORID	-6.3132	3.2451	-13.5028
PENC	-1.5754	3.3464	-12.6638
POTS	-2.6008	1.8315	-11.0890
SFER	-8.9934	-7.6641	-1.4293
SOFI	-5.4772	3.9608	-12.4424
SULP	-0.9945	3.2871	-12.9423
SVTL	1.1180	5.1397	-8.7919
TIT2	-1.4670	0.3743	-7.9912
TLSE	-2.2798	-0.6874	-14.5002
VIS0	1.4060	2.2162	-10.1980
WARN	0.1925	1.0113	-11.0495
WROC	-0.5409	1.6518	-13.3993
WTZR	-0.4631	1.4360	-13.1751
YEBE	-3.5915	-1.9175	-14.9131
ZECK	-2.8884	5.9340	-9.2895
ZIMM	-0.9582	0.2644	-13.9767

Tablo 25. Üçüncü ağıdaki IGS istasyonlarının ITRF2014 yerel hızları

İstasyon İsimleri	n_{vel} (mm/yıl)	e_{vel} (mm/yıl)	u_{vel} (mm/yıl)
BRST	1.2462	1.5224	-3.0463
CRAO	-0.3218	1.8374	-0.9143
DLF1	-0.2131	2.3832	-0.9797
GANP	-0.6802	-1.0211	0.5966
GOPE	0.1857	2.0569	-0.9685
GRAZ	1.3395	1.8786	-1.2172
JOZE	-1.5295	-0.0907	-4.5555
LAMA	0.4832	1.6169	0.2102
LROC	0.8790	1.6118	-2.7982
MAR7	0.3229	1.4360	6.8607
METS	0.1925	3.4760	4.7452
MIKL	-0.4611	1.6102	1.3468
OBE4	-0.5279	2.8522	-0.6873
ONS1	0.5231	1.0222	2.5453
PENC	0.3163	2.8118	-0.0551
POTS	-2.4709	2.2085	1.8527
SULP	0.3469	1.8533	-0.6486
SVTL	0.1781	2.5492	3.5351
TIT2	-0.7091	1.9204	6.0576
VIS0	0.4544	1.7231	3.6499
WARN	0.6177	1.6538	1.5327
WROC	0.3281	1.3696	-0.3795
WTZR	0.8748	1.8914	-0.4763
ZECK	0.5627	1.3801	1.0699
ZIMM	1.0755	1.5264	-1.2353

Tablo 26. Dördüncü ağıdaki IGS istasyonlarının ITRF2014 yerel hızları

İstasyon İsimleri	n_{vel} (mm/yıl)	e_{vel} (mm/yıl)	u_{vel} (mm/yıl)
BUCU	-0.5888	-0.8114	-0.3729
CEBR	0.7382	-1.5687	-1.8669
ISTA	-0.1399	0.4781	2.3159
IZMI	-16.4342	-21.9104	-2.2115
M0SE	1.3049	-1.9631	-2.6788
MADR	0.6105	-1.0528	-5.7159
MARS	0.4364	-1.0709	-2.1290
MATE	3.5767	1.2396	-3.2079
MEDI	3.0708	-0.2645	-3.0889
NOT1	3.4860	-0.7467	-3.6118
ORID	-2.1379	-0.2148	-1.5755
SFER	-4.0986	-7.1070	9.4796
SOFI	-1.5602	0.0078	-0.7841
TLSE	0.7826	-1.2733	-2.2080
YEBE	-0.5888	-0.8114	-0.3729

Tablo 27. Birinci ağıdaki istasyonlar için hesaplanan ITRF2014 açısal hızlar

İstasyon İsimleri	V_x (mm/y)	V_y (mm/y)	V_z (mm/y)
CRAO	-21.320	15.667	9.165
MADR	-9.850	19.402	13.302
MATE	-16.270	18.656	11.989
MEDI	-15.410	18.135	11.702
METS	-19.720	12.885	7.280
NOT1	-15.130	19.580	12.813
ONS1	-17.090	14.554	8.834
SVTL	-20.680	12.301	6.732
TIT2	-15.020	16.643	10.635
WTZR	-16.410	16.882	10.651
YEBE	-10.230	19.404	13.259
ZECK	-23.040	14.436	8.045

Tablo 28. İkinci ağıdaki istasyonlar için hesaplanan ITRF2014 açısal hızlar

İstasyon İsimleri	V _x (mm/y)	V _y (mm/y)	V _z (mm/y)
BRST	-10.570	19.119	10.769
BUCU	-17.200	18.319	7.568
CEBR	-8.920	20.286	12.322
CRAO	-18.900	17.340	6.144
DLF1	-13.200	18.469	9.243
GANP	-16.320	18.228	7.841
GOPE	-15.200	18.464	8.460
GRAZ	-15.040	18.884	8.849
ISTA	-17.560	18.346	7.449
IZMI	-16.820	18.842	8.125
JOZE	-16.700	17.661	7.250
LAMA	-16.750	17.367	7.004
LROC	-10.910	19.522	10.951
M0SE	-13.610	19.791	10.110
MADR	-8.940	20.292	12.317
MAR7	-16.480	16.205	6.202
MARS	-12.020	19.892	10.809
MATE	-14.500	19.662	9.663
MEDI	-13.790	19.481	9.800
METS	-17.630	15.847	5.478
MIKL	-18.630	17.314	6.232
NOT1	-13.480	20.183	10.467
OBE4	-14.190	18.953	9.231
ONS1	-15.340	17.152	7.383
ORID	-15.590	19.260	8.926
PENC	-15.970	18.503	8.189
POTS	-15.090	18.112	8.228
SFER	-7.490	20.676	13.183
SOFI	-16.390	18.842	8.291
SULP	-17.160	17.783	7.168
SVTL	-18.460	15.358	4.774
TIT2	-13.500	18.606	9.230
TLSE	-11.090	19.911	11.187
VIS0	-16.530	16.780	6.631
WARN	-15.070	17.811	8.000
WROC	-15.810	18.115	7.953
WTZR	-14.690	18.699	8.840
YEBE	-9.270	20.300	12.195
ZECK	-20.380	16.233	4.706
ZIMM	-13.130	19.297	9.912

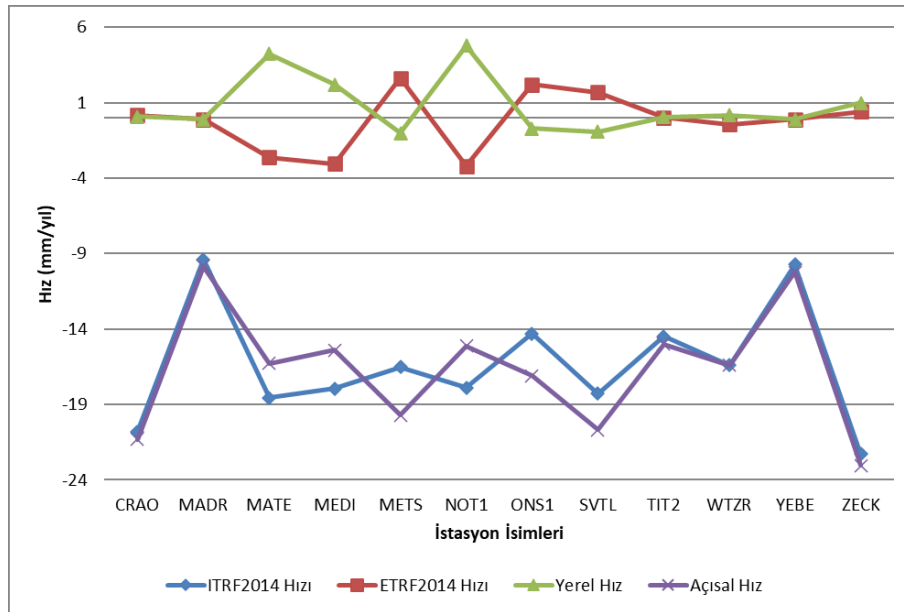
Tablo 29. Üçüncü ağıdaki istasyonlar için hesaplanan ITRF2014 açısal hızlar

İstasyon İsimleri	V _x (mm/y)	V _y (mm/y)	V _z (mm/y)
BRST	-11.337	19.386	11.469
CRAO	-21.728	17.460	8.481
DLF1	-14.482	18.356	10.258
GANP	-18.409	18.244	9.551
GOPE	-17.006	18.478	9.937
GRAZ	-16.884	19.182	10.439
JOZE	-18.805	17.352	8.876
LAMA	-18.816	16.882	8.552
LROC	-11.818	20.033	11.835
MAR7	-18.344	15.090	7.399
METS	-19.766	14.667	6.881
MIKL	-21.313	17.252	8.405
OBE4	-15.814	19.200	10.623
ONS1	-17.003	16.421	8.528
PENC	-18.018	18.665	9.902
POTS	-16.809	17.891	9.566
SULP	-19.426	17.643	8.976
SVTL	-20.785	14.047	6.293
TIT2	-14.886	18.583	10.349
VIS0	-18.465	15.949	7.969
WARN	-16.747	17.414	9.249
WROC	-17.724	17.973	9.476
WTZR	-16.398	18.817	10.267
ZECK	-23.573	16.137	7.279
ZIMM	-14.535	19.705	11.174

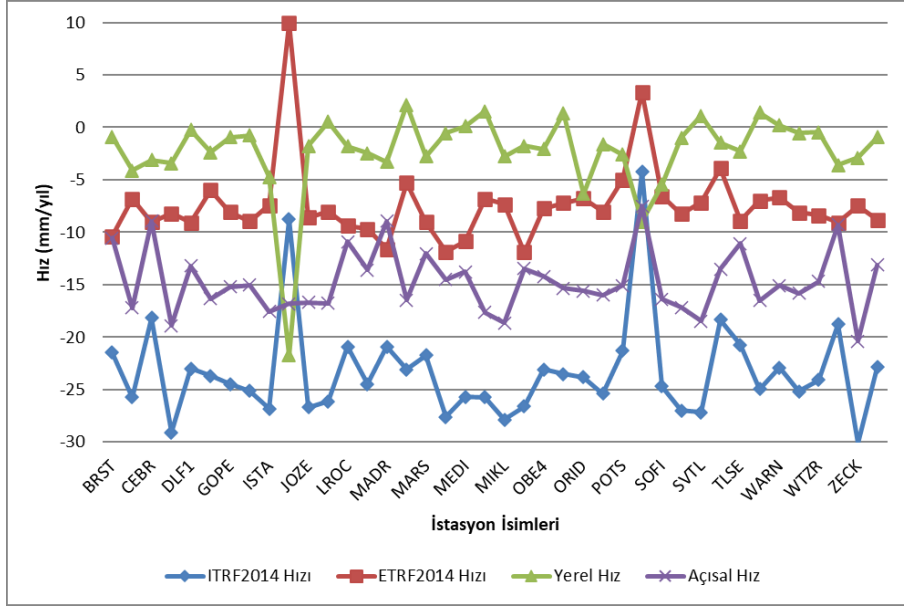
Tablo 30. Dördüncü ağıdaki istasyonlar için hesaplanan ITRF2014 açısal hızlar

İstasyon İsimleri	V _x (mm/y)	V _y (mm/y)	V _z (mm/y)
BUCU	-16.200	16.319	7.550
CEBR	-10.540	17.228	13.954
ISTA	-16.110	16.049	7.268
IZMI	-15.360	16.123	8.049
M0SE	-13.670	17.038	10.841
MADR	-10.550	17.229	13.943
MARS	-12.790	17.221	11.894
MATE	-14.120	16.848	10.174
MEDI	-14.030	17.063	10.544
NOT1	-13.080	16.837	11.107
ORID	-14.860	16.634	9.205
SFER	-9.220	17.113	15.001
SOFI	-15.500	16.491	8.422
TLSE	-12.220	17.257	12.460
YEBE	-10.770	17.243	13.761

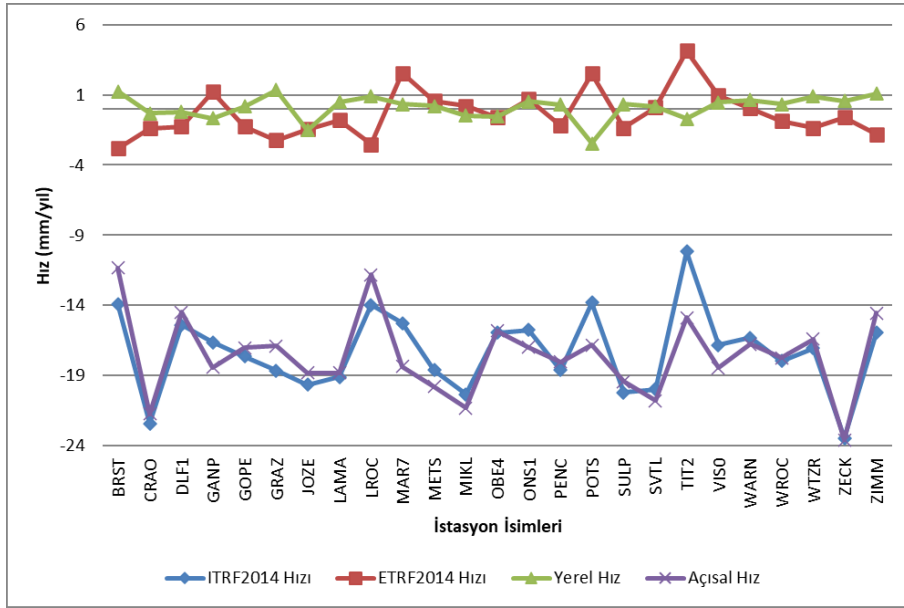
Ağ istasyonlarında çalışma kapsamında elde edilen ITRF2014 hızları, ETRF2014 hızları, ITRF2014 açısıl hızları ve ITRF2014 yerel hızları Şekil 31-42’de karşılaştırılmıştır. ETRF hızları Avrupa genelindeki istasyonlardan yapılan analizler sonucu elde edilen *kabuk hareketlerinin çıkarılmış hali* olan hızlardır. ITRF2014 hızları ile ITRF2014 açısıl hızların, ETRF2014 hızları ile ise ITRF2014 yerel hızlar, eş değer olması gerekmektedir. ITRF2014 yerel ve açısıl hızlar, hesaplanan ITRF2014 ve ETRF2014 hızlarını kontrol edebilmek için hesaplanmıştır. İkinci ağıımızda bulunan IZMI ve dördüncü ağıımızda bulunan SFER IGS istasyonlarında bu uyum görülmemiştir. Bu durumu, IGS istasyonlarına ait verilerin kesikli ve eksik olmasından dolayı Bernese yazılımında yapılan analiz sonucu ITRF2014 hızlarının fazla çıkmıştır şeklinde yorumlayabiliriz. ETRF2014 hızları ise hesaplanan ITRF2014 hızlarından hesaplanmıştır. Elde edilen ITRF2014 hızları EUREF çözümleriyle karşılaştırılarak kontrol edilmiştir (Şekil 31-42) (URL-21, 2023).



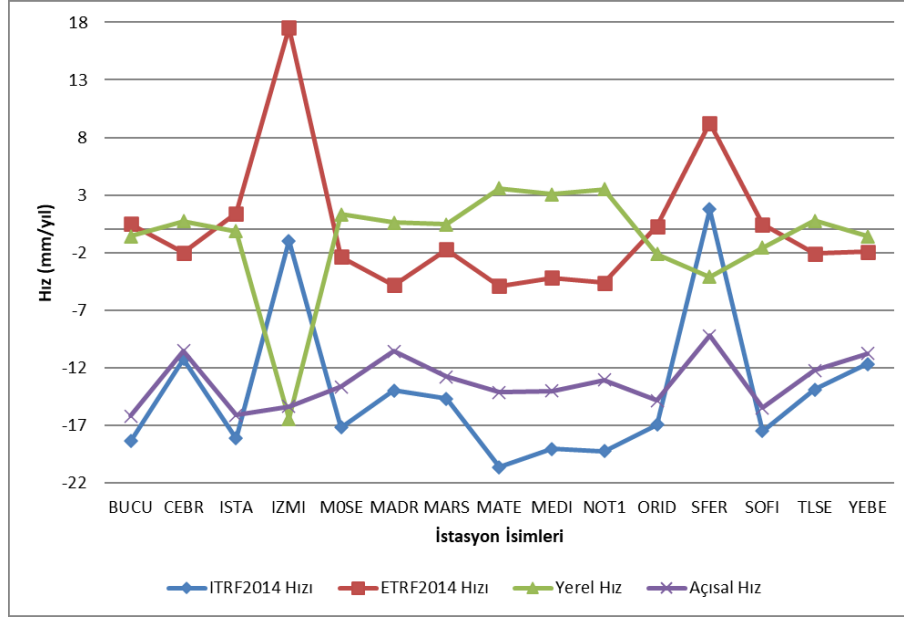
Şekil 31. Birinci ağıdaki IGS istasyonlarının X yönündeki hızlarının grafik gösterimi



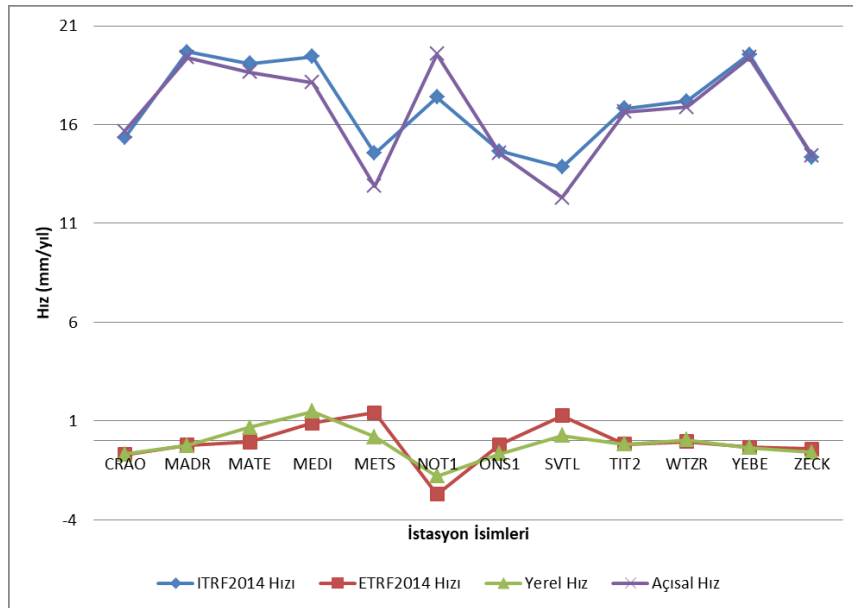
Şekil 32. İkinci ağıdaki IGS istasyonlarının X yönündeki hızlarının grafik gösterimi



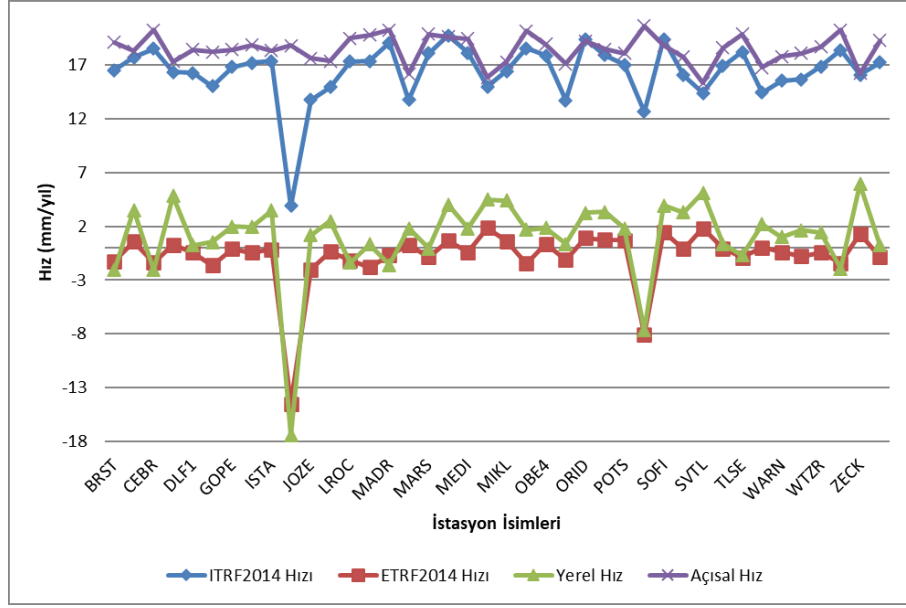
Şekil 33. Üçüncü ağıdaki IGS istasyonlarının X yönündeki hızlarının grafik gösterimi



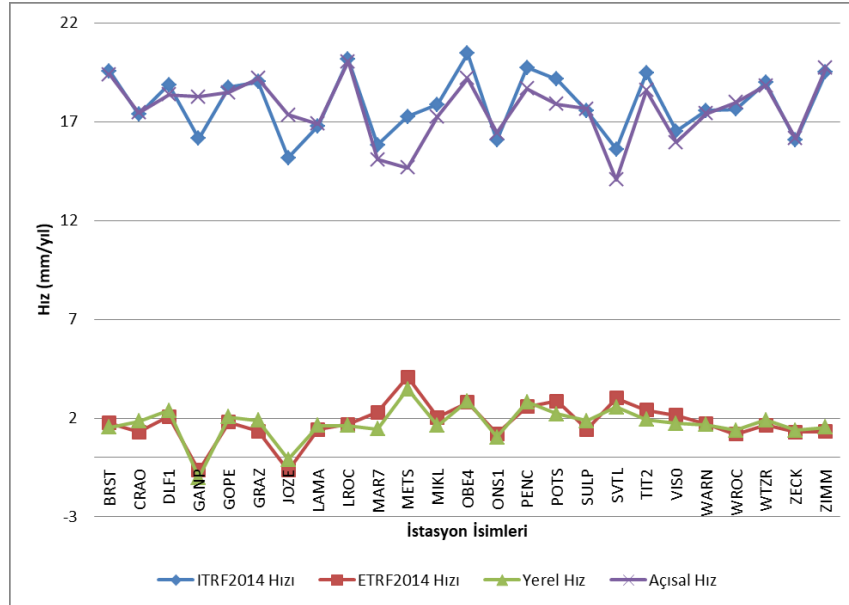
Şekil 34. Dördüncü ağıdaki IGS istasyonlarının X yönündeki hızlarının grafikte gösterimi



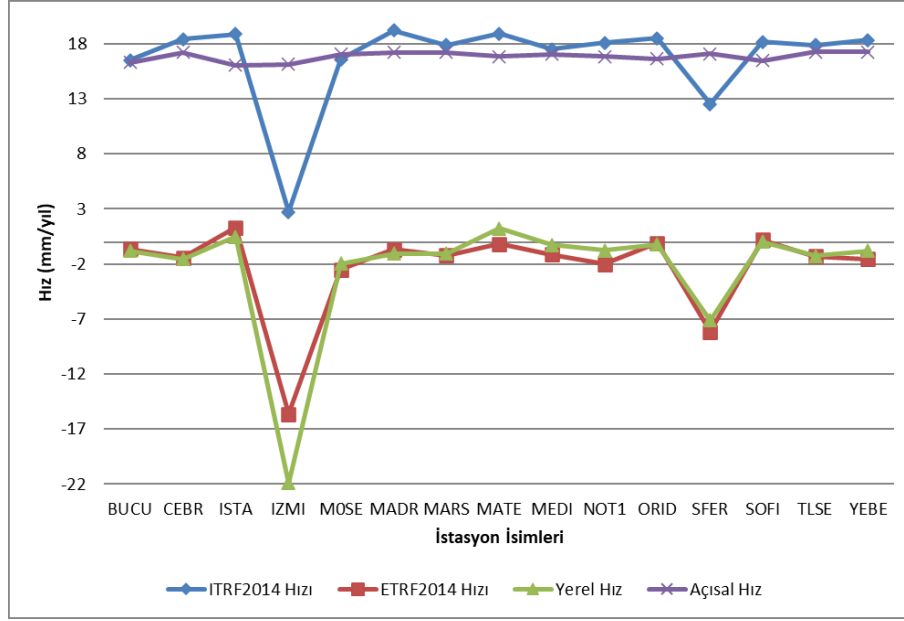
Şekil 35. Birinci ağıdaki IGS istasyonlarının Y yönündeki hızlarının grafikte gösterimi



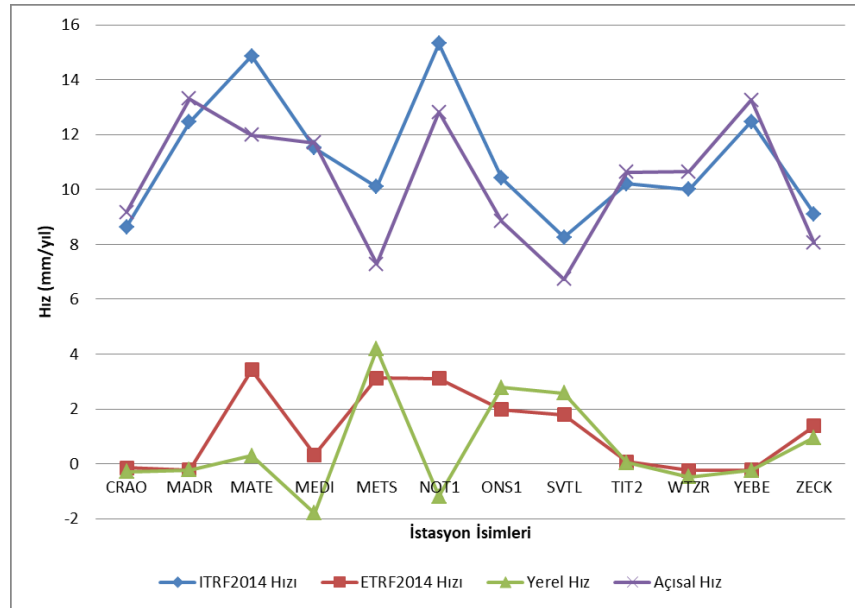
Şekil 36. İkinci ağıdaki IGS istasyonlarının Y yönündeki hızlarının grafikte gösterimi



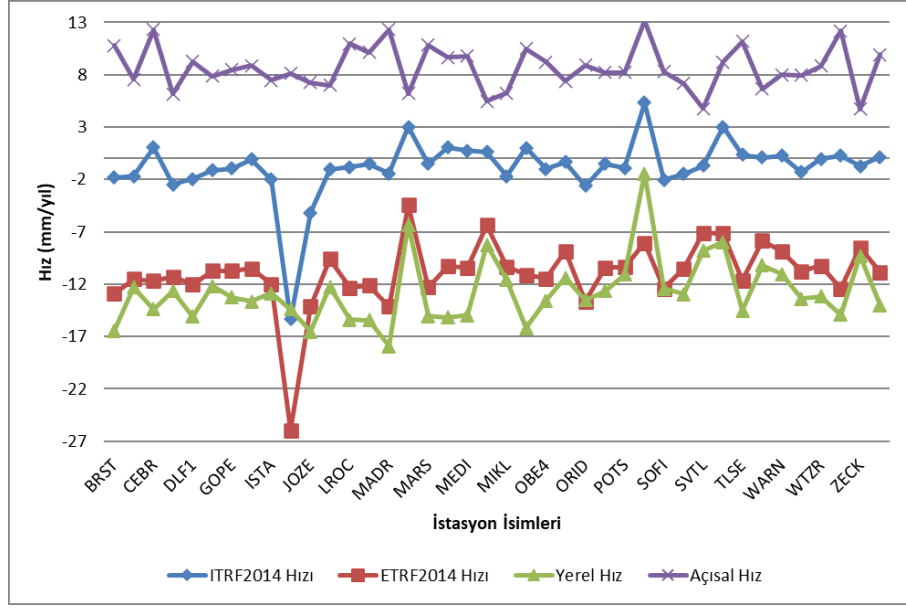
Şekil 37. Üçüncü ağıdaki IGS istasyonlarının Y yönündeki hızlarının grafikte gösterimi



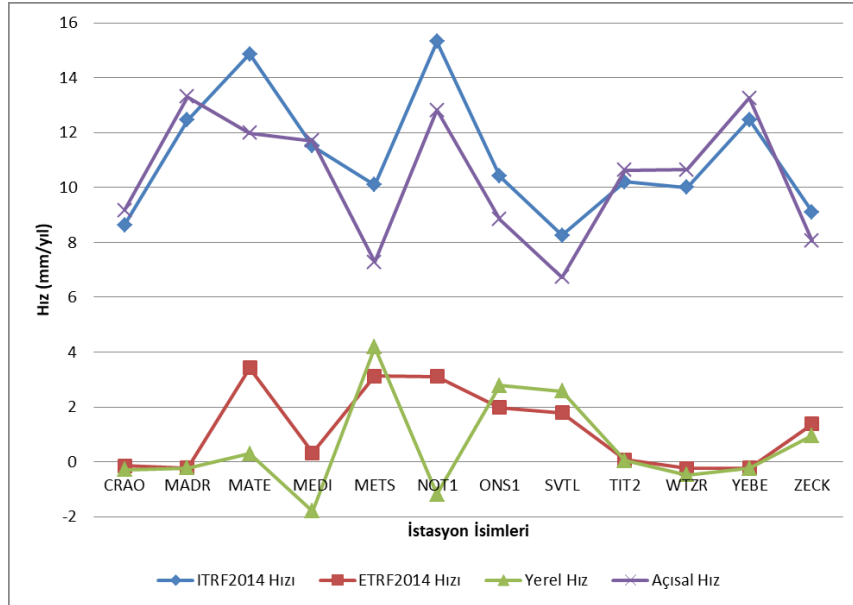
Şekil 38. Dördüncü ağıdaki IGS istasyonlarının Y yönündeki hızlarının grafikte gösterimi



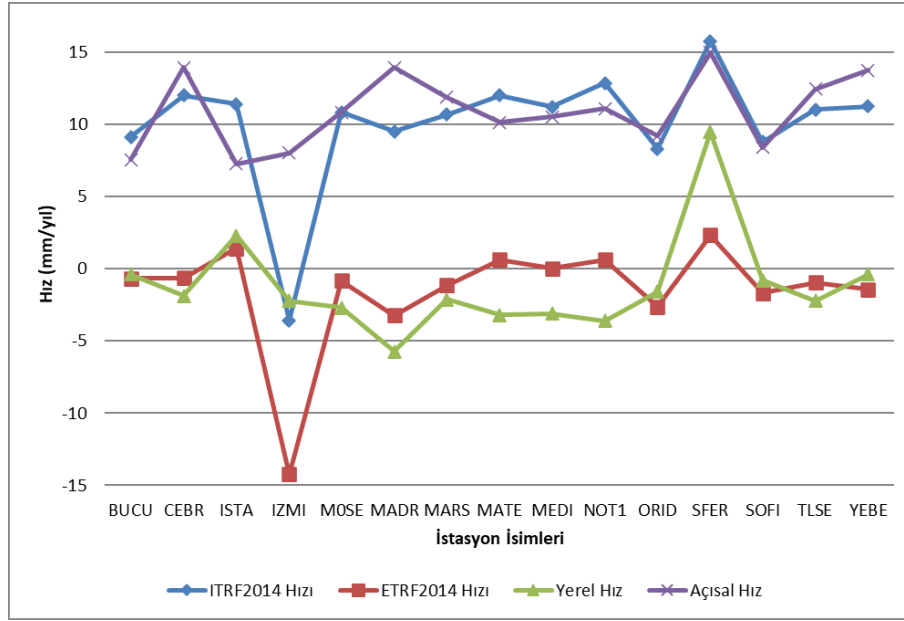
Şekil 39. Birinci ağıdaki IGS istasyonlarının Z yönündeki hızlarının grafikte gösterimi



Şekil 40. İkinci ağıdaki IGS istasyonlarının Z yönündeki hızlarının grafikte gösterimi



Şekil 41. Üçüncü ağıdaki IGS istasyonlarının Z yönündeki hızlarının grafikte gösterimi



Şekil 42. Dördüncü ağıdaki IGS istasyonlarının Z yönündeki hızlarının grafikte gösterimi

ETRF2014 ve ITRF2014 arasındaki fark, ölçüm yöntemlerinden ve kullanılan matematiksel modellerdeki farklılıklardan kaynaklanmaktadır. Ayrıca, ETRF2014 referans sisteminin hızı, Avrupa'nın kara kütlelerini ve çevresindeki deniz tabanını içeren yerel bir referans sistemi olduğundan, ITRF2014 referans sisteminin hızından farklıdır. ITRF2014 referans sisteminin hızı, dünya yüzeyinin tamamını kapsayan küresel bir referans sistemi olduğu için daha geniş bir alana yayılmıştır. İstasyonların sonuçları tek tek incelendiğinde, X, Y, Z yönlerindeki hızların bileşke hızları verilmiştir (Tablo 31).

Tablo 31' yı inceleyecek olursak, CRAO ve MATE istasyonları, her iki referans ağında da farklı uygulama ağlarında yer almalarına rağmen, ITRF2014 hızlarının ETRF2014 hızlarına göre önemli ölçüde yüksek olduğu görülmektedir. Bakıldığında MATE'nin belirgin küresel ve bölgesel hareketlere maruz kaldığını gösterir. JOZE, LROC ve MAR7 gibi istasyonlar, ETRF2014 referans ağında ikinci ve üçüncü uygulama ağlarında düşük hızlar sergilemiştir. Bu, istasyonların Avrupa içindeki sabit bir referansa göre daha stabil olduğunu gösterir. IZMI istasyonu ITRF2014 hızları açısından istisnai bir durum sergileyerek, ETRF2014 referans ağında negatif hızlardan ziyade çok yüksek bir pozitif hıza sahiptir. Bu, bölgesel veya lokal jeodinamik faktörlerin etkisinin bir göstergesi olabilir. METS ve MIKL istasyonlarıysa her iki referans çerçevesinde de farklı ağlarda değişen hızlar gösterirler, bu da bu istasyonların yerel ve bölgesel tektonik hareketlere farklı yanıtlar verdiğini gösterir.

Tablo 31. GNSS verilerinden hesaplanan hızların istasyonlara göre incelenmesi

İstasyon İsimleri	Hız Çeşitleri	Ağ	Bileşke Hız (mm/yıl)
BRST	ITRF hızları	İkinci ağ	27
		Üçüncü ağ	25.7
	ETRF hızları;	İkinci ağ	16.6
		Üçüncü ağ	3.6
CRAO	ITRF hızları	Birinci ağ	27
		İkinci ağ	33.5
		Üçüncü ağ	29
	ETRF hızları	Birinci ağ	1
		İkinci ağ	13.9
		Üçüncü ağ	2
DLF1	ITRF hızları	İkinci ağ	28.3
		Üçüncü ağ	25.9
	ETRF hızları	İkinci ağ	15
		Üçüncü ağ	2.6
GANP	ITRF hızları	İkinci ağ	28.1
		Üçüncü ağ	25
	ETRF hızları	İkinci ağ	12.3
		Üçüncü ağ	1.4
GOPE	ITRF hızları	İkinci ağ	29.7
		Üçüncü ağ	27.3
	ETRF hızları	İkinci ağ	13.4
		Üçüncü ağ	2.3
GRAZ	ITRF hızları	İkinci ağ	30.5
		Üçüncü ağ	28.4
	ETRF hızları	İkinci ağ	13.8
		Üçüncü ağ	2.6
JOZE	ITRF hızları	İkinci ağ	30.5
		Üçüncü ağ	25.1
	ETRF hızları	İkinci ağ	16.6
		Üçüncü ağ	4.8
LAMA	ITRF hızları	İkinci ağ	30.1
		Üçüncü ağ	26.8
	ETRF hızları	İkinci ağ	12.5
		Üçüncü ağ	1.7
LROC	ITRF hızları	İkinci ağ	27
		Üçüncü ağ	26.4
	ETRF hızları	İkinci ağ	15.5
		Üçüncü ağ	3.3
MAR7	ITRF hızları	İkinci ağ	27
		Üçüncü ağ	25.7
	ETRF hızları	İkinci ağ	6.9
		Üçüncü ağ	7
MATE	ITRF hızları	Birinci ağ	30.3
		İkinci ağ	34
	ETRF hızları	Birinci ağ	4.3
		İkinci ağ	15.7

Tablo 31.'nin devamı

METS	ITRF hızları	Birinci ağ	24.1
		İkinci ağ	29.8
		Üçüncü ağ	27.6
	ETRF hızları	Birinci ağ	4.3
		İkinci ağ	9.5
		Üçüncü ağ	5.9
MIKL	ITRF hızları	İkinci ağ	32.4
		Üçüncü ağ	28.6
	ETRF hızları	İkinci ağ	12.7
		Üçüncü ağ	2.2
OBE4	ITRF hızları	İkinci ağ	29.2
		Üçüncü ağ	27.6
	ETRF hızları	İkinci ağ	13.8
		Üçüncü ağ	3
ONS1	ITRF hızları	Birinci ağ	22.9
		İkinci ağ	27.3
		Üçüncü ağ	24.9
	ETRF hızları	Birinci ağ	3
		İkinci ağ	11.4
		Üçüncü ağ	2.8
PENC	ITRF hızları	İkinci ağ	31
		Üçüncü ağ	28.8
	ETRF hızları	İkinci ağ	13.1
		Üçüncü ağ	2.8
POTS	ITRF hızları	İkinci ağ	27.2
		Üçüncü ağ	25.3
	ETRF hızları	İkinci ağ	11.5
		Üçüncü ağ	3.8
SULP	ITRF hızları	Üçüncü ağ	31.4
		Üçüncü ağ	28
	ETRF hızları	İkinci ağ	13.3
		Üçüncü ağ	2
SVTL	ITRF hızları	Birinci ağ	24.4
		İkinci ağ	30.7
		Üçüncü ağ	27
	ETRF hızları	Birinci ağ	2.8
		İkinci ağ	10
		Üçüncü ağ	4.3
TIT2	ITRF hızları	Birinci ağ	24.3
		İkinci ağ	25
		Üçüncü ağ	26.2
	ETRF hızları	Birinci ağ	0.2
		İkinci ağ	8.1
		Üçüncü ağ	6.4
VIS0	ITRF hızları	İkinci ağ	28.7
		Üçüncü ağ	26.1
	ETRF hızları	İkinci ağ	10.5
		Üçüncü ağ	4.1

Tablo 31.'nin devamı

TIT2	ITRF hızları	Birinci ağ	24.3
		İkinci ağ	25
		Üçüncü ağ	26.2
	ETRF hızları	Birinci ağ	0.2
		İkinci ağ	8.1
		Üçüncü ağ	6.4
VIS0	ITRF hızları	İkinci ağ	28.7
		Üçüncü ağ	26.1
	ETRF hızları	İkinci ağ	10.5
		Üçüncü ağ	4.1
WTZR	ITRF hızları	Birinci ağ	25.6
		İkinci ağ	29.4
		Üçüncü ağ	27.5
	ETRF hızları	Birinci ağ	0.5
		İkinci ağ	13.2
		Üçüncü ağ	2.1
WARN	ITRF hızları	İkinci ağ	27.5
		Üçüncü ağ	26
	ETRF hızları	İkinci ağ	11.1
		Üçüncü ağ	2.3
WROC	ITRF hızları	İkinci ağ	29.7
		Üçüncü ağ	26.8
	ETRF hızları	İkinci ağ	13.5
		Üçüncü ağ	1.5
ZECK	ITRF hızları	Birinci ağ	28
		İkinci ağ	34.2
		Üçüncü ağ	29
	ETRF hızları	Birinci ağ	1.5
		İkinci ağ	11.4
		Üçüncü ağ	1.8
ZIMM	ITRF hızları	İkinci ağ	28.6
		Üçüncü ağ	27.3
	ETRF hızları	İkinci ağ	14
		Üçüncü ağ	2.3

Tablo 31'de ki ikinci ağdaki fark X ve Z yönündeki hızların farkının yüksek olmasından dolayı meydana gelmiştir. İkinci ve üçüncü uygulama ağ sonuçları karşılaştırıldığında; birkaç istasyonda yaklaşık 4-5mm/yıl fark vardır. Diğer istasyonlarda ise 2mm/yıl fark olduğu görülmüştür. İkinci ve dördüncü ağ sonuçlarını karşılaştırıldığında; birkaç istasyonda yaklaşık 4-5mm/yıl fark vardır. Diğer istasyonlarda ise 2mm/yıl fark olduğu görülmüştür.

3.4. Plaka Hareket Modellerinden Hesaplanan Hızlarla İlgili Bulgular

Bu bölümde ikinci ağıda bulunan BRST, BUCU, CEBR, CRAO, DLF1, GANP, GOPE, GRAZ, ISTA, IZMI, JOZE, LAMA, LROC, M0SE, MADR, MAR7, MARS, MATE, MEDI, METS, MIKL, NOT1, OBE4, ONS1, ORID, PENC, POTS, SFER, SOFI, SULP, SVTL, TIT2, TLSE, VIS0, WARN, WROC, WTZR, YEBE, ZECK, ZIMM IGS istasyonlarının URL-3.'de sunulan “Plate Motion Calculator Yazılımı”ndan elde edilen X, Y, Z yönündeki hız sonuçları sunulmuştur (Tablo 32-71).

Tablo 32. BRST istasyonu için “Plate Motion Calculator” yazılımından elde edilen hızlar

İstasyon	Model	X Yönündeki Hız (mm/yıl)	Y Yönündeki Hız (mm/yıl)	Z Yönündeki Hız (mm/yıl)
BRST	GSRM v2.1	-11.38	17.65	11.39
BRST	ITRF2014 [2016]	-10.98	17.75	11.04
BRST	NNR-MORVEL56	-10.68	15.85	10.63
BRST	GEODVEL 2010	-10.42	17.75	10.54
BRST	MORVEL 2010	-10.66	15.83	10.62
BRST	ITRF2008	-11.07	17.29	11.09
BRST	APKIM2005-DGFI	-11.09	17.04	11.09
BRST	APKIM2005-IGN	-11.52	16.63	11.44
BRST	GSRM v1.2	-11.51	18.60	11.56
BRST	CGPS 2004	-10.21	18.11	10.38
BRST	REVEL 2000	-9.69	18.54	9.94
BRST	ITRF2000 (AS&B [2002])	-9.99	18.14	10.18
BRST	HS3-NUVEL1A	-10.31	17.99	10.46
BRST	APKIM2000.0	-10.02	17.60	10.17
BRST	ITRF2000 (D&A [2001])	-10.21	17.83	10.35
BRST	HS2-NUVEL1A	-10.15	17.68	10.29
BRST	NUVEL 1A	-10.32	18.00	10.46
BRST	NUVEL 1	-10.59	18.50	10.74

Tablo 33. BUCU istasyonu için “Plate Motion Calculator” yazılımından elde edilen hızlar

İstasyon	Model	X Yönündeki Hız (mm/yıl)	Y Yönündeki Hız (mm/yıl)	Z Yönündeki Hız (mm/yıl)
BUCU	GSRM v2.1	-19.68	17.04	10.43
BUCU	ITRF2014 [2016]	-18.95	17.11	9.72
BUCU	NNR-MORVEL56	-16.80	15.23	8.59
BUCU	GEODVEL 2010	-18.10	17.10	8.95
BUCU	MORVEL 2010	-16.78	15.21	8.58
BUCU	ITRF2008	-18.81	16.67	9.79
BUCU	APKIM2005-DGFI	-18.89	16.44	9.97
BUCU	APKIM2005-IGN	-19.21	16.05	10.44
BUCU	GSRM v1.2	-19.68	17.92	10.03
BUCU	CGPS 2004	-18.42	17.46	9.08
BUCU	REVEL 2000	-17.94	17.86	8.45
BUCU	ITRF2000 (AS&B [2002])	-18.28	17.49	8.94
BUCU	HS3-NUVEL1A	-16.97	17.26	7.84
BUCU	APKIM2000.0	-18.26	16.98	9.15
BUCU	ITRF2000 (D&A [2001])	-18.07	17.18	8.88
BUCU	HS2-NUVEL1A	-16.72	16.97	7.74
BUCU	NUVEL 1A	-16.98	17.27	7.83
BUCU	NUVEL 1	-17.43	17.75	8.03

Tablo 34. CEBR istasyonu için “Plate Motion Calculator” yazılımından elde edilen hızlar

İstasyon	Model	X Yönündeki Hız (mm/yıl)	Y Yönündeki Hız (mm/yıl)	Z Yönündeki Hız (mm/yıl)
CEBR	GSRM v2.1	-9.56	19.88	13.04
CEBR	ITRF2014 [2016]	-9.22	19.79	12.64
CEBR	NNR-MORVEL56	-9.02	17.20	12.17
CEBR	GEODVEL 2010	-8.75	19.63	12.07
CEBR	MORVEL 2010	-9.01	17.18	12.15
CEBR	ITRF2008	-9.31	19.28	12.70
CEBR	APKIM2005-DGFI	-9.33	19.10	12.70
CEBR	APKIM2005-IGN	-9.70	18.69	13.10
CEBR	GSRM v1.2	-9.67	20.65	13.24
CEBR	CGPS 2004	-8.55	20.20	11.88
CEBR	REVEL 2000	-8.09	20.58	11.38
CEBR	ITRF2000 (AS&B [2002])	-8.35	20.26	11.66
CEBR	HS3-NUVEL1A	-8.69	19.31	11.97
CEBR	APKIM2000.0	-8.38	19.76	11.65
CEBR	ITRF2000 (D&A [2001])	-8.56	19.78	11.85
CEBR	HS2-NUVEL1A	-8.55	19.00	11.77
CEBR	NUVEL 1A	-8.69	19.32	11.97
CEBR	NUVEL 1	-8.92	19.86	12.29

Tablo 35. CRAO istasyonu için “Plate Motion Calculator” yazılımından elde edilen hızlar

İstasyon	Model	X Yönündeki Hız (mm/yıl)	Y Yönündeki Hız (mm/yıl)	Z Yönündeki Hız (mm/yıl)
CRAO	GSRM v2.1	-16.51	-1.30	13.32
CRAO	ITRF2014 [2016]	-15.73	-1.67	12.44
CRAO	NNR-MORVEL56	-16.71	-3.79	12.06
CRAO	GEODVEL 2010	-15.49	-1.94	12.08
CRAO	MORVEL 2010	-16.69	-3.79	12.05
CRAO	ITRF2008	-15.49	-2.59	11.71
CRAO	APKIM2005-DGFI	-16.00	-2.88	11.98
CRAO	APKIM2005-IGN	-15.57	-2.48	11.84
CRAO	GSRM v1.2	-15.82	-2.48	12.06
CRAO	CGPS 2004	-15.96	-2.25	12.31
CRAO	REVEL 2000	-15.52	-3.47	11.23
CRAO	ITRF2000 (AS&B [2002])	-15.63	-2.91	11.64
CRAO	HS3-NUVEL1A	-16.37	-1.73	12.96
CRAO	APKIM2000.0	-15.41	-3.42	11.16
CRAO	ITRF2000 (D&A [2001])	-15.53	-2.65	11.70
CRAO	HS2-NUVEL1A	-16.55	-1.59	13.18
CRAO	NUVEL 1A	-16.37	-1.72	12.96
CRAO	NUVEL 1	-17.42	-1.82	13.80

Tablo 36. DLF1 istasyonu için “Plate Motion Calculator” yazılımından elde edilen hızlar

İstasyon	Model	X Yönündeki Hız (mm/yıl)	Y Yönündeki Hız (mm/yıl)	Z Yönündeki Hız (mm/yıl)
DLF1	GSRM v2.1	-14.53	16.52	10.41
DLF1	ITRF2014 [2016]	-14.01	16.71	9.99
DLF1	NNR-MORVEL56	-13.17	15.14	9.42
DLF1	GEODVEL 2010	-13.33	16.79	9.45
DLF1	MORVEL 2010	-13.15	15.12	9.41
DLF1	ITRF2008	-14.04	16.28	10.04
DLF1	APKIM2005-DGFI	-14.08	16.00	10.09
DLF1	APKIM2005-IGN	-14.51	15.58	10.44
DLF1	GSRM v1.2	-14.63	17.55	10.42
DLF1	CGPS 2004	-13.25	17.05	9.37
DLF1	REVEL 2000	-12.70	17.50	8.91
DLF1	ITRF2000 (AS&B [2002])	-13.04	17.06	9.20
DLF1	HS3-NUVEL1A	-12.93	17.27	9.10
DLF1	APKIM2000.0	-13.06	16.50	9.25
DLF1	ITRF2000 (D&A [2001])	-13.15	16.83	9.30
DLF1	HS2-NUVEL1A	-12.72	16.97	8.96
DLF1	NUVEL 1A	-12.93	17.28	9.10
DLF1	NUVEL 1	-13.27	17.77	9.34

Tablo 37. GANP istasyonu için “Plate Motion Calculator” yazılımından elde edilen hızlar

İstasyon	Model	X Yönündeki Hız (mm/yıl)	Y Yönündeki Hız (mm/yıl)	Z Yönündeki Hız (mm/yıl)
GANP	GSRM v2.1	-18.46	16.48	10.13
GANP	ITRF2014 [2016]	-17.78	16.64	9.53
GANP	NNR-MORVEL56	-16.04	15.00	8.59
GANP	GEODVEL 2010	-16.97	16.69	8.84
GANP	MORVEL 2010	-16.01	14.98	8.58
GANP	ITRF2008	-17.70	16.22	9.59
GANP	APKIM2005-DGFI	-17.77	15.95	9.73
GANP	APKIM2005-IGN	-18.14	15.54	10.15
GANP	GSRM v1.2	-18.50	17.47	9.86
GANP	CGPS 2004	-17.15	16.98	8.91
GANP	REVEL 2000	-16.63	17.41	8.35
GANP	ITRF2000 (AS&B [2002])	-16.98	16.99	8.76
GANP	HS3-NUVEL1A	-16.07	17.08	7.98
GANP	APKIM2000.0	-16.98	16.45	8.92
GANP	ITRF2000 (D&A [2001])	-16.88	16.75	8.75
GANP	HS2-NUVEL1A	-15.82	16.79	7.87
GANP	NUVEL 1A	-16.07	17.09	7.98
GANP	NUVEL 1	-16.49	17.57	8.18

Tablo 38. GOPE istasyonu için “Plate Motion Calculator” yazılımından elde edilen hızlar

İstasyon	Model	X Yönündeki Hız (mm/yıl)	Y Yönündeki Hız (mm/yıl)	Z Yönündeki Hız (mm/yıl)
GOPE	GSRM v2.1	-17.06	16.69	10.36
GOPE	ITRF2014 [2016]	-16.44	16.85	9.82
GOPE	NNR-MORVEL56	-15.01	15.20	9.01
GOPE	GEODVEL 2010	-15.67	16.91	9.18
GOPE	MORVEL 2010	-14.99	15.17	9.00
GOPE	ITRF2008	-16.39	16.42	9.88
GOPE	APKIM2005-DGFI	-16.45	16.16	9.99
GOPE	APKIM2005-IGN	-16.84	15.74	10.39
GOPE	GSRM v1.2	-17.11	17.69	10.20
GOPE	CGPS 2004	-15.76	17.19	9.20
GOPE	REVEL 2000	-15.23	17.63	8.66
GOPE	ITRF2000 (AS&B [2002])	-15.58	17.21	9.04
GOPE	HS3-NUVEL1A	-14.94	17.30	8.50
GOPE	APKIM2000.0	-15.58	16.67	9.16
GOPE	ITRF2000 (D&A [2001])	-15.55	16.96	9.07
GOPE	HS2-NUVEL1A	-14.71	17.00	8.38
GOPE	NUVEL 1A	-14.94	17.31	8.50
GOPE	NUVEL 1	-15.34	17.80	8.72

Tablo 39. GRAZ istasyonu için “Plate Motion Calculator” yazılımından elde edilen hızlar

İstasyon	Model	X Yönündeki Hız (mm/yıl)	Y Yönündeki Hız (mm/yıl)	Z Yönündeki Hız (mm/yıl)
GRAZ	GSRM v2.1	-16.93	17.48	10.91
GRAZ	ITRF2014 [2016]	-16.31	17.57	10.33
GRAZ	NNR-MORVEL56	-14.82	15.67	9.45
GRAZ	GEODVEL 2010	-15.56	17.57	9.65
GRAZ	MORVEL 2010	-14.80	15.65	9.44
GRAZ	ITRF2008	-16.26	17.12	10.39
GRAZ	APKIM2005-DGFI	-16.32	16.88	10.51
GRAZ	APKIM2005-IGN	-16.68	16.47	10.94
GRAZ	GSRM v1.2	-16.98	18.41	10.72
GRAZ	CGPS 2004	-15.68	17.93	9.67
GRAZ	REVEL 2000	-15.17	18.35	9.10
GRAZ	ITRF2000 (AS&B [2002])	-15.51	17.96	9.51
GRAZ	HS3-NUVEL1A	-14.79	17.78	8.90
GRAZ	APKIM2000.0	-15.51	17.43	9.64
GRAZ	ITRF2000 (D&A [2001])	-15.46	17.65	9.54
GRAZ	HS2-NUVEL1A	-14.57	17.47	8.78
GRAZ	NUVEL 1A	-14.80	17.78	8.91
GRAZ	NUVEL 1	-15.19	18.29	9.13

Tablo 40. ISTA istasyonu için “Plate Motion Calculator” yazılımından elde edilen hızlar

İstasyon	Model	X Yönündeki Hız (mm/yıl)	Y Yönündeki Hız (mm/yıl)	Z Yönündeki Hız (mm/yıl)
ISTA	GSRM v2.1	-20.22	17.41	10.65
ISTA	ITRF2014 [2016]	-19.47	17.43	9.88
ISTA	NNR-MORVEL56	-17.09	15.37	8.64
ISTA	GEODVEL 2010	-18.61	17.37	9.05
ISTA	MORVEL 2010	-17.06	15.35	8.63
ISTA	ITRF2008	-19.29	16.98	9.96
ISTA	APKIM2005-DGFI	-19.38	16.78	10.17
ISTA	APKIM2005-IGN	-19.66	16.39	10.66
ISTA	GSRM v1.2	-20.20	18.23	10.17
ISTA	CGPS 2004	-19.01	17.79	9.22
ISTA	REVEL 2000	-18.55	18.17	8.55
ISTA	ITRF2000 (AS&B [2002])	-18.89	17.83	9.08
ISTA	HS3-NUVEL1A	-17.35	17.35	7.79
ISTA	APKIM2000.0	-18.86	17.34	9.33
ISTA	ITRF2000 (D&A [2001])	-18.61	17.47	9.00
ISTA	HS2-NUVEL1A	-17.09	17.06	7.70
ISTA	NUVEL 1A	-17.35	17.36	7.79
ISTA	NUVEL 1	-17.81	17.85	7.98

Tablo 41. IZMI istasyonu için “Plate Motion Calculator” yazılımından elde edilen hızlar

İstasyon	Model	X Yönündeki Hız (mm/yıl)	Y Yönündeki Hız (mm/yıl)	Z Yönündeki Hız (mm/yıl)
IZMI	GSRM v2.1	-19.38	18.32	11.33
IZMI	ITRF2014 [2016]	-18.66	18.26	10.55
IZMI	NNR-MORVEL56	-16.35	15.93	9.29
IZMI	GEODVEL 2010	-17.84	18.13	9.69
IZMI	MORVEL 2010	-16.33	15.91	9.27
IZMI	ITRF2008	-18.49	17.79	10.62
IZMI	APKIM2005-DGFI	-18.58	17.61	10.83
IZMI	APKIM2005-IGN	-18.84	17.23	11.34
IZMI	GSRM v1.2	-19.36	19.06	10.87
IZMI	CGPS 2004	-18.23	18.64	9.84
IZMI	REVEL 2000	-17.81	19.00	9.15
IZMI	ITRF2000 (AS&B [2002])	-18.12	18.69	9.69
IZMI	HS3-NUVEL1A	-16.62	17.91	8.44
IZMI	APKIM2000.0	-18.10	18.22	9.93
IZMI	ITRF2000 (D&A [2001])	-17.85	18.27	9.62
IZMI	HS2-NUVEL1A	-16.37	17.62	8.33
IZMI	NUVEL 1A	-16.62	17.92	8.44
IZMI	NUVEL 1	-17.06	18.42	8.65

Tablo 42. JOZE istasyonu için “Plate Motion Calculator” yazılımından elde edilen hızlar

İstasyon	Model	X Yönündeki Hız (mm/yıl)	Y Yönündeki Hız (mm/yıl)	Z Yönündeki Hız (mm/yıl)
JOZE	GSRM v2.1	-18.86	15.51	9.43
JOZE	ITRF2014 [2016]	-18.17	15.74	8.86
JOZE	NNR-MORVEL56	-16.43	14.38	7.97
JOZE	GEODVEL 2010	-17.33	15.86	8.22
JOZE	MORVEL 2010	-16.41	14.37	7.96
JOZE	ITRF2008	-18.09	15.34	8.92
JOZE	APKIM2005-DGFI	-18.16	15.05	9.05
JOZE	APKIM2005-IGN	-18.55	14.64	9.45
JOZE	GSRM v1.2	-18.90	16.56	9.17
JOZE	CGPS 2004	-17.50	16.06	8.29
JOZE	REVEL 2000	-16.95	16.51	7.76
JOZE	ITRF2000 (AS&B [2002])	-17.32	16.06	8.15
JOZE	HS3-NUVEL1A	-16.44	16.46	7.40
JOZE	APKIM2000.0	-17.32	15.51	8.31
JOZE	ITRF2000 (D&A [2001])	-17.23	15.88	8.14
JOZE	HS2-NUVEL1A	-16.19	16.17	7.30
JOZE	NUVEL 1A	-16.44	16.47	7.40
JOZE	NUVEL 1	-16.88	16.94	7.58

Tablo 43. LAMA istasyonu için “Plate Motion Calculator” yazılımından elde edilen hızlar

İstasyon	Model	X Yönündeki Hız (mm/yıl)	Y Yönündeki Hız (mm/yıl)	Z Yönündeki Hız (mm/yıl)
LAMA	GSRM v2.1	-18.87	15.00	9.08
LAMA	ITRF2014 [2016]	-18.18	15.27	8.53
LAMA	NNR-MORVEL56	-16.49	14.06	7.69
LAMA	GEODVEL 2010	-17.34	15.42	7.92
LAMA	MORVEL 2010	-16.47	14.04	7.68
LAMA	ITRF2008	-18.12	14.88	8.59
LAMA	APKIM2005-DGFI	-18.19	14.58	8.72
LAMA	APKIM2005-IGN	-18.58	14.16	9.10
LAMA	GSRM v1.2	-18.92	16.08	8.83
LAMA	CGPS 2004	-17.49	15.57	7.98
LAMA	REVEL 2000	-16.93	16.03	7.47
LAMA	ITRF2000 (AS&B [2002])	-17.30	15.57	7.85
LAMA	HS3-NUVEL1A	-16.48	16.14	7.14
LAMA	APKIM2000.0	-17.30	15.01	8.00
LAMA	ITRF2000 (D&A [2001])	-17.23	15.42	7.84
LAMA	HS2-NUVEL1A	-16.23	15.85	7.04
LAMA	NUVEL 1A	-16.48	16.15	7.14
LAMA	NUVEL 1	-16.91	16.61	7.32

Tablo 44. LROC istasyonu için “Plate Motion Calculator” yazılımından elde edilen hızlar

İstasyon	Model	X Yönündeki Hız (mm/yıl)	Y Yönündeki Hız (mm/yıl)	Z Yönündeki Hız (mm/yıl)
LROC	GSRM v2.1	-11.86	18.35	11.84
LROC	ITRF2014 [2016]	-11.44	18.40	11.44
LROC	NNR-MORVEL56	-10.96	16.30	10.93
LROC	GEODVEL 2010	-10.87	18.36	10.89
LROC	MORVEL 2010	-10.95	16.28	10.92
LROC	ITRF2008	-11.51	17.93	11.49
LROC	APKIM2005-DGFI	-11.53	17.70	11.51
LROC	APKIM2005-IGN	-11.93	17.28	11.89
LROC	GSRM v1.2	-11.97	19.26	11.97
LROC	CGPS 2004	-10.72	18.78	10.75
LROC	REVEL 2000	-10.21	19.19	10.26
LROC	ITRF2000 (AS&B [2002])	-10.51	18.82	10.55
LROC	HS3-NUVEL1A	-10.67	18.43	10.69
LROC	APKIM2000.0	-10.54	18.29	10.56
LROC	ITRF2000 (D&A [2001])	-10.68	18.46	10.70
LROC	HS2-NUVEL1A	-10.49	18.12	10.52
LROC	NUVEL 1A	-10.67	18.44	10.69
LROC	NUVEL 1	-10.95	18.96	10.97

Tablo 45. M0SE istasyonu için “Plate Motion Calculator” yazılımından elde edilen hızlar

İstasyon	Model	X Yönündeki Hız (mm/yıl)	Y Yönündeki Hız (mm/yıl)	Z Yönündeki Hız (mm/yıl)
M0SE	GSRM v2.1	-15.32	19.11	12.14
M0SE	ITRF2014 [2016]	-14.76	19.08	11.54
M0SE	NNR-MORVEL56	-13.42	16.69	10.65
M0SE	GEODVEL 2010	-14.07	18.96	10.82
M0SE	MORVEL 2010	-13.40	16.67	10.64
M0SE	ITRF2008	-14.71	18.59	11.60
M0SE	APKIM2005-DGFI	-14.76	18.39	11.71
M0SE	APKIM2005-IGN	-15.10	17.98	12.17
M0SE	GSRM v1.2	-15.36	19.92	11.99
M0SE	CGPS 2004	-14.18	19.47	10.81
M0SE	REVEL 2000	-13.71	19.86	10.21
M0SE	ITRF2000 (AS&B [2002])	-14.02	19.52	10.62
M0SE	HS3-NUVEL1A	-13.39	18.78	10.11
M0SE	APKIM2000.0	-14.02	19.02	10.75
M0SE	ITRF2000 (D&A [2001])	-13.98	19.09	10.68
M0SE	HS2-NUVEL1A	-13.18	18.48	9.96
M0SE	NUVEL 1A	-13.39	18.79	10.11
M0SE	NUVEL 1	-13.74	19.32	10.37

Tablo 46. MADR istasyonu için “Plate Motion Calculator” yazılımından elde edilen hızlar

İstasyon	Model	X Yönündeki Hız (mm/yıl)	Y Yönündeki Hız (mm/yıl)	Z Yönündeki Hız (mm/yıl)
MADR	GSRM v2.1	-9.59	19.89	13.05
MADR	ITRF2014 [2016]	-9.25	19.80	12.64
MADR	NNR-MORVEL56	-9.05	17.20	12.17
MADR	GEODVEL 2010	-8.78	19.64	12.07
MADR	MORVEL 2010	-9.04	17.18	12.15
MADR	ITRF2008	-9.34	19.29	12.70
MADR	APKIM2005-DGFI	-9.36	19.11	12.70
MADR	APKIM2005-IGN	-9.73	18.70	13.10
MADR	GSRM v1.2	-9.70	20.66	13.24
MADR	CGPS 2004	-8.58	20.21	11.88
MADR	REVEL 2000	-8.13	20.58	11.38
MADR	ITRF2000 (AS&B [2002])	-8.39	20.27	11.66
MADR	HS3-NUVEL1A	-8.72	19.32	11.97
MADR	APKIM2000.0	-8.42	19.77	11.65
MADR	ITRF2000 (D&A [2001])	-8.59	19.79	11.85
MADR	HS2-NUVEL1A	-8.57	19.00	11.77
MADR	NUVEL 1A	-8.72	19.33	11.97
MADR	NUVEL 1	-8.95	19.87	12.29

Tablo 47. MAR7 istasyonu için “Plate Motion Calculator” yazılımından elde edilen hızlar

İstasyon	Model	X Yönündeki Hız (mm/yıl)	Y Yönündeki Hız (mm/yıl)	Z Yönündeki Hız (mm/yıl)
MAR7	GSRM v2.1	-18.40	13.05	7.77
MAR7	ITRF2014 [2016]	-17.73	13.47	7.34
MAR7	NNR-MORVEL56	-16.32	12.81	6.68
MAR7	GEODVEL 2010	-16.90	13.74	6.84
MAR7	MORVEL 2010	-16.30	12.79	6.68
MAR7	ITRF2008	-17.71	13.13	7.39
MAR7	APKIM2005-DGFI	-17.77	12.78	7.48
MAR7	APKIM2005-IGN	-18.22	12.36	7.79
MAR7	GSRM v1.2	-18.48	14.26	7.61
MAR7	CGPS 2004	-16.95	13.73	6.87
MAR7	REVEL 2000	-16.34	14.22	6.46
MAR7	ITRF2000 (AS&B [2002])	-16.72	13.70	6.76
MAR7	HS3-NUVEL1A	-16.19	14.87	6.27
MAR7	APKIM2000.0	-16.74	13.11	6.86
MAR7	ITRF2000 (D&A [2001])	-16.74	13.69	6.77
MAR7	HS2-NUVEL1A	-15.94	14.59	6.18
MAR7	NUVEL 1A	-16.19	14.88	6.27
MAR7	NUVEL 1	-16.62	15.31	6.43

Tablo 48. MARS istasyonu için “Plate Motion Calculator” yazılımından elde edilen hızlar

İstasyon	Model	X Yönündeki Hız (mm/yıl)	Y Yönündeki Hız (mm/yıl)	Z Yönündeki Hız (mm/yıl)
MARS	GSRM v2.1	-13.31	19.10	12.26
MARS	ITRF2014 [2016]	-12.83	19.08	11.75
MARS	NNR-MORVEL56	-11.95	16.73	11.06
MARS	GEODVEL 2010	-12.21	18.98	11.11
MARS	MORVEL 2010	-11.94	16.71	11.04
MARS	ITRF2008	-12.84	18.59	11.81
MARS	APKIM2005-DGFI	-12.88	18.38	11.88
MARS	APKIM2005-IGN	-13.24	17.97	12.30
MARS	GSRM v1.2	-13.38	19.94	12.26
MARS	CGPS 2004	-12.18	19.47	11.03
MARS	REVEL 2000	-11.70	19.87	10.48
MARS	ITRF2000 (AS&B [2002])	-12.00	19.52	10.83
MARS	HS3-NUVEL1A	-11.79	18.86	10.66
MARS	APKIM2000.0	-12.02	19.01	10.89
MARS	ITRF2000 (D&A [2001])	-12.07	19.10	10.94
MARS	HS2-NUVEL1A	-11.60	18.55	10.50
MARS	NUVEL 1A	-11.79	18.87	10.66
MARS	NUVEL 1	-12.10	19.40	10.94

Tablo 49. MATE istasyonu için “Plate Motion Calculator” yazılımından elde edilen hızlar

İstasyon	Model	X Yönündeki Hız (mm/yıl)	Y Yönündeki Hız (mm/yıl)	Z Yönündeki Hız (mm/yıl)
MATE	GSRM v2.1	-16.46	19.09	12.05
MATE	ITRF2014 [2016]	-15.85	19.03	11.39
MATE	NNR-MORVEL56	-14.23	16.61	10.39
MATE	GEODVEL 2010	-15.13	18.90	10.62
MATE	MORVEL 2010	-14.21	16.59	10.37
MATE	ITRF2008	-15.77	18.54	11.46
MATE	APKIM2005-DGFI	-15.83	18.35	11.59
MATE	APKIM2005-IGN	-16.14	17.95	12.08
MATE	GSRM v1.2	-16.48	19.87	11.81
MATE	CGPS 2004	-15.32	19.42	10.66
MATE	REVEL 2000	-14.87	19.80	10.02
MATE	ITRF2000 (AS&B [2002])	-15.18	19.48	10.48
MATE	HS3-NUVEL1A	-14.29	18.68	9.75
MATE	APKIM2000.0	-15.17	18.99	10.64
MATE	ITRF2000 (D&A [2001])	-15.06	19.04	10.50
MATE	HS2-NUVEL1A	-14.07	18.38	9.61
MATE	NUVEL 1A	-14.29	18.69	9.75
MATE	NUVEL 1	-14.67	19.21	10.00

Tablo 50. MEDI istasyonu için “Plate Motion Calculator” yazılımından elde edilen hızlar

İstasyon	Model	X Yönündeki Hız (mm/yıl)	Y Yönündeki Hız (mm/yıl)	Z Yönündeki Hız (mm/yıl)
MEDI	GSRM v2.1	-15.46	18.47	11.69
MEDI	ITRF2014 [2016]	-14.90	18.49	11.12
MEDI	NNR-MORVEL56	-13.62	16.31	10.29
MEDI	GEODVEL 2010	-14.20	18.42	10.43
MEDI	MORVEL 2010	-13.60	16.29	10.27
MEDI	ITRF2008	-14.86	18.01	11.18
MEDI	APKIM2005-DGFI	-14.92	17.79	11.28
MEDI	APKIM2005-IGN	-15.27	17.38	11.72
MEDI	GSRM v1.2	-15.51	19.34	11.56
MEDI	CGPS 2004	-14.28	18.87	10.42
MEDI	REVEL 2000	-13.79	19.27	9.84
MEDI	ITRF2000 (AS&B [2002])	-14.10	18.91	10.23
MEDI	HS3-NUVEL1A	-13.55	18.42	9.78
MEDI	APKIM2000.0	-14.11	18.39	10.35
MEDI	ITRF2000 (D&A [2001])	-14.09	18.53	10.30
MEDI	HS2-NUVEL1A	-13.35	18.11	9.64
MEDI	NUVEL 1A	-13.56	18.43	9.78
MEDI	NUVEL 1	-13.91	18.95	10.04

Tablo 51. METS istasyonu için “Plate Motion Calculator” yazılımından elde edilen hızlar

İstasyon	Model	X Yönündeki Hız (mm/yıl)	Y Yönündeki Hız (mm/yıl)	Z Yönündeki Hız (mm/yıl)
METS	GSRM v2.1	-19.82	12.64	7.40
METS	ITRF2014 [2016]	-19.10	13.06	6.91
METS	NNR-MORVEL56	-17.38	12.49	6.15
METS	GEODVEL 2010	-18.22	13.35	6.38
METS	MORVEL 2010	-17.36	12.47	6.14
METS	ITRF2008	-19.04	12.74	6.96
METS	APKIM2005-DGFI	-19.11	12.39	7.08
METS	APKIM2005-IGN	-19.54	11.97	7.41
METS	GSRM v1.2	-19.88	13.85	7.14
METS	CGPS 2004	-18.35	13.32	6.46
METS	REVEL 2000	-17.74	13.81	6.02
METS	ITRF2000 (AS&B [2002])	-18.14	13.29	6.36
METS	HS3-NUVEL1A	-17.34	14.52	5.64
METS	APKIM2000.0	-18.14	12.70	6.50
METS	ITRF2000 (D&A [2001])	-18.09	13.29	6.33
METS	HS2-NUVEL1A	-17.07	14.24	5.57
METS	NUVEL 1A	-17.34	14.53	5.64
METS	NUVEL 1	-17.80	14.95	5.78

Tablo 52. MIKL istasyonu için “Plate Motion Calculator” yazılımından elde edilen hızlar

İstasyon	Model	X Yönündeki Hız (mm/yıl)	Y Yönündeki Hız (mm/yıl)	Z Yönündeki Hız (mm/yıl)
MIKL	GSRM v2.1	-21.37	15.55	9.30
MIKL	ITRF2014 [2016]	-20.58	15.72	8.58
MIKL	NNR-MORVEL56	-18.16	14.21	7.40
MIKL	GEODVEL 2010	-19.66	15.78	7.82
MIKL	MORVEL 2010	-18.14	14.20	7.39
MIKL	ITRF2008	-20.41	15.32	8.65
MIKL	APKIM2005-DGFI	-20.50	15.06	8.85
MIKL	APKIM2005-IGN	-20.82	14.66	9.30
MIKL	GSRM v1.2	-21.36	16.50	8.81
MIKL	CGPS 2004	-20.04	16.03	8.00
MIKL	REVEL 2000	-19.54	16.45	7.39
MIKL	ITRF2000 (AS&B [2002])	-19.90	16.05	7.88
MIKL	HS3-NUVEL1A	-18.39	16.20	6.59
MIKL	APKIM2000.0	-19.88	15.53	8.12
MIKL	ITRF2000 (D&A [2001])	-19.64	15.82	7.79
MIKL	HS2-NUVEL1A	-18.12	15.92	6.52
MIKL	NUVEL 1A	-18.39	16.21	6.59
MIKL	NUVEL 1	-18.88	16.67	6.75

Tablo 53. NOT1 istasyonu için “Plate Motion Calculator” yazılımından elde edilen hızlar

İstasyon	Model	X Yönündeki Hız (mm/yıl)	Y Yönündeki Hız (mm/yıl)	Z Yönündeki Hız (mm/yıl)
NOT1	GSRM v2.1	-15.30	20.14	12.85
NOT1	ITRF2014 [2016]	-14.74	19.99	12.17
NOT1	NNR-MORVEL56	-13.22	17.23	11.16
NOT1	GEODVEL 2010	-14.07	19.78	11.38
NOT1	MORVEL 2010	-13.20	17.21	11.14
NOT1	ITRF2008	-14.66	19.47	12.24
NOT1	APKIM2005-DGFI	-14.72	19.32	12.38
NOT1	APKIM2005-IGN	-15.00	18.93	12.88
NOT1	GSRM v1.2	-15.32	20.83	12.63
NOT1	CGPS 2004	-14.25	20.41	11.40
NOT1	REVEL 2000	-13.84	20.76	10.73
NOT1	ITRF2000 (AS&B [2002])	-14.12	20.47	11.20
NOT1	HS3-NUVEL1A	-13.28	19.28	10.52
NOT1	APKIM2000.0	-14.12	20.01	11.36
NOT1	ITRF2000 (D&A [2001])	-14.01	19.95	11.24
NOT1	HS2-NUVEL1A	-13.08	18.98	10.37
NOT1	NUVEL 1A	-13.28	19.29	10.52
NOT1	NUVEL 1	-13.63	19.83	10.79

Tablo 54. OBE4 istasyonu için “Plate Motion Calculator” yazılımından elde edilen hızlar

İstasyon	Model	X Yönündeki Hız (mm/yıl)	Y Yönündeki Hız (mm/yıl)	Z Yönündeki Hız (mm/yıl)
OBE4	GSRM v2.1	-15.86	17.47	10.97
OBE4	ITRF2014 [2016]	-15.29	17.57	10.44
OBE4	NNR-MORVEL56	-14.05	15.71	9.67
OBE4	GEODVEL 2010	-14.57	17.58	9.80
OBE4	MORVEL 2010	-14.03	15.69	9.66
OBE4	ITRF2008	-15.26	17.12	10.50
OBE4	APKIM2005-DGFI	-15.32	16.87	10.59
OBE4	APKIM2005-IGN	-15.70	16.46	11.00
OBE4	GSRM v1.2	-15.93	18.42	10.86
OBE4	CGPS 2004	-14.62	17.93	9.79
OBE4	REVEL 2000	-14.10	18.36	9.25
OBE4	ITRF2000 (AS&B [2002])	-14.43	17.96	9.62
OBE4	HS3-NUVEL1A	-13.94	17.83	9.21
OBE4	APKIM2000.0	-14.44	17.42	9.72
OBE4	ITRF2000 (D&A [2001])	-14.44	17.66	9.68
OBE4	HS2-NUVEL1A	-13.73	17.52	9.07
OBE4	NUVEL 1A	-13.95	17.83	9.21
OBE4	NUVEL 1	-14.31	18.34	9.45

Tablo 55. ONS1 istasyonu için “Plate Motion Calculator” yazılımından elde edilen hızlar

İstasyon	Model	X Yönündeki Hız (mm/yıl)	Y Yönündeki Hız (mm/yıl)	Z Yönündeki Hız (mm/yıl)
ONS1	GSRM v2.1	-17.06	14.45	8.82
ONS1	ITRF2014 [2016]	-16.44	14.78	8.39
ONS1	NNR-MORVEL56	-15.22	13.77	7.76
ONS1	GEODVEL 2010	-15.66	14.98	7.87
ONS1	MORVEL 2010	-15.20	13.75	7.75
ONS1	ITRF2008	-16.44	14.41	8.44
ONS1	APKIM2005-DGFI	-16.49	14.09	8.52
ONS1	APKIM2005-IGN	-16.93	13.66	8.85
ONS1	GSRM v1.2	-17.14	15.60	8.73
ONS1	CGPS 2004	-15.66	15.07	7.86
ONS1	REVEL 2000	-15.07	15.55	7.43
ONS1	ITRF2000 (AS&B [2002])	-15.44	15.06	7.73
ONS1	HS3-NUVEL1A	-15.05	15.87	7.37
ONS1	APKIM2000.0	-15.46	14.48	7.81
ONS1	ITRF2000 (D&A [2001])	-15.49	14.97	7.77
ONS1	HS2-NUVEL1A	-14.82	15.58	7.27
ONS1	NUVEL 1A	-15.06	15.88	7.37
ONS1	NUVEL 1	-15.45	16.33	7.56

Tablo 56. ORID istasyonu için “Plate Motion Calculator” yazılımından elde edilen hızlar

İstasyon	Model	X Yönündeki Hız (mm/yıl)	Y Yönündeki Hız (mm/yıl)	Z Yönündeki Hız (mm/yıl)
ORID	GSRM v2.1	-17.79	18.54	11.58
ORID	ITRF2014 [2016]	-17.13	18.51	10.89
ORID	NNR-MORVEL56	-15.26	16.22	9.80
ORID	GEODVEL 2010	-16.36	18.41	10.10
ORID	MORVEL 2010	-15.23	16.20	9.79
ORID	ITRF2008	-17.02	18.04	10.96
ORID	APKIM2005-DGFI	-17.09	17.84	11.12
ORID	APKIM2005-IGN	-17.39	17.44	11.61
ORID	GSRM v1.2	-17.80	19.34	11.27
ORID	CGPS 2004	-16.62	18.89	10.18
ORID	REVEL 2000	-16.17	19.27	9.53
ORID	ITRF2000 (AS&B [2002])	-16.48	18.94	10.01
ORID	HS3-NUVEL1A	-15.38	18.27	9.10
ORID	APKIM2000.0	-16.47	18.45	10.20
ORID	ITRF2000 (D&A [2001])	-16.32	18.53	10.00
ORID	HS2-NUVEL1A	-15.15	17.97	8.98
ORID	NUVEL 1A	-15.38	18.28	9.10
ORID	NUVEL 1	-15.79	18.79	9.33

Tablo 57. PENC istasyonu için “Plate Motion Calculator” yazılımından elde edilen hızlar

İstasyon	Model	X Yönündeki Hız (mm/yıl)	Y Yönündeki Hız (mm/yıl)	Z Yönündeki Hız (mm/yıl)
PENC	GSRM v2.1	-18.07	16.94	10.47
PENC	ITRF2014 [2016]	-17.41	17.06	9.86
PENC	NNR-MORVEL56	-15.70	15.30	8.92
PENC	GEODVEL 2010	-16.61	17.09	9.16
PENC	MORVEL 2010	-15.68	15.28	8.91
PENC	ITRF2008	-17.33	16.63	9.92
PENC	APKIM2005-DGFI	-17.40	16.38	10.06
PENC	APKIM2005-IGN	-17.75	15.97	10.49
PENC	GSRM v1.2	-18.10	17.89	10.21
PENC	CGPS 2004	-16.79	17.41	9.22
PENC	REVEL 2000	-16.27	17.83	8.65
PENC	ITRF2000 (AS&B [2002])	-16.62	17.43	9.07
PENC	HS3-NUVEL1A	-15.73	17.38	8.32
PENC	APKIM2000.0	-16.62	16.90	9.23
PENC	ITRF2000 (D&A [2001])	-16.52	17.15	9.07
PENC	HS2-NUVEL1A	-15.49	17.08	8.20
PENC	NUVEL 1A	-15.73	17.39	8.31
PENC	NUVEL 1	-16.15	17.88	8.53

Tablo 58. POTS istasyonu için “Plate Motion Calculator” yazılımından elde edilen hızlar

İstasyon	Model	X Yönündeki Hız (mm/yıl)	Y Yönündeki Hız (mm/yıl)	Z Yönündeki Hız (mm/yıl)
POTS	GSRM v2.1	-16.86	16.04	9.93
POTS	ITRF2014 [2016]	-16.25	16.26	9.43
POTS	NNR-MORVEL56	-14.93	14.80	8.69
POTS	GEODVEL 2010	-15.49	16.36	8.83
POTS	MORVEL 2010	-14.91	14.78	8.68
POTS	ITRF2008	-16.23	15.84	9.48
POTS	APKIM2005-DGFI	-16.28	15.56	9.58
POTS	APKIM2005-IGN	-16.69	15.14	9.96
POTS	GSRM v1.2	-16.93	17.09	9.80
POTS	CGPS 2004	-15.54	16.58	8.83
POTS	REVEL 2000	-14.98	17.03	8.34
POTS	ITRF2000 (AS&B [2002])	-15.34	16.59	8.68
POTS	HS3-NUVEL1A	-14.82	16.91	8.24
POTS	APKIM2000.0	-15.35	16.03	8.79
POTS	ITRF2000 (D&A [2001])	-15.35	16.39	8.72
POTS	HS2-NUVEL1A	-14.59	16.61	8.12
POTS	NUVEL 1A	-14.83	16.92	8.24
POTS	NUVEL 1	-15.22	17.40	8.45

Tablo 59. SFER istasyonu için “Plate Motion Calculator” yazılımından elde edilen hızlar

İstasyon	Model	X Yönündeki Hız (mm/yıl)	Y Yönündeki Hız (mm/yıl)	Z Yönündeki Hız (mm/yıl)
SFER	GSRM v2.1	-7.91	20.80	13.78
SFER	ITRF2014 [2016]	-7.64	20.62	13.38
SFER	NNR-MORVEL56	-7.63	17.70	12.94
SFER	GEODVEL 2010	-7.24	20.37	12.80
SFER	MORVEL 2010	-7.62	17.68	12.92
SFER	ITRF2008	-7.74	20.08	13.44
SFER	APKIM2005-DGFI	-7.75	19.93	13.43
SFER	APKIM2005-IGN	-8.10	19.54	13.84
SFER	GSRM v1.2	-8.03	21.47	14.03
SFER	CGPS 2004	-7.00	21.04	12.59
SFER	REVEL 2000	-6.58	21.39	12.07
SFER	ITRF2000 (AS&B [2002])	-6.82	21.12	12.34
SFER	HS3-NUVEL1A	-7.28	19.79	12.77
SFER	APKIM2000.0	-6.85	20.65	12.32
SFER	ITRF2000 (D&A [2001])	-7.04	20.56	12.56
SFER	HS2-NUVEL1A	-7.16	19.47	12.56
SFER	NUVEL 1A	-7.28	19.80	12.77
SFER	NUVEL 1	-7.47	20.35	13.11

Tablo 60. SOFI istasyonu için “Plate Motion Calculator” yazılımından elde edilen hızlar

İstasyon	Model	X Yönündeki Hız (mm/yıl)	Y Yönündeki Hız (mm/yıl)	Z Yönündeki Hız (mm/yıl)
SOFI	GSRM v2.1	-18.73	17.87	11.07
SOFI	ITRF2014 [2016]	-18.04	17.89	10.36
SOFI	NNR-MORVEL56	-16.02	15.78	9.25
SOFI	GEODVEL 2010	-17.23	17.83	9.58
SOFI	MORVEL 2010	-15.99	15.76	9.23
SOFI	ITRF2008	-17.91	17.43	10.43
SOFI	APKIM2005-DGFI	-17.99	17.22	10.60
SOFI	APKIM2005-IGN	-18.29	16.82	11.08
SOFI	GSRM v1.2	-18.73	18.71	10.70
SOFI	CGPS 2004	-17.52	18.26	9.68
SOFI	REVEL 2000	-17.05	18.65	9.04
SOFI	ITRF2000 (AS&B [2002])	-17.38	18.30	9.53
SOFI	HS3-NUVEL1A	-16.17	17.82	8.51
SOFI	APKIM2000.0	-17.37	17.80	9.73
SOFI	ITRF2000 (D&A [2001])	-17.19	17.93	9.49
SOFI	HS2-NUVEL1A	-15.93	17.52	8.40
SOFI	NUVEL 1A	-16.17	17.83	8.51
SOFI	NUVEL 1	-16.60	18.33	8.72

Tablo 61. Sulp istasyonu için “Plate Motion Calculator” yazılımından elde edilen hızlar

İstasyon	Model	X Yönündeki Hız (mm/yıl)	Y Yönündeki Hız (mm/yıl)	Z Yönündeki Hız (mm/yıl)
SULP	GSRM v2.1	-19.48	15.86	9.63
SULP	ITRF2014 [2016]	-18.76	16.05	9.01
SULP	NNR-MORVEL56	-16.83	14.56	8.03
SULP	GEODVEL 2010	-17.91	16.14	8.32
SULP	MORVEL 2010	-16.81	14.54	8.01
SULP	ITRF2008	-18.66	15.64	9.07
SULP	APKIM2005-DGFI	-18.74	15.37	9.23
SULP	APKIM2005-IGN	-19.10	14.96	9.65
SULP	GSRM v1.2	-19.51	16.87	9.31
SULP	CGPS 2004	-18.14	16.37	8.42
SULP	REVEL 2000	-17.61	16.81	7.86
SULP	ITRF2000 (AS&B [2002])	-17.97	16.39	8.28
SULP	HS3-NUVEL1A	-16.91	16.62	7.37
SULP	APKIM2000.0	-17.97	15.84	8.47
SULP	ITRF2000 (D&A [2001])	-17.84	16.17	8.25
SULP	HS2-NUVEL1A	-16.65	16.33	7.28
SULP	NUVEL 1A	-16.91	16.63	7.37
SULP	NUVEL 1	-17.36	17.10	7.56

Tablo 62. SVTL istasyonu için “Plate Motion Calculator” yazılımından elde edilen hızlar

İstasyon	Model	X Yönündeki Hız (mm/yıl)	Y Yönündeki Hız (mm/yıl)	Z Yönündeki Hız (mm/yıl)
SVTL	GSRM v2.1	-20.84	12.01	6.90
SVTL	ITRF2014 [2016]	-20.08	12.47	6.39
SVTL	NNR-MORVEL56	-18.16	12.02	5.57
SVTL	GEODVEL 2010	-19.16	12.78	5.85
SVTL	MORVEL 2010	-18.13	12.01	5.56
SVTL	ITRF2008	-20.00	12.15	6.44
SVTL	APKIM2005-DGFI	-20.08	11.80	6.58
SVTL	APKIM2005-IGN	-20.50	11.39	6.90
SVTL	GSRM v1.2	-20.89	13.23	6.58
SVTL	CGPS 2004	-19.35	12.70	5.96
SVTL	REVEL 2000	-18.74	13.19	5.52
SVTL	ITRF2000 (AS&B [2002])	-19.14	12.67	5.87
SVTL	HS3-NUVEL1A	-18.17	14.03	5.01
SVTL	APKIM2000.0	-19.14	12.09	6.04
SVTL	ITRF2000 (D&A [2001])	-19.05	12.70	5.82
SVTL	HS2-NUVEL1A	-17.89	13.75	4.95
SVTL	NUVEL 1A	-18.17	14.03	5.01
SVTL	NUVEL 1	-18.65	14.44	5.13

Tablo 63. TIT2 istasyonu için “Plate Motion Calculator” yazılımından elde edilen hızlar

İstasyon	Model	X Yönündeki Hız (mm/yıl)	Y Yönündeki Hız (mm/yıl)	Z Yönündeki Hız (mm/yıl)
TIT2	GSRM v2.1	-14.94	16.77	10.56
TIT2	ITRF2014 [2016]	-14.40	16.94	10.10
TIT2	NNR-MORVEL56	-13.44	15.30	9.48
TIT2	GEODVEL 2010	-13.71	17.00	9.54
TIT2	MORVEL 2010	-13.42	15.27	9.47
TIT2	ITRF2008	-14.42	16.51	10.16
TIT2	APKIM2005-DGFI	-14.46	16.24	10.22
TIT2	APKIM2005-IGN	-14.87	15.82	10.59
TIT2	GSRM v1.2	-15.02	17.78	10.53
TIT2	CGPS 2004	-13.66	17.28	9.48
TIT2	REVEL 2000	-13.12	17.73	9.00
TIT2	ITRF2000 (AS&B [2002])	-13.45	17.30	9.31
TIT2	HS3-NUVEL1A	-13.24	17.43	9.12
TIT2	APKIM2000.0	-13.47	16.74	9.37
TIT2	ITRF2000 (D&A [2001])	-13.54	17.05	9.40
TIT2	HS2-NUVEL1A	-13.03	17.12	8.98
TIT2	NUVEL 1A	-13.24	17.43	9.12
TIT2	NUVEL 1	-13.59	17.93	9.36

Tablo 64. TLSE istasyonu için “Plate Motion Calculator” yazılımından elde edilen hızlar

İstasyon	Model	X Yönündeki Hız (mm/yıl)	Y Yönündeki Hız (mm/yıl)	Z Yönündeki Hız (mm/yıl)
TLSE	GSRM v2.1	-12.15	19.09	12.33
TLSE	ITRF2014 [2016]	-11.71	19.08	11.87
TLSE	NNR-MORVEL56	-11.09	16.74	11.28
TLSE	GEODVEL 2010	-11.14	18.98	11.27
TLSE	MORVEL 2010	-11.07	16.72	11.26
TLSE	ITRF2008	-11.76	18.59	11.93
TLSE	APKIM2005-DGFI	-11.79	18.38	11.97
TLSE	APKIM2005-IGN	-12.16	17.97	12.38
TLSE	GSRM v1.2	-12.24	19.94	12.41
TLSE	CGPS 2004	-11.04	19.47	11.15
TLSE	REVEL 2000	-10.56	19.87	10.63
TLSE	ITRF2000 (AS&B [2002])	-10.85	19.52	10.94
TLSE	HS3-NUVEL1A	-10.85	18.87	10.97
TLSE	APKIM2000.0	-10.87	19.00	10.98
TLSE	ITRF2000 (D&A [2001])	-10.97	19.10	11.09
TLSE	HS2-NUVEL1A	-10.68	18.56	10.79
TLSE	NUVEL 1A	-10.85	18.88	10.97
TLSE	NUVEL 1	-11.14	19.41	11.25

Tablo 65. VIS0 istasyonu için “Plate Motion Calculator” yazılımından elde edilen hızlar

İstasyon	Model	X Yönündeki Hız (mm/yıl)	Y Yönündeki Hız (mm/yıl)	Z Yönündeki Hız (mm/yıl)
VIS0	GSRM v2.1	-18.52	13.98	8.40
VIS0	ITRF2014 [2016]	-17.85	14.33	7.92
VIS0	NNR-MORVEL56	-16.33	13.42	7.19
VIS0	GEODVEL 2010	-17.01	14.55	7.37
VIS0	MORVEL 2010	-16.31	13.40	7.18
VIS0	ITRF2008	-17.81	13.96	7.97
VIS0	APKIM2005-DGFI	-17.87	13.64	8.08
VIS0	APKIM2005-IGN	-18.30	13.22	8.42
VIS0	GSRM v1.2	-18.59	15.13	8.21
VIS0	CGPS 2004	-17.10	14.61	7.41
VIS0	REVEL 2000	-16.51	15.09	6.96
VIS0	ITRF2000 (AS&B [2002])	-16.89	14.59	7.29
VIS0	HS3-NUVEL1A	-16.25	15.49	6.72
VIS0	APKIM2000.0	-16.90	14.01	7.41
VIS0	ITRF2000 (D&A [2001])	-16.87	14.52	7.29
VIS0	HS2-NUVEL1A	-16.00	15.21	6.62
VIS0	NUVEL 1A	-16.25	15.50	6.72
VIS0	NUVEL 1	-16.68	15.94	6.89

Tablo 66. WARN istasyonu için “Plate Motion Calculator” yazılımından elde edilen hızlar

İstasyon	Model	X Yönündeki Hız (mm/yıl)	Y Yönündeki Hız (mm/yıl)	Z Yönündeki Hız (mm/yıl)
WARN	GSRM v2.1	-16.80	15.52	9.58
WARN	ITRF2014 [2016]	-16.19	15.78	9.10
WARN	NNR-MORVEL56	-14.94	14.47	8.41
WARN	GEODVEL 2010	-15.43	15.91	8.54
WARN	MORVEL 2010	-14.92	14.45	8.40
WARN	ITRF2008	-16.18	15.38	9.16
WARN	APKIM2005-DGFI	-16.23	15.08	9.24
WARN	APKIM2005-IGN	-16.65	14.66	9.60
WARN	GSRM v1.2	-16.88	16.60	9.47
WARN	CGPS 2004	-15.45	16.09	8.53
WARN	REVEL 2000	-14.89	16.55	8.06
WARN	ITRF2000 (AS&B [2002])	-15.24	16.09	8.38
WARN	HS3-NUVEL1A	-14.80	16.58	7.99
WARN	APKIM2000.0	-15.26	15.53	8.48
WARN	ITRF2000 (D&A [2001])	-15.27	15.92	8.43
WARN	HS2-NUVEL1A	-14.57	16.28	7.88
WARN	NUVEL 1A	-14.80	16.59	7.99
WARN	NUVEL 1	-15.19	17.06	8.20

Tablo 67. WROC istasyonu için “Plate Motion Calculator” yazılımından elde edilen hızlar

İstasyon	Model	X Yönündeki Hız (mm/yıl)	Y Yönündeki Hız (mm/yıl)	Z Yönündeki Hız (mm/yıl)
WROC	GSRM v2.1	-17.78	16.16	9.95
WROC	ITRF2014 [2016]	-17.13	16.35	9.40
WROC	NNR-MORVEL56	-15.59	14.84	8.56
WROC	GEODVEL 2010	-16.33	16.44	8.76
WROC	MORVEL 2010	-15.56	14.82	8.55
WROC	ITRF2008	-17.07	15.94	9.46
WROC	APKIM2005-DGFI	-17.14	15.66	9.57
WROC	APKIM2005-IGN	-17.52	15.24	9.97
WROC	GSRM v1.2	-17.83	17.18	9.75
WROC	CGPS 2004	-16.45	16.68	8.80
WROC	REVEL 2000	-15.91	17.13	8.27
WROC	ITRF2000 (AS&B [2002])	-16.26	16.69	8.65
WROC	HS3-NUVEL1A	-15.54	16.93	8.03
WROC	APKIM2000.0	-16.27	16.14	8.78
WROC	ITRF2000 (D&A [2001])	-16.22	16.47	8.66
WROC	HS2-NUVEL1A	-15.31	16.64	7.92
WROC	NUVEL 1A	-15.55	16.94	8.03
WROC	NUVEL 1	-15.96	17.42	8.24

Tablo 68. WTZR istasyonu için “Plate Motion Calculator” yazılımından elde edilen hızlar

İstasyon	Model	X Yönündeki Hız (mm/yıl)	Y Yönündeki Hız (mm/yıl)	Z Yönündeki Hız (mm/yıl)
WTZR	GSRM v2.1	-16.45	17.05	10.65
WTZR	ITRF2014 [2016]	-15.85	17.19	10.12
WTZR	NNR-MORVEL56	-14.52	15.44	9.33
WTZR	GEODVEL 2010	-15.11	17.22	9.48
WTZR	MORVEL 2010	-14.50	15.42	9.32
WTZR	ITRF2008	-15.82	16.75	10.18
WTZR	APKIM2005-DGFI	-15.88	16.49	10.27
WTZR	APKIM2005-IGN	-16.26	16.08	10.68
WTZR	GSRM v1.2	-16.51	18.03	10.51
WTZR	CGPS 2004	-15.18	17.54	9.48
WTZR	REVEL 2000	-14.65	17.97	8.95
WTZR	ITRF2000 (AS&B [2002])	-14.99	17.56	9.31
WTZR	HS3-NUVEL1A	-14.44	17.55	8.85
WTZR	APKIM2000.0	-15.00	17.02	9.43
WTZR	ITRF2000 (D&A [2001])	-14.98	17.29	9.36
WTZR	HS2-NUVEL1A	-14.21	17.25	8.72
WTZR	NUVEL 1A	-14.44	17.56	8.85
WTZR	NUVEL 1	-14.82	18.06	9.07

Tablo 69. YEBE istasyonu için “Plate Motion Calculator” yazılımından elde edilen hızlar

İstasyon	Model	X Yönündeki Hız (mm/yıl)	Y Yönündeki Hız (mm/yıl)	Z Yönündeki Hız (mm/yıl)
YEBE	GSRM v2.1	-10.00	19.89	13.02
YEBE	ITRF2014 [2016]	-9.64	19.80	12.60
YEBE	NNR-MORVEL56	-9.36	17.21	12.10
YEBE	GEODVEL 2010	-9.16	19.64	12.01
YEBE	MORVEL 2010	-9.35	17.19	12.08
YEBE	ITRF2008	-9.72	19.29	12.66
YEBE	APKIM2005-DGFI	-9.74	19.11	12.67
YEBE	APKIM2005-IGN	-10.11	18.70	13.07
YEBE	GSRM v1.2	-10.10	20.66	13.19
YEBE	CGPS 2004	-8.98	20.21	11.84
YEBE	REVEL 2000	-8.52	20.59	11.33
YEBE	ITRF2000 (AS&B [2002])	-8.79	20.27	11.62
YEBE	HS3-NUVEL1A	-9.05	19.32	11.87
YEBE	APKIM2000.0	-8.81	19.77	11.62
YEBE	ITRF2000 (D&A [2001])	-8.97	19.79	11.80
YEBE	HS2-NUVEL1A	-8.90	19.01	11.67
YEBE	NUVEL 1A	-9.05	19.33	11.87
YEBE	NUVEL 1	-9.29	19.87	12.18

Tablo 70. ZECK istasyonu için “Plate Motion Calculator” yazılımından elde edilen hızlar

İstasyon	Model	X Yönündeki Hız (mm/yıl)	Y Yönündeki Hız (mm/yıl)	Z Yönündeki Hız (mm/yıl)
ZECK	GSRM v2.1	-23.63	14.52	8.45
ZECK	ITRF2014 [2016]	-22.74	14.69	7.64
ZECK	NNR-MORVEL56	-19.75	13.31	6.25
ZECK	GEODVEL 2010	-21.76	14.76	6.81
ZECK	MORVEL 2010	-19.73	13.29	6.24
ZECK	ITRF2008	-22.50	14.32	7.70
ZECK	APKIM2005-DGFI	-22.62	14.07	7.97
ZECK	APKIM2005-IGN	-22.88	13.70	8.44
ZECK	GSRM v1.2	-23.57	15.43	7.77
ZECK	CGPS 2004	-22.31	14.99	7.09
ZECK	REVEL 2000	-21.84	15.38	6.44
ZECK	ITRF2000 (AS&B [2002])	-22.20	15.00	7.00
ZECK	HS3-NUVEL1A	-20.16	15.18	5.27
ZECK	APKIM2000.0	-22.16	14.51	7.31
ZECK	ITRF2000 (D&A [2001])	-21.81	14.80	6.82
ZECK	HS2-NUVEL1A	-19.87	14.92	5.22
ZECK	NUVEL 1A	-20.17	15.19	5.26
ZECK	NUVEL 1	-20.70	15.62	5.38

Tablo 71. ZIMM istasyonu için “Plate Motion Calculator” yazılımından elde edilen hızlar

İstasyon	Model	X Yönündeki Hız (mm/yıl)	Y Yönündeki Hız (mm/yıl)	Z Yönündeki Hız (mm/yıl)
ZIMM	GSRM v2.1	-14.58	18.01	11.43
ZIMM	ITRF2014 [2016]	-14.06	18.08	10.93
ZIMM	NNR-MORVEL56	-13.04	16.06	10.22
ZIMM	GEODVEL 2010	-13.39	18.05	10.30
ZIMM	MORVEL 2010	-13.02	16.04	10.21
ZIMM	ITRF2008	-14.06	17.61	10.98
ZIMM	APKIM2005-DGFI	-14.10	17.38	11.06
ZIMM	APKIM2005-IGN	-14.49	16.96	11.46
ZIMM	GSRM v1.2	-14.66	18.93	11.39
ZIMM	CGPS 2004	-13.38	18.44	10.25
ZIMM	REVEL 2000	-12.87	18.86	9.72
ZIMM	ITRF2000 (AS&B [2002])	-13.19	18.48	10.06
ZIMM	HS3-NUVEL1A	-12.88	18.19	9.82
ZIMM	APKIM2000.0	-13.20	17.95	10.14
ZIMM	ITRF2000 (D&A [2001])	-13.24	18.14	10.15
ZIMM	HS2-NUVEL1A	-12.68	17.88	9.67
ZIMM	NUVEL 1A	-12.89	18.20	9.82
ZIMM	NUVEL 1	-13.23	18.71	10.07

NUVEL 1A modeli daha jeolojik temelli bir plaka hareket modeli iken, GSRMv2.1 modeli ise daha jeodezik temelli bir plaka hareket modelidir. 18 plaka hareket modeli sonuçlarını kendi aralarında karşılaştırıldığında X, Y ve Z yönündeki hızlarda en fazla ± 3 mm/yıl farklılıklar görülmektedir. GSRMv2.1 modeli ile NUVEL 1A modeli arasındaki farklılık ise en fazla ± 3 mm/yıldır. Bu plaka hareket modellerinden GSRMv2.1 modeli sonuçlarını ITRF hızları ile karşılaştırıldığında birinci ağıdaki ITRF hızları GSRMv2.1 hızlarından çoğunlukla 1mm/yıldan az iken, en fazla 2,5 mm/yıl fazla olduğu görülürken, ikinci ağıda bu fark yaklaşık 4 mm/yıl, üçüncü ve dördüncü ağıda ise, fark yaklaşık 2 mm/yıldır. Tablo 72’de ITRF hızları ve plaka hareket modellerinden (GSRMv2.1 modeli, NUVEL 1A) elde edilen hızlara yer verilmiştir.

Tablo 72. ITRF hızları ve plaka hareket modellerinden (GSRMv2.1 modeli, NUVEL 1A) elde edilen hızlar

İstasyon İsimleri	V _x (mm/y)	X yön. hız GSRMv2.1 (mm/y)	X yön. hız NUVEL1A (mm/y)	V _y (mm/y)	Y yön. hız GSRMv2.1 (mm/y)	Y yön. hız NUVEL1A (mm/y)	V _z (mm/y)	Z yön. hız GSRMv2.1 (mm/y)	Z yön. hız NUVEL1 A (mm/y)
BRST	-21.45	-11.38	-10.32	16.53	17.65	18.00	-1.82	11.39	10.46
BUCU	-25.74	-19.68	-16.98	17.71	17.04	17.27	-1.68	10.43	7.83
CEBR	-18.17	-9.56	-8.69	18.53	19.88	19.32	1.06	13.04	11.97
CRAO	-29.08	-16.51	-16.37	16.37	-1.3	-1.72	-2.46	13.32	12.96
DLF1	-22.98	-14.53	-12.93	16.3	16.52	17.28	-1.95	10.41	9.1
GANP	-23.71	-18.46	-16.07	15.06	16.48	17.09	-1.14	10.13	7.98
GOPE	-24.47	-17.06	-14.94	16.84	16.69	17.31	-0.97	10.36	8.5
GRAZ	-25.11	-16.93	-14.8	17.23	17.48	17.78	-0.1	10.91	8.91
ISTA	-26.83	-20.22	-17.35	17.38	17.41	17.36	-1.99	10.65	7.79
IZMI	-8.78	-19.38	-16.62	3.89	18.32	17.92	-15.33	11.33	8.44
JOZE	-26.71	-18.86	-16.44	13.77	15.51	16.47	-5.18	9.43	7.4
LAMA	-26.13	-18.87	-16.48	14.96	15	16.15	-1.02	9.08	7.14
LROC	-20.92	-11.86	-10.67	17.34	18.35	18.44	-0.81	11.84	10.69
M0SE	-24.49	-15.32	-13.39	17.38	19.11	18.79	-0.53	12.14	10.11
MADR	-20.89	-9.59	-8.95	19.11	19.89	19.87	-1.43	13.05	12.29
MAR7	-23.1	-18.4	-16.19	13.78	13.05	14.88	3.02	7.77	6.27
MARS	-21.74	-13.31	-11.79	18.09	19.1	18.87	-0.53	12.26	10.66
MATE	-27.59	-16.46	-14.29	19.75	19.09	18.69	1.07	12.05	9.75
MEDI	-25.69	-15.46	-13.56	18.16	18.47	18.43	0.73	11.69	9.78
METS	-25.73	-19.82	-17.34	15.01	12.64	14.53	0.61	7.4	5.64
MIKL	-27.86	-21.37	-18.39	16.46	15.55	16.21	-1.71	9.3	6.59
NOT1	-26.61	-15.3	-13.28	18.57	20.14	19.29	1.03	12.85	10.52
OBE4	-23.07	-15.86	-13.95	17.89	17.47	17.83	-0.98	10.97	9.21
ONS1	-23.5	-17.06	-15.06	13.71	14.45	15.88	-0.36	8.82	7.37
ORID	-23.82	-17.79	-15.38	19.42	18.54	18.28	-2.62	11.58	9.1
PENC	-25.38	-18.07	-15.73	17.93	16.94	17.39	-0.53	10.47	8.31
POTS	-21.31	-16.86	-14.83	17.03	16.04	16.92	-0.89	9.93	8.24
SFER	-4.19	-7.91	-7.28	12.68	20.8	19.8	5.35	13.78	12.77
SOFI	-24.68	-18.73	-16.17	19.45	17.87	17.83	-2.05	11.07	8.51
SULP	-26.99	-19.48	-16.91	16.05	15.86	16.63	-1.47	9.63	7.37
SVTL	-27.19	-20.84	-18.17	14.41	12.01	14.03	-0.71	6.9	5.01
TIT2	-18.35	-14.94	-13.24	16.92	16.77	17.43	3.01	10.56	9.12
TLSE	-20.73	-12.15	-10.85	18.24	19.09	18.88	0.36	12.33	10.97
VIS0	-24.95	-18.52	-16.25	14.44	13.98	15.5	0.1	8.4	6.72
WARN	-22.92	-16.8	-14.8	15.54	15.52	16.59	0.27	9.58	7.99
WROC	-25.18	-17.78	-15.55	15.67	16.16	16.94	-1.29	9.95	8.03
WTZR	-24.07	-16.45	-14.44	16.87	17.05	17.56	-0.04	10.65	8.85
YEBE	-18.78	-10	-9.05	18.42	19.89	19.33	0.26	13.02	11.87
ZECK	-30.13	-23.63	-20.17	16.09	14.52	15.19	-0.75	8.45	5.26
ZIMM	-22.88	-14.58	-12.89	17.25	18.01	18.2	0.15	11.43	9.82

3.5. Tahmin Yöntemlerinden Hesaplanan Hızlarla İlgili Bulgular

LSF, LOWESS ve Bayesci yöntemlerini MATLAB R2019a yazılımında kodlayarak aşağıdaki tabloda verilen hız sonuçları Tablo 78-80’de sunulmuştur.

Tablo 73 incelendiğinde, istasyonların çoğunun batıya doğru hızları bulunmaktadır. Özellikle MEDI istasyonu en büyük batıya doğru hızı göstermekteyken SFER istasyonu doğuya doğru hızıyla dikkat çekmektedir. ORID istasyonu en yüksek kuzeye doğru hızı sergilemektedir. Sulp istasyonu en yüksek yükselme hızına sahiptir. Her bir hızın yanında verilen model belirsizlikleri (m_x , m_y , m_z), tahminlerin güvenilirliğini ifade eder. Bu değerlerin genel olarak düşük olması, hız tahminlerinin yüksek bir kesinlikle yapıldığını gösterir. MEDI’nin büyük batıya doğru hızı ve SFER’in doğuya doğru pozitif hızı, bu bölgelerdeki jeodinamik süreçlerin karmaşıklığını gösterir.

Tablo 74 incelendiğinde, Bazı istasyonlar, özellikle Y yönünde, oldukça yüksek hız değerlerine sahiptir, NOT1 istasyonu dikkat çekmektedir, bu da kuzeye doğru önemli bir hareketi gösterir. Bu yöntemde de her bir hız tahmininin yanında sunulan model belirsizlikleri (m_x , m_y , m_z), tahminlerin güvenilirliği hakkında bilgi verir. Genellikle, bu belirsizlik değerleri düşük olup, yapılan tahminlerin yüksek bir kesinlikle gerçekleştirildiğini gösterir. SFER istasyonu ise en yüksek yükselme hızına sahiptir.

Tablo 75 incelendiğinde, çoğu istasyon için hem X hem de Y yönlerinde yüksek hız değerleri gözlemlenmektedir. Özellikle, MEDI istasyonu X ve Z yönlerinde en yüksek hızlara sahiptir, bu da belirgin bir batıya doğru ve yükselme hareketini gösterir. X yönündeki hızlar genellikle negatif (batıya doğru) iken, Y yönündeki hızlar pozitif (kuzeye doğru) değerler alır. Bu, genel olarak istasyonların batıya ve kuzeye doğru hareket ettiğini gösterir. Öte yandan, SFER istasyonu X ve Z yönlerinde pozitif hızlar sergileyerek farklı bir hareket göstermektedir.

Tablo 73. Bayesci yöntemi tahmin edilen hızlar

İstasyon İsimleri	X Yönündeki Hız (mm/yıl)	m_x (mm/yıl)	Y Yönündeki Hız (mm/yıl)	m_y (mm/yıl)	Z Yönündeki Hız (mm/yıl)	m_z (mm/yıl)
BRST	-25.08	0.02619	46.374	0.02619	35.893	0.02619
BUCU	-51.2	0.02622	45.775	0.02622	29.946	0.02622
CEBR	-50.11	0.02620	56.076	0.02620	18.167	0.02620
CRAO	-43.06	0.03232	49.478	0.03232	30.933	0.03232
DLF1	-31.82	0.02625	47.504	0.02625	41.733	0.02625
GANP	-37.12	0.02817	39.041	0.02817	34.351	0.02817
GOPE	-45.36	0.02688	43.939	0.02688	33.082	0.02688
GRAZ	-44.1	0.02616	49.277	0.02616	32.369	0.02616
ISTA	-41.13	0.02618	52.67	0.02618	35.801	0.02618
IZMI	-32.67	0.03008	14.584	0.03008	24.128	0.03008
JOZE	-52.3	0.02664	46.434	0.02664	19.49	0.02664
LAMA	-34.77	0.02990	51.769	0.02990	22.287	0.02990
LROC	-41.68	0.02701	53.322	0.02701	27.791	0.02701
M0SE	-46.38	0.02668	46.097	0.02668	32.527	0.02668
MADR	-24.31	0.02618	53.386	0.02618	37.335	0.02618
MAR7	-31.86	0.02618	44.565	0.02618	45.209	0.02618
MARS	-36.17	0.02623	52.272	0.02623	34.135	0.02623
MATE	-56.27	0.02638	52.951	0.02638	30.205	0.02638
MEDI	-81.17	0.02625	47.76	0.02625	2.109	0.02625
METS	-50.06	0.02622	42.064	0.02622	37.813	0.02622
MIKL	-54.17	0.02627	43.201	0.02627	27.002	0.02627
NOT1	-56.28	0.03054	48.054	0.03054	26.542	0.03054
OBE4	-40.33	0.02745	50.515	0.02745	29.762	0.02745
ONS1	-32.97	0.02616	40.474	0.02616	40.757	0.02616
ORID	-41.02	0.02623	58.278	0.02623	24.634	0.02623
PENC	-29.01	0.02703	55.272	0.02703	53.346	0.02703
POTS	-36.93	0.02631	46.756	0.02631	31.196	0.02631
SFER	40.665	0.02696	63.814	0.02696	34.985	0.02696
SOFI	-40.15	0.02626	59.676	0.02626	34.417	0.02626
SULP	-22.7	0.02894	55.979	0.02894	71.389	0.02894
SVTL	-43.58	0.02633	43.629	0.02633	29.317	0.02633
TIT2	-21.16	0.02732	45.152	0.02732	39.766	0.02732
TLSE	-27.65	0.02617	51.79	0.02617	37.999	0.02617
VIS0	-39.79	0.0261	41.387	0.02616	33.848	0.02616
WARN	-35.67	0.02616	43.595	0.02616	34.847	0.02616
WROC	-46.67	0.02630	45.897	0.02630	28.095	0.02630
WTZR	-37.97	0.02617	48.338	0.02617	35.947	0.02617
YEBE	-14.09	0.02627	46.506	0.02627	47.54	0.02627
ZECK	-57.13	0.02621	42.063	0.02621	32.773	0.02621
ZIMM	-27.53	0.02618	48.238	0.02618	39.774	0.02618

Tablo 74. Lowess yöntemi ile tahmin edilen hızlar

İstasyon İsimleri	X Yönündeki Hız (mm/yıl)	m_x (mm/yıl)	Y Yönündeki Hız (mm/yıl)	m_y (mm/yıl)	Z Yönündeki Hız (mm/yıl)	m_z (mm/yıl)
BRST	-31.86	0.098666	48.131	0.023012	27.35	0.101004
BUCU	-50.07	0.093706	48.649	0.078218	26.854	0.078473
CEBR	-24.69	0.091543	51.802	0.015055	36.384	0.106745
CRAO	-52.4	0.107828	41.579	0.029226	23.504	0.097533
DLF1	-38.66	0.114885	46.146	0.033828	27.977	0.09728
GANP	-46.82	0.122287	46.249	0.025943	36.837	0.092507
GOPE	-45.21	0.129928	48.842	0.03257	28.747	0.082732
GRAZ	-44.96	0.091731	48.195	0.009836	28.888	0.100201
ISTA	-45.97	0.121661	47.613	0.021794	29.555	0.102324
IZMI	-29.55	0.132291	14.584	0.04304	17.424	0.073491
JOZE	-51.56	0.131212	41.562	0.058456	20.126	0.11216
LAMA	-44.38	0.107854	43.798	0.060439	35.361	0.114263
LROC	-41.1	0.107729	53.535	0.031714	25.405	0.103915
M0SE	-42.31	0.118553	50.183	0.027677	32.422	0.096284
MADR	-24.26	0.117547	54.743	0.045803	33.957	0.104275
MAR7	-33.02	0.088409	40.891	0.045687	46.566	0.104876
MARS	-32.47	0.123168	52.346	0.025288	32.811	0.082611
MATE	-49.96	0.000001	55.234	0.034632	36.694	0.11599
MEDI	-49.7	0.139492	50.008	0.073653	36.362	0.190491
METS	-44.49	0.100103	40.73	0.060499	30.715	0.089876
MIKL	-51.02	0.127998	43.202	0.038692	28.489	0.073542
NOT1	-63.24	0.101017	70.192	0.038179	57.341	0.121623
OBE4	-44.05	0.094284	57.221	0.038872	29.762	0.106752
ONS1	-37.66	0.097785	39.918	0.01934	29.331	0.118444
ORID	-41.27	0.142097	54.839	0.031373	21.936	0.0818
PENC	-46.27	0.096667	51.859	0.023093	31.68	0.117865
POTS	-39.09	0.09275	46.848	0.031775	31.042	0.117101
SFER	20.12	0.094947	44.945	0.009949	47.646	0.109773
SOFI	-40.39	0.167888	51.587	0.053186	26.67	0.128695
SULP	-53.1	0.08782	49.508	0.046492	35.676	0.09766
SVTL	-50.83	0.094071	39.018	0.000001	23.472	0.102899
TIT2	-30.6	0.086683	51.491	0.060268	38.649	0.105185
TLSE	-31.82	0.102314	52.158	0.032662	31.566	0.100594
VIS0	-41.15	0.115509	40.88	0.033683	30.711	0.102434
WARN	-38.64	0.128064	43.564	0.05263	28.774	0.113469
WROC	-45.23	0.109724	44.254	0.015865	25.532	0.099665
WTZR	-41.9	0.143567	47.406	0.107681	30.163	0.147223
YEBE	-25.34	0.092898	53.316	0.019898	34.637	0.111064
ZECK	-56.36	0.094779	42.329	0.053269	28.676	0.094062
ZIMM	-37.41	0.092949	49.301	0.018234	32.883	0.089305

Tablo 75. LSF yöntemi ile tahmin edilen hızlar

İstasyon İsimleri	X Yönündeki Hız (mm/yıl)	m_x (mm/yıl)	Y Yönündeki Hız (mm/yıl)	m_y (mm/yıl)	Z Yönündeki Hız (mm/yıl)	m_z (mm/yıl)
BRST	-25.08	0.00000174	46.374	0.000000737	25.08	0.00000174
BUCU	-51.2	0.00000155	45.775	0.000000913	51.2	0.00000155
CEBR	-50.11	0.00000245	56.076	0.00000095	50.11	0.00000245
CRAO	-43.06	0.00000366	49.478	0.00000282	43.06	0.00000366
DLF1	-31.82	0.00000171	47.504	0.000000716	31.82	0.00000171
GANP	-37.12	0.0000021	39.041	0.00000124	37.12	0.0000021
GOPE	-45.36	0.00000184	43.939	0.000000841	45.36	0.00000184
GRAZ	-44.1	0.00000173	49.277	0.000000818	44.1	0.00000173
ISTA	-41.13	0.00000173	52.67	0.00000114	41.13	0.00000173
IZMI	-32.67	0.0000033	14.584	0.00000224	32.67	0.0000033
JOZE	-52.3	0.00000197	46.434	0.00000122	52.3	0.00000197
LAMA	-34.77	0.0000031	51.769	0.00000143	34.77	0.0000031
LROC	-41.68	0.0000019	53.322	0.000000751	41.68	0.0000019
M0SE	-46.38	0.00000204	46.097	0.000000824	46.38	0.00000204
MADR	-24.31	0.00000254	53.386	0.000000923	24.31	0.00000254
MAR7	-31.86	0.00000144	44.565	0.000000809	31.86	0.00000144
MARS	-36.17	0.00000251	52.272	0.000000838	36.17	0.00000251
MATE	-56.27	0.00000218	52.951	0.00000102	56.27	0.00000218
MEDI	-81.17	0.00000307	47.76	0.00000133	81.17	0.00000307
METS	-50.06	0.00000123	42.064	0.000000932	50.06	0.00000123
MIKL	-54.17	0.00000142	43.201	0.00000104	54.17	0.00000142
NOT1	-56.28	0.00000488	48.054	0.00000217	56.28	0.00000488
OBE4	-40.33	0.00000285	50.515	0.00000112	40.33	0.00000285
ONS1	-32.97	0.00000147	40.474	0.000000791	32.97	0.00000147
ORID	-41.02	0.00000201	58.278	0.00000107	41.02	0.00000201
PENC	-29.01	0.00000204	55.272	0.00000113	29.01	0.00000204
POTS	-36.93	0.00000164	46.756	0.000000732	36.93	0.00000164
SFER	40.665	0.00000326	63.814	0.0000014	40.665	0.00000326
SOFI	-40.15	0.00000275	59.676	0.00000178	40.15	0.00000275
SULP	-22.7	0.00000192	55.979	0.00000114	22.7	0.00000192
SVTL	-43.58	0.00000126	43.629	0.000000893	43.58	0.00000126
TIT2	-21.16	0.00000171	45.152	0.000000801	21.16	0.00000171
TLSE	-27.65	0.00000185	51.79	0.000000673	27.65	0.00000185
VIS0	-39.79	0.00000139	41.387	0.000000809	39.79	0.00000139
WARN	-35.67	0.00000168	43.595	0.000000703	35.67	0.00000168
WROC	-46.67	0.00000165	45.897	0.000000783	46.67	0.00000165
WTZR	-37.97	0.00000169	48.338	0.000000745	37.97	0.00000169
YEBE	-14.09	0.00000234	46.506	0.000000846	14.09	0.00000234
ZECK	-57.13	0.00000138	42.063	0.00000133	57.13	0.00000138
ZIMM	-27.53	0.00000171	48.238	0.000000861	27.53	0.00000171

Tahmin yöntemleriyle elde edilen X, Y, Z yönündeki hız değerleri ve $m_{x_0}, m_{y_0}, m_{z_0}$ değerlerine yer verilmiştir (Tablo 76-78). Her bir IGS ve IVS istasyonu için dört yıllık koordinat verilerinden Bayesci Tahminleme, LOWESS, LSF gibi tahmin yöntemleriyle bulunan hız sonuçları birbirine yakın değerler çıkmıştır. m_x, m_y, m_z değerleri incelediğinde de yöntemlerin veri türüne uyumlu olduğu sonucu çıkmaktadır.

Tahmin yöntemleriyle elde edilen hızlar birbiri ile uyumlu sonuçlar olsa da Bernese 5.2. GNSS yazılımından elde edilen ITRF2014 hızları, ITRF2014 yerel hızları, ITRF2014 açısal hızları, ETRF2014 hızları ve PORT-GFZ VLBI yazılımından elde edilen VLBI hızlarından yaklaşık olarak 3cm/yıl kadar farklılık ortaya çıkmıştır.

Tahmin yöntemlerinde sadece koordinat verisi kullanıldığından, temel ve doğrudan sonuçlara odaklanırken, Bernese 5.2. ve PORT-GFZ yazılımlarla yapılan hesaplamalarda daha fazla parametre işleme katılmıştır. Tahmin yöntemleriyle elde edilen X, Y, Z yönündeki hız değerleri, IGS istasyonlarının ITRF2014 V_X, V_Y, V_Z hızları ve VLBI istasyonlarının V_X, V_Y, V_Z hızlarına yer verilmiştir (Tablo 79-81).

Tablo 76. Tahmin yöntemleriyle elde edilen X yönündeki hız değerleri ve m_x değerleri

İstasyon İsimleri	X Yönündeki Hız Bayesci Tahminleme (mm/yıl)	X Yönündeki Hız LOWESS (mm/yıl)	X Yönündeki Hız LSF (mm/yıl)	m_x Bayesci Tahminleme (mm/yıl)	m_x LOWESS (mm/yıl)	m_x LSF (mm/yıl)
BRST	-25.08	-31.86	-25.08	0.02619	0.098666	0.00000174
BUCU	-51.2	-50.07	-51.2	0.02622	0.093706	0.00000155
CEBR	-50.11	-24.69	-50.11	0.0262	0.091543	0.00000245
CRAO	-43.06	-52.4	-43.06	0.03232	0.107828	0.00000366
DLF1	-31.82	-38.66	-31.82	0.02625	0.114885	0.00000171
GANP	-37.12	-46.82	-37.12	0.02817	0.122287	0.00000210
GOPE	-45.36	-45.21	-45.36	0.02688	0.129928	0.00000184
GRAZ	-44.1	-44.96	-44.1	0.02616	0.091731	0.00000173
ISTA	-41.13	-45.97	-41.13	0.02618	0.121661	0.00000173
IZMI	-32.67	-29.55	-32.67	0.03008	0.132291	0.00000330
JOZE	-52.3	-51.56	-52.3	0.02664	0.131212	0.00000197
LAMA	-34.77	-44.38	-34.77	0.0299	0.107854	0.00000310
LROC	-41.68	-41.1	-41.68	0.02701	0.107729	0.00000190
M0SE	-46.38	-42.31	-46.38	0.02668	0.118553	0.00000204
MADR	-24.31	-24.26	-24.31	0.02618	0.117547	0.00000254
MAR7	-31.86	-33.02	-31.86	0.02618	0.088409	0.00000144
MARS	-36.17	-32.47	-36.17	0.02623	0.123168	0.00000251
MATE	-56.27	-49.96	-56.27	0.02638	0.259685	0.00000218
MEDI	-81.17	-49.7	-81.17	0.02625	0.139492	0.00000307
METS	-50.06	-44.49	-50.06	0.02622	0.100103	0.00000123
MIKL	-54.17	-51.02	-54.17	0.02627	0.127998	0.00000142
NOT1	-56.28	-63.24	-56.28	0.03054	0.101017	0.00000488
OBE4	-40.33	-44.05	-40.33	0.02745	0.094284	0.00000285
ONS1	-32.97	-37.66	-32.97	0.02616	0.097785	0.00000147
ORID	-41.02	-41.27	-41.02	0.02623	0.142097	0.00000201
PENC	-29.01	-46.27	-29.01	0.02703	0.096667	0.00000204
POTS	-36.93	-39.09	-36.93	0.02631	0.09275	0.00000164
SFER	40.665	20.12	40.665	0.02696	0.094947	0.00000326
SOFI	-40.15	-40.39	-40.15	0.02626	0.167888	0.00000275
SULP	-22.7	-53.1	-22.7	0.02894	0.08782	0.00000192
SVTL	-43.58	-50.83	-43.58	0.02633	0.094071	0.00000126
TIT2	-21.16	-30.6	-21.16	0.02732	0.086683	0.00000171
TLSE	-27.65	-31.82	-27.65	0.02617	0.102314	0.00000185
VIS0	-39.79	-41.15	-39.79	0.0261	0.115509	0.00000139
WARN	-35.67	-38.64	-35.67	0.02616	0.128064	0.00000168
WROC	-46.67	-45.23	-46.67	0.0263	0.109724	0.00000165
WTZR	-37.97	-41.9	-37.97	0.02617	0.143567	0.00000169
YEBE	-14.09	-25.34	-14.09	0.02627	0.092898	0.00000234
ZECK	-57.13	-56.36	-57.13	0.02621	0.094779	0.00000138
ZIMM	-27.53	-37.41	-27.53	0.02618	0.092949	0.00000171

Tablo 77. Tahmin yöntemleriyle elde edilen Y yönündeki hız değerleri ve m_y değerleri

İstasyon İsimleri	Y Yönündeki Hız Bayesci Tahminleme (mm/yıl)	Y Yönündeki Hız LOWESS (mm/yıl)	Y Yönündeki Hız LSF (mm/yıl)	m_y Bayesci Tahminleme (mm/yıl)	m_y LOWESS (mm/yıl)	m_y LSF (mm/yıl)
BRST	46.374	48.131	46.374	0.02619	0.023012	0.000000737
BUCU	45.775	48.649	45.775	0.02622	0.078218	0.000000913
CEBR	56.076	51.802	56.076	0.0262	0.015055	0.000000950
CRAO	49.478	41.579	49.478	0.03232	0.029226	0.000002820
DLF1	47.504	46.146	47.504	0.02625	0.033828	0.000000716
GANP	39.041	46.249	39.041	0.02817	0.025943	0.000001240
GOPE	43.939	48.842	43.939	0.02688	0.03257	0.000000841
GRAZ	49.277	48.195	49.277	0.02616	0.009836	0.000000818
ISTA	52.67	47.613	52.67	0.02618	0.021794	0.000001140
IZMI	14.584	14.584	14.584	0.03008	0.04304	0.000002240
JOZE	46.434	41.562	46.434	0.02664	0.058456	0.000001220
LAMA	51.769	43.798	51.769	0.0299	0.060439	0.000001430
LROC	53.322	53.535	53.322	0.02701	0.031714	0.000000751
M0SE	46.097	50.183	46.097	0.02668	0.027677	0.000000824
MADR	53.386	54.743	53.386	0.02618	0.045803	0.000000923
MAR7	44.565	40.891	44.565	0.02618	0.045687	0.000000809
MARS	52.272	52.346	52.272	0.02623	0.025288	0.000000838
MATE	52.951	55.234	52.951	0.02638	0.034632	0.000001020
MEDI	47.76	50.008	47.76	0.02625	0.073653	0.000001330
METS	42.064	40.73	42.064	0.02622	0.060499	0.000000932
MIKL	43.201	43.202	43.201	0.02627	0.038692	0.000001040
NOT1	48.054	70.192	48.054	0.03054	0.038179	0.000002170
OBE4	50.515	57.221	50.515	0.02745	0.038872	0.000001120
ONS1	40.474	39.918	40.474	0.02616	0.01934	0.000000791
ORID	58.278	54.839	58.278	0.02623	0.031373	0.000001070
PENC	55.272	51.859	55.272	0.02703	0.023093	0.000001130
POTS	46.756	46.848	46.756	0.02631	0.031775	0.000000732
SFER	63.814	44.945	63.814	0.02696	0.009949	0.000001400
SOFI	59.676	51.587	59.676	0.02626	0.053186	0.000001780
SULP	55.979	49.508	55.979	0.02894	0.046492	0.000001140
SVTL	43.629	39.018	43.629	0.02633	0.025468	0.000000893
TIT2	45.152	51.491	45.152	0.02732	0.060268	0.000000801
TLSE	51.79	52.158	51.79	0.02617	0.032662	0.000000673
VIS0	41.387	40.88	41.387	0.02616	0.033683	0.000000809
WARN	43.595	43.564	43.595	0.02616	0.05263	0.000000703
WROC	45.897	44.254	45.897	0.0263	0.015865	0.000000783
WTZR	48.338	47.406	48.338	0.02617	0.107681	0.000000745
YEBE	46.506	53.316	46.506	0.02627	0.019898	0.000000846
ZECK	42.063	42.329	42.063	0.02621	0.053269	0.000001330
ZIMM	48.238	49.301	48.238	0.02618	0.018234	0.000000861

Tablo 78. Tahmin yöntemleriyle elde edilen Z yönündeki hız değerleri ve m_z değerleri

İstasyon İsimleri	Z Yönündeki Hız Bayesci Tahminleme (mm/yıl)	Z Yönündeki Hız LOWESS (mm/yıl)	Z Yönündeki Hız LSF (mm/yıl)	m_z Bayesci Tahminleme (mm/yıl)	m_z LOWESS (mm/yıl)	m_z LSF (mm/yıl)
BRST	35.893	27.35	25.08	0.02619	0.101004	0.00000174
BUCU	29.946	26.854	51.2	0.02622	0.078473	0.00000155
CEBR	18.167	36.384	50.11	0.0262	0.106745	0.00000245
CRAO	30.933	23.504	43.06	0.03232	0.097533	0.00000366
DLF1	41.733	27.977	31.82	0.02625	0.09728	0.00000171
GANP	34.351	36.837	37.12	0.02817	0.092507	0.00000210
GOPE	33.082	28.747	45.36	0.02688	0.082732	0.00000184
GRAZ	32.369	28.888	44.1	0.02616	0.100201	0.00000173
ISTA	35.801	29.555	41.13	0.02618	0.102324	0.00000173
IZMI	24.128	17.424	32.67	0.03008	0.073491	0.00000330
JOZE	19.49	20.126	52.3	0.02664	0.11216	0.00000197
LAMA	22.287	35.361	34.77	0.0299	0.114263	0.00000310
LROC	27.791	25.405	41.68	0.02701	0.103915	0.00000190
M0SE	32.527	32.422	46.38	0.02668	0.096284	0.00000204
MADR	37.335	33.957	24.31	0.02618	0.104275	0.00000254
MAR7	45.209	46.566	31.86	0.02618	0.104876	0.00000144
MARS	34.135	32.811	36.17	0.02623	0.082611	0.00000251
MATE	30.205	36.694	56.27	0.02638	0.11599	0.00000218
MEDI	2.109	36.362	81.17	0.02625	0.190491	0.00000307
METS	37.813	30.715	50.06	0.02622	0.089876	0.00000123
MIKL	27.002	28.489	54.17	0.02627	0.073542	0.00000142
NOT1	26.542	57.341	56.28	0.03054	0.121623	0.00000488
OBE4	29.762	29.762	40.33	0.02745	0.106752	0.00000285
ONS1	40.757	29.331	32.97	0.02616	0.118444	0.00000147
ORID	24.634	21.936	41.02	0.02623	0.0818	0.00000201
PENC	53.346	31.68	29.01	0.02703	0.117865	0.00000204
POTS	31.196	31.042	36.93	0.02631	0.117101	0.00000164
SFER	34.985	47.646	40.665	0.02696	0.109773	0.00000326
SOFI	34.417	26.67	40.15	0.02626	0.128695	0.00000275
SULP	71.389	35.676	22.7	0.02894	0.09766	0.00000192
SVTL	29.317	23.472	43.58	0.02633	0.102899	0.00000126
TIT2	39.766	38.649	21.16	0.02732	0.105185	0.00000171
TLSE	37.999	31.566	27.65	0.02617	0.100594	0.00000185
VIS0	33.848	30.711	39.79	0.02616	0.102434	0.00000139
WARN	34.847	28.774	35.67	0.02616	0.113469	0.00000168
WROC	28.095	25.532	46.67	0.0263	0.099665	0.00000165
WTZR	35.947	30.163	37.97	0.02617	0.147223	0.00000169
YEBE	47.54	34.637	14.09	0.02627	0.111064	0.00000234
ZECK	32.773	28.676	57.13	0.02621	0.094062	0.00000138
ZIMM	39.774	32.883	27.53	0.02618	0.089305	0.00000171

Tablo 79. Tahmin yöntemleriyle elde edilen X yönündeki hız değerleri, IGS istasyonlarının ITRF2014 V_x hızları ve VLBI istasyonlarının V_x hızları

İstasyon İsimleri IGS	X Yönündeki Hız Bayesci Tahminleme (mm/yıl)	X Yönündeki Hız LOWESS (mm/yıl)	X Yönündeki Hız LSF (mm/yıl)	ITRF2014 V_x (mm/yıl)	VLBI V_x (mm/yıl)	İstasyon İsimleri IVS
BRST	-25.08	-31.86	-25.08	-21.45		
BUCU	-51.2	-50.07	-51.2	-25.74		
CEBR	-50.11	-24.69	-50.11	-18.17		
CRAO	-43.06	-52.4	-43.06	-29.08	-22.03	CRIMERA
DLF1	-31.82	-38.66	-31.82	-22.98		
GANP	-37.12	-46.82	-37.12	-23.71		
GOPE	-45.36	-45.21	-45.36	-24.47		
GRAZ	-44.1	-44.96	-44.1	-25.11		
ISTA	-41.13	-45.97	-41.13	-26.83		
IZMI	-32.67	-29.55	-32.67	-8.78		
JOZE	-52.3	-51.56	-52.3	-26.71		
LAMA	-34.77	-44.38	-34.77	-26.13		
LROC	-41.68	-41.1	-41.68	-20.92		
M0SE	-46.38	-42.31	-46.38	-24.49		
MADR	-24.31	-24.26	-24.31	-20.89	-10.58	MADRID26
MAR7	-31.86	-33.02	-31.86	-23.1		
MARS	-36.17	-32.47	-36.17	-21.74		
MATE	-56.27	-49.96	-56.27	-27.59	-21.2	MATERA
MEDI	-81.17	-49.7	-81.17	-25.69	-24.81	MEDICINA
METS	-50.06	-44.49	-50.06	-25.73	-21.77	METSAHOV
MIKL	-54.17	-51.02	-54.17	-27.86		
NOT1	-56.28	-63.24	-56.28	-26.61	-22.45	NOTO
OBE4	-40.33	-44.05	-40.33	-23.07		
ONS1	-32.97	-37.66	-32.97	-23.5	-19.96	ONSALA60
ORID	-41.02	-41.27	-41.02	-23.82		
PENC	-29.01	-46.27	-29.01	-25.38		
POTS	-36.93	-39.09	-36.93	-21.31		
SFER	40.665	20.12	40.665	-4.19		
SOFI	-40.15	-40.39	-40.15	-24.68		
SULP	-22.7	-53.1	-22.7	-26.99		
SVTL	-43.58	-50.83	-43.58	-27.19	-22.69	SVETLOE
TIT2	-21.16	-30.6	-21.16	-18.35	-14.41	EFLSBERG
TLSE	-27.65	-31.82	-27.65	-20.73		
VIS0	-39.79	-41.15	-39.79	-24.95		
WARN	-35.67	-38.64	-35.67	-22.92		
WROC	-46.67	-45.23	-46.67	-25.18		
WTZR	-37.97	-41.9	-37.97	-24.07	-20.9	WETTZELL
YEBE	-14.09	-25.34	-14.09	-18.78	-11.49	YEBES
ZECK	-57.13	-56.36	-57.13	-30.13	-23.99	ZELENCHK
ZIMM	-27.53	-37.41	-27.53	-22.88		

Tablo 80. Tahmin yöntemleriyle elde edilen Y yönündeki hız değerleri; IGS istasyonlarının ITRF2014 V_y hızları ve VLBI istasyonlarının V_y hızları

İstasyon İsimleri	Y Yönündeki Hız Bayesci Tahminleme (mm/yıl)	Y Yönündeki Hız LOWESS (mm/yıl)	Y Yönündeki Hız LSF (mm/yıl)	ITRF2014 V_y (mm/yıl)	VLBI V_y (mm/yıl)	İstasyon İsimleri IVS
BRST	46.374	48.131	46.374	16.53		
BUCU	45.775	48.649	45.775	17.71		
CEBR	56.076	51.802	56.076	18.53		
CRAO	49.478	41.579	49.478	16.37	11.26	CRIMERA
DLF1	47.504	46.146	47.504	16.3		
GANP	39.041	46.249	39.041	15.06		
GOPE	43.939	48.842	43.939	16.84		
GRAZ	49.277	48.195	49.277	17.23		
ISTA	52.67	47.613	52.67	17.38		
IZMI	14.584	14.584	14.584	3.89		
JOZE	46.434	41.562	46.434	13.77		
LAMA	51.769	43.798	51.769	14.96		
LROC	53.322	53.535	53.322	17.34		
M0SE	46.097	50.183	46.097	17.38		
MADR	53.386	54.743	53.386	19.11	13.42	MADRID26
MAR7	44.565	40.891	44.565	13.78		
MARS	52.272	52.346	52.272	18.09		
MATE	52.951	55.234	52.951	19.75	20.63	MATERA
MEDI	47.76	50.008	47.76	18.16	17.32	MEDICINA
METS	42.064	40.73	42.064	15.01	16.56	METSAHOV
MIKL	43.201	43.202	43.201	16.46		
NOT1	48.054	70.192	48.054	18.57	20.94	NOTO
OBE4	50.515	57.221	50.515	17.89		
ONS1	40.474	39.918	40.474	13.71	16.18	ONSALA60
ORID	58.278	54.839	58.278	19.42		
PENC	55.272	51.859	55.272	17.93		
POTS	46.756	46.848	46.756	17.03		
SFER	63.814	44.945	63.814	12.68		
SOFI	59.676	51.587	59.676	19.45		
SULP	55.979	49.508	55.979	16.05		
SVTL	43.629	39.018	43.629	14.41	16.2	SVETLOE
TIT2	45.152	51.491	45.152	16.92	16.14	EFLSBERG
TLSE	51.79	52.158	51.79	18.24		
VISO	41.387	40.88	41.387	14.44		
WARN	43.595	43.564	43.595	15.54		
WROC	45.897	44.254	45.897	15.67		
WTZR	48.338	47.406	48.338	16.87	21.65	WETZELL
YEBE	46.506	53.316	46.506	18.42	21.93	YEBES
ZECK	42.063	42.329	42.063	16.09	16.78	ZELENCHK
ZIMM	48.238	49.301	48.238	17.25		

Tablo 81. Tahmin yöntemleriyle elde edilen Z yönündeki hız değerleri, IGS istasyonlarının ITRF2014 V_z hızları ve VLBI istasyonlarının V_z hızları

İstasyon İsimleri	Z Yönündeki Hız Bayesci Tahminleme (mm/yıl)	Z Yönündeki Hız LOWESS (mm/yıl)	Z Yönündeki Hız LSF (mm/yıl)	ITRF2014 V_z (mm/yıl)	VLBI V_z (mm/yıl)	İstasyon İsimleri IVS
BRST	35.893	27.35	25.08	-1.82		
BUCU	29.946	26.854	51.2	-1.68		
CEBR	18.167	36.384	50.11	1.06		
CRAO	30.933	23.504	43.06	-2.46	5.24	CRIMERA
DLF1	41.733	27.977	31.82	-1.95		
GANP	34.351	36.837	37.12	-1.14		
GOPE	33.082	28.747	45.36	-0.97		
GRAZ	32.369	28.888	44.1	-0.1		
ISTA	35.801	29.555	41.13	-1.99		
IZMI	24.128	17.424	32.67	-15.33		
JOZE	19.49	20.126	52.3	-5.18		
LAMA	22.287	35.361	34.77	-1.02		
LROC	27.791	25.405	41.68	-0.81		
M0SE	32.527	32.422	46.38	-0.53		
MADR	37.335	33.957	24.31	-1.43	15.24	MADRID26
MAR7	45.209	46.566	31.86	3.02		
MARS	34.135	32.811	36.17	-0.53		
MATE	30.205	36.694	56.27	1.07	17.83	MATERA
MEDI	2.109	36.362	81.17	0.73	15.72	MEDICINA
METS	37.813	30.715	50.06	0.61	12.17	METSAHOV
MIKL	27.002	28.489	54.17	-1.71		
NOT1	26.542	57.341	56.28	1.03	18.95	NOTO
OBE4	29.762	29.762	40.33	-0.98		
ONS1	40.757	29.331	32.97	-0.36	13.64	ONSALA60
ORID	24.634	21.936	41.02	-2.62		
PENC	53.346	31.68	29.01	-0.53		
POTS	31.196	31.042	36.93	-0.89		
SFER	34.985	47.646	40.665	5.35		
SOFI	34.417	26.67	40.15	-2.05		
SULP	71.389	35.676	22.7	-1.47		
SVTL	29.317	23.472	43.58	-0.71	12.34	SVETLOE
TIT2	39.766	38.649	21.16	3.01	12.49	EFLSBERG
TLSE	37.999	31.566	27.65	0.36		
VIS0	33.848	30.711	39.79	0.1		
WARN	34.847	28.774	35.67	0.27		
WROC	28.095	25.532	46.67	-1.29		
WTZR	35.947	30.163	37.97	-0.04	11.13	WETTZELL
YEBE	47.54	34.637	14.09	0.26	14.11	YEBES
ZECK	32.773	28.676	57.13	-0.75	10.2	ZELENCHK
ZIMM	39.774	32.883	27.53	0.15		

3.6. EUREF Hızları ile Hesaplanan Hızlar Arasındaki Korelasyonların Hesaplanması

Çeşitli hız kestirim yöntemiyle elde edilen hızların ve literatürdeki 18 farklı levha modelinden elde edilen hızların karşılaştırılması amacıyla hazırlanmış bu çalışmada, EUREF Kalıcı Ağının çok yıllık konum ve hız çözümlerini temel alarak hızlar arasındaki korelasyonlar incelenmiştir (Tablo 82). Her bir ağın kendi özel koşulları ve karakteristikleri vardır. Korelasyon değerlerinin farklılıkları, belirli ağların belirli koşullarda daha iyi performans gösterdiğini veya belirli model ve yazılımlarla daha iyi uyum sağladığını gösterebilir. Farklı hız veri kaynakları arasındaki korelasyonlar, kullanılan analitik yöntemlere ve yazılımlara bağlı olabilir. Bu durum, belirli bir analitik yaklaşımın veya yazılımın belirli koşullarda daha iyi performans gösterip göstermediğini değerlendirmek için önemli olabilir.

Tablo 82. EUREF hızları ile elde edilen hızlar arasında korelasyon katsayıları

EUREF hızları	Korelasyon katsayıları (r)
Birinci ağ için hesaplanan ITRF2014 hızları	0.9859
İkinci ağ için hesaplanan ITRF2014 hızları	0.9387
Üçüncü ağ için hesaplanan ITRF2014 hızları	0.9728
Dördüncü ağ için hesaplanan ITRF2014 hızları	0.9447
Birinci ağ için VLBI analizinden elde edilen hızlar	0.9639
Birinci ağ için hesaplanan ITRF2014 açısal hızları	0.9810
İkinci ağ için hesaplanan ITRF2014 açısal hızları	0.9655
Üçüncü ağ için hesaplanan ITRF2014 açısal hızları	0.9776
Dördüncü ağ için hesaplanan ITRF2014 açısal hızları	0.9340
Birinci ağ için GSRMv2.1 modelinden elde hızlar	0.9572
İkinci ağ için GSRMv2.1 modelinden elde hızlar	0.9598
Üçüncü ağ için GSRMv2.1 modelinden elde hızlar	0.9663
Dördüncü ağ için GSRMv2.1 modelinden elde hızlar	0.9329
Birinci ağ için NUVEL 1A modelinden elde hızlar	0.9601
İkinci ağ için NUVEL 1A modelinden elde hızlar	0.9595
Üçüncü ağ için NUVEL 1A modelinden elde hızlar	0.9625
Dördüncü ağ için NUVEL 1A modelinden elde hızlar	0.9377

4. SONUÇLAR

Tablo 82’de bahsedilen Eşitlik (35-36)’dan hesaplanan Pearson korelasyon katsayısı değerlerini yorumlayacak olursak, EUREF hızları ile Bernese GNSS yazılımı ile elde edilen hızlar arasındaki Pearson korelasyonu incelendiğinde birinci ağ için $r=0.9859$, ikinci ağ için $r=0.9387$, üçüncü ağ için $r=0.9728$, dördüncü ağ için $r=0.9447$ değerleri elde edilmiştir. Bernese GNSS yazılımı ile EUREF hızları arasındaki korelasyon değerleri genellikle yüksektir, bu da iki hız verisi arasında güçlü bir ilişkinin olduğunu göstermektedir. Özellikle birinci ve üçüncü uygulama ağları arasındaki korelasyonlar çok yüksektir.

Birinci ağ için VLBI analizinden elde edilen hızlar ile EUREF hızları arasındaki korelasyon ise $r=0.9639$ ’dur. VLBI analizi ile elde edilen hızlar ile EUREF hızları arasındaki korelasyon da yüksektir, bu da bu iki veri kümesi arasında güçlü bir uyum olduğunu göstermektedir.

Hesaplanan açısız hızlar ile EUREF hızları arasındaki korelasyon incelendiğinde ise birinci ağ için $r=0.9810$, ikinci ağ için $r=0.9655$, üçüncü ağ için $r=0.9776$, dördüncü ağ için $r=0.9340$ değerleri elde edilmiştir. Açısız hızlar ile EUREF hızları arasındaki korelasyonlar da genellikle yüksektir. Bu, açısız hızlar ile EUREF hızları arasında güçlü bir ilişki olduğunu göstermektedir.

EUREF hızları ile GSRMv2.1 modelinden elde hızlar içinse ağlar için sırasıyla $r=0.9572$, 0.9598 , 0.9663 , 0.9329 korelasyon değerleri; NUVEL 1A modelinden elde edilen hızlar içinse sırasıyla $r=0.9601$, 0.9595 , 0.9625 , 0.9377 korelasyon değerleri elde edilmiştir. GSRMv2.1 modelinden elde edilen hızlar ile EUREF hızları arasındaki korelasyonlar genellikle yüksektir, ancak dördüncü ağdaki değer biraz daha düşüktür. NUVEL 1A modelinden elde edilen hızlar ile EUREF hızları arasındaki korelasyonlar genellikle yüksektir.

Bu değerlendirmeler, ağlar arasındaki farklı hız hesaplamalarının birbirleriyle olan ilişkilerini göstermektedir. Genel olarak, farklı hız verileri arasında güçlü bir ilişki olduğu görülmektedir. Bu değerler, Bernese GNSS yazılımı ile elde edilen hızların EUREF hızları ile en yüksek korelasyona sahip olduğunu, GSRMv2.1 modeli ile elde edilen hızların ise daha düşük bir korelasyona sahip olduğunu göstermektedir.

İkinci ağ güçlü bir korelasyona sahip ancak birinci ağdan biraz daha düşük bir korelasyon değerine sahiptir. Bu durumda, ikinci ağdan hız verilerinin referans EUREF hızları ile biraz daha düşük bir uyum gösterdiği söylenebilir, ancak hala güçlü bir ilişki söz konusudur. Benzer durum üçüncü ve dördüncü ağ arasında da görülmektedir. Uygulama ağlarına bakıldığında birinci ve üçüncü ağın daha ilişkili sonuçlar verdiği görülmüştür.

Yüksek korelasyon değerleri, farklı hız veri kaynakları arasında güçlü bir benzerlik olduğunu göstermektedir. Bu, bu veri kaynaklarının birbirine yakın sonuçlar ürettiğini ve birbirleriyle güvenilir bir şekilde karşılaştırılabileceğini göstermektedir. Farklı ağlar ve modeller arasındaki değişen korelasyonlar, belirli araştırma veya uygulama ihtiyaçlarına uygun hız verileri seçme esnekliği sunmaktadır. Bu yüksek korelasyon değerleri, kullandığımız hız hesaplama yöntemlerinin uygulama alanımızda uyumlu ve tutarlı hız verileri hesaplandığını göstermektedir. Yüksek korelasyonlar, modelin gerçek dünya hızlarını doğru bir şekilde tahmin edebildiğini göstermektedir.

VLBI-GNSS ortak yerleşkeli istasyonlara baktığımızda ise VLBI verilerinden hesaplanan hızlar ile GNSS verilerinden hesaplanan hızlarda belirgin benzerlikler görülmüştür. Oluşturduğumuz birinci ağda da Bernese yazılımı ile elde edilen hızların korelasyon değeri VLBI verilerinden elde edilen hızlardan daha yüksek çıkmıştır ($r=0.9859, 0.9639$).

Hız kestirimini matematiksel model farklılıkları, parametreler, veri işleme yöntemleri, atmosferik etkiler, saat düzeltmeleri ve yörünge tahminleri gibi faktörler etkilemektedir.

Bayesci Tahminleme, LOWESS ve LSF yöntemleri bağımsız değişken olarak yalnızca bir değişkeni (koordinat verisi) dikkate alır. Bu, analizin veya tahminin temel odak noktasının, belirli bir bağımsız değişkenin etkisi üzerine yoğunlaşması anlamına gelir. Hesaplama ve yorumlama açısından az değişken ele aldığından genellikle daha temeldir. Bunun dezavantajı ise gerçek dünyadaki karmaşıklıkları ve etkileşimleri ihmal etme olasılığını barındırmasıdır.

Bernese GNSS yazılımı ve PORT-GFZ yöntemleri ise analiz veya tahmin süreçlerinde birden çok bağımsız değişkeni (EOP, atmosferik etkiler, koordinat verileri gibi) dikkate alır ve bu değişkenler arasındaki ilişkileri değerlendirir. Bu da daha kapsamlı bir analiz yapmayı ve birçok faktörün birbirine olan etkilerini incelemeyi sağlar. Bu yöntem genellikle daha kapsamlı ve gerçekçi sonuçlar sağlar, ancak daha fazla veri toplama ve analiz karmaşıklığı gerektirmektedir. Bu hesaplama karmaşıklığı sonuçları

doğrudan olumlu etkilemektedir. Bu yöntemler arasındaki temel fark, veri analizi veya tahmin probleminin karmaşıklığına dayanmaktadır. Temel tek değişken yöntemi, temel ve doğrudan sonuçlara odaklanırken, karmaşık çok değişken yöntemi, daha fazla faktörü ve etkileşimi hesaba katmayı amaçlar. Her iki yöntem de akademik araştırmalarda kullanılmaktadır, hatta bazı konularda sonuçları daha iyi anlayabilmek için bazen her iki yöntemin de kullanılması gerekebilir.

GSRMv2.1 ve NUVEL 1A ve diğer plaka hareket modelleri arasındaki hız farkları, modellerin yer kabuğu hareketleri hakkında farklı varsayımlar içerdiğini ve farklı veri kaynaklarından yararlandığını göstermektedir. İstasyon hızları arasındaki farklılıklar, yerel ve bölgesel jeodezik ağların kalibrasyonu ve iyileştirmesi için önemli bilgiler sağlamaktadır. Bazı istasyonlardaki büyük hız değişimleri, jeodezik ağlar üzerinde yapılan düzeltmeleri ve potansiyel yer kabuğu hareketlerini yansıtabilir. Bazı istasyonlardaki yüksek hız değerleri, bu bölgelerdeki artan tektonik aktiviteye işaret edebilir. Örneğin, İZMI istasyonunun dikey yönde gösterdiği -15,33 mm/yıllık büyük negatif hız, o bölgede önemli tektonik yükselme veya alçalmayı gösterebilir. Düşük dikey hızlar veya hatta pozitif hızlar (MAR7, METS, SVTL istasyonlarında), erozyon veya sedimentasyon gibi yüzey süreçlerinin etkilerini gösterebilir. İstasyonlarda gözlemlenen farklı plaka hareket modellerinden elde edilen hız değerleri ile hesaplanan hız değerleri karşılaştırıldığında görülen hız değişimleri, gelecekteki sismik aktivite için potansiyel alanları belirlemekte yardımcı olabilir ve aynı zamanda yer kabuğu gerilmesinin göstergesi olabilir. Dikey hızdaki değişiklikler (MAR7, MADR, SFER istasyonlarında), yerin derinliklerindeki mantonun yükselmesi gibi iç yapısal hareketlerin, dünya yüzeyindeki hareketlere olan etkisini gösterir. Kısaca sonuç olarak, veri setindeki hızlar, Yer kabuğunun karmaşık hareketlerini ve altında yatan jeodinamik süreçleri anlamak için önemli bilgiler sağlamaktadır.

5. ÖNERİLER

Yapılacak çalışmalarda daha doğru sonuçlar elde edip yorumlar yapabilmek için, koordinattan hız kestirimi yaparken, PORT-GFZ VLBI yazılımı, Bernese GNSS 5.2. yazılımı gibi bilimsel yazılımlar aracılığı ile elde edilen sonuçlar üzerinden hız kestirimi yapmak ve karmaşık hesaplamalar yapılabilecek yazılımların kullanılması gerekmektedir. Yazılımların sürekli geliştirilmesi ve yeni yazılımların ortaya çıkması, bilimsel ve akademik çalışmalarda daha hassas sonuçlar elde etmemizi mümkün kılar. Bu teknolojik ilerlemeler, özellikle yer kabuğu hareketleri, plaka tektoniği ve benzeri jeodinamik olayların analizinde, gözlemlerin ve ölçümlerin daha yüksek çözünürlükte yapılmasına olanak tanır. Akademik alanda yazılım gelişmeleri, bilim insanlarına ve araştırmacılara, karmaşık jeodinamik süreçleri modelleme ve anlama konusunda daha güçlü araçlar sunar. Bu durum, doğa olaylarına dair bilgilerimizi arttırarak, daha sağlam teorilerin ve çözümlerin oluşturulmasına katkıda bulunur.

Sonuçlar doğrultusunda, hız kestirme yöntemlerini daha etkili ve hassas kılmak için bir dizi öneri gündeme gelmektedir. Bu öneriler arasında, veri kalitesinin ve hassasiyetinin yükseltilmesi, daha ileri matematiksel modellerin kullanılması, istasyon sayısının ve yerleşim düzeninin optimize edilmesi, ileri düzeyde istatistiksel analizlerin uygulanması, model doğrulama ve karşılaştırma çalışmalarının yapılması, ayrıca teknolojik ilerlemelerin izlenip uygulanması gibi faktörler bulunmaktadır. Bu önerilerin uygulanması, gelecekteki araştırmalarda daha kesin ve güvenilir hız tahminleri elde etme potansiyelini artırabilir.

Tezin hız kestirimi sonuçları, çeşitli endüstri ve toplumsal alanlarda uygulanabilir çözümler sunmaktadır. Bulguların pratik uygulamaları doğal olay kaynaklı afet hazırlığı, altyapı planlaması ve bakım, jeotermal enerji kaynakları, ulaşım ve lojistik, çevresel risk değerlendirmesi, gibi alanlarda değerlendirilebilir.

Gelecek çalışmalarda:

- Daha fazla uydu verisinin kullanılmasıyla ilgili araştırmalar, hız tahmin algoritmalarının doğruluğunu ve hassasiyetini artırabilir. Özellikle, farklı uydulardan elde edilen verilerin entegrasyonu ve bu verilerin jeodezik hız tahminine etkisi üzerine odaklanan çalışmalar yapılabilir.
- Farklı coğrafi bölgelerde ve çeşitli arazi tiplerinde jeodezik hız tahmininin performansını değerlendiren çalışmalar önemlidir. Dağlık, düzlük, kentsel ve

kırsal alanlardaki coğrafi farklılıkların hız tahminine olan etkilerini anlamak için daha kapsamlı analizler yapılabilir.

- Hız tahmininin, yeraltı su kaynakları, petrol rezervleri ve diğer jeolojik oluşumlarla ilişkilendirilmesi üzerine araştırmalar, coğrafi bilim ve jeodezi arasındaki kesişimleri daha iyi anlamak için yapılabilir.
- Jeodezik hız tahmini, güvenlik sistemlerinde kullanılabilir. Örneğin, jeodezik hızın anormal değişimlerini algılamak ve bu değişimlere tepki vermek için algoritmaların geliştirilmesi ve test edilmesi üzerine çalışmalar yapılabilir.

6. KAYNAKLAR

- Alinia, H. S., Tiampo, K. F., & James, T. S. (2017). GPS coordinate time series measurements in Ontario and Quebec, Canada. *Journal of Geodesy*. <https://doi.org/10.1007/s00190-016-0987-5>
- Alp, O. (1993). *Türkiye astrojeodezik ve astrogravimetrik jeoidinin belirlenmesi* [Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Altamimi, Z., Métivier, L., & Collilieux, X. (2012). ITRF2008 plate motion model. *Journal of Geophysical Research*, 117, B07402. <https://doi.org/10.1029/2011JB008930>
- Altamimi, Z., Métivier, L., Rebischung, P., Rouby, H., & Collilieux, X. (2017). ITRF2014 plate motion model. *Geophysical Journal International*, 209(3), 1906–1912. <https://doi.org/10.1093/gji/ggx136>
- Altamimi, Z. (2018). EUREF Technical Note 1: Relationship and Transformation between the International and the European Terrestrial Reference Systems. Institut National de l'Information Géographique et Forestière (IGN), France.
- Ammon, C. J. (2001). An Introduction to Earthquakes. Ders notları, St. Louis Üniversitesi.
- Ananda, M. P., Bernstein, H., Feess, W. A., & Paugstat, T. C. (1988). Global Positioning System (GPS) Autonomous User System. *Journal of The Institute of Navigation*, 35(2), Summer 1988. <https://doi.org/10.1002/j.2161-4296.1988.tb00952.x>
- Anderson, J. M. (2021, August 12). *PORT-IVS Cookbook*.
- Anderson, B. (1977). Applications of very-long-baseline interferometry to geodesy and geodynamics. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 284(1326), Article 0022. <https://doi.org/10.1098/rsta.1977.0022>
- Arisa, D., & Heki, K. (2017). Space geodetic observations of repeating slow slip events beneath the Bonin Islands. *Geophysical Journal International*, 210, 1494–1502. <https://doi.org/10.1093/gji/ggx258>
- Barbosa, D., Coelho, B., Antón, S., Bergano, M., Boekholt, T., Correia, A. C. M., ... Morgado, B. (2021). Radio astronomy and space science in Azores: Enhancing the Atlantic VLBI infrastructure cluster. *Advances in Space Research*, 68(7), 3064–3078. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2021.05.023>
- Başçiftçi, F., & İnal, C. (2008). Jeodezide Kullanılan Bazı Koordinat Dönüşümlerinin Programlanması. *S.Ü. Müh.-Mim. Fak. Derg.*, 23(1), J. Fac. Eng. Arch. Selcuk Univ., 23, n.1, 2008.

- Bekaert, D. P. S., Segall, P., Wright, T. J., & Hooper, A. J. (2016). A network inversion filter combining GNSS and InSAR for tectonic slip modeling. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 121, 2069–2086. <https://doi.org/10.1002/2015JB012638>.
- Bender, P. L. (1979). Applications of geodesy to geodynamics: 3. Tectonic plate movements and crustal deformations (Space Techniques). *Eos*, 60(25), 497-500. <https://doi.org/10.1029/EO060i025p00500>
- Bilgen, B., & İnal, C. (2022). GNSS Tekniği ile Düşey Yöndeki Deformasyonların Araştırılması. *AKÜ FEMÜBİD*, 22(2022), 035502 (615-625). <https://doi.org/10.35414/akufemubid.1066483>
- Bilgen, B. (2022). GNSS Ölçüleri İle Deformasyon Analizi Amaçlı Yazılım Geliştirme. Doktora Tezi. Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya.
- Bossier, J. D. (1983). The Impact of VLBI and GPS on Geodesy. *EOS Trans. Am. Geophys. U.*, 64(39), 569-570. <https://doi.org/10.1029/EO064i039p00569>
- Boehm, J., Heinkelmann, R., Mendes Cerveira, P. J., et al. (2009). Atmospheric loading corrections at the observation level in VLBI analysis. *Journal of Geodesy*, 83, 1107–1113. <https://doi.org/10.1007/s00190-009-0329-y>
- Böhm, J., Böhm, S., Boisits, J., Girdiuk, A., Gruber, J., Hellerschmied, A., Krásná, H., Landskron, D., Madzak, M., Mayer, D., McCallum, J., McCallum, L., Scharner, M., & Teke, K. (2018). Vienna VLBI and Satellite Software (VieVS) for Geodesy and Astrometry. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 130(986), 044503. <https://doi.org/10.1088/1538-3873/aaa22b>
- Böhm, J., Böhm, S., Nilsson, T., Pany, A., Plank, L., Spcakova, H., Teke, K., & Schuh, H. (2011). The new Vienna VLBI software VieVS. In *International Association of Geodesy Symposia Series*, 136, 1007-1013.
- Campbell, J. (1979). *Die Radiointerferometrie auf langen Basen als geodätisches Messprinzip hoher Genauigkeit* (DGK Reihe C, Heft 254). Verlag des Instituts für Angewandte Geodäsie, Frankfurt am Main.
- Campbell, R. M. (1995). Astronomical distances through VLBI: Pulsars and gravitational lenses (Doktora tezi, Harvard Üniversitesi). ProQuest Dissertations Publishing, 9609857.
- Campbell, J. (2004). VLBI for Geodesy and Geodynamics. In F. Mantovani & A. Kus (Eds.), *The Role of VLBI in Astrophysics, Astrometry and Geodesy* (NATO Science Series II: Mathematics, Physics and Chemistry, vol. 135). Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/1-4020-2406-1_22
- Campbell, J., & Nothnagel, A. (2010). Intra-plate deformation in west-central Europe. *Journal of Geodynamics*, 49(3–4), 130-140. <https://doi.org/10.1016/j.jog.2009.10.004>

- Carlà, T., Tofani, V., Lombardi, L., Raspini, F., Bianchini, S., Bertolo, D., Thuegaz, P., & Casagli, N. (2019). Combination of GNSS, satellite InSAR, and GBInSAR remote sensing monitoring to improve the understanding of a large landslide in high alpine environment. *Geomorphology*, 335, 62-75. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2019.03.014>.
- Charles, J. A. (2001, August). *Computing Local Plate Velocities, Using MATLAB Notes*. Department of Geosciences, Penn State University.
- Chujkova, N. A., Maximova, T. G., Chesnokova, T. S., & Grushinsky, A. N. (2018). Earth crust vertical movements according to ITRF2000, ITRF2005, ITRF2008 and ITRF2014 coordinate systems and their comparing analysis. *Geodesy and Geodynamics*, 9, 109–114. <https://doi.org/10.1016/j.geog.2017.07.007>
- Cleveland, W. S., & Devlin, S. J. (1988). Locally Weighted Regression: An Approach to Regression Analysis by Local Fitting. *Journal of the American Statistical Association*, 83(403), 596-610. <https://doi.org/10.1080/01621459.1988.10478639>
- Counselman, C. C. (1973). Very-long-baseline interferometry techniques applied to problems of geodesy, geophysics, planetary science, astronomy, and general relativity. *Proceedings of the IEEE*, 61(9), 1225-1230. <https://doi.org/10.1109/PROC.1973.9249>
- Çolak, S. (2007). *Uluova Fay Zonu'nun Kuzeydoğu Bölümünün Yapısal ve Morfotektonik Özellikleri* [Yüksek Lisans Tezi]. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Dach, R., Lutz, S., Walser, P., & Fridez, P. (2015). *Bernese GNSS Software Version 5.2*. Retrieved from <http://www.bernese.unibe.ch/>
- Del Soldato, M., Confuorto, P., Bianchini, S., Sbarra, P., & Casagli, N. (2021). Review of Works Combining GNSS and InSAR in Europe. *Remote Sensing*, 13(9), 1684. <https://doi.org/10.3390/rs13091684>
- DeMets, C., Gordon, R. G., & Argus, D. F. (2010). Geologically current plate motions. *Geophysical Journal International*, 181(1), 1-80. <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.2009.04491.x>
- Doğru, A., & Özener, H. (2011, April 18-22). GPS ve INSAR ile Yerdeğiştirmelerin Belirlenmesi. *13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, Ankara.
- Echeverria, A., Khazaradze, G., Asensio, E., Gárate, J., Dávila, J. M., & Suriñach, E. (2013). Crustal deformation in eastern Betics from CuaTeNeo GPS network. *Tectonophysics*, 608, 600-612. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2013.08.020>
- Finkelstein, A. M., Ipatov, A. V., Skurikhina, E. A., et al. (2012). Geodynamic observations on the quasar VLBI network in 2009–2011. *Astronomy Letters*, 38, 394–398. <https://doi.org/10.1134/S1063773712060023>

- Gencer, G., & Gencer, K. (2019). Comparison of Maximum Likelihood and Bayes Estimators Under Symmetric and Asymmetric Loss Functions by means of Tierney Kadane's Approximation for Weibull Distribution. *Turkish Journal of Science & Technology*, 14(2), 69-78.
- Ghosh, A., & Holt, W. E. (2012). Plate motions and stresses from global dynamic models. *Science*, 335(6070), 838-843.
- Herring, T. (2010). *Treatise on Geophysics, Volume 3: Geodesy*. Elsevier. ISBN 0444535799, 9780444535795
- Hooper, A., Bekaert, D., Spaans, K., & Arkan, M. (2012). Recent advances in SAR interferometry time series analysis for measuring crustal deformation. *Tectonophysics*, 514–517, 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2011.10.013>
- Haas, R., Nothnagel, A., Campbell, J., & Gueguen, E. (2003). Recent crustal movements observed with the European VLBI network: geodetic analysis and results. *Journal of Geodynamics*, 35, 391–414. [https://doi.org/10.1016/S0264-3707\(03\)00003-6](https://doi.org/10.1016/S0264-3707(03)00003-6)
- Hao, M., Freymueller, J. T., Wang, Q., Cui, D., & Qin, S. (2016). Vertical crustal movement around the southeastern Tibetan Plateau constrained by GPS and GRACE data. *Earth and Planetary Science Letters*, 437, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2015.12.038>
- He, X., Shu, F., & Ma, L. (2021). Geodetic VLBI Experiments Using Two NTSC Stations. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 693(1), 012035. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/693/1/012035>
- Hirabayashi, H., Hirose, H., Kobayashi, H., Murata, Y., Asaki, Y., Avruch, I. M., ... Popov, M. V. (2000). The VLBI Space Observatory Programme and the Radio-Astronomical Satellite HALCA. *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 52(6), 955-965. <https://doi.org/10.1093/pasj/52.6.955>
- Jagoda, M., & Rutkowska, M. (2020). An Analysis of the Eurasian Tectonic Plate Motion Parameters Based on GNSS Stations Positions in ITRF2014. *Sensors*, 20(21), 6065. <https://doi.org/10.3390/s20216065>
- Kadioğlu, M. (2008). Modern, Bütünleşik Afet Yönetimin Temel İlkeleri. In M. Kadioğlu & E. Özdamar (Eds.), *Afet Zararlarını Azaltmanın Temel İlkeleri* (pp. 251-276). JICA Türkiye Ofisi.
- Kahveci, M., & Tuşat, E. (2023). *Jeodezik Koordinat Sistemleri Teori-Uygulama* (2nd ed.). Nobel Akademik Yayıncılık. ISBN: 9786254174766.
- Ke, F., Cui, W., Ming, L., & Hu, X. (2024). Ionospheric response and the impact on GPS positioning accuracy during the Tonga volcano eruption on 15 January 2022. *Advances in Space Research*, 73(3), 1831-1842. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2023.10.042>

- Kern, L., Schartner, M., Böhm, J., et al. (2023). On the importance of accurate pole and station coordinates for VLBI Intensive baselines. *Journal of Geodesy*, 97. <https://doi.org/10.1007/s00190-023-01792-4>
- Kitpracha, C., Nilsson, T., Heinkelmann, R., Balidakis, K., Modiri, S., & Schuh, H. (2022). The impact of estimating common tropospheric parameters for co-located VLBI radio telescopes on geodetic parameters during CONT17. *Advances in Space Research*, 69(9), 3227-3235. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2022.02.013>
- Konak, H. (1994). *Yüzey Ağlarının Optimizasyonu* [Doctoral dissertation, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü].
- Konakoğlu, B., & Akar, A. (2021). Elâzığ ve Çevresindeki İllerde Meydana Gelen Tektonik Hareketlerin TUSAGA-Aktif İstasyonlarının Konumlarına Etkisinin Statik Deformasyon Modeller Kullanılarak İncelenmesi. *Geomatik Dergisi*, 6(2), 165-178. e-ISSN 2564-6761.
- Konakoğlu, B. (2020). Barajların Jeodezik Yöntemler İle İzlenmesi Üzerine Yapılan Çalışmaların İrdelenmesi. *GSI Journals Serie C: Advancements in Information Sciences and Technologies*, 3(1), 32-46.
- Kreemer, C., Blewitt, G., & Klein, E. C. (2014). A geodetic plate motion and Global Strain Rate Model. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 15, 3849–3889. <https://doi.org/10.1002/2014GC005407>.
- Kurt, O., & Arslan, O. (2019). A general accuracy measure for quality of elliptic sections fitting. *Measurement*, 145, 640-647. ISSN 0263-2241.
- Kurt, A. İ. (February 2009). *Sabit GPS İstasyonları Zaman Serileri Analizi Kullanılarak Kampanya Tipi GPS Ölçümlerinin Hızlarının İyileştirilmesi* [Doctoral dissertation, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü].
- Kurt, O. (2018). Monitoring movements of tectonic plates by analyzing VLBI data via QGIS. In *Scientific Congress of the Turkish National Union of the Geodesy and Geophysics (TNUGG-SC) with International Participation* (pp. 198-201), İzmir, Turkey.
- Kurt, S., & Ekinçi, D. (2014). Marmara Denizi Güney Kıyılarında Tektonik Aktivite İzleri Hakkında Genel Bir Değerlendirme. *Turkish Studies - Electronic*, 9(2), 1049-1069.
- Küreç Nehbit, P., Heinkelmann, R., Schuh, H., Glaser, S., Lunz, S., Mammadaliyev, N., Balidakis, K., Konak, H., & Tanır Kayıkçı, E. (2020). Evaluation of VLBI observations with sensitivity and robustness analyses. *Mathematics*, 8(6), 1-15.
- Küreç Nehbit, P., Glaser, S., Sakic, P., Balidakis, K., Heinkelmann, R., Schuh, H., & Konak, H. (2023). On the improvement of the sensitivity levels of VLBI solutions from a combination with GNSS. *Advances in Space Research*, 72(8), 3037-3047.
- Legrand, J. (2022). EPN multi-year position and velocity solution C2235. Royal Observatory of Belgium. <https://doi.org/10.24414/ROB-EUREF-C2235>.

- Li, Y. (2021, July). Analysis of GAMIT/GLOBK in high-precision GNSS data processing for crustal deformation. *Earthquake Research Advances*, 1(3). <https://doi.org/10.1016/j.eqrea.2021.100028>
- Liwosz, T. (2017). Wpływ niepływowych efektów obciążeniowych na współrzędne punktów i realizację układu odniesienia w regionalnej sieci GPS (No. 56). *Prace Naukowe Geodezja*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej. ISSN 0137-2327. ISBN 978-83-7814-695-7.
- Maciuk, K., & Szombara, S. (2018). Annual crustal deformation based on GNSS observations between 1996 and 2016. *Arabian Journal of Geosciences*, 11(667). <https://doi.org/10.1007/s12517-018-4022-4>
- MacMillan, D. S., & Ma, C. (1997). Atmospheric gradients and the VLBI terrestrial and celestial reference frames. *Geophysical Research Letters*. <https://doi.org/10.1029/97GL00143>
- Mendes Cerveira, P. J., Heinkelmann, R., Boehm, J., Weber, R., & Schuh, H. (2006). Contributions of GPS and VLBI for understanding station motions. *Journal of Geodynamics*, 41(1–3), 87–93. <https://doi.org/10.1016/j.jog.2005.08.024>
- Métivier, L., Altamimi, Z., & Rouby, H. (2020). Past and present ITRF solutions from geophysical perspectives. *Advances in Space Research*, 65(12), 2711–2722. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2020.03.031>
- Niell, A. E. (2000). Improved atmospheric mapping functions for VLBI and GPS. *Earth, Planets and Space*, 52, 699–702. <https://doi.org/10.1186/BF03352267>
- Nistor, S., Suba, N.-S., Maciuk, K., Kudrys, J., Nastase, E. I., & Muntean, A. (2021). Analysis of Noise and Velocity in GNSS EPN-Repro 2 Time Series. *Remote Sensing*, 13(14), 2783. <https://doi.org/10.3390/rs13142783>
- Nothnagel, A. (1991). *Radiointerferometrische Beobachtungen zur Bestimmung der Polbewegung unter Benutzung langer Nord-Süd-Basislinien*. DGK Reihe C, Heft 368. Verlag des Instituts für Angewandte Geodäsie, Frankfurt am Main.
- Nothnagel, A., & Steinforth, C. (2002). IVS analysis coordination. *CSTG Bulletin*, (17), 84–90.
- Of, N., & Öztürk, S. (2022). Depremlerden Sonraki Yeniden Yapılanma Süreci Üzerine Küresel Bir Araştırma: Çelik Prefabrik Malzeme Kullanımının Gerekliliği. *Afet ve Risk Dergisi*, 5(1), 346–360. <https://doi.org/10.35341/afet.1092649>
- Özener, H., Garagon Doğru, A., Turgut, B., Yılmaz, O., Ergintav, S., Çakmak, R., Sanli, U., Arpat, E., Gülen, L., & Gürkan, O. (2005). Kuzey Anadolu Fayı Doğu Kesiminin Kabuk Deformasyonlarının ve Blok Kinematığının GPS Ölçme Tekniği ile Araştırılması. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara*.

- Özener, H., & Doğru, A. (2009). Jeodezik ve sismik verilerden yararlanarak kabuk deformasyonu alanının belirlenmesi. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara*.
- Qu, W., Lu, Z., Zhang, Q., Hao, M., Wang, Q., Qu, F., & Zhu, W. (2018). Present-day crustal deformation characteristics of the southeastern Tibetan Plateau and surrounding areas by using GPS analysis. *Journal of Asian Earth Sciences*, 163, 22-31. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2018.05.021>
- Rabbell, W., & Schuh, H. (1986). The influence of atmospheric loading on VLBI-experiments. *Journal of Geophysics*, 59(1), 164-170.
- Rahmani, M., Nafisi, V., Böhm, S., & Asgariamal, J. (2021). Evaluation of the GSRM2.1 and the NUVEL1-A values in Europe using SLR and VLBI based geodetic velocity fields. *Survey Review*. <https://doi.org/10.1080/00396265.2021.1943633>
- Rao, C. R., & Toutenburg, H. (1995). *Linear Models: Least Squares and Alternatives* (2nd ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4899-0024-1>
- Rossikopoulos, D., Fotiou, A., Pikridas, C., & Bitharis, S. (2016). Models and Techniques in Geodetic Monitoring of Tectonic Deformations in Greece. *Bulletin of the Geological Society of Greece*, 50. <https://doi.org/10.12681/bgsg.11874>
- Salk, M., Foulger, G., Ergün, M., & Çiftçi, G. (1990). Güneybatı türkiye GPS jeodetik ölçüm projesi. *Jeofizik*, 4(1), 49-52.
- Schlüter, W., & Behrend, D. (2007). The International VLBI Service for Geodesy and Astrometry (IVS): Current capabilities and future prospects. *Journal of Geodesy*, 81, 379–387. <https://doi.org/10.1007/s00190-006-0131-z>
- Schuh, H. (1987). *Die Radiointerferometrie auf langen Basen zur Bestimmung von Punktverschiebungen und Erdrotationsparametern*. DGK Reihe C, Heft 328. Verlag der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, München.
- Schuh, H., & Behrend, D. (2012). VLBI: A fascinating technique for geodesy and astrometry. *Journal of Geodynamics*, 61, 68-80. <https://doi.org/10.1016/j.jog.2012.07.007>
- Schuh, H., Heinkelmann, R., Beyerle, G., Anderson, J., Balidakis, K., Belda, S., ... Xu, M. (2021). The Potsdam Open Source Radio Interferometry Tool (PORT). *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 133(1028), 1-13.
- Schuh, H., Heinkelmann, R., Beyerle, G., Anderson, J. M., Balidakis, K., Belda, S., Dhar, S., Glaser, S., Jenie, O. S., Karbon, M., Kitpracha, C., Küreç-Nehbit, P., Liu, L., Lunz, S., Mammadaliyev, N., Modiri, S., Nilsson, T. J., Raut, S., Soja, B., Wang, J., & Xu, M. H. (2021, October). The Potsdam Open Source Radio Interferometry Tool (PORT). *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 133, 104503. <https://doi.org/10.1088/1538-3873/ac299c>

- Sekido, M., Imae, M., Hanado, Y., Ilyasov, Y. P., Oreshko, V. V., Rodin, A. E., ... Hosokawa, M. (1999). Astrometric VLBI Observation of PSR 0329+54. *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 51(5), 595-601. <https://doi.org/10.1093/pasj/51.5.595>
- Sun, H., Cui, X., Xu, J., et al. (2022). Progress of Research on the Earth's Gravity Tides and its Application in Geodynamics in China. *Pure and Applied Geophysics*. <https://doi.org/10.1007/s00024-022-03060-6>
- Sovers, O. J., Fanselow, J. L., & Jacobs, C. S. (1998). Astrometry and geodesy with radio interferometry: experiments, models, results. *Reviews of Modern Physics*, 70(4).
- Sridevi, J., Shrungheshwara, T. S., Kumar, K., Choudhury, P., Dumka, R. K., & Bhu, H. (2017). India plate angular velocity and contemporary deformation rates from continuous GPS measurements from 1996 to 2015. *Scientific Reports*, 7(11439). <https://doi.org/10.1038/s41598-017-11697-w>
- Şimşek, M., Özarpacı, S., & Doğan, U. (2019). Yer Kabuğu Hareketlerinin Belirlenmesinde Web Tabanlı Çevrimiçi GNSS Servislerinin Performans Analizi. *Geomatik Dergisi, Journal of Geomatics Araştırma Makalesi*, 4(2), 147-159. <https://doi.org/10.29128/geomatik.511758>
- Şişman, Y. (2015). The Different Adjustment Methods in 3D Coordinate Transformation. *ISITES2015, International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science*, 3-5 Haziran 2015.
- Takahashi, F., Kondo, T., Takahashi, Y., & Koyama, Y. (2000). *Wave Summit Course: Very Long Baseline Interferometer*. Ohmsha, Ltd. ISBN: 1-58603-076-0 (IOS Press), Tokyo.
- Tanır Kayıkçı, E., Teke, K., & Schuh, H. (2010a). Avrupa'da Düşey Yönde Oluşan Kabuk Hareketlerinin VLBI ile Belirlenmesi. In 5. *Ulusal Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu* (pp. 121-135). Zonguldak, Turkey.
- Tanır Kayıkçı, E., Teke, K., & Schuh, H. (2010b). VLBI Estimates of vertical crustal motion in Europe. *15th General Assembly of WEGENER, İstanbul, Turkey*.
- Tanır Kayıkçı, E., & Karaaslan, Ö. (2015). Trabzon İli İçin Jeoid Ondülasyonları Belirleme Amacıyla Enterpolasyon Yöntemlerinin Uygulanması. *15. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, 25-28 Mart 2015.
- Tanır Kayıkçı, E., Teke, K., Kurt, O., Karaaslan, Ö., Öcal, M. F., Yavuzdoğan, A., & Yalçinkaya, M. (2018). Türkiye'de Jeodezik VLBI Çalışmaları. *21. Ulusal Astronomi Kongresi- UAK 2018, Kayseri, Turkey*.
- Teke, K., Yalçinkaya, M., & Konak, H. (2008). Optimization of GPS networks for landslide areas. *Fresenius Environmental Bulletin*, 17(6), 664-675.
- Teke, K., Boehm, J., Tanır, E., & Schuh, H. (2009). Çok Uzun Baz Enterferometrisi (VLBI) tekniğinde, saat hatası ve troposferik gecikme parametre kestirim modelleri. *Harita Dergisi*, 142, 1-16.

- Teke, K. (2011). Sub-daily parameter estimation in VLBI data analysis. *Geowissenschaftliche Mitteilungen, Heft Nr. 87*, Vienna University of Technology, Vienna, Austria. Grafisches Zentrum HTU GmbH, ISSN 1811-8380.
- Teke, K., Böhm, J., Nilsson, T., Schuh, H., Steigenberger, P., Dach, R., Heinkelmann, R., Willis, P., Haas, R., Espada, S. G., Hobiger, T., Ichikawa, R., Shimizu, S., (2011). Multi-technique comparison of troposphere zenith delays and gradients during CONT08. *J. Geod.*, 85(7), 395-413.
- Teke, K., Tanır Kayıkçı, E., Böhm, J., & Schuh, H. (2012). Çok Uzun Baz Enterferometrisi (VLBI) ölçülerinin modellenmesi. *TMMOB, Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, Jeodezi ve Jeoinformasyon Dergisi*, 1(1), 65-74.
- Tornatore, V., Tanır Kayıkçı, E., & Roggero, M. (2016). Comparison of ITRF2014 station coordinate input time series of DORIS, VLBI and GNSS. *Advances in Space Research*, 58(12), 2742-2757. doi: <https://doi.org/10.1016/j.asr.2016.07.016>
- URL-1. (2023, Ocak 1). IVS İstasyon Bilgileri: <https://ivscc.gsfc.nasa.gov/stations/ns-map.html> adresinden alınmıştır.
- URL-2. (2023, Ocak 1). IGS İstasyon Bilgileri: <https://network.igs.org/> adresinden alınmıştır.
- URL-3. (2023, Ocak 1). Plate Motion Calculator Yazılımı: <https://www.unavco.org/software/geodetic-utilities/plate-motion-calculator/plate-motion-calculator.html> adresinden alınmıştır.
- URL-4. (2023, Ocak 1). VLBI Çalışma Prensipleri: <https://ivscc.gsfc.nasa.gov/about/vlbi/whatis.html#:~:text=VLBI%20is%20a%20geometric%20technique,data%20links%20to%20a%20correlator> adresinden alınmıştır.
- URL-5. (2023, Ocak 1). IVS Ağ İstasyonları: <https://ivscc.gsfc.nasa.gov/products-data/data.html> adresinden alınmıştır.
- URL-6. (2023, Ocak 1). IVS Veri Merkezleri: <https://ivscc.gsfc.nasa.gov/about/org/components/dc-list.html> adresinden alınmıştır.
- URL-7. (2023, Ocak 1). IVS Analiz Merkezi: <https://ivscc.gsfc.nasa.gov/analysis/index.html> adresinden alınmıştır.
- URL-8. (2023, Ocak 1). IVS Analiz Merkezi Listesi: <https://ivscc.gsfc.nasa.gov/about/org/components/ac-list.html> adresinden alınmıştır.
- URL-9. (2023, Ocak 1). NASA Goddard Veri Merkezi: <https://urs.earthdata.nasa.gov/users/new> adresinden alınmıştır.
- URL-10. (2023, Ocak 1). VLBI Analizi İçin Gerekli Veriler: <https://www.gfz-potsdam.de/sektion/geodaetische-weltraumverfahren/themen/geodaetische-und-astrometrische-vlbi> adresinden alınmıştır.

- URL-11. (2023, Ocak 1). GNSS Bilgileri: <https://www.euspa.europa.eu/european-space/eu-space-programme/what-gnss> adresinden alınmıştır.
- URL-12. (2023, Ocak 1). GNSS Bilgileri: <https://windward.ai/glossary/gnss-global-navigation-satellite-systems/> adresinden alınmıştır.
- URL-13. (2023, Ocak 1). GNSS Analizi İçin Gerekli Veriler: <ftp://igscb.jpl.nasa.gov/pub/product> adresinden alınmıştır.
- URL-14. (2023, Ocak 1). GNSS Analizi İçin Gerekli Veriler: <http://www.auib.unibe.ch/download> adresinden alınmıştır.
- URL-15. (2023, Ocak 1). GNSS Analizi İçin Gerekli Veriler: <https://cddis.nasa.gov/archive/gnss/products> adresinden alınmıştır.
- URL-16. (2023, Ocak 1). GNSS Analizi İçin Gerekli Veriler: <https://cddis.nasa.gov/archive/gnss/glonass> adresinden alınmıştır.
- URL-17. (2023, Ocak 1). IGS İstasyonları Haritası: <https://igs.org/station-resources/> adresinden alınmıştır.
- URL-18. (2023, Ocak 1). EUREF İstasyonları Haritası: <https://epncb.oma.be/> adresinden alınmıştır.
- URL-19. (2023, Ocak 1). Okyanus Düzeltme Dosyası: <http://holt.oso.chalmers.se/loading/> adresinden alınmıştır.
- URL-20. (2023, Ocak 1). EPN_discontinues.snx Dosyası: https://epncb.eu/ftp/station/coord/EPN/EPN_discontinuities.snx adresinden alınmıştır.
- URL-21. (2023, Ocak 1). EUREF Zaman Serileri: https://epncb.eu/_productsservices/timeseries/ adresinden alınmıştır.
- Uzel, T. (2023). Etrafı faylarla çevrili arazilerde tektonik levha hareketleri. *Geomatik*, 8(1), 72-78. <https://doi.org/10.29128/geomatik.1181893>
- Uzun, Y. (2003). *Üç boyutlu astrojeodezik dik koordinat sistemlerinde dönüşüm modelleri ve uyumsuz ölçü gruplarının belirlenmesi yöntemlerinin karşılaştırılması*. Prof. Dr. Aslan Dilaver (Danışman). Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Ana Bilim Dalı.
- Whitney, A. R. (1974). Precision geodesy and astrometry via very-long-baseline interferometry. Doktora tezi, Massachusetts Institute of Technology.
- Wresnik, J., Böhm, J., Pany, A., & Schuh, H. (2009). Toward a new VLBI system for geodesy and astrometry. In K. Satake (Ed.), *Advances in Geosciences: Volume 13, Solid Earth (SE)* (s. 167-180). ISBN: 978-981-4469-50-0 (ebook). March 2009.
- Yadav, R. K., Gahalaut, V., & Bansal, A. K. (2021). Tectonic and non-tectonic crustal deformation in Kumaun Garhwal Himalaya. *Quaternary International*, 585, 171-182. DOI: 10.1016/j.quaint.2020.10.011

- Yalçınkaya, M., Teke, K., & Bayrak, T. (2003). GPS ile Ölçülen Jeodezik Ağlarda Duyarlık ve Güven Optimizasyonu. *Türkiye Ulusal Jeodezi Komisyonu Bilimsel Toplantısı, Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Jeodezik Ağlar Çalıştayı*, Konya.
- Yalçınkaya, M., & Teke, K. (2006). GPS Ağlarının Analitik Yaklaşımlarla Ölçü Planı Optimizasyonu. *Harita Dergisi*, 135, 64-79.
- Yavaşoğlu, H. (2003). Kuzey Anadolu Fayının Orta Anadolu Bölümünün Kinematığının 2001 ve 2002 GGPS Ölçmeleri ile Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Yavaşoğlu, H. (2009). Kuzey Anadolu Fayı'nın Orta Anadolu Bölümündeki Güncel Tektonik Aktivitenin Jeodezik Yöntemler ve Elastik Yarı Uzay Modelleme İle Belirlenmesi. Doktora Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Yıldırım, F., Kaya, A., & Kaplan, Y. (2011). Jeodezik Dik ve Coğrafi Koordinat Dönüşüm Yöntemlerinin Karşılaştırılması. *Harita Dergisi*, 146(1).
- Yıldız, A. (2022). Büyük Veri'nin V'leri ve Veri Analitiği. *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (51), 361-378. <https://doi.org/10.30794/pausbed.1117208>
- Zhao, H., Chen, W., Zhang, C., & Kang, D. (2023). Rapid estimation of seismic intensities by analyzing early aftershock sequences using the robust locally weighted regression program (LOWESS). *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 23(10), 3031–3050. <https://doi.org/10.5194/nhess-23-3031-2023>

ÖZGEÇMİŞ

Özge KARAASLAN, 2006 yılında Kolukısa Anadolu Lisesi'nden mezun oldu ve 2006 yılında başladığı İnönü Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Matematik Bölümü'nü Pedagogik Formasyon Belgesi'ni de alarak 2010 yılında bitirdi. 2010-2011 eğitim öğretim yılında Özel Bilgiyurt Koleji'nde Geometri Öğretmeni olarak çalıştı. 2013 yılında Gümüşhane Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Harita Mühendisliği Bölümü Jeodezi Anabilim Dalına ÖYP Programı kapsamında Araştırma Görevlisi olarak atandı. Mart-Eylül 2014 tarihleri arasında Marmara Üniversitesi Yabancı Diller Yüksekokulu'ndan ÖYP kapsamında İngilizce dil eğitimi aldı. 2015 yılında Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimini tamamladı. 2015 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalında doktora eğitimine başladı. 2018 yılında Gümüşhane Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Harita Mühendisliği Bölümünde lisans eğitimine başladı. Doktora eğitimi sırasında Erasmus+ staj hareketliliği programı ile Ekim 2019- Şubat 2020 tarihleri arasında Polonya Varşova Teknoloji Üniversitesi'nde doktora çalışmalarına devam etti. Halen Gümüşhane Üniversitesi'nde araştırma görevlisi olarak görev yapmaktadır.