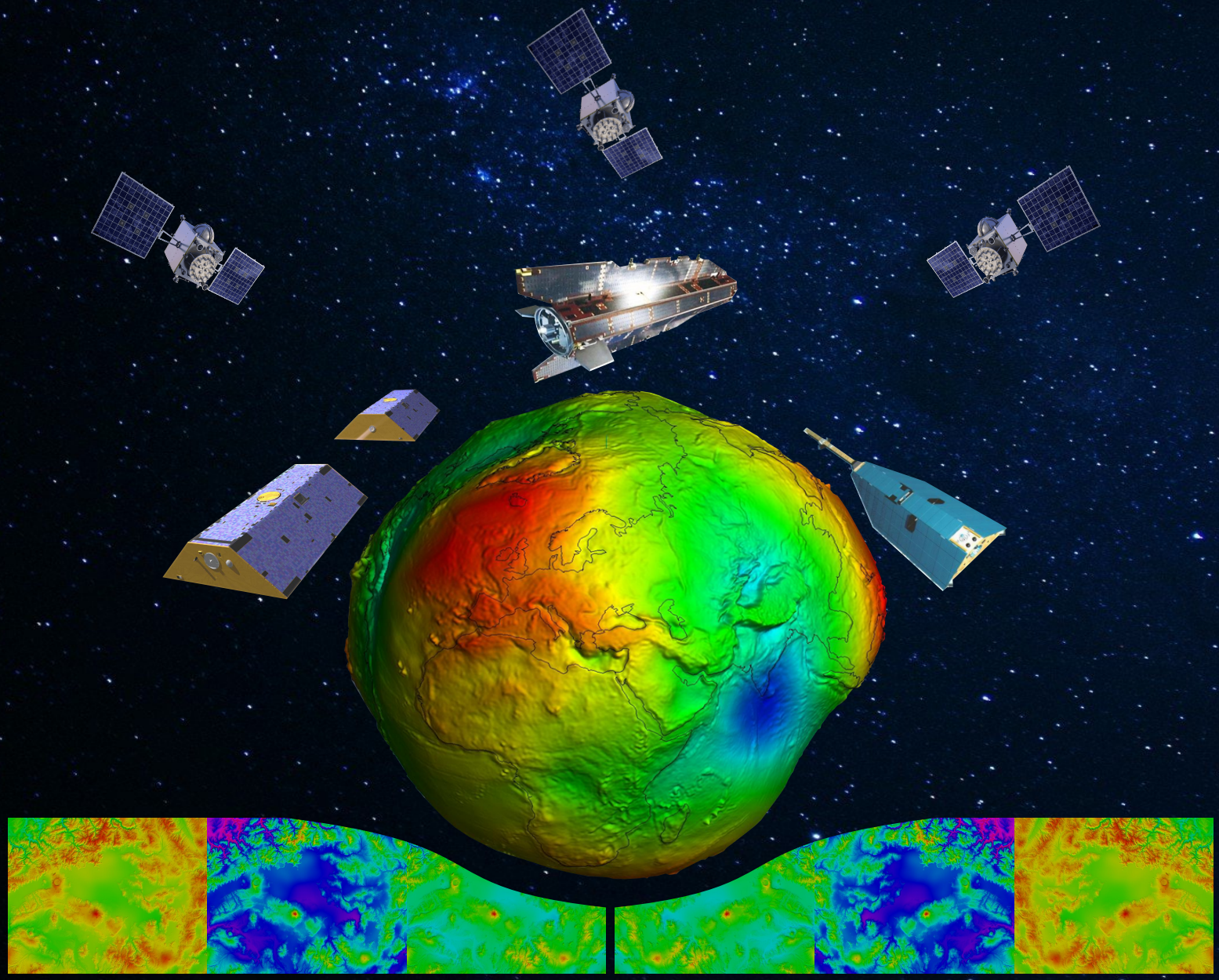
# TÜRKİYE ULUSAL JEODEZİ KOMİSYONU (TUJK) ÇALIŞTAYI - 2016

## GRAVİTE VE YÜKSEKLİK SİSTEMLERİ

### PROF. DR. RASİM DENİZ'İN JEODEZİYE KATKILARI



**BİLDİRİ ÖZETLERİ KİTAPÇIĞI**

3-4 KASIM 2016

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

Davutpaşa Kampüsü 2010 Avrupa Kültür Başkenti Kültür Kongre Merkezi, Esenler / İSTANBUL

tujk2016.yildiz.edu.tr

# TÜRKİYE ULUSAL JEODEZİ KOMİSYONU (TUJK)

# 2016 YILI BİLİMSEL TOPLANTISI

## GRAVİTE VE YÜKSEKLİK SİSTEMLERİ

## Prof. Dr. Rasim Deniz'in Jeodeziye Katkıları

**03 - 04 Kasım 2016 - İstanbul**

**BİLDİRİ ÖZETLERİ KİTAPÇIĞI**

**Yıldız Teknik Üniversitesi**

**İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü**

# KURULLAR

## ONUR KURULU:

| | |
|---|---|
| Prof. Dr. Bahri ŞAHİN | YTÜ Rektörü |
| Dr. Müh. Albay Osman ALP | TUJJB Başkanı, HGK Komutanı |
| Tümgeneral Cevat ÜLKEKUL | Emekli |
| Dr. Müh. Alb. Mustafa ATA | TUJJB Başkan Yardımcısı |
| Dr. Müh. Alb. Osman Atila AKABALI | TUJK Başkanı |
| Prof. Dr. Rasim DENİZ | TUJK Üniv. Temsilcisi |
| Prof. Dr. Engin GÜLAL | YTÜ İnşaat Fakültesi Dekanı V. |
| Müh. Ertuğrul CANDAŞ | HKMO Genel Başkanı |
| Prof. Dr. Fatmagül KILIÇ GÜL | YTÜ Harita Müh. Bölüm Başkanı |
| Prof. Dr. Ahmet AKSOY | Önceki TUJK Üniv. Temsilcisi |
| Prof. Dr. Onur GÜRKAN | Önceki TUJK Üniv. Temsilcisi |
| Prof. Dr. Tevfik AYAN | Önceki TUJK Üniv. Temsilcisi |

## YÜRÜTME KURULU:

| | |
|---|---|
| Prof. Dr. Uğur DOĞAN | Yürütme Kurulu Başkanı |
| Prof. Dr. Mualla YALÇINKAYA | TUJK Çalışma Grubu Başkanı/KTÜ |
| Prof. Dr. M. Onur KARSLIOĞLU | TUJK Çalışma Grubu Başkanı/ODTÜ |
| Prof. Dr. Haluk ÖZENER | TUJK Çalışma Grubu Başkanı/Boğaziçi Ü. |
| Prof. Dr. Ş. Hakan KUTOĞLU | TUJK Çalışma Grubu Başkanı/BEÜ |
| Prof. Dr. Rahmi N. ÇELİK | İTÜ |
| Prof. Dr. Uğur ŞANLI | YTÜ |
| Doç. Dr. Cüneyt AYDIN | Yürütme Kurulu Sekreteri / YTÜ |
| Doç. Dr. Aydın ÜSTÜN | KOCAELİ Ü. |
| Doç. Dr. Tevfik ÖZLÜDEMİR | İTÜ |
| Doç. Müh. Alb. Hasan YILDIZ | HGK |
| Doç. Dr. Bihter EROL | İTÜ |
| Doç. Dr. Alpay ABBAK | SELÇUK Ü. |
| Yrd. Doç. Dr. Nazan YILMAZ | KTÜ |
| Dr. Müh. Bnb. Mehmet SİMAV | HGK |
| Uzm. Dr. Taylan ÖCALAN | Etkinlik Saymanı/YTÜ |
| Müh. Yrb. Ayhan CİNGÖZ | Eski TUJK Sekreteri/HGK |
| Müh. Yzb. Soner ÖZDEMİR | TUJK Sekreteri/HGK |

**DÜZENLEME KURULU:**

| | |
|---|---|
| Prof. Dr. Uğur DOĞAN | YTÜ |
| Prof. Dr. Metin SOYCAN | YTÜ |
| Prof. Dr. Uğur ŞANLI | YTÜ |
| Prof. Dr. Atınç PIRTI | YTÜ |
| Doç. Dr. Cüneyt AYDIN | YTÜ |
| Doç. Dr. Arzu SOYCAN | YTÜ |
| Doç. Dr. Nursu TUNALIOĞLU | YTÜ |
| Doç. Dr. Bahattin ERDOĞAN | YTÜ |
| Doç. Dr. Burak AKPINAR | YTÜ |
| Yrd. Doç. Dr. Nihat ERSOY | YTÜ |
| Yrd. Doç. Dr. Ercenk ATA | YTÜ |
| Arş. Gör. Dr. Deniz Öz DEMİR | YTÜ |
| Uzm. Dr. Taylan ÖCALAN | YTÜ |
| Arş. Gör. Özgür UYGUR | YTÜ |
| Arş. Gör. Seda ÇETİN | YTÜ |
| Arş. Gör. Mustafa DURDAĞ | YTÜ |
| Arş. Gör. Alpay ÖZDEMİR | YTÜ |
| Arş. Gör. Hüseyin DUMAN | YTÜ |
| Arş. Gör. Aziz SARAÇOĞLU | YTÜ |
| Arş. Gör. Ali Hasan DOĞAN | YTÜ |
| Arş. Gör. Oğuz SELBESOĞLU | YTÜ |
| Arş. Gör. Barış SÜLEYMANOĞLU | YTÜ |
| Arş. Gör. Mert GÜRTÜRK | YTÜ |
| Arş. Gör. Yalçın YILMAZ | YTÜ |

**BİLİM KURULU:**

| | |
|---|---|
| Prof. Dr. Ahmet AKSOY | Emekli |
| Prof. Dr. Onur GÜRKAN | Emekli |
| Prof. Dr. Tevfik AYAN | Emekli |
| Prof. Dr. Hüseyin DEMİREL | Emekli |
| Prof. Dr. Şerif HEKİMOĞLU | Emekli |
| Prof. Dr. Rasim DENİZ | İTÜ |
| Prof. Dr. Mualla YALÇINKAYA | KTÜ |
| Prof. Dr. M. Onur KARSLIOĞLU | ODTÜ |
| Prof. Dr. Haluk ÖZENER | BOGAZİÇİ Ü. |
| Prof. Dr. Haluk KONAK | KOCAELİ Ü. |
| Prof. Dr. Ş. Hakan KUTOĞLU | BÜLENT ECEVİT Ü. |
| Prof. Dr. R. Nurhan ÇELİK | İTÜ |
| Prof. Dr. Semih ERGİNTAV | BOGAZİÇİ Ü. |
| Prof. Dr. Orhan AKYILMAZ | İTÜ |
| Prof. Dr. Uğur DOĞAN | YTÜ |
| Prof. Dr. Metin SOYCAN | YTÜ |
| Prof. Dr. Uğur ŞANLI | YTÜ |
| Doç. Dr. Ersoy ARSLAN | İTÜ |
| Doç. Dr. Ali KILIÇOĞLU | Emekli |
| Doç. Dr. Aydın ÜSTÜN | KOCAELİ Ü. |
| Doç. Dr. Tevfik ÖZLÜDEMİR | İTÜ |
| Doç. Dr. Cüneyt AYDIN | YTÜ |

| | |
|---|---|
| Doç. Müh. Alb. Hasan YILDIZ | HGK |
| Doç. Dr. Oya PAMUKÇU | DOKUZ EYLÜL Ü. |
| Doç. Dr. Bihter EROL | İTÜ |
| Doç. Dr. Alpay ABBAK | SELÇUK Ü. |
| Doç. Dr. Bahattin ERDOĞAN | YTÜ |
| Yrd. Doç. Dr. Serkan DOĞANALP | NECMETTİN ERBAKAN Ü. |
| Yrd. Doç. Dr. Nazan YILMAZ | KTÜ |
| Dr. Coşkun DEMİR | Emekli |
| Dr. Müh. Bnb. Mehmet SİMAV | HGK |
| Yük. Müh. Ali TÜRKEZER | Emekli |

# ÖNSÖZ

Harita Genel Komutanlığı'nın temsilci kurum başkanlığını yürüttüğü Türkiye Ulusal Jeodezi Komisyonu (TUJK), ulusal ve uluslararası güncel jeodezik faaliyetleri koordine ederek, teknik konuların tartışıldığı bilimsel toplantıların düzenlenmesinde önemli bir görev üstlenmiştir. Bu kapsamda, 2002 yılından beri her yıl bir üniversite veya kamu kurumunun ev sahipliğinde çalıştay formatında düzenli olarak bilimsel toplantı düzenlenmektedir. İlk kez düzenlendiği 2002 yılından itibaren devam eden bu oluşum, özellikle ülkemizde gerçekleştirilen jeodezi alanındaki çalışmaları günümüz bilgi seviyesinde tartışmaya açmış, disiplinler arası çalışmaları teşvik etmiş ve genç araştırmacıların yetişmesine katkı sağlamıştır.

TUJK'nın 2016 yılı Bilimsel Toplantısı Yıldız Teknik Üniversitesi Harita Mühendisliği Bölümü ev sahipliğinde "Gravite ve Yükseklik Sistemleri" konusunda İstanbul'da yapılmıştır.

TUJK Genel Kurulu tarafından, çalıştayın konusunun "Gravite ve Yükseklik Sistemleri" olarak belirlenmesinde, T.C. Kalkınma Bakanlığının desteğiyle Harita Genel Komutanlığının koordinatörlüğünde, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı, TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi ve TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsünün katılımıyla yürütülmekte olan "Türkiye Yükseklik Sisteminin Modernizasyonu ve Gravite Altyapısının İyileştirilmesi Projesi" etkili olmuştur.

Ayrıca toplantıda Prof. Dr. Rasim Deniz'in Jeodezi'ye katkılarının da yer aldığı özel bir oturum düzenlenmiştir.

TUJK 2016 Bilimsel Toplantısında, konusunda uzman davetli bilim insanları tarafından sözlü sunumlar yapılmıştır. Ayrıca, yüksek lisans ve doktora öğrencilerinin çalıştay konusunda çalışmalarını sunabilecekleri poster oturumu düzenlenmiştir. Böylece çalıştay konusunda çalışmalar yapan genç araştırmacılar ile bu konularda ülkemizde önemli çalışmaları yürüten değerli araştırmacılar bir araya getirilmiştir.

Türkiye'nin çeşitli üniversitelerinden ve değişik kuruluşlarından katılarak TUJK 2016 Bilimsel Toplantısının gerçekleştirilmesine bilimsel destek sağlayan tüm katılımcıları Yıldız Teknik Üniversitesi'nde görmekten büyük mutluluk duymakta olup, emeği geçen tüm kamu kurum ve kuruluşlarına, sözlü/poster sunumlarla ya da dinleyici olarak katılan bütün katılımcılara Düzenleme Kurulu adına teşekkür ederiz.

"Gravite ve Yükseklik Sistemleri" TUJK Çalıştayı Düzenleme Kurulu adına,

Prof. Dr. Uğur DOĞAN

TUJK 2016 Yılı Çalıştayı Düzenleme Kurulu Başkanı

## 03 Kasım 2016 Perşembe

**08.30 – 09.00 Kayıt**

**09.00 – 09.45 Açılış Konuşmaları**

**09.45 – 10.00 Çay / Kahve Arası**

## 1. Oturum : Gravite Ölçmeleri ve Global Gravite Alanı

Yöneticiler: Uğur Doğan, M.Emin Ayhan, Orhan Akyılmaz

**10.00 – 10.20** **Yükseklik Sistemi Modernizasyonu: Gravite Altyapısının İyileştirilmesi Çalışmaları**

*Mehmet Simav, İlyas Akpınar, Yunus Aytaç Akdoğan, Hasan Yıldız*

**10.20 – 10.40** **A10 Mutlak Gravite Ölçer ile Marmara Bölgesinde Jeodinamik Amaçlı Gravite Ölçmeleri**

*Uğur Doğan, Semih Ergintav*

**10.40 – 11.00** **MTA Genel Müdürlüğü Projeleri Kapsamında Ölçülen Gravite Verilerinin Güncel Sayısal-Analiz Yöntemleriyle Görselleştirilmesi ve Süzgeçlenmesi**

*Muzaffer Özgü Arısoy*

**11.00 – 11.20** **Türkiye Petrollerinde Deniz Gravite Verilerinin Toplanılması, Veri Prosesi ve Kalite Kontrolünün Araştırılması**

*Kadir Barış Bakioğlu*

**11.20 – 11.40** **Gravity Calibration Baseline Between Jeddah and Taif in Kingdom of Saudi Arabia**

*Gokhan Arslan, Mehmet Emin Ayhan, Bandar Al-Muslmani, Meshal Al-Qulaity, Sultan Al-Shahrani*

**11.40 – 12.00** **ITU_GRACE16 ve ITU_GGC16 Global Gravite Alanı Modelleri: İlk Sonuçlar**

*Orhan Akyılmaz, Aydın Üstün, Cüneyt Aydın, Niyazi Arslan, Serkan Doğanalp, Hüseyin Mercan, Caner Güney, Süreyya Özgür Uygur, Metehan Uz, C.K. Shum, Kun Shang*

**12.00 – 13.00 Öğle Arası**

## 2. **Oturum :** Gravite Uydu Misyonları ve Jeoit Belirleme Yöntemleri

Yöneticiler: M. Onur Karslıoğlu, Aydın Üstün, Bihter Erol, Hasan Yıldız

**13.00 – 13.20** **Kingdom of Saudi Arabia (Ksa) Geoid November 2015: Ksageoidnov2015**

*Rene Forsberg, Mehmet Emin Ayhan, Bandar Almuslmani*

**13.20 – 13.40** **Bölgesel Geoit Modellerinin Hesaplanmasında Veri Katkısı ve Hesaplama Yöntemlerinin Model Doğruluğuna Etkisi**

*Bihter Erol, Elmas Sinem İnce, Ramazan Alpay Abbak, Serdar Erol, Mustafa Serkan Işık, Mohsen Feizabadi*

**13.40 – 14.00** **Gravite Verilerinden Kolokasyonla Jeoit Yüksekliği Hata Kestirimi: Türkiye için Denemeler**

*Hasan Yıldız, Mehmet Simav*

**14.00 – 14.20** **Türkiye için Farklı Jeoid Modellerinin Karşılaştırılması**

*Nazan Yılmaz*

**14.20 – 14.40** **Geoit Belirleme Çalışmalarına Astro-Jeodezik Katkı: Sayısal Zenit Kamera Sistemleri**

*Kerem Halıcıoğlu, Rasim Deniz, Haluk Özener, M. Tevfik Özlüdemir, Müge Albayrak*

**14.40 – 15.00** **Analitik Aşağı Uzanım Tekniği ile Gravimetrik Jeoit Belirleme Üzerine Bir Çalışma**

*Erdinç Sezen, Uğur Doğan, Hasan Yıldız*

**15.00 – 15.30** **Çay / Kahve Arası**

**3. Oturum :** Gravite ve Jeodinamik Uygulamalar

Yöneticiler: Haluk Özener, Semih Ergintav, Oya Pamukçu

**15.30 – 15.50** **17 Ağustos 1999 Depremi Sonucunda Oluşan Zaman Bağımlı Gravite Değişimlerinin Belirlenmesi Amacı ile Yapılan Çalışmaların Genel Değerlendirilmesi**

*Semih Ergintav, Uğur Doğan*

**15.50 – 16.10** **İzmir ve Batı Anadolu'daki GNSS Verilerinin Jeofizik Verileri ile Birlikte Değerlendirilmesi**

*Oya Pamukçu, Ayça Çırmık, Muzaffer Kahveci, Tolga Gönenç, Fikret Doğru*

**16.15 – 17.30** **TUJK Yürütme Kurulu Toplantısı**

**17.30 – 19.00** **Açılış Kokteyli**

## 04 Kasım 2016 Cuma

### 4. **Oturum :** Yükseklik Sistemleri ve Düşey Datum

Yöneticiler: Cüneyt Aydın, Coşkun Demir, Ali Kılıçoğlu

**09.00 – 09.20** **Preliminary Vertical Datum for the Kingdom of Saudi Arabia**

*Mehmet Emin Ayhan, Bandar Almuslmani*

**09.20 – 09.40** **Yükseklik Sistemlerinin Uygulamadaki Sorunları ve Çözüm Önerileri**

*Coşkun Demir, Ali Kılıçoğlu*

**09.40 – 10.00** **GPS ile Elde Edilen Yüksekliklerin Doğruluğu**

*D. Uğur Şanlı*

**10.00 – 10.20** **Çay / Kahve Arası**

**10.20 – 10.40** **Gravite Verileri için Topoğrafik Düzeltme Büyüklükleri ve Ortometrik Yükseklik Belirlemeye Etkisi**

*Aydın Üstün,Sevda Olgun*

**10.40 – 11.00** **Aster Sayısal Yükseklik Modelinin Bölgesel Jeoit Belirlemeye Etkisi**

*R. Alpay Abbak*

**11.00 – 11.20** **Suudi Arabistan Ülke Jeodezik Nivelman Ağının Yeniden Tesisi**

*Coşkun Demir, M.Emin Ayhan, B.Almuslmani*

**11.20 – 11.40** **GNSS ve Nivelman Ağlarının Kontrolü için Yeni Bir Araç olarak Yükseklik Dönüşümü**

*Orhan Kurt*

**12.00 – 12.45** **TUJK Genel Kurul Toplantısı**

| | |
|---|---|
| **12.45 – 13.30** | **Öğle Arası** |

**5. Oturum :** Prof. Dr. Rasim Deniz'in Jeodeziye Katkıları

Yöneticiler: Rahmi N. Çelik, D. Uğur Şanlı, Tevfik Özlüdemir

| | |
|---|---|
| **13.30 – 15.00** | **Prof. Dr. Rasim DENİZ'in Biyografisi** |
| | **Prof. Dr. Rasim DENİZ'den Ders** |
| | *Rölativisttik Jeodezi: Kronometrik Nivelman* |
| | **Plaket Sunumları** |
| **15.00 – 15.15** | **Ara** |
| **15.15 – 17.00** | **Prof. Dr. Rasim Deniz'in Doktora Öğrencilerinden Bilimsel Sunumlar ve Anekdotlar** |
| | **Prof. Dr. Rasim Deniz… İlk Doktora Öğrencisi** |
| | *Dr. Gökalp ALANKO (1996) – Avustralya* |
| | **Orta Enlem Bölgesindeki Depremlerde İyonsferik İncelemeler** |
| | *Yrd. Doç. Dr. Murat Selim ÇEPNİ (2004) – Kocaeli Üniversitesi* |
| | **GOCE Düşey Gravite Gradyenti Verileri Kullanılarak Yersel Gravite Verilerinin Kalite Kontrolü Üzerine Bir Araştırma** |
| | *Doç. Dr. Hasan YILDIZ (2006) – HGK* |
| | **Harita Genel Komutanlığında Güncel Jeodezik Çalışmalar** |
| | *Dr. Ali İhsan KURT (2009) – HGK* |
| | **Harita Genel Komutanlığında Web Tabanlı Güncel Uygulamalar** |
| | *Dr. Yavuz Selim ŞENGÜN (2009), Dr. Orhan FIRAT (2010) – HGK* |
| | **Türkiye'deki ilk Sayısal Zenit Kamera Sistemi** |
| | *Dr. Kerem HALICIOĞLU (2015) – Boğaziçi Üniversitesi* |
| **17.00 – 18.00** | **Katılımcıların Sesinden Prof. Dr. Rasim Deniz** |
| **18.00 – 18.15** | **Genel Değerlendirme ve Kapanış** |
| **19.00 – 22.00** | **Prof. Dr. Rasim Deniz Onuruna Akşam Yemeği** |

POSTER SUNUMLARI

03-04 Kasım 2016

**P1. Türkiye Ulusal Yükseklik Sisteminin Modernizasyonu ve Gravite Altyapısının İyileştirilmesi Kapsamında Motorize Hassas Nivelman Ölçme Sistemi Geliştirilmesi**

*Erdinç Sezen, Hasan Yıldız, Ayhan Cingöz*

**P2. Goce Uydu Verileri ile Hesaplanan Global Jeopotansiyel Modellerin Yersel Veriler ile Doğruluklarının Değerlendirilmesi**

*Mustafa Serkan Işık, Bihter Erol*

**P3. Uydu ve Yer Gravite Verileri ile Kabuk Yapısının İrdelenmesi**

*Fikret Doğru, Oya Pamukçu*

**P4. Türkiye Yükseklik Sistemi Modernizasyonu ve Gravite Altyapısının İyileştirilmesi Projesi: Bağıl Gravimetri Çalışmaları**

*İlyas Akpınar, Mehmet Simav, Meliha Akçakaya, Aytekin Ayva, Nesibe Oruç, Mertkan Akça, Rahşan Çakmak, Alpay Belgen*

**P5. Türkiye Yükseklik Sistemi Modernizasyonu ve Gravite Altyapısının İyileştirilmesi Projesi: Mutlak Gravimetri Çalışmaları**

*Yunus Aytaç Akdoğan, Mehmet Simav, Cafer Kırbaş, Emre Gül*

**P6. Astrojeodezik Nivelmanda Astronomik Koordinatların Doğrluğunun Yerel Jeoit Belirlemeye Etkisi**

*Yener Türen, Aydın Üstün*

**P7. GRACE Uydu Verileri ile Karasal Su Kütlesi Değişimlerinin Bölgesel Analizi**

*Nevin Betül Avşar, Bihter Erol, Şenol Hakan Kutoğlu*

# YÜKSEKLİK SİSTEMİ MODERNİZASYONU: GRAVİTE ALTYAPISININ İYİLEŞTİRİLMESİ ÇALIŞMALARI

**Mehmet SİMAV[1], İlyas AKPINAR[1], Yunus Aytaç AKDOĞAN[1], Hasan YILDIZ[1]**

[1] *Harita Genel Komutanlığı, Jeodezi Dairesi Başkanlığı, 06100, Dikimevi, Ankara*

HGK, MTA, TPAO, TÜBİTAK MAM ve TÜBİTAK UME işbirliğiyle yürütülmekte olan Kalkınma Bakanlığı destekli "Türkiye Yükseklik Sisteminin Modernizasyonu ve Gravite Altyapısının İyileştirilmesi" projesiyle hedeflenen 1-3 km yersel çözünürlükte 1-3 cm doğruluklu (1-3 cm @ 1-3 km) Türkiye Jeoit Modeli için 2015 yılında başlatılan ulusal gravite veri altyapısının iyileştirilme çalışmaları devam etmektedir. Gravite altyapısı iyileştirme çalışmaları; mutlak/bağıl/hava gravimetrisi, ulusal gravite veritabanı ve web portali ile tarihsel gravite verilerinin kalite kontrolü faaliyetlerini içermektedir. Bu bildiride; (i) projedeki mevcut durum, (ii) bugüne kadar gerçekleştirilen mutlak ve bağıl gravimetri çalışmaları, gözlem yöntemleri ve veri analizleri, (iii) ulusal gravite veritabanı ve web portali TR-GRAV ve son olarak (iv) tarihsel gravite verilerinin kalite kontrolüne yönelik stratejiler hakkında bilgi verilecektir.

**Anahtar Kelimeler:** Yükseklik Sistemi Modernizasyonu, Mutlak Gravimetri, Bağıl Gravimetri, TR-GRAV

# A10 MUTLAK GRAVİTE ÖLÇER İLE MARMARA BÖLGESİNDE JEODİNAMİK AMAÇLI GRAVİTE ÖLÇMELERİ

**Uğur DOĞAN[1], Semih ERGİNTAV[2]**

[1]*Yıldız Teknik Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü*

[2]*Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Jeodezi Anabilim Dalı*

Günümüzde A10 mutlak gravite ölçerin kullanıldığı birçok jeodezik ve jeodinamik çalışmalarda mutlak gravite ölçmeleri geleneksel bağıl gravite ölçmelerine göre daha hızlı, verimli ve yüksek doğrulukla gerçekleştirilmektedir.

Bu çalışmada, önemli bir deprem aktivitesine sahip olan Marmara bölgesindeki düşey deformasyonların nedenlerini daha ayrıntılı ortaya koyabilmek ve bölgede yapılan bağıl gravite ölçme çalışmalarından elde edilen doğruluğun bir şekilde arttırılması amacıyla; 1999 depremlerinden sonra ilk olarak TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü (UME)'nde bulunan A10-005 mutlak gravite ölçer ile Haziran 2009 – Haziran 2011 yılları arasında mutlak gravite ölçmeleri gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçların diğer ölçme yöntemleri ile birlikte değerlendirilerek düşey yerkabuğu hareketlerinin izlenmesi sağlanmıştır.

Ayrıca, bağıl gravite ölçerlerin kalibrasyonlarına ve bunların zamana bağlı davranışlarının incelenmesine büyük katkı sağlayacak, aletlerin taşınma sonucu oluşabilecek okuma sapmalarını en aza indirgeyecek şekilde Bursa-Uludağ arasında bir gravite kalibrasyon bazı oluşturulmuş (≈ 415 mGal) ve belirtilen dönemlerde noktalarda mutlak gravite ölçmeleri gerçekleştirilmiştir. Böylece bağıl gravite ölçerler ile gerçekleştirilen ölçümlerden elde edilen gravite alanı değişimlerinde aletten kaynaklanan hataların giderilmesi ve yerkabuğu ile ilişkili güvenilir deformasyonların elde edilmesi sağlanmıştır.

Mutlak gravite ölçerlerin ölçme yüksekliğindeki gravite değerlerini yeryüzü noktasına indirgemek amacıyla mutlak gravite noktalarında Scintrex CG-5 ve Scintrex CG-3 bağıl gravite ölçerler kullanılarak düşey gravite gradyent değerleri ölçülmüş ve mutlak gravite noktalarında 2.84 ± 0.05 – 3.53 ± 0.06 μGal/cm arasında değişen düşey gravite gradyent değerleri belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Mutlak Gravite, Marmara Bölgesi, Düsey gradyent, A10 Gravite Ölçer

# MTA GENEL MÜDÜRLÜĞÜ PROJELERİ KAPSAMINDA ÖLÇÜLEN GRAVİTE VERİLERİNİN GÜNCEL SAYISAL-ANALİZ YÖNTEMLERİYLE GÖRSELLEŞTİRİLMESİ VE SÜZGEÇLENMESİ

**Muzaffer Özgü ARISOY**[1]

[1]*MTA Genel Müdürlüğü, Jeofizik Etütleri Dairesi Başkanlığı, Gravite ve Manyetik Birimi, 06800, Çankaya, Ankara*

Diğer jeofizik yöntemlerde olduğu gibi gravite yönteminde temel amaç; belirtiye neden olan yeraltı yapılarının/kütlelerinin geometrik ve fiziksel özellik dağılımlarının her iki yanal ve düşey yönde belirlenmesi ve görselleştirilmesidir. Kayaçlar arasındaki yoğunluk değişiminin dar bir genlik aralığında gözlenmesinden dolayı (dar dinamik aralık) gravite belirtileri düzgün ve tekdüze değişimler sunar. Bununla birlikte, ölçülen gravite verilerinde düşük dalga-boyları tüm veri üzerinde oldukça egemendir. Gravite verilerinin bu iki özelliği düşünüldüğünde veri görselleştirmede doğrusal tabanlı görüntü histogramlarının kullanımı yeterli görülmekteydi. Son yıllarda, görüntü haritalarında düşük-dalgaboylu özelliklerin görünürlülüğünün arttırılması için bir takım sayısal görüntü işleme teknikleri geliştirilmiştir. Bu teknikler gravite verilerinin görselleştirilmesinde de kullanılır hale gelmiştir. Buna ek olarak, veride doğrusal ve dairesel özelliklerin ortaya çıkartılmasında kullanılan kartografik yöntemler gravite verilerinin görselleştirilmesinde sıklıkla kullanılmaya başlamıştır. Öte yandan son yıllarda, fiziksel ve geometrik parametrelerin belirlenebilmesi amacıyla birçok dalga-sayısı ortamı süzgeç ve tamsayı ve kesirli mertebeden türevleri içeren yarı-otomatik yöntem geliştirilmiştir.

MTA Genel Müdürlüğü Jeofizik Etütleri Dairesi Başkanlığı küçük-, orta- ve büyük-ölçekte gravite verilerini farklı amaçlar doğrultunda farklı arazi parametrelerine dayandırarak uzun yıllardır ölçmektedir. Son yıllara kadar, Bouguer gravite görüntü haritalarının görsel denetimle yorumlanması yeterli görülmekteydi. Ancak bu şekilde yapılan kaba yorumların günümüz şartlarında yetersiz olduğu görülmüş ve güncel veri görselleştirme ve değerlendirme yöntemlerinin kullanımı ihtiyacı doğmuştur. Bu çalışma kapsamında MTA Genel Müdürlüğü Jeofizik Etütleri Dairesi Başkanlığı tarafından toplanan gravite verilerinin güncel sayısal tekniklerle değerlendirilmesi ile ilgili örnekler klasik tekniklere göre üstün yanları verilerek sunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Gravite, Veri-İşlem, Sayısal Analiz Yöntemleri

# TÜRKİYE PETROLLERİNDE DENİZ GRAVİTE VERİLERİNİN TOPLANILMASI, VERİ PROSESİ VE KALİTE KONTROLÜNÜN ARAŞTIRILMASI

**Kadir Barış BAKİOĞLU[1]**

[1]*Türkiye Petrolleri, Gravite & Manyetik Projeler Arama Bölge Sorumluluğu, 06100, Çankaya, Ankara*

Türkiye Petrolleri Gravite & Manyetik Projeler Arama Bölge Sorumluluğu, gerek M/V Barbaros Hayreddin Paşa araştırma gemisine alınan deniz gravimetresi sonrası, gerek ise mevcut yapısında bulunan deniz verilerinin artmasıyla birlikte elindeki deniz gravite verilerinin işlenmesi hususunda artan ihtiyacı karşılamak için son dönemde araştırmalara başlamış ve bu konuda dünyada yapılan iş akış standartlarına bağlı olarak kendi gravite verilerini işleme araştırmalarına başlamıştır. Türkiye'de bu konunun yeni sayılabilecek bir konumda olması ve elde edilen verilerin özel firmalara proses ettirilmesinden doğan yüksek meblâğlardaki masraflar göz önüne alındığında, proses kabiliyetinin artırılması, verilerin kalite kontrolü ve farklı filtre işlemlerinin araştırılması yapılmıştır. Bu araştırmada elde edilen bilgiler ve sonuçları bildirinin içeriğini kapsamaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Gravite, Veri Prosesi, Deniz Gravite Verileri

# GRAVITY CALIBRATION BASELINE BETWEEN JEDDAH AND TAIF IN KINGDOM OF SAUDI ARABIA

**Gokhan ARSLAN[1], Mehmet Emin AYHAN[1], Bandar AL-MUSLMANI[1], Meshal AL-QULAITY[1], Sultan AL-SHAHRANI[1]**

[1]*Department of Geodesy and Land Survey, General Commission For Survey, Riyadh, KSA*

Relative gravimeters are calibrated for calibration constant(s) relating observable units to μGal. The calibration correction factor(s) with respect to the instrument calibration constant(s) are constrained by measurements at gravity calibration baseline (GCB) stations. GCB is a gravity network where known gravity differences are compared to those measured by relative gravimeter. The GCB consists of 14 sites between Jedah and Taif. Each site includes one center and one ex-center statıons. Absolute gravity (AG) at the GCB 28 stations were observed immediately after by two A10X (#021, #023) absolute gravimeters. Ties between the stations are also measured simultaneously by four CG5 relative gravimeters. Two CG5s were used in gravity gradient measurements at three levels at the stations. AG, gradient and tie measurements were completed from December 2014 to January 2015. A10 and A10X provided total uncertainty of less than ± 6 μGal. The uncertainty of gravity gradient and tie measurements is less than ±2 μGal and ± 5.4 μGal respectively. Comparison of ties observed by CG5 and A10X results in differences less than 9 μGal. In order to screen the CG5 tie measurements, first the GCB network, includes 112 CG5 ties only, is adjusted datum free. Outliers (15 ties) detected by Pope's Tau-test are excluded. Then the network includes A10X absolute gravity and CG5 tie measurements are adjusted by weighted constraint. At this step we basically screen the AG measurements. Finally the AG at each of the stations is estimated with their uncertainty. The uncertainty for gravity differences between stations is less than 2.6 μGal. The gravity differences between the center stations at Jeddah and Taif is 430796.3 ± 1.92 μGal. Considering the height difference of 1521 m between Jeddah and Taif sites, average rate of gravity with height along the baseline is about 283 μGal per meter.

# ITU_GRACE16 VE ITU_GGC16 GLOBAL GRAVİTE ALANI MODELLERİ: İLK SONUÇLAR

**Orhan AKYILMAZ[1], Aydın ÜSTÜN[2], Cüneyt AYDIN[3], Niyazi ARSLAN[4], Serkan DOĞANALP[5], Hüseyin MERCAN[1], Caner GÜNEY[1], Süreyya Özgür UYGUR[3], Metehan UZ[6], C.K. SHUM[7], Kun SHANG[7]**

[1]*İstanbul Teknik Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği, Ayazağa, İstanbul*
[2]*Kocaeli Üniversitesi, Harita Mühendisliği, Umuttepe, İzmit*
[3] *Yıldız Teknik Üniversitesi, Harita Mühendisliği, Davutpaşa, İstanbul*
[4]*Çukurova Üniversitesi, Harita Mühendisliği, Ceyhan, Adana*
[5]*Necmettin Erbakan Üniversitesi, Harita Mühendisliği, Meram, Konya*
[6]*Selçuk Üniversitesi, Harita Mühendisliği, Alaaddin Keykubat Kampüsü, Konya*
[7]*Ohio Eyalet Üniversitesi, Jeodezi Bölümü, Columbus, Ohio*

Küresel harmonik serilerle gösterilen yeryuvarının global gravite alanı bilgisi (statik), iki ayrı model esas alınarak GRACE ve GOCE uydu verileri yardımıyla oluşturulmuştur. İlk çözüm, 2009-2013 yılları arasındaki 50 aylık döneme ilişkin GRACE ikiz uydu sisteminin verilerine dayalıdır. İkinci model, yine aynı dönemi esas almak üzere GRACE ve GOCE verilerinin bütünleşik çözümüdür. ITU_GRACE16 ve ITU_GGC16 adıyla üretilen modellerin küresel harmonik seri açınım dereceleri, sırasıyla 180 ve 280'e kadardır.

Söz konusu modellerin geliştirilmesinde, GOCE uydu görevinin tam çalışma periyodu göz önüne alınarak aşamalı bir çözüm yaklaşımı benimsenmiştir. Burada amaç; en yüksek çözünürlük ve doğruluğun arandığı bütünleşik çözümde (ITU_GGC16), GOCE uydu verilerinin tamamını kullanabilmek ve bu modelde GRACE katkısını yine aynı zaman dilimi için öncü model (ITU_GRACE16) olarak üretip, kombinasyona hazır duruma getirmektir. Bu doğrultuda, öncelikle GRACE uydularının günlük çözüme dayalı konum ve hız bilgisi, duyarlı yörünge belirleme teknikleriyle elde edilmiştir. GRACE ikiz uyduları arasındaki uzunluk ve uzunluk değişimi ölçülerini içeren yüksek duyarlıklı (mikron düzeyinde) KBR gözlemleri ve uyduların gravite alanı ile ilişkili ivmelenmelerini gözlemleyen ivmeölçer verileri (L1B), "enerji yaklaşımı" altında duyarlı yörüngelerle birleştirilmiştir. Potansiyel enerjiyi temsil eden küresel harmonik modelini, uyduların hareketini yansıtan kinetik enerji gözlemlerine bağlayan enerji yaklaşımı, gözlem denklemlerinden üretilen doğrusal denklem sisteminin sayısal çözümü ile sonuçlanır. Bir aylık veri kümesinden yaklaşık 500000 gözlem denkleminin ortaya çıktığı bu yaklaşımda, en küçük kareler yöntemi kullanılarak bilinmeyen harmonik katsayılar (180. derece için 32761) ve onların hataları kestirilmiştir. Çözüm için bilinmeyen parametrelerin yaklaşık değerlerinin elde edilmesinde GIF48 modeli referans alınmıştır.

ITU_GGC16 bütünleşik modeli, ITU_GRACE16 ve GOCE SST+SGG (GPS uydu izleme ve uydu gravite gradyometre) verilerinden üretilmiş normal denklem sisteminin kombinasyonudur. Uydudan uyduya izleme (SST-hl) tekniği, her iki uydu görevinin benzer veri kümesini tanımlamakla birlikte, yörünge yükseklik farkından dolayı düşük frekanslı (yaklaşık 100. dereceye kadar) gravite alanı bilgisinin kestiriminde sinyal çeşitliliği sunmaktadır. Sinyal çeşitliliğinde asıl zenginlik, GRACE KBR ve GOCE SGG gözlemlerinden gelir. Normal denklem sistemleri ve onların varyans-kovaryans bilgisi gravite alanını farklı spektrumlarda temsil eden bu veri ve sinyal çeşitliliğini içinde barındırmaktadır. Bu sayede, önceki aşamada elde edilen GRACE normal denklem sistemi, GOCE'nin aktif görev süresinin ve gözlemlerinin tamamını kapsayan GO_CONS_GCF_2_TIM_R5 denklem sistemi ile birleştirilmiş ve 280. dereceye kadar çözüm veren bütünleşik model oluşturulmuştur. Bağımsız çözümlerin varyans-kovaryans bilgileri, varyans bileşeni kestirimine göre birleştirilerek hata yayılımının optimizasyonu sağlanmıştır.

Modellerin geliştirilmesiyle birlikte, performanslarının değerlendirilmesine yönelik bir dizi test işlemine geçilmiştir. Kestirilen katsayılar ve hata büyüklükleri hakkında önemli bilgiler sunan sinyal güç ve hata spektrumu, referans ve benzer nitelikteki diğer global modellerle (GGM05S ve G, GOCOR4 ve EGM2008) kıyaslandığında yüksek performans göstermiştir. Öte yandan, ülkemiz sınırları içinde uygun dağılımda seçilen 81 GPS/nivelman noktası ile ITU_GRACE16 77 cm, ITU_GGC16 49 cm RMS uyumu sağlamıştır. Her iki modelin Uluslararası Global Gravite Alanı Modelleri Servisi (ICGEM)'ne kayıt işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu sırada yapılan global karşılaştırma analizleri, jeoit yükseklikleri cinsinden doğruluklarının 74 ve 39 cm'ye eşit olduğunu göstermiştir. Sonuçlar, ülkemizde ilk kez üretimi gerçekleştirilen global gravite alanı belirleme çalışmasının başarısını işaret etmektedir. Bu anlamda, üretilen modeller hem Türkiye Ulusal Yükseklik Sisteminin modernizasyonu çalışmalarına hem de uluslararası düzeyde yürütülen çalışmalara katkı verecek niteliktedir.

Bu çalışmada, geliştirilen iki modele ilişkin analiz sonuçları mevcut diğer güncel modellerle karşılaştırmalı olarak ortaya konacak, ileriye dönük yapılması planlanan iyileştirme çalışmaları hakkında bilgiler verilecektir.

Teşekkür: Bu çalışma TÜBİTAK tarafından 113Y155 proje numarası ile desteklenmiştir. GO_CONS_GCF_2_TIM_R5 modeli normal denklemlerini bize sağlayan Prof. Dr. W.-Dieter Schuh ve Jan Martin Brockmann'a teşekkürü borç biliriz.

# KINGDOM OF SAUDI ARABIA (KSA) GEOID NOVEMBER 2015: KSAGEOIDNOV2015

**Rene FORSBERG[1], Mehmet Emin AYHAN[2], Bandar ALMUSLMANI[2]**

[1]*Technical University of Denmark, Lyngby, Denmark*
[2]*General Commission for Survey, Riyadh, Saudi Arabia*

General Commission for Geodesy (GCS) is mandated to provide an accurate KSA Geoid in the kingdom. Land gravity points from ARAMCO and Genaral Directorate of Military Survey (GDMS) covering the kingdom and ship-borne gravity points over Arabian Gulf and Red Sea from NOAA/NGDC and ARAMCO are obtained. The data is edited and unified to IGSN71 gravity system and free gravity anomalies referring to GRS80 normal gravity filed are computed at those points. DTU13 satellite altimetry gravity anomalies on a $0.05^0$ x $0.05^0$ over Red Sea and Arabian Gulf are extracted from the DTU13 global model. The gravity data are checked against both global models EGM08 and GOCE Earth Geopotantial Model (EGM) (go_cons_gcf_2_dir_r5), and found consistent. Then these data sets are used in the KSA geoid computation by a remove-compute-restore technique. A composite EGM model of GOCE and EGM08 up to degree 720 is used for the EGM effects. The RTM effects are computed based on the SRTM30 PLUS DEM. Mean of the reduced anomalies is -1.2 mGal for land, -0.7 mGal and -2.3 mGal over Arabian Gulf and Red Sea, respectively, whereas 0.5 mGal for DTU13 anomalies. 1D Spherical FFT with optimized kernels is used for the residual gravimetric geoid from a grid of residual anomalies. Restoring EGM and RTM effects to the residual geoid reveals the gravimetric KSA Geoid on a grid of 2 x 2 km resolution. Fitting the KSA Geoid to 4157 GPS/BMs resulted in KSAGEOIDNov2015.

# BÖLGESEL GEOİT MODELLERİNİN HESAPLANMASINDA VERİ KATKISI VE HESAPLAMA YÖNTEMLERİNİN MODEL DOĞRULUĞUNA ETKİSİ

**Bihter EROL[1], Elmas Sinem İNCE[2], Ramazan Alpay ABBAK[3], Serdar EROL[1], Mustafa Serkan IŞIK[1], Mohsen FEİZABADİ[1]**

[1]*İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, Maslak, İstanbul*
[2]*York Üniversitesi, Yeryuvarı ve Uzay Bilimleri Bölümü, Toronto, Kanada*
[3]*Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Konya*

Günümüzde GNSS tekniği ile elde edilen elipsoidal yüksekliklerin bölgesel düşey datumda tanımlanan fiziksel yüksekliklere dönüştürülmesinde, presizyonlu bir geoit modeli büyük önem taşımaktadır. Geoit modeline dayalı yükseklik dönüşümü, geoitten olan ortometrik yüksekliklerin elde edilmesinde geleneksel yöntem olan nivelman yaklaşımının uygulamadaki zorluklarının ve ölçme hatalarının getirdiği dezavantajını ortadan kaldırarak yükseklik bilgisi gerektiren çalışmalarda birçok açıdan olumlu katkı sağlamaktadır. GNSS ölçülerinden elde edilen elipsoidal yüksekliklerin ortometrik yüksekliklere dönüştürülmesinde, 5 cm ve altında yükseklik doğruluğu gerektiren jeodezik çalışmalarda dönüşümü sağlayacak birkaç cm doğruluklu bir geoit modeline gereksinme duyulur. Bu çalışma kapsamında ülke jeodezik altyapısında presizyonlu bölgesel geoit modelinin önemi vurgulanmaktadır. Bölgesel geoit modellerinin Remove-Restore (Kaldır-Yerine Koy) temeli üzerine yapılandırılmış yöntemler ile birkaç cm doğrulukta hesaplanabilmesi için gereken uydulara dayalı ve yersel veriler ve verilerin hazırlanma süreci değerlendirilecektir. Remove-Restore yaklaşımı temeline göre geliştirilen farklı hesaplama algoritmalarının dayandırıldığı varsayımlar, hesaplanacak geoit modelinin doğruluğuna olan etkileri, uygulama örnekleri ile tartışılacaktır.

# GRAVİTE VERİLERİNDEN KOLOKASYONLA JEOİT YÜKSEKLİĞİ HATA KESTİRİMİ: TÜRKİYE İÇİN DENEMELER

**Hasan YILDIZ[1], Mehmet SİMAV[1]**

[1]*Harita Genel Komutanlığı, Jeodezi Dairesi Başkanlığı, 06100, Dikimevi, Ankara*

T.C. Kalkınma Bakanlığı desteği ile yürütülen "Türkiye Yükseklik Sisteminin Modernizasyonu ve Gravite Altyapısının İyileştirilmesi Projesi" ile 1-3 km yersel çözünürlükte 1-3 cm doğrulukta gravimetrik jeoit hesaplanması hedeflenmiştir. Proje kapsamında kurumlar arası (HGK, MTA, TPAO, TÜBİTAK-MAM ve TÜBİTAK-UME) işbirliği ile mutlak gravite ve bağıl gravite ölçümleri devam etmekte ve 0.5 mGal'in altında bir hata ile 10 km sıklıktaki nokta gravite değerlerinin hesaplanması beklenmektedir. Proje kapsamında dağlar, kıyı alanları ve Marmara Denizi ve Van Gölü gibi alanlardaki gravite boşluklarının doldurulması maksadıyla 1-2 mGal doğrulukla havadan gravite ölçüleri yapılması da düşünülmektedir. Öncelikle, Türkiye'deki mevcut tarihsel gravite verileri ile elde edilebilecek gravimetrik jeoit doğruluğu farklı topografik yapıdaki test bölgelerinde araştırılmıştır. 0.5 mGal ortalama hata varsayımı ile yeni ölçülerle elde edilecek 10 km sıklıktaki nokta gravite simülasyon verileri ve 2 mGal ortalama hata varsayımı ile veri boşluk alanlarında oluşturulan havadan gravite simülasyon verilerinin mevcut tarihsel gravite verileri ile birlikte girdi olarak kullanılması ile quasi-jeoit ve hatası hesaplanmış ve proje kapsamında yeni yapılacak gravite ölçülerinin quasi-jeoit doğruluğuna etkisi incelenmiştir. Çalışmada, test bölgelerindeki gravite verilerinden GRACE/GOCE tabanlı güncel bir küresel harmonik Yer gravite modelinin etkisi ile topografyanın etkisi çıkarılarak elde edilen artık gravite anomalilerinden elde edilen kovaryans model parametreleri kullanılarak En Küçük Karelerle Kolokasyon ile artık gravite anomalilerinden artık quasi-jeoit yükseklikleri ile hataları hesaplanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Yükseklik Sistemi Modernizasyonu, Gravite, Jeoit Hatası, Kolokasyon

# TÜRKİYE İÇİN FARKLI JEOİD MODELLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

**Nazan YILMAZ[1]**

[1]*KTU, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Harita Mühendisliği Bölümü*

Yerin, kitlesi ve kendi ekseni etrafında dönmesinden kaynaklanan gravite alanında her bir noktanın bir gravite ve gravite potansiyeli değeri vardır. Gravite potansiyel değerleri eşit olan noktaların birleştirilmesiyle oluşan yüzeylere eşpotansiyelli yüzeyler ya da seviye yüzeyleri denilmektedir. Seviye yüzeyleri, yatayın tanımlanmasına yardımcı olduklarından jeodezi için oldukça önemlidir.

Isı, basınç, yoğunluk, tuzluluk farkı, akıntı ve gelgit gibi etkilerden arındırılmış okyanus yüzeyiyle çakışıp karaların altında da devam ettiği düşünülen eşpotansiyelli yüzeye jeoid denmektedir. Bu yüzey, gerçek gravite alanının eşpotansiyelli yüzeylerinden özel bir tanesine karşılık gelmektedir ve sahip olduğu potansiyel değeri ile tanımlıdır. Jeoid, yükseklikler için sıfır yükseltili olarak kabul edilen başlangıç yüzeyidir ve yerin temel şekline verilen isimdir. jeodezinin temel yüzeyi olan jeoidin matematiksel olarak gösterimi imkânsızdır ancak fiziksel olarak gösterilebilir. Üzerinde matematiksel işlemler yapılamadığından, bu yüzey bir hesap yüzeyi olarak kullanılamamaktadır. Jeoid, yeryüzünün büyük bölümünü oluşturan denizlerle çakıştığından, doğal olaylarla uyumlu, gözle görülebilen ve erişilebilen ender bir yüzeydir. Bu özellikleri nedeniyle, jeodezicilerin jeoide verdiği önem daha da artmaktadır.

Yerin biçim ve büyüklüğünü temsil eden jeoide; nokta yükseklikleri için başlangıç yüzeyinin tanımlanmasında, ortalama yer elipsoidinin belirlenmesinde, referans sistemlerinin yatay ve düşey datumunun belirlenmesinde, yerkabuğundaki ve deniz yüzeyindeki değişimlerinin incelenmesinde, gravite değişimlerinin belirlenmesinde ihtiyaç duyulmaktadır. Farklı amaçlar için kullanılan jeoide pratikte yaygın olarak ortometrik yüksekliklerin elde edilmesinde ihtiyaç duyulur. Ortometrik yüksekliklerin, geleneksel ölçülerle bulunması oldukça zahmetli ve zaman alıcı bir işlemdir. Buna karşın GPS ile bulunan elipsoid yüksekliklerinden ortometrik yüksekliklere dönüşüm daha kolaydır. Ancak bu dönüşümde, belirli bir doğruluğa sahip jeoid yükseklikleri bilinmelidir.

Bir eşpotansiyelli yüzey olarak tanımlı olan jeoidin doğada nereden geçtiği her yerde hassas bir şekilde bilinememekte, sadece kabaca bilinmektedir. Jeoid anlık veya ortalama deniz yüzeyi ile tam çakışmaz. Dolayısıyla anlık veya ortalama deniz yüzeyini belirlemekle de jeoid belirlenmiş olmaz. Jeoidin uygun boyutlu dönel bir elipsoid biçiminden farklı olmasının yegane sebebi yeryuvarının kitle düzensizlikleridir. Jeoid, doğrudan dolaysız bir yüzey olarak belirlenmesindeki güçlük nedeniyle çoğunlukla, kendine yakın mukayese yüzeyi seçilen referans elipsoidinden olan farklarla belirlenmektedir. Bu farklardan en önemlisi iki yüzeyin düşey yönde uzaklığını yansıtan N jeoid ondülasyonları (Jeoid yükseklikleri) dir.

GPS ile veya başka yoldan türetilen h elipsoidal yükseklikler, doğal durumu yansıtmadıklarından, yüksekliklerle ilgili hassas pratik ihtiyaçları karşılamaktan uzaktırlar. Yükseklikler için izlenecek yol, doğada var olan jeoid, eşpotansiyelli yüzey, çekül eğrileri gibi fiziksel gerçeklerle uyumlu olmalıdır. Jeoidden itibaren alınan ortometrik yükseklikler, fiziksel olaylarla daha uyumlu, daha doğal kabul edilmekte ve bu özelliği ile yüksekliklerle ilgili pratikteki pek çok problemin çözümünde başarılı bir şekilde kullanılabilmektedirler. GPS uygulamalarında kolayca belirlenebilen h elipsoid yüksekliklerini H ortometrik yüksekliklere dönüştürebilmek için jeoidin belirlenerek N jeoid ondülasyonlarının elde edilmiş olması gerekmektedir. Acaba, Türkiye'de bu dönüşümde kullanılacak jeoid hangisi olmalıdır?

Geçmişten günümüze bakıldığında; Türkiye'de ilk jeoid belirleme çalışması 1970'li yıllarda başlamıştır. Bugüne kadar farklı yöntemlerle, farklı verilerle ve çeşitli isimlerle birçok jeoid belirlenmiştir. Yaklaşık 45 yıldır devam eden jeoid belirleme çalışmalarında doğruluk gittikçe artmaktadır (Ayan, 1978; Ayhan, 1992; Ayhan ve Kılıçoğlu, 1993; Ayhan ve Alp, 1994; Ayhan vd., 2002; Kılıçoğlu, 2002; Kılıçoğlu vd., 2005; Kılıçoğlu vd., 2009; Yılmaz, 2011).

Bu çalışmada; günümüze kadar Türkiye için yetkili kişi ve kurumlarca belirlenen jeoid modelleri birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Bu amaçla 1976 Türkiye Jeoidi, Türkiye Jeoidi-1991, Türkiye Doppler Jeoidi, Türkiye PseudoWGS84 Doppler Jeoidi, Türkiye Astrojeodezik Jeoidi-1994, GPS/Nivelman Jeoidi, Güncellenmiş Türkiye Jeoidi-1999, Yeni Türkiye Jeoidi-2003, Türkiye Jeoidi-2009, Türkiye Hibrid Jeoid Modeli-2009 olmak üzere 10 adet lokal jeoid modeli ve OSU91A, EGM96, GGM01S, GGM01C, EIGEN-GRACE01S, EIGEN-GRACE02S, EIGEN-CHAMP03S, GGM02S, GGM02C, EIGEN-CG01C, EIGEN-CG03C, EGM08 olmak üzere 12 adet Global jeoid modelleri incelenmiştir. Çalışma kapsamında, Türkiye Ulusal Temel GPS Ağının Türkiye geneline mümkün olduğunca homojen olarak yayılmış 30 noktası seçilmiştir. Seçilen bu 30 test noktasının değişik Türkiye lokal ve Global jeoid modellerindeki jeoid yükseklikleri hesaplanmıştır. Bu modeller, hesaplanmalarında esas alınan kriterler yönünden ve bu modellerden test noktalarında bulunan farklı jeoid yükseklikleri yönünden karşılaştırılmıştır. Jeoid yüksekliklerine göre yapılan karşılaştırmalar, lokal jeoid modellerinin kendi aralarında ve global jeoid modelleri ile lokal GPS/Nivelman jeoidi arasında yapılmıştır. Test noktalarında değişik modellerden bulunan jeoid yüksekliklerinin farkları değerlendirilmelere tabi tutularak bazı bulgular elde edilmiştir. Bu bulgular ve jeoid modellerinin oluşturulmalarında esas alınan kriterler göz önünde bulundurularak, değişik jeoid modelleri arasındaki uyuşumsuzlukların nedenleri ve büyüklükleri araştırılmıştır. Sonuçta, 1999 yılından sonra belirlenen jeoidlerle ortometrik yüksekliğe geçişin desimetre mertebesinde yapılabileceği görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Jeoid Belirleme, Türkiye Jeoidleri, Global Jeopotansiyel Model, GPS/Nivelman, Jeodezik Yükseklikler, Gravite

KAYNAKLAR

Ayan, T., 1978. 1976 Türkiye Geoidi, Harita Dergisi, 85, 5-17.

Ayhan, M.E., 1992. Türkiye Jeoidi-1991 (TG-91), Harita Dergisi, 108, 1-17.

Ayhan, M. E. ve Kılıçoğlu, A., 1993. Türkiye Doppler Jeoidi (TDJ), Prof. Dr. H. Wolf Jeodezi Sempozyumu, Kasım, İstanbul, Yıldız Teknik Üniversitesi, Bildiriler Kitabı, 409-435.

Ayhan, M.E. ve Alp, O., 1994. Türkiye Astrojeodezik Jeoidi-1994, İç rapor, Jeof 94-2, HGK, Ankara.

Ayhan, M.E., Demir, C., Lenk, O., Kılıçoğlu, A., Aktuğ, B., Açıkgöz, M., Fırat, O., Şengün, Y. S., Cingöz, A., Gürdal, M.A., Kurt, A.İ., Ocak, M., Türkezer, A., Yıldız, H., Bayazıt, N., Ata, M., Çağlar, Y. ve Özerkan, A., 2002. Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı-1999A (TUTGA-99A), Harita Dergisi, Özel Sayı 16.

Kılıçoğlu, A., 2002. Güncelleştirilmiş Türkiye Jeoidi-1999 (TG-99A), Tektonik ve Jeodezik Ağlar Çalıştayı, Ekim, İznik, Bildiri Kitabı, 153-166.

Kılıçoğlu, A., Fırat, O. ve Demir, C., 2005. Yeni Türkiye Jeoidi (TG-03)'nin Hesabında Kullanılan Ölçüler ve Yöntemler, Türkiye Ulusal Jeodezi Komisyonu 2005 Yılı Bilimsel Toplantısı, Jeoid ve Düşey Datum Çalıştayı, 53-65.

Kılıçoğlu, A., Yıldız, H., Direnç, A., Lenk, O., Bağcı, H. ve Simav, M., 2009. Türkiye Jeoidi (TG09)'nin Hesabında Kullanılan Ölçüler ve Yöntemler. Bakanlıklararası Harita İşlerini Koordinasyon ve Planlama Kurulu (BHIKPK) 1.Sempozyumu, ODTÜ Kültür ve Kongre Merkezi, Şubat, Ankara.

Yilmaz, N., 2011. Türkiye için farklı yöntem ve verilerle belirlenen jeoidlerin karşılaştırılması, Doktora tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü.

# GEOİT BELİRLEME ÇALIŞMALARINA ASTRO-JEODEZİK KATKI: SAYISAL ZENİT KAMERA SİSTEMLERİ

**Kerem HALICIOĞLU[1], Rasim DENİZ[2], Haluk ÖZENER[1], M. Tevfik ÖZLÜDEMİR[2], Müge ALBAYRAK[2]**

*[1] Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Jeodezi Anabilim Dalı*
*[2] İstanbul Teknik Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü*

Geoit belirleme çalışmalarında gravimetrik, GNSS/Nivelman, küresel jeopotansiyel modeller, astro-jeodezik ve kronometrik nivelman gibi farklı teori ve ölçmelere dayanan yöntemler kullanılmaktadır. Ülkemizde ve dünya genelinde farklı yöntemlerin karşılaştırılması ve birlikte değerlendirilmesiyle, geoit modelleme çalışmalarındaki doğruluk ve güvenilirlik sınanabilir ve geoit belirleme sürecinde karşılaşılan kısıtlamalar giderilebilir.

Astronomik ve jeodezik koordinatlar kullanılarak elde edilen çekül sapmalarının hesaplanması esasına dayanan astro-jeodezik yöntem, Sayısal Zenit Kamera Sistemleri'nin (SZKS) yardımıyla, analog yöntemlere göre daha kısa ölçme sürelerinde yüksek prezisyonlu sonuçlar elde edilmesine olanak sağlamıştır. Bu çalışmada Türkiye'de tasarlanan ve testleri yapılan ilk SZKS ile elde edilen sonuçlara ve sistemle gerçekleştirilen güncel çalışmalara yer verilmiştir. Ayrıca, geoit belirleme yöntemlerinden astro-jeodezik yöntemin modelleme çalışmalarına katkısı, dünya genelindeki SZKS uygulamaları ve ülkemizdeki geoit çalışmalarına bu sistemin olası katkıları tartışılmıştır.

# ANALİTİK AŞAĞI UZANIM TEKNİĞİ İLE GRAVİMETRİK JEOİT BELİRLEME ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA

**Erdinç SEZEN[1], Uğur DOĞAN[2], Hasan YILDIZ[1]**

[1]*Harita Genel Komutanlığı, Jeodezi Dairesi Başkanlığı / Ankara*
[2]*Yıldız Teknik Üniversitesi Harita Mühendisliği Bölümü / İstanbul*

Jeoit belirlemede kullanılan Stokes formülü, gravite anomalilerinin jeoit yüzeyinde bilinmesini ve jeoit dışında kütle bulunmamasını gerektirir. Bu nedenle topoğrafya üzerinde belirlenen gravite anomalilerinin jeoit yüzeyine indirgenmesi ve jeoit üzerinde kalan topoğrafya etkisinin dikkate alınması gereklidir. Günümüzde Dünya Gravite Modellerinin (DGM), artan açılım dereceleri ile doğru orantılı olarak jeoidin uzun dalga boylu bileşenini belirlemede kullanımı da yaygınlaşmıştır. Buna rağmen Dünyanın dış gravite alanına ait potansiyel bilgisini veren DGM'ler ile karasal bölgelerde doğrudan jeoit belirlemek yukarıdaki nedenlerle mümkün değildir. Dünya'nın dış gravite alanı potansiyelinin kütlelerin içine analitik (veya harmonik) aşağıya uzanımı, "analitik aşağıya uzanım hatası" veya "topoğrafik kayıklık" olarak bilinen bir hataya neden olur. Topoğrafyadan kaynaklı bu kayıklığı dikkate almanın bir yolu, Dünyanın yarıçapı ile topoğrafik yüksekliklerin fonksiyonel katsayılarını içeren ters uzaklığı konuma dayalı küresel harmoniklere açmaktır. Daha sonra bu katsayılar gerçek topoğrafya potansiyeli ile bunun analitik aşağıya uzanımı arasındaki farkın belirlenmesinde kullanılmak üzere binom serisine açılır. Elde edilen söz konusu katsayılar ile dünyanın herhangi bir yerinde konuma dayalı topoğrafik kayıklık hatası tespit edilebilir. Söz konusu hata miktarı Yeryüzündeki yükseklik anomalilerinin, kendilerine karşılık gelen jeoit yükseklilerine dönüşümü için gerekli düzeltme miktarına eş olması nedeniyle DGM'lerin jeoidin uzun dalga boyunda kullanımı için pratik bir yol sağlamaktadır. Söz konusu yönteme dayalı bir jeoit belirleme çalışması İç Anadolu Bölgesini kapsayan test bölgesinde gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar bölgedeki mevcut GNSS/nivelman noktaları ve KTH metodu ile belirlenen bölgesel jeoit modeli ile karşılaştırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Analitik Aşağıya Uzanım, Topoğrafik Kayıklık, Jeoit Belirleme, Dünya Gravite Modeli, Stokes Formülü'nün En Küçük Karelerle Modifikasyonu (KTH Metodu).

# 17 AĞUSTOS 1999 DEPREMİ SONUCUNDA OLUŞAN ZAMAN BAĞIMLI GRAVİTE DEĞİŞİMLERİNİN BELİRLENMESİ AMACI İLE YAPILAN ÇALIŞMALARIN GENEL DEĞERLENDİRİLMESİ

**Semih ERGİNTAV[1], Uğur DOĞAN[2]**

*[1] Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Jeodezi Anabilim Dalı*
*[2]Yıldız Teknik Üniversitesi Harita Mühendisliği Bölümü*

Marmara Bölgesi'nde 17 Ağustos 1999 İzmit Depremi sonucunda tüm Marmara'yı etkileyen ve halen gözlenen deformasyon değişimlerinin anlaşılması için, günümüze kadar yapılan jeodezik ve jeofizik çalışmaların tamamlayıcı en önemli bileşenlerinin biri olan gravite alan değişimlerinin belirlenmesi, farklı projeler kapsamında1999 depremini izleyen 10 yıl içinde yürütücülüğümüzde, ulusal ve uluslararası geniş bir ekiple gerçekleştirilmiş, sonuçlar yayınlarla paylaşılmıştır.

Genel olarak gravite ölçümleri, GPS ölçümleri ile desteklenerek, mutlak ve bağıl gravite cihazları kullanarak yapılmıştır. Temel olarak, en yüksek hassasiyeti elde edebilmek amacı ile, gravite ölçümleri drift hatalarının kontrolü için gidiş-dönüş ölçüm tekniği temel alınarak gerçekleştirilmiştir. Ölçümler de gravite alan değerlerine katılan aletsel ve çevresel etkiler, gravite yöntemi kuramında yer alan ve çalışmanın amacına uygun olarak seçilen düzeltmeler ve indirgemeler ile ölçüm değerlerinden çıkarılmıştır. Düzeltme ve indirgeme işlemleri sonrasında farklı günlerde ölçülen geçkilerin, birbirleriyle birlikteliklerinin sağlanması ve belli bir düzeye indirgenmeleri için dengelenme işlemi yapılmıştır. Bağıl gravite ölçümleri, mutlak gravite ölçümleri ile kalibre edilerek, farklı zamanlardaki ölçümler arasında oluşan ölçek farklılıkları en aza indirgenmiştir. Kampanyalar kapsamında belirlenen gravite alan değerlerinden, her bir ölçüm noktası için gravite zaman serileri oluşturulmuştur. Elde edilen zaman serilerine, Ağırlıklı En Küçük Kareler Yöntemi uygulanmış ve yıllık gravite hız değerleri elde edilmiştir.

Ölçüm noktalarında, eş zamanlı gerçekleştirilen GPS ölçümleri de GAMIT/GLOBK yazılmı ile değerlendirilmiş ve elde edilen GPS zaman serileri, gravite zaman serilerinin doğruluğunu sorgulamak amacı ile kullanılmıştır.

Elde edilen gravite ve GPS zaman serilerinin verileri, ortam viskoelastik alınarak modellenmiş ve gözlenen değişimlerin kaynakları sorgulanmıştır. Bu aşamada, sismolojik veriler de destekleyici veri seti olarak kullanılmıştır. Bu amaçla, bir deprem sonucunda yeryüzünde oluşan zaman bağımlı deformasyonların kaynağını oluşturan jeoit ve gravite alan değişimlerini hesaplayan bir sayısal model oluşturulmuştur.

Bu sunumda, ölçüm stratejisinin saptanmasından başlayarak, modelleme aşamasına kadar olan süreç ile ilgili deneyimler paylaşılacak ve benzer çalışmaları yapmak isteyen araştırmacılar için bir yol haritası verilmeye çalışılacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** 17 Ağustos 1999 İzmit Depremi, Gravite Değişimi, GPS

# İZMİR VE BATI ANADOLU'DAKİ GNSS VERİLERİNİN JEOFİZİK VERİLERİ İLE BİRLİKTE DEĞERLENDİRİLMESİ

**Oya PAMUKÇU[1], Ayça ÇIRMIK[1], Muzaffer KAHVECİ[2], Tolga GÖNENÇ[1], Fikret DOĞRU[1]**

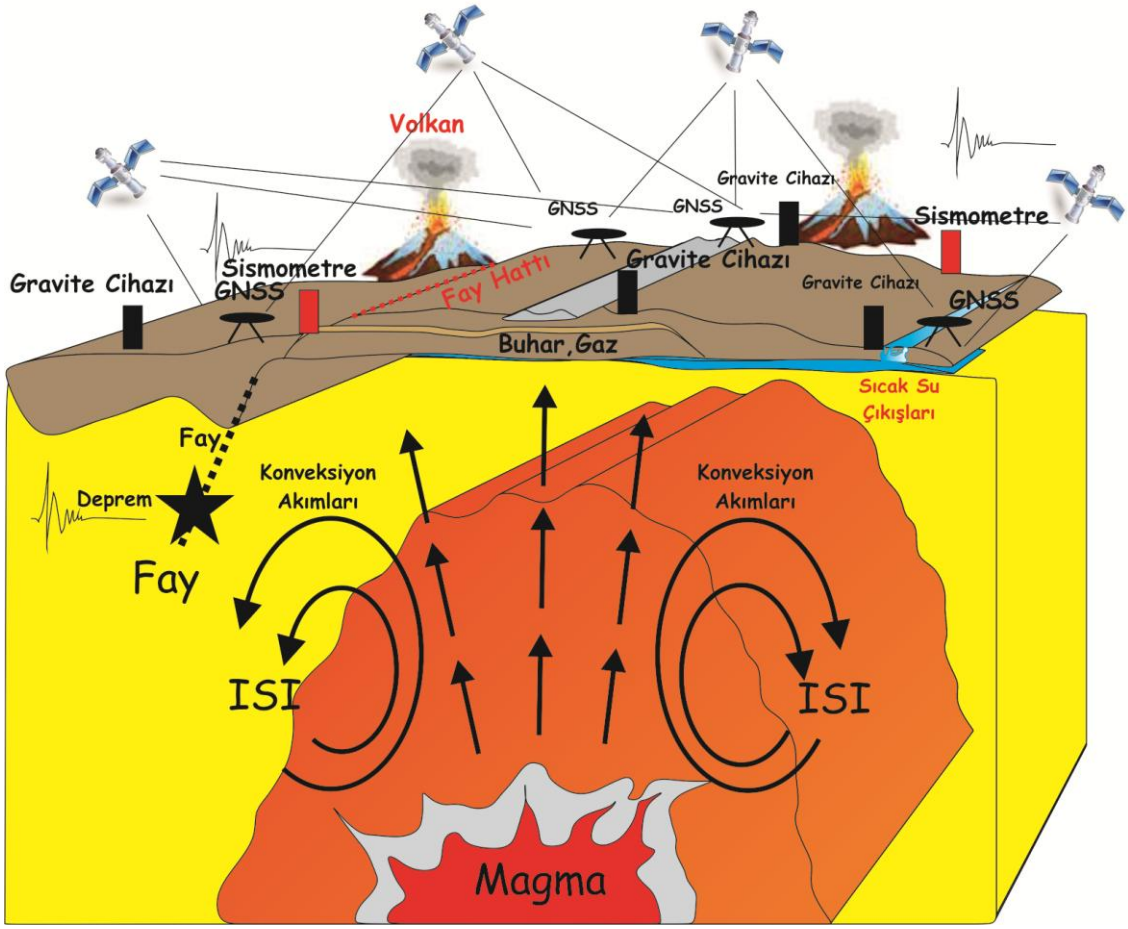
*[1]Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, 35160, Buca, İzmir*
*[2]Emekli Müh. Albay Doç.Dr.*

1980 lerden beri, yüzey hareketleri ve deformasyonları GNSS verilerinin kullanılmasıyla doğrudan elde edilmektedir. GNSS verileri ile bölgenin kinematik yapısı, kıtasal litosferin dinamiği hakkında bilgi sahibi olunmaktadır. Ayrıca, GNSS verilerinin jeofizik veriler ile birlikte değerlendirilmesiyle (Şekil 1) bölgenin yapısı hakkında detaylı bilgi elde edilmektedir (Kahveci vd., 2013).

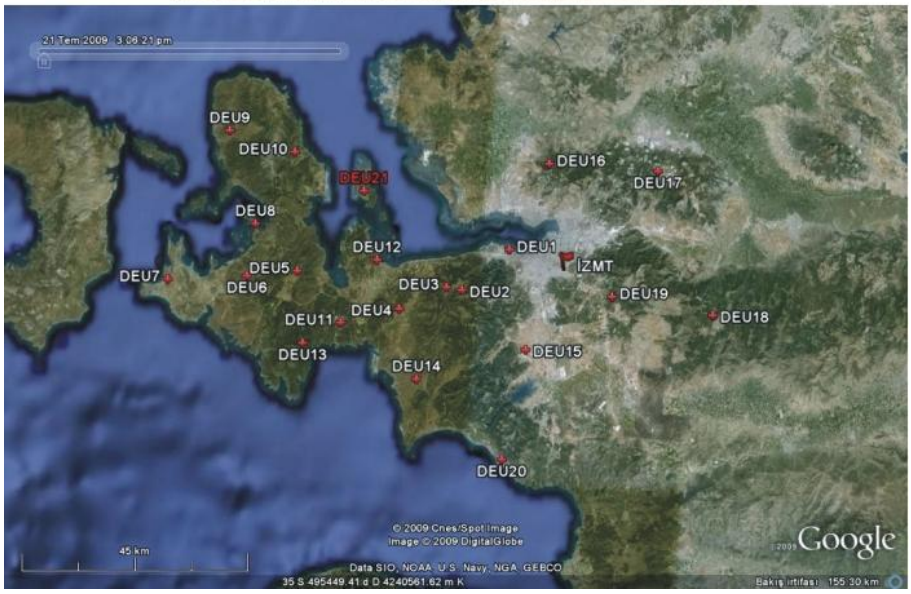
Bu bilgiler ışığında, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği bölümünde gerçekleştirilmiş TÜBİTAK projesi (No:108Y285) ile İzmir ve çevresindeki 2009-2010 ve 2011 yıllarında yapılmış zamana bağlı gravite, GNSS ve profil gravite ölçümleri ile tektonik elemanlar yorumlanmaya çalışılmıştır (Şekil 2). GNSS verileri GAMIT/GLOBK (Herring vd., 2010a, 2010b) ve yazılımı ile değerlendirilerek Avrasya, Ege ve Anadolu bloklarına göre göreceli ve Euler çözümü yapılmıştır. Ayrıca Bernese yazılımı kullanılarak Avrasya çözümüne ait sonuçlar denetlenmiştir. Daha sonra GNSS ölçümleri ve zamana bağlı gravite değerlerinin değişimi birlikte irdelenmiştir. Son olarak ise gravite profil ölçümlerine ait anomali değerlerinden Bouguer genlik değişimleri elde edilmiş ve çeşitli veri-işlem teknikleri ile yorumlanmıştır. Bu sonuçlar tektonik, sismolojik, jeotermal ve paleomanyetik çalışmalara ait bulgular ile birlikte değerlendirilerek İzmir ve çevresine ait kabuğun jeodinamik yapısı ve izostatik durumu tanımlanmaya çalışılmıştır. Ayrıca TÜBİTAK projesi kapsamında kurulan İzmir ve çevresindeki GNSS istasyonlarının zemin durumunun jeofizik verilerle irdelenmesi ile ilgili çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Sonraki aşamada Batı Anadolu Bölgesi için de aynı yaklaşımlar yapılarak, bölgeye ait litosfer yapısı irdelenmiştir.

Batı Anadolu Bölgesi kapsamında yapılan çalışmalarda ise (Şekil 3) GNSS, zamana bağlı gravite ve deprem dağılımları birlikte irdelenmiş ve litosferin dinamik yapısına ait saptamalar yapılmıştır.

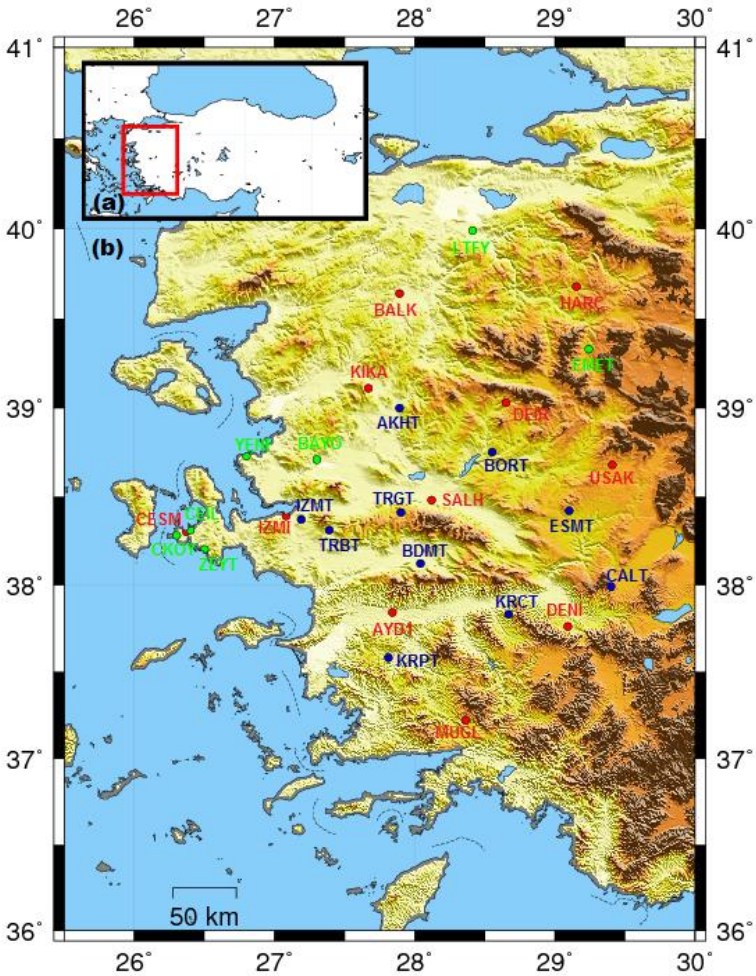
Sonuç olarak yapılan çalışmalar kapsamında GNSS, gravite ve diğer jeofizik verilerin birlikte değerlendirilmesi ile yer veya mühendislik problemlerinin çözümüne yönelik yaklaşımların daha da anlam kazandığı saptanmıştır.




Şekil 1. Jeodinamik yapıyı tanımlamaya yönelik çok disiplinli jeodezi ve jeofizik çalışmalarına ait taslak gösterim (Kahveci vd., 2013'den değiştirilerek alınmıştır).




Şekil 2. Arazi ön çalışması sırasında Prof. Dr. Hasan Sözbilir'in tektonik bilgi katkısı ile belirlenmiş noktaların sabitlenmesi ve ölçüm noktalarının dağılımı




Şekil 3 a) Çalışma alanının yer bulduru haritası. b) Batı Anadolu Bölgesi'nde bulunan GNSS istasyonlarının konumları. TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi (MAM) ait olan istasyonlar, lacivert ile, TUSAGA-AKTİF istasyonları kırmızı renk ile, Harita Genel Komutanlığı (HGK)'na ait istasyonlar yeşil renk ile temsil edilmektedir (Çırmık, 2014).

## Sonuçlar

İzmir ve çevresini kapsayan TÜBİTAK projesinde 2009-2010-2011 yılları arasında 21 istasyonda GNSS ve mikrogravite ölçüsü alınmıştır. GNSS verileri GAMIT/GLOBK yazılımı yardımıyla çözülmüş ve bölgenin Avrasya'ya göre yılda yaklaşık olarak 25 mm GB'ya doğru hareket ettiği hesaplanmıştır. Ege ve Anadolu blok çözümleri (Reilinger vd., 2006) ve bunlara ek olarak plaka içi hareketleri gözlemleyebilmek için Euler çözümleri yapılmıştır. Bunların sonucunda plaka içi hareketler göz önüne alınarak çalışma alanına ait kinematik yapı yorumlanmıştır (Pamukçu vd. 2015a).

İzmir ve çevresindeki GNSS ve zamana bağlı gravite verilerinin birlikte değerlendirilmesinden elde edilen bulgular bölgede Kissel vd., (1987) tarafından yapılmış paleomanyetik çalışmalar ve sismolojik veriler ile birlikte irdelenmiştir. Ayrıca kabuktaki kütle değişimi kestirimi, bu GNSS ve zamana bağlı gravite verileri seti arasında istatistiksel

olarak uyum olmayan bölgelerin depremsellik açısından aktif, jeotermal özelliği yüksek ve izostatik dengede olmayan yerler olduğu ileri sürülmüştür (Pamukçu vd. 2015b). Sonraki aşamalarda Coulomb 3.3 (Toda vd, 2005; Lin & Stein, 2004) programı kullanılarak İzmir'in güneyindeki yapısal elemanlar GNSS verileri ile modellenmiş ve 3B lu deformasyon dağılımına dayalı kabuk modeli tartışılmıştır.

DEÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Jeofizik Mühendisliği Bölümünde tamamlanmış doktora tezi (Çırmık, 2014) kapsamında, Dokuz Eylül Üniversitesi 2012.KB.FEN.126 BAP Projesi kapsamında sağlanan Batı Anadolu'daki GNSS verileri (TÜBİTAK MAM, TUSAGA-AKTİF, HGK) yine ITRF08 referans sisteminde ve Avrasya sabit çözümü yapılmış ve Batı Anadolu'nun yılda yaklaşık olarak 25 mm'lik hızla G-GB yönünde hareket ettiği gözlemlenmiş ve bu sonuçlar geçmiş GNSS çalışmaları ile birlikte değerlendirilmiştir. Böylelikle Avrasya sabit GNSS hızları dikkate alındığında Batı Anadolu bölgesi 4 ayrı bölgeye ayrılmıştır. Ayrıca, Ege ve Anadolu blok çözümleri hesaplanarak, özellikle Anadolu blok çözümünde GNSS hızlarının vektör yönlerinde benzerlikler görülmüş, bölge 3 ayrı gruba ayrılmış, ayrıca Batı Anadolu Bölgesi'nin kuzey sınırı olarak bir hat belirlenmiştir. Gediz ve Büyük Menderes'e göre ilk kez göreceli GNSS çözümleri yapılarak, bu tektonik elemanların çevresindeki hareketlilik irdelenmiştir. Özellikle Batı Anadolu Bölgesi'nde yapılan göreceli çözümler Gessner (2013) tarafından litosfer yapıları için öne sürülen bulguları desteklemektedir. Ayrıca, Dokuz Eylül Üniversitesi 2012.KB.FEN.126 BAP Projesi kapsamında TÜBİTAK MAM'dan alınan gravite verilerinin, GNSS verileri ile birlikte irdelenmesiyle, Batı Anadolu graben sistemi için yüzey altı yüklerinin dengesi hakkında irdelemeler yapılmıştır. Ayrıca sonlu elemanlar yardımıyla, Batı Anadolu Bölgesi'nin tektonik elemanlarına ait model oluşturularak yıllara bağlı deformasyon hesabı ile güncel GNSS değerlendirmelerinin sonucu karşılaştırılmıştır.

GNSS çalışmaları kapsamında son olarak Dokuz Eylül Üniversitesi 2015.KB.FEN.034 nolu BAP projesi kapsamında İzmir körfezindeki mekanizmayı denetlemek amacıyla Buca ve Foça'ya sabit istasyon kurulumları gerçekleştirilmeye çalışılmaktadır.

Proje kapsamında bir GNSS istasyonun tektonik elemanlardan mı yoksa bulunduğu zemin koşullarından dolayı mı farklı hareket sunduğunu açıklayabilmek için Prof. Dr. Mustafa Akgün ile zemin çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma kapsamında GNSS istasyonlarının kurulumundan önce zemine yönelik jeofizik çalışmalar yapılmasının önemi vurgulanmıştır.

Son olarak ise HGK ve Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi arasında geliştirilen protokol kapsamında GNSS, yer ve uydu gravite çalışmaları Müh. Albay Doç. Dr. Hasan Yıldız ve Müh. Binbaşı Dr. Mehmet Simav ile birlikte sürdürülmektedir.

Teşekkür: Bu çalışmaları gerçekleştirmemizde finansal destek sağlayan TÜBİTAK 108Y285 nolu projeye, Dokuz Eylül Üniversitesi 2012.KB.FEN.126 ve 2015.KB.FEN.034 nolu BAP projelerine ve GAMIT/GLOBK çözümlerinde destek sağlayan Massachusetts Institute of Technology (MIT)'den Prof. Dr. Thomas Herring'e teşekkür ederiz.

KAYNAKÇA

Çırmık, A. 2014. Determining the deformations in Western Anatolia with GPS and gravity measurements. Doktora Tezi, Dokuz Eylul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 196 sayfa, İzmir.

Gessner, K., Gallardo, L.A., Markwitz, V., Ring, U., Thomson, S.N. (2013). What caused the denudation of the Menderes Massif: Review of crustal evolution, lithosphere structure, and dynamic topography in southwest Turkey. Gondwana Research, 24(1), 243-274.

Herring TA, King RW, McClusky S. (2010a). GAMIT reference manual: GPS analysis at MIT, Release 10.4: MIT, Cambridge.

Herring TA, King RW, McClusky SC (2010b). GLOBK global Kalman filter VLBI and GPS analysis program, Release 10.4: MIT, Cambridge.

Kahveci, M., Pamukçu, O., Çırmık, A. Y., & Gönenç, T. (2013). Using GPS data together with geophysical data: a case study from a seismically active region, Izmir. In Recent Advances in Space Technologies (RAST), 2013 6th International Conference on (pp. 231-236). IEEE.

Kissel, C., Laj C., Sengör A.M.C., Poisson A., 1987. Paleomagnetic evidence for rotation in opposite senses of adjacent blocks in Northeastern Aegea and Western Anatolia. Geophysical Research Letters, 14, 907-910.

Lin, J., & Stein, R.S., 2004. Stress triggering in thrust and subduction earthquakes and stress interaction between the southern San Andreas and nearby thrust and strike-slip faults, J. Geophys. Res., 109, B02303, doi:10.1029/2003JB002607.

Pamukçu O, Gönenç T, Çırmık YA, Kahveci, M (2015a) Investigation of the Sıgacık Bay's displacement characteristic by using GPS and gravity data in Western Anatolia. J. Asian Earth Sci. 99, 72–84.

Pamukçu O, Gönenç T, Çırmık A, Sındırgı P, Kaftan I, Akdemir Ö (2015b) Investigation of vertical mass changes in the south of Izmir (Turkey) by monitoring microgravity and GPS/GNSS methods. J. Earth Syst. Sci. 124, No. 1, 137–148.

Reilinger R et al.. (2006) GPS constraints on continental deformation in the Africa-Arabia-Eurasia continental collision zone and implications for the dynamics of plate interactions. J. Geophys. Res. 111, B05411, doi:10.1029/2005JB004051.

Toda, S., Stein, R. S., Richards, Dinger K., & Bozkurt, S., 2005. Forecasting the evolution of seismicity in southern California: Animations built on earthquake stress transfer, J. Geophys. Res. 110, B05S16, doi:10.1029/2004JB003415.

# PRELIMINARY VERTICAL DATUM FOR THE KINGDOM OF SAUDI ARABIA

**Mehmet Emin AYHAN[1], Bandar ALMUSLMANI[1]**

[1]*Geodesy and Land Survey Department, General Commission for Survey, Riyad, Saudi Arabia*

Height is measured referring to a vertical datum having height zero. Geoid is one candidate of vertical datum for national and regional level networks. Orthometric height is measured along a plumb line between a surface point and geoid. In case we know orthometric height of some points then we can define the vertical datum. Orthometric height of a benchmark at a tide gauge site (TGBM) ($\mathrm{H_{TGBM}}$) is $H_{TGBM} = \Delta H + H_{MSL} + MDT = \Delta H + H_{MSL} + MSS - N_{Gr}$. $\Delta H$ is height difference between TGBM and Tide Gauge Zero (TGZ) by differential leveling, $H_{MSL}$ is height difference between TGZ and Mean Sea Level (MSL) by sea level heights at tide gauge, MDT is Mean Dynamic Topography, MSS is Mean Sea Surface and $\mathrm{N_{Gr}}$ is gravimetric geoid geight. The geopotential number of TGBM ($\mathrm{C_{TGBM}}$) is also computed by using actual gravity at TGBM ($g_{TGBM}$). A geoid point is obtained when we go down as $\mathrm{H_{TGBM}/C_{TGBM}}$ along plumb line from TGBM to the geoid. When we have enough number of tide gauge sites, the $\mathrm{H_{TGBM}/C_{TGBM}}$ will define the national/regional vertical datum which refers to a global geoid used in MDT computation or the gravimetric geoid. The data ($\Delta H, H_{MSL}, g_{TGBM}$) are available at General Commission for Survey (GCS) tide gauge stations. GCS tide gauge network consists of 12 tide gauges (seven on the Red Sea coast and five on the Arabian Gulf coast) which are operational since January 2012. MDT and MSS at the TGBMs are calculated by using the DTU15 global MDT/MSS models. Furthermore, $N_{Gr}$ is interpolated from the recent KSA gravimetric geoid, GRGEOIDNov2015. We discuss here : (a) $\mathrm{H_{MSL}}$ computation using sea level heights at GCS tide gauge stations by using harmonic analyses and, (b) preliminary vertical datum for the Kingdom of Saudi Arabia based on the available data ($\Delta H, H_{MSL}, g_{TGBM}, MDT,\ MSS,\ N_{Gr}$).

# YÜKSEKLİK SİSTEMLERİNİN UYGULAMADAKİ SORUNLARI VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

**Coşkun DEMİR[1], Ali KILIÇOĞLU[2]**

[1] *Geo Eksper Hrt.Müh.Ltd.Şti.Çayyolu, Ankara*
[2] *Gölbaşı Lisanslı Harita ve Kadastro Mühendislik Bürosu, Gölbaşı, Ankara*

Bir noktanın yüksekliği, belirli bir başlangıç (referans) yüzeyine göre tanımlanan uzaklığı olarak ifade edilir. Seçilen başlangıç yüzeyi ile bu yüzey ve nokta arasındaki izlenen yolun özelliğine göre farklı yükseklik sistemleri tanımlanmaktadır. Yükseklik sistemlerinin en önemli bileşeni olan başlangıç yüzeyi, düşey datum olarak adlandırılır ve bu yüzey üzerindeki noktaların yükseklikleri sıfırdır. İkinci bileşen ise sözkonusu nokta ile başlangıç yüzeyi arasında izlenen yoldur (dik uzaklık, gerçek gravite alanı çekül eğrisi, normal gravite alanı çekül eğrisi). Dolayısıyla, yeryüzü üzerindeki bir noktanın yüksekliği, tanımlanan yükseklik sistemine göre farklı değerler alabilmektedir.

Yükseklikler temel olarak fiziksel ve geometrik olmak üzere iki türlüdür. Fiziksel yükseklikler (jeopotansiyel sayı, dinamik, ortometrik ve normal) yer gravite alanı ile ilintili olup, uygulamada genelde ortometrik ve normal yüksekliklerin kullanımı tercih edilmektedir. Bu tür yükseklikler için referans yüzeyi olarak jeoid ve quasi-jeoid kullanılmaktadır.

Geometrik yükseklikler ise yer gravite alanı ile doğrudan ilintili olmayıp tamamen geometrik niteliktedir ve elipsoid yüksekliği olarak adlandırılmaktadır. Bu tür yükseklikler için başlangıç yüzeyi, matematiksel bir yüzey olan referans elipsoididir. Bir noktanın elipsoid yüksekliği, noktadan geçen elipsoid normalinin elipsoid yüzeyinden olan uzunluğu olarak tanımlanır. Bu tür yükseklikler uydu jeodezisi teknikleri ile elde edilir, ancak fiziksel anlam taşımadığından uygulamada kullanılmaz, ancak belirli yaklaşımlarla fiziksel yükseklikler ile bağlantısı kurulabilir.

Klasik yaklaşımda, geometrik nivelman ölçülerine dayalı düşey kontrol (nivelman) ağları oluşturulur. Geometrik nivelman ölçülerinden elde edilen yükseklik farkları eş potansiyel yüzeylerin birbirine paralel olmaması nedeniyle, tek anlamlı olmayıp izlenen yola bağlıdır. Bu nedenle, geometrik nivelman ölçüleri nivelman noktalarında yapılan gravite ölçüleriyle birleştirilerek tek anlamlı ve tutarlı yükseklik farkları (jeopotansiyel sayı farkı) elde edilir. Bu yaklaşımda, geleneksel olarak deniz kıyılarında kurulu mareograf istasyonlarında elde edilen ortalama deniz seviyesi (MSL) başlangıç yüzeyi olarak alınmıştır. MSL ise eş potansiyelli bir yüzey olmayıp, jeoid ile arasında 1-2 m yi bulan ve deniz yüzeyi topoğrafyası olarak adlandırılan bir fark vardır.

Modern yaklaşım ise uydu jeodezi tekniklerine dayalı olarak elde edilen elipsoid yüksekliklerinin, uygulamada kullanılan yüksekliklere doğrudan dönüştürülmesini sağlayan bir gravimetrik jeoid/quasi-jeoid yüzeyinin, diğer bir ifadeyle düşey datumun tanımlanmasını içerir. Global Uydu Navigasyon Sistemi (GNSS) ile noktaların yer merkezli global bir koordinat sisteminde enlem, boylam ve elipsoid yükseklikleri yüksek doğrulukla belirlenebilmektedir. GNSS ile elde edilen elipsoid yüksekliklerinden ortometrik/normal yüksekliklere dönüşüm için yüksek doğrulukta jeoid/quasi-jeoid belirlenmesi jeodezinin günümüzdeki önemli araştırma alanını oluşturmaktadır. Bir çok gelişmiş ülkede genel eğilim olarak modern yaklaşımla yükseklik sistemlerinin modernizasyonu çalışmaları yürütülmektedir.

GNSS sisteminin uygulamada kullanılmaya başladığı günden itibaren, yükseklik boyutu ile ilgili problemin çözümüne yönelik çalışmalar çok sayıda araştırmaya konu olmuştur. Bunların genelinde, olabildiğince geometrik nivelman ölçüsü yapmadan herhangi bölgede pratikte kullanılan yüksekliklerin üretilme çabası içerisinde olunmuştur. Bu ise tamamen çalışma yapılan bölgede yüksek doğruluklu jeoid/quasi-jeoid olup olmamasına göre değişmektedir. Ülkemizde, BÖHHÜY'nde de belirtildiği üzere halen kullanımda olan TG03 jeoidi, yüksek doğruluk gerektiren çalışmalarda, çalışma bölgesinde yüksekliği bilinen noktalar yardımıyla yerel güncelleştirilerek kullanılmaktadır. Bu yöntemde her ne kadar az sayıda nivelman noktasına ihtiyaç bulunsa da, gün geçtikçe bu noktaların değişik nedenlerle tahrip olması sonucunda, temelde gravite ölçülerine dayalı yüksek doğrulukta yeni bir jeoid belirlenmesi ve uygulamaya konulmasını hedefleyen yükseklik sistemi modernizasyonu çalışmaları sürdürülmektedir.

Yükseklik sistemi modernizasyonunda geometrik nivelman ölçülerinin yeri ne olmalıdır ve daha önce üretilen yüksekliklerle ilişki nasıl kurulacaktır soruları ortaya çıkmaktadır. Geometrik nivelman ölçüleri hesaplanan jeoid modellerinin kontrol edilmesi ve doğrulanması amacıyla olduğu kadar mevcut yüksekliklerle olan ilişkinin kurulması için de önem taşımaktadır. Hesaplanan jeoid modellerinin mutlak doğruluk ve bağıl doğruluk açılarından test edilmesi gereklidir.

Bu makalede; yükseklik sisteminin modernizasyonu çalışmalarında; klasik ve modern yaklaşımın uygulamadaki sorunları ve bu sorunlara ilişkin çözüm önerileri konu edilmektedir. Özellikle hedeflenen ülke boyutunda nivelmansız bir sistem olmakla birlikte (çok özel ve küçük alanları kapsayan yüksek doğruluk gerektiren çalışmalar hariç), bu sistemin oluşturulması için temel rol oynayan jeoidin belirlenmesinde; yer potansiyel modelleri, gravite, topoğrafya vb. ilişkin sınırlandırmalar ile jeoidin kontrolü amacıyla gereksinim duyulan GNSS ve geometrik nivelman verileri konusunda bazı önerilerde bulunulmaktadır.

**Anahtar Sözcükler :** Yükseklik Modernizasyonu, Jeoid, Düşey Datum , Gravite, GNSS ve Geometrik Nivelman

# GPS İLE ELDE EDİLEN YÜKSEKLİKLERİN DOĞRULUĞU

**D. Uğur Şanlı**[1]

[1]*Yıldız Teknik Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü*

Uydu jeodezisinin jeodeziye en büyük katkısı dünyanın global deformasyonlarının belirlenmesi ve yatay ve düşey deformasyonun birlikte çalışılabilmesidir. GNSS sistemleri arasında GPS ile deformasyonların belirlenmesi konusunda çok geniş çaplı araştırmalar gerçekleştirilmiştir. Araştırmalardan bir kısmı GPS ile konum belirleme doğruluğu'na odaklanmış ve bazıları da yatay bileşene göre daha kötü sonuç veren düşey bileşen doğruluğu ve bunun iyileştirilmesi alanında örnekler vermiştir. Düşey bileşen üzerindeki sorunları anlamaya çalışmak; ITRF'in iyileştirilmesi, deniz seviyesindeki yükselmenin daha iyi belirlenmesi, hassas nivelman yüksekliği bulmada ilerleme kaydetme vb. birçok jeofizik olayda gelişim sağlama açısından büyük önem taşımaktadır. GPS doğruluğu kullanılan alım yöntemi, ekipman, yazılım, veri kalitesi, değerlendirme stratejisi vb. çok parametreye bağlıdır. Beklenilen doğruluk düzeyi yönünde, yukarıda sayılan parametrelerin amaca uygun kombinasyonu kullanılmadığı takdirde, GPS ile elde edilen düşey bileşen kalitesi bir miktar daha kötüleşecektir. Bu çalışmada GPS ile yükseklik belirlemenin günümüzdeki doğruluğu uygulamadan farklı örneklerle açıklanmaya çalışılacaktır.

# GRAVİTE VERİLERİ İÇİN TOPOĞRAFİK DÜZELTME BÜYÜKLÜKLERİ VE ORTOMETRİK YÜKSEKLİK BELİRLEMEYE ETKİSİ

**Aydın ÜSTÜN[1], Sevda OLGUN[1]**

[1]*Kocaeli Üniversitesi Harita Mühendisliği, Umuttepe, İzmit*

Jeoit ve yeryüzü noktası arasındaki çekül eğrisi uzunluğunun yüksek doğruluklu belirlenebilmesi için gözlem noktası ve çevresindeki topoğrafik yapının dikkate alınması gerekir. Bu etki, yeryüzünde ölçülen gravite değerinin topoğrafik kitlelerin içerisine indirgenmesi, başka bir deyişle ortalama gerçek gravite değerinin hesabı sırasında kendini gösterir. Aksi durumda, Helmert ortometrik yüksekliklerinden söz edilir. Tarihsel gelişim ve uygulamadaki zorluklar yüzünden, Türkiye Ulusal Düşey Kontrol Ağı (TUDKA) için ikinci yaklaşım temel alınmıştır. Bu çalışmada, topoğrafik düzeltmelerin ortometrik yüksekliklere etkileri Ankara GPS Test Ağı ve Konya Kapalı Havzası uygulama bölgelerinde incelenmiştir.

Topoğrafik düzeltmelerin hesaplanmasında Hammer şablonu kullanılmıştır. Yöntem, gözlem noktalarının merkez alındığı ve maksimum 42 km uzaklıklı 18 halka içindeki yüksekliklerin 8 dilime ayrılarak ortalamaların bulunması ilkesine dayanmaktadır. 3"x3" veya daha yüksek çözünürlüklü sayısal yükseklik modeli (örneğin SRTM) böyle bir amaç için yeterlidir. İki aşamalı hesap işleminde, düzeltme büyüklükleri, önce gözlem noktası daha sonra topoğrafik kitlelerin içinde H/2 yüksekliğindeki nokta için elde edilmiştir. Her iki etki, Helmert ortometrik yükseklikleri için kullanılan gravite indirgeme eşitliğine getirilen düzeltmeler gibi görülebilir. mGal cinsinde hesaplanan toplam düzeltme büyüklüğü, ortometrik yükseklik eşitliğine uygulanan hata yayılma kuralı ile yükseklik hatasına dönüştürülebilir. Elde edilecek sonuç, Helmert ve Niethammer ortometrik yükseklikleri arasındaki farka eşittir. Sonuçların gözlem noktasının yüksekliği ile doğrusal ilişkisi vardır. Bu yüzden yüksek ve topoğrafyası düzensiz yerlerde, aradaki farkların hızla artacağı düşünülmelidir.

Konya Kapalı Havzası'nda 2681 gravite ölçüm noktasını, 31-34.5 boylam ve 37-39.5 enlemleri sınırlandırır. Gözlem noktalarının deniz seviyesinden olan yükseklikleri ise 400-2800 m arasında değişmektedir. Çalışma bölgesi büyük ölçüde yaklaşık 1000 yüksekliğindeki düzlüklerle ile kaplı olmasına rağmen, havza güneyden ve batıdan Toroslarla çevrilidir. Öte yandan, Ankara GPS Test Ağı'na ait 23 ölçüm noktasının yükseklikleri ise 900 – 1450 m aralığında değişmektedir.

Hammer yöntemiyle yeryüzü noktasında hesaplanan topografya etkisi, Konya Kapalı Havzası'nda en büyük değerini 27 mGal ile almıştır. Ortalama (topoğrafik kitlelerin içinde) gravite değerine ulaşmak için gerekli düzeltme büyüklükleri, konuma bağlı olarak -40 ve +40 mGal arasında değişmektedir. Tüm düzeltmeler hesaba katıldığında topoğrafik etkinin

Poincare ve Prey indirgemesine göre H/2 yüksekliğindeki etkisi -27 ve 74 mGal aralığında değiştiği ortaya çıkmıştır. Gravitedeki toplam değişimin ortometrik yüksekliğe etkisi ise -47 mm ile 200 mm arasındadır. Yükseklikteki değişimin %99.2'si ±5 cm, %90'ı ±1 cm aralığındadır.

Ankara GPS Test Ağı'nın 23 noktasında gerçekleştirilen analiz ile yükseklik etkisinin -0.8 mm ile 146.3 mm arasında değiştiği görülmüştür. Sonuçlar, ortometrik yüksekliklerin hesabında gravite indirgemesi için topoğrafik düzensizliğin Türkiye koşullarında göz önüne alınması gerektiğini işaret etmektedir.

# ASTER SAYISAL YÜKSEKLİK MODELİNİN BÖLGESEL JEOİT BELİRLEMEYE ETKİSİ

**R. Alpay ABBAK[1]**

[1]*Selçuk Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Konya*

Yüksek duyarlıklı bölgesel jeoit belirleme çalışmaları, yersel gravite gözlemlerinin yanısıra yüksek doğruluklu yükseklik bilgisi gerektirir. Yükseklik verileri yersel gravite gözlemlerinin enterpolasyonunda ve topografik, atmosferik ve indirgeme düzeltmelerinin hesabında ihtiyaç duyulur. Son zamanlarda yüksek doğruluklu bölgesel yükseklik modeli bulunmadığı durumlarda, SRTM'den (Shuttle Radar Topography Mission) elde edilen sayısal yükseklik modeli (SYM) bölgesel jeoit modelleme çalışmalarında yeralmaktadır. 2011 yılında hizmete giren ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) uydusundan türetilen SYM bu amaçla kullanılması gündeme gelmiştir. ASTER SYM, SRTM SYM'ye göre karşılaştırıldığında daha yüksek çözünürlüklü ve daha geniş kapsama alanına sahiptir. Ancak, doğruluk açısından ele alındığında bir miktar düşük olduğu önceki çalışmalarda belirtilmektedir. Bu çalışmada Fransa'nın Auvergne test alanında GPS-nivelman verileri yardımıyla ASTER ve SRTM SYM'nin doğruluğu analiz edilmiştir. Sonrasında yine aynı test alanında ASTER ve SRTM SYM'leri yardımıyla üretilen bölgesel jeoit, GPS-nivelman verileriyle kontrol edilmiştir. Sayısal sonuçlar, SRTM SYM'nin daha doğru olduğunu, ancak ASTER SYM'nin jeoit modelinin doğruluğunu düşürmediğini göstermektedir. Sonuç olarak ASTER SYM, bölgesel yükseklik modeli bulunmadığı durumlarda jeoit modelleme çalışmalarında kullanılabilir.

**Anahtar Kelimeler:** ASTER, Bölgesel Jeoit Belirleme, GPS-nivelman verileri, Sayısal Yükseklik Modeli, SRTM.

# SUUDİ ARABİSTAN ÜLKE JEODEZİK NİVELMAN AĞININ YENİDEN TESİSİ

**Coşkun DEMİR[1], M. Emin AYHAN[2], B. ALMUSLMANİ[3]**

[1] *Geo Eksper Hrt.Müh.Ltd.Şti.Çayyolu, Ankara*
[2] *General Commission for Survey, Riyad, S.Arabistan*
[3] *General Commission for Survey, Riyad, S.Arabistan*

Suudi Arabistan'da mevcut ülke jeodezik nivelman ağı (Geodetic Level Network-GLN) 40 yılı aşkın süre önce oluşturulmuş ve geçen zaman içerisinde ağ noktalarının yaklaşık %85'i altyapı ve yol genişletme çalışmaları nedeniyle tahrip olmuştur. Ülke ölçeğinde Temel Jeodezik Referans Sistemlerinin kurulması ve iyileştirilmesi çalışmaları, Ölçme Genel Kurumu (General Commission for Survey - GCS) sorumluluğunda yürütülmektedir. GCS tarafından II'nci derece 1'nci sınıf doğruluk kriterlerinde ülke düşey kontrol (nivelman) ağının yeniden oluşturulması amacıyla, 2010 yılından itibaren, etaplar halinde ülkenin farklı bölgelerinde çalışmalar yapılmıştır.

Yeni oluşturulan ülke nivelman ağı 20113 km uzunluğunda, 84 adet geçki üzerinde ~6 km aralıklı toplam 3426 nokta ve 31 adet loop'tan oluşmaktadır. Noktalarda genel olarak, ABD Ulusal Ölçme Dairesi (NGS) tarafından yumuşak zemin için tavsiye edilen NGS 3-D tipinde nokta tesisi yapılmıştır. Yerli kaya bulunması durumunda ise kayada bronz tesis edilmiştir. Geometrik nivelman ölçülerinde, gidiş-dönüş ölçüleriyle km'de 0.3 mm doğruluk sağlayan nivelman aletleri ve kalibrasyon sertifikalarına sahip barkodlu invar miralar kullanılmıştır. Ölçü esnasında çökme, rüzgar v.b etkenlere karşı miraların sabitliğini sağlamak için özel üretilmiş mira altlığı ile mira tutucuları kullanılmıştır.

Tüm geometrik nivelman ölçüleri gidiş ve dönüş şeklinde, öğleden önce ve sonra olmak üzere farklı zaman dilimlerinde yapılmıştır. Nivelman ölçülerine, kolimasyon, yer yuvarlaklığı, mira ölçek, mira sıcaklık, astronomik ve refraksiyon düzeltmeleri getirilmiştir. Mira sıcaklık ve refraksiyon düzeltmesinin hesaplanması için nivelman ölçüleri esnasında 0.5, 1.5 ve 2.5 m yüksekliklerde sıcaklıklar sürekli olarak ölçülmüştür. Gidiş-dönüş ölçüleri arasındaki fark için tolerans değeri 6 $\sqrt{S}$ $mm$ (S: km biriminde nivelman yol uzunluğu) alınmıştır. Nivelman ölçüleri esnasında; ülkenin doğu ve batı kıyılarında (Kızıldeniz ve Arap Körfezi) mevcut 12 adet deniz seviyesi izleme (mareograf) istasyonlarında bulunan mareograf röperlerine bağlantı ölçüleri de yapılmıştır.

Geometrik nivelman ölçüleri, dengeleme öncesi ön-analiz işlemine tabi tutularak, rastlantısal ve sistematik hataların büyüklükleri ve birikimi incelenmiştir. Geometrik nivelman ölçüleri, nivelman noktalarında ölçülen gravite değerleriyle birleştirilerek tek anlamlı ve tutarlı yükseklik farkları (ortometrik, normal ve jeopotansiyel) elde edilmiştir. Bu yükseklik farkları, ilk yaklaşım olarak, mevcut eski bir noktanın bilinen yüksekliği sabit alınarak minimum

zorlamalı yöntemle dengelenmiş ve ölçüler içerisindeki uyuşumsuz olanlar ayıklanmıştır. Uyuşumsuz ölçüler ayıklandıktan sonra yapılan dengelemeyle noktalardaki jeopotansiyel sayı, ortometrik ve normal yükseklikler hesaplanmıştır. Dengeleme sonrası yapılan analizde, ağın öngörülen II'nci derece 1'nci sınıf doğruluk kriterini (±1 mm/√km) sağladığı belirlenmiştir.

Mareograf istasyonları ana röperleri arasında dengeleme sonucunda bulunan ortometrik yükseklik farkları ile ortalama deniz seviyesi ve deniz yüzeyi topoğrafyası (SST) değerlerinin birleştirilmesiyle elde edilen ortometrik yükseklik farkları karşılaştırılmıştır. Bu iki yöntem ile Kızıldeniz ve Arap Körfezi arasında (~1400 km) elde edilen ortometrik yükseklik farkları, 10 cm düzeyinde bir uyum göstermektedir. Bu ise, farklar içerisinde değişik türden hata kaynakları (nivelman, mareograf ölçüleri, SST) olduğu göz önüne alındığında, ağda anlamlı bir sistematik hata birikimi olmadığını ve yeni oluşturulan nivelman ağının tutarlılığını yansıtmaktadır. Ülkede jeoid belirleme çalışmaları halen devam etmekte olup, bu çalışmalar tamamlandığında, ağın düşey datumunun jeoide dayalı olarak tanımlanması öngörülmüştür.

**Anahtar Sözcükler :** Geometrik Nivelman, Düşey Datum, Refraksiyon

# GNSS VE NİVELMAN AĞLARININ KONTROLÜ İÇİN YENİ BİR ARAÇ OLARAK YÜKSEKLİK DÖNÜŞÜMÜ

**Orhan KURT**[1]

[1]*Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Kocaeli,*

Büyük alanların sayısal haritalarının üretiminde, yatay ve düşey konumları güvenilir olan jeodezik bir altyapıya her zaman ihtiyaç duyulmaktadır. Günümüzde yatay konum bilgileri GNSS ölçüleri ile üretilirken, yükseklik bilgileri (ortometrik yükseklikler) nivelman ölçülerinden elde edilmektedir. Ölçülerin birbirlerini denetleyebilmesi ve nokta konum doğruluklarının artırılması için, GNSS ve nivelman ölçüleri jeodezik ağlar kurularak yapılmaktadır.

GNSS ağlarının ölçülmesi sırasında genellikle yönetmelikte (BÖHHBÜY, Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği) önerilen (en az iki noktadan yapılan baz ölçüsüne dayanan) datum taşıma yöntemi kullanılır. Eğer ölçülen bu nokta sonraki noktaların ölçülmesinde (datum taşıyan nokta olarak) kullanılmaz ise, bu noktada en az bir kez alet kurulmuş olur. Bu noktada ölçülen GNSS bazlarının sayısı ne kadar fazla olursa olsun, bu noktanın koordinatının doğruluğu ölçme anındaki anten yüksekliğinin doğru ölçülmesine bağlı olur. Ayrıca bu ölçme yönteminde, yanlış noktaya alet kurulması yada nokta adının yanlış girilmesi de denetlenemez.

Nivelman ağları ise istenilen amaca uygun olarak kurulur ve nivelman ölçüleri gidiş-dönüş olmak üzere gerçekleştirilir. Uygulamada, genellikle gidiş dönüş ölçüleri iki nivo ile aynı anda aynı miraya yapılan okumalardan elde edilir. Her bir nivelman oturumundaki okuma hatasını belirleyip giderme amacını güden bu yöntemde, yanlış noktanın bir kez okunması da nokta yüksekliklerinin yanlış hesaplanmasına neden olur.

GNSS ve nivelman ağlarında karşılaşılabilecek bu tür durumlar, uyuşumsuz ölçüler sonucunda ortaya çıkarılamaz. Söz konusu bu tür durumlarda, ilgili noktaların yatay ve düşey konumları yanlış hesaplanmış olur.

Farklı kaynaklardan elde edilen yükseklik bilgileri üzerinden yapılan yükseklik dönüşümü (GNSS nivelmanı); bu tür aksaklıkları denetlemek ve nokta konum (yatay ve düşey) bilgilerini güvenirlik bakımından sınıflandırmak için kulanılalabilir.

Bu tür bir yaklaşım gerçek bir uygulama olan Kocaeli Büyükşehir Belediyesi (KBB) tarafından yaptırılan "Kocaeli İli 1/1000 Ölçekli Sayısal Fotogrametrik Halihazır Harita ve Renkli Ortofoto Harita Üretimi" işi içinde gerçekleştirilmiştir. Söz konusu çalışmada; GNSS ve yersel yollarla elde edilen noktaların yatay konumları ile nivelman ölçüleri elde edilen düşey konumları, yükseklik dönüşümü yardımı ile güven açısından denetlenmiş ve sınıflandırılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Jeodezik ağların kontrolü, GNSS ve nivelman ağları, yükseklik dönüşümü.

# GOCE DÜŞEY GRAVİTE GRADYENTİ VERİLERİ KULLANILARAK YERSEL GRAVİTE VERİLERİNİN KALİTE KONTROLÜ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

**Hasan YILDIZ**[1]

[1]*Harita Genel Komutanlığı, Jeodezi Dairesi Başkanlığı, 06100, Dikimevi, Ankara*

GOCE uzaydan gravite gradyentlerini ölçen ilk uydudur. GOCE uydusu gravite gradyentlerinin bölgesel olarak GOCE tabanlı global Yer potansiyel modellerinden daha fazla bilgi içerebildiği daha önceki araştırmalarda gösterilmiştir. Bu çalışmada, Türkiye'de seçilen bir test bölgesinde GOCE düşey gravite gradyenti verilerinden En Küçük Karelerle Kolokasyonla Yeryüzünde gravite anomalisi kestirilerek farklı kaynaklardan elde edilen tarihsel yersel gravite verilerinde datum kayıklığı olup olmadığı incelenmiştir. Çalışmada ayrıca, GOCE uydusu düşey gravite gradyenti verileri güvenilir yersel gravite verileri ile birlikte girdi olarak alınarak En Küçük Kareler le Kolokasyonla diğer gravite noktalarına gravite anomalisi kestirimi yapılmış ve bu yaklaşımların tarihsel gravite verilerinin kalite kontrolündeki uygunluğu araştırılmıştır.

# HARİTA GENEL KOMUTANLIĞINDA GÜNCEL JEODEZİK ÇALIŞMALAR

**Ali İhsan KURT[1]**

[1]*Harita Genel Komutanlığı, Jeodezi Dairesi Başkanlığı, 06100, Dikimevi, Ankara*

Harita Genel Komutanlığı, tüm ulusal jeodezik ağların kurulmasından ve yaşatılmasından sorumlu kurumdur. Jeodezik çalışmalar genel olarak; TUTGA noktalarında periyodik GNSS ölçümlerini ve değerlendirmelerini, TUSAGA ve TUSAGA-Aktif istasyonlarının bakımı, işletilmesi, veri değerlendirmeleri ve analizlerinin yapılmasını, gerektiğinde istasyon yerinin değiştirilmesini veya yeni istasyon kurulmasını, TUDES istasyonlarının işletilmesini, Türkiye Jeoidinin iyileştirilmesini ve Türkiye Yükseklik Sisteminin Modernizasyonu çalışmalarını kapsamaktadır. GNSS veri değerlendirme stratejilerinin 1990'lı yılların başından bugüne sürekli gelişme göstermesi nedeniyle, farklı dönemlerdeki ölçüler farklı stratejilerle ve farklı parametrelerle değerlendirilmiştir. Ayrıca günümüzde çeşitli analiz merkezleri tarafından uydu yörüngeleri ve yer dönme parametreleri gibi bazı veriler yeniden hesaplanarak kullanıcılara sunulmaktadır. Tarihsel tüm GNSS verilerinin homojen bir veri değerlendirme stratejisi ve güncellenen uydu yörüngeleri ve yer dönme parametreleri kullanılarak yeniden değerlendirilmesiyle daha tutarlı zaman serilerinin elde edilmesi amaçlanmaktadır.

# HARİTA GENEL KOMUTANLIĞINDA WEB TABANLI GÜNCEL UYGULAMALAR

**Yavuz Selim ŞENGÜN[1], Orhan FIRAT[1]**

[1]*Harita Genel Komutanlığı, Kartografya Dairesi Başkanlığı, 06100, Dikimevi, Ankara*

Haritalar; bilgi çağının önemli bir parçası olmuştur. Günlük hayatımızda tamamlayıcı bir bilgi kaynağı ve mobil dünyanın vazgeçilmezi haline gelmiştir. İnternet; formatı, güncelliği, içeriği, standardı ve doğruluğu teyide muhtaç çok çeşitli harita ve harita bilgisi içermektedir. Bu karmaşayı gidermek üzere, Harita Genel Komutanlığı, ülke kalkınması ve savunmasının alt yapısını oluşturan, güncel, güvenilir, standart, doğruluğu teyit edilmiş ve millî menfaatlere uygun coğrafi ürünlerini hızlı, kesintisiz ve etkin bir şekilde, kurum ve kuruluşlar ile vatandaşlarımıza ulaştırmayı ve harita kullanımını yaygınlaştırmayı kendine hedef belirlemiştir. Bu kapsamda; ülkemizde coğrafi veriye erişimin ve kullanımın kolaylaştırılması, toplumun doğru harita ve harita bilgisi ile buluşturulması amacıyla, Harita Genel Komutanlığınca, birçok sayısal uygulama geliştirilmiş ve örün ağ üzerinden kullanıma açılmıştır. Bunlardan; HGK-Atlas uygulaması ile; Harita Genel Komutanlığı tarafından üretilen 30 farklı harita vatandaşlarımızın kullanımına sunulmuştur. HGK-Karto uygulaması ile ise kullanıcılara; istedikleri kapsama alanında istedikleri detaylardan oluşan topografik harita yapma olanağı sağlanmaktadır.

# TÜRKİYE'DEKİ İLK SAYISAL ZENİT KAMERA SİSTEMİ

**Kerem HALICIOĞLU**[1]

[1]*Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Jeodezi Anabilim Dalı*

Astro-jeodezik çekül sapmalarının elde edilmesi amacıyla kullanılan Sayısal Zenit Kamera Sistemleri (SZKS) 2000'li yılların başında ilk örneklerinin üretilmesinin ardından günümüze dek ulusal geoitlerin iyileştirilmesi çalışmalarında kullanılmıştır. SZKS'ler donanım, yazılım ve uygulama boyutlarıyla sürekli olarak araştırmalara konu olan güncel bir çalışma alanıdır. Ülkemizde de tasarımı, ölçme tekniği ve uygulamasıyla özgün bir sistem olarak Türkiye'nin ilk SZKS'si geliştirilmiştir. SZKS gözlemleri, yıldız görüntüleri kullanılarak astronomik koordinatların ve GNSS kullanılarak jeodezik koordinatların hesaplanmasıyla, gözlem yapılan ölçme istasyonunda yer çekimi ivmesinin doğrultusunu tanımlayan çekül sapması bileşenlerinin ölçülmesi esasına dayanmaktadır.

Bu çalışma kapsamında teleskop, CCD Kamera, elektronik eğim ölçerler, GNSS alıcı ve antenleri yardımıyla çekül sapmalarını belirleyen bir sistem oluşturulmuştur. Bu sistem ile elde edilen veriler geliştirilen kontrol ve değerlendirme yazılımlarıyla hesaplanmış ve doğruluk analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada ülkemizde geliştirilen SZKS'nin tasarımı, ölçme-değerlendirme yöntemi ve bu sistemle elde edilen sonuçlar tartışılmıştır.

# TÜRKİYE ULUSAL YÜKSEKLİK SİSTEMİNİN MODERNİZASYONU VE GRAVİTE ALTYAPISININ İYİLEŞTİRİLMESİ KAPSAMINDA MOTORİZE HASSAS NİVELMAN ÖLÇME SİSTEMİ GELİŞTİRİLMESİ

**Erdinç SEZEN[1], Hasan YILDIZ[1], Ayhan CİNGÖZ[1]**

[1]*Harita Genel Komutanlığı, Jeodezi Dairesi Başkanlığı / Ankara*

Yükseklik ölçmeleri tekniğinin bir unsuru olarak hassas geometrik nivelman günümüzde, kısa mesafede sağladığı yüksek ölçme doğruluğu ile gravimetrik jeoid modellerinin kontrolünde ülke nivelman ağlarının ölçümünde ve bölgesel ve yapı deformasyon ölçmelerinde halen önemini korumaktadır. Yaklaşık yirmi beş bin kilometre uzunluğundaki bir ve ikinci derece nivelman hatlarından oluşan Türkiye Ulusal Düşey Kontrol Ağı (TUDKA) her biri yaklaşık yirmi yıl süren iki dönemde yapılan geometrik hassas nivelman ölçüleri ile oluşturulmuştur. Genellikle karayolu güzergâhları boyunca yürüyerek gerçekleştirilen geometrik hassas nivelman, hızla artan araç trafiği nedeniyle günümüzde can güvenliği açısından risk taşımakta ve düşük ölçüm hızı nedeniyle gün içerisindeki kısıtlı mesafede ölçü yapılmasına neden olmaktadır. Trafik içerisinde maksimum güvenlik sağlamak, intikal sürelerini kısaltarak toplam ölçüm mesafelerini arttırmak maksadıyla, "Türkiye Ulusal Yükseklik Sisteminin Modernizasyonu ve Gravite Altyapısının İyileştirilmesi" projesi kapsamında Harita Genel Komutanlığı tarafından motorize hassas nivelman ölçme sistemi dizayn ve teşkil edilmiştir. Yürüyerek yapılan geometrik hassas nivelman ile aynı ölçme prensibi ile söz konusu sistemde miralar ve nivo otomobiller üzerine özel düzenekler ile monte edilmiştir. Nivelman noktalarında ekipmanların yer ile teması sağlanmakta, gerekli düzeçleme işlemlerinden sonra ölçüm motorize olarak gerçekleştirilmektedir. Avrupa ülkelerinde 1970'li yıllardan beri yaygın olarak kullanılan motorize nivelman tekniği ile hem ölçüm doğruluğu hem de gün başına yapılan nivelman ölçü miktarı artışı sağlandığı bilinmektedir. Bu çalışmada, "Türkiye Ulusal Yükseklik Sisteminin Modernizasyonu ve Gravite Altyapısının İyileştirilmesi" projesi kapsamında hesaplanacak gravimetrik jeoidin modelinin doğruluk kontrolü amacıyla kullanılacak iki adet motorize nivelman sisteminin Harita Genel Komutanlığı tarafından yapılan dizayn ve projelendirme çalışmaları ile imalat ve test süreçleri hakkında bilgi verilecektir.

**Anahtar Kelimeler:** Motorize Nivelman, Geometrik Nivelman, Yükseklik Sistemi Modernizasyonu

# GOCE UYDU VERİLERİ İLE HESAPLANAN GLOBAL JEOPOTANSİYEL MODELLERİN YERSEL VERİLER İLE DOĞRULUKLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

**Mustafa Serkan IŞIK[1], Bihter EROL[1]**

[1]*İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 34469 Ayazağa, İstanbul*

Avrupa Uzay Ajansı (ESA) GOCE yer gravite alanı uydu misyonu görevini Kasım 2013'te tamamladı ve elde edilen veri kullanılarak birçok global jeopotansiyel model yayımlandı. GOCE uydu misyonu verileri katkılarıyla hesaplanan modellere Uluslararası Global Yeryuvarı Modelleri (International Center for Global Earth Models – ICGEM) veri tabanından erişilebilmektedir. Bu modellerin, yersel gravite ölçmeleri, GPS/Nivelman ve çekül sapmaları gibi bağımsız veri setleri kullanılarak performanslarının değerlendirilip bölgesel geoit modelleme çalışmalarına altlık oluşturacak modelin ve uygun açılım derecesinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada farklı hesaplama teknikleriyle üretilmiş GOCE ve GOCE/GRACE modellerinin performansları GPS/Nivelman verisi ile mutlak anlamda test edilmiştir. Bu kapsamda Direct (DIR), Time-wise (TIM), Space-wise (SPW) ve GOCO modellerinin servis edilen versiyonları ile birlikte GOGRA ve ITU-GGC16 modelleri test edilmiştir. Modellere ilişkin gerçekleştirilen tüm analizler modellerin Türkiye'deki doğruluklarını ve yer gravite alanının bölgesel olarak haritalanmasındaki performanslarını ortaya koymaktadır. Çalışma kapsamında değerlendirilen modeller açınım dereceleri itibariyle yer gravite alanının uzun ve orta dalga boylu sinyallerini ifade etmektedirler. Modellerden hesaplanan büyüklükler yersel veriler ile karşılaştırılmadan önce gravite alanı spektrumunun kısa dalga boylu bileşenleri ultra-yüksek çözünürlüklü jeopotansiyel model ve sayısal yükseklik modeli verileri ile tamamlanmıştır. Spektral İyileştirme Yöntemi (Spectral Enhancement Method - SEM) kullanılarak yapılan bu iyileştirmede yüksek frekanslı bileşenler EGM2008 modelinden elde edilirken 2190 derece/mertebe üzerindeki bileşenler Artık Arazi Modeli (Residual Terrain Model - RTM) ile hesaplanmıştır. Performans değerlendirmesinde 30 adet Türkiye geneline yayılmış ve 81 adet Marmara Bölgesi'ne dağılmış TUTGA GPS/Nivelman noktaları kullanılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda GOCE tabanlı modeller orta dalga boyunda EGM2008'e göre iyileşmeler göstermiştir ve modellerde kullanılan GOCE verisinin miktarı arttıkça performansta da artış gözlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** GOCE, Global Jeopotansiyel Model, GPS/Nivelman

# UYDU VE YER GRAVİTE VERİLERİ İLE KABUK YAPISININ İRDELENMESİ

**Fikret DOĞRU[1], Oya PAMUKÇU[1]**

[1]*Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, 35160, Buca, İzmir*

Yapılan doktora tez çalışması kapsamında ölçüm yapılmış yer verilerine uygun uydu gravite modelini belirleyebilmek amacıyla EIGEN-6c4, EGM08 ve GECO modelleri nokta bazında kullanılmıştır. Bu modeller ile yer verisi arasındaki standart sapması en düşük olan model belirlenmiştir.

Sonraki aşamada seçilen çalışma alanında hem yer verilerine hem de belirlenen uydu gravite verilerine filtreleme teknikleri uygulanmıştır. Elde edilen verilere tensör analizi, parametre tayin yöntemleri ve kabuk modellemesi yapılmıştır.

Sonuç olarak belirlenen modelden elde edilen serbest hava ve topoğrafya düzeltilmiş serbest hava anomali verilerinin topografya, kabuk kalınlığı ve sediman kalınlığı ile genel değişimi irdelenmiştir. Uygulanan jeofizik yöntemler sonucunda elde edilen bulgular çalışma alanında tanımlanmış fay, süreksizlik ve bunun gibi yapısal elemanlar ve ayrıca gravite anomalilerindeki değişimler ile birlikte değerlendirilmiştir. Son olarak elde edilen sonuçlar sismik ve sismolojik veriler ile birlikte irdelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Gravite, Kabuk, Uydu, Fay

# TÜRKİYE YÜKSEKLİK SİSTEMİ MODERNİZASYONU VE GRAVİTE ALTYAPISININ İYİLEŞTİRİLMESİ PROJESİ: BAĞIL GRAVİMETRİ ÇALIŞMALARI

**İlyas AKPINAR[1], Mehmet SİMAV[1], Meliha AKÇAKAYA[2], Aytekin AYVA[2], Nesibe ORUÇ[3], Mertkan AKÇA[3], Rahşan ÇAKMAK[4], Alpay BELGEN[4]**

[1]*Harita Genel Komutanlığı, Jeodezi Dairesi Başkanlığı, 06100, Dikimevi, Ankara*
[2]*Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, 06800, Çankaya, Ankara*
[3]*Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı Genel Müdürlüğü, 06530, Çankaya, Ankara*
[4]*TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi, 41470, Gebze, Kocaeli.*

2015 yılında Kalkınma Bakanlığı destekli olarak başlatılan ve HGK, MTA, TPAO, TÜBİTAK-MAM ve TÜBİTAK-UME işbirliği ile yürütülmekte olan "Türkiye Yükseklik Sisteminin Modernizasyonu ve Gravite Altyapısının İyileştirilmesi" projesinin 3'üncü iş paketi kapsamında bağıl gravimetri çalışmaları icra edilmektedir. Bu bildiride, bağıl gravimetri nokta yeri keşif/konumlama ile gözlem standartları ve yöntemleri hakkında bilgi verilecek, 2016 yılı birinci faz çalışmalarının sonuçları sunulacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Yükseklik Sistemi Modernizasyonu, Keşif, Konumlama, Bağıl Gravimetri.

# TÜRKİYE YÜKSEKLİK SİSTEMİ MODERNİZASYONU VE GRAVİTE ALTYAPISININ İYİLEŞTİRİLMESİ PROJESİ: MUTLAK GRAVİMETRİ ÇALIŞMALARI

**Yunus Aytaç AKDOĞAN[1], Mehmet SİMAV[1], Cafer KIRBAŞ[2], Emre GÜL[2]**

[1]*Harita Genel Komutanlığı, Jeodezi Dairesi Başkanlığı, 06100, Dikimevi, Ankara*
[2]*TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü, 41470, Gebze, Kocaeli*

HGK, MTA, TPAO, TÜBİTAK MAM ve TÜBİTAK UME işbirliğiyle yürütülmekte olan Kalkınma Bakanlığı destekli "Türkiye Yükseklik Sisteminin Modernizasyonu ve Gravite Altyapısının İyileştirilmesi" projesinin 4'üncü iş paketi mutlak gravimetri çalışmalarını içermektedir. Bu bildiride, mutlak gravimetri nokta yeri keşif/konumlama ile gözlem standartları ve yöntemleri hakkında bilgi verilecek, 2016 yılı birinci faz çalışmalarının sonuçları sunulacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Yükseklik Sistemi Modernizasyonu, Keşif, Konumlama, Mutlak Gravimetri.

# ASTROJEODEZİK NİVELMANDA ASTRONOMİK KOORDİNATLARIN DOĞRULUĞUNUN YEREL JEOİT BELİRLEMEYE ETKİSİ

**Yener TÜREN[1], Aydın ÜSTÜN[2]**

[1]*Trakya Üniversitesi, EDİRNE*
[2]*Kocaeli Üniversitesi, Harita Mühendisliği, Umuttepe, İzmit*

Yükseklik belirlemede kullanılan başlıca yöntemler geometrik, gravimetrik ve astrojeodezik nivelmandır. Son iki teknik GPS nivelmanı ile ilişkili yöntemlerdir. Mühendislik ölçmelerinde zaman, maliyet ve doğruluk ilişkisinin optimum olması istenir. Yükseklik ölçmelerinde bunu sağlamak için işin türüne göre farklı yöntemler seçilebilir. Örneğin doğruluk bakımından geometrik nivelmanın başarısı yüksek olduğu bilinmektedir. Hassas nivelman uygulamalarında km'deki yükseklik doğruluğu 0.1-1 mm arasında değişir. Zaman ve maliyet açısından ise gravimetrik ve astrojeodezik nivelman, özellikle geniş bölgelerde yapılan çalışmalarda geometrik nivelmana üstünlük sağlar. Astrojeodezik nivelmanda yüksek hassasiyet istenirse belli yaklaşımlar izlenebilir. Bazı uygulama örnekleri, astrojeodezik nivelmanın geometrik nivelman ile yarışabilecek potansiyele sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Üst limit olarak astronomik koordinatlar 0.5'' ve altında doğrulukla elde edilebilirse noktalar arası jeoit yükseklik farkları daha duyarlı hesaplanabilir. Bunun yolu gözlenen yıldız çiftlerinin sayısını arttırmaktır. Bu yolla daha prezisyonlu sonuçlar hesaplanabilir. Diğer bir yolda fotogrametrik yöntemle gökyüzünün farklı zaman dilimlerinde alınmış görüntülerine gereksinim vardır. Bu amaç için sayısal zenit kameraları kullanılabilir. Bu çalışmada Kern DKM-3A astronomik teodoliti ile elde edilen astronomik koordinatların doğrulukları ve yerel jeoit belirlemeye etkisi incelenmiştir. 6 noktada yapılan uygulama ile enlem ölçme doğruluğu ortalama 0.3″, boylam ölçme doğruluğu ise 1″ olarak belirlenmiştir. Baz vektörler boyunca hesaplanmış karşılıklı çekül sapması değerleri jeoit yükseklik farklarına dönüştürülünce ağ dengelemesi sonucu km'deki karesel ortalama hata değeri ±1.8 ppm olarak hesaplanmıştır. Ayrıca yıldız çiftlerinin seçimini kolaylaştıran ve bu sayede daha çok yıldız çiftine gözlem yapmaya olanak sağlayan Stellarium programından kısaca bahsedilmiştir.

**Anahtar Kelimeler**: Astrojeodezik Nivelman, Çekül Sapması Bileşenleri, Jeoit Yüksekliği Doğruluğu, Kern DKM-3A, Stellarium

# GRACE UYDU VERİLERİ İLE KARASAL SU KÜTLESİ DEĞİŞİMLERİNİN BÖLGESEL ANALİZİ

**Nevin Betül AVŞAR[1], Bihter EROL[2], Şenol Hakan KUTOĞLU[1]**

[1] *Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 67100, Zonguldak, Türkiye*
[2] *İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 34469 Maslak, İstanbul, Türkiye*

Yeryuvarı gravite alanındaki değişimler, yeryuvarı sistemi içindeki kütlelerin dağılımı ile ilişkilidir. GRACE (Gravity Recovery and Climate Experiment) uydu misyonu, 2002 yılından bu yana yeryuvarının gravite alanının konumsal değişimleri yanında, zamansal değişimlerinin de izlenmesine olanak vermektedir. Bu doğrultuda, 200.000 km$^2$ ve daha büyük alanlarda su kütlesi değişimleri, GRACE uydu verileri ile yüksek doğrulukla belirlenebilir. Bu çalışmada, Türkiye ve yakın çevresindeki karasal su kütlesi değişimleri, üç farklı veri merkezinden sağlanan GRACE aylık çözümleri (CSR Release 05, GFZ Release 05 ve JPL Release 05) ile araştırılmıştır. GRACE küresel harmonik katsayıları kullanılarak elde edilen su kütlesi tahminleri, WaterGAP Global Hidroloji Modeli (WGHM)'nin güncel 2.2b versiyonu ile karşılaştırılmıştır. Kullanılan hidroloji modelinin farklı varyantlarının çalışma bölgesine uygunluğunun değerlendirilmesinde, bölgeye ait sıcaklık ve yağış verileri kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar, çalışma bölgesinde su kütlesinin Nisan 2002 – Mayıs 2016 dönemi için genel olarak azalma eğiliminde olduğunu ortaya koymuştur. Azalma hızının, özellikle çalışma alanının güneydoğusunda anlamlı düzeyde olduğu gözlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** GRACE, Gravite, Karasal Su Kütlesi, Global Hidroloji Modeli