İletişim Bilgileri
Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası
Sümer 1 Sokak No : 12/4 06440 Kızılay / ANKARA
Tel : 0312 232 57 77 (PBX)
Faks : 0312 230 85 74
e-posta : hkmo@hkmo.org.tr
www.hkmo.org.tr

Teknik Hazırlık & Baskı
Hermes Tanıtım Ofset Ltd. Şti.
K. Karabekir Cad. 39/16 İskitler / ANKARA
Tel: 0312 384 34 32 - 391 01 97
www.hermesofset.com.tr - hermes@hermesofset.com.tr

BİLDİRİLER KİTABI

4. ULUSAL MÜHENDİSLİK ÖLÇMELERİ SEMPOZYUMU

14-16 Ekim 2009

TMMOB
HARİTA VE KADASTRO MÜHENDİSLERİ ODASI
41.DÖNEM
GENEL MERKEZ YÖNETİM KURULU

Genel Başkan	Ali Fahri ÖZTEN
II.Başkan	Fazlı Yaşar ÇETİNTAŞ
Genel Sekreter	Ertuğrul CANDAŞ
Genel Sayman	Asiye Ülkü KUTLU
Örgütlenme Sekreteri	Ufuk Serdar İNCİ
Üye	Timur Bilinç BATUR
Üye	Özkan TALAY

SEMPOZYUM DÜZENLEME KURULU

HKMO Başkanı	ALİ FAHRİ ÖZTEN
KTÜ Harita Müh. Böl. Bşk	PROF. DR. CEMAL BIYIK
Müh. Ölç. Kom. Bşk	DOÇ. DR. HALİL ERKAYA
Sempozyum Eş Bşk.	PROF. DR. MUALLA YALÇINKAYA
Müh. Ölç. Kom. Sekreteri	DOÇ. DR. V. ENGİN GÜLAL
Sempozyum Sekreteri	DOÇ. DR. TEMEL BAYRAK
Sempozyum Saymanı	ÖZKAN TALAY

PROF. DR. ERTAN GÖKALP
PROF. DR. CEVAT İNAL
PROF. DR. KEMAL ŞEN
DOÇ. DR. REHA METİN ALKAN
DOÇ. DR. MEHMET ZEKİ COŞKUN
DOÇ. DR. ŞENOL HAKAN KUTOĞLU
DOÇ. DR. HALUK ÖZENER
YRD. DOÇ. DR. MUSTAFA ACAR
YRD. DOÇ. DR. OSMAN DEMİR
YRD. DOÇ. DR. R.GÜRSEL HOŞBAŞ
YRD. DOÇ. DR. HACI MUSTAFA PALANCIOĞLU
YRD. DOÇ. DR. AYDIN ÜSTÜN
YRD. DR. HAKAN AKÇIN
DR. AHMET ÜNLÜTEPE
DR. EROL YAVUZ
YÜK. MÜH. SEYFULLAH DEMİRKAYA
HASAN ŞİMŞEK

SEMPOZYUM YÜRÜTME KURULU

Eş Başkan	DOÇ. DR. HALİL ERKAYA
Eş Başkan	PROF. DR. MUALLA YALÇINKAYA
Komisyon Sekreteri	DOÇ. DR. V. ENGİN GÜLAL
Sempozyum Sekreteri	DOÇ. DR. TEMEL BAYRAK
Sempozyum Saymanı	ÖZKAN TALAY

PROF. DR. ERTAN GÖKALP
PROF. DR. CEVAT İNAL
DOÇ. DR. REHA METİN ALKAN
DOÇ. DR. MEHMET ZEKİ COŞKUN
YRD. DOÇ. DR. HAKAN AKÇIN
YRD. DOÇ. DR. OSMAN DEMİR
YRD. DOÇ. DR. HACI MUSTAFA PALANCIOĞLU
YRD. DOÇ. DR EMİNE TANIR
YRD. DOÇ. DR. FARUK YILDIRIM
DR. VOLKAN YILDIRIM
ARŞ. GÖR. ALPER AKAR
ARŞ. GÖR. LEYLA ÇAKIR
ARŞ. GÖR. ÖZLEM ERDEN
ARŞ. GÖR. HALİL İBRAHİM İNAN
ARŞ. GÖR. GÜLTEN KARA
ARŞ. GÖR. GÜLÇİN TİMURKAYNAK
ARŞ. GÖR. DENİZTAN ULUTAŞ
ARŞ. GÖR. NAZAN YILMAZ
ARŞ. GÖR. CEMRE YILMAZ
ALTUĞ AYDIN
HAKAN DURMUŞ

SEMPOZYUM BİLİM KURULU

PROF. DR. ÖMER AYDIN
PROF. DR. ORHAN BAYKAL
PROF. DR. SEBAHATTİN BEKTAŞ
PROF. DR. CEMAL BIYIK
PROF. DR. GAYE ONURSAL DENLİ
PROF. DR. ASLAN DİLAVER
PROF. DR. ERTAN GÖKALP
PROF. DR. BURHAN CELİL IŞIK
PROF. DR. CEVAT İNAL
PROF. DR. CELALETTİN KARAALİ
PROF. DR. AHMET KAYA

PROF. DR. HALUK KONAK
PROF. DR. ŞENOL KUŞÇU
PROF. DR. CANKUT ÖRMECİ
PROF. DR. ERGÜN ÖZTÜRK
PROF. DR. MUHAMMED ŞAHİN
PROF. DR. DURSUN ZAFER ŞEKER
PROF. DR. KEMAL ŞEN
PROF. DR. ERGİN TARI
PROF. DR. NİHAT ENVER ÜLGER
PROF. DR. MUALLA YALÇINKAYA
PROF. DR. FERRUH YILDIZ
PROF. DR. TAHSİN YOMRALIOĞLU
DOÇ. DR. TEMEL BAYRAK
DOÇ. DR. MEHMET ZEKİ COŞKUN
DOÇ. DR. HÜLYA DEMİR
DOÇ. DR. UĞUR DOĞAN
DOÇ. DR. HALİL ERKAYA
DOÇ. DR. CEM GAZİOĞLU
DOÇ. DR. V. ENGİN GÜLAL
DOÇ. DR. YUNUS KALKAN
DOÇ. DR. TAŞKIN KAVZOĞLU
DOÇ. DR. İBRAHİM KOÇ
DOÇ. DR. HALUK ÖZENER
DOÇ. DR. METİN SOYCAN
DOÇ. DR. MUSTAFA YANALAK
YRD. DOÇ. DR. TAMER BAYBURA
YRD. DOÇ. DR. ALİ ERDİ
YRD. DOÇ. DR. NİHAT ERSOY
YRD. DOÇ. DR. TÜRKAY GÖKGÖZ
YRD. DOÇ. DR. R.GÜRSEL HOŞBAŞ
YRD. DOÇ. DR. HACI MUSTAFA PALANCIOĞLU
YRD. DOÇ. DR. ATINÇ PIRTI
YRD. DOÇ. DR. HALİS SAKA
YRD. DOÇ. DR EMİNE TANI
YRD. DOÇ. DR. DOĞAN UĞUR ŞANLI

ÖNSÖZ

İlki Ekim 2003'te YTÜ de düzenlenen sempozyumun 2 yılda bir farklı bir kurumla ortaklaşa düzenlenmesi geleneksel hale gelmiştir. İkincisi Kasım 2005'te İTÜ'de, üçüncüsü Ekim 2007'de Selçuk Üniversitende düzenlenmiştir. 4. Ulusal Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu ise, HKMO Mühendislik Ölçmeleri Sürekli Teknik Bilimsel Komisyonu ile Karadeniz Teknik Üniversitesi Harita Mühendisliği Bölümü tarafından 14–16 Ekim 2009 tarihlerinde Trabzon'da düzenleniyor.

Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumlarının, yaşadığımız süreçte yerini sağlamlaştırarak ileriye doğru emin adımlarla gittiğini hep birlikte görüyoruz. Mühendislik ölçmeleri, çok disiplinli uygulamalarda ortaya çıkmaktadır. Bu durumun doğası gereği, sempozyumlara farklı kurum ve kuruluşlardan çeşitli disiplin mensupları katılmaktadır. Farklı disiplinlerden katılım, her sempozyumda bir öncekine göre artarak devam etmektedir. Bu sempozyumlara olan ilgi, harita mühendisliği disiplini içinde de artmaktadır. Bilim ve teknolojideki gelişmelere paralel olarak, yeni alet teknolojileri ve yeni yöntemlerle yapılan uygulamalar da artmaktadır. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultaylarında yeterince ele alınamayan uygulamalar olduğunu düşünen uygulayıcılara da bu boşluğu doldurma fırsatı doğmaktadır. Böylece yeni teknoloji ve yöntemlerin tartışılması bir kez daha sağlanmaktadır.

Harita Mühendisliği eğitimi verilen ünivesitelerimizle 2 yılda bir ortaklaşa düzenlenmesi, sempozyumların ilk günkü heyecan ve coşkuyla sürmesinde önemli bir yere sahiptir. Odamızın deneyimleri ile ilgili harita mühendisliği bölümlerinden katılanların heves, özveri ve coşkusu bu Sempozyumlarda bir araya gelmektedir.

Meslek camiamızda kendini hissettiren sorunlardan biri olan hidrografik ölçmeler , ilk defa bu sempozyumda, bir panelde ortaya konularak tartışılmaktadır. Hidrografik ölçmeler paneli, salt harita mühendisliği sektöründen değil, ilgili diğer disiplin temsilcilerinin de katılımıyla gerçekleştirilecektir. Bu panel, sorunun meslek camiamız tarafından doğru olarak algılanmasına ve çözüm üretilmesine önemli katkılar sağlayacaktır.

4. Ulusal Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumunu, Odamız adına organize eden 4 No'lu Mühendislik Ölçmeleri Sürekli Teknik Bilimsel Komisyonu Başkan ve Üyelerine, Sempozyum Düzenleme, Yürütme ve Bilim Kurulu üyelerine; Verdikleri katkı ve destekten dolayı HKMO Trabzon Şubesine, Sempozyumu ortaklaşa düzenlediğimiz Karadeniz Teknik Üniversitesi Harita Mühendisliği Bölüm Başkanlığına ve Sempozyum için Üniversitenin olanaklarından yararlandıran Karadeniz Teknik Üniversitesi Rektörlüğüne; Sempozyuma maddi katkı sağlayan kurumlara ve kişilere; bildiri sunarak ya da izleyici olarak Sempozyuma ilgi gösteren katılımcılara ve Sempozyumda emeği geçen herkese teşekkür ediyoruz.

Saygılarımızla…

TMMOB
HARİTA VE KADASTRO MÜHENDİSLERİ ODASI

41. DÖNEM YÖNETİM KURULU

PROGRAM

14 Ekim 2009 Çarşamba

08:30 - 09:15 Kayıt
09:15 - 10:30 Açılış Konuşmaları
Prof. Dr. Mualla YALÇINKAYA
Sempozyum Yürütme Kurulu Eş Başkanı
Doç. Dr. Halil ERKAYA
HKMO Mühendislik Ölçmeleri Komisyon Bşk., Sempozyum Yür. Kurulu Eş Bşk.
Hrt. Müh. Fazıl UZUN
HKMO Trabzon Şubesi Başkanı
Prof. Dr. Cemal BIYIK
KTÜ Harita Müh. Bölümü Başkanı
Prof. Dr. Alemdar BAYRAKTAR
KTÜ Mühendislik Fakültesi Dekanı
Hrt. Müh. Ali Fahri ÖZTEN
TMMOB HKMO Başkanı
Prof. Dr. Muhammed ŞAHİN
İTÜ Rektörü
Prof. Dr. İbrahim ÖZEN
KTÜ Rektörü
10:30 - 10:45 Ara

BİRİNCİ OTURUM
Oturum Başkanı: Prof. Dr. Cevat İNAL

10:45 - 11:10 TUSAGA-AKTİF (CORS TR)
Ö. Yıldırım, A. Cingöz, O. Lenk, S. Bakıcı, B. Aktuğ, A. Kılıçoğlu,
M. Ş. Aysezen, O. Erdoğan
11:10 - 11:35 Kentsel Dönüşüm ve Uygulama Süreci,
N. E. Ülger
11:35 - 12:00 Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü ve Mekansal Projeleri,
G. Yalçın, B. Erkek, S. Bakıcı
12:00 - 13:30 Yemek Arası

İKİNCİ OTURUM
Oturum Başkanı: Doç. Dr. Engin GÜLAL

13:30 - 13:55 Barajlarımız ve Deformasyon İzleme Çalışmaları Atatürk Barajı Örneği
Y. Kalkan

13:55 - 14:20 Baraj Ölçüm Aletleri Borçka - Muratlı Barajları ve Hes Uygulamaları
H. H. Öztürk
14:20 - 14:45 Rixos Hotel Binasının Rüzgar Yükü Karşısındaki Tepkisinin GPS ve Yüksek Prezisyonlu Eğim Sensörü Verileri ile Analizi ve Sensörlerin Karşılaştırılması
C. Ö. Yiğit, C. İnal, X. Li, L. Ge, C. Rizos, M. Yetkin, M. H. Arslan, S. Doğanalp
14:45 - 15:10 GNSS Ölçümleri, Depremsellik, Colomb Gerilme Dağılımı ile Güneybatı Anadoludaki Blok Hareketlerinin Belirlenmesi ve Gerilim Alanlarının Tespiti
E. Gülal, S. Erdoğan, İ. Tiryakioğlu, T. Baybura, H. Erdoğan, M. Soycan, İ. Yılmaz, Ü. Y. Kalyoncuoğlu, M. N. Dolmaz, Ö. Elitok, N. O. Aykut, F. Taktak, A. K. Telli, B. Akpınar, E. Ata, T. Öcalan, K. Gümüş
15:10 - 15:30 Ara

ÜÇÜNCÜ OTURUM
Oturum Başkanı: Prof. Dr. Sebahattin BEKTAŞ

15:30 - 15:55 Dört ve Daha Fazla Noktalı Ana GPS Ağlarında (AGA) Kuramsal Standart Sapma Değerlerine Göre Ölçü Sürelerinin Bulunması
K. Melikoğlu, M. Melikoğlu
15:55 - 16:20 Jeodezik VLBI Çalışmalarının IERS ürünlerine Katkısı ve KTÜ GEOD IVS Analiz Merkezinin Öngörülen Faaliyetleri
E. Tanır, K. Teke, J. Böhm, H. Schuh
16:20 - 16:45 Hassas Konum Belirleme (Precise Point Positioning - PPP) Yönteminin Performans Analizi ve Ölçme Amaçlı Uygulamalarda Kullanılabilirliğinin Araştırılması
R. M. Alkan
16:45 - 17:10 GPS/INS Entegrasyonu ile Oluşturulan Navigasyon Güzergâhında Kalman Filtreleme Yöntemiyle Konumsal Hata Kestirimi
A. E. Özçelik, E. Beşdok
18:00 KOKTEYL, Prof. Dr. Osman TURAN Kültür Merkezi

15 Ekim 2009 Perşembe

DÖRDÜNCÜ OTURUM
Oturum Başkanı: Prof. Dr. Şenol KUŞÇU

08:30 - 08:55 Zonguldak-Bartın Bölgesi Plajlarında “Çeken Akıntı” Sonucu Ölümle Sonuçlanan Olaylardaki Kara Noktaların İncelenmesi
H. Akçın
08:55 - 09:20 Yeraltı Maden Üretim Bölgesinde Yapılan Tasman Ölçmeleri ve Zonguldak Taşkömür Havzası İçin Önemi
E. Can, Ş. Kuşçu

09:20 - 09:45 Ray Hattı Geometrisinin Belirlenmesine Yönelik
Jeodezik Ölçme Sistemi Tasarımı ve Geliştirilmesi
B. Akpınar, E. Gülal

09:45 - 10:10 Mikrojeodezik Ağlarda Düşey Açı Ölçümlerinin İndirgenmesi İçin Yaklaşımlar
R. G. Hoşbaş, H. Erkaya

10:10 - 10:20 Ara

BEŞİNCİ OTURUM
Oturum Başkanı: Doç. Dr. M. Zeki COŞKUN

10:20 - 10:45 Şantiye Ortamında Gerçekleştirilen Mühendislik Projelerinde Proje Yönetimi ve Harita Mühendisliği Hizmetleri
Ş. Kuşçu, E. Can

10:45 - 11:10 Altyapı Bilgi Sistemlerinde Mobil CBS Uygulamaları
İSKİ Altyapı Bilgi Sistemi (İSKABİS) Örneği
A. Dinçyılmaz, R. M. Alkan

11:10 - 11:35 Kentsel Alanlarda GSM Baz İstasyonları Tespiti ve Elektromanyetik Kirlilik Haritasının CBS Yoluyla Oluşturulması
O. Uygunol, S. S. Durduran

11:35 - 12:00 Karayollarının Yakın Tarihi ve Ulaşım Sektöründe Harita Mühendisliğinin Yeri ve Sorunları
M. Küçükoğlu

12:00 - 13:30 Yemek Arası

ALTINCI OTURUM
Oturum Başkanı: Doç. Dr. Reha M. ALKAN

13:30 - 13:55 Sığ Sulardaki Hidrografik Ölçmelerde Teknenin Dinamik Draft Değerinin Belirlenmesi
N. O. Aykut, Ö. Aydın

13:55 - 14:20 Barajlardaki Batimetrik Ölçmeler: Sille Barajı Örneği
A. Ceylan, C. Ö. Yiğit, İ. Ekizoğlu, A. Özdendinler, A. Bilgin, Ş. Hisoğlu, A. Toprakkale

14:20 - 14:45 Karadeniz Sahil Yolunun Yapımı ile Değirmendere'nin Trabzon Limanına Olan Etkisinin Hidrografik Ölçmeler İle İncelenmesi
A. Akar, E. Gökalp, O. Güngör

14:45 - 15:10 Denizlerde Yapılan Kazı Dolgu ve Düzleme İşlerinde Konumlama ve Derinliklerin Belirlenmesi
A. Çelikkıran

15:10 - 15:30 Ara

15:30 - 18:00 HİDROGRAFİK ÖLÇMELER PANELİ
Yöneten: Doç. Dr. Halil Erkaya

Panelistler
Prof. Dr. Ayşen YILMAZ
ODTÜ Deniz Bilimleri Enstitüsü
Prof. Dr. Erol İZDAR
Piri Reis Denizcilik, Deniz Kaynaklarını Geliştirme ve Eğitim Vakfı
Doç. Dr. Reha M. ALKAN
İTÜ Geomatik Bölmü
Bnb. (Em.) Fatih AKBULUT
Özel Sektör, İskandil Deniz Araştırmaları
Hrt. Müh. Ali ERBAŞ
DSİ

16 Ekim 2009 Cuma

YEDİNCİ OTURUM
Oturum Başkanı: Prof. Dr. Ergün ÖZTÜRK

08:30 - 08:55 Karayolu Mühendisliği'nde Altgeçit İnşaatı Aplikasyonları
D. Savran, H. İnce
08:55 - 09:20 Paralel Doğrultu Yöntemi ve Muhtelif Uygulamaları H. İnce
09:20 - 09:45 Topoğrafik Modelleme ve Haritalama Çalışmalarında Lidar Ölçme Tekniği Kullanımı
M. Soycan
09:45 - 10:10 Analog Modeller Üzerinde Deformasyon ve Çatlak Uzunluğu Ölçümleri
M. D. Köksal, C. Bayat, C. E. İcik
10:10 - 10:20 Ara

SEKİZİNCİ OTURUM
Oturum Başkanı: Yrd. Doç. Dr. Fevzi KARSLI

10:20 - 10:45 Gerçek Zamanlı Sabit GNSS (CORS) Ağları: Tanımı ve Temel Esaslar
M. Kahveci
10:45 - 11:10 Ambarlı Liman Bölgesinde Heyelan İzleme Çalışmalarında Son Durum
Y. Kalkan

11:10 - 11:35 İSKİ Gerçek Zamanlı Sabit GNSS Ağı (İSKİ-UKBS): Tesisi ve Pratik Uygulamalar
M. Kahveci, H. Karagöz, E. Gülal, Ü. Kartal,
S. Eroğlu, B. Tokmak

11:35 - 12:00 Dijital Görüntü Dönüşümünde Geometrik Bozulmaların Radyometrik Değerlerle
Tüm Görüntü Üzerinde Tespiti
F. Karslı, M. Dihkan

12:00 - 13:30 Yemek Arası

DOKUZUNCU OTURUM
Oturum Başkanı: Prof. Dr. Cemal BIYIK

13:30 - 13:55 Kadastroda Üç Boyutlu Ölçmeler
F. Döner, C. Bıyık

13:55 - 14:20 Türkiye Kadastrosunda Üçüncü Boyut İhtiyacı
Ş. İnam, S. Özkan

14:20 - 14:45 Arazi Toplulaştırması Projelerinde Mülakat ve Blok Öncelik
Esaslı Dağıtım Modellerinin Karşılaştırılması
T. Çay, F. İşcan, T. Ayten

14:45 - 15:10 Kentsel Dönüşümün Uygulama Bölgesi Dinamiklerine ve Taşınmaz Değerine Etkileri
C. Uçar

15:10 - 15:30 Ara

ONUNCU OTURUM
Oturum Başkanı: Doç. Dr. Yunus KALKAN

15:30 - 15:55 Demiryolu Makaslarının Zemine Tatbiki
R. Tarhan

15:55 - 16:20 İskenderun Demir-Çelik Fabrikaları Mekanik Ve
Yardımcı Atelyeler Müdürlüğünde Mühendislik Ölçmeleri
N. Sağır, A. Kılıç, A. V. Bozan

16:20 - 16:45 Bina Cephelerinin Ölçümü ve Aplikasyonu
İ. Koç

16:45 - 17:00 Ara

17:00 - 18:00 KAPANIŞ

17 Ekim 2009 Cumartesi Sosyal Etkinlik

KISA SÜRELİ SUNUMLAR

14 Ekim 2009 Çarşamba

- Trabzon, Rize ve Gümüşhane İllerinin Yağış-Heyelan İlişkilerinin Araştırılması,
  T. Bayrak, M. Ulukavak
- Samsun İlinde Heyelan Olayları ve Yağış Etkisinin Analizi,
  Y. Şişman, A. Şişman
- Uydu Görüntülerinin Sınıflandırılmasında Klasik Yöntemler İle ADABOOST ve LOGITBOOST Yöntemlerinin Karşılaştırılması,
  Ü. H. Atasever
- Genişletilmiş Kalman Filtreleme Yöntemiyle Navigasyon Amaçlı GPS/INS Entegrasyonu,
  A. E. Özçelik, E. Beşdok
- Küresel Navigasyon Uydu Sistemleri (GNSS) ve İnersiyal Ölçü Donanımlarının (IMU) Birlikte Kullanımı: GPS/INS Entegrasyonu Uygulaması,
  A. E. Özçelik, E. Beşdok
- Uyuşumsuz Ölçülerin Zaman Serileri Bileşenlerine Etkileri ve Robust Kestiriciler,
  H. Erdoğan
- Boğaziçi Köprüsü Kulelerinin Jeodezik Yöntemlerle İzlenmesi
  H. Erdoğan, E. Gülal
- Taşınmazların Değer Haritalarının CBS Entegrasyonuyla Üretimi
  M. K. Torun
- Karayollarında Proje Elemanları İle Yapım Maliyeti Arasındaki İlişkilerin İncelenmesi,
  A. Soycan, M. Soycan
- Ortometrik Yükseklik Belirleme Yöntemleri ve Doğruluklarının Karşılaştırılması,
  F. Başçiftçi, H. Çağla, S. Akkuş, T. Ayten, B. Yalçın, F. Uysal, E. Civcik
- Jeodezik Veriler Yardımıyla Heyelanların Sınıflandırılması,
  M. Acar, T. Ayan
- Demir-Çelik Fabrikaları Hammadde Tedarik Müdürlüğünde Harita Mühendisliği: İSDEMİR Örneği,
  N. Sağır, A. V. Bozan
- Değerleme Esaslı İmar Uygulama Yöntemine İlişkin Bir Model,
  N. E. Ülger
- İki Boyutlu Koordinat Dönüşümlerinin Yapay Sinir Ağları İle Hesaplanması,
  A. Erdi, F. Sarı

15 Ekim 2009 Perşembe

- Osmanlı İmparatorluğunun Son Döneminde Zonguldak Kömür Havzasındaki Mühendislik Yapılarının Güncel Sayısal Haritalar Üzerinde Konumunun Belirlenmesi ve Görselleştirilmesi,
  H. Akçın, Ş. H. Kutoğlu, K. S. Görmüş
- Elektronik Takeometrelerle Girintili Çıkıntılı Bina Köşe Noktalarının Ölçümünde Yapılan Hataların Etkilerinin İncelenmesi,
  H. İnce, N. Sağır
- Çifte Nokta Geriden Kestirmede Dar Açıdan Kaynaklanan Konum Hataları,
  H. İnce
- Taşkın Sahalarında Yol Kenarlarında Tesis Edilmiş Elektrik Direkleri Yardımıyla Taşkın İzi Noktalarının Konumlarının Belirlenmesi
  H. İnce, N. Sağır
- Jeodezik Gözlemlerin İrdelenmesinde Varyanslarla İlgili Parametrik Homojenlik Testleri ve Davranışları,
  Ş. Gürses, H. Çalık, A. Dilaver
- Akıntı Hızı Ölçümleri,
  A. Çelikkıran
- TRAB IGS Noktasının Stabilitesinin Araştırılması
  M. Yalçınkaya, M. Ulukavak
- Selçuk Üniversitesi Hukuk Fakültesindeki Düşey Hareketlerin Jeodezik Yöntemlerle İzlenmesi ve Analizi,
  S. Doğanalp, C.Ö. Yiğit, C. İnal, B. Turgut, A. Ceylan, İ. Şanlıoğlu
- Barajlardaki Konum Değişimlerinin Bütünleşik Analizi,
  S. Demirkaya
- DSİ Trabzon Bölge Müdürlüğünün Baraj Çalışmaları,
  F. Köroğlu
- GNSS Ölçmelerinde Precise Point Positioning (Hassas Nokta Konumlama) Tekniği,
  M. Soycan
- Uydudan Konum Belirleme Sistemi (UKBS) İle Elde Edilmiş Altyapı Bilgilerinin İSKİ Altyapı Bilgi Sistemi (İSKABİS)'ne Aktarılması ve Kullanıcılara Sunulması,
  A. Dinçyılmaz, D. Aydın, S. Eroğlu
- İstanbul Boğazı'ndaki Ses Hızı Değişimleri,
  A. Çelikkıran
- Uzun Dönem GPS Zaman Serilerinin Analizi ile Kampanya Tipi GPS Ölçmelerinin İyileştirilmesi,
  S. Dalğın, E. Tarı

İÇİNDEKİLER

Önsöz **7**

BİRİNCİ OTURUM **23**

TUSAGA-AKTİF (CORS TR) 25
Ö. Yıldırım, A. Cingöz, O. Lenk, S. Bakıcı, B. Aktuğ,A. Kılıçoğlu, M. Ş. Aysezen, O. Erdoğan

Kentsel Dönüşüm ve Uygulama Süreci, ... 49
N. E. Ülger

Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü ve Mekansal Projeleri 72
G. Yalçın, B. Erkek, S. Bakıcı

İKİNCİ OTURUM **79**

Barajlarımız ve Deformasyon İzleme Çalışmaları Atatürk Barajı Örneği..... 81
Y. Kalkan

Baraj Ölçüm Aletleri Borçka - Muratlı Barajları ve HES Uygulamaları..... 93
H. H. Öztürk

Rixos Hotel Binasının Rüzgar Yükü Karşısındaki Tepkisinin GPS ve
Yüksek Prezisyonlu Eğim Sensörü Verileri ile Analizi ve Sensörlerin Karşılaştırılması 111
C. Ö. Yiğit, C. İnal, X. Li, L. Ge, C. Rizos, M. Yetkin, M. H. Arslan, S. Doğanalp

ÜÇÜNCÜ OTURUM **123**

Dört ve Daha Fazla Noktalı Ana GPS Ağlarında (AGA) Kuramsal
Standart Sapma Değerlerine Göre Ölçü Sürelerinin Bulunması 125
K. Melikoğlu, M. Melikoğlu

Jeodezik VLBI Çalışmalarının IERS ürünlerine Katkısı ve
KTÜ GEOD IVS Analiz Merkezinin Öngörülen Faaliyetleri 134
E. Tanır, K. Teke, J. Böhm, H. Schuh

Hassas Konum Belirleme (Precise Point Positioning - PPP) Yönteminin Performans Analizi ve Ölçme Amaçlı Uygulamalarda Kullanılabilirliğinin Araştırılması 165
R. M. Alkan

GPS/INS Entegrasyonu ile Oluşturulan Navigasyon Güzergâhında Kalman Filtreleme Yöntemiyle Konumsal Hata Kestirimi 173
A. E. Özçelik, E. Beşdok

DÖRDÜNCÜ OTURUM 179

Zonguldak-Bartın Bölgesi Plajlarında "Çeken Akıntı" Sonucu Ölümle Sonuçlanan Olaylardaki Kara Noktaların İncelenmesi 181
H. Akçın

Yeraltı Maden Üretim Bölgesinde Yapılan Tasman Ölçmeleri ve Zonguldak Taşkömür Havzası İçin Önemi 191
E. Can, Ş. Kuşçu

Ray Hattı Geometrisinin Belirlenmesine Yönelik Jeodezik Ölçme Sistemi Tasarımı ve Geliştirilmesi 198
B. Akpınar, E. Gülal

Mikrojeodezik Ağlarda Düşey Açı Ölçümlerinin İndirgenmesi İçin Yaklaşımlar 207
R. G. Hoşbaş, H. Erkaya

BEŞİNCİ OTURUM 217

Şantiye Ortamında Gerçekleştirilen Mühendislik Projelerinde Proje Yönetimi ve Harita Mühendisliği Hizmetleri 219
Ş. Kuşçu, E. Can

Altyapı Bilgi Sistemlerinde Mobil CBS Uygulamaları İSKİ Altyapı Bilgi Sistemi (İSKABİS) Örneği 227
A. Dinçyılmaz, R. M. Alkan

Kentsel Alanlarda GSM Baz İstasyonları Tespiti ve Elektromanyetik Kirlilik Haritasının CBS Yoluyla Oluşturulması 236
O. Uygunol, S. S. Durduran

Karayollarının Yakın Tarihi ve Ulaşım Sektöründe Harita Mühendisliğinin Yeri ve Sorunları 246
M. Küçükoğlu

ALTINCI OTURUM 261

Sığ Sulardaki Hidrografik Ölçmelerde Teknenin Dinamik Draft Değerinin Belirlenmesi 263
N. O. Aykut, Ö. Aydın

Barajlardaki Batimetrik Ölçmeler: Sille Barajı Örneği 272
A. Ceylan, C. Ö. Yiğit, İ. Ekizoğlu, A. Özdendinler, A. Bilgin, Ş. Hisoğlu, A. Toprakkale

Karadeniz Sahil Yolunun Yapımı ile Değirmendere'nin Trabzon Limanına Olan Etkisinin Hidrografik Ölçmeler İle İncelenmesi 281
A. Akar, E. Gökalp, O. Güngör

Denizlerde Yapılan Kazı Dolgu ve Düzleme İşlerinde Konumlama ve Derinliklerin Belirlenmesi 292
A. Çelikkıran

YEDİNCİ OTURUM 303

Karayolu Mühendisliği'nde Altgeçit İnşaatı Aplikasyonları 305
D. Savran, H. İnce

Paralel Doğrultu Yöntemi ve Muhtelif Uygulamaları 315
H. İnce

Analog Modeller Üzerinde Deformasyon ve Çatlak Uzunluğu Ölçümleri 325
M. D. Köksal, C. Bayat, C. E. İcik

SEKİZİNCİ OTURUM 339

Gerçek Zamanlı Sabit GNSS (CORS) Ağları: Tanımı ve Temel Esaslar 341
M. Kahveci

Ambarlı Liman Bölgesinde Heyelan İzleme Çalışmalarında Son Durum 353
Y. Kalkan

İSKİ Gerçek Zamanlı Sabit GNSS Ağı (İSKİ-UKBS): Tesisi ve Pratik Uygulamalar 365
M. Kahveci, H. Karagöz, E. Gülal, Ü. Kartal, S. Eroğlu, B. Tokmak

Dijital Görüntü Dönüşümünde Geometrik Bozulmaların Radyometrik Değerlerle Tüm Görüntü Üzerinde Tespiti 385
F. Karslı, M. Dihkan

DOKUZUNCU OTURUM 395

Kadastroda Üç Boyutlu Ölçmeler 397
F. Döner, C. Bıyık

Türkiye Kadastrosunda Üçüncü Boyut İhtiyacı 406
Ş. İnam, S. Özkan

Arazi Toplulaştırması Projelerinde Mülakat ve Blok Öncelik Esaslı Dağıtım Modellerinin Karşılaştırılması 418
T. Çay, F. İşcan, T. Ayten

ONUNCU OTURUM 429

Demiryolu Makaslarının Zemine Tatbiki 431
R. Tarhan

İskenderun Demir-Çelik Fabrikaları Mekanik Ve Yardımcı Atelyeler Müdürlüğünde Mühendislik Ölçmeleri 440
N. Sağır, A. Kılıç, A. V. Bozan

Bina Cephelerinin Ölçümü ve Aplikasyonu 447
İ. Koç

KISA SÜRELİ SUNUMLAR 457

Trabzon, Rize ve Gümüşhane İllerinin Yağış-Heyelan İlişkilerinin Araştırılması 461
T. Bayrak, M. Ulukavak

Samsun İlinde Heyelan Olayları ve Yağış Etkisinin Analizi 473
Y. Şişman, A. Şişman

Genişletilmiş Kalman Filtreleme Yöntemiyle Navigasyon Amaçlı GPS/INS Entegrasyonu 483
A. E. Özçelik, E. Beşdok

Küresel Navigasyon Uydu Sistemleri (GNSS) ve İnersiyal Ölçü Donanımlarının (IMU)
Birlikte Kullanımı: GPS/INS Entegrasyonu Uygulaması 489
A. E. Özçelik, E. Beşdok

Uyuşumsuz Ölçülerin Zaman Serileri Bileşenlerine Etkileri ve Robust Kestiriciler 496
H. Erdoğan

Boğaziçi Köprüsü Kulelerinin Jeodezik Yöntemlerle İzlenmesi 505
H. Erdoğan, E. Gülal

Taşınmazların Değer Haritalarının CBS Entegrasyonuyla Üretimi 511
M. K. Torun
Karayollarında Proje Elemanları İle Yapım Maliyeti Arasındaki İlişkilerin İncelenmesi 521
A. Soycan, M. Soycan

Demir-Çelik Fabrikaları Hammadde Tedarik Müdürlüğünde
Harita Mühendisliği: İSDEMİR Örneği 531
N. Sağır, A. V. Bozan

Değerleme Esaslı İmar Uygulama Yöntemine İlişkin Bir Model 541
N. E. Ülger

İki Boyutlu Koordinat Dönüşümlerinin Yapay Sinir Ağları İle Hesaplanması 568
A. Erdi, F. Sarı

Osmanlı İmparatorluğunun Son Döneminde Zonguldak Kömür Havzasındaki Mühendislik
Yapılarının Güncel Sayısal Haritalar Üzerinde Konumunun
Belirlenmesi ve Görselleştirilmesi 577
H. Akçın, Ş. H. Kutoğlu, K. S. Görmüş

Elektronik Takeometrelerle Girintili Çıkıntılı Bina Köşe Noktalarının Ölçümünde Yapılan Hataların
Etkilerinin İncelenmesi 588
H. İnce, N. Sağır

Çifte Nokta Geriden Kestirmede Dar Açıdan Kaynaklanan Konum Hataları..... 599
H. İnce

Taşkın Sahalarında Yol Kenarlarında Tesis Edilmiş Elektrik Direkleri Yardımıyla Taşkın İzi Noktalarının Konumlarının Belirlenmesi..... 608
H. İnce, N. Sağır

Jeodezik Gözlemlerin İrdelenmesinde Varyanslarla İlgili Parametrik Homojenlik Testleri ve Davranışları 619
Ş. Gürses, H. Çalık, A. Dilaver

Akıntı Hızı Ölçümleri..... 641
A. Çelikkıran

TRAB IGS Noktasının Stabilitesinin Araştırılması 650
M. Yalçınkaya, M. Ulukavak

Selçuk Üniversitesi Hukuk Fakültesindeki Düşey Hareketlerin
Jeodezik Yöntemlerle İzlenmesi ve Analizi,..... 663
S. Doğanalp, C.Ö. Yiğit, C. İnal, B. Turgut, A. Ceylan, İ. Şanlıoğlu

BİRİNCİ OTURUM

Oturum Başkanı: Prof. Dr. Cevat İNAL

TUSAGA-AKTİF (CORS TR)

Ö. Yıldırım, A. Cingöz, O. Lenk, S. Bakıcı, B. Aktuğ, A. Kılıçoğlu, M. Ş. Aysezen, O. Erdoğan

Kentsel Dönüşüm ve Uygulama Süreci,

N. E. Ülger

Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü ve Mekansal Projeleri,

G. Yalçın, B. Erkek, S. Bakıcı

TUSAGA-AKTİF (CORS TR)

Yıldırım, Ö.[2] Cingöz, A.[1], Lenk, O.[1], Bakıcı, S.[2]Aktuğ, B.[1], Kılıçoğlu, A.[1], Aysezen, M.Ş., Erdoğan, A.,O.[2]

[1]Harita Genel Komutanlığı 06100 Dikimevi Ankara
[2]Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü 06100 Bakanlıklar Ankara

Özet

Bu çalışmada, Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM) ve Harita Genel Komutanlığının (HGK) ortak sahibi olduğu, Türkiye ve Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti genelinde 147 adet sabit GNSS istasyonundan oluşan ve 8 Mayıs 2009 tarihinde tamamlanmış olan, Türkiye Sürekli Gözlem Yapan Referans İstasyonları Ağı (CORS-TR/TUSAGA-Aktif) tanıtılmıştır. Sistemin başlangıç aşamasında iletişim altyapısını, istasyonlar arası mesafelerin verimliliğini ve alıcıların performansını test edebilmek için, toplam 13 noktadan oluşan (Net-60, Net-90 ve Net-120) Benchmark Test ağı oluşturulmuş ve bu test ağında toplam 13 GNSS alıcısı ile 8-9-10 Ağustos 2006 tarihlerinde gözlemler yapılmıştır. Bu gözlemlerden toplanan veriler GAMIT/GLOBK V10.3, BERNESE 5.0 ve GEONAP akademik yazılımları ile ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

GNSS istasyonları GAMIT/GLOBK V10.3 ve BERNESE V5.0 yazılımları ile günlük bazda değerlendirilmekte olup, değerlendirme sonucunda günlük karesel ortalama hata değerleri 8.4 mm. hesaplanmıştır. Referans sistemi tanımlanması kapmsaında, öncelikle SOPAC tarafından analizi yapılan global çözüm dosyaları TUSAGA-Aktif günlük çözüm dosyalarına dahil edilmekte, müteakiben yaklaşık 35 IGS istasyonunun koordinat ve hız bilgisini kullanarak 3 boyutlu benzerlik dönüşümü gerçekleştirilmekte olup, söz konusu referans sistemi tanımlanmasına ilişkin ait üç boyutlu RMS değerleri ortalama 3.3 mm +/- 0.5 mm. elde edilmiştir.

Sistemin test edilmesi kapsamında, TKGM ve HGK personeli tarafından, önceden konumu hassas olarak bilinen Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı (TUTGA) noktalarında TUSAGA-Aktif sisteminden yararlanarak ölçümler yapılmıştır. Söz konusu kontrol ölçüleri neticesinde, tespit edilen ortalama koordinat farkları, Kuzey bileşende; 1.6 cm, Doğu bileşende 2.2 cm ve yükseklik bileşeninde 7.6 cm. elde edilmiş ve söz konusu farkların standart sapma değerleri sırasıyla; 2.1 cm, 2.9 cm. ve 8.8. cm. bulunmuştur.

Abahtar Kelimeler:GNSS, Benchmark Test, IGS

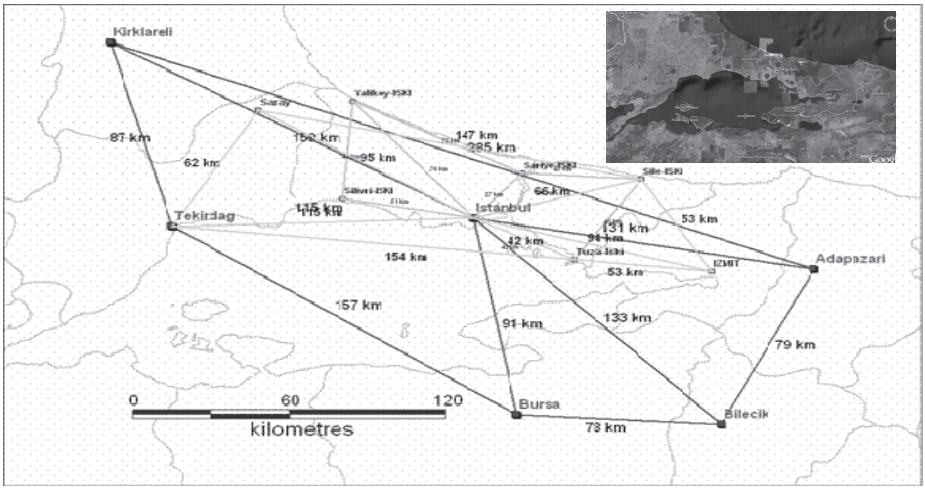
1. GİRİŞ

Gerçek Zamanlı Kinematik (RTK) CORS ağlarının kurulması tüm dünyada yeni bir devir açmıştır (Bock et al.). Sürekli gözlem yapan referans istasyonları-Türkiye (CORS-TR) projesi, yeni bir RTK-CORS ağı olarak Türkiye'de kurulmuştur. CORS-TR projesi İstanbul Kültür Üniversitesi (IKU), Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM) ve Harita Genel Komutanlığı (HGK) işbirliği ile kurulmuştur. Bu proje TÜBİTAK sponsorluğunda resmen Mayıs 2006 tarihinde başlamış ve Mayıs 2009 tarihinde tamamlanmıştır.

CORS-TR projesinin temel amaçları; Tüm Türkiye genelinde 7/24 saat ilkesine göre coğrafi konumları hem gerçek zamanda(RTK) hem de postprocessing ile hızlı, ekonomik ve duyarlı olarak belirlemek, Türkiye'nin yer aldığı bölgedeki atmosferi (iyonosfer ve troposfer) modellemek ve daha hassas meteorolojik tahminler ile sinyal ve iletişim konularına katkı sağlamak, Türkiye'deki tektonik(plaka) hareketlerinin duyarlı ve sürekli olarak izlenmesi, deformasyon miktarlarının mm seviyesinde belirlenmesi ve böylece depremlerin önceden belirlenmesi ve erken uyarı çalışmalarına katkıda bulunmak, eski ED50 Datumu ile ITRFxx Datumu arasındaki dönüşüm parametrelerini belirlemektir.

Bu amaçlar doğrultusunda, projenin daha etkin olması için Marmara Bölgesinde 13 noktadan oluşan (yaklaşık boyutları 300x150 km olan ve Şekil 1'de görülen) bir Benchmark Test Ağı oluşturulmuştur. Oluşturulan bu test ağından GNSS alıcı ve antenleri, Kontrol Merkezi yazılımı, İstasyonlar arasındaki en uygun uzaklık, Türkiye'deki iletişim ve internet altyapısı ve Atmosferik aktiviteler ve etkileri test edilmiştir.

Bencmark Test Ağında her birisi 6 adet nokta içeren 3 farklı network konfigürasyonu oluşturulmuştur (Net-120, Net-90 ve Net-60.) Tablo 1'de Bencmark test ağı bilgileri verilmiştir.



Şekil 1:Benchmark Test Ağı(120, 90 ve 60 km)

Tablo 1:Benchmark Test Ağı Bilgileri

Mesafeler(km)	Net-120	Net-90	Net-60
Min. Range	67	42	27
Max. Range	285	154	115
Ortalama Range	130	88	58
RMS	151	101	66

Benchmark test ağı noktalarında, 8-9-10 Ağustos 2006 tarihlerinde en az 48 saatlik eş zamanlı 30 saniye aralıklarda GNSS ölçüleri yapılmıştır ve yapılan bu ölçüler hassas yörünge bilgileri ile Gamit, Bernese ve Geonap yazılımları ile ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Böylece Test Referans Ağı Noktalarının ITRF koordinatları hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonucunda baz duyarlılığı 0.01 ppm, konum duyarlılığı ise ± 1 cm seviyesinde elde edilmiştir (Eren, K., vd, 2009).

2. TUSAGA-AKTİF SİSTEMİ

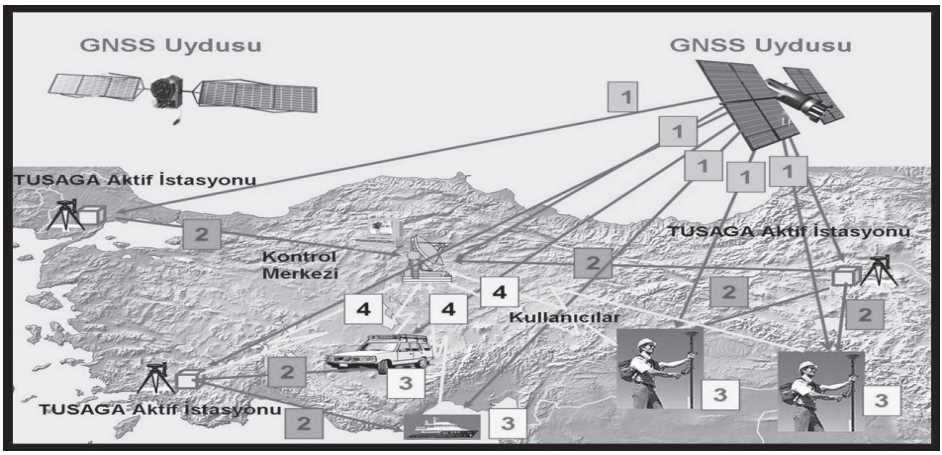
"Sürekli Gözlem Yapan GNNS İstasyonları Ağı ve Ulusal Datum Dönüşümü Projesi (TUSAGA-Aktif / CORS-TR)" İstanbul Kültür Üniversitesi (İKÜ) yürütücülüğünde, Harita Genel Komutanlığı (HGK) ve Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM) müşterek müşteri olmak üzere, 08 Mayıs 2006 tarihinde başlamış olup, Aralık 2008 itibariyle tamamlanmasıyla faaliyete geçmiştir.

TUSAGA-Aktif sisteminin işletilmesi ve düzeltme parametrelerinin hesaplanması kontrol ve analiz merkezlerinde yapılmaktadır. Tüm istasyonlardan toplananan veriler ADSL ve GPRS/EDGE (ADSL çalışmadığı zamanlarda devreye girecek) yolu ile veri merkezlerine aktarılmakta ve burada düzeltme parametreleri hesaplanarak tüm kullanıcılara sunulmaktadır. Gerçek Zamanlı Kinematik (RTK) düzeltme verileri en güncel RTCM (Radio Technical Commission for Aeronautics) iletişim formatında olup ve GSM, GPRS, NTRIP (Internet Protokolü Üzerinden RTCM Verisinin Ağ Dağıtımı) vasıtalarından biri veya birkaçı yardımıyla gezici alıcılara gönderilmektedir .

TUSAGA-Aktif istasyonlarının yerlerinin seçiminde zemin yapısı, elektrik, telefon, İnternet ve güvenlik hususları dikkate alınmış ve tüm Türkiye'de gerçekleştirilen arazi keşifleri neticesinde Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Meteoroloji İstasyonları, Üniversiteler, Belediyeler ile Kamu Kurum ve Kuruluşlarına ait bina ve araziler seçilmiştir.

Proje kapsamında kurulan istasyonlarda birer adet GNSS (GPS+GLONASS) alıcısı ve alıcıya bağlı bir jeodezik GNSS anteni bulunmaktadır. Sistemde, sabit GPS istasyonları ile kontrol merkezleri arasındaki iletişim ADSL üzerinden sağlanmaktadır. Ayrıca, ADSL hattında meydana gelebilecek veri kesikliklerinde mevcut bir Router ile GPRS modem devreye girecek ve veri iletimi GPRS/EDGE ile yapılacaktır.

Kontrol merkezlerinde bulunan sunucular (server) tüm istasyonlardan gelen anlık verilerden yararlanarak atmosferik modelleme yapacak ve DGPS/RTK düzeltme verileri hesaplayacaktır. Söz konusu düzeltme verileri ise arazide bulunan gezici alıcılara GPRS üzerinden aktarılacaktır. Bu şekilde tek frekanslı bir GPS alıcısı DGPS verisini kullanarak metre altı doğrulukta, çift frekanslı bir GPS alıcısı ise RTK verisini kullanarak 1-10 santimetre doğrulukta konum belirleyebilecektir. Veri aktarım formatı olarak NTRIP kullanılacaktır (Şekil-2).



Şekil-2: TUSAGA-Aktif Sistemi Ana Bileşenleri

3. TUSAGA-AKTİF SİSTEMİ TEKNİK ALTYAPISI

3.1. Kontrol Merkezleri

Kontrol merkezleri Ankara'da TKGM-Oran tesislerinde ve HGK-Cebeci tesislerinde yer almaktadır. RTKNet ve GPSNet analiz ve kontrol sistemi, web sunucu, veri yedekleme ünitesi, yönlendirici, güvenlik ünitesi ve çevre donanımlarından oluşmaktadır.

TUSAGA-Aktif Kontrol Merkezleri Donanım ve yazılımları aşağıda verilmektedir (Şekil-3).

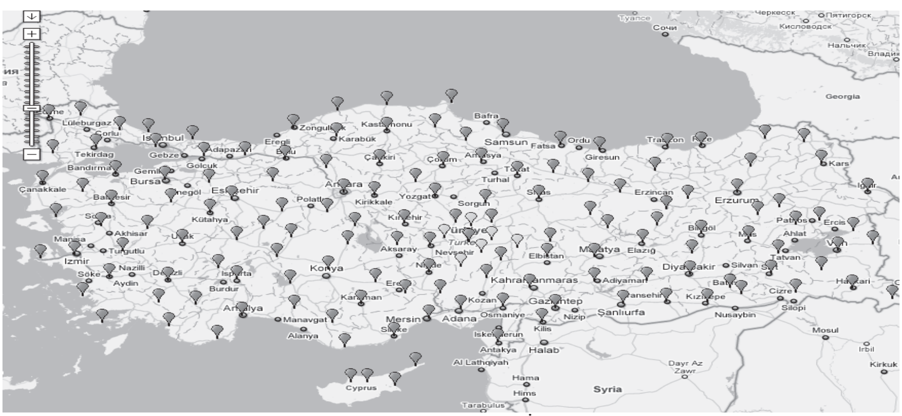
1. DL140G3 Dual-Core X5110 3.00 GHZ-1x4MB 1GB 80GB SATA 1U Rack; Windows 2003 Server
2. DL140G3 Dual-Core 2x X5110 3.00 GHZ-1x4MB 1GB 80GB SATA 1U Rack; Windows 2003 Server; 2x1GB FBD
3. NAS HP DL380 2TB SATA Storage Server; Dual-Core; 1GB, DIMM; 2x1GB FBD
4. StorageWorks Backup Unit with Smart Array
5. 17" LCD TFT Flat Panel Monitor (10)
6. CISCO 2811 Router with VPN encryption; 2xDSL interface
7. 24-port unmanaged switch
8. 19" 16-port KWM switch
9. 19" 42U Server Max cabin with FAN and Thermostat module

Şekil-3: Kontrol Merkezi
Sunucusu

10. 19" Rack console with 17" TFT display, keyboard, mouse, touchpad
11. HP A4 laser printer
12. Trimble VRS SW (including GPSNet, RTKNet, webserver, Rover Integrity, Coordinate Monitor and data storage) for GNSS stations/nodes
13. Microsoft Office (MS Access ile)
14. Working table
15. VNCe SW
16. IPCluster SW

3.2. TUSAGA-Aktif İstasyonları

Türkiye ve Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti(4 Adet) geneline dağılmış 147 Sabit GPS istasyonu olup, dağılımları Şekil-4'de gösterilmektedir;



Şekil-4: TUSAGA-Aktif İstasyonları

Bu istasyonların tesis tipi yönüyle dağılımı;

*Çatı tipi İstasyon (89 adet),

*Zemin tipi pilyeye sahip istasyon (28 adet),

*Teras tipi istasyon (30 adet) şeklindedir.

Sabit istasyon antenlerinin yerleştirildiği pilyeler bina üstü veya zeminde inşa edilmiş olup, zemin tipi pilye TİP A (Şekil 5-a)'ye göre, çatı ve teras tipi pilye ise TİP B (Şekil 5-b ve 5-c)'ye göre inşa edilmiştir.

Şekil 5-a: Zemin

Şekil 5-b: Teras

Şekil 5-c: Çatı

Her bir istasyona ait ulaşım durumu, anten, antenin oturduğu beton blok, elektrik ve iletişim altyapısını gösterir "As-Built" projesi, istasyon iletişim bilgileri ve irtibat personeli bilgileri mevcut olup bu kapsamda hazırlanan nokta protokolü oluşturulmuştur.

İstasyon donanımlarıyla ilgili bilgiler özet olarak aşağıdaki gibidir;

Kabin: CORS donanımının muhafazasını sağlayan kabinlerde alıcı donanımının yanında, dört tarafı açılabilen, içinde dört adet AC ile, 2 adet de DC ile çalışabilen fan, ısı ayarlayıcı ve kemirgenlere karşı sinyal yayıcı bulunmaktadır. Her istasyonda söz konusu kabinlere, elektrik ve ADSL hattı bağlantısı yapılmıştır (Şekil 6).

TUSAGA-Aktif Referans İstasyonları Alıcı Donanımları (Şekil-7):

- Trimble NetR5 GNSS alıcısı,
- Trimble Zephyr Geodetic-II anten ve tribrah,
- Kesintisiz Güç kaynağı,
- AKÜ ve şarj aleti,
- ADSL Modem/Router (EDGE fallback),
- Yıldırım koruma Adaptörü

Sistemin kurulum ihalesini kazanan "TRIMBLE EUROPE BV" firması tarafından, daha sonra yapılacak istasyon ilaveleri durumunda kontrol merkezi yazılımının 250 istasyona kadar çalışabileceği taahhüt edilmiştir.

Şekil 6: Kabin

Şekil 7: Donanım

3.3. Kullanıcılar

Gerçek ve tüzel kişiler olup, kendi GPS alıcıları ile birlikte TUSAGA-Aktif veri iletişim sistemiyle uyumlu donanıma sahip olması gerekmektedir.

3.4. İletişim altyapısı

İletişim yapısı hususunda aşağıdaki unsurlar kullanılmaktadır;

Sabit GPS İstasyonlarından kontrol merkezine veri aktarımı için bütünleşik ADSL/GPRS-EDGE modem kullanılmıştır. Sistemde öncelik ADSL hattında olup ADSL hattında herhangi bir arıza durumunda GPRS-EDGE modülü otomatik olarak devreye girmektedir.

Uydu tabanlı VSAT Terminalleri (İhtiyaç duyulması halinde) veri iletiminin özellikle yukarıda ifade edilen iletişim sisteminin çalışmadığı veya etkili olmadığı ölü alanlarda devreye girmesi planlanmaktadır.

(a) Kontrol Merkezi iletişim altyapısı

Kontrol merkezleri (HGK ve TKGM) ile Sabit GPS istasyonları arasında çift yönlü iletişim sürekli açık bulunacaktır.Kontrol merkezlerinde internet bağlantısı Metro Ethernet (f/o) ile sağlanmaktadır (TKGM'de 20 MBit, HGK'da 10 MBit) .

(b) Genel TUSAGA-AKTİF İletişim Yapısı ve detayları

Ağ referans istasyonlarının başarısı, iletişim ile doğrudan ilişkilidir. CORS sistemlerinde veri iletişimi iki noktada gereklidir;

- Sabit Referans istasyonlarından Kontrol Merkezlerine sürekli veri transferi,
- Gezicilerin saha çalışması sırasında düzeltme verisi almak için Kontrol Merkezlerine bağlanması sırasındaki veri transferidir.

Sabit referans istasyonlarından Kontrol Merkezlerine doğru olan veri akışının stratejisi belirlenirken teknik ve maliyet konuları gözetilmiş ve Türk Telekom hatları üzerinden verilen ADSL hizmetinin veri iletişim yapısında birincil olması uygun görülmüştür. Ancak, olası bir durumda Telekom yapısının zarar görmesi veya ADSL bağlantısının kesilmesi sırasında acil durum olarak veri transferinin GSM operatörleri tarafından temin edilen GPRS/EDGE üzerinden geçmesi düşünülmüştür. Bu acil durum olasılığı Teknik ve İdari Şartnamede yer almış ve ihaleyi alan Trimble firmasından uygun modemin temin edilmesi sağlanmıştır.

Sabit referans istasyonlarındaki veri transferi için alınacak olan ADSL ve GPRS/EDGE hizmeti için Türk Telekom ve mobil operatör firmaları ile görüşülmüş ve ADSL bağlantı ve servisi konusunda Türk Telekom ile protokol yapılmıştır.

GPRS/EDGE hizmeti için ise GSM firmaları ile görüşülmüş ve sabit referans istasyonlarından veri transferi için aylık sabit miktar üzerinden fiyat teklifleri alınmıştır. Ayrıca, öncelikli iletişim servisi olarak ADSL, kesinti olması halindeyse GPRS/EDGE bağlantısı kullanılacağından GSM mobil operatörden, aylık sabit miktar yerine "kullandığın kadar öde" yaklaşımı için de teklif istenmiştir. Kapsama alanı, vermiş olduğu fiyat ve teknik hizmet açısından Turkcell firması tercih edilmiştir.

Sonuç olarak; CORS TR projesinde kontrol merkezi ve GPS referans istasyonları arasındaki iletişim için kullanılacak başlıca iletişim araçları aşağıdaki şekilde belirlenmiştir:

- Türk Telekom ADSL Internet (NTRIP),
- Turkcell GPRS / EDGE ve Internet (NTRIP).

Aplikasyon uygulamalarında seyyar kullanıcılar düzeltme verisi almak için Kontrol Merkezlerine bağlanması durumunda günümüz teknoloji şartlarında arazi koşullarında ya mobil operatörlerin GPRS/EDGE servisi üzerinden, ya da uydu aracılığıyla internet hizmeti veren servislerden yapılabilecektir. Mobil kullanıcılar istedikleri operatörleri kullanabileceklerdir.

3.5. Sistem Bilgi ve Veri Üretimi

TUSAGA-Aktif Sisteminin otomatik olarak ürettiği veriler ;

- GNSS Statik Ham Veri (Sabit İstasyon alıcılarının teknik nitelik ve niceliğinde sunulan veriler)
- İstasyon Anlık Nokta Konumları (3 Boyutlu)
- Belirlenen Yöntem ile hesaplanan RTK Konum Düzeltmeleri
- Sabit İstasyon Bazında üretilen veri/bilgiler
- Merkez Yazılım Yeteneği Bazında üretilen veri/bilgiler
- Gözlem Sonrası Diferansiyel Düzeltme için veri grubu
- Alıcı ve Sistem Bütüncül Kontrol Bilgileri

Bu veriler kullanılarak üretilebilecek diğer ürünler, örn. İyonosfer ve troposfer modeli

TUSAGA-Aktif Sistemi harici üretilen ancak sistemde belirli koşullar altında kullanılacak veriler;

- Ulusal Referans Sisteminde Tanımlı Duyarlı Nokta Konumları
- Ulusal Referans Sisteminde Tanımlı Duyarlı Nokta Konum Hızları
- Muhtelif Referans Sistemleri (Datumlar arası) Dönüşüm Parametreleri
- Ulusal Jeoid Verileri
- Muhtelif kaynaklardan alınan "safety-of-life" bilgileri
- Coğrafi altlık (Raster vb.) verileri
- Hücresel dönüşüm parametreleri

TUSAGA-Aktif Sistem veri yedekleme aşağıdaki unsurları kapsamaktadır;

- Otomatik olarak üretilen verilerin yedeklenmesi
- Sistem harici üretilen ancak sistemde kullanılacak verilerin yedeklenmesi
- Veri iletişim kontrol bilgilerinin yedeklemesi **(TUSAGA-Aktif Sistemi Bilgilendirme Dökümanı, 2008,)**

4. VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

4.1 Kullanılan Yazılım ve Uygulanan Değerlendirme Stratejileri

TUSAGA-Aktif verileri GAMIT/GLOBK V10.35 yazılımı ile değerlendirilmektedir. Bilimsel amaçlı yazılımlar içinde önemli bir yere sahip olan GAMIT/GLOBK yazılımı; MIT (Massachusetts Teknoloji Enstitüsü), Yer, Atmosfer ve Uzay Bilimleri Bölümü, Scripps Oşinografi Enstitüsü (SIO) ve Harvard Üniversitesi tarafından çok yönlü bir GPS veri değerlendirme yazılımı olarak geliştirilmiştir **(King ve Bock, 2006).**

Yazılım, içerdiği tüm alt programlara ilişkin kaynak kodu ve/veya çalıştırılabilir kod (executable code) ile ticari amaçlı olmayan kullanıcılara sunulmakta ve X-Windows kullanıcı ara birimlerini destekleyen herhangi bir UNIX (Sun, Solaris, HP) veya Linux işletim sistemlerinde sorunsuz olarak çalışmaktadır. Kaynak kodu ile alınan programlar, çalışma istasyonuna yada Linux mimarisine uygun derleyicilerle (compiler) derlenmektedir (f77, f90, cc, g77, gcc, POSIX uyumlu C-Shell). Temel olarak Fortran, C ve C-Shell programlama dilleri kullanılarak hazırlanan yazılım, bilgisayar üzerinde kurulumu tamamlandıktan sonra yaklaşık 350 MB'lık bir yer kaplamaktadır. GAMIT/GLOBK yazılımına ait kaynak kodları Tablo-2'de gösterilmektedir.

Tablo-2: GAMIT/GLOBK yazılımı için gerekli olan kaynak kodları

Program	İşlevi	Kapladığı Alan
install_software	Kurulum programı	11 KB
install_updates	Yazılım güncelleme programı	4 KB
gamit.10.35.tar.gz	Standart GAMIT scriptleri	2 MB
com.10.35.tar.Z	İşletilebilir komut dosyaları	0.6 MB
libraries.10.35.tar.gz	Gerekli kütüphane dosyaları	0.3 MB
kf.10.35.tar.gz	Standart GLOBK scriptleri	2 MB
tables.10.35.tar.gz	Gerekli tablolar	4.0 MB
example.10.35.tar.gz	Örnek çözümlü kampanya	20.5 MB
etopo5.grd.10.0.tar	5' x 5' aralıklı topoğrafya bilgisi	36.5 MB
help.10.35.tar.gz	Yardım dosyaları	0.3 MB
maps.10.1.tar.Z	Çizimde kullanılabilecek haritalar	2.7 MB
otl_FES2004.grid	Okyanus yüklemesi etkisini içeren grid dosya	45.6 MB
İncremental_updates.090610..	Yazılımın mevcut olan son güncellemesi	2.7 MB
	TOPLAM	**117 MB**

GAMIT yazılımı ile GPS ölçüleri günlük olarak değerlendirilmekte ve her bir güne ait parametre tahminleri ve kovaryanslarını içeren gevşek zorlamalı çözüm sonuçları (loosely constrained), GLOBK modülü ile birleştirilerek nokta koordinatları, hızlar, yörünge ve yer dönme parametreleri belirlenmektedir.

GAMIT yazılımı, çok sayıda modülden oluşmaktadır. Bu modüllerin oluşturduğu ana değerlendirme aşamaları şunlardır:

- Uydular için referans yörüngelerin oluşturulması,
- Değerlendirme için verilerin hazırlanması,
- Gözlemlerin kapanmalarının ve kısmi türevlerinin hesaplanması,
- GPS verilerinin içindeki kaba hataların ve sinyal kesikliklerinin tespit edilmesi,
- Parametre tahmini için en küçük kareler dengelemesinin yapılması.

GAMIT yazılımı günlük çözüm aşamasında çeşitli kontrol tabloları kullanmaktadır. Programda kullanılacak parametreler, kullanıcı tarafından ilgili tablolarda kontrol edilebilmektedir. Bu tablolar yazılımın değerlendirmeyi hangi parametrelere göre yapacağına karar vermesini sağlayan kontrol kısımlarından oluşmaktadır. Bu tabloların en önemlilerinden biri olan ***"sestbl ."*** tablosu GAMIT veri değerlendirme stratejilerini ihtiva etmektedir. Diğer bir kontrol tablosu olan "***sittbl."*** ise istasyonlara özgü bazı kontrolleri içermektedir. Sonuç olarak program ile gelen standart tablolar dikkatlice incelenerek çözümlerde kullanılacak modellere ve parametrelere karar verilmektedir. Değerlendirme esnasında düzenlenmesi gerekli bir diğer dosya ise ölçüm yapılan tüm noktalara (değerlendirmeye alınan IGS noktaları dahil) ilişkin alıcı, anten bilgileri ile anten yüksekliklerinin bulunacağı "station.info" dosyasıdır.

Yazılımdan ayrı olarak analiz sonuçlarının grafik olarak görüntülenmesini sağlayan, Paul Wessel, Walter H. F. Smith tarafından geliştirilen GMT (Generic Mapping Tools) paketinin de bilgisayara kurulması gerekmektedir (Wessel ve Smith, 1998).

Değerlendirmede dikkate alınan stratejiler ve diğer hususlar aşağıda sıralanmaktadır;

a. Hassas yörünge bilgisi, Uluslararası GPS Servisi (IGS) Duyarlı Yörünge Bilgisi (SP3; Standard Product 3) olarak ftp://garner.ucsd.edu/pub/products (SIO (Scrips Institute of Oceanography)'ya bağlı SOPAC (Scrips Orbit and Permanent Array Center)) adresinden alınmıştır. IGS tarafından Sağlanan GPS Uydu Yörünge Doğrulukları Tablo-3'de verilmektedir.

Tablo-3: IGS Tarafından Sağlanan GPS Uydu Yörünge Doğrulukları

GPS Uydu Yörüngesi		Doğruluk	Hazır Olma Zamanı	Güncelleme Aralığı	Veri Aralığı	Bulunduğu Arşiv
Yayın (Broadcast)	Yörünge	~ 200 cm	Anlık	---	Günlük	CDDIS
	Uydu Saatleri	~ 7 ns				SOPAC
						IGN
Çok Hızlı (Kestirilmiş)	Yörünge	~ 10 cm	Anlık	Günlük	15 dakika	CDDIS
	Uydu Saatleri	~ 5 ns				SOPAC
						IGN
						IGS CB
Çok Hızlı (Gözlenen)	Yörünge	< 5 cm	3 saat	Günlük	15 dakika	CDDIS
	Uydu Saatleri	~0.2 ns				SOPAC
						IGN
						IGS CB
Hızlı	Yörünge	< 5 cm	17 saat	Günlük	15 dakika	CDDIS
	Uydu ve İst. Saatleri	0.1 ns			5 dakika	SOPAC
						IGN
						IGS CB
Duyarlı	Yörünge	< 5 cm	~13 gün	Haftalık	15 dakika	CDDIS
	Uydu ve İst. Saatleri	< 0.1 ns			5 dakika	SOPAC
						IGN
						IGS CB

CDDIS : Crustal Dynamics Data Information System, USA
IGN : Institut Géographique National, France
IGS CB : IGS Central Bureau, USA

b. Yer dönme parametreleri (ERP; Earth Rotation Parameters), USNO_bull_a (United States Naval Observatory_bulletin_a) değerlerinden alınarak kullanılmaktadır.

c. Değerlendirmeye IGS global izleme ağından 16 istasyon dahil edilmektedir. (Şekil-8). Tüm istasyonlara ait veriler yine SOPAC arşivinden; (ftp://garner.ucsd.edu/pub/rinex/yyyy/ggg/) RINEX yapısında sağlanmış olup anten yükseklikleri kontrol edilerek kullanılmaktadır. Söz konusu IGS ağına ait tüm istasyonların alıcı ve anten bilgileri ile anten yükseklik değerleri GAMIT yazılımında "tables" dizinindeki "station.info" dosyasında mevcut olup, yazılımın bulunduğu ftp sitesinden bu dosyanın sürekli olarak güncel tutulması önem arz etmektedir.

Şekil-8: Değerlendirmede kullanılan IGS noktaları (16 nokta).

d. Referans Sistemi tanımlamada ITRF96, 2005.0 koordinat çözümü kullanılmaktadır.

e. Radyasyon-basınç etkileri için SOPAC tarafından da standart olarak kullanılan 9 parametreli Berne modeli kullanılmaktadır. (Beutler et al.,1994).

f. GPS uydusu, tutulma mevsimi (eclipse season) da denilen yılda iki kez birkaç hafta süresince güneş ve dünyanın aynı eksene gelmesi nedeniyle uyduya ait güneş panelleri yarım saat süresince kendilerini güneşe çevirmek suretiyle geçici olarak hareket etmek zorunda kalmaktadır. Bu değerlendirmede, tutulma süresince ve tutulma sonrasındaki yarım saat için elde edilen veriler değerlendirme dışı bırakılmamıştır. GAMIT yazılımında bu hareket için Yoaz Bar tarafından geliştirilen model kullanılmaktadır (Bar Y,1998).

g. Nokta yatay ve düşey koordinatları üzerinde var olan günlük ve yarım günlük gelgit etkileri için IERS/IGS standart modelleri kullanılır (IERS,2003). Özellikle yıllık ve 460 günlük gibi uzun periyotlu etkileri içeren kutup gelgit etkileri (pole tide effect) için de yine IERS standartları kullanılır. Gelgit modellerinin en karmaşık kısmı olan okyanus yüklemesi etkisi (ocean tide loading effect) için IGS tarafından standart olarak kabul edilen sonlu elemanlar çözümleri (Finite Element Solutions (FES2004) modeli kullanılmıştır. Bu model IGS tarafından daha önce standart olarak kullanılan ve İsveç Chalmers Üniversitesinden Hans-Georg Scherneck tarafından geliştirilen 11 bileşenli Scherneck modelinin (CSR4) daha gelişmişidir. CSR4 modelinden olan iki önemli farkı, gridleme aralığının daha düşük olması nedeniyle kıyıya yakın bölgelerde daha yüksek çözünürlükle birlikte hata miktarını azaltması ve özellikle kutba yakın yerlerde daha doğru gelgit düzeltme değerleri vermesidir.

h. Atmosferik yükleme etkisi veri değerlendirme esnasında verilere düzeltme olarak uygulanmamaktadır. (Tregoning and van Dam, 2005).

i. Zenit gecikme bilinmeyenleri Saastamoinen öncül standart troposfer modeline dayalı olarak 2 saatlik aralıklarla hesaplanmaktadır. GAMIT yazılımında, hem kuru hem de ıslak bileşen için J.Saastamoinen tarafından geliştirilen troposferik etki hesabı modeli kullanılmaktadır (Saastamoinen, 1972).

Zenit modeli olarak; her iki saatte bir hesaplanan değerler arasındaki her bir zaman aralığı için farklı bir doğrusal fonksiyon tanımlayan "parça parça doğrusal fonksiyon (piecewise linear function) modeli" kullanılmıştır. Bu fonksiyon matematikte, iki veya daha fazla kesikli yada sürekli olan doğrusal fonksiyonların birleşiminden oluşan bir fonksiyon olarak da tanımlanmaktadır.

j. Atmosferin kuru ve ıslak kısımları için "Global Mapping Function (GMF)" indirgeme fonksiyonu uygulanmaktadır.

k. Değerlendirmede, L1 ve L2 taşıyıcı dalga fazlarının iyonosferden bağımsız LC (L3) doğrusal kombinasyonu kullanılmaktadır. Bu şekilde, L1 ve L2 gibi çift frekans kullanarak sinyalin iyonosfer tabakasındaki dağıtıcı etkisi (iyonosferik gecikme) özellikle orta enlemlerde milimetre veya daha az seviyelere indirgenmektedir.

LC kombinasyonu ile birlikte GAMIT yazılımında, 1000 km'ye kadar olan bazlarda başlangıç faz belirsizliğinin çözümünde, alıcıya gelen sinyalin iyonosferden kaynaklanan gürültüsünden, sinyal yansımasından, alçak uydu yüksekliğinden, sinyalin zayıf olması gibi nedenlerden kaynaklanabilecek faz kesikliklerinin onarılmasında; L1, L2, P1 ve P2 gözlemlerinin kombinasyonu olan "Wide Lane (WL)" kullanılmaktadır (Herring, 2003).

$$WL = \Phi L_2 - \Phi L_1 = (P_1 + P_2) * (f_1 - f_2) / (f_1 + f_2)$$

Burada; f_1 ; 1575.42 MHz (L1 taşıyıcı dalgasının frekansı), f_2 ; 1227.60 MHz (L2 taşıyıcı dalgasının frekansı), P1, P2 ; L1 ve L2 üzerine modüle edilmiş hassas kod gözlemleridir.

l. Anten faz merkezleri için uydu sinyalinin hem azimutuna hem de yükseklik açısına bağlı modeli (AZEL) kullanılmaktadır.

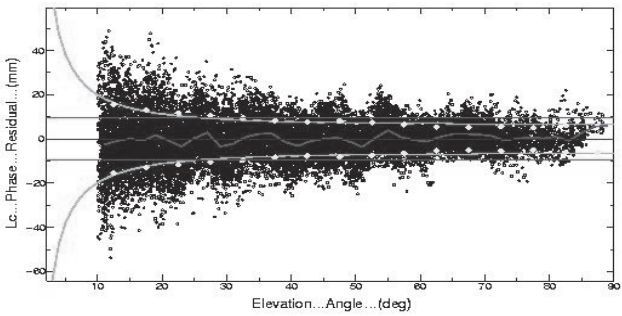
m. GAMIT yazılımında değerlendirme sonucunda günlük çözümlere ait bir adet dengeleme sonuç dosyası (h-file) oluşturulmaktadır. Bu sonuç dosyasında, noktalara, uydulara ve yer dönme parametrelerine ait yaklaşık değerler ve bu değerlere gelen düzeltmelerle, dengeleme öncesi ve sonrası kovaryans matrisleri bulunmaktadır. Sonuç dosyası gerçekleştirilen dengeleme stratejisine göre 4 tipte olabilmektedir. Bunlar;

(1) Sıkı kısıtlı, başlangıç faz belirsizliği serbest
(2) Sıkı kısıtlı, başlangıç faz belirsizliği sabit
(3) Gevşek kısıtlı, başlangıç faz belirsizliği serbest
(4) Gevşek kısıtlı, başlangıç faz belirsizliği sabit

GLOBK'ye girdi olarak, gevşek kısıtlı ve başlangıç faz belirsizliği sabit çözümler kullanılmıştır.

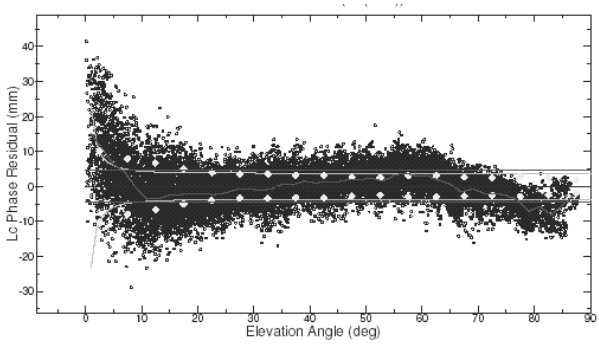
4.2 Değerlendirme

TUSAGA-Aktif istasyonlarında toplanan verilerinin değerlendirilmesi ve kararlaştırılan bir referans koordinat sisteminde koordinat ve hızlarının hesaplanmasında önce, alıcı ve anten sistemlerinin topladıkları uydu verilerinin kalite kontrolü yapılmaktadır. Bu amaçla öncelikle, istasyonlardaki antenlerin faz merkezlerinde bir sorun olmadığı, istasyonlara ait alıcı ve anten bilgilerinin (IGS kodlarının) değerlendirme yapılan GAMIT/GLOBK yazılımına doğru girildiği teyit edilmiştir. Şekil-9'de, örnek olarak Edirne Meteoroloji İstasyonuna ait faz merkezi değişimini gösterir grafik görülmektedir. Söz konusu grafikte, uydulara ait yükseklik açılarına denk gelen LC faz düzeltme değerleri normal bir dağılım göstermektedir. Tüm diğer istasyonlar da benzer dağılımı sergilemektedir.



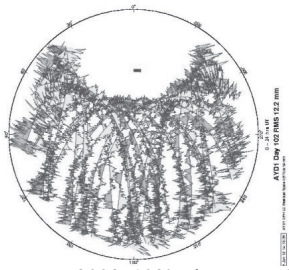
Şekil-9: Anten Faz Merkezi Değişimi (Edirne Meteoroloji İstasyonu)

Anten faz merkezi değişimlerinin bozuk olduğu, yanlış anten bilgisinin kaba bir hata olarak değerlendirme yazılımında kullanıldığı bir örnek ise Şekil-10'de verilmiştir.



Şekil-10: Bozuk bir Anten Faz Merkezi Değişimi örneği

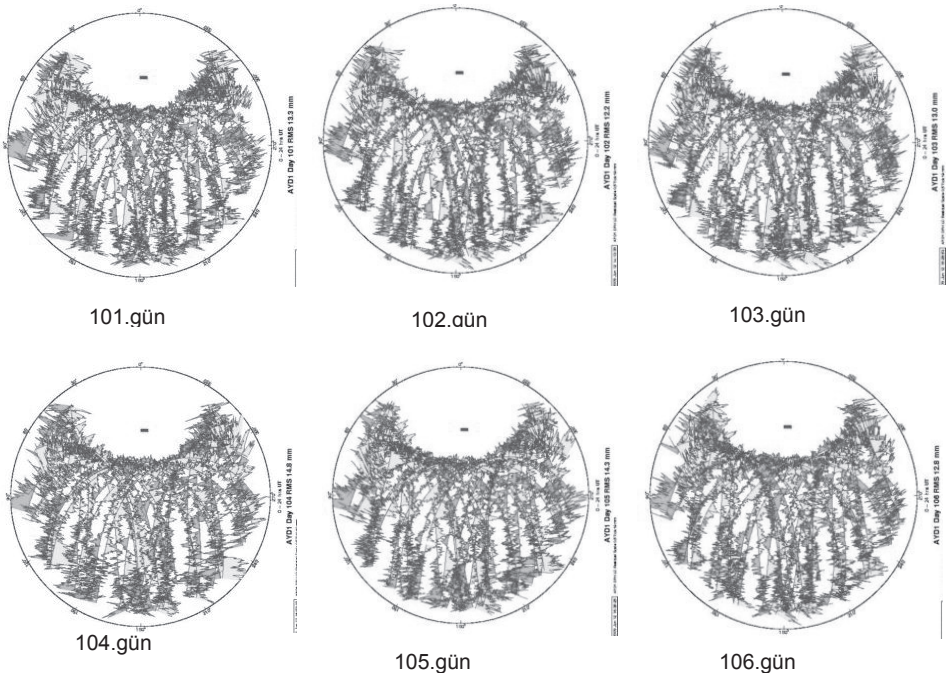
Bir diğer kalite kontrol istasyonlardaki antenlerin çevresinde olabilecek muhtemel Multipath ve engellerin var olup olmadığının araştırılmasıdır. Bu amaçla, faz düzeltme bilgilerinin yanı sıra tüm istasyonların 24 saatlik uydu görünürlük grafikleri (skyplots) de incelenmiştir. Örnek bir uydu görünürlük grafiği Şekil-11'de verilmiştir.



Şekil 11: Aydın istasyonunun 2009, 102'nci gününe ait 24 saatlik uydu görünürlük grafiği.

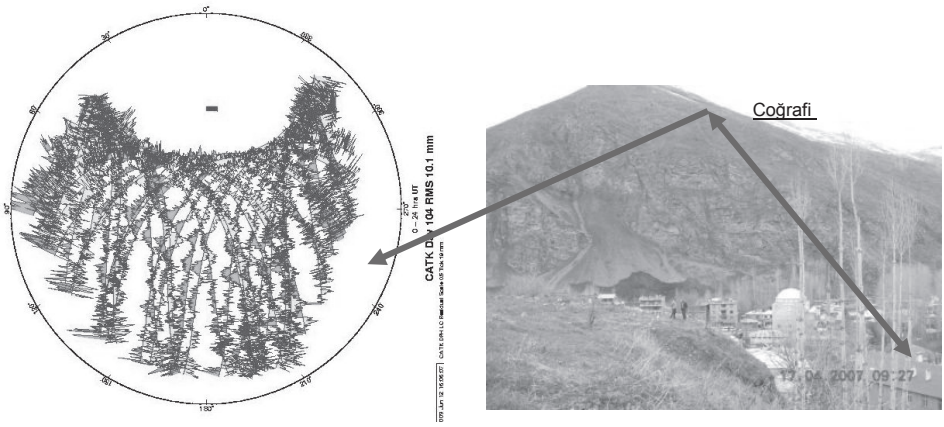
Sarı: Pozitif düzeltmeler, Yeşil: Negatif düzeltmeler: Kırmızı Çizgi:Ölçek (10 mm.)

Şekil-12'da görüleceği üzere, Aydın Meteoroloji Müdürlüğündeki TUSAGA-Aktif istasyonu uydu görünürlük grafiği bir miktar gürültü içermektedir. Nokta koordinatının belirlenmesine etkisinin olmadığı tespit edilen söz konusu gürültünün tek bir güne özgü bir davranış mı, yoksa sürekli bir olgu mu olduğunu tespit etmek amacıyla örnek olarak 6 günlük uydu görünürlükleri incelenmiştir. İnceleme neticesinde istasyondaki mevcut gürültünün sürekli bir karakterde olduğu görülmüştür.



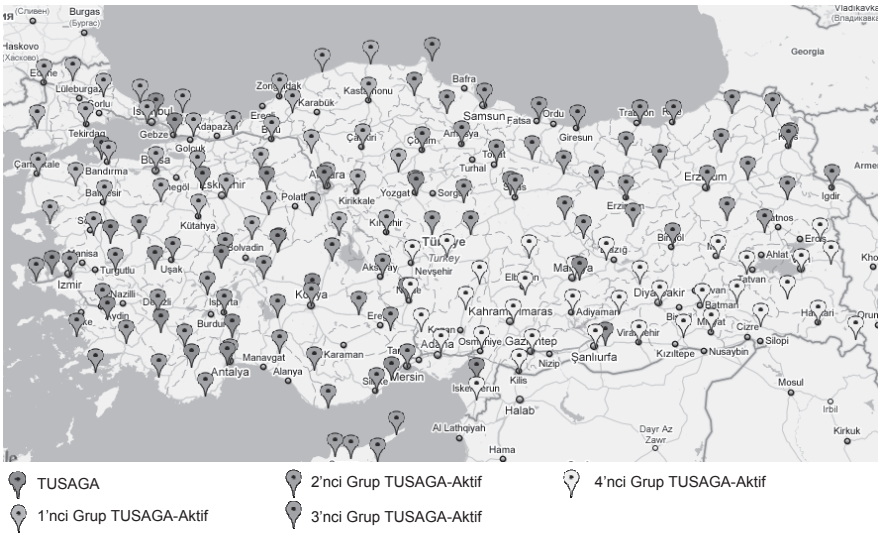
Şekil 12: Aydın istasyonunun 2009, 101-106'ncı günlere ait uydu görünürlük grafikleri

Uydu görünürlük grafiklerinden, benzer şekilde, istasyonlarda uydu sinyallerini kesen herhangi bir engelin olup olmadığı da araştırılmıştır. Tüm istasyonlar arasında yalnızca birkaç noktada topoğrafyaya bağlı olarak az miktarda engelin mevcut olduğu görülmüştür. Şekil-13'da Çatak Tapu Sicil Müdürlüğü istasyonunda tespit edilen engel durumu görülmektedir.



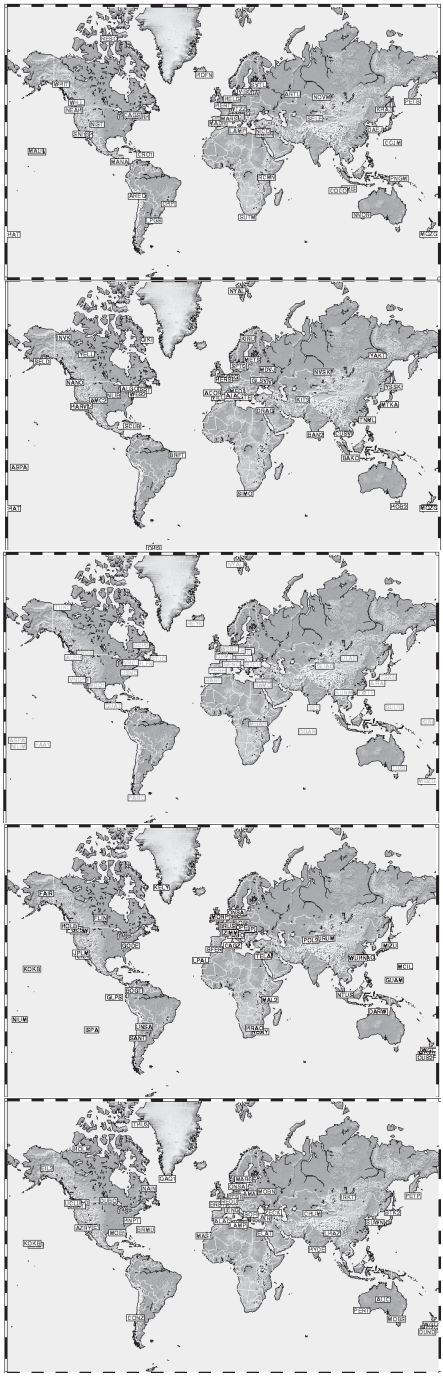
Şekil-13: Çatak Tapu Sicil Müdürlüğü istasyonunda tespit edilen engel durumu

Sabit istasyonların sayısı oldukça fazla olduğundan tümünü aynı anda değerlendirmek bilgisayar yükü açısından mümkün değildir. Bu nedenle istasyonlar, 40-50 istasyona sahip beş gurup halinde değerlendirmeye alınmaktadırlar. Gruplar arasındaki bağlantının sağlanabilmesi maksadıyla Türkiye ve çevresindeki 10 istasyon tüm gruplarda ortak olarak çözümlere girmektedir. Söz konusu gruplandırma stratejisi, tüm dünyadaki IGS istasyonları verilerinin değerlendirilmesi maksadıyla SOPAC tarafından da uygulanmaktadır. Değerlendirmeye gruplar halinde alınan sabit istasyonlar Şekil-14'de, SOPAC tarafından yapılan gruplandırma ise Şekil-15'de verilmektedir.



TUSAGA
1'nci Grup TUSAGA-Aktif
2'nci Grup TUSAGA-Aktif
3'nci Grup TUSAGA-Aktif
4'nci Grup TUSAGA-Aktif

Şekil-14: Değerlendirmeye gruplar halinde alınan sabit istasyonlar



Birinci Grup (higs1a)

İkinci Grup (higs2a)

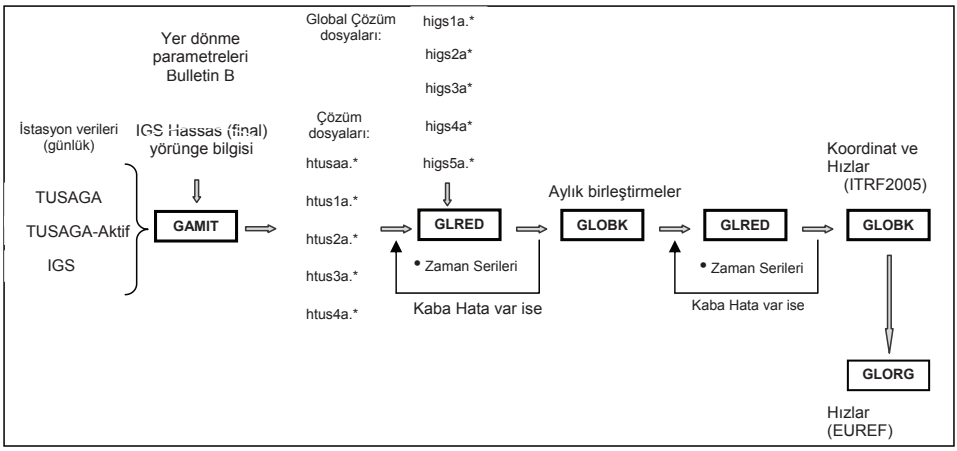
Üçüncü Grup (higs3a)

Dördüncü Grup (higs4a)

Beşinci Grup (higs5a)

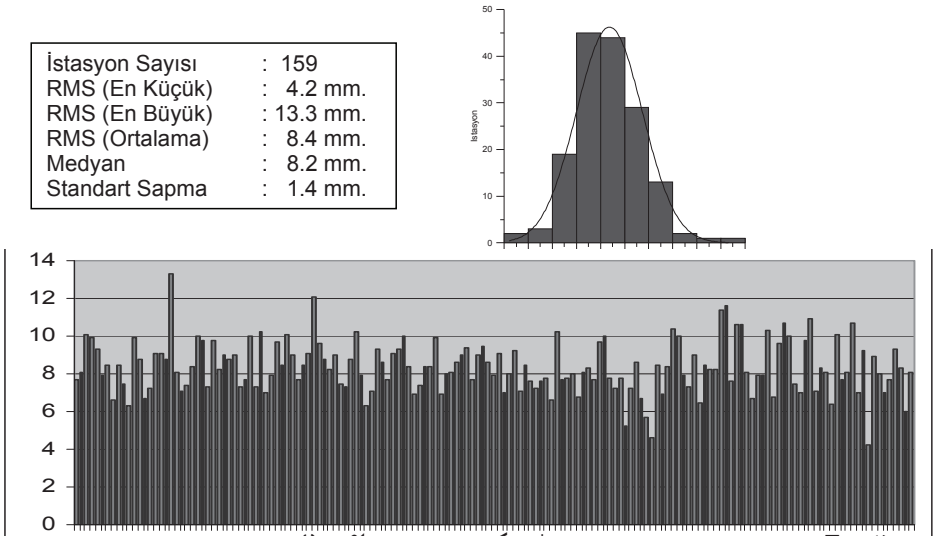
Şekil-15: SOPAC tarafından uygulanan Gruplandırma Stratejisi

Verilerin değerlendirilmesinde kullanılan GAMIT/GLOBK yazılımındaki genel iş akışı Şekil-16'da verilmiştir.



Şekil-16: GAMIT/GLOBK yazılımında veri değerlendirme iş akışı

Veri değerlendirmesi sonucunda ortaya çıkan, her bir istasyondaki alıcı ile uydular arasındaki mesafe gözlemlerine gelen düzeltme miktarlarına (one-way phase residuals) ait karesel ortalama hata değerleri, söz konusu gözlemlerin kalitesi hakkında bizlere önemli bilgi vermektedir. Yaklaşık 8-10 mm.lik bir RMS ortalama değeri normal olarak kabul edilmektedir. Yüksek RMS değerleri (>15 mm.) ise istasyon çevresinde yoğun Multipath varlığına veya alıcının uydu izlemesinden kaynaklanan bir problem olduğuna işarettir. Değerlendirmeye alınan tüm istasyonların karesel ortalama hata istatistikleri ve histogramı Şekil 17'de verilmiştir (örnek olarak seçilen bir güne ait). Söz konusu değerler incelendiğinde TUSAGA-Aktif istasyonlarında herhangi bir Multipath sorunu görülmemektedir.



Şekil-17: Karesel ortalama hata istatistikleri ve histogram

5. REFERANS SİSTEMİ TANIMLANMASI, NOKTA HIZLARININ BELİRLENMESİ

5.1 Stabilizasyon Kavramı

GAMIT yazılımı ile elde edilen gevşek kısıtlı çözüm dosyalarının istenen bir datumda tanımlanmasına; referans sistemi tanımlama ya da GAMIT/GLOBK yazılımında alışılageldiği biçimde "stabilizasyon" denmektedir. Stabilizasyon birkaç şekilde yapılabilmektedir;

5.2 Global Stabilizasyon

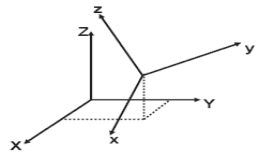
Referans sistemi tanımlamada en genel yaklaşımdır. Bu yöntemde, SOPAC analiz merkezlerince analizi tamamlanmış, dünyadaki tüm IGS istasyonlarını içeren global nokta koordinatları, yörünge parametreleri ve varyans-kovaryans matrislerini içeren günlük global dengeleme sonuç dosyası beş parça dosya halinde yine SOPAC Internet arşivinden (ftp://garner.ucsd.edu/pub/hfiles/yyyy/ggg/higs1a.yyggg.Z, higs2a.yyggg.Z ve higs3a.yyggg.Z, …) alınarak, analizi yapılan lokal/bölgesel (TUSAGA ve TUSAGA-Aktif gibi) sonuç dosyaları ile günlük bazda doğrudan birleştirilerek topluca değerlendirilir.

SOPAC Internet arşivinde, çok sayıda bölgesel ve global GPS ağlarına ait çözüm dosyaları mevcuttur. Bölgesel olanlardan bazıları şunlardır; ABD'nin batısında yer alan NET1, NET2,.., NET7, PAN1, BAN1,2, Bay Bölgesi Deformasyon Ağı (BARD), Alaska Deformasyon Ağı (AKDA), yine ABD' de bulunan Sürekli İşletilen Referans İstasyonları Ağı (CORS), Avrupa'yı içine alan EURA ağı, doğu Akdeniz ve Karadeniz'i içine alan ve aynı zamanda Türkiye'den TUBI, TRAB ve ISTA noktalarının da içinde yer aldığı EMED ağlarıdır. Global nitelikte olan ağlar ise IGS1, IGS2,..., IGS5'dir. Türkiye'deki ANKR noktası IGS1'in, MERS, ISTA noktaları ise IGS4'in içinde yer almaktadır.

Yer dönme parametre bilgileri global sonuç dosyaları içinde mevcut olduğundan, stabilizasyonda bu parametreler için apriori olarak verilen tablo değerleri kullanılarak gevşek koşul uygulanır. Kutup hareketi ve UT1 parametreleri için konumda 100 mas (derece saniyesinin bindesi), hızları için de 10 mas/gün koşul verilmesi yeterli olmaktadır. Aynı şekilde, uydu yörünge bilgileri yine global sonuç dosyaların içinde mevcut olduğundan gevşek öncül koşullar uygulanmaktadır. Uydu konumları için 100'er metre, hızları için de 10 mm/saniye koşul yeterli olmaktadır. GPS' den elde edilen düşey koordinatlar, yatay koordinatlara göre çok düşük duyarlıkta olduğundan, stabilizasyonda ağırlıkları 1/100 oranında düşürülerek kullanılmaktadır.

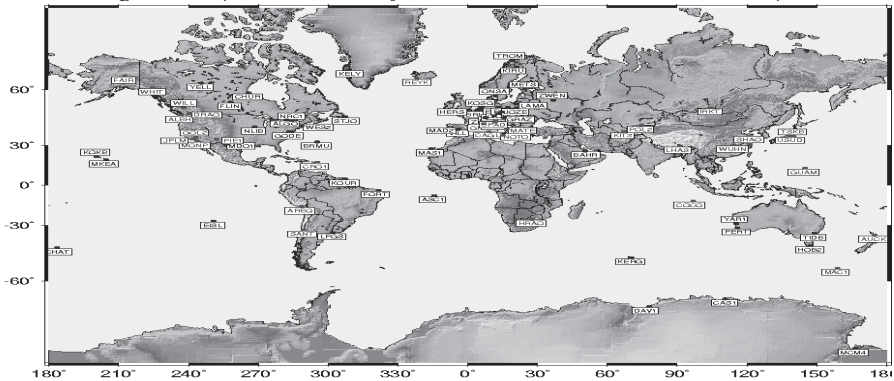
Stabilizasyonu gerçekleştirebilmek için uzun yıllar aktif olarak işletilen ve "core" olarak adlandırılan sürekli GPS istasyonları verilerinden faydalanılır. GLOBK yazılımında standart olarak kullanılan ve kullanılması önerilen istasyon listesi Şekil-17'de gösterilmektedir. Stabilizasyon, analizi gerçekleştirilen lokal/bölgesel istasyonlar ile global istasyon listesinde mevcut olan ortak noktaların yardımıyla iki koordinat sistemi arasında koordinat dönüşümü uygulanarak gerçekleştirilir. Dönüşüm için öncelikle 3 dönüklük, 3 öteleme ve 1 ölçek olmak üzere 7 dönüşüm parametresi hesaplanır (Şekil-18). Koordinat dönüşümü için en az 3 noktaya ihtiyaç varken ortak nokta sayısının daha fazla olması stabilizasyonun kalitesini ve güvenirliğini arttırmaktadır. Global stabilizasyonun güvenilir olarak kabul edilebilmesi için 2-3 mm karesel ortalama hata değerine sahip olması gerekmektedir. Koordinat dönüşümü sırasında uyuşumsuz olarak elde edilen sürekli GPS noktaları, yazılım tarafından söz

7 Parametreli Benzerlik Dönüşümü:
3 Öteleme ($\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$)
3 Dönüklük ($\varepsilon, \psi, \omega$)
1 Ölçek (ΔL)



$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix} + (1+\Delta L) \begin{bmatrix} 1 & \omega & -\psi \\ -\omega & 1 & \varepsilon \\ \psi & -\varepsilon & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}$$

konusu gün için stabilizasyondan otomatik olarak çıkarılmaktadır.



Şekil-18: Global stabilizasyonda kullanılan istasyonlar ve bu istasyonlar kullanılarak yapılan koordinat dönüşümü parametreleri

5.3. Bölgesel Stabilizasyon

Lokal/bölgesel günlük çözümleri global stabilizasyondaki gibi global sonuç dosyaları ile birleştirmek yerine belli bir bölgedeki sınırlı sayıda global noktadan yararla dönüşüm parametreleri hesaplayarak referans sistemi tanımlamak mümkündür. Bu yöntemde, uydu yörünge doğruluğu 5 cm mertebesinde olduğundan uydu konumlarına 5 cm, yörüngedeki hızlarına ise 5 mm/saniye öncül koşul verilmesi yeterli olmaktadır. Yer dönme parametreleri global stabilizasyondaki gibi global sonuç dosyalarından alınmadığı için sıkı koşul getirilmelidir. Kutup hareketi ve UT1 parametrelerine konumda 0.25 mas, hızlarına da 0.001 mas/gün koşul verilmesi yeterli olmaktadır.

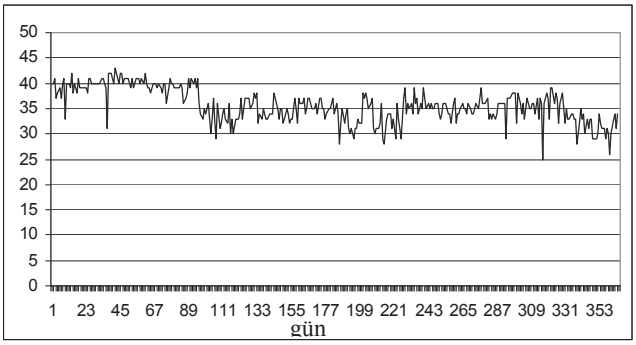
Burada dikkat edilmesi gereken en önemli nokta çalışma alanının coğrafi olarak büyüklüğüdür. Türkiye'de gerçekleştirilen GPS kampanyaları bölgesel GPS kampanya ölçüleri olarak değerlendirilebilir.

5.4 Yörünge, Yer Dönme Parametreleri ve Bir veya Daha Fazla İstasyonun ITRF Değerini Kullanarak Gerçekleştirilen Stabilizasyon

Değerlendirilecek alan küçük ise uygulanan bu yöntem, yörünge, yer dönme parametreleri ve güncel ITRF çözümünde yer almış bir veya daha fazla istasyonun konum değerlerine öncül sıkı (zorlamalı) koşul vermek olarak özetlenebilir. Bu yöntemde, referans sistemi, IGS yörünge ve IERS yer dönme parametreleri tarafından sağlanmış olmaktadır. Diğer yöntemlerde olduğu gibi öncelikle tüm istasyon konumları için 10-20 cm mertebesinde öncül koşul bu yöntemde de verilmektedir. Ancak seçilen bir veya daha fazla istasyon için örneğin 1 mm sıkı koşul tanımlanır. Aynı şekilde, uydu yörüngesi, kutup hareketi ve UT1 bileşenlerine de sıkı koşullar verilmektedir.

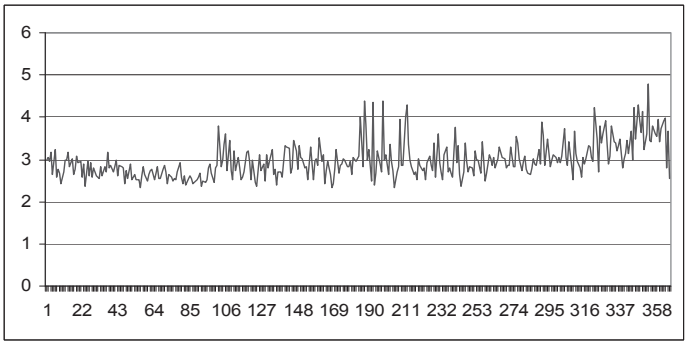
Yöntem, istenilen istasyonun stabilizasyondaki ağırlığının istenilen miktarda değiştirilebilmesi avantajının yanında herhangi bir istasyonda mevcut olan bir hatanın diğer tüm istasyonları doğrudan etkilemesi ve böylece stabilizasyonu kötüleştirmesi dezavantajına sahiptir. Bu nedenle, çok sayıda istasyona sıkı koşul vererek stabilizasyon yapmak yerine bölgesel veya global stabilizasyon yöntemleri ağın iç duyarlığının korunması yönünden tercih edilmektedir.

TUSAGA-Aktif verilerinin referans sistemi belirlenmesinde global stabilizasyon yöntemi kullanılmaktadır. Müteakiben koordinat zaman serileri oluşturularak nokta tekrarlılıkları incelenmektedir. Şekil-19'da, Referans sistemi tanımlamada kullanılan istasyon (IGS) sayıları örnek bir yıla ait gün bazında verilmiştir. Şekil incelendiğinde oldukça fazla sayıda IGS istasyonunun stabilizasyonda kullanılabildiği görülmektedir.



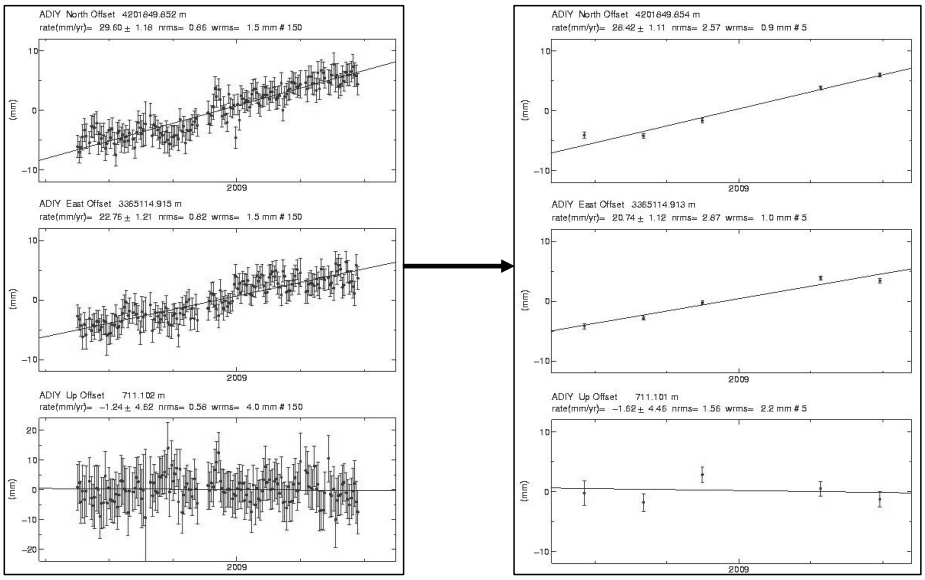
Şekil-19: Referans sistemi tanımlamada kullanılan istasyon (IGS) sayıları

Gerçekleştirilen stabilizasyonun güvenilir olarak kabul edilebilmesi için 2-3 mm karesel ortalama hata değerine sahip olması, özellikle 5 mm.'den fazla bir rms değerinin olmaması beklenir. Şekil-18'de verilen günlere ait stabilizasyonların sonucunda hesaplanan karesel ortalama hata değerleri Şekil-20'de sunulmuştur. Söz konusu rms değerlerinin istatistik olarak ortalama 3.3 mm - +0.4 mm.lik değere sahip olduğu tespit edilmiştir.



Şekil-20: Referans sistemi tanımlama neticesinde elde edilen karesel ortalama hata değerleri (mm.)

Günlük değerlendirme neticesinde üretilen koordinat zaman serileri her bir istasyon için incelenmekte ve plaka hareketleri ve yerkabuğu deformasyonları da dahil olmak üzere istasyonlarda meydana gelen konum değişiklikleri günlük olarak izlenmektedir. Kaba hatalar ayıklandıktan sonra nokta hızlarının hesaplanması için gevşek kısıtlı olarak aylık bazda birleştirme yapılmaktadır. Şekil-21'de Adıyaman (ADIY) istasyonuna ait örnek koordinat zaman serisi günlük ve aylık olarak görülmektedir.

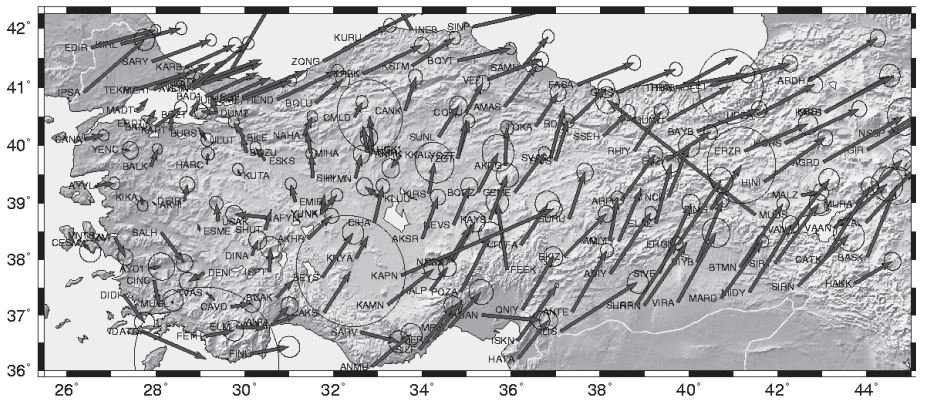


(a) günlük (b) aylık

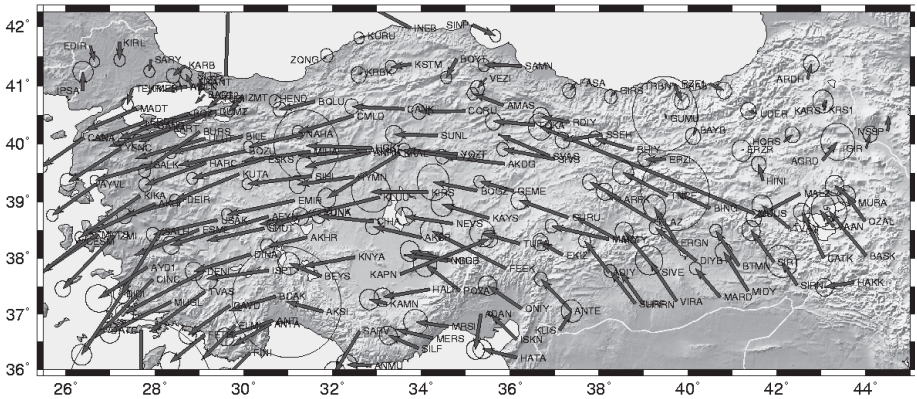
Şekil-21: Adıyaman (ADIY) istasyonuna ait örnek koordinat zaman serisi (a) günlük, (b) aylık)

6. NOKTA HIZLARININ BELİRLENMESİ

TUSAGA-Aktif istasyonlarına ait aylık birleştirilmiş ölçüler ile GLOBK modülü ile ITRF ve Avrasya sabit sistemlerinde nokta hızları hesaplanmaktır (Şekil 22 ve Şekil-23).

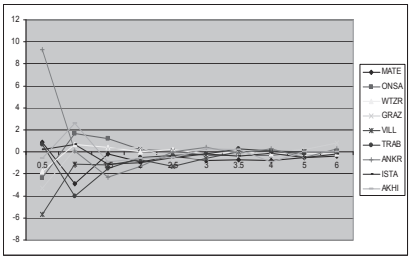


Şekil-22: Nokta Hızları (ITRF)

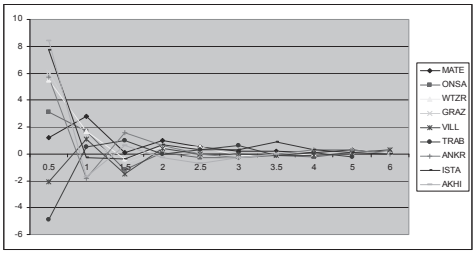


Şekil-23: Nokta Hızları (Avrasya Sabit)

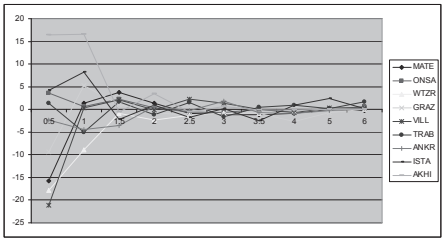
TUSAGA-Aktif istasyonları verileri henüz doğru bir hız tahmini için yeterli sayıda değildir. Şekil-24'de görüleceği üzere güvenilir bir hız tahmini için en az 2 yıllık bir verinin mevcut olması gereklidir. Bu nedenle, Şekil-5,6'da görülen hızların noktalara ait verinin artmasıyla daha doğru belirleneceği değerlendirilmektedir.



Doğu Bileşen:



Kuzey Bileşen:



Yükseklik Bileşeni:

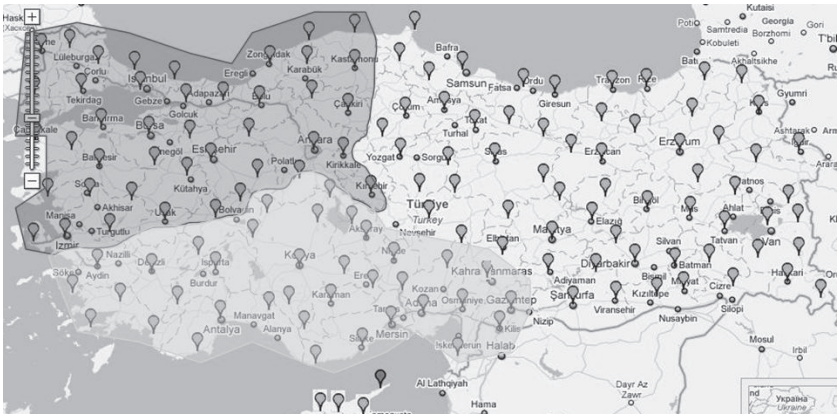
Şekil-24: Noktaların yıllara göre hız tahmini değişimleri

6. TUSAGA-AKTİF VERİLERİNİN TEST EDİLMESİ

TUSAGA-Aktif projesi kapsamında oluşturulan sistemin arazide kontrol ve testi maksadıyla TKGM ve HGK personeli tarafından iki grup halinde arazi ölçümleri planlanmıştır. Birinci grup

ölçümler 05-31 Mayıs 2009 tarihlerinde yapılmış olup, ikinci grup ölçümler halihazırda tamamlanmak üzeredir.

Söz konusu birinci grup ölçümlerinde 82 adet TUSAGA-Aktif istasyonu donanım kontrolü yapılmış, 155 adet Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı (TUTGA) noktası, koordinatları hassas olarak bilinen 53 adet C1 dereceli ve 17 adet C2 dereceli nokta ile kırsal arazide ve yerleşim yerlerinde seçilen 96 adet noktada da TUSAGA-Aktif sisteminden elde edilen düzeltme bilgilerinden faydalanarak, GNSS gözlemleri yapılmıştır (Şekil-25).



Şekil-25: Birinci grup test ölçümleri bölgesi (Kırmızı bölge: TKGM, Sarı Bölge: HGK personelince yapılmıştır.)

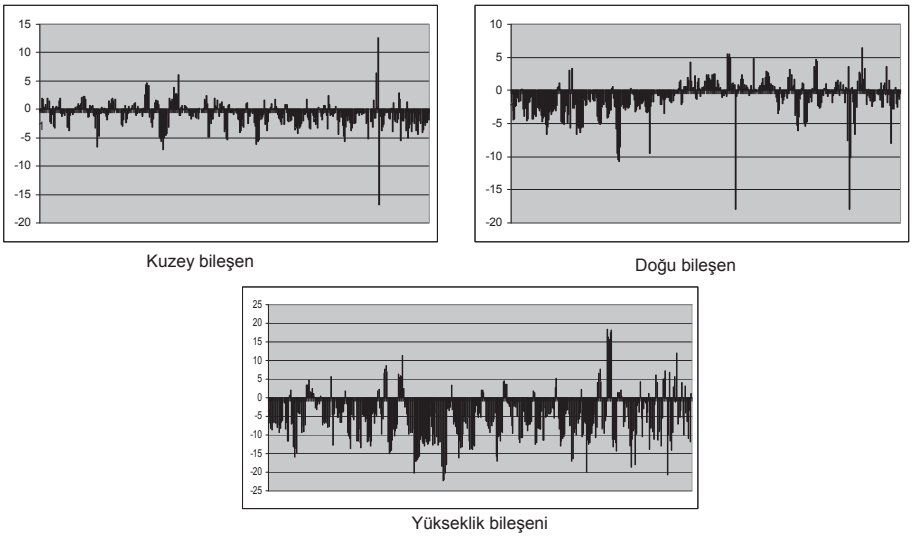
7. SONUÇ

Test ölçümlerinde TUSAGA-Aktif kontrol merkezinden Gerçek Zamanlı Kinematik (GZK) Düzeltme bilgilerinin alınabilmesi için herhangi bir GSM operatörünün ölçüm yapılan yerde aktif olmasının yeterli olduğu, dolayısıyla ölçümlerin tüm GSM operatörleri kullanılarak yapılabildiği doğrulanmıştır.

TUTGA noktalarında gerçekleştirilen GZK ölçümleri sonucu, ölçüm yapan alıcıların hassas konumlama elde etme süresinin (kontrol merkezine bağlanması: fixlenme) ilk başlangıçta ortalama 15 saniye olduğu, kontrol merkezi bağlantısının kesilmediği sürece aynı bölgede yapılan diğer ölçüler için ise herhangi bir gecikme olmadığı görülmüştür. Ancak bazı ölçümlerde GSM hatlarının neden olduğu değerlendirilen 30 saniye ile 1 dakika arasında ilk bağlantı gecikmeleri olduğu tespit edilmiştir.

Ölçümlerde, kontrol merkezine bağlanmayı müteakiben hassas koordinat belirlenmesi sırasındaki bekleme süresinin ölçüm hassasiyetine bir etkisinin olmadığı görülmüştür.

TUTGA noktalarında yapılan TUSAGA-Aktif ölçümleri neticesinde elde edilen koordinat farkları ile istatistikler Şekil-26 ve Tablo-4'de verilmiştir.



Şekil-26: TUTGA noktalarında yapılan TUSAGA-Aktif ölçümleri ile TUTGA koordinat farkları (birim: mm.)

Tablo 4: TUTGA – TUSAGA-Aktif koordinat farkları istatistiği:

	KUZEY (cm)	DOĞU (cm)	YÜK. (cm)
Ölçü Sayısı	408	408	408
En Büyük Fark	16.8	18.0	22.2
En Küçük Fark	0.1	0.1	0.1
Ortalama	1.6	2.2	7.6
Standart Sapma	2.1	2.9	8.8

8. KAYNAKLAR

Eren, K, Uzel T., Gülal, E., Yıldırım, Ö., Cingöz, A., Results from a Comprehensive GNSS Test in the CORS-TR Network, Case Study, Journal of Surveying and Engineering, February, 2009.

TUSAGA-Aktif Sistemi Bilgilendirme Dökümanı, 2008, Ankara

Bar-Sever, Y., (1996) A new model for GPS yaw attitude, *J. Geod.*, 70, 714–723.

Beutler, G., E. Brockmann, W. Gurtner, U. Hugentobler, L. Mervart, and M. Rothacher, (1994) Extended orbit modeling techniques at the CODE Processing Center of the International GPS Service for Geodynamics (IGS): theory and initial results, *Man, Geod., 19,* 367–386, 1994b.

IERS Conventions (2003). Dennis D. McCarthy and Gérard Petit. (IERS Technical Note ; 32) Frankfurt am Main: Verlag des Bundesamts für Kartographie und Geodäsie, 2004. 127 pp., paperback, ISBN 3-89888-884-3 (print version)

Saastamoinen, J.,(1972) Atmospheric correction for the troposphere and stratosphere in radio ranging of satellites, in *The Use of Artificial Satellites for Geodesy*, *Geophys. Monogr Ser.*, Vol. 15, edited by S.W. Henriksen et al., pp. 247-251, American Geophysical Union, Washington, D.C., 1972.

T. A. Herring, R. W. King, S. C. McClusky (2009) *GAMIT Reference Manual, Release 10.3*, Mass. Inst. of Technology, Cambridge, Boston.

Tregoning, P. and T. van Dam, (2005) Atmospheric pressure loading corrections applied to GPS data at the observation level Geophys. Res. Lett., 32, L22310, doi:10.1029/2005GL024104, 2005.

Wessel, P., and W. H. F. Smith, (1998) New, improved version of the Generic Mapping Tools Released, *EOS Trans. AGU, 79*, 579

KENTSEL DÖNÜŞÜM VE UYGULAMA SÜRECİ

N. E. ÜLGER

Okan Üniversitesi, Mühendislik – Mimarlık Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, İstanbul, neulger@okan.edu.tr

Özet

Ülkemizdeki arsa ve arazi düzenlemelerinde; hukuksal, teknik olarak yeni düzenlemelere ve imar uygulama araçlarına gereksinme vardır. Yoğun yapılaşma, arsa ve arazi düzenlemelerindeki uygulamaya ilişkin sorunlar, kentin yoğun yapılaşmış alanlarındaki donatı standartlarının yükseltilmesi, ülkemizin bir gerçeği olan deprem riskine karşı önlem amacıyla yapılacak yenileme ve tamamen yıkım alanlarındaki yapı üretimi gereksinmesi, kentlerin dönüştürülmesi sürecini gündeme getirmektedir.

Türkiye'de imar planlarının yapımı konusundaki yasa ve yönetmelikler mevcut planlama sorunlarının çözümlenmesinde genel anlamda sorun yaratmaz. Sorun mevcut imar uygulama araçlarının gereksinmelere yanıt verip vermemesindedir.

Bu nedenle imara aykırı kaçak yapılaşmış yoğunluğu belirli bir düzeye gelmiş yerlerde başka bir imar uygulama seçeneğinin belirlenmesi zorunludur. Yoğun yapılaşmış alanlarda, değer eşitliğine dayanan yeni bir imar uygulama yöntemi ihtiyaca yanıt verecektir. Bu yöntemin adı: " Değerleme Esaslı Yöntem / Eşdeğerlik Yöntemi" dir.

Anahtar Kelimeler: *Kentsel Dönüşüm, Değer Esaslı Yöntem, Değerleme*

URBAN REGENERATION AND ITS APPLICATION PROCESS

Abstract

In our country, there are requirements for new arrangements and development application tools in legal and technical aspects in land arrangement. Dense housing, problems regarding application in land arrangements, increasing standards of equipments in intense built-up areas of the city in case of development arrangements, the requirement of house production in renovation and entirely demolition areas against the earthquake risk that is the reality of our country bring the process of urban regeneration into the agenda.

The laws and regulations regarding the execution of development plans in Turkey do not cause critical situation in solving current planning issues in general aspect. The actual problem is whether it responds to the requirements of current development application tools or not.

Because of this, in areas where the intensity of illegal housing that is against development has come to a definite level, it is obligatory to determine another development application alternative. In intensely built-up areas, a new development application method that is based on value equation will respond to the requirements. The name of this method is: "Valuation-based Method/ Equivalence Method."

Keywords: *Urban Regeneration, Value Based Method, Valuation*

1. KENTSEL DÖNÜŞÜM

Ülkemizdeki arsa ve arazi düzenlemelerinde; hukuksal, teknik olarak yeni düzenlemelere ve imar uygulama araçlarına gereksinme vardır. Yoğun yapılaşma, arsa ve arazi düzenlemelerindeki uygulamaya ilişkin sorunlar, kentin yoğun yapılaşmış alanlarındaki donatı standartlarının yükseltilmesi, ülkemizin bir gerçeği olan deprem riskine karşı önlem amacıyla yapılacak yenileme ve tamamen yıkım alanlarındaki yapı üretimi gereksinmesi, kentlerin dönüştürülmesi sürecini gündeme getirmektedir.

Bu bağlamda, Kentsel Dönüşüm; çarpık yapılaşmış, köhneleşmiş, afetlere ve kentsel risklere duyarlı, altyapısı yetersiz ve niteliksiz, yoğun yapılaşmış, yasal ya da imara aykırı yerlerdeki mülkiyetin; yeni imar planı verilerine uygun düzenlenmesi olarak tanımlanabilir. Bu tanıma bakıldığında da kentsel dönüşümün, bir planlama, imar uygulama ve yapım/inşa süreci olduğunu söyleyebiliriz.

Sorun; bunun nasıl yapılacağına ilişkin uygulama araçlarının yasal anlamda belirlenmesi, parasal kaynakların sağlanması, yapılabilir, edilebilir imar planının hazırlanması, hazırlanan imar planının uygulanabilirliği; oluşacak yeni mülkiyetlerin dağıtımı ve bunların tapuya tescil işleminin gerçekleştirilmesidir. Bu bir süreci anlatır. Bu sürecin adı "Kentsel Dönüşüm" dür (Ülger, 2008).

1.1.Kentsel Dönüşüm İçin Yasal Düzenleme Gereksinmesi

Sağlıklı bir imar düzeninin kurulabilmesi için, kentlerin yerel koşullarının ayrıntılı etüdüne dayanan bir plana göre gelişmesi gerekmektedir. Ancak, gerek 1950'li yıllardan bu yana yaşanan hızlı kentleşme eğilimi, gerekse bölgeler arasındaki gelişmişlik farkları nedeniyle nüfus ve yatırımlar dengesiz olarak belirli bölgelere yığılmış, köylerden kentlere hızlı göç sonrasında düzensiz, sağlıksız ve güvenli olmayan yerleşim alanları ortaya çıkmıştır. Ayrıca, bu bölgelerdeki koruma alanları da yer yer tahrip edilmiş, tarım alanları, orman alanları, su havzaları ve yapılaşmaya uygun olmayan zeminler üzerinde kaçak veya mevzuata aykırı yapılaşmalar oluşmuştur. Bu durumun beraberinde getirdiği toplumsal, ekonomik, kültürel, psikolojik ve fiziki mekân sorunları da her geçen gün katlanarak büyümüştür.

Bu kapsamda fiziki mekânın güvenli, nitelikli ve yaşanabilir kılınması için afet riski taşıyan alanların, fiziki, sosyal ve ekonomik köhneme alanlarının, korunması gerekli doğal, tarihi ve kültürel çevre alanlarının toplum yararı esas alınarak dönüşüm plan ve projeleri kapsamında tasfiye, yenileme ve iyileştirmeye tabi tutulması gerekmektedir.

Anayasamızın, 56'ncı maddesinde; herkesin sağlıklı ve dengeli bir çevrede yaşama hakkına sahip olduğu ve çevreyi geliştirmenin Devletin ve vatandaşların ödevi olduğu belirtilmiş, 57'nci maddesinde de; Devletin, şehirlerin özelliklerini ve çevre şartlarını gözeten bir planlama çerçevesinde konut ihtiyacını karşılayacak tedbirleri almakla yükümlü olduğu düzenlenmiştir.

Geçmişte çıkarılan yasaların, gecekondu sorununun çözümünde çözüm olarak, gecekonduları yıkmak ve yenisini yaptırmamak ve yoksul ve dar gelirlilerin arsa edinmelerine olanak sağlamak üzere iki yolu benimsedikleri görülmektedir. Bu yaklaşımlar sorunu çözmediği gibi yapılan araştırmalar gecekondunun, kamu tarafından sunulan sosyal konutlardan çok daha pahalıya mal olduğunu ortaya koymuş, kamu topraklarının bireylerin özel mülküne dönüşmesinin ötesine geçememiş parçacıl ve anlık barınma ihtiyacının karşılanması dışında fayda sağlayamamıştır. Kentsel topraklarda kamu eli ile yaratılan getirim, kente döndürülerek toplum yararına kullanılamamış, bireysel yaralar ön plana çıkmış gecekondu barınma ihtiyacının karşılanmasından çok bir sosyal güvenlik aracı haline gelmiştir. Yasa dışı ve imara aykırılığın siyasi baskıya dönüşerek af edilmesi, iktidarları belirleyen en önemli araç olmuştur.

Son dönemde çıkarılan 5366 sayılı Kanunun yalnızca, sit alanı olarak tescil ve ilan edilmiş alanlarda kalan yıpranan tarihi ve kültürel taşınmaz varlıkların yenilenerek korunmasını esas alması, 5393 sayılı Belediye Kanununun 73'üncü maddesi ile de belediyelere kentsel dönüşüm ve gelişim alanı ilan etme

ve bu alan içerisinde dönüşüm projeleri uygulama yetkileri verilmiş olmakla birlikte, madde hükmünün yalnızca belediye alanları ile sınırlı olması, uygulamanın bir an önce gerçekleştirilmesini sağlamaya yönelik olarak bir uygulama maddesinin ve uygulama yönteminin bulunmaması genel bir düzenleme yapılmasını zorunlu kılmaktadır. Oysa kentsel dönüşüm bütüncül bir imar uygulama süreci olmalıdır.

Bu sürecin yerine getirilebilmesi için;

- Bir yasaya,
- Bu yasa içerisinde belirlenmiş ve tanımlanmış bir uygulama yöntemine,
- Kentsel tasarıma ve imar planına,
- Bu yönteme göre kentsel dönüşüm uygulamalarının nasıl yapılacağını anlatan uygulama yönetmeliğine, gereksinme vardır.

Türkiye'de imar planlarının yapımı konusundaki yasa ve yönetmelikler mevcut planlama sorunlarının çözümlenmesinde genel anlamda sorun yaratmaz. Sorun mevcut imar uygulama araçlarının gereksinmelere yanıt verip vermemesindedir.

Bu nedenle imara aykırı kaçak yapılaşmış yoğunluğu belirli bir düzeye gelmiş yerlerde başka bir imar uygulama seçeneğinin belirlenmesi zorunludur. Yoğun yapılaşmış alanlarda, değer eşitliğine dayanan yeni bir imar uygulama yöntemi ihtiyaca yanıt verecektir. Bu yöntemin adı: " Değerleme Esaslı Yöntem / Eşdeğerlik Yöntemi" dir (Ülger, 2008).

Bazı gelişmiş ülkelerde arsa düzenlemesinde dağıtım sırasında "Eşdeğerlik/ Değer Eşitliği Yöntemi" yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yöntemde, bir malike, düzenlemeye karar verildiği sırada işleme sokulan parselininkiyle aynı ya da yakın değerde yeni bir taşınmaz verilir. Eşdeğerlik yönteminin; kabaca eşit değere dayanan, hisseli mülkiyet kullanımını çözebilen, uygulamadaki olumsuzlukları en aza indiren bir yöntem olduğu söylenebilir. Eşdeğerlik yönteminin uygulanabilmesi için taşınmazların düzenlemeden önceki ve sonraki dolaşım (rayiç/piyasa) değerlerinin bilinmesi esastır.(Yıldız, 1977; Baugesetzbuch, 2007)

Çeşitli nedenlerle eşdeğerlik sağlanamadığında dağıtım ve katılım parsellerinin dolaşım değerleri arasındaki farklar para ile denkleştirilir. Denkleştirme işleminde arsa düzenlemesine karar verildiği andaki değer oranları geçerlidir. Hak sahibi, eski parselinden daha değerli bir arsa alırsa, aradaki fark kadar borçlandırılır ve borç taksitler halinde ödenir. Aksi takdirde fark, arsa düzenlemesini yapan kurum (belediye) tarafından kendisine bir defada, para olarak ödenir. Bu dağıtım yöntemi sayesinde her parselden farklı oranda bir katılım payı kesilebilir; yani eşit oranda bir katılım söz konusu değildir.

Bu nedenle yeni bir yasal düzenlemeye ihtiyaç vardır. Bunun için "Dönüşüm Alanları Hakkında Kanunu Tasarısı" hazırlanmıştır. Bu tasarıda uygulamanın nasıl yapılacağına ilişkin hükümler ve yöntemler yer almış ve uygulamaya yönelik yönetmelik çıkarılacağı da belirtilmiştir.

1.3. Kentsel Dönüşüm İçin Olası Bir Kanun Önermesi[1]

Burada Dönüşüm Alanları Hakkında Kanunu Tasarısı'nın tümü üzerinde durulamayacaktır. Ancak hep sözü edilen uygulamaya ilişkin hükümleri üzerinde durulacaktır. Bu kanunda bir uygulama maddesi ve bu madde de uygulama yöntemi (Dönüşüm Alanları Hakkında Kanun Tasarısında da böyle bir madde mevcuttur) mutlaka yer almalıdır. Olası bir uygulama maddesi aşağıdaki biçimde özetlenebilir:

İdare, dönüşüm amaçlı imar planında değerleme esaslı eşdeğerlik yöntemine göre dönüşüm alanlarındaki mülkiyet düzenlemelerinde düzenleme alanı içindeki gayrimenkullerin düzenleme öncesi ve sonrası değerleri gayrimenkul değerleme kuruluşlarına yaptırarak resen belirler. Düzenlemeden

[1] 2006 Yılı Haziranında benzer bir kanun (Dönüşüm Alanları hakkında kanun) tasarısı TBMM'ne sunulmuş ancak hala kanunlaşamamıştır.

sonra mülkiyet dağıtımı, düzenleme öncesi ve sonrası değer temel alınarak idarenin yatırım ve katkı paylan düşüldükten sonra değerleme esaslı yöntem çerçevesinde yapılır. İdare bu dağıtıma göre, bağımsız bölüm, hisse ya da bedeli verilmek suretiyle alan ve hisse miktarlarını değiştirmeye, dönüşüm alanlarında inşa edilecek binaların hak sahiplerine paylı veya tam mülkiyet halinde bağımsız bölüm tescillerini yaptırmaya resen yetkilidir. Uygulaması kesinleşmiş ve tapu tescil aşamasında olan gayrimenkullerde daha önce tesis edilmiş olan kat irtifakı ve kat mülkiyeti idarenin talebi ile resen terkin edilir. Bu husus ilgili tapu sicil ve kadastro müdürlüklerine iletilir. Değerleme esaslı yöntemin belirlenmesine ve uygulanmasına dair usul ve esaslar idarece çıkarılacak yönetmelikle belirlenir.

İdare, dönüşüm amaçlı imar planı çerçevesinde değerleme yaptırmaya, uygulamaya, mülkiyet haklarının dağıtımına, bağımsız bölüm, hisse ya da bedeli verilmek suretiyle alan ve hisse miktarlarını değiştirmeye, uygulama alanlarında inşa edilecek binaların hak sahiplerine paylı veya tam mülkiyet halinde bağımsız bölüm tescillerini yaptırmaya resen yetkilidir.

Türkiye'de kentsel dönüşümü ilgilendiren yasalar değerlendirildiğinde, sözü edilen yasalarda bir uygulama maddesinin olmaması ayrıca o uygulama maddesinde belirtilmiş bir uygulama yönteminin olmaması ya da yetersiz olması; kentsel dönüşüm ve kentsel yenileme uygulamalarının yapılmasında en büyük engeldir. İşte yukarda önerilen uygulama maddesi ve uygulamanın 'Değer Esaslı' yönteme göre yapılacağının belirtilmesi son derece önemlidir. Uygulamanın önünü açacaktır. Çıkarılacak yönetmelik ise Değer esaslı/Eşdeğerlik yöntemine göre uygulamanın nasıl yapılacağına ilişkin yöntem ve süreçleri belirleyecektir. İşte mevcut yasalarda olmayan budur. Genel de çıkarılan yasalar yalnızca anlaşma ve kamulaştırmayı bir uygulama yöntemi olarak görmektedir. Bir uygulama yöntemi olarak yalnızca anlaşma için yasa çıkarmaya gerek olup olmadığı tartışılır. Anlaşmayı, bir sözleşmeyi kentsel dönüşüm uygulamalarında bir uygulama yöntemi kabul etmek çözümsüzlüktür. Yasa; geneli ilgilendiren, zorlayıcı, sonuç alıcı, nesnel çözümler için mutlaka gereklidir. Elbette yasal, hukuki olan yanında toplumsal mutabakat, yani meşruiyette gereklidir. Kamulaştırma ise; mülkiyet hakkının devamlılığını sağlamadığından, arsa ve arazi düzenlemelerinde, kamu yararı bakımından başvurulması zor ve hukuki sonuçları olumsuz olan bir toprak edinme yöntemidir. O nedenle arsa ve arazi düzenlemelerinde bir uygulama yöntemi olarak görülmesi olanaklı değildir. Kentsel Dönüşüm ve yenileme projelerinin uygulanmasında ise meşruiyeti olamaz. Daha önce de ifade edildiği gibi uygulanabilir bir dönüşüm yasası için olmazsa olmaz olan uygulama maddesi ve uygulama yönteminin varlığıdır.

1.4.Kentsel Dönüşüm Süreci

1.3. Bölümde söz edilen yasa önermesindeki değerleme esaslı yönteme göre kentsel dönüşüm sürecine ilişkin aşamalar;

- Dönüşüm Alanlarının Belirlenmesi ve İlân Edilmesi,
- Gayrimenkullerin Mevcut Durumlarının Tespiti,
- Katılım Değerinin Tespiti ve Hak Sahipliğinin Belirlenmesi,
- Kentsel Tasarım Projelerinin ve Dönüşüm Amaçlı İmar Planının Hazırlanması,
- Teknik Altyapı Projesinin Hazırlanması,
- Mimari Uygulama Projesinin Hazırlanması,
- Proje Dağıtım Değerinin, Yapılabilirlik Analizi için Ön Belirlemesi,
- Projenin yapılabilirlik (Fizibilite) Analizi,
- Dönüşüm Amaçlı İmar Planının Kesinleştirilmesi,
- Proje Dağıtım Değerinin Kesinleştirilmesi,
- Dağıtım,
- Dönüşüm Amaçlı İmar Planının Uygulanması,
- Onay Meclis/Encümen,
- Tapuya Tescil,
- Yıkım,
- Molozların Kaldırılması,

- Yapım ve İnşaat,

olarak özetlenebilir. (Ülger, 2006; Ülger, 2008)

1.4.1. Dönüşüm Alanının Belirlenmesi ve İlan Edilmesi

Dönüşüm alanlarının belirlenmesi ve ilan edilmesi aşağıdaki işlem adımlarını kapsar:

- Kentsel Dönüşüm Alanının Belirlenmesi ve İlan Edilmesi
- Kentsel Dönüşüm Alanının İlanı ve Askıya Çıkarılması
- İtiraz
- Kentsel Dönüşüm Alanı Sınırının Kesinleştirilmesi ve İdare Onayı

1.4.2. Gayrimenkullerin Mevcut Durumlarının Tespiti

Gayrimenkullerin mevcut durumlarının tespiti aşağıdaki işlem adımlarını kapsar:

- Mevcut Verilerin Elde Edilmesi ve Hâlihazır ile Kadastral Durumun Karşılaştırılması
- Arazi Çalışması ile "Bina, Bağımsız Bölüm-Birim Mevcut Durum Tespit Formu"nun Doldurulması
- Yapı Adalarına Göre Dosyalama

1.4.2.1. Mevcut Verilerin Elde Edilmesi, Hâlihazır İle Kadastral Verilerin Karşılaştırılması

- Dönüşüm alanına ait hâlihazır harita, kadastral harita, dönüşüm alan sınırı, tapu kayıtları, kat adetleri, imar planları, uydu görüntüleri, hava fotoğrafları, ruhsat ve iskân kayıtları, bina fotoğrafları, numarataj verileri, emlak vergisine esas teşkil eden kayıtlar, istatistik ve kullanıcılara ait anketler İdare tarafından temin edilir.
- Güncel durumu yansıtan hâlihazır haritalar mevcut değilse bu ihale kapsamında üretilir.
- Dönüşüm alanına ait haritalar farklı koordinat sistemlerinde ise tek bir koordinat sistemine dönüştürülür.
- Dönüşüm alanının yüzölçümü m² ve hektar olarak hesaplanır ve röperli krokisi hazırlanır.
- Dönüşüm alanındaki hâlihazır durum ile kadastral durum karşılaştırılır.
- Dönüşüm alanının mülkiyet analizi haritası ile kat adetleri haritası yapılır.

1.4.2.2. Arazi Çalışması İle "Bina Mevcut Durum Tespit Formu" nun Doldurulması

Dönüşüm alanındaki binaların kodlanması ve kimlik bilgilerinin tespiti ile rölöve ölçülerinin alınması kroki ve kesitlerinin çizimleri yapılıp, binalardaki bağımsız bölümlerin adetleri, bulundukları katlar vb. veriler tespit edilerek fotoğrafları çekilir.

1.4.3. Katılım Değeri ve Hak Sahipliğinin Tespiti

Katılım değerinin tespiti için işlem adımları aşağıdaki gibidir:

- Gayrimenkullerin Mevcut Durumlarının Tespiti Aşamasında Analiz Edilen Tüm Verilerin Değerleme İçin Kullanılması,
- Katılım Değerinin Tespiti İçin Değerleme Yapılması/ Yaptırılması,
- Bina, Bağımsız Bölüm-Birim Değerleme Formlarının Doldurulması,
- Ada Bazında Dosyalama Yapılması,
- Katılım Değer Listelerinin Oluşturulması
- Katılım Payı Oranlarının Belirlenmesi
- Katılım Payı Oranlarının İlanı ve Askıya Çıkarılması
- İtiraz
- Katılım Payı Oranlarının Kesinleştirilmesi ve İdare Onayı

Gayrimenkullerin mevcut durumların tespiti neticesinde analiz edilen tüm veriler "Katılım Değerinin Tespiti" için Değerleme Şirketi'ne verilir. Kentsel Dönüşüm Projelerinin önemli aşamalarından biri Katılım değerinin tespitidir. Bu tespitlerin Sermaye Piyasası Kurulu tarafından lisans verilerek listeye alınmış değerleme şirketleri tarafından yapılması öngörülmektedir. Katılım değerlerinin tespitinde konut, arsa, bahçe, fabrika, işyeri v.s. gibi bütün taşınmazların değerlemesinde Sermaye Piyasası Kurulu tarafından yayınlanan 01.05.2006 tarihinde itibaren yürürlüğe giren Seri: VIII No: 45 numaralı Uluslararası Değerleme Standartları hakkındaki tebliğ hükümlerine uyulması esastır. Çalışma bölgesine ait toplam katılım değerinin (TKD) bulunması için; öncelikle üzerinde yapı bulunan, bulunmayan bağımsız ve paylı mülkiyetteki taşınmaz malları oluşturan her bir taşınmazın (mülkiyetin) katılım değeri (KD) belirlenir. Tüm proje bölgesinin toplam katılım değeri yardımı ile her bir taşınmaz malın dağıtımda esas alınacak katılım payı oranı (KPO) bulunur. (Ülger, 2004)

KPO_i : Katılım Payı Oranı
KD_i : Katılım Değeri
Σ TKD : Tüm Proje Bölgesi Toplam Katılım Değeri
$KPO_i = KD_i / \Sigma TKD$ (Ülger, 2004) (1)

Katılım Payı Oranının Belirlenmesi, Katılım payı oranı (KPO); kentsel dönüşüm alanındaki bir hak sahibinin gayrimenkulünün katılım değerinin, tüm proje bölgesindeki hak sahiplerinin gayrimenkullerinin katılım değeri toplamına oranıdır. İdare'ce kesinleştirilen katılım payı ve oranları İdare'nin uygun göreceği yerlerde otuz gün süreyle askıya çıkarılır. Kesinleşen katılım değerleri ve katılım payı oranları ilerde mülkiyet yerine geçmesi ve hak sahipliğine konu olması için tapu kütüğünün beyanlar hanesine kaydedilir.

1.4.3.1. Katılım Değerinin ve Katılım Payı Oranının Bulunması[2]:

Bayrampaşa İlçesi içinde İsmetpaşa ve Yenidoğan Mahalleleri sınırları içinde kalan toplam 488 Parselden oluşan bir bölgede 2525 adet bağımsız birim (işyeri, konut, fabrika ve arsa) değerleme raporları sonucu her bir bağımsız birime ait katılım değeri ve katılım payı oranı belirlenmiştir (İBB, 2008). Katılım değeri ve katılım payı oranı,ülkemizin bir gerçeği olarak değerleme firmaları tarafından, yöneticilerin dikkatine sunmak amacıyla, yasal ve mevcut alana göre iki farklı şekilde hesaplanmıştır. Bir gösterim örneği tablo 1'de sunulmuştur.

Katılım değerini belirlemek için önce; konut ve işyerine ilişkin emsal gerçek satış verilerinden yararlanılarak, bu emsallerin m^2 birim ortalamaları/ham değer çarpanları bulunmuştur. Sonra, bu ham değer çarpanlarına düzeltmeler getirilerek net m^2 birim değerleri/net değer çarpanları hesaplanmıştır. Bu net değer çarpanları ile alanların çarpılması sonucu o taşınmaz mallara ilişkin katılım değerleri bulunmuştur.

[2] Konuya ilişkin tüm veriler; İBB Deprem Risk Yönetim ve Kentsel İyileştirme Daire Başkanlığı, Kentsel Dönüşüm Müdürlüğü tarafından 2008 yılında yaptırılmış olan Bayrampaşa Dönüşüm Projesinden alınmıştır.

Tablo 1. Bir adada katılım değerleri ve katılım payı oranları gösterim örneği

Ada No	Parsel No	Arsa Alanı	Bina	Parsel Üzerindeki Bina Sayısı	Nitelik	Mal Sahibi-Kiracı	Yasal Alan	Mevcut Alan	Yasal Alana Göre Katılım Değeri	Mevcut Alana Göre Katılım Değeri	Ortak Alan	Bina Ortak Alan Değeri Toplamı	Yasal Alan Değerine Göre Katılım Payı Oranı	Mevcut Alan Değerine Göre Katılım Payı Oranı
		m^2					m^2	m^2	TL	TL	m^2	TL		
A18	**17245**	**133,98**	1.Bina	1	Konut	Akraba	60	60	51.300	51.300	45	13.500	0,000288	0,000218
A18	**17245**				Konut	Akraba	88	88	88.000	88.000			0,000494	0,000375
A18	**17245**				Konut	Mal sahibi	88	88	88.000	88.000			0,000494	0,000375
A18	**17245**				Konut	Akraba	88	88	88.000	88.000			0,000494	0,000375
A18	**17245**				Konut	Bilgi alınamadı	0	50	0	45.000			0,000000	0,000192
A18	**17246**	**78,00**	1.Bina	1	Konut	Mal sahibi	96	96	28.800	28.800			0,000162	0,000123
A18	**17247**	**58,28**	1.Bina	2	İşyeri	Mal sahibi	0	60	0	45.000	10	3.000	0,000000	0,000192
A18	**17247**				Konut	Mal sahibi	0	82	0	77.900			0,000000	0,000332
A18	**17247**		2.Bina		Konut	Bilgi alınamadı	60	60	57.000	57,000	0	0	0,000320	0,000243
A18	**21611**	**102,00**	1.Bina	1	İşyeri	Akraba	0	30	0	27.000	9	270	0,000000	0,000115
A18	**21611**				Konut	Akraba	0	65	0	58.500			0,000000	0,000249
A18	**21611**				Konut	Akraba	0	105	0	94.500			0,000000	0,000402

2525 adet bağımsız birim değerleme rapor sonucunda ortaya çıkan toplam değerler şöyledir;

Yasal Alana Göre ∑KD = 184.634.105,00 TL (ortak alan değerleri yansıtılmıştır)dir.

Mevcut Alana Göre ∑KD = 234.915.131,00 TL (ortak alan değerleri yansıtılmıştır)dir (İBB, 2008).

Hesaplanan, ilan edilen ve haksahipleri tarafından kabul edilerek kesinleşen katılım değerleri ve oranları, tapu kütüğünün beyanlar hanesine kaydedilir. Artık mülkiyet yerine, üzerinde KD ve KPO ların yazılı olduğu, resmi bir belge geçerli olacaktır. Bu aşama çok önemlidir ve kesinleştikten sonra değiştirilemez.

1.4.4. Kentsel Tasarım Projesi ve Dönüşüm Amaçlı İmar Planının Hazırlanması[3]

1. Planlama İçin Verilerin Elde Edilmesi Ve Analitik Çalışmalar:

   Vizyon Ve Misyon Çalışmaları,

   Planlama İçin Verilerin Elde Edilmesi,

   - Sınırlara İlişkin Veriler
   - Kurum Görüşlerinin (Altyapı Ve Ulaşım Verilerinin) Alınması
   - Doğal Yapıya İlişkin Veriler
   - Fiziksel Yapıya Ve Yasal Duruma İlişkin Veriler
   - Demografik Yapıya Ait Veriler
   - Sosyo-Ekonomik Yapıya Ait Verileri
   - Bina Düzeyinde Veriler

2. Mevcut Arazi Ve Kütle Maketin Hazırlanması(1/2000)

3. Sentez

   1/5000 Ve 1/2000 Ölçeğinde Sentez Çalışma Paftalarının Hazırlanması

4. 1/5000 Ölçekli Dönüşüm Amaçlı Nazım İmar Planı

   1/5000 Ölçekli Dönüşüm Amaçlı Nazım İmar Planının Üretilmesi

[3] Kentsel tasarım projesi ve dönüşüm amaçlı imar planına ilişkin Şekil1, Şekil2 ve bunlarla ilgili metin içerisindeki veriler, İBB Kentsel Dönüşüm Müdürlüğü, Bayrampaşa Dönüşüm Projesinden alınmıştır. Ayrıca bu başlık altındaki düzenleme de İBB IMP Kentsel Dönüşüm ve Uygulamalar Grubunca düzenlenmiştir.

5. Kentsel Tasarım Projesi

Kentsel tasarım avan proje çalışmaları (I. Aşama 1/2000 ölçekli genel mekânsal kurgu ve yerleşme dokusuna yönelik çalışmalar ve bilgisayar ortamında 3 boyutlu modelleme çalışmaları yapılır.)

Kentsel tasarım avan proje çalışmaları (kentsel tasarım avan proje çalışmaları (II. Aşama) 1/1000 ölçekli kısmi vaziyet planları ve siluetleri, 1/500 ölçekli kısmi vaziyet planları, 1/200 ölçekli konut tipleri avan projeleri hazırlanır.)

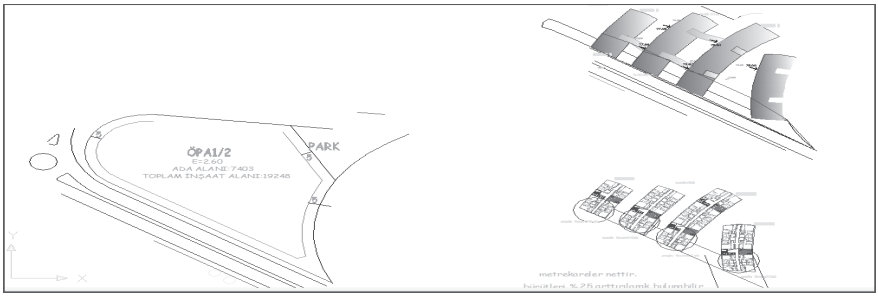
- İnşaat Maliyet Hesabı
- Protokolde Adı Geçen Kurumlarla Koordinasyon Toplantılarının Yapılması,
- Avan Proje Çalışmalarının Değerlendirilmesi

6. 1/1000 ölçekli dönüşüm amaçlı uygulama imar planı

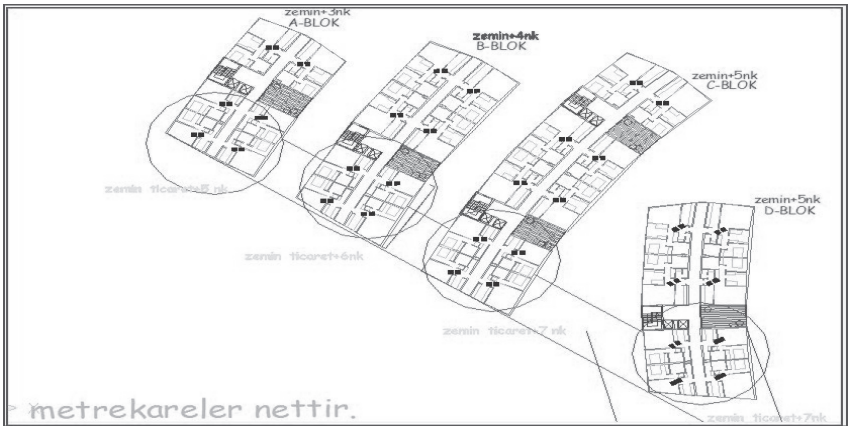
1/1000 ölçekli dönüşüm amaçlı uygulama imar planının üretilmesi

Yeni Kentsel Tasarım Ve İmar Planının Yapılması:

Kentsel dönüşüm projesi; mimari vaziyet planına göre uygulama imar planı, kentsel tasarım ve bu planda yer alan adalar ile ada içinde mimari tasarımda yer alan yapı blokları ve kat planlarındaki bağımsız bölümlerin konumlarını, niteliklerini ve alanlarını göstermektedir. Bu planlara ilşkin örnekler aşağıda sunulmuştur.



Şekil 1. Mimari Vaziyet Planına Göre ÖPA1/2 Adası Bina Blok Düzeni



Şekil 2. Bina Blok Düzenlerine Göre Kat planlarındaki bağımsız bölümlerin konum, nitelik ve alanları

1.4.5. Teknik Altyapı Projesinin Hazırlanması

1. Mevcut Teknik Altyapıya İlişkin Verilerin Elde Edilmesi Ve Değerlendirilmesi

2. Altyapı Projelerinin Yapılması
   - 2.1. Yol Projesi
   - 2.2. Elektrik Projesi
   - 2.3. Kanalizasyon(Atık su) Projesi
   - 2.4. İçme Suyu Projesi
   - 2.5. Drenaj (Yağmur Suyu) Projesi
   - 2.6. Doğalgaz Projesi
   - 2.7. Telekomünikasyon (Telefon, Kablo TV, İnternet) Projesi
   - 2.8. Diğer Altyapı Projeleri

1.4.6. Mimari Uygulama Projesi

1. Mimari Proje Tip Blok Uygulama Projesi Plan Kesitler Görünüşler
2. Elektrik Projesi
3. Tesisat Projesi
4. Statik Proje
5. Peyzaj Uygulama Projesi

1.4.7. Proje Dağıtım Değerinin Yapılabilirlik Analizi için Ön Belirlemesi

1. Kentsel Tasarım Ve Dönüşüm Amaçlı İmar Planının Yapım Maliyeti
2. Katılım Değerini Belirleme Maliyeti
3. Proje Değerleme Maliyeti
4. Teknik Altyapı Projelendirme Ve Yapım Maliyeti
5. Mimari Uygulama Projesi Projelendirme Ve Yapım Maliyeti
6. Yıkım Ve Molozların Kaldırılmasının Maliyeti
7. Toplam İnşaat Yapım Maliyeti
8. Diğer Proje Maliyetleri

Bunlara göre toplam proje dağıtım değeri belirlenir.

1.4.7.1. Tasarlanan Mimari Projeye Göre Proje Satış Değerinin (Proje Gelirlerinin) Belirlenmesi:

Hazırlanan imar uygulama planında gösterilen fonksiyon alanları için, değerleme şirketince, bugün böyle bir proje satışa hazır olsaydı kabulü ile değerleme çalışması yapılır. Dönüşüm alanında dağıtıma esas tasarlanan proje fonksiyon alanlarının satış değeri hesaplanırken bölgenin gelişmişlik durumu, yaşam düzeyi, ekonomik koşullar, dünyada ve Türkiye'de yaşanan küresel kriz ve gayrimenkul sektörüne etkisi, İstanbul ve proje bölgesinden Gayrimenkul piyasasının durumu, benzer yatırımlardaki satış rakamları gibi birçok bilgi göz önüne alınarak satış değerine ulaşılır. Her bağımsız bölümün brüt m^2 satış fiyatı (değeri) hesaplanırken, tasarlanan mimari projedeki tip modellerin alan, manzara, kat, konum, nitelik gibi verilerinden yararlanılır. Bu hesaplama Tablo 2'ye göre bir örnekleme yapılarak gösterilmiştir.

Katılım değeri bulunurken konut ve işyeri gibi birçok emsal verilerinden yararlanılmış, sonra bu emsallerin m² birim ortalamalarından ham değer çarpanı bulunmuştur. Dağıtım değeri bulunurken yeni proje sınırları geniş bir alanı kapsadığı için bütün olarak ele alınır. Çünkü mimari tasarım konsepti; projenin uygulanacağı mahalleler çevresindeki birçok işyeri yada konuta göre, emsal olamayacak kadar hem tip-görünüm ve kalite, hemde fiyat açısından farklılıklar gösterir. Bu yüzden proje değerlemesinde emsallerden yararlanmak için proje çevresindeki tek tek konut veya işyeri emsalleri genelde baz alınmaz. İstanbulda ilçe veya bölge olarak benzer özelliklere sahip yerlerde, geniş oturum alanlarını kapsayan çok sayıda farklı fonksiyon alanlarını ve bağımsız bölümleri içeren benzer tipteki projelerin satış rakamları incelenir. Bu veriler, projemiz için seçtiğimiz değerleme yöntemlerinden emsal yöntemine esas veri olarak düşünülür. Proje bölgemizdeki her fonksiyon alanına ait tip tasarımlar için, ortalama bürüt m² birim satış fiyatı, dağıtım değeri için ham m² birim değeri gibi düşünülür ve yeni değer düzeltmeleri ile net bürüt m² birim satış değeri hesaplanır. Tablo 2'de ortalama ham bürüt m² birim satış fiyatı, bu projelerde konut için 2.602,00 TL değer kabul edilmiştir.

Net Konut Brüt Satış m² Birim Değerinin bulunması; Proje Değerleme Çalışmalarında Konut net Brüt Satış m² Fiyatının Belirlenmesinde Kullanılan Değer Çarpanı Ve Katsayıları proje bölgesindeki tüm konutlar için bir kabul yapılarak oluşturulmuş genel değerlerdir. Konutlarda bundan yararlanılarak her bağımsız bölüm için net bürüt m² birim satış değeri bulunacaktır.

Tablo 2. Proje değerleme çalışmalarında net konut brüt m² birim satış fiyatının belirlenmesinde kullanılan değer çarpanı ve katsayıları

	BİNA YADA BLOK İÇİNDEKİ KONUMU		MANZARA DURUMU				BULUNDUĞU KAT			BİRİM SATIŞ FİYATI
DEĞERE ETKEN ÖZELLİK	KÖŞE	ARA	ANAYOL	ARA YOL	MEYDAN	PARK	ZEMİN KAT	1. VE SON KAT	ARA KATLAR	KONUT ORTALAMA BRÜT BİRİM M ² SATIŞ DEĞERİ (TL)
DEĞER ÇARPANI	1,05	0,94	1,05	0,95	1,03	1,055	0,94	1	1,02	2.602

Aşağıdaki konut satış bilgileri liste örneğindeki 28 sıra no.lu konut için örnekleme yapılırsa;

Brüt Alanı:91.25 m²
Proje Bölgesi Benzer Tipteki Konutlar İçin Belirlenmiş Ortalama Brüt m² Birim Satış fiyatı: 2.602 YTL
Park Çarpanı: 1.055
Ara Yol Çarpanı:0.95
Köşe Daire Çarpanı:1.05
Son kat çarpanı:1.00

Konut Net Brüt m² Birim Satış Değeri = 2.602x1.055x0.95x1.05x1.00 = 2.738 TL
Konut Satış Değeri = Konut Net Brüt m² Birim Satış Değeri X Brüt Alan
Konut Satış Değeri = 2.738 X 91.25= 249 842,50 TL
Konut Satış Değeri Benzer yöntemler mağazalar (işyerleri) içinde kullanılmaktadır.

Bu bölümde, Bayrampaşa projesi için her katsayı birbiri ve Emsal Ortalama Brüt m² Birim Satış Değeri ile çarpılarak Konut Net Brüt m² Birim Değeri bulunmuştur. Doğru olan katsayıların toplandıktan sonra çıkan rakamın Ortalama Brüt m² Birim Satış Değeri ile çarpılarak Konut Net Brüt m² Birim Satış Değerinin bulunmasıdır. İleride yeni geliştirilen değerleme modelinde ikinci alternatife göre yani toplanarak bulunan toplam değer düzeltme katsayısı baz alınmıştır.

Tablo3.Konut Satış Bilgileri Liste Örneği

Sıra No	Blok Adı	Bulunduğu Kat	Niteliği	Konumu	Konut Sayısı	Net Konut Alanı	Katsayı	Brüt Konut Alanı	Birim m2 Değeri	Konut Satış Değeri
129	C-3	2.Kat	Konut	Park + Köşe Daire	1	78 m2	1,25	97,50	2.938 TL	286.431 TL
131	C-3	3.Kat	Konut	Park + Köşe Daire	1	78 m2	1,25	97,50	2.938 TL	286.431 TL
133	C-3	4.Kat	Konut	Park + Köşe Daire	1	78 m2	1,25	97,50	2.938 TL	286.431 TL
185	D-2	5.Kat	Konut	Park + Ara Yol + Köşe Daire	1	77 m2	1,25	96,25	2.736 TL	263.354 TL
54	B-2	Zemin Kat	Konut	Ara Yol + Park + Köşe Daire	1	81 m2	1,25	101,25	2.572 TL	260.412 TL
28	A-2	3.Kat	Konut	Park + Ara Yol + Köşe Daire	1	73 m2	1,25	91,25	2.738 TL	249.842 TL

1.4.7.2. Proje Maliyetlerinin (Giderlerin) Analizi:

Proje İnşaat Giderlerinin hesaplanmasında; Bayındırlık Bakanlığı tarafından açıklanan 2008 yılı Mimarlık ve Mühendislik Hizmet Bedellerinin Hesabında Kullanılacak Yapı Yaklaşık birim maliyetleri Hakkındaki Tebliğ'deki yapı sınıfları ve birim m^2 maliyetleri esas alınmıştır. Buna ilişkin veriler tablo 4'te düzenlenmiştir.

Tablo 4. Toplam proje inşaat gideri

Toplam inşaat Gideri	Toplam Diğer Proje Gideri	Toplam proje inşaat Gideri
(1)	(2)	(3=1+2)
196.637.512,00 TL	51.663.889,00 TL	248.301.401,00 TL

1.4.8. Proje Yapılabilirlik (Fizibilite) Analizi[4]

1.4.8.1. Yatırım Analiz Yöntemleri Ve Tanımları

Dr. Mehmet ERKAN, yatırım kararının verilebilmesi için aşağıdaki yatırım verilerine gereksinme olduğunu söylemektedir:

1. Yatırımın tutarı,
2. Yatırımın işletmeye sağlayacağı net nakit girişleri,
3. Yatırımın ekonomik ömrü,

[4] Fizibilite analiz yöntemlerine ilişkin bilgiler, Yard. Doç. Dr. Mehmet ERKAN'ın ders notlarından alınmıştır. Kaynak internet adresi: *www2.aku.edu.tr/~**mehmeterkan**/sayfalar/sabitv.ppt*

4. Yatırımın ekonomik ömrü sonundaki hurda değeri,
5. Yatırımcının beklenen verim oranı.

Yatırım projelerinin değerlendirilmesinde kullanılan yöntemler nelerdir?

Belirlilik koşulları altında, yani, bütün yatırım projelerinin aynı risk derecesine sahip olduğu varsayımı altında, yatırım alternatifleri arasından seçim yaparken kullanabileceğimiz yöntemleri, statik ve dinamik yöntemler olmak üzere iki grupta toplanmıştır.

Yapılabilirlik analizi için dinamik yöntemlerden yararlanıldığından burada yalnızca dinamik yöntemlere ilişkin bilgiler verilecektir.

1.4.8.2. Dinamik Yöntemler[5]

Dinamik yöntemler 3 tanedir:

- Net Bugünkü Değer Yöntemi (NBD)
- İç Karlılık Oranı Yöntemi (İç Verim Oranı)
- Karlılık Endeksi Yöntemi

Bunlardan fizibilite analizleri yapılırken yöntem olarak bunlardan, Net Bugünkü Değer Yöntemi ve İç Karlılık Oranı Yöntemi kullanılmıştır. Bu nedenle sadece bu iki yöntem anlatılacaktır.

1.4.8.2.1. Net Bugünkü Değer Yöntemi

Statik yöntemlerin en önemli sakıncası, paranın zaman değerini gözönüne almamalarıdır. Statik yöntemlerin bu sakıncası, paranın zaman değerini dikkate alan dinamik yöntemlerle, diğer bir deyişle, **indirgenmiş nakit akışı yöntemleri** ile giderilmektedir.

1. Adım: Projenin yatırım tutarı belirlenir.
2. Adım: Yatırım projesinin net nakit girişleri, hurda değeri ve ekonomik ömrü belirlenir.
3. Adım: Nakit akışlarını bugüne indirgemede kullanılacak ıskonto oranı belirlenir.
4. Adım: Belirlenen ıskonto oranı kullanılarak, net nakit girişlerinin bugünkü değerleri bulunur. Eğer, yatırım süresi bir yıldan uzun ise, yıllık yatırım harcamalarının da bugünkü değerleri bulunur.
5. Adım: Net nakit girişlerinin bugünkü değerleri toplamından, yatırım harcamalarının bugünkü değerleri toplamı çıkarılarak, yatırım projesinin net bugünkü değeri bulunur.
6. Adım: Yatırımın net bugünkü değeri, sıfırdan büyük ise, proje kabul edilir. Net bugünkü değer sıfırdan küçük ise, proje kabul edilmez. Birden fazla yatırım projesi arasından, en yüksek net bugünkü değere sahip olan proje seçilir.

1.4.8.2.2. İç Kârlılık Oranı Yöntemi (İç Verim Oranı)

İç kârlılık oranı yöntemi, net bugünkü değer yöntemine çok benzeyen bir yöntemdir. Yöntem, net bugünkü değerden sadece indirim oranı açısından farklılık gösterir. Net bugünkü değer yönteminde belli bir indirim oranı kullanılarak nakit giriş ve çıkışları indirgenmeye çalışılır. İç karlılık oranı veya iç verim oranı yönteminde ise, nakit giriş ve çıkışlarının bugünkü değerlerini birbirine eşitleyen oran aranmaktadır. Tanım olarak, **iç kârlılık oranı, projenin nakit giriş ve çıkışlarını birbirine eşitleyen indirim oranıdır. Başka bir deyişle net bugünkü değerin 0(sıfır) olduğu andaki indirim oranına iç verim oranı denir.**

[5] *www2.aku.edu.tr/~**mehmeterkan**/sayfalar/sabitv.ppt*

1.4.8.3. Projenin Yapılabilirlik (Fizibilite) Analizi

1.4.8.3.1. Gelir Gider Ve Bunlara İlişkin İndirgenmiş Nakit Akış Analiz (İNA) Tablolarının Hazırlanması

Toplam proje inşaat gideri, yani genel yatırım harcamalarının 4 yılda tamamlanacağı düşünülmüştür. Proje giderlerinin öngörülen yıllık maliyet artış gider oranı ve her sene için proje tamamlanma oranları ile tablo 5 'deki İNA tablosu düzenlenir.

İndirgenmiş Nakit Akışı tablolarında **indirim oranı,** %17 olarak kabul edilmiştir. Bu rakam için formül kullanılarak hesaplama yapılmadan, Türkiye içinde bugün genelde finansçılar tarafından kabul gören bir oran seçilmiştir

1.4.8.3.1. Yatırım Harcaması (Gider) ve Bunun Net Bugünkü Değerinin Bulunması

Tablo 5'deki verilere göre örnekleme yapılırsa;
Toplam Proje İnşaat Gideri = h
Yıllara Göre İnşaat Harcamaları = Y_i
Yıllara Göre Proje Tamamlanma Oranları=r_i
Yıllara Göre Maliyet Artış Oranları=k_i

Y_i=h x k_1xk_2x…x k_n x r_i formülü ile hesaplanabilir. (2)

2009 için inşaat harcaması Y_{2009}=h x r_{2009}
Buradan, Y_{2009}=248.301.401,00 x 0.15 = 37.245.210,00 TL olacaktır.
2010 yılı inşaat harcaması maliyetleri arttığı için Y_{2010}=h x k_{2010} x r_{2010} olacaktır.
Buradan Y_{2010} =248.301.401,00 x 1,07 x 0,45 = 119.557.124,00 TL sonucu çıkar.
2011 yılı inşaat harcaması maliyetleri ikinci kez arttığı için =h xk_{2010} x k_{2011} x r_{2011} olacaktır.
Buradan Y_{2011}= 248.301.401,00 x 1,07 x 1,07 x 0,35 = 99.498.096,00 TL sonucu çıkar.
2012 yılı inşaat harcaması maliyetleri üçüncü kez arttığı için =h x xk_{2010} x k_{2011} x k_{2012} x r_{2012} olacaktır.
Buradan Y_{2012} =248.301.401,00 x 1,07 x 1,07 x1,07x 0,05 = 14.924.714,00 TL sonucu çıkar.
Yıllara Göre İnşaat harcamaları Toplamı ($\sum Y_i$)= 37.245.210,00 + 119.557.124,00 + 99.498.096,00 +14.924.714,00 = 271.225.144,00 TL olarak bulunur.

$$İNA = \frac{A_1}{(1+i)^1} + \frac{A_2}{(1+i)^2} + \frac{A_3}{(1+i)^3} + ... + \frac{A_n}{(1+i)^n} = \sum_{t=1}^{n} \frac{A_t}{(1+i)^t} \qquad (3)$$

Yukarıdaki İNA[6] formülünde:

A: 4 yıl boyunca her yıl yapılan yatırım harcamaları,

t: 4 yıl,

i: 0.17 alınırsa;

Tablo 5'teki verilere formüle göre; Konut satış projeksiyonu için, Net bugünkü değer:

$NBD_{YATIRIM\ HARCAMALARI}$ =[37 245.210 /(1+0.17)]+[119 557.124 /(1+0.17)²] +

[99 498.096 /(1+0.17)³]+[14 924.714 /(1+0.17)⁴] eşitliğine göre hesaplanır.

[6] *www2.aku.edu.tr/~**mehmeterkan**/sayfalar/sabitv.ppt*

Toplam Yatırım Harcamaları İçin Net Bugünkü Değer = **189 259.868** TL olarak bulunur. Tablo 5 yukarıdaki hesaplamaların sonuçlarına göre oluşturulmuştur.

Tablo 5. Yatırım harcamaları (Gider) için indirgenmiş nakit akış analizi

YATIRIM HARCAMALARI (GİDER)	2009	2010	2011	2012	Toplamlar
Yıllar					
Maliyet Artış Oranları		7%	7%	7%	
Tamamlanma Oranı	15%	45%	35%	5%	1,0
Yıllara Göre İnşaat Harcaması (TL)	37. 245.210	119. 557.124	99.498.096	14.924.714	**271.225.144**
İnşaat Harcamalarının Net Bugünkü Değeri (TL)- İndirim oranı :%17	**189.259.868,00 TL**				

Bu yöntemle yapılacak hesaplamalar sonucunda, 4. yılın sonunda harcanan toplam para 271 225.144 TL olacaktır. Yapılan İNA (% 17 indirim oranına göre) hesaplamalarına göre bu rakamın net bugünkü değeri 189 259.868 TL olacaktır. Tablo 4 'te bu anlatılanlara göre düzenlenmiştir.

1.4.8.3.2. Satışlar (Gelir) ve Bunların Net Bugünkü Değerinin Bulunması

Satışlar (gelirler) için bir örnek İNA analizi, konut alanları için yapılırsa; belirlenen satış fiyat artış ve satış gelir oranları kullanılarak satış gelirleri, toplam satış gelirleri ve net bugünkü değer, tablo 6'de ki biçimde hesaplanır.

Tablo 6. Konut alanları satış projeksiyonu (gelir) için İNA analizi örneği

SATIŞ PROJEKSİYONU (GELİR)	2009	2010	2011	2012	2013	
Konut						
Satılabilir Brüt Alan (m²)	**59060 m2**					
Ortalama Brüt Birim Satış Fiyatı(TL/m²)	2.600,00	2.704,00	2.812,16	2.952,77	3.100,41	
Satış Fiyatı Artış		4%	4%	5%	5%	
Satış Hızı	5%	30%	35%	15%	15%	100%
Satış Geliri	7.677.761,00	47.909.472,00	58.130.159,36	26.158.589,43	27.466.532,19	
Toplam Konut Satış Geliri (TL)	167.342.513,98					
Net Bugünkü Değeri (TL)	**104.344.581,76**					
İndirim Oranı	17,0%					

Tablo 6'teki değerler, yukarıdaki İNA formülüne göre aşağıdaki şekilde hesaplanır:
A: 5 yıl boyunca her yıl elde edilen net nakit akımı, yani yıllık konut satış gelirlerini gösterir.

t: 5 yıl, i: 0.17 alınır.

Konut satış projeksiyonu için, Net bugünkü değer:

NBD_{konut}=[7.677.761,00/(1+0.17)]+[47.909.472,00/(1+0.17)²]+[58.130.159,36/

(1+0.17)³]+[26.158.589,43/(1+0.17)^4]+[27.466.532,19/(1+0.17)^5]

Net Bugünkü Değer = 104.344.581,76 TL olarak bulunur.

Projedeki[7] tüm fonksiyon alanları için yapılan benzer satış projeksiyonlarında elde edilen sonuçları gösteren tablolar aşağıdaki gibidir:

- Ofis alanlarının satışı sonrası elde edilen NBD: 73.651.627,84 TL
- Residence alanlarının satışı sonrası elde edilen NBD: 119.329.409,43 TL
- Konut alanlarının satışı sonrası elde edilen NBD: 104.344.581,76 TL
- Mağaza alanlarının satışı sonrası elde edilen NBD: 62.630.812,51 TL
- Otel alanlarının 10 yıllık geliri sonrası elde edilen NBD: 13.835.664,41 TL

AVM alanlarının 10 yıllık geliri sonrası elde edilen NBD: 20.695.758,42 TL sonuçları bulunur.

1.4.8.3.3. Projenin Birikmiş/Kümülâtif Net Bugünkü Değerinin Bulunması

Genel olarak projenin yapılabilir olup olmadığına karar vermek için kaynaklar,gelir ve giderlerin toplamları yani birikmiş/ kümülâtif değerleri üzerinden net bugünkü değerlerin hesaplanması gerektiğini söylemektedir. Bu yatırımcı açısından doğrudur.

Bu bölümde satış projeksiyonu ve gelir tabloları hazırlanmış ve sonuç olarak yatırımların gerçekleştirilebilirliğini ifade eden tüm satış projeksiyonlarını ve yatırım harcamalarını içeren kümülâtif nakit akış tablosu oluşturulmuştur. Kümülâtif tablo ile projenin toplam iç verim oranı ve projenin net bugünkü değerine ulaşılmıştır.

Birikmiş nakit akışlar tablosu 7, 2 ayrı varsayıma göre düzenlenir;

1. Varsayımda katılım değeri, toplam Pazar değeri (mevcut değer) alınır. Katılım değeri proje gideri olarak düşünülür (arsa payı gibi düşünülebilir…).

2. Varsayımda katılım değeri, toplam Yasal değeri alınır. Katılım değeri proje gideri olarak düşünülür (arsa payı gibi düşünülebilir …).

Birikmiş nakit akışlar tablosu hazırlanırken; tüm fonksiyon alanları için yapılan satış projeksiyon tablolarındaki gelirler, harcamalar için kullanılacak finansman giderleri, kümülatif nakit akışlar tablosunda aynı yıllara denk gelecek şekilde, gelirler satırına veri olarak aktarılır. Aynı şekilde toplam proje inşaat giderleri olarak bahsedilen yatırım harcamaları (tablo 5) ve katılım değeri verileri de giderler satırına yıllara denk gelecek şekilde aktarılır.

Yasal alana göre bulunan toplam katılım değerinin (184 634 105.75 TL), hak sahiplerine 3 yıllık süre içinde, yıllara göre farklı ağırlıklarda ödeneceği kabulü ile tablo 7'daki katılım değeri satırı düzenlenmiştir.

2. Varsayım için (yasal değere göre) Kümülatif nakit akışları nın hesaplanmasını gösteren Tablo 7' da; yıllara göre aktarılmış veriler, 2009 yılı sütunu için yorumlanırsa;

2009 Yılında (Ofis-Konut-Residence-Avm-Otel-Mağaza) satış projeksiyonlarında elde edilen gelirler toplanır ve 2009 yılında gelirler satırına yazılır (7.677.761,00+5.419.375,00+8.780.400,00+4.608.450,00= 26.485.986.00 TL[8]). 2009 yılında yapılacak yatırım harcamaları (inşaat giderleri), katılım değeri ve finansman giderleri toplanır (129 243 874,03+37 245 210,00+4 994 673,00=171 483 757,03 TL) giderler toplamı satırına yazılır. 2009 yılında elde edilen gelirlerden giderlerin çıkarılması sonucunda 2009 yılına ilişkin net gelir bulunur

[7] İBB Kentsel Dönüşüm Müdürlüğü, Bayrampaşa Dönüşüm Projesi
[8] **Bu toplam içinde, Otel ve AVM gelirleri 2009 için 0.00 TL olduğu için yoktur.**

(26 485 986,00-171 483 757,03 =-144 997 771.03). Bu şekilde her yıla göre bulunan net gelirler kümülatif nakit akış analizi tablosunda gösterilir. Daha sonra her yıl için bulunan net gelirler, indirim oranı (% 17) ile net bugünkü değere dönüştürülür ve tabloda gösterilir. Net bugünkü değer toplamı 47.120.967,22 TL olarak bulunur.

Tablo 7. Toplam yasal değerine göre birikmiş nakit akışlar tablosu

2. VARSAYIM (YASAL DEĞERE GÖRE)												
KÜMÜLATİF NAKİT AKIŞLARI TABLOSU												
Yıllar	**2009**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**TOPLAM**
Katılım Değeri	129.243.874,03	27.695.115,86	27.695.115,86									184.634.105,75
İnşaat Giderleri	37. 245 210,00	119.557.124	99.498.096	14.924.714								271. 225.144,00
Finansman Gideri	4.994.673,00	4.417.567	3.815.796	447.741								13.675.777,00
Giderler Toplam	**171.483.757,03**	**151.669.806,86**	**131.009.007,86**	**15.372.455,00**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	0,00	469.535.026,75
Gelirler	26.485.986.00	165.272.796,00	200.530.992,48	95.621.469,28	102.066.805,09	8.536.123,85	9.129.177,88	9.683.062,77	10.208.452,43	10.759.135,03	81.365.969,05	693.173.983,86
Net Gelir	-144.997.771,03	13.602.989,14	69.521.984,62	80.249.014,28	102.066.805,09	8.536.123,85	9.129.177,88	9.683.062,77	10.208.452,43	10.759.135,03	81.365.969,05	250.124.941,83
Net Bugünkü Değer (TL)	47.120.967,22											
İndirim Oranı	17,0%											
İÇ VERİM ORANI	...%											

TABLO 8: Toplam Yasal Değerine Göre Gelir-Gider Tablosu

2.VARSAYIMA GÖRE	
Projenin Toplam Geliri	**693.173.983,86**
Projenin Toplam Maliyeti	**469.535.026,75**
Projenin Toplam Net Geliri	**223.638.957,11**

Kümülatif nakit akış analizi tablolarındaki (Tablo 7) toplamlar hanesini gösteren sütun verileri alınarak tablo 8 oluşturulur.

Sonuç olarak; yukarıdaki iki ayrı varsayım için (tablo 7 iç verim oranı 0'dan (sıfır) büyük bir rakam çıktığından Bayrampaşa Merkez Kentsel Dönüşüm alanında tasarlanan projenin yatırımcılar açısından uygulanabilir bir proje olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

1.4.9. Dönüşüm Amaçlı İmar Planının Kesinleştirilmesi

Dağıtım değeri, kentsel tasarıma dayalı hazırlanmış dönüşüm imar planlarından dağıtım değeri hesaplanmış ve üretilen bu değerlere dayanılarak yapılabilirlik analizi yapılmış ve bir kabule varılmış imar planlar kamuya açıklanmak üzere onaylanmalıdır. Onaydan sonra imar planına ve tasarıma dayanan tüm projeler de onanır ve kesinleşir.

1.4.10. Proje Dağıtım Değerinin Kesinleştirilmesi

1.Proje Dağıtım Değerinin İlanı Ve Askıya Çıkarılması
2.İtiraz
3.Proje Dağıtım Değerinin Kesinleştirilmesi Ve İdare Onayı

1.4.11. Dağıtım

1.Katılım ve dağıtım değerine göre oluşacak imar haklarının dağıtımı
2.Dağıtım listelerinin ve kat mülkiyetine göre hazırlanacak kat planlarının oluşturulması

Dağıtım değeri, daha önceden belirlenmiş olan katılım payı oranının, toplam dağıtım değeri (konut ya da ticaret alanlarına ilişkin) ile çarpımı sonucu bulunur. Değer sözcüğü boyutsuzdur. Değer, paraya ya da m² inşaat alanına çevrilebilir. Dağıtım değeri para karşılığı ya da m² inşaat alanı olarak her katılımcıya tahsis edilen bir büyüklüktür. Konut tahsisi yapılacaksa m² olarak belirlenen inşaat alanı konut m² alanına çevrilerek tahsis konut olarak yapılır. Eğer ticari alan tahsisi yapılacaksa m² olarak belirlenen inşaat alanı ticari alan m² alanına çevrilerek tahsis ticari alan olarak yapılır.

Proje Dağıtım Değerinin Hesaplanması:
Dağıtım Değeri(DD), taşınmaz mal sahibinin dönüşümden sonra alacağı bağımsız birime (konut ya da ticari olarak) karşılık gelecek değeri tanımlamaktadır.

DD_i = TTADD*KPO
DD_i =Bir hak sahibinin alacağı dağıtım değeri
TTADD = Toplam dağıtım değeri
KPO_i = Katılım Payı Oran
Bir hak sahibinin alacağı m² karşılığı:
DD_i / inşaat m² maliyeti (Ülger, 2004)

1.4.12. Proje İçin Dağıtıma Esas Paylaşım Modeli[9]

Mevcut yasalar gereği hukuksal bir düzenleme yapılmadan değerleme çalışmalarından elde edilen yasal ve mevcut alana göre bulunan iki ayrı değerden, yasal değere göre hareket edilmesi gerekmektedir. Bunun dışında hareket etmenin imar affi anlamına geleceği düşünülmektedir. Fakat kentsel dönüşüm projesinin sosyal yönü düşünüldüğünde imara aykırı alanların ne kadarının görmezden gelinebileceği tartışmalarına zemin hazırlamak ve uzlaşma yolu seçildiğinde idarenin pazarlık aracı olarak kullanabileceğini düşündüğümüz mevcut alana göre bulunan Pazar değeri de raporlarda gösterilmiştir. Fakat bundan sonraki bölümlerde 2. Varsayım yasal değere (Tablo 7 verilerine) göre çalışmalar yürütülecektir.

Projenin yatırımcı açısından uygulanabilirliği 7. bölümde hesaplanmıştı. Tablo 8'de bulunan projenin toplam net geliri **223.638.957,11** TL olarak bulunmuştur.**Projenin uygulanmasında 4 ana unsur olduğu kabul edilir;**

- Yatırımcı
- Hak sahipleri
- Kamu (yerel idare)
- Yerel kentsel gelişim fonu

Projenin toplam net gelirinin bu 4 taraf arasında paylaştırılması için bir model geliştirilmiştir. Paylaşım yüzdesi; burada birikmiş nakit akış analizi sonucunda elde edilen toplam net gelir, yukarıdaki 4 taraf arasında aşağıdaki oranlar ölçüsünde paylaştırıldığı varsayılır[10]:

- Yatırımcı % 35
- Hak sahipleri % 45
- Kamu (yerel idare) % 15

[9] Bu modele ilişkin ayrıntılı bilgi "İmara Aykırı ve Kaçak Yapılaşmış Alanlarda Taşınmaz Geliştirme Seçeneği" adlı çalışmada anlatılmıştır
[10] Dağıtım oranları, projenin getirisine göre, her proje için değiştirilebilir.

- Yerel Kentsel Gelişim Fonu % 5: Bu fonda kendi içinde ikiye ayrılır. % 2.5 kentsel dönüşüm projelerini geliştirme fonu, % 2.5 proje bölgesinin yeni sahiplerinin yönetimine bırakılacak olan, proje bölgesinin kentsel gelişim ve bakımı sağlamak için ayrılan pay olarak düşünülmüştür.

Bu modele göre hareket edilirse;

- *Hak sahiplerine verilecek Toplam Dağıtım Kütlesi= Toplam Katılım Değeri +(Toplam net gelir x 0.45)*
- Hak sahiplerine verilecek Toplam Dağıtım Kütlesi =184.634.105 + (223.638.957,11 x0.45)
- Hak sahiplerine verilecek Toplam Dağıtım Kütlesi =184.634.105 + 100.637.530,70
- Hak sahiplerine verilecek Toplam Dağıtım Kütlesi = 285.271.635,70 TL olarak hesaplanır.

Proje İçin Önerilen Dağıtım Modelinin Örnek Bir Ada'da Uygulanması;
Dağıtım Değeri 1 = Katılım Değeri 1 + [(Toplam net gelirx0.45) x Katılım Payı Oranı 1]

Yukarıdaki Formül ile her bağımsız birim için ayrı bir dağıtım değeri hesaplanır. Hesaplanan değerler sonrasında, katılımcıların alacağı yeni dağıtım değeri, yeni proje alanında yerleştirileceği yer (bağımsız bölüm) ve alacak- borç hanesi gibi kısımları gösteren sütunların açıldığı bir tablo (tablo 9) olarak yeniden düzenlenir. Tasarlanan mimari projedeki fonksiyon alanlarındaki mimari tip konut ve işyerlerinin, şuandaki mevcut alan ve tiplere (katılım değerinin hesaplandığı) birebir uymadığı için dağıtım değeri sonrası yeni proje alanına yerleştirilirken (Proje değeri de kendi içinde en yüksek olandan en küçüğe doğru daha önceden sıralanır) en büyük dağıtım değeri olandan en küçüğe doğru işlem yapılmıştır. Bu işlem işyeri ve konut için ayrı düzenlenmiştir. Açıkta kalan yani başka bir deyişle dağıtım değeri çok küçük çıkanlara ise değer bedeli anlaşma yolu ile ya ödenir ya da başka bir alternatif sunulur. Konut satış değeri daha ucuz olan bir toplu konuta yerleştirmek gibi.

Bir örnekleme yapılırsa;

Daha önce A18 adası 17245 no'lu parselde (9 no.lu tabloda 2.sıra) 88 m^2 lik yasal alanı ve 88.000 TL'lik yasal değeri olan bir proje katılımcısı, yeni projede ÖPA ½ Adasında A-2 blokta 28 no.lu bağımsız bölüme yerleştirilmiştir. Yerleştirilirken esas alınan dağıtım değerinin hesaplanması aşağıda gösterilmiştir.

Dağıtım $Değeri_3$ = Katılım $Değeri_3$ + [(Toplam net gelirx0.45) x Katılım Payı $Oranı_1$]
Dağıtım $Değeri_3$ = 88.000 + [(223.638.957,11 x 0.45) x 0.000477]
Dağıtım $Değeri_3$ = 136.004,10 TL
Dağıtımda, proje bölgesinde farklı brüt m^2 satış değeri olan konut alternatiflerinden, katılımcının tercihi sonrasında uzlaşılarak, konut brüt m^2 satış değerleri; max: 3.026,00 TL, min: 2.182,00 TL olan ve aynı zamanda farklı büyülükteki konut tiplerinden biri verilmiştir. Dağıtımda, katılımcının aşağıdaki konut tipini seçtiği varsayılmıştır.

Tablo 9 'da bulunan A-2 blok, 28 no'lu bağımsız bölüme ait değerleme sonucu 249.842,50 TL olarak bulunmuştur. Dağıtım değeri 136.004,10 TL olan 2. sıradaki bağımsız birim sahibi, proje uygulandığında yerleştirildiği A-2 blok, 28 no'lu, brüt 91.25 m^2 lik bağımsız bölüm karşılığında bir alan 249.842,50 -136.004,10 =113.838,40 TL borçlandırılmıştır. Tablo 9'da kuruşlar görmezden gelinmiştir.

Tablo 9. Proje katılım_dağıtım sonuçlarını gösteren örnek tablo

KATILIM						DAĞITIM								
Ada No	Niteliği	Mal sahibi-Kiracı	Yasal alan m^2	Yasal değeri toplamı TL	Yasal Katılım Değeri Oranı	Yasal Alana Göre Dağıtım Değeri	Proje Ortalama Konut - İşyeri m^2 birim değeri	Yasal Dağıtım Değerine Esas Alan	Projede Önerilen Bağımsız Bölümün	Daire Sıra No	Projede Önerilen Bağımsız Bölümün Değeri	Projede Önerilen Bağımsız Bölümün Brüt Alanı	Uzlaşma Sonrası Kalan Değer
A18	Konut	Akraba	88	88.000 TL	0,000477	136.004 TL	2.602 TL	52,269 m2	A-2	22	234.693 TL	91,25 m2	98.689 TL VERECEKLİ
A18	Konut	Mal sahibi	88	88.000 TL	0,000477	136.004 TL	2.602 TL	52,269 m2	A-2	28	249.842 TL	91,25 m2	113.838 TL VERECEKLİ
A18	Konut	Akraba	88	88.000 TL	0,000477	136.004 TL	2.602 TL	52,269 m2	A-2	26	249.842 TL	91,25 m2	113.838 TL VERECEKLİ
A18	Konut	Bilgi alınamadı	0	0 TL	0,000000	0 TL	2.602 TL	0,000 m2	Yer önerilmemektedir.				
A18	Konut	Mal sahibi	96	28.800 TL	0,000156	44.499 TL	2.602 TL	17,102 m2	Hak Sahibine Yasal Dağıtım Değeri Ödenecektir.				
A18	İşyeri	Mal sahibi	0	0 TL	0,000000	0 TL	2.602 TL	0,000 m2	Yer önerilmemektedir.				
A18	Konut	Mal sahibi	60	57.000 TL	0,000309	88.097 TL	2.602 TL	33,857 m2	A-1	12	168.642 TL	63,75 m2	80.545 TL VERECEKLİ
A18	Konut	Bilgi alınamadı	0	0 TL	0,000000	0 TL	2.602 TL	0,000 m2	Yer önerilmemektedir.				
A18	İşyeri	Akraba	0	0 TL	0,000000	0 TL	2.602 TL	0,000 m2	Yer önerilmemektedir.				
A18	Konut	Akraba	0	0 TL	0,000000	0 TL	2.602 TL	0,000 m2	Yer önerilmemektedir.				
A18	Konut	Akraba	83	74.700 TL	0,000405	115.458 TL	2.602 TL	44,373 m2	C-2	112	225.634 TL	92,50 m2	110.176 TL VERECEKLİ
A18	Konut	Akraba	98	98.000 TL	0,000531	151.438 TL	2.602 TL	58,201 m2	B-2	61	268.621 TL	96,25 m2	117.183 TL VERECEKLİ

1.4.12. Dönüşüm Amaçlı İmar Planının Uygulanması

1. Dönüşüm Amaçlı Uygulama İmar Planının Uygulanması İçin Uygulama Haritalarının Ada Bazında Hazırlanması
2. Dönüşüm Amaçlı Parselasyon Planının Hazırlanması
3. Dönüşüm Amaçlı Parselasyon Planının İlanı Ve Askıya Çıkarılması
4. İtiraz
5. İdare Olayı
6. Aplikasyon Krokilerinin Hazırlanması
7. Araziye Aplikasyon

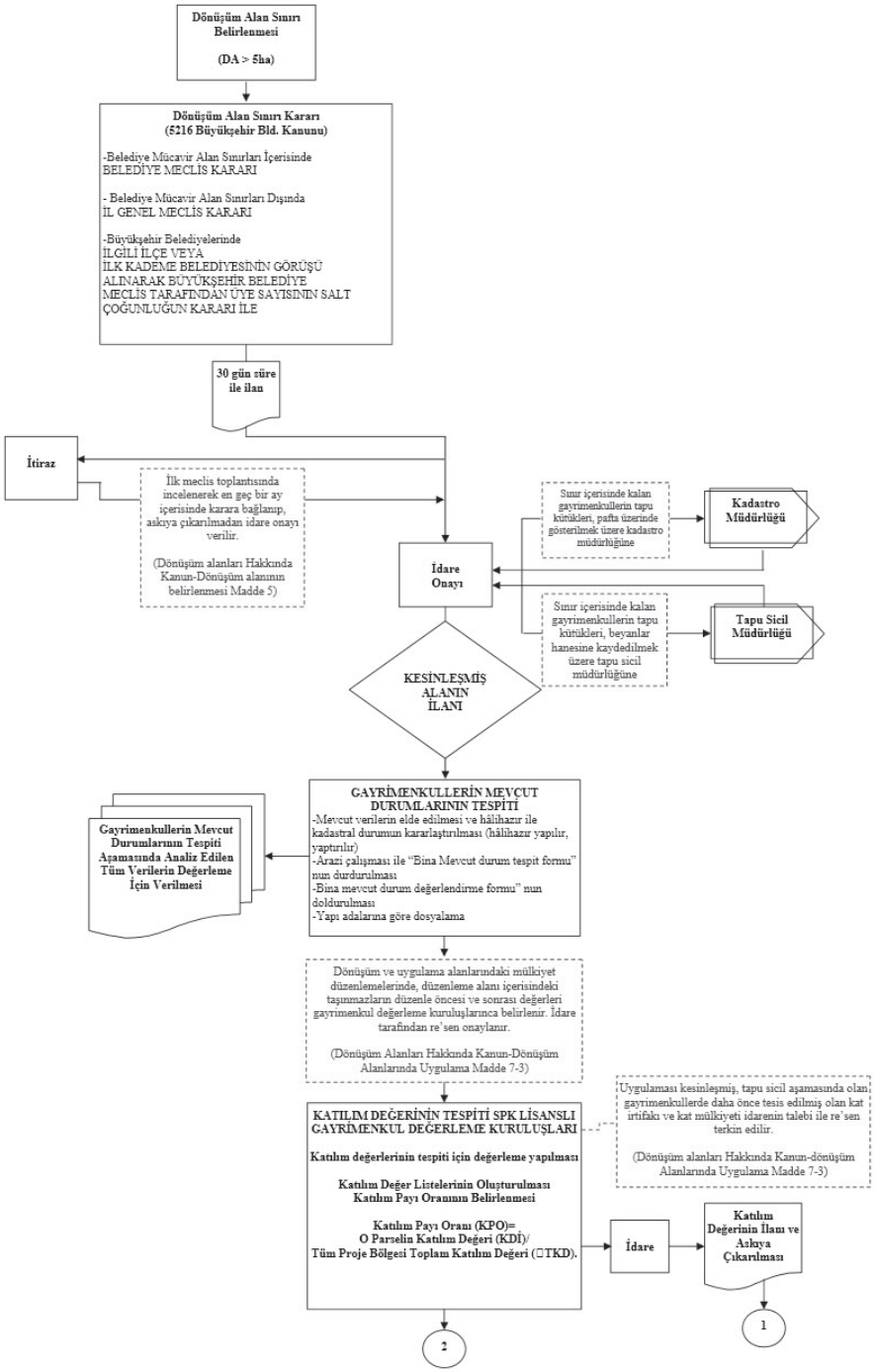
1.4.13. Onay Meclis/Encümen
1.4.14. Tescil
1.4.15. Yıkım
1.4.16. Moloz Kaldırılması
1.4.16. Yapım (İnşaat)

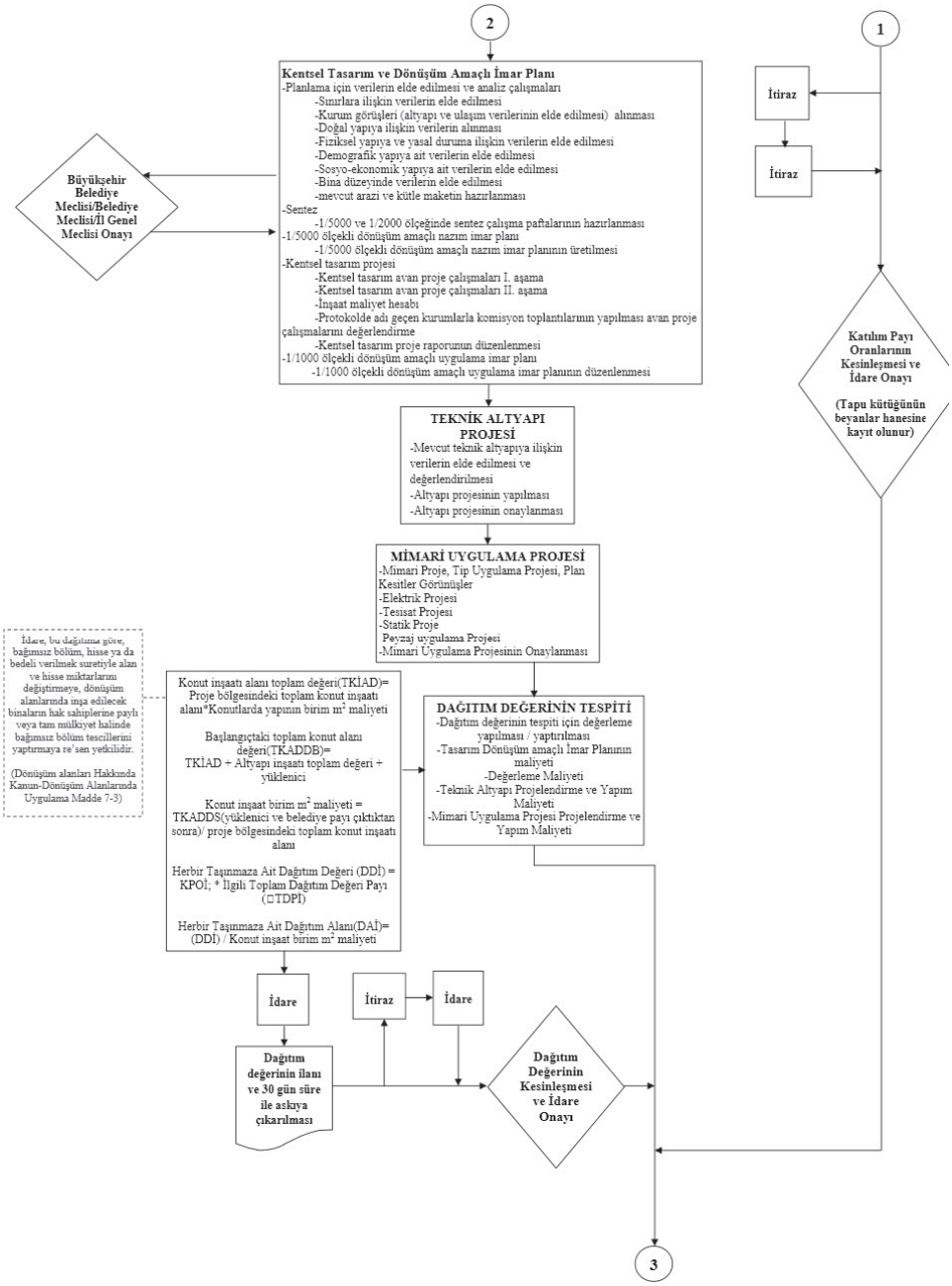
Ülkemizde bu aşamalara göre yapılan pilot kentsel dönüşüm projelerine örnek olarak Zeytinburnu ve Bayrampaşa Kentsel Dönüşüm Projelerini gösterebiliriz. Yapılan bu projelerde ülkemizdeki yapılaşmalar hakkında kaçak oranları ve türleri hakkında da bizlere fikir vermektedir.

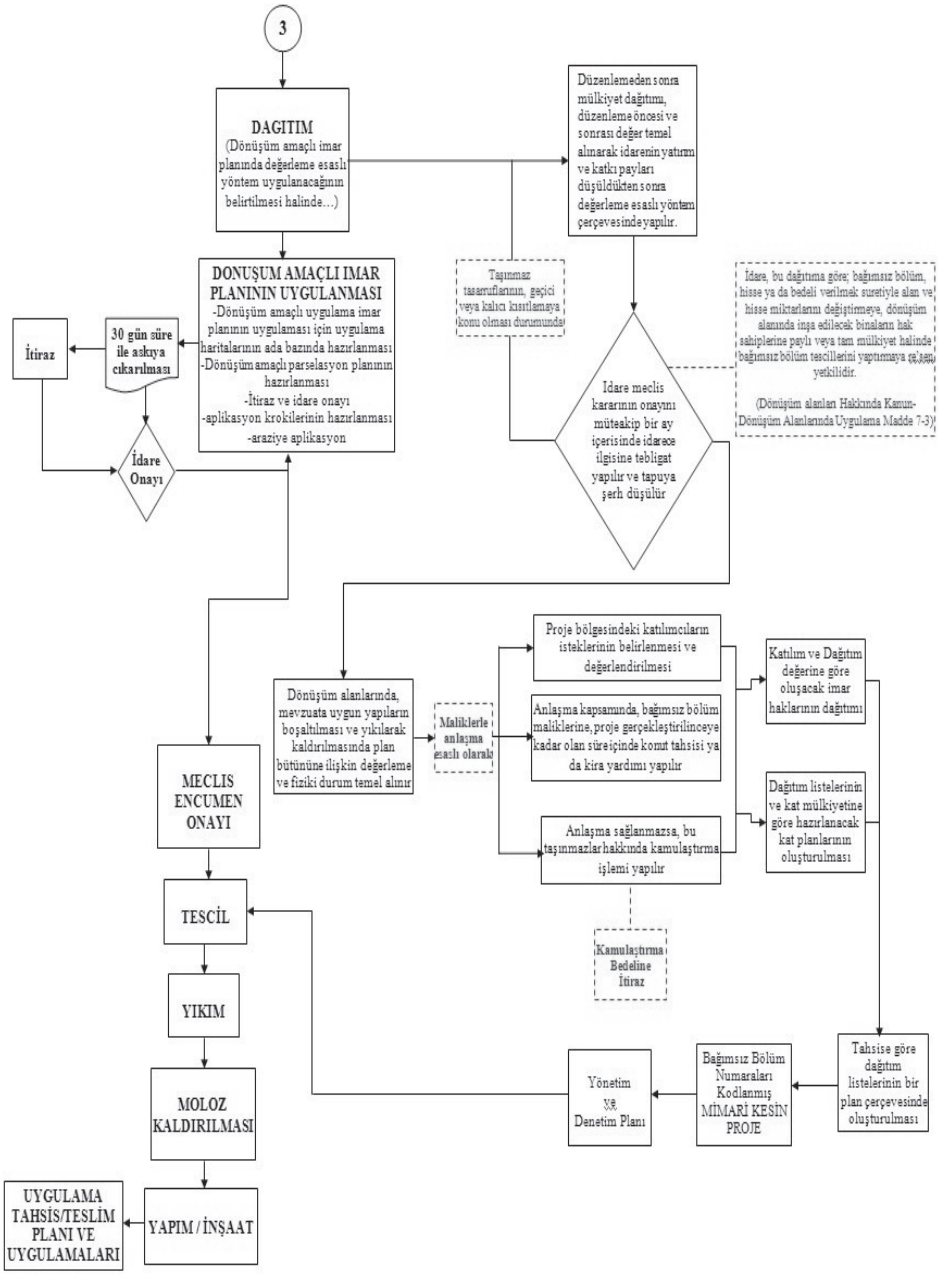
Bu iki projede de yukarıda anlatılan sürece ilişkin aşamaların uygulama ile sınanmasına ilişkin uygulamalar anlatılmaya çalışılacaktır.

1.4.17. Kentsel Dönüşüm Süreci (Ülger, 2006, 2008)

Çıkarılacak bir dönüşüm yasasının da temeli olabilecek ve Kentsel Dönüşüm Süreci için önerilen akış şeması aşağıda verilmiştir.


Dönüşüm Alan Sınırı Belirlenmesi
(DA > 5ha)
Dönüşüm Alan Sınırı Kararı
(5216 Büyükşehir Bld. Kanunu)
-Belediye Mücavir Alan Sınırları İçerisinde
BELEDİYE MECLİS KARARI
- Belediye Mücavir Alan Sınırları Dışında
İL GENEL MECLİS KARARI
-Büyükşehir Belediyelerinde
İLGİLİ İLÇE VEYA
İLK KADEME BELEDİYESİNİN GÖRÜŞÜ
ALINARAK BÜYÜKŞEHİR BELEDİYE
MECLİS TARAFINDAN ÜYE SAYISININ SALT
ÇOĞUNLUĞUN KARARI İLE
30 gün süre ile ilan
İtiraz
İlk meclis toplantısında incelenerek en geç bir ay içerisinde karara bağlanıp, askıya çıkarılmadan idare onayı verilir.
(Dönüşüm alanları Hakkında Kanun-Dönüşüm alanının belirlenmesi Madde 5)
İdare Onayı
Sınır içerisinde kalan gayrimenkullerin tapu kütükleri, pafta üzerinde gösterilmek üzere kadastro müdürlüğüne
Kadastro Müdürlüğü
Sınır içerisinde kalan gayrimenkullerin tapu kütükleri, beyanlar hanesine kaydedilmek üzere tapu sicil müdürlüğüne
Tapu Sicil Müdürlüğü
KESİNLEŞMİŞ ALANIN İLANI
GAYRİMENKULLERİN MEVCUT DURUMLARININ TESPİTİ
-Mevcut verilerin elde edilmesi ve hâlihazır ile kadastral durumun kararlaştırılması (hâlihazır yapılır, yaptırılır)
-Arazi çalışması ile "Bina Mevcut durum tespit formu" nun durdurulması
-Bina mevcut durum değerlendirme formu" nun doldurulması
-Yapı adalarına göre dosyalama
Gayrimenkullerin Mevcut Durumlarının Tespiti Aşamasında Analiz Edilen Tüm Verilerin Değerleme İçin Verilmesi
Dönüşüm ve uygulama alanlarındaki mülkiyet düzenlemelerinde, düzenleme alanı içerisindeki taşınmazların düzenle öncesi ve sonrası değerleri gayrimenkul değerleme kuruluşlarınca belirlenir. İdare tarafından re'sen onaylanır.
(Dönüşüm Alanları Hakkında Kanun-Dönüşüm Alanlarında Uygulama Madde 7-3)
KATILIM DEĞERİNİN TESPİTİ SPK LİSANSLI GAYRİMENKUL DEĞERLEME KURULUŞLARI
Katılım değerlerinin tespiti için değerleme yapılması
Katılım Değer Listelerinin Oluşturulması
Katılım Payı Oranının Belirlenmesi
Katılım Payı Oranı (KPO)=
O Parselin Katılım Değeri (KDİ)/
Tüm Proje Bölgesi Toplam Katılım Değeri (TKD).
Uygulaması kesinleşmiş, tapu sicil aşamasında olan gayrimenkullerde daha önce tesis edilmiş olan kat irtifakı ve kat mülkiyeti idarenin talebi ile re'sen terkin edilir.
(Dönüşüm alanları Hakkında Kanun-dönüşüm Alanlarında Uygulama Madde 7-3)
İdare
Katılım Değerinin İlanı ve Askıya Çıkarılması
1
2


2
1
Kentsel Tasarım ve Dönüşüm Amaçlı İmar Planı
-Planlama için verilerin elde edilmesi ve analiz çalışmaları
-Sınırlara ilişkin verilerin elde edilmesi
-Kurum görüşleri (altyapı ve ulaşım verilerinin elde edilmesi) alınması
-Doğal yapıya ilişkin verilerin alınması
-Fiziksel yapıya ve yasal duruma ilişkin verilerin elde edilmesi
-Demografik yapıya ait verilerin elde edilmesi
-Sosyo-ekonomik yapıya ait verilerin elde edilmesi
-Bina düzeyinde verilerin elde edilmesi
-mevcut arazi ve kütle maketin hazırlanması
-Sentez
-1/5000 ve 1/2000 ölçeğinde sentez çalışma paftalarının hazırlanması
-1/5000 ölçekli dönüşüm amaçlı nazım imar planı
-1/5000 ölçekli dönüşüm amaçlı nazım imar planının üretilmesi
-Kentsel tasarım projesi
-Kentsel tasarım avan proje çalışmaları I. aşama
-Kentsel tasarım avan proje çalışmaları II. aşama
-İnşaat maliyet hesabı
-Protokolde adı geçen kurumlarla komisyon toplantılarının yapılması avan proje çalışmalarını değerlendirme
-Kentsel tasarım proje raporunun düzenlenmesi
-1/1000 ölçekli dönüşüm amaçlı uygulama imar planı
-1/1000 ölçekli dönüşüm amaçlı uygulama imar planının düzenlenmesi
Büyükşehir Belediye Meclisi/Belediye Meclisi/İl Genel Meclisi Onayı
İtiraz
İtiraz
Katılım Payı Oranlarının Kesinleşmesi ve İdare Onayı
(Tapu kütüğünün beyanlar hanesine kayıt olunur)
TEKNİK ALTYAPI PROJESİ
-Mevcut teknik altyapıya ilişkin verilerin elde edilmesi ve değerlendirilmesi
-Altyapı projesinin yapılması
-Altyapı projesinin onaylanması
MİMARİ UYGULAMA PROJESİ
-Mimari Proje, Tip Uygulama Projesi, Plan Kesitler Görünüşler
-Elektrik Projesi
-Tesisat Projesi
-Statik Proje
Peyzaj uygulama Projesi
-Mimari Uygulama Projesinin Onaylanması
İdare, bu dağıtıma göre, bağımsız bölüm, hisse ya da bedeli verilmek suretiyle alan ve hisse miktarlarını değiştirmeye, dönüşüm alanlarında inşa edilecek binaların hak sahiplerine paylı veya tam mülkiyet halinde bağımsız bölüm tescillerini yaptırmaya re'sen yetkilidir.
(Dönüşüm alanları Hakkında Kanun-Dönüşüm Alanlarında Uygulama Madde 7-3)
Konut inşaatı alanı toplam değeri(TKİAD)= Proje bölgesindeki toplam konut inşaatı alanı*Konutlarda yapının birim m² maliyeti
Başlangıçtaki toplam konut alanı değeri(TKADDB)= TKİAD + Altyapı inşaatı toplam değeri + yüklenici
Konut inşaat birim m² maliyeti = TKADDS(yüklenici ve belediye payı çıktıktan sonra)/ proje bölgesindeki toplam konut inşaatı alanı
Herbir Taşınmaza Ait Dağıtım Değeri (DDİ) = KPOİ; * İlgili Toplam Dağıtım Değeri Payı (□TDPİ)
Herbir Taşınmaza Ait Dağıtım Alanı(DAİ)= (DDİ) / Konut inşaat birim m² maliyeti
DAĞITIM DEĞERİNİN TESPİTİ
-Dağıtım değerinin tespiti için değerleme yapılması / yaptırılması
-Tasarım Dönüşüm amaçlı İmar Planının maliyeti
-Değerleme Maliyeti
-Teknik Altyapı Projelendirme ve Yapım Maliyeti
-Mimari Uygulama Projesi Projelendirme ve Yapım Maliyeti
İdare
İtiraz
İdare
Dağıtım değerinin ilanı ve 30 gün süre ile askıya çıkarılması
Dağıtım Değerinin Kesinleşmesi ve İdare Onayı
3


3
DAGITIM
(Dönüşüm amaçlı imar planında değerleme esaslı yöntem uygulanacağının belirtilmesi halinde...)
Düzenlemeden sonra mülkiyet dağıtımı, düzenleme öncesi ve sonrası değer temel alınarak idarenin yatırım ve katkı payları düşüldükten sonra değerleme esaslı yöntem çerçevesinde yapılır.
DONUŞUM AMAÇLI IMAR PLANININ UYGULANMASI
-Dönüşüm amaçlı uygulama imar planının uygulaması için uygulama haritalarının ada bazında hazırlanması
-Dönüşüm amaçlı parselasyon planının hazırlanması
-İtiraz ve idare onayı
-aplikasyon krokilerinin hazırlanması
-araziye aplikasyon
30 gün süre ile askıya çıkarılması
İtiraz
İdare Onayı
Taşınmaz tasarruflarının, geçici veya kalıcı kısıtlamaya konu olması durumunda
İdare meclis kararının onayını müteakip bir ay içerisinde idarece ilgisine tebligat yapılır ve tapuya şerh düşülür
İdare, bu dağıtıma göre; bağımsız bölüm, hisse ya da bedeli verilmek suretiyle alan ve hisse miktarlarını değiştirmeye, dönüşüm alanında inşa edilecek binaların hak sahiplerine paylı veya tam mülkiyet halinde bağımsız bölüm tescillerini yaptırmaya ve/veya yetkilidir.
(Dönüşüm alanları Hakkında Kanun-Dönüşüm Alanlarında Uygulama Madde 7-3)
Dönüşüm alanlarında, mevzuata uygun yapıların boşaltılması ve yıkılarak kaldırılmasında plan bütününe ilişkin değerleme ve fiziki durum temel alınır
Maliklerle anlaşma esaslı olarak
Proje bölgesindeki katılımcıların isteklerinin belirlenmesi ve değerlendirilmesi
Anlaşma kapsamında, bağımsız bölüm maliklerine, proje gerçekleştirilinceye kadar olan süreiçinde komut tahsisi ya da kira yardımı yapılır
Anlaşma sağlanmazsa, bu taşınmazlar hakkında kamulaştırma işlemi yapılır
Kamulaştırma Bedeline İtiraz
Katılım ve Dağıtım değerine göre oluşacak imar haklarının dağıtımı
Dağıtım listelerinin ve kat mülkiyetine göre hazırlanacak kat planlarının oluşturulması
Tahsise göre dağıtım listelerinin bir plan çerçevesinde oluşturulması
Bağımsız Bölüm Numaraları Kodlanmış MİMARİ KESİN PROJE
Yönetim ve Denetim Planı
MECLİS ENCUMEN ONAYI
TESCİL
YIKIM
MOLOZ KALDIRILMASI
YAPIM / İNŞAAT
UYGULAMA TAHSİS/TESLİM PLANI VE UYGULAMALARI

2. Sonuç ve Öneriler

İmar uygulamaları genelde; 3194 sayılı imar kanunun Arsa ve Arazi Düzenlemeleri başlığı altındaki 18. maddesine göre yapılmaktadır. Kanunda maddeye ilişkin bir uygulama yönetmeliği (18.madde uygulama yöntemi) ve yöntemi mevcuttur. Yasadaki uygulama yöntemi; eşit oranlı toprak kesintisi yöntemidir. Yani imar düzenlemeleri ile düzenlemeye giren taşınmaz malların değeri aynı oranda arttığı var sayılır ve buna karşın her taşınmaz maldan eşit oranda düzenleme ortaklık payı kesilir. Hâlbuki imar planı kararlarına göre, getirilen imar hakları incelendiğinde, düzenlemeye giren taşınmaz malların değerinde aynı oranda artış olmaz. Aynı değerde, eşit değerde artışlar olmamasına karşın her taşınmazda aynı oranda kesinti yapılması adaletli değildir. İmar düzenlemeleri ile ortaya çıkan değer artışları, kamu – hak sahibi çıkarları göz önüne alınmadan dağıtılmaktadır. 3194 sayılı kanunun 18. Maddesine göre yapılan düzenlemelerde planlamadan ortaya çıkan değerin, kamuya gelecekteki sürdürülebilir imar düzenlemeler için aktarılması olanaksızdır. Bu da uygulamalarda kamu yararının korumasını zorlaştırmaktadır.

5393 sayılı 'Belediye Kanunu'nda yasal adını alan; imara aykırı, kaçak, yoğun yapılaşmış, çöküntü alanlarında ki imar düzenlemelerini anlatan kentsel dönüşüm uygulamaları için ise bir uygulama yöntemi mevcut değildir. Önerilen yöntem ise değer esaslı yöntemdir. Bu yönteme göre yapılacak uygulama için bir süreç ve onlara ilişkin adımlar bu makalede anlatılmaktadır.

Değer Esaslı Uygulama yöntemine göre yapılacak uygulamalarda 18. Madde için anlatılan sakıncalar da büyük ölçüde giderilebilecektir. Toplumsal meşruiyetin sağlanabilmesi olanaklıdır. Onun için değer esaslı yöntem imar uygulamalarında mutlaka yasal zorunluluk olmalıdır. Değerleme esaslı yönteme göre uygulama yapabilmek için;

- Türk Medeni Kanunu da dâhil tüm kanunlarda mülkiyet, mülkiyet hakları ve onların kullanımı yeniden düzenlenmelidir.
- Mutlaka yasal bir dayanak oluşturulmalıdır. Bunun için mutlaka Mecliste olan 'Dönüşüm Alanları Hakkında Tasarısı' kanunlaşmalıdır.
- Değerleme, değerleme şirketleri ve değerleme standartları ile yasal ve kurumsal yapılar oluşturulmalı, yetki ve sorumlulukları tanımlanmalıdır.
- Ülke genelinde güvenilir ve kanuni dayanağı olan taşınmaz mal pazarı oluşturulmalıdır (Mainz, 2007).
- Ülke genelinde taşınmazların belli aralıklarla güncelleştirilmesi gereken ve emsal değerlerin edinilmesinde dayanak olacak değer haritaları yaptırılmalı ve bunun için kanuni düzenekler hazırlanmalıdır.

KAYNAKLAR

1. ÜLGER, N. E. (2004). "İmara Aykırı ve Kaçak Yapılaşmış Alanlarda Taşınmaz Geliştirme Seçeneği", İ.Ü. Mühendislik Fakültesi Yerbilimleri Dergisi, Cilt 17, Sayı 1, s. 57 – 66.
2. Erkan, M. "Sabit Varlıklara Yatırım". www2.aku.edu.tr/~mehmeterkan/sayfalar/sabitv.ppt
3. Yıldız, N. (1977). "Arsa Düzenlemesi", İstanbul Devlet Mühendislik ve Mimarlık Akademisi yayınları, s.62.
4. Ülger, N. E. (2006). "Kentsel Dönüşüm ve Uygulamalar Grubu Raporu", İstanbul Metropoliten Planlama.
5. İBB (2008). "Bayrampaşa Dönüşüm Projesi", Deprem Risk Yönetim ve Kentsel İyileştirme Daire Başkanlığı, Kentsel Dönüşüm Müdürlüğü, İstanbul.
6. Ülger, N.E. (2008). "Türkiye'de Arsa ve Arazi Düzenlemeleri ve Dönüşüm", Arsa ve Arazi Düzenlemelerinde Taşınmaz Mal Yönetimi ve Değerlemesi, İlkeler ve Uygulama Örnekleri Uluslararası Katılımlı Sempozyum, İBB İstanbul Metropoliten Planlama Merkezi, İstanbul.
7. Mainz şehri Bölgesi için Parsel Değerlerinin Bilirkişi Komisyonun Değerlendirmesi, Parsel Pazarı Raporu 2007.

TAPU VE KADASTRO GENEL MÜDÜRLÜĞÜ VE MEKANSAL PROJELERİ

G. YALÇIN, B. ERKEK*, S. BAKICI**

* *Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü, Fotogrametri ve Geodezi Dairesi Başkanlığı, Ankara, gyalcin@tkgm.gov.tr, berkek@tkgm.gov.tr, sbakici@tkgm.gov.tr*

Özet

Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM), harita-tapu-kadastro çalışmalarında önde gelen kurumlardandır ve Avrupa Birliği (AB)'ne katılım öncesinde birçok mekansal projeyi yürütmektedir.

Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Projesi (TUCBS) kurumun yürüttüğü projelerden biridir. Bu proje ile Avrupa Birliği ülkelerince yürütülecek olan INSPIRE (The Infrastructure for Spatial Information in Europe) Direktifi temel alınmıştır. Ulusal düzeyde uzun soluklu bir çalışma olacak olan bu projenin ilk uygulama ayağı, coğrafi bilgi portalına kurumlar tarafından eklenecek verilerin listesinin oluşturulması, metaveri standartlarının belirlenmesi ile standartlara uygun biçimde metaverilerin oluşturulmasıdır. Bu kapsamda TAKBİS (Tapu ve Kadastro Bilgi Sistemi) Projesi altında, TUCBS'nin ilk uygulama kuralı olan metadata partalının kurulması, metadataların girilmesi ve sorgulanmasını içeren aşama Harita Bilgi Bankası Projesi ile gerçekleştirilmiş ve www.hbb.tkgm.gov.tr/metadata üzerinden kullanım hizmetine sunulmuştur. Harita ve harita bilgilerinin metaverilerinin girilmesi ve yayınlanması projesidir. Ülkemizde birçok kamu kurumu tarafından harita ve harita bilgisi üretimi yapılmakta olup, kurumlar arasında üretim koordinasyonunu sağlamak ve mükerrer harita ve harita bilgisi üretimini engellemek üzere son yasal düzenleme BÖHHBÜY ile geliştirilmiştir, ISO TC211 19115 Metadata Standardı kullanılmıştır. TUCBS anlamında INSPIRE Direktifi'nin EK1 tablosundaki "Coğrafi Referans Sistemleri" gereksinimi TKGM tarafından yürütülmekte olan TUSAGA-Aktif Projesi ile yerine getirilmiş olmaktadır. EK2 tablosunda yer alan "Ortofotolar" gereksinimi için de başlangıç olarak 29 Haziran 2009 Pazartesi günü Adana, İzmir, Mersin ve Manisa illerini kapsayan 1/5000 Ölçekli Sayısal Renkli Ortofoto Üretim İşleri ihaleleri gerçekleştirilmiştir. Bu ortofotolar aynı zamanda Tapu ve Kadastro Modernizasyon Projesi (TKMP) kapsamında kadastro yenileme çalışmalarına altlık oluşturacaktır.

Anahtar kelimeler : *Tapu, kadastro, TUCBS, TUSAGA-Aktif, metadata, ortofoto*

GENERAL DIRECTORATE OF LAND REGISTRY AND CADASTRE AND SPATIAL PROJECTS

Abstract

General Directorate of Land Registry and Cadastre (GDLRC) is a leader institution about map-land registry-cadastre and has executed many spatial projects during Pre-Accession to European Union.

Turkish National Geographic Information System (TNGIS) Project is one of the projects of GDLRC. In this project INPIRE (The Infrastructure for Spatial Information in Europe) Directive which is executed by European Union (EU) member countries is accepted as a basic document. This is a national-wide, long-term project. The first application step is to create the list of the institutions which ones will be added to the geographic information portal, to determine metadata standards and to publish metadata using these standards. In this concept Geoportal Projects is created under Land Registry and Cadastre Information System Project on www.hbb.tkgm.gov.tr/metadata web site that serves actively now. This web site is responsible to register and

publish information about maps. Its legal power based on Regulation on production of Large Scale Maps and Map Information dated 2005. The aim is to provide coordination among map related institutions and to avoid duplicate production because there are many institutions that produce map or map information. While creating metadata on this web site ISO TC211/19115 Metadata Standard is used. The second project is CORS_TR (Continuously Operating Reference System in Turkey) that is the other project will serve for TNGIS Project). The first article in Annex I in INSPIRE Directive (coordinate reference system) is realized by CORS_TR Project and studies. The coordinate reference system is one of the required spatial themes. Another required spatial theme is "orthophoto/orthoimagery" in Annex II in INSPIRE Directive. For the beginning to produce orthophoto 1/5000 Large Scale Digital Colored Orthophoto Production Adjudication that involves the cities of Adana, Izmir, Mersin and Manisa is realized on 29th June, 2009. In addition to this the orthophotos will be the base documents for Land Registry and Cadastre Modernization Project to renew the cadastre.

Keywords: *Land registry, cadastre, CORS-TR, Turkish National GIS (TNGIS), metadata, orthophoto.*

1. Giriş

Tüm dünyada olduğu gibi Türkiye'de de mekansal (konumsal) verilere ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Konuma dayalı bilgilerin toplanması, saklanması, işlenmesi, sunulması işlevlerini bir bütün olarak gerçekleştiren Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), günümüzde toplumların her alanda kullanabilecekleri bir bilişim haline gelmiş ve ulusal bilişim politikalarının önemli bir bileşeni olarak yerini almıştır (Yomralıoğlu, 2003). CBS'nin temeli mekana dayalı verilerdir. Spatial Data Infrastructure – SDI- olarak anılan mekansal veri altyapısı, temelde, mekansal veri kullanıcıları arasında mekansal verilerin değişimi ve paylaşımının kolaylaştırılması ve koordinasyonudur. İdari seviyede mekansal veri altyapısının geliştirilmesinde en önemli amaç, ekonomik, sosyal ve çevresel kararlar verebilmede daha iyi sonuçlara erişmektir. Bu altyapının rolü, mekansal bilginin tüm üreticilerinin ve kullanıcılarının daha iyi örgütsel amaçlara erişebilmeleri için etkili ve etken işbirliği ortamı sağlamaktır. Mekansal veri altyapıları, karar verme işlemleri için mekansal teknoloji desteğini esas alan erişilebilir mekansal veri setlerinin yaygın kullanımının geliştirilmesi potansiyeline sahiptir (Paudyal ve McDougall, 2008). Mekansal veriler sürdürülebilir gelişmede önemli bir yere sahiptir, e-Devlet'in önemli ve gerekli bir bileşenidir. Her geçen gün daha fazla insan Internet üzerinden mekansal bilgilere ulaşmak istemektedir (Li, Wu ve Xiao, 2008).

Ülkemizde bir e-Devlet projesi olan TUCBS yolunda çalışmaların ilk adımları Bakanlıklar Arası Harita İşlerini Koordinasyon ve Planlama Kurulu (BHİKPK) tarafından 1999 yılında düzenlenen "CBS Kurma Çalışmalarının Koordinasyonu Sempozyum ve Paneli" ile atılmıştır ve Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi (TUCBS) Politika ve Stratejisi Esasları Taslağı" dökümanı hazırlanmıştır. 2000 yılında da Başbakanlık tarafından Ulusal Bilgi Sistemi (UBS) Projesi gündeme getirilmiş, kamu kurum ve kuruluşlarının yetki ve sorumluluğu dahilinde yapılan faaliyetler sonucunda üretilen konumsal verilerin dağıtılmış bilgi sistemleri ortamında, ulaşılabilir ve kullanılabilir olması hedeflenmiştir. Proje; politikalar, teknoloji, kurumlar, standartlar, veri ağları, veri tabanları, veri kaynakları, veri ve kullanıcılar bileşenlerinden oluşmaktadır (Yomralıoğlu, 2003).

Başbakanlığın 04.12.2003 tarihli ve 2003/48 sayılı Genelgesi kapsamında hayata geçirilen e-Dönüşüm Türkiye Projesi Kısa Dönem Eylem Planı "Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi (TUCBS) Oluşturulabilmesi İçin Bir Ön Çalışma Yapılması" konulu 47 numaralı eylem kamu kurum ve kuruluşları, büyükşehir belediyeleri, üniversiteler ve özel sektörün katılımıyla Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü sorumluluğunda yürütülmüş ve uygulama dönemi sonunda Devlet Planlama Teşkilatına sunulmuştur. 47 no'lu Kısa Dönem Eylem Planı sonucunda hazırlanan raporda; "Ülkemizdeki ve dünyadaki Coğrafi Bilgi Sistemi çalışmaları incelenmiş, detaylı mevcut durum analizleri yapılmış, sorunlar belirlenmiş, beklentiler ortaya konmuş ve 2005 yılı Uygulama Planı önerisi getirilmiştir".

Ülkemizin bilgi toplumuna geçiş sürecinde, bilgi toplumu strateji belgesinin hazırlanmasına kadar geçecek sürede zaman kaybını önlemek amacıyla 2005 yılında uygulanması öngörülen Eylem Planı Devlet Planlama Teşkilatı'nın koordinasyonunda hazırlanmış ve 24.03.2005 tarihli ve 2005/5 sayılı Yüksek Planlama Kurulu Kararı ve eki e- Dönüşüm Türkiye Projesi 2005 yılı Eylem Planı 1 Nisan 2005 tarih ve 25773 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir.

2005 Eylem Planı'nda, **Eylem36** "Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi (TUCBS) Oluşturmaya Yönelik Altyapı Hazırlık Çalışmaları" yapılmasıdır. Eylem kapsamında; İşlem ve Veri Kapsamı ile Standartların (Sınıflandırma, Metaveri, Veri Toplama-Depolama-Kalite-Paylaşım Esasları) Belirlenmesi, İletişim Alt Yapısı, Kurumsal Yapılanma Görev ve Sorumlulukların Tanımlarını İçeren TUCBS Politika/Strateji Dokümanının Hazırlanması ve Yasal Düzenleme İhtiyaçları Tespit Edilmesini hedeflenmiştir (TKGM, 2006).

28/07/2006 tarihli ve 26242 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren Ulusal Bilgi Toplumu Stratejisi ve ekinde yer alan Eylem Planı, 2006-2010 döneminde Türkiye'nin bilgi toplumu olma yolunda izlemesi gereken politikalar ile atması gereken adımları belirlemektedir. *Kamu Yönetiminde Modernizasyon* başlığında yer alan "kamu kurumları arasında işbirliği ve birlikte çalışabilirlik yeteneklerinin geliştirilmesi, kaynak israfının azaltılması, iş süreçlerinde verimliliğin artırılması ve bilgiye dayalı politika ve karar oluşturma süreçlerinin geliştirilmesinde bilgi ve iletişim teknolojileri en önemli araç olacaktır" amacına paralel olarak, coğrafi bilgi sunum platformu gibi ortak altyapıların kurulması hedeflenmiş ve eylem planında 75 nolu "Coğrafi Bilgi Altyapısı Kurulumu" eylemi tasarlanmıştır. Eylem kapsamında coğrafi veri içerik ve değişim standartlarının belirlenmesi ve coğrafi bilginin paylaşımını sağlayan bir portalın oluşturulması hedeflenmektedir. Söz konusu eylemin detayları ve uygulama adımları hakkında bilgi http://www.bilgitoplumu.gov.tr Internet adresinden erişilebilen Program Tanımlama Dokümanında bulunmaktadır. Bu kapsamda, Eylem75, TKGM bütçesinde "Etüt Proje" olarak yer almıştır.

Ulusal kalkınmada ve sürdürülebilir gelişmede bilgi teknolojilerinden tam anlamıyla yararlanabilmek için ülkedeki ulusal bilgi/veri altyapısının kurulmuş ve bilgilerin/verilerin hizmetinin örgütlenmiş olması gerekmektedir. Bu bilinçle, Kadastro Kanunu ile "… mekansal bilgi sisteminin altyapısını oluşturmak" hedeflenmiştir (5304 sayılı Kanunla Değişik Kadastro Kanunu, Madde 1). Mekansal veri altyapısını kurmayı amaçlayan TUCBS Projesi, Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü'nün yürütücülüğünde devam etmektedir. Kamu Yönetiminde Modernizasyon başlığında yer alan ve Genel Müdürlüğümüz sorumluluğunda yürütülen 75 nolu " Coğrafi Bilgi Altyapısı Kurulumu" projesi ile; Ulusal düzeyde teknolojik gelişmelere de uygun coğrafi bilgi sistemi altyapısı kurulacak, Kamu kurum ve kuruluşlarının sorumlusu oldukları coğrafi bilgileri ortak altyapı üzerinden kullanıcılara sunmaları amacıyla bir portal oluşturulacak, Coğrafi verilerin, tüm kullanıcı kurumların ihtiyaçlarına cevap verecek şekilde içerik standartları oluşturulacak ve Coğrafi veri değişim standartları belirlenecektir.

2. TUCBS ve INSPIRE

TUCBS ile ülkedeki coğrafi bilgi kullanıcılarının konuma dayalı karar verme durumlarında ihtiyaç duyulan doğru ve güncel coğrafi bilginin ulusal standartlarda çevrimiçi (online) erişimine olanak tanınması amaçlanmaktadır (TKGM, 2006). Bu proje ile Avrupa Birliği ülkelerince yürütülecek olan INSPIRE (The Infrastructure for Spatial Information in Europe) temel alınmıştır.

Avrupa Birliği Parlementosu tarafından 23 Temmuz 2004 tarihinde onaylanan ve yayınlanan INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in the European Community: Avrupa Birliği Coğrafi Bilgi Altyapısı) DİREKTİFİ, Avrupa Birliğindeki CBS faaliyetlerini yasal zemine oturtmaktadır. INSPIRE DİREKTİFİ, birliğe üye tüm ülkelere, bu direktif içinde yer alan teknik ve idari düzenlemelere uyma zorunluluğunu getirmektedir. INSPIRE projesinin amacı, Avrupa'da herhangi bir kullanıcının, gerçek zamanlı, olarak güncel coğrafi bilgiye erişilmesini sağlamaktır. Bu amaca ulaşmak için INSPIRE Projesi, dört temel aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşama, Avrupa Birliği ülkelerinde yer alan coğrafi

veri setlerinin dokümantasyonun hazırlanması (metaverilerin oluşturulması) ve bu dokümantasyona erişim için gerekli araçların geliştirilmesidir. İkinci aşama, farklı kaynaklardan erişilen farklı veri setlerinin ortak bir sistemde harmonize ederek kullanıma açılmasıdır. Üçüncü aşama; coğrafi objelere (örneğin ulaşım, orman, vb.) ilişkin ortak coğrafi veri modelleri geliştirilerek mevcut veri setlerinin entegrasyonudur. Dördüncü ve son aşama ise, farklı ulusal ve lokal düzeylerdeki, farklı düzey (ölçek) ve farklı kaynaklara sahip coğrafi veri setlerini, ortak standartlar ve protokoller kullanarak, sürekli (seamless) coğrafi veritabanları şeklinde entegre edebilecek hizmetlerin sunulmasıdır (TKGM, 2005).
INSPIRE Direktifi, 25.04.2007 tarihli Avrupa Birliği resmi gazetesinde yayınlanarak uygulamaya geçmiştir (Akıncı ve Cömert, 2009; European Parliament and of the Council of European Union, 2007). 2009-2013 yılları INSPIRE Direktifi'nin Uygulama Dönemi'dir. Üye ülkelerde yasal olarak kabul edilir edilmez, belirlenen yol haritalarına göre uygulamaya başlanacak ve izlenecektir. INSPIRE Direktifi kapsamında gereksinimlerin ilk sırasını "metadata", ikinci sırasını INSPIRE Direktifinde EK1, EK2 ve EK3 tablolarında belirtilen konumsal veri katmanları ve servisleri yer almaktadır (Aydınoğlu vd, 2005). TUSAGA-Aktif Projesi EK1'in ilk maddesi olan "coğrafi referans sistemleri" (Kadastre International, 2007) ile, Ortofoto Üretim İşleri Projesi EK2'nin üçüncü maddesi olan "ortogörüntü" (Kadastre International, 2007) ile bağdaştırılarak yürütülmektedir. INSPIRE Direktifi'nin Uygulama Kurallarının ilk maddesi "metadata"dır (Kadastre International, 2007). Direktife göre üye ülkelerin konumsal veri setleri ve servisleri için metaverilerini üretmeleri ve güncellemeleri gerekmektedir. Harita Bilgi Bankası (HBB) Projesi de http://hbb.tkgm.gov.tr/metadata/ web adresi üzerinden metaverilerin girilebildiği ve güncellenebildiği bir projedir.

2.1 Coğrafi Referans Sistemleri

Türkiye Ulusal Sabit GPS Ağı (TUSAGA), askerî ve sivil projelere yönelik veri toplama şeklini, aktif ve sürekli yapıya dönüştürerek; daha duyarlı 3 boyutlu konum belirlemek amacıyla başlatılan projedir. Projenin amacı temel olarak savunma ve kalkınmaya yönelik tüm alt yapı projelerinde teknolojik olarak etkin ve ekonomik bir şekilde yerküresi uydu tabanlı konumlama sisteminde üretilecek olan düzeltme bilgilerinin yayımlanması suretiyle hassas konum belirleme sistemini kurmaktır. Harita Genel Komutanlığı (HGK) ve Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM) başta olmak üzere harita ve harita bilgisi üreten kurumlar ile gerçek ve tüzel kişilerin yersel ve bölgesel boyutta jeodezik nokta tesisi (nirengi, poligon vb.) ölçüm ve hesaplamalarının hızlı ve doğru olarak yapılması, tapu ve kadastro bilgi sistemlerinde gereksinim duyulan veri dönüşümlerinin gerçekleştirilmesi amaçlanmaktadır (http://www.hgk.mil.tr/haritalar_projeler/jeodezi/tusaga_aktif.htm).

Günümüzde, konum belirlemede GPS teknikleri önemli bir yere sahiptir. Konumsal bilgilerin çok sayıda kullanım alanı bulunmaktadır. E-devlet projeleri de bu alanlardan birisidir (Yıldırım vd, 2009). TKGM tarafından yürütülen ve bir e-devlet projesi olan TUCBS Projesi'nin temel aldığı INSPIRE Direktifi'nin temel gereksinimlerdeki EK1 listesinin başında "coğrafi referans sistemleri" gelmektedir.

2.2 Metadata

INSPIRE Direktifi ile Avrupa Birliği üye ülkeleri; coğrafi veri setlerine ve coğrafi veri hizmetlerine ilişkin metaverileri (INSPIRE Teknik Yönetmeliğine uygun olarak) hazırlayacaklar ve güncel tutacaklardır. Direktifin ekinde (EK I) yer alan aşağıdaki coğrafi detaylara[1] ilişkin metaverileri direktifin yayın tarihinden itibaren 2 yıl içerisinde hazırlayacaklardır. Direktifin 2. ve 3. ekinde (EK II ve EK III) yer alan coğrafi detaylara[1] ilişkin metaverileri ise direktifin yayın tarihinden itibaren 5 yıl içerisinde hazırlayacaklardır (TKGM, 2005).

[1] EK1: Coğrafi referans sistemleri, coğrafi grid sistemleri, coğrafi yer isimleri, idari birimler, ulaşım ağları, hidroğrafya, koruma altına alınmış alanlar

Ülkemizde TUCBS'ye altlık olması açısından metaverilerin girilmesi ve güncellenebilmesi için bir web sayfası hazırlanmış ve http://hbb.tkgm.gov.tr/metadata/ web adresi üzerinden uygulamaya konmuştur. HBB Projesi yasal altlığını 2005 yılında yürürlüğe giren Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği'nin 103, 104 ve 105. Maddelerinden almaktadır. Projede ISO 19115/TC211 standartları kullanılmıştır.

Web sayfası hazırlık aşamasında dahi "Test Aşamasındadır" uyarısı ile kullanıcılara sunulmuş, her aşamada eleştiriler ve yorumlar alınmış, çalışmalara bu kapsamda yön verilmiştir. Şu anda Metadata Girme, Metadata Sorgulama, Yer Kontrol Noktası Sorgulama, Google Earth ile Entegrasyon işlevleri hizmet vermektedir (Yalçın ve Bakıcı, 2008; Yalçın vd, 2007; Bakıcı vd, 2007;).

Proje çalışması süresince katılım geniş tutulmaya çalışılmıştır ve halen de çalışmalar bu şekilde sürdürülmektedir. Projeye başlamadan önce analiz çalışmaları kapsamında Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü ile Tapu ve Kadastro Bölge Müdürlüklerinin (22 adet) ilgili idari ve teknik personeli bilgilendirilmiştir. Ardından ilgili kurumlarımızın üst yönetimi ve teknik personeliyle aynı bilgilendirme toplantıları yapılmış ve yorumları alınmıştır. Projenin yazılımının tamamlanmasının ardından test çalışmaları yapılmaya başlanmıştır. Test sürecinde de yine katılım geniş tutulmaya çalışılmıştır. Bölge Müdürlüklerimize ve kurumlarımıza 27.02.2007-02.03.2007 ile 24.04.2007-27.04.2007 tarihleri arasında ayrı ayrı birer haftalık uygulamalı eğitimler verilmiştir ve test verilerini girmeleri istenmiştir. Bu çalışmalar sonucunda gelen geribildirimlere göre yazılım iyileştirilmiştir.

Harita ile ilgili kurumların üst yönetiminin ve teknik personelinin proje ile ilgili farkındalığının arttırılabilmesi için 16.09.2008 ve 26.01.2009 tarihli iki grup halinde iki resmi yazı yazılmış, yazıların gereği olarak her kurum Genel Müdür Yardımcımız, Daire Başkanımız ve Proje Sorumlusu ile birlikte ayrı ayrı ziyaret edilerek farkındalık toplantıları gerçekleştirilmiştir.

Tapu ve Kadastro Bölge Müdürlüklerine, diğer kamu kurum ve kuruluşları tarafından BÖHHBÜY'ne göre üretimi yapılmış işlerin, kadastro ve bölge müdürlüklerimize kontrol amacıyla gelmesi durumunda, öncelikle http://hbb.tkgm.gov.tr/metadata web adresi üzerinden, Harita Bilgi Bankası'na metadata giriş kontrollerinin yapılması hususu, 06.04.2009 tarihli yazımız ile bildirilmiştir. 13.04.2009 tarihli Bakan Onaylı yazımız ile de projenin faaliyet esasları belirtilmiş ve metadata girişlerinin yapılacağı web portalı tekrar duyurulmuştur.

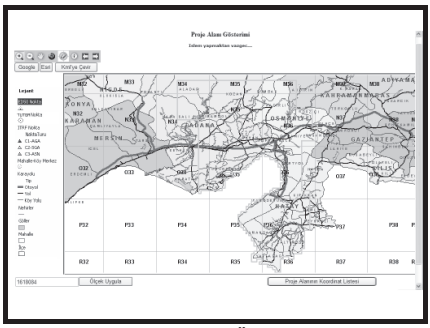
Projenin gerek ülke düzeyinde ve gerekse uluslar arası arenada tanıtımı amacıyla toplantılarda, seminerlerde sunumu yapılmış ve bildiriler sunulmuştur. Halen imkânlar ölçüsünde de tanıtım çalışmalarına devam edilmektedir. Yapılan çalışmaların mümkün olduğunca her platformda sunulabilmesi için çaba harcanmıştır, bu konuda bildiriler de yayınlanmıştır.

2.3. Ortofoto

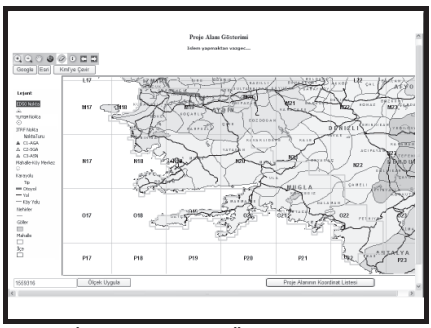
Mekansal veri üretmenin ve mekansal veri seti yaratmanın yöntemlerinden biri fotogrametrik yöntemdir. Fotogrametrik yöntem hızlı, doğru ve güvenilir veri toplama teknolojilerinin en önemlilerindendir. Ayrıca ortofoto teknolojisi kullanıldığında coğrafi bilgi sistemleri için kullanılan haritalar gerçek yeryüzü görüntüsü ile entegre olduğundan görsel bilgi zenginliğini de sağlamaktadır (Çelik vd, 2005). Sayısal ortofoto ürünler, CBS ile kullanımında hızlı karar verme imkanı sağlamaktadır. Veriler kısa zamanda toplanabilmekte ve planlama açısından kısa zamanda çözümler üretilebilmektedir. Ortofotoların kısaca belirtilen bu avantajlarından ve önemlerinden dolayı Ulusal Ortofoto Bilgi Sistemi'nin kurulması yönünde adımlar atılmıştır. Bakanlıklar Arası Harita İşlerini Koordinasyon ve Planlama Kurulu (BHİKPK)'nun Bilimsel Araştırma ve Koordinasyon Komisyonu (BARKOK), kamu kurumlarındaki üretim ve kullanım kapasitelerinin belirlenmesi ve eldeki mevcut imkanlar ile ulusal ortofoto bilgi sistemi kurulumunun maliyet analizleri ve gereksinimlerinin belirlenmesini amaçlamıştır (Ayhan vd, 2009). Komisyonun çalışma raporuna göre anket sonuçları ortofoto üretiminde sadece hava fotoğrafı kullanım oranı %17, hem hava fotoğrafı hem de uydu

görüntünün beraber kullanım oranı %52'dir. Buna ek olarak ulusal ortofoto bilgi sistemi kurulması %96 gibi yüksek bir oranla istenmektedir (BARKOK Raporu, 2009).

Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü bu yönde çalışmalara devam ederek Dijital Kamera alım işlemini tamamlamıştır. Ayrıca Adana, İzmir, Mersin ve Manisa illerini kapsayan 1/5000 Ölçekli Sayısal Renkli Ortofoto Üretim İşleri ile ilgili Adana ve İzmir adları altında ilk iki ihaleyi 29 Haziran 2009 Pazartesi günü gerçekleştirmiştir. Şekil1 ve Şekil2'de İzmir ve Adana işlerine ait ihalelerin HBB web sayfasındaki proje alanları görülmektedir.



Şekil1: Adana - Ortofoto Üretimi Proje Alanı



Şekil2: İzmir - Ortofoto Üretimi Proje Alanı

INSPIRE Direktifi'nin EK2'de belirtilen gereksinimlerinden biri de ortofotolardır. Ayrıca ortofoto metaverilerinin, metaveri uygulama esaslarının kabul edilmesini takiben en geç 2 yıl içerisinde oluşturulması beklenmektedir.

3. Sonuç ve Öneriler

Türkiye'de mekânsal veri altyapısını oluşturma çalışmaları, Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi (TUCBS) olarak adlandırılan proje ile TKGM tarafından yürütülmektedir. Proje kapsamında INSPIRE (The Infrastructure for Spatial Information in Europe) Direktifi temel alınmıştır. Harita Bilgi Bankası (HBB) Projesi, TUSAGA-Aktif Projesi ve Ortofoto Üretim Projesi, bu uzun dönemli TUCBS'ye altlık oluşturacak projelerdir.

Kaynaklar

Akıncı, H. ve Cömert, Ç. (2009), "TUCBS ve INSPIRE Teknik Mimarisi", *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, 11-15 Mayıs 2009, Ankara.

Aydınoğlu, A.Ç., DeMaeyer, Ph. ve Yomralıoğlu, T. (2005), "Avrupa'da Konumsal Veri Altyapısı Politikaları", *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, 28 Mart-1 Nisan 2005, Ankara.

Ayhan, E., Kurt, M., Maraş, H. ve Erkek, B. (2009), "Ortofoto Görüntüler, Türkiye'deki Kullanım ve Ortofot Bilgi Sistemi Gereksinimi", *Bakanlıklar arası Harita İşlerini Koordinasyon ve Planlama Kurulu I. Sempozyumu*, 23-25 Şubat 2009, Ankara.

Bakıcı, S., Yalçın, G., Erkek, B. Ve Ünal R., (2007), Harita Üretim İzleme (Harita Bilgi Bankası) Çalışmaları, *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi* 30 Ekim-02 Kasım 2007, KTÜ, Trabzon.

BARKOK - Bilimsel Araştırma ve Koordinasyon Komisyonu Raporu (2009), http://www.hgk.mil.tr/uyekurulus/bhikpk/komisyonlar/bilim_aras_kor_kom_2009.pdf

Çelik, R.N., Özlüdemir, M.T., Doğru, A.Ö. ve Güney, C. (2005), "Mekansal Veri Toplama Teknolojileri ve Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği", *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, 28 Mart-1 Nisan 2005, Ankara.

European Parliament and of the Council of European Union, 2007. Directive 2007/2/EC of the European Parliament and of the Council of 14 March 2007 Establishing an Infrastructure for Spatial Information in the European Community (INSPIRE), Official Journal of the European Union, L 108, Volume 50, 25 April 2007.

Li, Pengde/Wui Lan/Xiao, Xuenian (2008), "SDI in China: Progress and Issues", *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences,* Vo.XXXVII, Part B4, Beijing, China.

Paudyal, Dev Raj/McDougall, Kevin (2008), "Building Spatial Data Infrastructure to Support Sustainable Catchment Management", *Queensland Spatial Conference 2008*, 17-19 July 2008, Gold Coast.

TKGM (2006), Eylem36 Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi (TUCBS) Oluşturmaya Yönelik Altyapı Hazırlık Çalışmaları Raporu, TUCBS Politika ve Strateji Dökümanı, Nisan 2006, Ankara. http://www.bilgitoplumu.gov.tr/2005EP/Rapor/Diger/36.eylem_TUCBS_Sonuc%20Raporu.pdf

TKGM (2005), Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi Oluşturulabilmesi için Ön Çalışma Raporu Eylem47, Ocak 2005, Ankara. http://www.bilgitoplumu.gov.tr/kdep/rapor/kdep_47_rapor.pdf.

Yalçın, G., Yıldırım, Ö. ve Bakıcı, S. (2007), "Map Related Projects in General Directorate of Land Registry and Cadastre in Turkey", *FIG Working Week 2008*, 14-19 Haziran 2008, Stockholm İsveç.

Yalçın, G. ve Bakıcı, S. (2008), "Metadata Portal for Maps in Turkey", The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vo.XXXVII, Part B4, Beijing, China. s.1605-1610.

Yıldırım Ö, Bakıcı, S., Cingöz, A., Erkan, Y., Gülal, E. Ve Dindar, A.A. (2009), "TUSAGA-Aktif (CORS-TR) Projesi ve Ülkemize Katkıları", *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi*, 30 Ekim-02 Kasım 2007, KTÜ, Trabzon.

Yomralıoğlu, Tahsin, (2003), "Coğrafi Bilgi Sistemi Politikası", Çağrılı Bildiri, *TUJK CBS ve Jeodezik Ağlar Çalıştayı*, Selçuk Üniversitesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, s.104-113, ISBN: 975-591-587-7, Konya. http://www.gislab.ktu.edu.tr/yayin/PDF/03TYB01.pdf

22.02.2005 tarihli ve 5304 sayılı Kadastro Kanununda (3402 sayılı kanunda) Değişiklik Yapılması Hakkında Kanun. http://www.resmi-gazete.org/sayi/11897/5304-kadastro-kanununda-degisiklik-yapilmasi-hakkinda-kanun.html

Harita Genel Komutanlığı, http://www.hgk.mil.tr/haritalar_projeler/jeodezi/tusaga_aktif.htm

---

[1] EK2: Sayısal arazi yükseklik verileri, adres verileri, tapu ve kadastro bilgileri, arazi örtüsü, orto-görüntüler.

EK3: İstatistik verileri (nüfus, vb.), binalar, toprak, jeoloji, arazi kullanımı, insan sağlığı ve güvenliği, kamu hizmeti tesisleri (hastane, okul, atık su tesisleri, vb.), üretim ve endüstri tesisleri, tarım tesisleri, nüfus dağılımı-demografi, sınırlandırılan ve korunan alanlar, doğal alanları, atmosferik detaylar, meteorolojik detaylar, oşinografik detaylar, denzi bölgeleri, habitat bölgeleri, bitki ve hayvan türlerinin dağılımı. (Aydınoğlu vd, 2005)

İKİNCİ OTURUM

Oturum Başkanı: Doç. Dr. Engin GÜLAL

Barajlarımız ve Deformasyon İzleme Çalışmaları Atatürk Barajı Örneği
Y. Kalkan

Baraj Ölçüm Aletleri Borçka - Muratlı Barajları ve Hes Uygulamaları
H. H. Öztürk

Rixos Hotel Binasının Rüzgar Yükü Karşısındaki Tepkisinin GPS ve Yüksek Prezisyonlu Eğim Sensörü Verileri ile Analizi ve Sensörlerin Karşılaştırılması
C. Ö. Yiğit, C. İnal, X. Li, L. Ge, C. Rizos, M. Yetkin, M. H. Arslan, S. Doğanalp

GNSS Ölçümleri, Depremsellik, Colomb Gerilme Dağılımı ile Güneybatı Anadoludaki Blok Hareketlerinin Belirlenmesi ve Gerilim Alanlarının Tespiti
E. Gülal, S. Erdoğan, İ. Tiryakioğlu, T. Baybura, H. Erdoğan, M. Soycan, İ. Yılmaz, Ü. Y. Kalyoncuoğlu, M. N. Dolmaz, Ö. Elitok, N. O. Aykut, F. Taktak, A. K. Telli, B. Akpınar, E. Ata, T. Öcalan, K. Gümüş

BARAJLARIMIZ ve DEFORMASYON İZLEME ÇALIŞMALARI ATATÜRK BARAJI ÖRNEĞİ

Y. KALKAN
İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü,
Ölçme Tekniği Anabilim Dalı, İstanbul. kalkany@itu.edu.tr,

Özet

Suyun hayatımızdaki önemi tartışmasız büyüktür. Bu önem, her geçen gün daha da artmaktadır. Bazılarına göre, önümüzdeki asır su asrı olacaktır. Giderek etkisini gösteren Küresel Isınma ve İklim Değişimleri, bu tezi doğrular gibidir. Özellikle, bizim gibi su kaynakları sınırlı olan ülkeler için bu daha da önemlidir. Su kaynaklarımızın etkin değerlendirilmesi, boşa akıp giden akarsularımızın kontrol altına alınması ve uzun vadeli gerçekçi bir planlama ile suyun ve su kaynaklarımızın daha verimli kullanılması sağlanmalıdır. Özellikle, çevreyi de gözeterek akarsularımız üzerine inşa edilecek bent ve barajlar gibi su yapıları ile bu kaynakların akışının düzenlenmesi, suyun biriktirilmesi, sulama, içme ve/veya enerji üretiminde daha etkin kullanılması önem taşımaktadır. Ülkemizde yaklaşık 550 adete yakın baraj inşa edilmiştir. Barajlar gibi önemli ve kritik su yapıları, kendilerinden beklenen fonksiyonları, güvenli ve sürekli olarak yerine getirebilmeleri için bu yapıların izlenmesi ve emniyetlerinin sağlanması önem taşımaktadır.

Bu çalışmada, barajlar hakkında özet bilgi verilmiş ve özellikle büyük barajlarda yapılması gerekli deformasyon izleme teknikleri verilmiştir. Örnek bir çalışma olarak Fırat nehri üzerinde inşa edilmiş olan Atatürk barajı ve bu barajda sürdürülmekte olan deformasyon izleme çalışmalarından bahsedilmiştir. Atatürk barajı, Ülkemizin en büyük barajı olduğu gibi dünyanın da sayılı barajları arasında yer almaktadır. Bu baraj, gerek sulama,gerek içme ve gerekse enerji üretimi bakımından önemli bir konuma sahiptir. Atatürk barajında, farklı disiplinler tarafından uygulanmakta olan Jeodezik ve jeodezik olmayan yöntemler hakkında genel bilgi verildikten sonra özellikle üç yıldan beri sürdürmekte olduğumuz jeodezik yöntemlerle deformasyon izleme çalışmalarından ve ulaşılan sonuçlarından bahsedilmiştir.

Anahtar Kelimeler : *Atatürk Barajı, Deformasyon Ölçmeleri, Jeodezik Teknikler, Jeodezik Olmayan Teknikler, GPS.*

OUR DAMS and DEFORMATION MONITORING STUDIES CASE STUDY - ATATÜRK DAM

Abstract

The importance of water and water structures are increasing recently. This situation is more considerable for such countries like Turkey which located in middle zone of the world. The dams are one of the important engineering structures which are used for water supply, flood control, agricultural uses, drinking and hydroelectric power. Turkey has about 550 large dams. Dams are very large and critical structures and they demand the use or application of precise monitoring methods at regular intervals. Monitoring is an essential component of the dams. In this study, some information about dams and the methods of monitoring are given. The case study, deformation measurements of Atatürk Dam is mentioned. It is the largest dam of our country and also it's accepted among the important dams in the world. It is one of the five dams constructed on Fırat River and has importance including especially irrigation and hydroelectric power. In addition, brief information is given about Atatürk Dam and the methods of geodetic and non-geodetic monitoring measurements applied by different disciplines. Especially geodetic monitoring methods are emphasized and also some of new measuring techniques tested.

Keywords: *Atatürk Dam, Deformation Monitoring, Geodetic Techniques, Non-geodetic Techniques, GPS.*

1. Giriş

Artan dünya nüfusu, yükselen hayat standartları ve bozulan doğal denge suya olan ihtiyacı hızla artırmaktadır. Özellikle, bizim gibi sınırlı su kaynağına sahip olan bir ülke için suyun ve su kaynaklarının önemi daha da büyüktür. Su kaynaklarının yeterince kontrol altına alınması ve boşa akıp giden suların mümkün olduğunca baraj/gölet gibi ortamlarda biriktirilmesi ve bunların var olan enerjilerinin kontrollü ve faydalı bir şekilde açığa çıkarılması temel hedeftir. Ancak, bunlar yapılırken çevrenin de gözetilmesi ve korunması göz ardı edilmemelidir. Barajlar gibi su yapıları, suyu biriktirmek, akımını düzenlemek, sulama, içme ve enerji üretme gibi bir çok fonksiyonu yerine getiren önemli mühendislik yapılarıdır. Bu yapılarda ortaya çıkabilecek herhangi bir olumsuzluk, baraj ve yakın çevresinde yaşayan insanlar için kimi zaman bir afete dönüşebilir ve ülke ekonomileri için de ciddi zararlara neden olabilir. Bu sebeple, bu tür mühendislik yapıları, inşasından itibaren izlenmeye alınıp, jeodezik ve jeodezik olmayan ölçme teknikleri kullanılarak muhtemel değişimleri ve deformasyonları belirlenmeye çalışılır (Kalkan vd., 2006, 2007 ve 2009).

İkinci dünya savaşından sonra, baraj yapım teknolojisindeki hızlı gelişmelere paralel olarak çok daha yüksek ve çok daha hacimli barajlar yapılmaya başlanmıştır. Bu gün için, gövde yüksekliği 300 metrenin üzerinde ve gövde hacmi 200 milyon metre küpten daha fazla olan barajlar inşa edilebilmektedir. Dünyanın en yüksek barajı, 335 m. gövde yüksekliği ile Tacikistan'daki Rogun Barajı olduğu gibi, 540 milyon metre küp gövde hacmi ile Kanada'daki Syncrude Tailings Barajı'dır (Tablo 1). Göl hacmi bakımından Dünyanın en büyük barajı, 39 trilyon 300 bin metre küp göl hacmiyle, Çin'de yeni inşa edilmiş olan Three Gorges Barajı'dır (URL1, URL2). Hidrolik enerji üretimi bakımından ise, dünyanın en büyük kurulu gücüne sahip barajı, şimdiye kadar Brezilya ve Paraguay sınırındaki Itaipu Barajı olduğu bilinmektedir (URL1). Ancak, bu yıl tamamlanan Çin'deki Three Gorges Barajı, 22500 MW kurulu gücüyle, bu alanda da dünyanın en büyük barajı unvanını kazanmıştır. Ülkemizde ise, Uluslararası kriterlere göre baraj niteliğinde olan 550'e yakın baraj bulunmaktadır (URL3 ve URL4). Bu sayıya inşa, proje ve planlama safhasında olan büyük gölet ve barajlar eklenecek olursa, bu sayı yaklaşık 800'e ulaşmaktadır (DSİ, 1999). Bunlar içinde en büyüğü, gövde hacmi bakımından şu an için Dünyada 10. sırada yer alan Atatürk Barajı'dır.

Tablo 1. Gövde yükseklikleri ve gövde hacimleri bakımından dünyada ilk 10'a giren barajlar

	Gövde Yüksekliklerine Göre				Gövde Hacimlerine Göre			
Sıra No	Baraj Adı	Ülke	Yükseklik (m)	Yapım Yılı	Baraj Adı	Ülke	Gövde Hacmı x 1000 m^3	Yapım Tarihi
1	Rogun	Tacikistan	335	1990	Syncrude Tailings	Kanada	540 000	İnşa
2	Nurek	Tacikistan	300	1980	Chapeton	Arjantin	296 200	İnşa
3	Grande Dixence	İsviçre	284	1962	Pati	Arjantin	238 180	İnşa
4	Inguri	Gürcistan	272	1980	New Cornelia Tail.	ABD	209 500	1973
5	Boruca	Kosta Rika	267	1990	Tarbela	Pakistan	121 720	1976
6	Vaiont	İtalya	262	1961	Kambaratinsk	Kırgızistan	112 200	İnşa
7	Chicoasén	Meksika	261	1980	Fort Peck	Montana	96 049	1940
8	Manuel M.Torres	Meksika	261	1981	Lower Usuma	Nijerya	93 000	1990
9	Álvaro Obregón	Meksika	260	1946	Cipasang	Endonezya	90 000	İnşa
10	Mauvoisin	İsviçre	250	1957	**Atatürk**	**Türkiye**	**84 500**	**1990**

Bu çalışmada, barajlar gibi önemli mühendislik yapılarında uygulanmakta olan deformasyon izleme teknikleri tanıtılmış ve örnek bir çalışma olarak Atatürk Barajı ve bu barajda 1990 dan beri sürdürülmekte olan deformasyon izleme çalışmaları hakkında genel bilgi verilmiştir. Özellikle, üç yılı aşkın zamandan beri İTÜ İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, Ölçme Tekniği Anabilim Dalı olarak DSİ'nin desteği ile yaptığımız jeodezik yöntemlerle deformasyon izleme çalışmalarından söz edilmiştir. Bu kapsamda baraj gövdesinde 6 aylık periyotlarda gerçekleştirilen Klasik Açı-Kenar

Ölçmeleri ve GPS Ölçmeleri sonuçlarından bahsedilmiştir. Ayrıca, Kret üzerinde ve Santral Binasında 6 aylık periyotlarda sürdürülen presizyonlu nivelman ölçmelerinin sonuçları hakkında bilgi aktarılmaya çalışılmıştır.

2. Barajlarda Deformasyonların İzlenmesi

Baraj ve yakın çevresi, bir çok nedene bağlı olarak zaman içinde deformasyona uğrayabilir. Barajın yapısı, gövdenin ve su kütlesinin ağırlığı, suyun basıncı, gövde içi su basıncındaki değişim, sıcaklık değişimleri ve yer kabuğu hareketleri gibi faktörler deformasyonların sebepleri olarak sıralanabilir. Geometrik ve fiziksel değişimlere yol açabilen bu faktörlerin izlenmesi ve değişimlerinin belirlenmesi gerekir. Bu değişimlerin anlamlı seviyelerde olup olmadıkları ve kritik değerlere yaklaşıp yaklaşmadıkları belirlenmeye çalışılır. Böylece, zamanında alınacak önlemlerle yapının emniyeti, verimliliği ve yapıdan beklenen faydanın sürekliliği yanında, yol açabileceği zararların da önlenmesi sağlanmış olur. Özellikle son yıllarda bu konuya olan ilgi ve duyarlılık artarak devam etmektedir. Büyük Barajlar gibi önemli mühendislik yapılarında zamanla meydana gelebilecek deformasyonları izlemek için, jeodezik ve jeodezik olmayan bir çok yöntem uygulanmaktadır.

2.1 Jeodezik Yöntemler

Baraj deformasyonlarının izlenmesinde jeodezik ve jeodezik olmayan bir çok yöntem uygulanmaktadır. Jeodezik yöntem, aliynman ölçmelerinden uydu bazlı konum ölçmelerine kadar bir çok farklı ölçme tekniğini içinde barındırır (Tablo 2).

Tablo 2: Jeodezik yöntemle deformasyon izleme teknikleri ve ölçme donanımları

Jeodezik Yöntemler	Kullanılan Alet ve Donanımlar
• Aliynman Ölçmeleri	• Teodolit, Lazer Optik, İnvar Tel vs.
• Klasik Konum Ölçmeleri	• Total Station, Teodolit ve Uzaklık Ölçer
• Uydu Bazlı Konum Ölçmeleri	• GPS, GLONASS ve GALILEO Alıcıları
• Presiz. Trigonometrik Nivelman Ölçmeleri	• Hassas Total Station, Teodolit ve Uzun. Ölç.
• Presiz. Geometrik Nivelman Ölçmeleri	• Presizyonlu Nivelman Donanımı
• Laser Scanner Tekniği	• Laser Scanner
• İnterferometrik SAR Görüntü Tekniği	• SAR Uydu Görüntülerinin Değerlendirilmesi

En fazla uygulanan şekliyle, yatay ve düşey yöndeki deformasyonların izlenmesi işi, bu amaç için oluşturulmuş deformasyon ağlarında, periyodik olarak yapılacak klasik ve/veya uydu bazlı ölçmelerle yapılır. Baraj gövdesi ve yakın çevresindeki konum değişimleri, bölge dışında seçilen referans noktalarına göre, bağıl olarak belirlenmeye çalışılır. Deformasyon beklentisi olan objeler, obje noktaları (deformasyon noktaları) ile temsil edilirler.
Jeodezik yöntemde ölçme metodu ve ölçme aralığının seçimi ve bu ölçmelere ilişkin standartlar, izlenecek barajın türüne, beklenen deformasyonların çeşidine ve barajın bulunduğu aşamaya bağlı olarak
farklılıklar gösterir. Beton kemer ve kaya dolgu barajlar için önerilmiş olan bazı doğruluk kriterleri Tablo 3'de verilmiştir (USAGE, 2002).

Tablo 3: Barajlardaki deformasyon ölçmelerinde uygulanan bazı doğruluk kriterleri

Baraj Tipi	Beton Kemer	Kaya Dolgu
İzleme Doğruluğu	Uzun Periyotlu Ölçmelerde	Uzun Periyotlu Ölçmelerde
	-Yatay Yer değiştirme : ± 5- 10 mm **-Düşey Yer değiştirme : ± 2 mm**	**-Yatay yer değişimi : ± 20-30 mm** **-Düşey yer değişimi : ± 10 mm**
	Kısa Periyotlu Ölçmelerde	Kontrol Yapılarında
	-Derz ve çatlak ölçmelerinde : ± 0.2 mm	**-Oyulma/Erozyon/Dolma : ± 5 -15 cm**

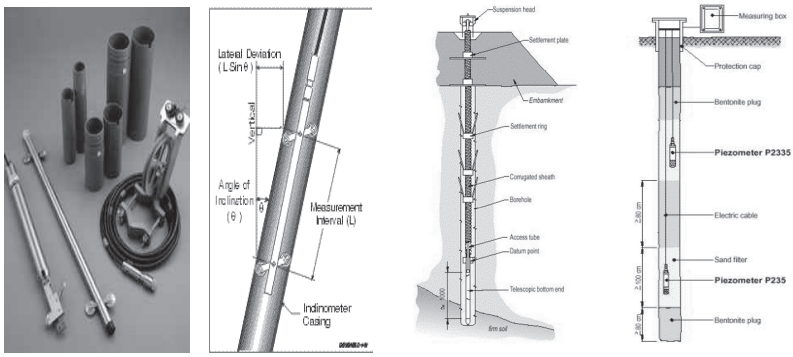
2.2 Jeodezik Olmayan Yöntemler

Jeodezik olmayan deformasyon izleme yöntemlerinde ise, yerin farklı derinliklerindeki yatay-düşey hareketler yanında, baraj ve çevresindeki deformasyonlara neden olan yük değişimleri, yer altı su seviyesi değişimi, gerilme, sıcaklık gibi değişik faktörlerin büyüklükleri ve değişimleri bazı özel donanımlarla ölçülerek izlenir (Tablo 4).

Tablo 4: Jeodezik olmayan deformasyon izleme teknikleri ve ölçme donanımları

Jeodezik Olmayan Yöntemler	Ölçme Donanımları
• Eğim Ölçmeleri(Yatay Konum Değ.)	• İnklinometreler
• Deplasman Ölçmeleri	• Settlement Tubes
• Uzunluk değişim Ölçmeleri	• Extensometreler
• Boşluk suyu basıncı Ölçmeleri	• Piezometreler
• Düşeyden ayrılma Ölçmeleri	• Reversed Pendulum
• Derz Ölçmeleri	• Jointmetreler
• Çatlak Ölçmeleri	• Crackmetreler

Bu donanımların önemli bir bölümü, borulu ve kablolu aletler olarak bilinir (Şekil 1a,b,c).



a) İnklinometre Donatımı b) Oturma Kolonu c) Piezometre

Şekil 1(a,b,c) : Jeodezik olmayan bazı ölçme donanımları

En önemli avantajları, otomatik izleme ve kayıt yapılabilmesi ve bu verilerin belli merkezlerde toplanabilmesidir. Farklı derinliklerdeki yatay konum değişimlerini ölçen inklinometreler (eğim ölçerler) ile yine farklı derinliklerdeki düşey konum değişimlerini ölçen settlement tubes (oturma kolonları) ve boşluk suyu basınç değişimlerini ölçen piezometreler bu aletlerden bazılarıdır.

3. Atatürk Barajı ve Deformasyon İzleme Çalışmaları

Atatürk barajı, gövde hacmi, göl hacımı enerji üretimi ve sulama alanı gibi özellikleri bakımından Ülkemizin en büyük barajı olduğu gibi dünyanın da sayılı barajları arasında yer almaktadır. Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP) kapsamında Fırat Nehri üzerinde inşa edilen beş barajdan birisi olup Şanlıurfa ve Adıyaman il sınırlar içinde yer almaktadır.

1983 -1992 yılları arasında yapılan baraj, hem sulama, hem içme suyu, hem de enerji amaçlı olarak inşa edilmiştir. Baraj gölünden alınan sulama suyu, Şanlıurfa tünelleri ve pompaj istasyonları ile Harran Ovasına ulaştırılmakta ve yaklaşık 900 000 hektarlık bir alanın sulanması sağlanmaktadır. Ayrıca, Şanlıurfa şehrinin içme ve kullanma suyunun temin edildiği Atatürk Barajı, aynı zamanda Türkiye'nin enerji ihtiyacının da önemli bir bölümünü karşılayan bir hidro-elektrik santralını

beslemektedir. Gövde yapısı, kil çekirdekli kaya dolgu tipinde yapılmış olan bu baraja ait bazı teknik bilgiler ve barajın genel bir görüntüsü Tablo 5'de verilmiştir.

Tablo 5: Atatürk barajına ait bazı teknik bilgiler ve bir görünüm

Konum	Şanlıurfa-Adıyamar
Nehir	Fırat
İnşa Yılı	1983 – 1992
Baraj Hacmi	84500 hm^3
Yüksekliği (nehir yatağından)	169 m
Rezervuar Hacmi	48700 hm^3
Rezervuar Alanı	817 km^2
Sulama Alanı	872385 ha
Elektrik Üretim Kapasitesi	2400 MW
Yıllık Elektrik Üretimi	8.9 milyar KWh

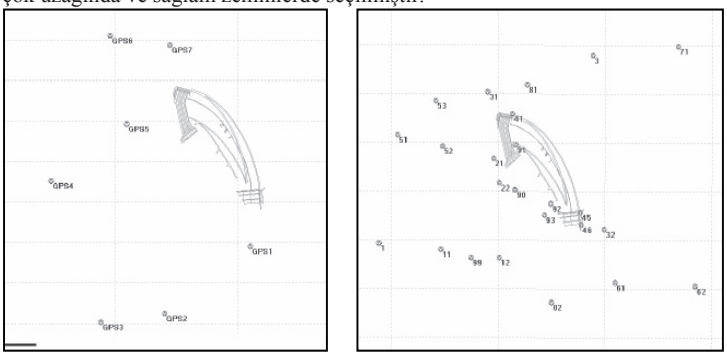
Genellikle tüm büyük barajlarda olduğu gibi, Atatürk barajında da zamanla ortaya çıkabilecek değişimleri izleyebilmek amacıyla Jeodezik ve jeodezik olmayan yöntemlerle deformasyon izleme çalışmaları başlatılmış ve günümüze kadar bu çalışmalar büyük oranda devam ettirilmiştir. Baraj temelinin, gövde dolgusunun, beton yapıların, yan palyelerin, santral binasının ve galerilerin davranışlarını izlemek üzere buralara ölçme noktaları ve bazı donanımlar yerleştirilmiştir.

Jeodezik ölçmeler yanında boşluk suyu basıncı ölçmeleri, sıcaklık ölçmeleri, eğim ölçmeleri, deplasman ölçmeleri, gerilme ölçmeleri, çatlak ölçmeleri gibi ölçmeler de yapılmaktadır(Kalkan, 2009; Kalkan, 2007; Bilgi, 2006).

3.1 Atatürk Barajında Jeodezik Yöntemlerle Deformasyonların İzlenmesi

Baraj ve yakın çevresindeki deformasyonların izlenebilmesi amacıyla, hareket beklenmeyen sağlam zeminli bölgelerde seçilmiş 32 noktalı bir referans ağı ile hareket olabilecek bölgelerde seçilmiş yaklaşık 360 noktalı bir obje ağı (Deformasyon Ağı) oluşturulmuştur. Ayrıca, baraj gövdesi üzerinde 36 noktalı ve Santral binasında yaklaşık 45 noktalı olmak üzere iki nivelman ağı mevcuttur.

GPS Ağı : 32 noktalı Referans ağının en dışında yer alan 7 adet nokta, GPS Ağı olarak tasarlanmış olup yaklaşık (7 km x 9 km)'lik bir alana dağılmıştır (Şekil 2a). Noktalar, hareket beklentisi olan bölgelerin çok uzağında ve sağlam zeminlerde seçilmiştir.



a) GPS Ağı b) Klasik Açı-Kenar Ağı

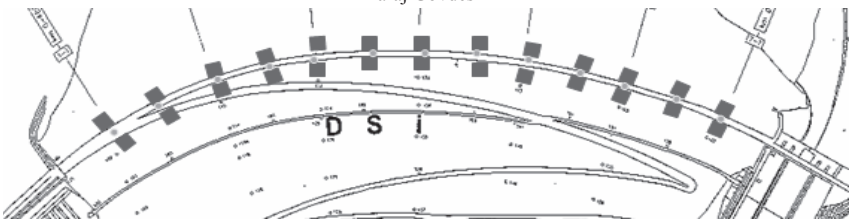
Şekil 2 (a,b) : Atatürk Barajı referans ağı

Klasik Ölçme Ağı : Referans ağının diğer 25 noktası, klasik açı-kenar gözlemeleri yapacak şekilde tasarlanmış olup baraj gövdesini ve yakın çevresini kuşatacak şekilde yaklaşık 4-5 km çapında bir alan içine dağılmış noktalardan oluşmaktadır(Şekil 2b). Bu noktalardan bir bölümü, baraj gövdesi ve yakın çevresindeki obje noktalarının ölçülmesinde kullanılmaktadır.

Obje Noktalarından Oluşan Deformasyon Ağı : Baraj gövdesi, yan palyeler ve galeriler gibi bölgelerde çeşitli faktörlerin etkisiyle zaman içinde oluşabilecek hareketleri izlemek üzere yaklaşık 400 noktalı bir obje ağı oluşturulmuştur (Tech. Report, 2004). Bu noktalardan 200 den fazlası baraj gövdesi üzerinde yer almaktadır.

Nivelman Ağı : Baraj kreti üzerinde bir baştan bir başa uzanan toplam 36 noktalı bir nivelman ağı (Şekil 4) ile, santral binası içinde ve dışında tesis edilmiş yaklaşık 45 noktalı ayrı bir nivelman ağı mevcuttur. Kretteki düşey yönlü hareketleri hassas olarak belirleyebilmek için bu noktalarda ayda bir presizyonlu nivelman tekniği ile ölçmeler yapılmaktadır. Santral binası içindeki noktalar ise, duvar noktaları şeklinde olup santral binasındaki oturmaları izlemek üzere taşıyıcı kolonlar üzerine yerleştirilmiştir. Bu ağdaki ölçmeler, genellikle yılda iki kez olmak üzere yine presizyonlu Nivelman Tekniği ile yapılmaktadır.

Baraj Gövdesi



Şekil 4. Baraj kretindeki presizyonlu nivelman noktaları

3.1.1 Ölçmelerde Kullanılan Alet ve Donanımlar

Atatürk Barajında Jeodezik Yöntemlerle deformasyonların izlenmesinde, klasik açı-kenar ölçmeleri için hassas elektronik teodolitler, elektronik uzaklık ölçerler, GPS ölçmeleri için çift frekanslı GPS alıcıları, hassas yükseklik ölçmeleri için de presizyonlu nivelman donanımı kullanılmaktadır. Kullanılan bu alet ve donanımlara ilişkin daha detaylı bilgiler (Kalkan, 2007, 2008 ve 2009)'da verilmiştir.

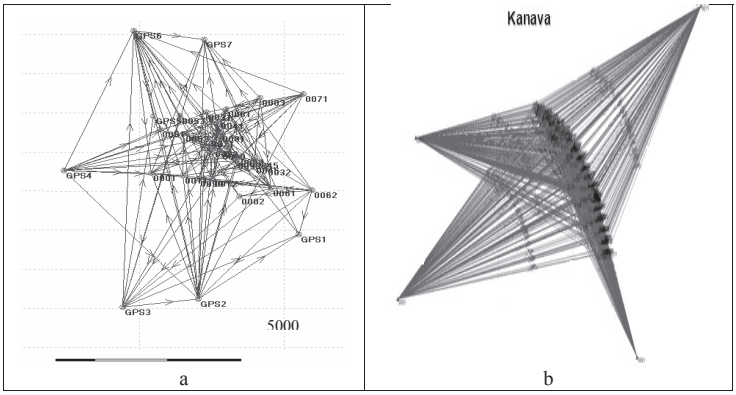
3.1.2 GPS Ölçmeleri

GPS yöntemi tüm dünyada bir çok uygulamaya yeni ufuklar açmıştır (Roberts, 2000, Pretorius, 2001, Kalkan, 2002, 2003, 2007). Bu yöntem, yüksek doğrulukta kıta hareketlerinin belirlenmesinden, viyadük, baraj, köprü, yüksek yapılar gibi büyük ve önemli mühendislik yapılarının yatay ve düşey deformasyonlarının izlenmesine kadar bir çok çalışmada başarıyla kullanılmaktadır. Atatürk Barajı'nda sürdürülmekte olan deformasyon izleme çalışmalarında da bu teknik, diğer jeodezik tekniklerle birlikte kullanılmaktadır. Bu çalışmada, GPS ağı ile, klasik nirengi ağı birlikte düşünülerek 32 noktalı Referans ağının 27 noktasında olmak üzere altı aylık periyotlarda GPS Yöntemiyle ölçmeler yapılmıştır. Şu ana kadar, Mayıs 2006 ile Kasım 2008 tarihleri arasında, tarafımızdan toplam 6 periyot ölçme gerçekleştirilmiştir (Tablo 6).

Tablo 6 : 2006 Tarihinden itibaren uygulanan ölçme periyotları

Periyot	Tarih
1. Periyot	Mayıs 2006
2. Periyot	Kasım 2006
3. Periyot	Mayıs 2007
4. Periyot	Kasım 2007
5. Periyot	Mayıs 2008
6. Periyot	Kasım 2008

GPS ölçmelerine ilişkin bir kanava, Şekil 5a'da verilmiştir.



Şekil 5 : GPS ölçmeleri ölçme kanavası

GPS ölçmelerinin gövde üzerindeki obje noktalarında kullanılıp kullanılamayacağı test edilmiş ve olumlu sonuçlar alınmıştır. Üçüncü periyottan itibaren gövde üzerindeki noktaların tamamına yakınında, 4 sabit noktaya göre statik yöntemle GPS ölçmeleri gerçekleştirilmiştir (Şekil 5b).

3.1.3 Klasik Açı-Kenar Ağı Ölçmeleri ve Değerlendirmesi

Klasik Nirengi ağının ölçmeleri, hassas yatay-düşey açı ile uzunluk ölçmelerinden oluşmaktadır. Bu çalışmamızda, yaklaşık 25 noktalı klasik nirengi ağının yaklaşık 13 noktasında alet kurularak 18 noktada açı-kenar ölçmeleri yapılmıştır. Ayrıca, bu referans ağı ile obje noktalarını birbirine bağlamak için yaklaşık 9 adet nirengi noktasından baraj gövdesi üzerindeki 200 den fazla obje noktasına konum belirlenecek şekilde ölçmeler yapılmıştır. Her periyot ölçülerin değerlendirilip uygun stokastik modelle dengelemesinden sonra, nirengi ağı için bir kaç mm nokta konum doğrulukları **ve** en fazla 5-6 mm yükseklik doğrulukları elde edilmiştir. Baraj gövdesi üzerinde yer alan obje (deformasyon) noktaları için yatay konum ve yükseklik doğrulukları ise, 1 cm'nin oldukça altında kalmıştır. Şu ana kadar tarafımızdan gerçekleştirilmiş olan toplam 6 periyot ölçme sonuçları karşılaştırılmıştır. Çift periyot karşılaştırması yapabilmek için öncelikle stokastik model testi uygulanış ve her iki periyodun aynı bir küme içinde değerlendirilip değerlendirilemeyeceğine bakılmıştır. m_i ve m_s , ilk ve son periyot dengelemeye ait birim ölçünün karesel ortalama hatası olmak üzere, 0.05 yanılma ihtimali ile Fisher dağılımına göre test büyüklüğü ($f= m_i^2/m_s^2$) hesaplanmıştır. F, Tablo değeri olmak üzere nirengi ağı için $f_N< F_N$ ve tüm ağ için $f_T< F_T$ şartını sağlayıp sağlamadığı test edilmiştir. Aynı bir kümede değerlendirilmesi durumunda, çift periyot analizi yapılarak periyotlar arası fark vektörleri ve bunlara ait doğruluk kriterleri hesaplanmıştır. Elde edilen farkların en iyi ihtimalle anlamlı hareket olup olmadığını test etmek için test büyüklüğü olarak konum için $T_{Pi}= 2,5*(2)^{0.5}*(M_{dPi})$, yükseklikler için

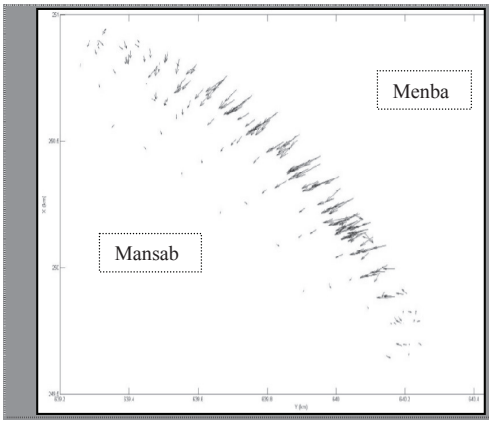
T_{Hi}= 2,5*$(2)^{0.5}$*(M_{dHi}) eşitliğinden elde edilen büyüklükler kullanılarak (dP_i>T_{Pi}) ve (dH_i>T_{Hi}) anlamlı sayılabilecek farklar belirlenmiştir. Kasım 2008 de yapılan 6. Periyot ölçme sonuçlarına göre, obje noktalarının yaklaşık % 63'ünde anlamlı yatay hareket, yaklaşık % 59'unda anlamlı radyal bileşen ve yaklaşık % 31'inde anlamlı düşey hareket belirlenmiş olup iki buçuk yıllık sürede gelişen en büyük hareketin büyüklüğü ise, yatayda 9.9 cm (radyal bileşeni 9.8 cm) ve düşeyde 11.6 cm olarak belirlenmiştir. Gövde noktaları için yatayda en büyük hareket oluşan bir kısım noktalara ait hareket vektörleri ve test büyüklükleri Tablo 5'de verilmiştir.

Tablo 5 : Hesaplanan en büyük fark vektörleri ve anlamlılık testi

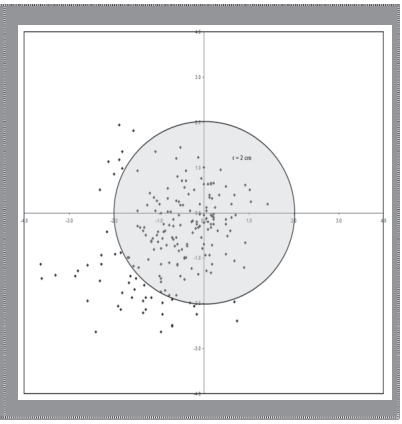
Nokta Adı	DY_i (cm)	DX_i (cm)	dP_i (cm)	Mp_i (cm)	dH_i (cm)	Md_H cm	D_H cm	dH_i dm	dR_i dm	Açıklık t_i (grad)	Sabit Açıklik t_{si}	Fark $t_i - t_{si}$ (grad)	Açıklik Açısı (grad)	Radial dR_i (cm)	Test T_i (cm)
2082	-8.19	-5.47	**9.85**	1.56	**-8.28**	1.27	4.48	-0.83	0.98	262.513	267.00	-4.49	395.513	**9.82**	5.51
2112	-6.18	-6.60	**9.04**	1.48	**-5.05**	1.09	3.85	-0.51	0.90	247.909	248.00	-0.09	399.909	**9.04**	5.22
2056B	-8.53	-2.56	**8.91**	0.62	**-7.78**	0.69	2.43	-0.78	0.89	281.438	275.00	6.44	6.438	**8.86**	2.20
4080	-4.84	-7.02	**8.53**	0.77	**-6.49**	0.68	2.40	-0.65	0.85	238.427	244.00	-5.57	394.427	**8.49**	2.71
4050	-6.70	-5.05	**8.39**	1.00	**-9.71**	1.05	3.71	-0.97	0.83	258.882	267.00	-8.12	391.882	**8.32**	3.52
4070	-4.49	-6.90	**8.23**	0.83	**-6.58**	0.79	2.78	-0.66	0.80	236.726	252.00	-15.27	384.726	**8.00**	2.94
2102	-5.70	-5.61	**8.00**	1.50	**-6.42**	1.14	4.01	-0.64	0.80	250.507	252.00	-1.49	398.507	**8.00**	5.29
2062	-6.04	-5.36	**8.08**	1.01	**-7.35**	0.98	3.46	-0.74	0.79	253.793	267.00	-13.21	386.793	**7.90**	3.58
4060	-4.72	-6.67	**8.17**	0.79	**-8.66**	0.76	2.68	-0.87	0.76	239.206	263.00	-23.79	376.206	**7.61**	2.80

dP : Konum vektörü, dR : Konum vektörünün baraj gövdesine dik doğrultudaki (Radyal) bileşeni

Gövde üzerindeki noktaların tamamı için çizdirilmiş grafikler ise, Şekil 6'da verilmiştir.



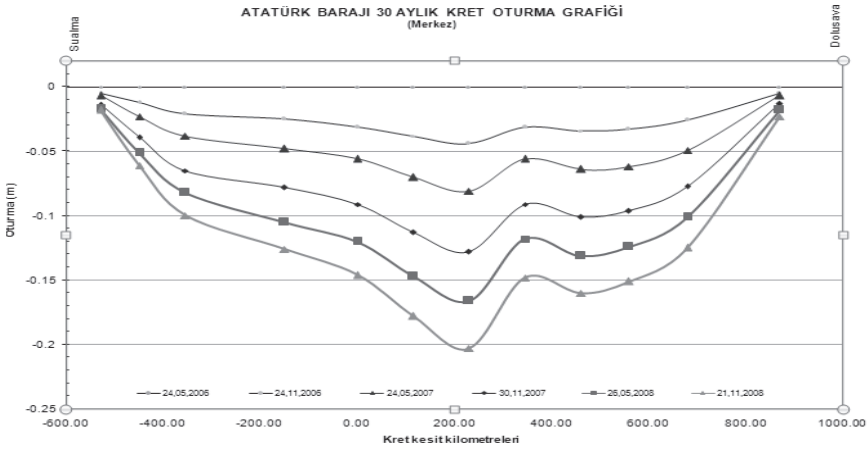
Şekil 6 : Gövde noktaları için klasik ölçmelerden belirlenen iki buçuk yıllık konum değişimleri (May 2006 – Kas 2008)



Şekil 7. Gövde noktaları için GPS ölçme sonuçlarının konumlarının karşılaştırılması (May2007-Kas2008)

Ayrıca, 3. Periyottan itibaren gövde üzerindeki noktaların tamamına yakınında yapılan GPS ölçmeleri 3. Periyot (Mayıs 2007) konumları ile 6. Periyot (Kasım 2008) konumları karşılaştırılmış ve elde edilen sonuçların grafik bir gösterimi Şekil 7'de verilmiştir.

Baraj kreti üzerinde ayda bir yapılmakta olan presizyonlu nivelman ölçmelerinin son iki buçuk yıllık değerlendirme sonuçları 6 aylık periyotlar için Şekil 8'de grafik olarak verilmiştir.



Şekil 8 : Baraj kretinde Mayıs 2006 dan Kasım 2008'e 6 aylık periyotlardaki oturma grafiği

Baştan beri en büyük hareketin geliştiği 0+230 kesitinde bu 6 aylık periyotlarda göl su kotundaki değişime karşılık kretteki düşey hareket ve aylık ortalama hızı Tablo 6'da ve grafik olarak Şekil 9'da verilmiştir.

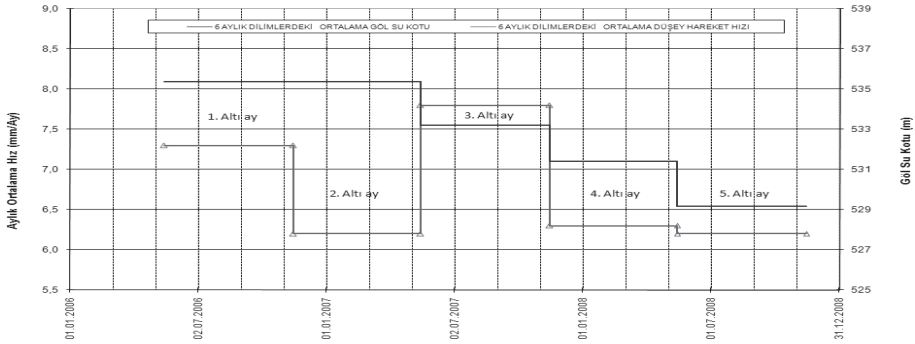
Tablo 6 : Göl su kotundaki değişime karşılık kretteki düşey hareket ve hızı (0+230 km)

6 Aylık Dilim	Ölçme Dönemi	Su Kotundaki Değişim (m)	Krette Düş. Hareket (mm)	Krette Aylık Ort.Hız mm/ay
1.Altı ay	May_06 - Kas_06	-1.48	-44	7.3
2.Altı ay	Kas_06 - May_07	+0.22	-37	6.2
3.Altı ay	May_07 - Kas_07	-4.05	-47	7.8
4.Altı ay	Kas_07 - May_08	-0.53	-38	6.3
5.Altı ay	May_08 - Kas_08	-2.62	-37	6.2

30 aylık sürede Göl su kotundaki değişime karşılık gelişen toplam düşey hareket ve ortalama aylık hızı

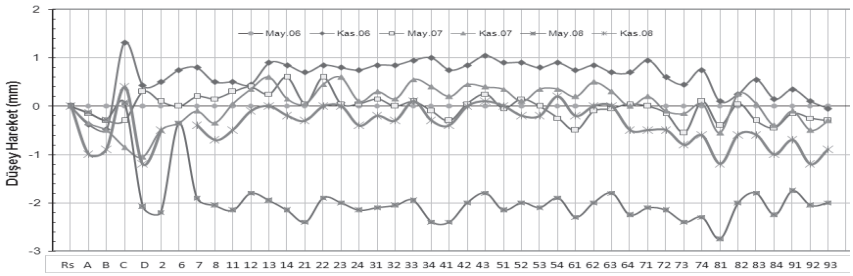
30 Aylık	**May_06 - Kas_08**	**-8.46 m**	**-203 mm**	**6.8 mm**

olarak belirlenmiştir.



Şekil 9 : Baraj kretinde Mayıs 2006 dan Kasım 2008'e 6 aylık periyotlardaki ortalama göl su kotu ve ortalama aylık oturma hızı grafiği

Hidro elektrik santral binasındaki düşey deplasmanı izlemek üzere altı ayda bir yapılan ve son 6 periyot ölçmelere ait olan presizyonlu nivelman sonuçları Şekil 10'da yine grafik olarak verilmiştir.



Şekil 10 : Hidro elektrik santrali nivelman noktalarında 6 aylık periyotlarda gelişen düşey hareketler

4. Sonuçlar

Atatürk Barajı, Ülkemizin en büyük barajı olduğu gibi Dünyanın da sayılı barajları arasında yer almaktadır. Sulama, enerji ve içme suyu temini gibi çok önemli görevleri yerine getirmektedir. Yapımı 1983-1992 yılları arasında gerçekleştirilen Atatürk barajı, bu güne kadar ülkemiz sosyo ekonomisine önemli katkılar sağlamıştır. Bu tür mühendislik yapılarının kontrol altında tutulması ve zamanla oluşabilecek deformasyonların izlenmesi hayati önem taşımaktadır. Atatürk Barajında bu izleme çalışmalarını yapabilmek için çok önemli ölçme tesisleri yapılmıştır. Jeodezik ve jeodezik olmayan bir çok izleme teknikleri ile baraj ve çevresi 1992 den beri sürekli izlenmektedir.

Jeodezik yöntemle deformasyonların izlenmesi için 32 noktalı bir referans ağı ve yaklaşık 400 noktalı bir obje ağı oluşturulmuştur. Klasik veya uydu bazlı ölçmelerle periyodik olarak bu ağ ölçülmekte ve yatay düşey deformasyonlar belirlenmeye çalışılmaktadır.

Tarafımızdan ilk ölçmeleri Mayıs 2006'da yapılan klasik ölçme sonuçları ile Kasım 2008 klasik ölçme sonuçları karşılaştırılmış ve iki buçuk yıllık sürede obje noktalarının yaklaşık %63'ünde anlamlı yatay hareket, %59'unda baraj doğrultusuna dik doğrultuda anlamlı radyal hareket ve %31'inde anlamlı sayılabilecek düşey hareketler meydana gelmiştir. En büyük hareketler, kretin menba tarafında ve gövdenin 0+230 ve 0+460 kesitine yakın bölgelerde gelişmiştir. İki buçuk yıllık sürede gelişen en büyük hareketin büyüklüğü ise, yatayda 9.9 cm (radyal bileşeni 9.8 cm) ve düşeyde 11.6 cm olarak belirlenmiştir.

Diğer yandan, uydu bazlı konum belirleme yöntemi ile yapılan ölçülerin değerlendirme ve dengelenmesi sonucunda noktaların 3 boyutlu konumları oldukça yüksek doğrulukla belirlenmiştir. Klasik ölçmelerden elde edilen sonuçlarla, GPS ölçmelerinden elde edilen sonuçların birbirleri ile uyumlu olduğu ve oldukça zaman alıcı ve zahmetli çalışmalar gerektiren klasik ölçmeler yerine, hava şartlarından bağımsız, gece ve gündüz ölçme imkanı sunan GPS ölçmelerinin büyük oranda kullanılabileceği görülmüştür. Bu yöntemle elde edilen ± 1cm'den daha iyi konum doğruluğu ve ± 1cm civarında bir yükseklik doğruluğu ile Atatürk barajı gibi kaya dolgu barajlarda gövde ve yakın çevresindeki deformasyonların izlenmesinde yeterli ve avantajlı olduğu söylenebilir. Ancak, veri alınabilen uydu sayısının yeterli ve uydu geometrisinin de uygun olması, özellikle yükseklik belirleme doğruluğu açısından önemsenmelidir.

Baraj kreti üzerinde ayda bir yapılmakta olan presizyonlu nivelman ölçmelerinin son iki buçuk yıllık sonuçlarına göre, aylık ortalama düşey hareket, - 6.8 mm olarak belirlenmiştir.

Santral binasındaki düşey deplasmanı belirleyebilmek için 6 ayda bir yapılan presizyonlu nivelman sonuçlarına göre, Mayıs 2008 periyodu hariç tutulacak olursa en fazla değişim ± 1 mm düzeyinde bulunmuştur.

Bundan sonraki çalışmalarda, özellikle baraj gövdesinin üç boyutlu modellenmesi ve değişimin izlenebilmesi için oldukça yeni bir teknik olan laser scanner ölçme tekniğinin ve düşey yönlü hareketi izleyebilmek için interferometrik SAR görüntü tekniğinin kullanılıp kullanılamayacağının araştırılması önerilmektedir.

Teşekkür

Atatürk Barajında Jeodezik Yöntemlerle Deformasyonların İzlenmesi Projesi kapsamında yaklaşık üç yıldan beri sürdürmekte olduğumuz çalışmalarda büyük desteğini gördüğümüz başta DSİ yöneticilerine ve baraj çalışanlarına, ayrıca, İTÜ İnşaat Fakültesi Geomatik Mühendisliği Bölümünden çalışmalara katılan ve destek veren tüm meslektaşlarımıza şükranlarımızı sunuyoruz.

Kaynaklar

Akarun, R., (1983). *Atatürk Barajı ve Dünyadaki Büyük Barajlar"* Atatürk Barajı Özel Sayısı, DSİ-Ankara.

Bilgi, S., Kalkan, Y., Yalın, D., Yavaşoğlu, H., (2006). Geodetic Monitoring in the Biggest Dam of Turkey: Atatürk Dam, *International Symposium On "Modern Technologies, Education and Pofessional Practice in Geodesy and Related Fields,* Sofia, Bulgaria.

DSİ, (1999). *Türkiye'deki Barajlar ve Hidroelektrik Santraller*, DSİ Teknoloji Dairesi Başkanlığı, Ankara.

Kalkan, Y., Alkan, R.M., (2006). Mühendislik Yapılarında Deformasyon Ölçmeleri, *2. Ulusal Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu*, s. 64-74, İstanbul.

Kalkan, Y., Baykal, O., Alkan, R. M., Yanalak, M., (2002). Deformation Monitoring with Geodetic and Geotechnical Methods, a Case Study in Ambarlı Region, *International Symposium on Geographic Information Systems*, İstanbul.

Kalkan, Y., Baykal, O., Alkan, R.M., Yanalak, M., Erden, T., (2003).Heyelanların Jeodezik ve Geoteknik Yöntemlerle İzlenmesi:Ambarlı Liman Bölgesinde Bir Uygulama, *I. Ulusal Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu*, İstanbul.

Kalkan, Y., (2007). Atatürk Barajında Jeodezik Yöntemlerle Deformasyonların İzlenmesi Projesi Teknik Raporu, DSİ Genel Müdürlüğü, Ankara.

Kalkan, Y., (2009). Atatürk Barajında Jeodezik Yöntemlerle Deformasyonların İzleme Çalışmaları, *Uluslararası Katılımlı II. Ulusal Baraj Güvenliği Sempozyumu*, s. 239-250, Eskişehir.

Kalkan, Y., (2009). Atatürk Barajında Deformasyon İzleme Çalışmaları ve Düşey Deformasyonlar, *12. Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, Ankara.

Pretorius, C.J, Schmidt, W.F. ve Van Staden, C.S. (2001). The Extensive Geodetic System Used for the Monitoring of a 185 Meter High Arch Dam in Southern Africa, *The 10th International Symposium on Deformation Measurements,* Orange, California, USA.

Roberts, G.W., Meng X. ve Dodson A.H., (2000). Structural Dynamic and Deflection Monitoring Using Integrated GPS and Trixial Accelerometers, *13th Int. Tech. Meeting of Satallite Division of the U.S. Ins. of Navigation,* GPS ION 2000, Salt Lake City, Utah, USA.

Svend-Erik, B., (2001). Deformation Measurement on Bridge and Tunnel of the Fixed Link Between Sweden and Denmark, *The 10th International Symposium on Deformation Measurements*, Orange, California, USA.

Technical Report, (2004). Atatürk Dam and Hydroelectric Power Plant Geodetic Dam Monitoring, Electrowatt Engineering Ltd., Zurich. Dolsar Engineering Ltd., Ankara.

Usage, (2002). *Engineering and Design Structural Deformation Surveying (EM 110-2-1009)* Department of the Army US Army Corps of Engineers, Washington, DC 20314-1000.

URL 1, Bureau of Reclamation Web Page, (2007). What is the biggest dam in the world?
http://www.usbr.gov/lc/hooverdam/History/essays/biggest.html
URL 2, World's Largest Dams, (2009).
http://www.infoplease.com/ipa
URL 3, Devlet Su İşleri Web Sayfası, (2007).
http://www.dsi.gov.tr
URL 4, Su Vakfı Web Sayfası, (2007).
http://www.suvakfi.gov.tr

BARAJ ÖLÇÜM ALETLERİ
BORÇKA - MURATLI BARAJLARI ve HES UYGULAMALARI

Hasan Hüseyin ÖZTÜRK

Jeofizik Mühendisi,
DSİ 26. Böl. Md.
hhozturk@dsi.gov.tr

ÖZET

Ölçme ve büyüklüklerin birbirleri ile mukayesesi kavramı insanlık tarihi kadar eskidir. Fiziki büyüklüklerin, belirli diğer fiziki büyüklüklere göre karşılaştırılması suretiyle emniyetli ve uzun ömürlü yapılar inşa edilmeye çalışılmıştır.

Endüstride; elektronik ölçme alet ve teknikleri sayesinde meydana gelen gelişme inşaat makine ve donanımlarının ebat ve kapasitelerini büyütmüş, bu ise devasa büyüklükte baraj ve hidroelektrik santral inşaatlarının yapımını teşvik etmiştir.

Ancak yapı ebatları büyüdükçe emniyet sınırları zorlanmıştır. Dolaysıyla baraj inşaatlarının gerek yapımı gerekse bittikten sonra, projelendirme kriterlerinin kontrolü ve devamlı takibi gayet iyi seçilmiş bir ölçme sistemi ve bu işte yetişmiş elemanlarca ölçme sonuçlarının değerlendirilmesi hayati önem taşımaktadır.

Baraj inşaatları tamamlandıktan sonra, terk edilen yapılar olmayıp, bilakis bittikten sonra durumu devamlı alınan ölçme değerleri ile kontrol edilmesi gereken icabında gerekli tedbirlerin zamanında alınarak, meydana gelecek bir felaketin önlenmesi gereken tesislerdir. Bu yapıların emniyetli şekilde korunabilmesi, sıhhatli ölçme değerlerine ve bunların doğru şekilde bu konuda yetişmiş elemanlarca yorumlanmasına bağlıdır.

Bugün birçok ülkede bu konularda uzmanlaşmış kadrolar oluşturularak ölçme sonuçları değerlendirilmekte ve alınan sonuçlar yeni projelerin dizaynı ve inşaat safhalarında en sağlam kriter olarak kullanılmaktadır. Dolaysıyla inşaatlara yerleştirilen ölçü aletlerinin, ölçmelerin ve bunları değerlendirmenin devamını sağlamak inşaatı gerçekleştirmek kadar önemlidir.

Bu amaçla aynı konsorsiyum dahilinde inşa edilen Borçka ve Muratlı Barajları ve HES inşasında yapılan uygulamalar, karşılaşılan problemler ve bu konuyla ilgili genel bilgiler verilmeye çalışılacaktır.

Anahtar sözcükler: *Ölçüm aletleri, yatay yer değiştirme ölçer, sondaj kuyulu piezometre, manyetik halka, boşluk basıncı ölçer, su basıncı ölçer, deformasyon ölçer, zemin basıncı ölçer, kaya deformasyon ölçer, eğim ölçer, boşluk su basıncı toplayıcıları, harici çökme röperi, alet merkezleme röperi.*

1 GİRİŞ

1.1 Baraj Ölçüm Tesislerinin Tarifi

Barajlarda yanal ve düşey yönde oluşabilecek genel veya yerel hareketler, su basıncı, zemin basıncı, yeraltı suyu ve göl kotu gibi değerlerin tespit edilmesi için yapılara yerleştirilen cihazlara ölçüm aletleri ve bu amaçla kullanılan alet, donanım ve yapıların geneline ölçüm tesisleri adı verilir.

1.2 Borçka ve Muratlı Barajları Genel Karakteristik Özellikleri

		BORÇKA BARAJI ve HES	MURATLI BARAJI ve HES
PROJENİN			
Yeri		Artvin İli 25 km kuzey batısında, Borçka İlçesi 2,5 km membasında,	Borçka ilçesi 17 km mansabında, Muratlı köyü 2 km membasında, Gürcistan sınırı 100 m mesafede.
Amacı	:	Enerji (300 MW, 1.039 Gwh/yıl)	Enerji (115 MW, 444,12 Gwh/yıl)
Karakteristikleri			
Hidroloji			
Yağış Alanı	:	19.255 km²	19.748 km²
Yıllık Ortalama Akım	:	5,66 milyar m³	6,06 milyar m³
Kadastoral Feyezan Piki	:	10.639 m³/sn	10.961 m³/sn
Derivasyon Feyezan Piki	:	1.690 m³/sn	1.725 m³/sn
Çekilen Su	:	3,73 milyar m³	3,76 milyar m³
Regülasyon Oranı	:	% 66	% 62
Derivasyon Tüneli			
Yeri	:	Sol Sahil	Sağ Sahil
Kesit Tipi, Sayısı, Çapı	:	At nalı, 2 adet, 7,50 m	At nalı, 2 adet, 10,00 m
Toplam Deşarj Kapasitesi	:	1.690 m³/sn	1.725 m³/sn
Boyu	:	355,00 m, 351,00 m	244,40 m, 327,50 m
Gövde			
Gövde Tipi	:	Merkezi kil çekirdek zonlu dolgu	Ön yüzü asfalt kaplı kaya dolgu
Gövde Hacmi	:	7.785.000 m³	1.981.000 m³
Kret Kotu	:	189,00 m	100,00 m
Kret Uzunluğu	:	557,00 m	240,00 m
Gövde Yüks. (Talvegden)	:	86,00 m	44,00 m
Gövde Yüks. (Temelden)	:	146,00 m	49,00 m
Dolusavak			
Yeri	:	Sol Sahil	Sol Sahil
Tipi	:	Üstten aşmalı kontrollü	Üstten aşmalı kontrollü
Kapak Sayısı ve Boyutu	:	4 adet, 16,00 m x 17,00 m	4 adet, 16,00 m x 18,00 m
Kapak Tipi	:	Radyal kapak	Radyal kapak
Deşarj Kapasitesi	:	10.639 m³/sn	10.961 m³/sn
HES			
Santral Tipi	:	Örtülü	Örtülü
Ünite Sayısı	:	2 adet	2 adet
Cebri Boru Tip, Çap, Boy	:	Açık, 7,00 m, 207,00 m	Kısmen açıkta, 7,50 m, 90,60 m
Türbin Tipi	:	Düşey eksenli Francis	Düşey eksenli Francis
Kurulu Güç	:	300,00 MW	115,00 MW
Toplam Enerji	:	1.039,00 Gwh/yıl	444,12 Gwh/yıl

Muratlı Barajı

Borçka Barajı

2 ÖLÇÜM ALETLERİ TİPLERİ

2.1 Yatay Yer Değiştirme Ölçer (İnklinometre) (IC)

Bulunduğu yerdeki doğrultu boyunca iki yönde (memba-mansap ve sağ-sol sahil) yatay yer değiştirmeleri ölçen alettir. İnklinometreler düşey ve meyilli olarak yerleştirilebilir. Borçka ve Muratlı Barajlarında inklinometreler projesi gereği düşey olarak tesis edilmiştir. Özel üretim PVC malzemeden imal edilen boruların dış çapı 60 mm, et kalınlığı 3 mm'dir. PVC yerine alüminyum malzeme de kullanılabilmektedir.

2.2 Sondaj Kuyulu Piezometre (SP)

Bulunduğu kesimdeki yeraltı su seviyesini (piezometrik seviye) gözlemlemek amacıyla düşey olarak yerleştirilen sondaj kuyuları özel üretim PVC malzemeden imal edilmiş borulardan meydana gelmektedir. Boruların dış çapı 40 mm, et kalınlığı 5 mm'dir. PVC yerine galvanizli saç malzemeden de imal edilebilmektedir.

Borunun alt kesiminde toplam boyun en az % 5'i kadar uzunlulukta olan ve yer altı suyunun girişimine olanak sağlayan gözeneklerin aralığı 2 mm'dir. Bu kesimin etrafı içeriye malzeme girişimini engellemek amacıyla 2 mm'den büyük çaplı filtre malzemesi ile yalıtılmıştır. Baraj gövde dolgusu üzerine ve mansap kısmına tesis edilmişlerdir.

2.3 Manyetik Halka (ST)

İnklinometre borularına muhtelif aralıklarla tutturulan ve o kesimdeki oturma hareketlerini göstermek amacıyla yerleştirilen halkalardır.

2.4 Boşluk Basıncı Ölçer (Piezometre) (PW)

Baraj gövdesi ile temelinde bulunan alüvyon ve kaya kesimlere yerleştirilen ve bulundukları konuma göre su basıncını veya boşluk basıncını ölçen aletlerdir. (Foto 1)

Borçka ve Muratlı Barajlarında gövde dolgu inşasına paralel olarak yerleştirme işlemi gerçekleştirilen piezometreler elektrikli modeldir. Bağlantı kabloları vasıtasıyla, açılan kablo

hendeklerinden yatay olarak filtre malzemesine (Foto 2), filtre malzemesi dolgusu inşasıyla birlikte de düşey olarak yükseltilerek ölçüm merkezine bağlantısı gerçekleştirilmiştir.

Foto 1: Piezometre ve zemin basınç ölçer

Foto 2: Dolgu içerisindeki kablo hendeği

2.5 Su Basıncı Ölçer (Dolusavak Yapılarında Kaldırma Kuvveti İçin) (PWU)

Tamamıyla yukarıda anlatılan piezometrelerle aynı özelliklere sahip olmakla beraber Borçka ve Muratlı Barajlarında dolusavak betonları altına; bu kesimdeki basınçlı yer altı suyunun beton yapılara uyguladığı kuvveti göstermek amacıyla yerleştirildiklerinden bu adı almışlardır.

2.6 Deformasyon Ölçer (Ekstansometre) (EW)

Ekstansometreler baraj gövde dolgusu içerisindeki gerilme çökmeleri ölçen aletlerdir. Yatay, düşey veya meyilli olarak yerleştirilebilirler. Yerleştirildikleri konuma göre o doğrultudaki hareketi verirler.

Borçka ve Muratlı Barajlarında kullanılan ekstansometreler düşey, yatay, eğimli konumda yerleştirilmişlerdir.

Borçka ve Muratlı Barajlarında gövde dolgu inşaatı çalışmalarına paralel olarak yerleştirme işlemi gerçekleştirilen ekstansometreler de elektrikli modeldirler. Bağlantı kablosu vasıtasıyla, kablo hendeklerinden yatay olarak filtre malzemesine, filtre malzemesi dolgusu inşasıyla birlikte de onun içerisinde düşey olarak yükseltilerek ölçüm merkezine bağlantısı gerçekleştirilmiştir.

2.7 Zemin Basıncı Ölçer (EC)

Borçka ve Muratlı Barajlarında gövde dolgu içerisine yerleştirilen zemin basınç ölçerler, ekstansometreler ile kaydedilen neticeleri bağımsız olarak kontrol etme imkanı verirler.

2.8 Kaya Deformasyon Ölçer (Rokmetre) (RM)

Borçka ve Muratlı Barajlarında projelerinde gösterildiği şekilde, enjeksiyon galerileri içerisinde açılan sondaj deliklerine 10, 20 ve 30 m uzunlukta üç çubuk yerleştirilerek oluşturulan rokmetreler (temel ölçü çubukları), kayadaki deformasyonu ölçmek üzere tasarlanmışlardır. (Foto 3)

2.9 Eğim Ölçer (Klinometre) (CL)

Borçka ve Muratlı Barajlarında su alma yapısı ve dolusavak betonlarının bulunduğu kesime yerleştirilen klinometreler, yapının dönme ve devrilme şeklindeki rotasyon hareketini ölçmek için tasarlanmıştır

Yerleştirilen bu elektronik eğim ölçerler 1 arcsaniye hassasiyet dereceli ve $0,5^0$ okuma aralığına sahiptir. (1^0=3600 arcsan)

2.10 Boşluk Su Basıncı Toplayıcıları (Beton Yapılarında Kaldırma Kuvveti İçin) (PPP)

Borçka ve Muratlı Barajlarında su alma yapısı ve dolusavak kesiminde, baraj kütle betonlarının kaya dokanağından itibaren yerleştirilen boruların, bu kesimdeki enjeksiyon galerisine kadar uzatılarak ucuna manometre bağlanması ile gerçekleştirilmiş bir sistemdir. Sistemde basınca sebep olacak bir durum oluşması halinde, manometreden basınç değeri ölçülmeli, kaydedilmeli ve tahliye vanası yardımıyla suyun debisi hesaplanmalıdır.

Teknik Şartnamesinde manometrelerin hassasiyeti 0,05 bar ve okuma aralığı ise 5 bar olarak belirtilmektedir. (Foto 4)

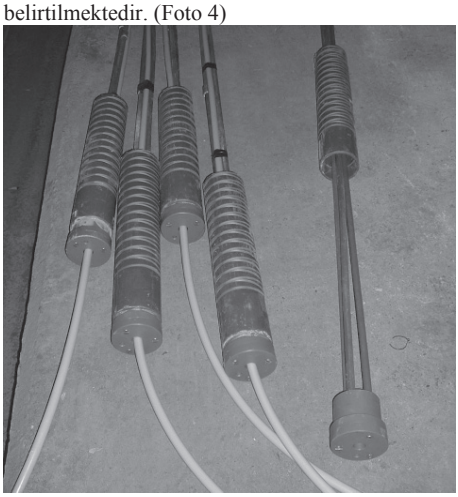


Foto 3: Montaja hazır rokmetre çubukları ve başlık kısmı

Foto 4: Rokmetre başlığı, boşluk su basıncı toplayıcısı manometre ve vanası

2.11 Harici Çökme Röperi (Jeodezik Ölçüm Noktaları) (STP)

Borçka ve Muratlı Barajlarında, tamamlanan gövde dolgusu ve beton yapılar üzerine sabitlenen belirli noktalardır. Jeodezik ölçüm aletleri yardımıyla okumaları yapılır. Açık alanda bulunan bu noktalardan; memba-mansap, sağ-sol sahil ve düşey konumda oluşan üç yönlü hareketlerin tespiti amaçlanmıştır.

2.12 Alet Merkezleme Röperi (AMR)

Harici çökme röperinden okuma yapılabilmesi amacıyla jeodezik ölçüm aletlerinin sabitlendiği noktalardır.

3 YERLEŞTİRME ÖNCESİNDE DİKKAT EDİLMESİ GEREKEN HUSUSLAR

3.1 İlgili Sözleşmenin Tedarik Edilmesi

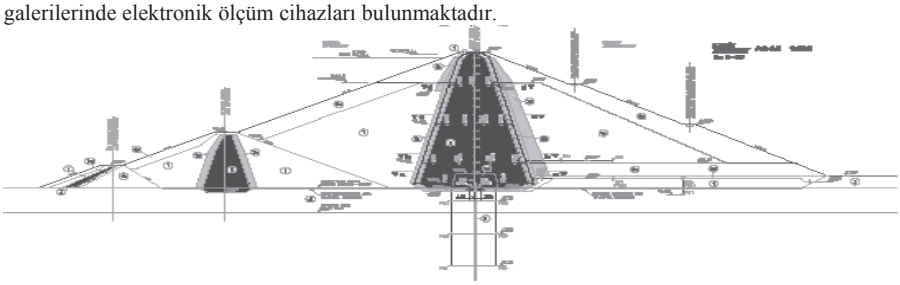
Baraj sözleşmesi kapsamında idarenin ve yüklenicinin, kendi görev ve sorumluluklarını iyi bilmesi gerekmektedir.

3.2 İlgili Teknik Şartnamenin Tedarik Edilmesi

Teknik Şartname; genel bilgiler, yerleştirme işlemi, koruma tedbirleri ve okuma işlemlerinin nasıl yapılacağı, idareye teslimat işleri, ölçüm aletleri tip ve çeşitleri, okumalara ne zaman başlanılacağı, okuma aralıkları vs… konularında detaylı bilgiler içermektedir. İdarenin bazı durumlarda inisiyatifini kullanabileceğini belirtmekle beraber genel kurallara uyulması zorunludur.

3.3 Onaylı Projelerin Tedarik Edilmesi

Genel proje alanı ölçüm aletleri yerleşim plan ve kesitleri, yerleşim noktası kot ve koordinatları, kablo hendek detayları, ölçüm tesislerine ait sanat yapılarının plan ve kesitleri, alet merkezleme noktaları vs… konularında detaylı bilgileri ve metrajları içermektedir ki, uygulamaları bu bilgilere göre yapılacaktır. Borçka Barajı gövdesi üzerinde projesi gereği üç farklı aks üzerinde ve su alma yapısı, dolusavak beton yapıları ile enjeksiyon galerilerinde elektronik ölçüm cihazları bulunmaktadır. Muratlı Barajında ise iki aks üzerinde ve su alma yapısı, dolusavak beton yapıları ile enjeksiyon galerilerinde elektronik ölçüm cihazları bulunmaktadır.



Borçka Barajı A1-A1 Kesiti

4 YERLEŞTİRME SIRASINDA DİKKAT EDİLMESİ GEREKEN HUSUSLAR

4.1 İnklinometreler (IC) ve Sondaj Kuyulu Piezometre (SP)

4.1.1 Baraj Gövde Dolgusu İnşaatı Sırasında İnklinometre (Yatay Yer Değiştirme Ölçer) ve Sondaj Kuyulu Piezometre Boruları Montajı

Borçka ve Muratlı Barajlarında gövde dolgusu inşaatı devam ederken inklinometre ve sondaj kuyulu piezometre boruları dolgu çalışmalarına paralel olarak, birbirlerine eklemeli parçalar şeklinde devam ederek montaj işlemi tamamlanmıştır. (Foto 5) Ekleme kısımlarında bulunan bağlantı elemanının iç kesiminde; baraj gövde dolgusundaki oturmalar düşünülerek 10 cm oturma payları

bırakılmıştır. Baraj gövde dolgusunda %3 olarak projelendirilen oturma hesabına göre bu miktar uygulanmıştır. Bu uygulamaya rağmen Borçka Barajında oturma sebebiyle olduğu tahmin edilen inklinometre borusu kopma ve tıkanmaları meydana gelmiştir.

İnşaat esnasında kontrol ölçümleri yapılmayan zamanlarda boruların ağzı, içerisine çeşitli nesnelerin düşmesi veya atılmasına karşı tedbir olarak tapa ile kapalı bulundurulmalıdır. (Foto 6)

Foto 5: İnklinometre borusu

Foto 6: Piezometre borusu yerleştirilmesi

4.1.2 Boruların Etrafının Yalıtılması

İnklinometre ve sondaj kuyulu piezometre borularının montajı, baraj gövde dolgusu inşaatı ile beraber devam ederken, borulara zarar verebilecek özellikte iri çakıl ve blok barındıran alüvyon ve kaya dolgu malzemenin içerisinden geçirilirken, ekstra koruma tedbirleri alınmalıdır. Bu durumda borların etrafı duruma göre en az 1 metre yarıçap oluşturacak şekilde ince filtre malzemesiyle yalıtılmalıdır.

4.1.3 Boruların Çalışabilirliğinin Test Edilmesi

Baraj gövde dolgusu inşaatı devam ederken, inklinometre ve sondaj kuyulu piezometre borularının test probu ve lavaj gibi aparatlar ile; tıkanma, kırılma, burkulma gibi istenmeyen durumlara maruz kalıp kalmadığını tespit etmek için belli periyotlarla kontrolüne devam edilmiştir.

4.1.4 İş Makinelerinin Olumsuz Etkisi

Özellikle baraj gövde dolgu inşası sırasında malzeme taşıyan, sergi, tesviye ve sıkıştırma işlemlerinde kullanılan; kamyon, buldozer, greyder, ekskavatör, silindir, keçiayağı vs… türü iş

makinelerinin, çalışmalar esnasında inklinometre ve kuyu tipi piezometre borularını dikkatsizlik sebebiyle tahrip etmeleri söz konusudur.

4.1.5 İnsan Faktörü

İnklinometre ve kuyu tipi piezometre borularının montajı sırasında bağlantı yerlerinin sağlamlığına, özellikle inklinometre borusunda bulunan prob ilerleme kanallarının çakıştırılarak montajının yapılmasına azami özen gösterilmelidir.

İnklinometre borusunda bulunan prob kanallarının memba-mansap ve sağ-sol sahil yönündeki doğrultusunun da iyi ayarlanması gerekmektedir.

4.1.6 Malzeme Kalitesi

Kullanılan boru ve bağlantı elemanlarının bu iş için üretilmiş malzemeden olması gerekmektedir. Büyük inşaat yapıları olan barajlardaki olası basınç ve çeşitli deformasyonlara karşı koyabilecek dayanıklı malzemelerin piyasadan temin edilmesi zor ve uzun vadede olumsuzluklara sebep olması kaçınılmazdır.

4.1.7 Verimlilik Takibi

İnklinometre ve sondaj kuyulu piezometre borularından düzenli okumaların yapılabilmesi için baraj gövde dolgu inşaatının tamamlanmış ve boruların ağız kotunun sabitlenmiş olması gerekmektedir.

Bununla beraber baraj gövde dolgu inşaatının devam etmesi ve boruların ekleme ile uzatılması süresince, bunların çeşitli iç ve dış etkenlerle; iç taraflarda kırılma, burkulma, kanalların ekseninden kayması, içerisine malzeme düşmesi veya atılması, borunun çatlaması gibi oluşabilecek problemlerin yüzeyde gözlemsel olarak; kuyu içerisinde ise test probu ve ucuna ağırlık bağlı halat ile belli zaman aralıklarında takibine devam edilmesi gerekmektedir. (Foto 7, 8)

Foto 7: 6 tonluk vibrasyonlu silindir

Foto 8: Kompaktör (keçiayağı, pat-pat)

4.2 Manyetik Halkalar (ST)

4.2.1 İnklinometre Borularına Montajı

İnklinometre borularının, baraj dolgu inşasına paralel montajının yapılması esnasında, işleme bağlı olarak belirli aralıklarla borunun dış yüzeyine oturmaları tespit etmek için kullanılacak olan manyetik halkalar yerleştirilir.

4.2.2 Yerleşim Aralıkları

Manyetik halkaların yerleşim aralıkları birkaç metre olabileceği gibi 10 metreden de fazla aralıklı seçilebilir.

Borçka ve Muratlı Barajlarında projesi gereği manyetik halkaların aralıkları 10 metre olarak alınmıştır. Bununla beraber dolgu çalışmaları aralıklarına bağlı olarak bazı manyetik halkaların yerlerinin oynaması söz konusudur. Burada önemli olan manyetik halkanın hangi kota yerleştirilmiş ise o kotun bilinmesi ve o kesimin değerlerini doğru yansıtmasıdır.

4.3 Boşluk Suyu Basınç Toplayıcıları

4.3.1 Baraj Gövde Dolgusu İnşaatı Sırasında Cihazlar Yerleştirmeden Önce ve Yerleştirilirken Sağlamlık Kontrolü

Galeri duvarında bulunan ve beton-kaya kontağındaki aksama bağlı olan metal veya PVC borunun kırık, çatlak, tıkanmış olmamasına dikkat edilmelidir. Bu boruların ağzına yerleştirilecek olan manometre ve vanaların kırık, deformasyona uğramış ve standart dışı olup olmadığı iyice kontrol edilmelidir.

Manometre montajı yapılmadan önce laboratuar ortamında kalibrasyonu yapılarak doğru değer gösterdiği teyit edilmelidir.

4.3.2 Cihazları Koruma

Borçka ve Muratlı Barajlarında su alma yapısı ve dolusavak kesiminde, enjeksiyon galerisi duvarlarına sabitlenen manometre ve vana aksamının, her ne kadar kapalı ve fazla kullanılmayan bir ortamda olsalar da korunması gereklidir.

Manometrelerin montajı yapılırken cam ön yüzünün zarar görmeyecek ve aynı zamanda okuma işleminin yapılmasına mani olmayacak şekilde kenar kesime yerleştirilmesi uygun olur.

Manometrelerin ve tahliye vanalarının zarar görmemesi için kapaklı kutu içerisine alınması, hemen yanına uyarıcı ikaz yazısı yazılması da olumlu bir işlemdir.

4.4 Deformasyon Ölçüm ve Röper Noktaları

4.4.1 Baraj Yapıları İnşaatı Sırasında ve Sonrasında Montajı

Projesinde belirtilen yerlerine montajı yapılacak olan ölçüm referans noktalarının her ne kadar yerleri kesin olsa da, röper (alet sabitleme) noktalarından rahatça görülebilme durumları montajlarından önce teyit edilmeli ve sorun varsa giderilmelidir.

4.4.2 Cihazların ve Etrafının Korunması

Cihazların yerleri belirgin renklerle işaretlenmeli, insan ve araçların yaklaşmaması için etrafları gerekiyorsa korkulukla çevrilmelidir.

Söz konusu işlerde kullanılacak olan ölçüm aletleri, topograflar tarafında kullanılan cihazlar olmakla beraber; deformasyon ölçüm ve röper noktaları hazırlanırken zeminin, beton imalatın ve sabit merkez noktasının yapımında atmosferik şartlara dayanabilecek şekilde imal edilmesi gerekir.

5 YERLEŞTİRME SONRASINDA DİKKAT EDİLMESİ GEREKEN HUSUSLAR

5.1 İnklinometreler ve Piezometre Kuyuları

5.1.1 Kuyu Ağzı Düzenleme İşlemleri

Borçka ve Muratlı Barajlarında, baraj inşasına paralel olarak eklemelerle yükseltilen inklinometre ve piezometre kuyularının nihai kota ulaşması ile projesine uygun olacak şekilde üst 1 m'lik kısmı, 150 mm et kalınlığında, 500 mm kenar uzunlukta, 200 mm derinlikte kare şeklinde beton muhafaza oluşturularak koruma altına alınmıştır. Ölçü aletinin adı ve referans numarası betona açık ve sürekli belirgin olacak şekilde işaretlenmiştir.

Kuyu ağızlarında tapa bulunmakla beraber ayrıca beton muhafaza üzerine de galvanizli sac kapak montajı yapılmıştır.

5.1.2 İlk (Sıfır) Okumaların Yapılması

Yerine tamamen sabitlenen ve iç kısmının tıkalı olmadığı test probu ve ucuna ağırlık bağlı çelik halat ile kontrol edilen inklinometre ve piezometre kuyularından ilk okuma değerleri alınır. Alınan bu ilk değerler sonraki yapılacak tüm okumalarda referans ölçüm olarak kabul edilecektir.

5.2 Manyetik Halkalar

5.2.1 İlk (Sıfır) Okumaların Yapılması

Bağlı olduğu inklinometre kuyusunun ağız kotunun sabitlenmesi işlemi tamamlandıktan sonra artık okuma işlemine geçilebilir. Yerine tamamen sabitlenen ve manyetik halka hizasına geldiğinde, Uç kısmında, manyetik alana girdiğinde sinyal sesi veren metal çubuk bulunan şerit metre ile ilk okuma ölçüm işlemi gerçekleştirilir.

İşlem şu şekilde yapılır: Bir manyetik halkanın bulunduğu kesime gelen şerit metrenin ucundaki prob sinyal sesi vermeye başlar. Bu anda kotu bilinen kuyunun ağzı hizasındaki şerit metreden milimetrik olarak değer okunur ve kaydedilir. Şerit metre sarkıtılmaya devam eder ve sinyal sesinin kesildiği andaki seviye de, şerit metreden milimetrik olarak değeri okunur ve kaydedilir. Kaydedilen ilk ve son değerin aritmetik ortalaması alındığı zaman manyetik halkanın kotu tam tespit edilmiş olur.

Alınan bu ilk kot değerleri sonraki yapılacak tüm okumalarda referans ölçüm olarak kabul edilecektir.

5.3 Elektrikli Ölçüm Aletleri (Piezometre – Ekstansometre - Zemin Basınç Ölçer – Rokmetre - Klinometre)

5.3.1 İlk (Sıfır) Okumaların Yapılması

Elektrikli ölçüm aletleri olan piezometre, ekstansometre, zemin basınç ölçer, rokmetre ve klinometrelerin; baraj gövde dolgu ve beton yapılarına paralel olarak projelerinde gösterilen yerlerine yerleştirilmesi akabinde üzerleri kapatılmadan hemen önce direnç ölçerlerle ilk okuma değerleri alınır. Alınan bu ilk değerler sonraki yapılacak tüm okumalarda referans ölçüm olarak kabul edilecektir.

5.3.2 Kabloların Şalter Kutularına Yerleştirilmesi

Piezometre, ekstansometre, zemin basınç ölçer, rokmetre ve klinometreler yerleştirildikleri konuma göre kabloları filtre dolgu ve kablo kanalları vasıtasıyla, geniş yayılım alanı sunan baraj yapılarının belli başlı merkez noktalarında gruplar halinde toplanırlar.

Projesinde belirtilen bu merkez noktalarında montajı yapılan şalter kutularına; içerisindeki bağlantı ucu adetine göre, ölçüm aletlerine ait kablolar isim ve seri numaralarına azami dikkat gösterilerek yerleştirilir. O noktada bir adet şalter kutusu yeterli olmazsa kablo sayısı durumuna göre arttırılır. (Foto 9, 10)

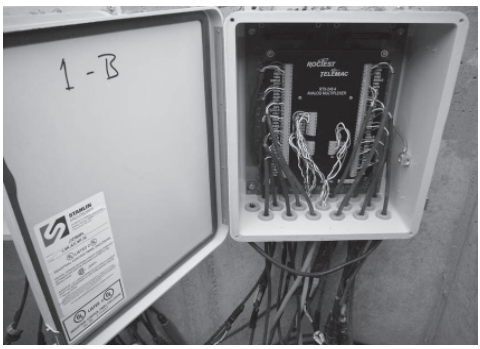


Foto 9: Şalter kutusuna ölçüm aletleri kabloların sabitlenmesi

Foto 10: Şalter kutuları ve piezometre kuyusu muhafaza çukurunda

Bu aşamaya kadar her biri kablo uçlarından arazide kullanılabilen direnç ölçerlere bağlanarak değer alınan ölçüm aletleri, bundan sonra şalter kutularında bağlantıları yapılan uçlardan, yine aynı direnç ölçerlerle okumaları yapılmaya devam edilir.

Şalter kutuları; sızdırmaz, toz geçirmez metal parçalardan imal edilmiş olmalıdır. Dış aksamı ve içerisinde kullanılan parçalar pasa karşı dayanıklı malzemeden olmalıdır.

5.3.3 Ana Kabloların Ölçüm Aletleri Odasına ve Bilgisayarına Montajı

Şalter kutularına birçok ölçüm aletine ait kabloların bağlantısının yapılmasına karşılık, şalter kutusundan birkaç adet ana kablo çıkar. Baraj yapıları üzerinde belirli noktalarda sabitlenmiş bulunan şalter kutularından çıkan ana kablolar açılan kablo hendekleri vasıtasıyla, proje üzerinde gösterilen yere inşa edilmiş olan ölçüm aletleri odasına çekilir.

Ölçüm aletleri odası, baraj alanında ulaşımı kolay olan bir yere betonarme olarak inşa edilmiş olmalıdır.

5.4 Deformasyon Ölçüm ve Röper Noktaları

5.4.1 İlk (Sıfır) Okumaların Yapılması

Beton dökümünden veya o kısımdaki gerekli dolgu işleminin tamamlanmasından hemen sonra, şekli, boyutu ve yerleri projelerinde belirtildiği üzere montajı yapılan deformasyon ölçüm noktaları ve röper noktalarının kot ve koordinatları hassas bir şekilde ölçülecek ve alınan bu ilk değerler sonraki yapılacak tüm okumalarda referans ölçüm olarak kabul edilecektir.

6 KULLANIMINDA DİKKAT EDİLMESİ GEREKEN HUSUSLAR

6.1 İnklinometreler ve Piezometre Kuyuları

6.1.1 Okuma Ünitelerinin Korunması

İnklinomtre okumaları; bu iş için üretilmiş olan kuyu içerisindeki kılavuz kanallardan salınan prob (özel metal çubuk), verileri kaydeden logger (arazi bilgisayar ünitesi) ve bu iki cihazı birbirine bağlayan üzeri yarım metre aralıklarla işaretli özel kablo vasıtası ile yapılır.

Piezometre kuyularında ise; uç kesiminde suyla temas ettiğinde sinyal sesi veren metal çubuk bulunan 100 m uzunluğunda ve milimetrik hassasiyetli şerit metre (elektrikli sonda) ile ölçüm işlemi gerçekleştirilir.

Kullanılacağı zaman işin ve cihazların hassasiyeti konusunda eğitimli ve cihazları kullanmasını bilen personel tarafından alınarak, ölçümler titiz bir şekilde yapılmalıdır.

Arazide aşırı güneş, yağmur, rüzgar, soğuk gibi atmosferik etkenlerden, kaya düşmesi, keskin yerlere ve ölçüm aleti borusuna sürterek zedelenmesi ve hor kullanma gibi durumlardan kaçınılmalıdır.

Kullanılmadığı zaman içerisinde temizliği ve bakımı yapılan okuma üniteleri, bu cihazlara tahsis edilmiş muhafazalı dolaplar içerisinde saklanmalıdır.

Bununla beraber okuma ünitelerinin belli periyotlarla ilgili birimlere gönderilerek kalibrasyon (ölçümleme) işlemlerinin yapılması gerekmektedir.

6.1.2 Test Probu ve Ağırlıklı Halat Kullanımı

Ölçüm aletlerinin okumasında kullanılan donanım pahalı olduğundan risk oluşturan durumlarda zarar görmemesi için tedbir alınmalıdır.

Bu sebeple inklinometre kuyularından ölçüm almak için kuyuya indirilen ve içerisinde bu amaçla oluşturulmuş aksamı bulunan prob yerine, aynı dış şekle sahip test probu her ölçüm çalışması öncesinde kuyuya sarkıtılmalıdır. Oluşması muhtemel kırılma, burkulma, tıkanma gibi deformasyonlar sebebiyle probun kuyuda sıkışıp kalması ve kurtarılamaması gibi durumlar meydana gelebilir.

Aynı şekilde piezometrik su seviyesini ölçmek için yapılacak çalışma öncesinde de piezometre kuyusuna, yukarıda bahsedilen olumsuz durumlarla karşılaşılması durumunda ölçüm aletini kaybetmemek amacıyla, ucuna metal ağırlık bağlanmış çelik halatın sarkıtılarak kontrol edilmesi gerekmektedir.

6.1.3 Okuma Aralıklarını Ayarlama

Belirlenen yerinde tesis edilmiş olan inklinometre ve piezometrik seviye ölçüm kuyularından son düzenlemelerin yapılmasını müteakip, ilk okuma değerleri alındıktan sonra, muntazam aralıklarla okumaya devam edilerek baraj ve temelin davranışı izlenecektir.
Barajda su tutulması, aşırı yağışlar, feyezan, deprem gibi durumlarda okuma aralıkları sıklaştırılacaktır.

Normal şartlar altında devam eden okumalardan alınan verilerin, uzmanlarınca yorumlanmasına bağlı olarak okuma aralıklarının periyodunun uzun vadede seyreltilmesi normal bir durumdur.

6.2 Elektrikli Ölçüm Aletleri (Piezometre - Ekstansometre - Zemin Basınç Ölçer - Rokmetre - Klinometre)

6.2.1 Ölçüm Değerlerinin Alınması

Borçka ve Muratlı Barajlarında elektrikli ölçüm aletleri okumaları ilk aşamada ölçüm aletine bağlı kablodan, taşınabilir direnç ölçer vasıtası ile doğrudan yapılmıştır. Barajların gövde dolgusu ve beton

yapıları tamamlandıktan sonra muhtelif yerlere yerleştirilen şalter kutuları içerisine çekilen kabloların, bağlantılarının yapıldığı aksam üzerinde bulunan yuvalardan okunması da aynı cihazla gerçekleştirilmiştir.

Şalter kutularından, ana kablolar vasıtasıyla ölçüm aletleri odasına (Foto 11, 12) bağlantıları yapılan ölçüm aletlerinin okumaları burada sabit bulunan bilgisayar sistemine devredilmiştir. Ölçüm aletleri odasında bulunan sabit bilgisayar her gece saat 02.00'de bütün elektrikli ölçüm cihazlarına bağlanarak o saate ait günlük değerleri almakta ve hafızasında saklamaktadır. Yaklaşık 6 aylık süreye ait geriye yönelik değerler bilgisayarın hafızasında saklanabilmektedir. (Foto 13) Muhtelif zamanlarda buradaki bilgisayardan dizüstü bilgisayara, program aracılığıyla ara kablosuyla bağlantı yapılarak geriye yönelik günlük veriler alınabilmektedir. (Foto 14)

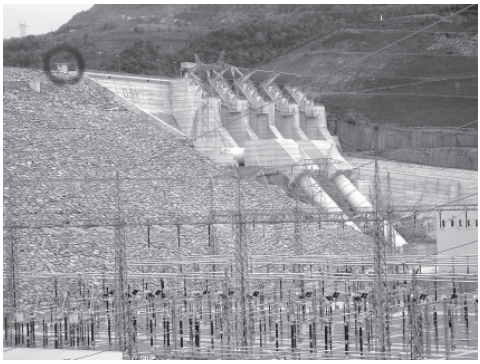


Foto 11: Borçka Barajı ölçüm aletleri odası

Foto 12: Muratlı Barajı ölçüm aletleri odası

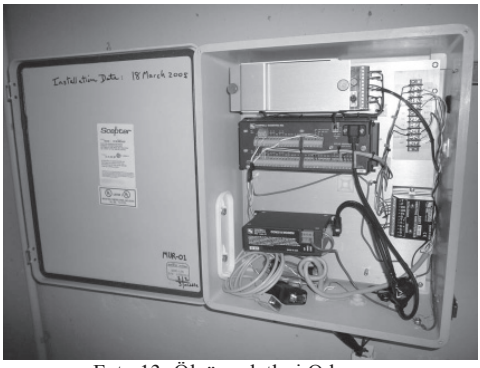


Foto 13: Ölçüm aletleri Odası

Foto 14: Ölçüm Odası

Son olarak ölçüm aletleri odasında bulunan bilgisayara modem hattı bağlantısı gerçekleştirilmiştir. Artık uzak mesafelerde bulunan baraj alanlarına gidilmesine gerek kalmadan, yetkili şahıslar tarafından sabit telefon hattı aracılığıyla şehir içinden veya şehir dışından bağlantı kurularak veriler alınabilecektir.

Ayrıca, elektrik santrali işletmesine bağlı sistemde bulunan cebri borulardan geçen suyun debisi, göl kotu seviyesi gibi değerlerin; ölçüm aletleri odasındaki söz konusu sisteme bağlanarak aynı şekilde takip edilmesi düşünülmektedir.

Bununla beraber gerek görüldüğünde şalter kutularından direnç ölçer ile her zaman için okuma yapılması mümkündür. Ayrıca ölçüm aletleri odasından elde edilen verilerin sağlıklı olup olmadığını kontrol etmek amacıyla, şalter kutularından belli aralıklarla ölçüm yapılması uygun olacaktır.

6.2.2 Okuma Ünitelerinin Korunması

İşin ve cihazların hassasiyeti konusunda eğitimli ve cihazları kullanmasını bilen personel tarafından tekniğine uygun olarak, Borçka ve Muratlı Barajlarında direnç ölçerler arazi elemanları tarafından kullanılmakta ve ölçüm aletleri odasında bulunan sabit bilgisayardan değerler ilgili teknik eleman tarafından alınmaktadır.

Arazide aşırı güneş, yağmur, rüzgar, soğuk gibi atmosferik etkenlerden, kaya düşmesi, keskin yerlere ve ölçüm aleti borusuna sürterek zedelenmesi ve hor kullanma gibi durumlardan kaçınılmalıdır.

Kullanılmadığı zaman içerisinde temizliği ve bakımı yapılan okuma üniteleri bu cihazlara tahsis edilmiş muhafazalı dolaplar içerisinde saklanmalıdır.

6.2.3 Okuma Aralıklarını Ayarlama

Söz konusu ölçüm cihazlarının ilk okuma değerleri alındıktan sonra, muntazam aralıklarla okumaya devam edilerek baraj ve temelin davranışı izlenmeye devam edilir.

Yine aynı şekilde; barajda su tutulması, aşırı yağışlar, feyezan ve deprem gibi durumlarda okuma aralıkları sıklaştırılması söz konusu olduğundan, bu noktada ölçüm aletleri odasında bulunan bilgisayarın günlük verileri alma ve saklayabilme yeteneğinin olması önem kazanmaktadır.

6.3 Deformasyon Ölçüm ve Röper Noktaları

6.3.1 Ölçüm Değerlerinin Alınması

Borçka ve Muratlı Barajlarında, baraj ve yardımcı yapıları yüzeylerine tesis edilen ölçüm noktaları ve röper noktaları şebekesinin okumaları mühendislik harita grubu tarafından yapılmaktadır. Ölçümlerde belirtilen “X” değeri sağ-sol sahile doğru; “Y” değeri memba-mansap yönüne doğru ve “Z” değeri düşey yönlü hareketleri belirtmektedir. Alınan bu kot ve koordinat değerleri, baraj ölçüm tesisleri ilgili teknik elemana aktarılmakta ve diğer ölçüm cihazlarıyla birlikte koordinasyonlu değerlendirilmesi için tek elde toplanmaktadır.

Borçka ve Muratlı Barajlarında, baraj yapıları açık alanlarına ve çevresine tesis edilmiş olan röper noktalarından deformasyon noktalarının ölçümünün yapılması yanında, röper noktalarının da birbirleri arasında ölçümleri yapılarak sabitlikleri kontrol edilmelidir.

6.3.2 Okuma Aralıklarını Ayarlama

Belirlenen açık alanlara tesis edilmiş olan ölçüm ve röper noktaları ilk okuma değerleri alındıktan sonra, muntazam aralıklarla veriler alınarak barajda oluşması muhtemel memba-mansap ve sağ-sol sahil yönündeki yanal hareketler ile düşey yönlü, yani oturma hareketleri izlenmesine devam edilecektir.

Yine aynı şekilde; barajda su tutulması, aşırı yağışlar, feyezan ve deprem gibi durumlarda okuma aralıkları sıklaştırılacaktır.

Bu ölçüm işlerinde de, normal şartlar altında devam eden okumalarda görülen değerlerin, uzmanlarınca yorumlanmasına bağlı olarak okuma sıklığı zaman aralıkları uzatılabilecektir.

Kalibrasyonu gereken bütün ölçüm aleti okuma ünitelerinin "Kalite Standardı Yönetim Sistemi"nde belirtilen şekilde kalibrasyonunun yapılmasına dikkat edilmelidir.

7 OFİS ÇALIŞMALARI

7.1 Okuma Değerlerinin Doğruluk Kontrolü

Tam anlamıyla kabulü, ilk okuma değerlerinin elde edilmesiyle başlayan tüm ölçüm cihazlarına ait kendi özel karakteristik verileri, normal süreçte belli bir aralık dahilinde rutin olarak devam eder. Bu değerlerden ani sapmalar kontrol edilmesi gereken verilerdir.

Ayrıca ölçüm aletlerinin kalibrasyonu sonrasında alınan değerler ve yedek okuma üniteleri ile alınan değerlerle sonuçlar teyit edilmelidir.

7.2 Formüllerin Oluşturulması ve Değerlendirmelerin Yapılması

Borçka ve Muratlı Barajlarında, ilgili sözleşmesi kapsamında anahtar teslimi usulüne göre konsorsiyum yüklenici üyesi tarafından ölçüm aletleri ve yardımcı ekipmanları Roctest Telemac firmasına yaptırılmıştır.

İnklinometre ölçümlerinden alınan değerlerin GTILT adlı programa yüklenmesi ile yanal hareketlere ait grafikler, program tarafından oluşturulmaktadır.

Piezometrik kuyulardan ölçülen yeraltı su seviyesi mevsim, mevsime bağlı yağışlar, baraj göl kotu ve mansap kuyruk suyu su seviyesi ile ilişkilendirilerek koordinasyonu yapılmaktadır.

Manyetik halkalardan alınan ilk okuma değerleri ile sonradan elde edilen değerlerin farkı alınarak, düşey yöndeki hareketin mevcudiyeti ve miktarı basit formülle saptanmaktadır.

Elektrikli ölçüm aletleri olan piezometre, ekstansometre, zemin basınç ölçer ve rokmetrelerin her bir cihazına ait ayrı ayrı fabrika ölçümleme sertifikaları mevcuttur. Bu sertifikalarda frekans kalibrasyon faktörü, ısı kalibrasyon faktörü, standart frekans değeri, uygun ısı değeri gibi veriler ve uygulanacak formüller verilmektedir. Bu ölçüm aletlerinin, ölçüm aletleri odasında çekilmeden önce direnç ölçerler ile alınan frekans ve sıcaklık değerleri ölçümleme sertifikalarında yerine konularak;

söz konusu ölçüm aletlerinin, ölçüm aletleri odasında çekilmesi, buradaki sabit bilgisayara bağlanması ve bilgisayara gerekli programların yüklenmesi ile ham değerler bu bilgisayarda işleme tabi tutulmaya başlanmış ve alınan değerler doğrudan sonuca yönelik olmuştur.

Klinometrelerin elektronik sistem olması sebebiyle ölçüm aletleri odasında bağlantısı yapılana kadar veri alınması mümkün olmamış, sonrasında ise veriler işlenmiş olarak elde edilmeye başlanmıştır.

Boşluk suyu basınç toplayıcıları, manometrede var olan değerin doğrudan gözlemlenmesi ile değerlendirilmektedir.

Deformasyon ölçüm noktalarından alınan değerlerin, ilk okuma değerlerinden farkı bulunarak; memba-mansap, sağ-sol sahil ve düşey yöndeki hareketlerin varlığı ve miktarı basit formülle hesaplanarak değerlendirilmektedir.

7.3 Asıl ve Yardımcı Değerler

Ölçüm aletlerinden alınan değerler asıl değerler olmakla beraber, baraj göl kotu, mansap çıkış su kotu, hava durumu verileri ve hatta baraj gövde dolgusu mansap tarafına ait değerleri gösteren piezometrik su seviye değerleri yardımcı değerler olarak çalışmalarda beraber kullanılmaktadır.

7.4 Grafiklerin Oluşturulması

Piezometre, ekstansometre gibi her bir tür ölçüm aletlerine ait grafikler ayrı ayrı oluşturulmakla beraber bu grafiklerin hepsinde yardımcı değerler, sağlıklı görüş elde edebilmek için kullanılmaktadırlar.

7.5 Elde Edilen Sonuçların Değerlendirmesi

Proje bünyesinde kullanılan şu anki bilgisayarların ve programlarının; ölçüm aletlerinden aldığı ve işlenmiş olarak verdiği değerleri yorumlaması ve ikazda bulunması mümkün değildir.

Bununla beraber, ofis çalışmalarını ve özellikle elde edilen sonuçların yorumlamasını, değerlendirmesini yapacak olan şahısların daha önce bu konuda hiçbir çalışma ve bilgisi olmasa dahi, elde edilen sonuçların takip edilmesi belli bir fikrin oluşmasına sebep olur.

Alınan ölçüm verilerinin belli bir noktada kendi içerisinde oluşturduğu düzenin dışına çıkması mutlaka bir problemin habercisidir. Bu problemin; o ölçüm aletinin bulunduğu kesimdeki arazide herhangi bir sebeple oluşan sıkıntı mı olduğu, yoksa ölçüm aletinde veya kablosunda veya okuma ünitesinde ya da benzer şekilde başka bir aksamda teknik arızaya mı maruz kaldığı arazide hiçbir emare olmasa dahi çoğu zaman kolayca tespit edilebilir. Tabiidir ki bununla beraber özellikle uzman şahısların katılımı ile yapılacak çoklu değerlendirme doğruya en yakın sonucu verecektir.

Yerleştirilme amacının gereği tezahür eden bu durumda, hem aynı türden olan ölçüm aletlerinin ve hem de diğer türden olan ölçüm aletlerinin verilerinin birlikte değerlendirilmesi ile çoğu zaman sonuca kısa sürede ulaşılabilir. Ayrıca okuma işleminin tekrar yapılması, varsa yedek okuma ünitelerinin kullanılması faydalı bir işlemdir.

Bu konunun önemine bağlı olarak DSİ Genel Müdürlüğü Barajlar ve HES Dairesi Başkanlığı Baraj Güvenliği Şube Müdürlüğü kapsamında, Bölge Müdürlüğümüzde "Baraj Emniyeti ve Ölçüm Tesisleri Başmühendisliği" kurulmuştur. Şu aşamada yeterli kalifiye personel sayısına sahip olmayan Başmühendislik bünyesinde, bütün Çoruh Projeleri kapsamındaki barajların ölçüm işlerinin takibinin yapılması planlanmaktadır.

Borçka ve Muratlı Barajlarından alınan ölçüm değerleri CD ortamına aktarılmakta, aylık dönemler halinde Genel Müdürlüğümüz Barajlar ve HES Dairesi Başkanlığına düzenli olarak gönderilmektedir.

8 SONUÇ

Yerine getireceği işlev itibariyle çok özel yapılar olan barajlarda, diğer çalışmalar gibi ölçüm aletleri çalışmalarında da hassasiyet çok önemlidir.

Kullanılan ölçüm aletleri, yardımcı elemanları, okuma üniteleri ve bilhassa kalifiye eleman seçiminde gösterilecek hassasiyet, barajın ömrü boyunca verilerin de uzun yıllar ve doğruya en yakın şekilde alınmasında, en büyük etken olacağı bilinmelidir.

Baraj inşaatı çalışmaları esnasında alınan ölçüm verileri sebebiyle devam eden işlerde proje revizyonuna gidilebilmekte; işletme zamanında alınan ölçüm verileri sebebiyle baraj yapılarının davranışı ve emniyet kontrolü yapılabilmektedir. Bununla beraber bu çalışmaların değerlendirilmesi ile yeni yapılacak barajların projelendirilmesinde önemli kazanımlar sağlanacağı muhakkaktır.

9 KAYNAKLAR

[1] Borçka Barajı ve HES Sözleşmesi C. I
[2] Muratlı Barajı ve HES Sözleşmesi C. I
[3] Borçka Barajı ve HES Teknik Şartnamesi C. III-A1
[4] Muratlı Barajı ve HES Teknik Şartnamesi C. III-A1
[5] KARACAOĞLU B., Toprak ve Kil Çekirdekli Kaya Dolgu Baraj Ölçüm Tesisleri El Kitabı, ANKARA, Yayın No:931, 1999
[6] DEVECİ, H., Borçka - Muratlı Barajları ve HES Çalışma Arazi Notları, ARTVİN, 2002-2007

RIXOS HOTEL BİNASININ RÜZGAR YÜKÜ KARŞISINDAKİ TEPKİSİNİN GPS VE YÜKSEK PRESİZYONLU EĞİM SENSÖRÜ VERİLERİ İLE ANALİZİ VE SENSÖRLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

C.Ö. YİĞİT[1,2], C. İNAL[1], X. LI[2], L. GE[2], C. RIZOS[2], M. YETKİN[1], M. H. ARSLAN[3], S. DOĞANALP[1]

[1] *Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Konya, cyigit@selcuk.edu.tr, cevat@selcukedu.tr, myetkin@selcuk.edu.tr , sdoganalp@selcuk.edu.tr*

[2] *School of Surveying & Spatial Information Systems, University of New South Wales, Australia, xj.li@unsw.edu.au , l.ge@unsw.edu.au , c.rizos@unsw.edu.au*

[3] *Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Konya, mharslan@selcuk.edu.tr*

Özet

Yüksek binalar rüzgar yükü altında statik, quasi-statik ve dinamik(resonans) olmak üzere üç bileşen şeklinde tepki göstermektedir. Objenin bu üç bileşeninin izlenmesi ve belirlenmesi farklı özellikleri ortaya çıkaran GPS, ivme sensörü ve eğim sensörü vb. gibi sensörlerin bir arada kullanılmasını gerektirmektedir. Yapıların izlenmesinde kullanılan bu sensörlerin veri toplama frekansı ve veri kalitesi açısından birbirlerine göre üstünlükleri ve zayıflıkları mevcuttur. Bu sensörlerin izleme projelerinde birlikte kullanılması obje hakkında önemli bilgileri sağlanmasından dolayı büyük öneme sahiptir.

GPS ile doğrudan deplasman değerleri ölçülebilirken, alıcı ve izlenen obje etrafındaki yansıtıcı yüzeylerden kaynaklanan çok yolluluk hatası veri kalitesini düşürmektedir. Bu hata ile yüklü zaman serisi uygun bir filtreleme yöntemi ile giderilmedikçe binanın rüzgar yükü karşısındaki gerçek statik ve quasi-statik tepkileri belirlenememektedir. Sıcaklık farkının çok değişmemesi şartıyla eğim sensörü verilerinin başka bir dış etkiden etkilenmemesi GPS in bu eksik tarafını tamamlamaktadır.

Bu çalışmada, 30 katlı Rixos Hotel Binasının rüzgar yükü altındaki davranışı GPS ve Yüksek Presizyonlu Eğim Sensörü ile eş zamanlı olarak izlenmiştir. Bu iki sensörden toplanan veriler zaman ve frekans alanındaki analizler yardımıyla değerlendirilmiştir. GPS ölçmelerinin bina üzerindeki yansıtıcı yüzeyler sebebiyle çok yolluluk hatasıyla yüklü olduğu tespit edilmiştir. Her iki sensör verilerinin frekans alanında yapılan analizleri sonucunda sensörlerden elde edilen sonuçların birbiriyle ve Sonlu Elemanlar Yöntemi(SEM) ile elde edilen 1. mod frekansı ile uyumlu olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca bu çalışma ile, rüzgar yükü altında bina davranışlarının izlenmesinde GPS ve eğim sensörlerinin birbirlerine göre üstün ve zayıf yönleri ortaya çıkarılmış ve bu sensörlerin birlikte kullanılmasının önemi üzerine bulgular elde edilmiştir.

Anahtar kelimeler : *Rüzgar yükü, Yüksek binalar, GPS ve eğim sensörü, Tam ölçekli izleme*

ANALAYSIS OF WIND-INDUCED RESPONSE OF RIXOS HOTEL BUILDING BASED ON DATA COLLECTED BY GPS AND PRECISE INCLINATION SENSOR AND COMPARISON OF THE SENSORS

Abstract

Wind-induced response of tall buildings consists of three component: static, quasi-static and resonant. It is necessary to use different sensors together such as GPS, accelerometer, inclination sensor and etc.in order to monitor and identify these three componenst of tall building. There are some difference among these sensors used in monitoring project considering data sampling rate and data quality such as accuracy and precision. Using different sensors together and its integration for monitoring project are very important because of providing and exploring valuable information of structures.

Although GPS is capable of measuring absolute displacement directly, multipath distort the code C/A and P code and the carrier phase observations due to reflected surface surrounding GPS receivers and as a result, multipath error decrease data quality . it is impossible to detect real static and quasi-static displacement of structures unless multipath error is removed by proper mitigation algorithm. Inclination sensor may compensate this weakness of GPS caused by multipath provided that ambient temperature difference is stable during event.

In this study, behaviour of Rixos Hotel buildings with 30 stories under wind loading has been monitored by GPS and inclination sensors simultaneously. Data collected by these sensors have been analyzed in time and frequency domain. It was found out GPS observation distorted by multipath error because of reflected surface on building. According to analyse results in frequency domain, the two sensor show good agreement with each other and first mode natural frequency of building obtained by both observations and Finite Element Model is close with acceptable tolerance. In addition , the strength and weakness of GPS and the inclination sensors in monitoring the reactions of the tall buildings under wind loading conditions were evaluated and importance of the integration of these two sensor was discussed as well.

Keywords: *Wind loading, Tall building, GPS and inclination sensor, Full-scale monitoring.*

1. Giriş

Günümüzde geniş ve yüksek binaların sayısında dikkate değer bir artış gözlenmektedir. Asma köprüler ve yüksek binalar gibi mühendislik yapıları deprem, rüzgar vb. yükler karşısında esnek ve dayanıklı olacak şekilde tasarlanırlar. Yüksek binaların deprem yüküne karşı dirençli olabilmesi yapının olabildiğince hafif-ağırlıklı ve esnek olmasını, şiddetli rüzgarlara karşı yapının dirençli olması ise yapının rijitliğinin olabildiğince yüksek olmasını gerektirmektedir(Li v.d. 2008). Özellikle depremlerin cok oldugu Japonya ve Türkiye gibi ülkelerde bu iki farklı tasarım ölçütlerinin göz önünde bulundurulması ve her iki yük değerine karşı dayanıklı bir binanın tasarlanması zorunludur.

Yapıların deprem ve rüzgar gibi yüklere cevabı temel olarak üç bileşen şeklinde olmaktadır. Bu bileşenler ortalama sabit bir yükle etki eden güçlerin neden olduğu statik bileşen, düşük-frekanslı yüklerin sebep olduğu quasi-statik bileşen ve yapıların 1. moduna yakın olan frekansdaki güçlerin sebep olduğu resonans(dinamik) bileşen(Tamura 2003, Li 2006). Yapıların yükler karşısında tepki olarak ortaya çıkardığı yapısal titreşim köprülerde düşey deplasmanlara, kule, yüksek bina ve gökdelenlerde yatay deplasmanlara sebep olmaktadır. Yapıların deplasman değerleri bu türden mühendislik yapılarının güvenliğinin değerlendirilmesi için anahtar bir parametredir. Yapıların hem statik hem de dinamik deplasman değerlerinin doğrudan ölçülmesinde GPS en etkili araçlardan birisidir. Günümüze kadar bir çok yüksek mühendislik yapısı deprem ve rüzgar yükü karşısındaki tepkimeleri GPS ile ölçülmüştür(Lovse v.d. 1995, Hristopulos v.d. 2007, Çelebi v.d. 2002, Tamura v.d. 2002, Park 2008, Breuer v.d. 2008). Tamura(2002) GPS ile 2 Hz den düşük ve 2 cm de büyük olan titreşim genliklerinin belirlenebileceği belirtilmiştir. Chan (2006) yaptığı bir çalışmasında GPS in hem yatay hem de düşey yöndeki dinamik ölçme doğruluğunu değerlendiren bir simulasyon çalışması yapmıştır. Bu çalışma sonucunda, 1 Hz ve daha düşük frekanslı titreşimlerin yatayda 5 mm den düşeyde de 10 mm den düşük genlikli olmaması koşuluyla GPS ile deplasmanlarının güvenilir bir şekilde ölçülebileceği sonucuna ulaşmıştır.

GPS ölçüleri alıcı etrafındaki sinyal yansımasına sebep olan yansıtıcı yüzeylerden etkilendiğinden yapıların sabit rüzgar yükünün etkisi ile oluşan quasi-statik tepkimelerinin doğru belirlenmemesine sebep olmaktadır(Li 2006). Böyle durumlarda GPS ölçülerindeki sinyal yansıma etkisinin uygun sinyal filtreleme modelleri ile giderilmesi gerektirmektedir. Sinyallerin yansıma etkisinden arındırılması ölçünün yapıldığı günü takip eden gün ve günlerde aynı ölçme zaman diliminde fazladan bir ölçme işlemini zorunlu kılmaktadır. Yansıma hatası yapıların quasi-statik deplasmanlarının belirlenmesi açısından GPS in etkinliğini düşürmektedir. Yapıların yükler altındaki daha yüksek frekanslarının izlenmesi ve tam ölçekli bir izleme ve analizin gerçekleşmesi için GPS'e ilave olarak ivme vb. sensörleri de kullanılarak bir çok çalışma gerçekleştirilmiştir(Li v.d. 2006, Ogaja v.d. 2001,

Brownjohn 2004). GPS ve geoteknik sensörlerle yapı davranışlarının belirlenmesi yanında robotic total station vb. gibi jeodezik ölçme aletlerinin dinamik hareketleri izleme performansı üzerine de araştırmalar gerçekleştirilmiştir(Gikas v.d 2005,2006, Danisch 2008).

Farklı sensörlerle elde edilen ölçmeler sonucu yapıların doğal frekanslarının belirlenmesi yapı sağlığının ve bütünlüğünün değerlendirilmesi açısından en önemli parametrelerden birisidir. Yapıların doğal frekanslarının ve sönümlenme oranlarının belirlenmesi, proje kabüllerinin kontrol ve kalibrasyonu, analitik modellerin değerlendirilmesi ve iyileştirilmesi ilgili mühendislik yapılarının farklı kabiliyetlere sahip sensörlerle farklı yükler altındaki davranışlarının izlenmesinin önemini ön plana çıkarmaktadır.

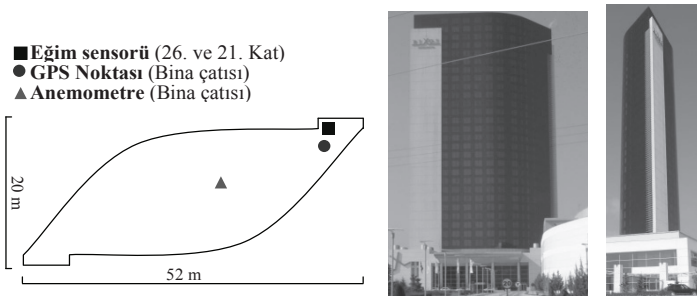
Yapıların tam ölçekli izlenmesi ve dinamik testleri yapıların davranışları ve performanslarının değerlendirilmesine ilişkin değerli bilgiler sağlarlar. Yapıların modal parametreleri olarak adlandırılan doğal frekansları, mod şekilleri ve modal sönüm değerleri ile sistem parametreleri olarak adlandırılan rijitlik, kütle ve sönümleme matrisi, ölçülen dinamik cevaplardan elde edilebilir. Bu tanımlanmış parametreler daha sonra yapının performansını değerlendirmek için kullanılabilir ve yapının analitik modelleri bu parametreler kullanılarak değerlendirilebilir(Salawu v.d. 1995). Buna ilave olarak, ölçmeler sonucu belirlenen parametreler yardımıyla analitik modele yapılacak yeni ilaveler yardımıyla daha gerçekci modeller elde edilebilir.

Bu çalışmada, 30 katlı betonarme binanın rüzgar yükü karşısındaki davranışı GPS ve eğim sensörü ile eş zamanlı olarak izlenmiş ve ölçüler frekans alanında analiz edilmiştir. Deney süresince rüzgara ilişkin hız ve yön bilgileride anemometre ile kayıt edilmiştir. Ölçüler frekans alanında hızlı fourier yöntemi ile analiz edilerek binanın doğal frekans değerleri incelenmiştir. Hesap sonucu ortaya çıkarılan doğal frekans değeri ile binanın SEM ile hesaplanmış frekans değerleri karşılaştırılmıştır. Ayrıca GPS ve eğim sensörünün yüksek binaların rüzgar yükü karşısındaki dinamik bileşenini ölçme performansları değerlendirilmiştir.

2. Yapıya ilişkin temel bilgiler ve bina üzerindeki sensör konumları

Rixos otel binası toplamda 30 katlı olup 100 m yüksekliğindedir. Temel alanı 685 m^2 dir. Bina kuzey-güney yönünde 20 m, doğu-batı yönünde 52 m dir. Binanın taşıyıcı sistemi betonarme olup, kolon ve perdelerden oluşmuştur. Taşıyıcı sistemde değişik ebatlarda 44 adet kolon ve iki adet perde-çekirdek bulunmaktadır. Plan düzleminde merdiven ve asansör kovalarını kapsayan iki adet betonarme çekirdek ile yatay taşıyıcılık sağlanmıştır. Dolayısıyla deprem ve rüzgar gibi yanal etkiler için gerekli rijitlik sağlanmıştır. Binanın dış yüzeyi cam olarak kaplanmış olup aerodinamik bir tasarıma sahiptir(Şekil 1).

Binanın projelendirme ve yapımı, Türk Deprem Yönetmeliği -1998 (TDY-1998) ve TS-500-2000 gibi standartlara göre gerçekleştirilmiştir. Binanın yapımında C25 (basınç dayanımı 25 MPa olan beton) ve S420 (çekme dayanımı 420 MPa olan donatı) kullanılmıştır. Zemin emniyet gerilmesi 3.94 kg/m^2 ve temel sistemi radye olarak seçilmiştir. Taşıyıcı sistem süneklik düzeyi yüksek olarak düşünülmüş, dolayısıyla eşdeğer deprem yükünde hesabında taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R) 7 olarak kabul edilmiştir. Bölgenin depremselliğine göre tasarım 4. derece deprem bölgesi için yapılarak etkin yer ivme katsayısı 0.10 g olarak, bina önem katsayısı (I) ise 1 olarak alınmıştır. Zemin sınıfı Z2 seçilmiş ve zemin karakteristik periyotları 0.15-0.40 sn olarak alınmıştır(TDY 1998, 1998; TS 500-2000, 2000).



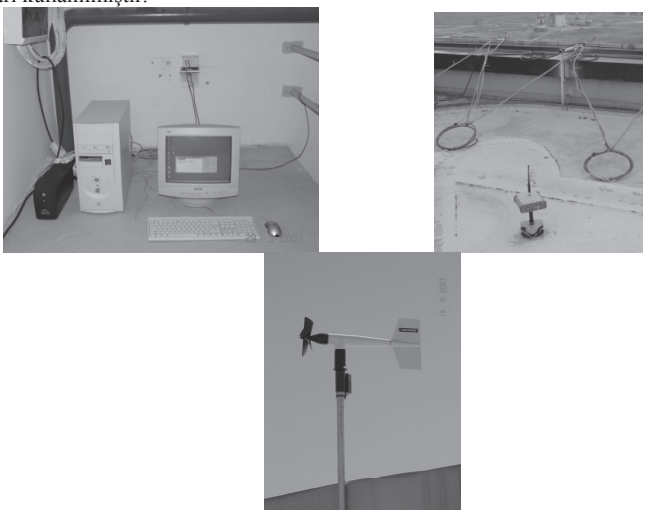
a b c

Şekil 1. Üst(a), ön(b) ve yandan(c) görünüş

Bu çalışmada Leica firmasının NIVEL200 eğim sensörü serisinin NIVEL220 modeli kullanılmıştır. Eğim sensörleri binanın iki çekirdek-perdelerinden kuzeye bakan çekirdek-perde üzerine binanın iç kısmına tesis edilmiştir(Şekil 2-a). Binada, çekirdek-perde kısmı yangın merdiveni ve asansörleri içermekte olup PC ve eğim sensörlerinden birisi 26. kat, diğer eğim sensörü ise 21. kat seviyesinde monte edilmiştir(Yiğit v.d. 2008).

Rüzgarın hız ve yön verilerini elde etmede Young Model 05103 anemometresi kullanılmıştır. Anemometre binanın damında bulunan ek bina üzerine hiçbir fiziksel engelin olmayacağı sağlıklı verilerin toplanabileceği hakim bir noktaya tesis edilmiştir(Şekil 2-c). Anemometre tesisinde sıfır doğrultusu eğim sensörünün Y ekseni ile paraleldir.

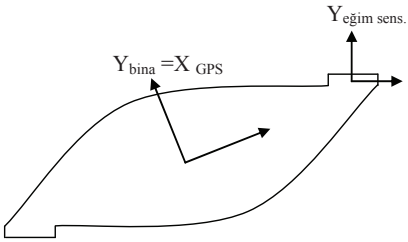
Binanın rüzgarlı havalardaki yatay hareketlerinin belirlenmesi amacıyla bina üzerinde eğim sensörünün bulunduğu çekirdek-perde üzerine denk gelen bir GPS noktası tesis edilmiştir(Şekil 2-b). Kinematik-GPS ölçmeleri için yatayda baz ölçme duyarlığı 10+2 ppm olan Topcon™ marka Hiper seri GPS alıcıları kullanılmıştır.



a b c

Şekil 2. Binanın 26. katında a- eğim sensörü, b-GPS Noktası, c-Anemometre

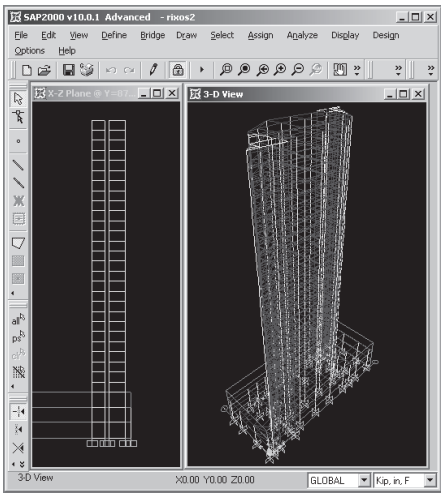
Sensörlerin binaya göre eksen bilgileri ve binanın analitik modelde tanımlanan ve kabul edilen eksen bilgileri Şekil 3'de görülmektedir. Binanın SEM de kabul edilen Y ekseni GPS'in X eksenine paralel fakat eğim sensörünün Y ekseni ile bellibir açı yapmaktadır.



Şekil 3. Bina, GPS ve Eğim sensörü eksen bilgileri

3. Yapının sonlu elemanlar modeli ve doğal frekansları

İzleme altında olan objeye ait mimari ve betonarme proje bilgileri yardımıyla, objenin 3 boyutlu modeli yapı analiz programında, SAP2000 10.0.1, oluşturulmuştur. Objenin bu modeli yardımıyla teorik doğal frekansları ve bu frekanslara ait şekil değiştirme modları hesaplanmıştır. Şekil 4, SAP2000 de hazırlanmış SEM ve SEM den elde edilen ilk 6 mod'a ait frekans bilgileri Tablo 1'de verilmiştir. Dinamik analizlerde ilk adım olarak genelde doğal frekans değerleri ve bu frekanslara ait şekil değiştirme modları hesaplanmaktadır. Bu değerler yapının her hangi bir zorlayıcı kuvvet altındaki davranışını tespit etmektedirler. Bu modları inceleyerek zorlayıcı kuvvetlerin yapıya hangi modlarda daha çok enerji verebileceği ve yapının hangi noktasındaki tepkiye hangi modun daha büyük katkı yapacağı tespit edilmektedir. Genellikle yapılan çalışmalarda az sayıda modun ve bunlarla ilgili frekans degerlerinin hesaplanması pratik açıdan yeterli olduğu ifade edilmektedir.



Şekil 4. Yapının SAP2000 de Oluşturulan Sonlu Elemanlar Modeli

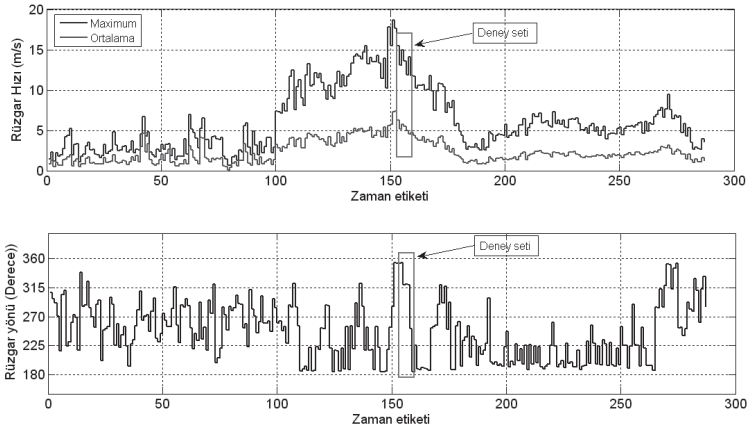
Analizlerde dikkate alınacak mod sayısı yapı tipine göre değişmektedir. Yüksek bina analizlerinde ilk mod toplam tepkinin yaklaşık %90'ını içerdiğinden, bu tür yapılar için yapı davranışını belirlemede ilk üç modun dikkate alınması yeterli olmaktadır(Erdoğan 2006).

Tablo 1. Rixos binasının ilk 6 moduna ait doğal frekans ve periyot değerleri

Mod No.	Frekans	Peryot
1	0.38 Hz	2.6 sn
2	0.55 Hz	1.8 sn
3	0.62 Hz	1.6 sn
4	1.25 Hz	0.8 sn
5	1.61 Hz	0.6 sn
6	2.13 Hz	0.5 sn

4. Ölçmeler ve Analizler

Bu çalışmada, rüzgarlı bir hava koşulundaki binanın yatay hareketleri GPS ve eğim sensörü ile eş zamanlı olarak ölçülüp analiz edilmiştir. Bu deney setinde maximum rüzgar hızı yaklaşık 58 km/saat ve rüzgar yönü binanın geniş yüzeyine dik doğrultudadır. Şekil 5' de deney setinin alındığı güne ait anemometre verilerinden 5 er dakikalık ortalama, maximum rüzgar hızı ile ortalama rüzgar yönüne ait bilgiler görülebilir. Şekil 5'de ayrıca seçilen deney seti dik dörtgen kutu içerisinde belirtilmiştir. Deney süresi toplam 20 dakikadır. Hem GPS hem de eğim sensörü ile veri toplanıp veriler frekans alanında Hızlı Fourier Analizi ile analiz edilmiştir.



Şekil 5. Rüzgar ortalama, maximum hız(üst) ve yönü(alt)

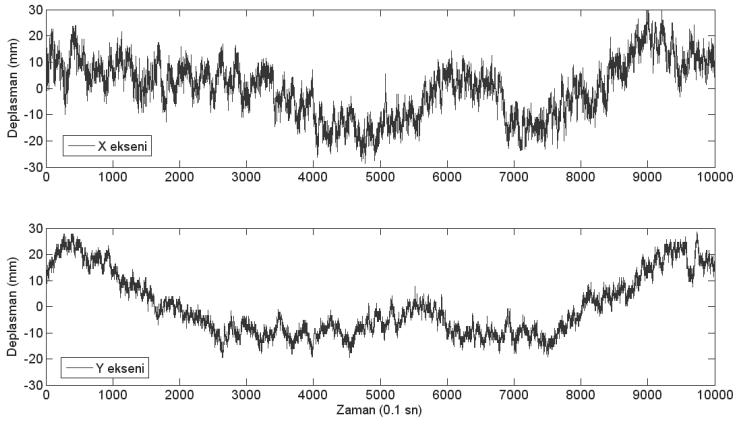
4.1 GPS ve eğim sensörü verilerinin analizi

GPS ölçülerinin analizi sonucu elde edilen X ve Y eksenlerine ait bileşenlerin zamana karşı değişen değerlerini görmek amacı ile zaman serileri çizilmiştir(Şekil 6). GPS ile örnekleme oranı 10 Hz olduğu için Şekil 6'da görülen zaman serilerinin yatay ekseni 0.1 sn aralıklı zaman bilgisini, düşey eksen ise bağıl deplasman değerini göstermektedir..

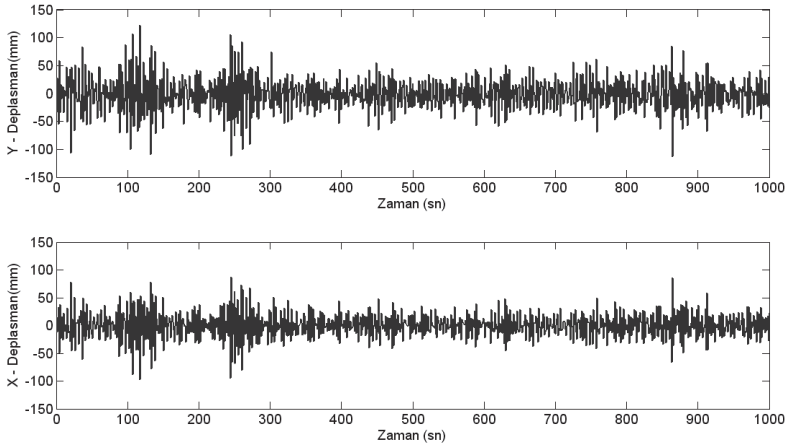
Bu çalışmada eğim sensörü veri toplama frekansı 1 Hz seçilmiştir. Eğim sensörünün Y ve X eksen yönündeki hareketleri binanın eğim değişimine ait bilgileri içermektedir. Eğim sensöründen elde edilen verilerin GPS verileri ile karşılaştırılması ve binanın rüzgar yükü karşısındaki deplasman değerlerinin elde edilmesi amacıyla eğim değerleri sensörün bina temel seviyesinden olan yükseklik değeri ile çarpılmıştır. Şekil 7, eğim sensöründen türetilmiş 1 sn lik zaman aralığındaki değişen deplasman değerlerini göstermektedir.

GPS ölçülerinin X ve Y eksenlerine ait zaman serisinin dinamik bileşeni incelendiğinde yani kısa dönemli deplasman değerindeki değişim incelendiğinde X ekseni yönündeki anlık değişimler Y eksenine göre daha büyüktür. Eksenler arasındaki dinamik cevabın farklı olması, rüzgarın binaya etkisinin X ekseni yönünde daha etkili olduğu anlamına gelmektedir. GPS ve eğim sensör verilerinin zaman serilerinin kısa dönemli, yani resonans yada dinamik olarakda adlandırılan bileşeni incelendiğinde ise eğim sensörü ölçülerinden türetilmiş deplasman değerlerin GPS le elde edilen deplasman değelerinden yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum, dinamik ve zamana göre hızlı değişen yükler karşısında eğim sensörünün içerisindeki sıvının vermiş olduğu tepkiden kaynaklandığı düşünülmektedir. Eğim sensöründen türetilen deplasman değerlerinin gerçek olan değerden ne derece saptığının belirlenmesi için ilave ölçme ve analizlerin yapılması gerektirmektedir.

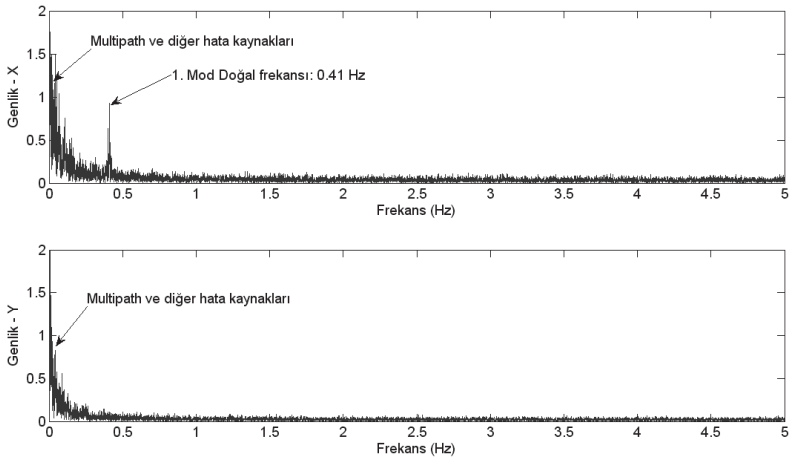
GPS zaman serilerinin uzun dönemli hareketleri incelendiğinde sanki bina periyodik bir quasi-statik hareket yapıyor gibi algılanmaktadır. Fakat eğim sensörü verileri incelendiğinde böyle uzun dönemli peryodik bir hareketin olmadığı açıkça görülmektedir. GPS zaman serisindeki bu uzun dönemli peryodik bileşen GPS sinayallerinin çok yolluluk hatasından etkilendiğini göstermektedir. Bu durum, GPS ölçülerinden çok yolluluk hatası giderilmedikçe, binanın sabit rüzgar yükü altındaki quasi-statik ve statik hareketlerinin gerçek değerlerinin belirlenemeyeceği anlamına gelmektedir. Bu çalışmada kısa dönemli hareketler yani bir başka değişle dinamik bileşene odaklanıldığından çok yolluluk hatasının giderilemesi ile ilgili herhangi bir analiz üzerinde durulmamıştır.



Şekil 6. GPS zaman serisi

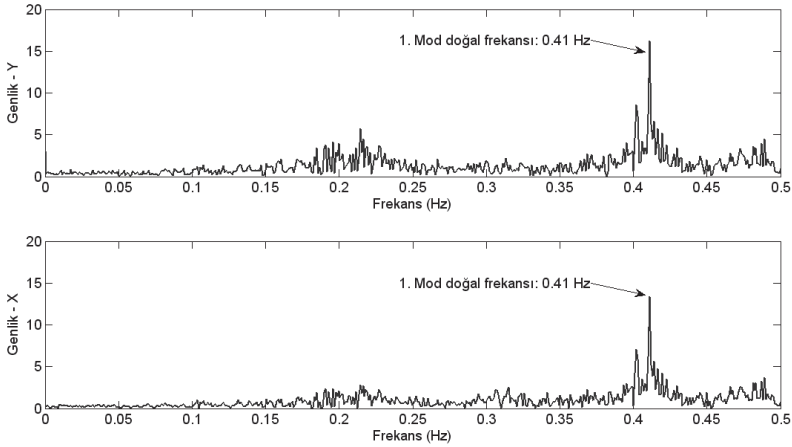


Şekil 7. Eğim sensörü zaman serisi



Şekil 8. GPS genlik spektrumu

Yüksek bina, gökdelen ve kulelerin deprem ve şiddetli rüzgar yükleri karşısındaki tepkileri sonucu doğal frekansları harekete geçmektedir. Mühendislik yapılarının dinamik analizi verilerin frekans alanında incelenmesi ve frekansların belirlenmesini gerektirir. Bu amaçla, zaman alanındaki toplanan hem GPS hem de Eğim sensörü verileri Hızlı Fourier analizi ile ferkans alanında incelenmiştir. GPS genlik spektrumu Şekil 8 de, Eğim sensörü genlik spektrumu Şekil 9 da görülmektedir. Şekil 8 incelendiğinde GPS in X bileşenine ait genlik spektrumunda 0.41 Hz civarında bir sıçrama gözükmektedir. Bu değer binanın 1. moduna ait doğal frekans değeridir. Y bileşeninde her hangi bir sıçrama olmayıp genlik spektrumu sadece GPS hata kaynaklarından kaynaklanan gürültüleri içermektedir.



Şekil 9. Eğim sensörü genlik spektrumu

Şekil 9 incelendiğinde eğim sensörünün hem X hemde Y yönünde 0.41 Hz frekansında bir sıçrama gözükmektedir. Daha öncede belirtildiği gibi GPS ve Eğim sensörünün eksenleri aynı yönlü olmayıp eksenler arasında bir dönüklük mevcuttur. GPS in X bileşeni binanın ana yönü ile çakışmakta olduğu ve rüzgar da bu yönde binaya etki ettiği için bu bileşen binanın doğal frekans bilgisini içermektedir. Hem GPS hem de eğim sensörünün frekans alanındaki analizleri sonucu binanın doğal frekansı 0.41 Hz bulunmuştur. SEM sonucu binanın 1. mod a ait doğal frekansı 0.38 Hz olup aradaki fark yaklaşık % 7 dir. Aradaki fark SEM modelindeki bazı kabullerden yada binada daha sonradan yapılmış olan değişikler yüzünden kaynaklandığı ve güncellenmesi gerektiğini göstermektedir. İki sensörün frekans alanında yapılan analizleri sonucunda binanın doğal frekanslarını aynı büyüklükte belirlemiş olması sensörlerin uyumlu ve bu çalışmaya konu olan objenin 1. mod doğal frekansının belirlenmesinde aynı kabiliyetlere sahip olduğuna işaret etmektedir.

5. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, 30 katlı betonarme bir binanın rüzgar yükü karşısındaki tepkimesinin GPS ve Eğim sensörü verileri ile ölçülmesi ve bu ölçüler yardımıyla doğal frekansların belirlenmesi ve değerlendirilmesi üzerine durulmuştur.

Frekans alanında yapılan analiz sonuçlarına göre binaya etkiyen rüzgar yükünün binanın ana ekseni yönünde yönünde maximum hız değerinin 40 ile 58 km/saat arasında değişmesi durumunda objenin ilk doğal frekansını harekete geçtiği görülmüştür. GPS ve eğim sensörü verilerinin Hızlı Fourier analizi sonucu elde edilen doğal frekanslar aynı olup, iki sensörün uyumlu olduğunu götermektedir. SEM ve ölçmeler sonucu bulunan 1. mod a ait doğal frekanslar arasındaki fark yaklaşık % 7 dir. Bu fark SEM modelindeki bazı kabullerden yada binada daha sonradan yapılmış olan değişikler yüzünden kaynaklandığı düşünülmektedir.

GPS ve eğim sensörlerinin zaman alanındaki serileri incelendiğinde GPS ölçülerinin sanki binanın düşük frekans bileşenli bir hareket gösterdiği algılanmaktadır. Fakat eğim sensöründen türetilen deplamasmanların böyle bir hareket göstermediği görülmektedir. Eğim sensörü GPS e göre daha düşük genlikli quasi-statik deplasmanları daha iyi ve hassas belirleme kabiliyetinde olduğundan GPS serisinde görülen bu hareketlerin binanın çevresindeki yansıtıcı yüzeylerden kaynaklanan çok yolluluk hatası olduğu anlaşılmaktadır. GPS ölçülerinin frekans alanındaki analizleri incelendiğinde düşük frekans bileşeninde sıçramaların olduğu açıkça görülmektedir. Bu durum yalnız başına GPS in

binaların hem dinamik hemde quasi-statik davranışlarının belirlenmesinde yeterli olmayıp eğim sensörü v.b. sensörlerle entegrasyonunun önemini ortaya çıkarmaktadır.

GPS ve eğim sensörlerinden elde edilen zaman serilerinin kısa dönemli, yani resonans yada dinamik olarakda adlandırılan bileşeni incelendiğinde eğim sensörü ölçülerinden türetilmiş deplasman değerlerin GPS le elde edilen deplasman değelerinden yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum, dinamik ve zamana göre hızlı değişen yükler karşısında eğim sensörünün içerisindeki sıvının vermiş olduğu tepkiden kaynaklandığı düşünülmektedir. Eğim sensöründen türetilen deplasman değerlerinin gerçek olan değerden ne derece saptığının belirlenmesi için ilave ölçme ve analizlerin yapılamasını gerektirmektedir.

Teşekkür

Birinci yazar Haziran 2008 ve haziran 2009 tarihleri arasında Doktora çalışmasının bir parçasını Avustralya-Sydney deki University of New South Wales, School of Surveying & Spatial Information Systems de yapması için TÜBİTAK-BİDEB tarafından desteklenmiştir. Ayrıca bu çalışmayı 06101026 nolu proje ile destekleyen Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Proje Koordinatörlüğüne, binada bilimsel araştırma yapılmasına izin veren Konya Rixos Hotel yönetimine teşekkür ederiz.

Kaynaklar

Breuer, P., Chmielewski, T., Gorski, P., Konopka, E., Tarczynski, L., (2008). The Stuttgart TV Tower-displacement of the top caused by the effects of sun and wind, *Eng Struct*, 30:2771-2781.

Brownjohn, J.M.W., Rizos, C., Tan, G.H., & Pan, T.C., (2004). Real-time long-term monitoring and static and dynamic displacements of an office tower, combining RTK GPS and accelerometer data. *1st FIG Int. Symp. on Engineering Surveys for Construction Works & Structural Eng*., Nottingham, U.K., 28 June - 1 July, paper TS1.4, CD-ROM procs.

Çelebi, M. and Sanli, A., (2002). *GPS* in Pioneering Dynamic Monitoring of Long-Period Structures *Earthquake Spectra.* 18(1):47-61

Danisch, L., Chrzanowski A., Bond J., Bazanowski M., (2008). Fusion of geodetıc and mems sensors for integrated monitoring and analysis of deformations, *13th FIG Symp. on Deformation Measurement & Analysis and the 4th IAG Symp. on Geodesy for Geotechnical & Stuctural Eng., "Measuring the Changes"*, Lisbon, Portugal, 12-15 May, paper 19, CD-ROM procs.

Erdoğan, H. (2006). Mühendislik yapılarındaki dinamik davranışların jeodezik ölçmelerle belirlenmesi, *Doktora tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,İstanbul

Gikas, V., and Daskalakis, S. (2006). Full scale validation of tracking total stations using a long stroke electrodynamic shaker, *XXIII International FIG Congress*, Munich, Oct 8-13.

Gikas, V., Daskalakis, S. and Stathas, D. (2005). Investigation of the performance characteristics of tracking tacheometers: preliminary tests and results, *Proceedings of the international symposium on modern technologies, education and professional practice in geodesy and related fields*, Sofia, November 3-4.

Hristopulos, D.T. Mertikas, S.P. Arhontakis, I. Brownjohn J.M.W. (2007). Using GPS for Monitoring Tall-Building Response to wind loading: Filtering of Abrubt Changes and Low-Frequency Noise, Variography and Spectral Analysis of Displacements. *GPS Solut* 11:85-95.

Li,X., (2006). Optimal Integrated Multi-sensor system for Full-Scale Structural Monitoring Based on Advanced Signal Processing, *PhD thesis*, The University of New South Wales, Australia

Li, X., Ge, L., Ambikairajah, E., Rizos, C., Tamura, Y., & Yoshida, A., (2006). Full-scale structural monitoring using an integrated GPS and accelerometer system. *GPS Solutions*, 10(4), 233-247

Li, X., Rizos, C., Ge, L., Ambikairajah, E., Tamura, Y., & Yoshida, A., (2006). Building monitors: The complementary characteristics of GPS and accelerometer for monitoring structural deformation. *Inside GNSS*, 1(2), 48-55.

Li, X., Yoshida, A., Tamura, Y., Rizos, C., Ge, L., & Imai, R., (2008). How hybrid GPS-based surveying techniques can further assist with structural design and construction, 553-562. *Int. Symp. on GPS/GNSS*, Yokohama, Japan, 25-28 November.

Lovse, J.W. Teskey, W.F. Lachapelle, G. Cannon, M.E. (1995). Dynamic Deformation Monitoring of Tall Structure Using GPS Technology. *J Surv Eng ASCE* 121(1):35-40

Ogaja, C., Rizos, C., Wang, J., & Brownjohn, J.M.W., 2001. A dynamic GPS system for on-line structural monitoring. *Int. Symp. on Kinematic Systems in Geodesy, Geomatics & Navigation (KIS2001)*, Banff, Canada, 5-8 June, 290-297.

Park, H.S., Sohn, H.G., Kim, I.S., Park, J.H., (2008). Application of GPS to monitoring of wind-induced Responses of high-rise buildings, *Struct. Design Tall Spec. Build.* 17:117-132

Salawu, O.S. & Williams, C., (1995). Review of full-scale dynamic testing of bridge structures, Engng Struct., 17:2,113-121

Tamura, Y., (2006). Design issues for tall buildings from acceleration to damping, *The 11th International Conference on Wind Engineering*, Lubbock, Texas, USA, June 2-5

Tamura, Y., Matsui, M., Paginini, L-C., Ishibashi, R., Yoshida, A., Measurements of wind-induced response of buildings using RTK-GPS., *J Wind eng Ind Areodyn*, 90:1783-93.

TDY, *Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik*, (1998). Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.

TS 500-2000, *Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, (2000).* Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Yigit, C.O., Inal, C., Yetkin, M., (2008) Monitoring of Tall Building's Dynamic Dynamic Behaviour Using Precision Inclination Sensors, *13th FIG Symp. on Deformation Measurement & Analysis and the 4th IAG Symp. on Geodesy for Geotechnical & Stuctural Eng., "Measuring the Changes"*, Lisbon, Portugal, 12-15 May, paper 19, CD-ROM procs.

ÜÇÜNCÜ OTURUM

Oturum Başkanı: Prof. Dr. Sebahattin BEKTAŞ

Dört ve Daha Fazla Noktalı Ana GPS Ağlarında (AGA) Kuramsal Standart Sapma Değerlerine Göre Ölçü Sürelerinin Bulunması
K. Melikoğlu, M. Melikoğlu

Jeodezik VLBI Çalışmalarının IERS ürünlerine Katkısı ve KTÜ GEOD IVS Analiz Merkezinin Öngörülen Faaliyetleri
E. Tanır, K. Teke, J. Böhm, H. Schuh

Hassas Konum Belirleme (Precise Point Positioning - PPP) Yönteminin Performans Analizi ve Ölçme Amaçlı Uygulamalarda Kullanılabilirliğinin Araştırılması
R. M. Alkan

GPS/INS Entegrasyonu ile Oluşturulan Navigasyon Güzergâhında Kalman Filtreleme Yöntemiyle Konumsal Hata Kestirimi
A. E. Özçelik, E. Beşdok

DÖRT VE DAHA FAZLA NOKTALI ANA GPS AĞLARINDA (AGA) KURAMSAL STANDART SAPMA DEĞERLERİNE GÖRE ÖLÇÜ SÜRELERİNİN BULUNMASI

K.MELİKOĞLU[1], M.MELİKOĞLU[2]

[1] *Harita Kadastro Yüksek Mühendisi, Ankara,* kmelikoglu@yahoo.com
[2] *Dr., The University of Manchester, United Kingdom,* mehmet_melikoglu@yahoo.com

Özet

Teknik Yönetmelik; Ana GPS Ağı'nda (AGA) kenar uzunlukları 15 – 20 km GPS ölçmeleri iki saat, kayıt aralıklarını ise en fazla 15 saniye ve baz bileşenleri için ▲x, ▲y, ▲z ≤ ±(10mm+1ppm) değerlerini vermektedir. Bu verilere göre baz bileşenlerinin hataları birbirlerine eşit ve baz bileşenlerinden birinin uzunluğu 20 km olarak alındığında; baz bileşenlerinde birim hata değişim sınırı ≤± 3.00 birim olarak bulunur. Matematiksel işlemler yapılırken bir nirengi noktası bir bilinmeyenli ve bir baz iki bilinmeyenli olarak tanımlanmıştır. Üç noktalı bir üçgende üç baz bileşeni ve üç nirengi noktası bilinmeyeni vardır. Dört noktalı bir AGA dört bilinmeyen ve altı baz bileşeni, beş noktalı AGA beş bilinmeyen ve on baz bileşeni, altı noktalı AGA altı bilinmeyen ve onbeş baz bileşeni vardır. Hesaplamalarda iki, üç dört, beş ve altı bilinmeyenli denklemler otuzuncu derecelerden açılmıştır. Daha sonra iki, üç, dört, beş ve altı bilinmeyenli denklemlerin her biri için otuzar adet kuramsal Standart Sapma (S.S.) değerleri hesaplanmıştır. Bulunan S.S. değerleri Tablo 1'in iki, üç, dört, beş ve altıncı sütunlarında toplu halde gösterilmiştir. Bu makalede; AGA'nda serbest ağ dengelemesi ile bulunacak nirengi noktalarının hata sınırları ile ölçü sürelerinin bulunmasına katkı sağlamak amacı ile yapılan matematiksel ve kuramsal incelemeler bulunmaktadır.

Anahtar kelimeler: *Doğruluk analizi, GPS, Hata Analizi, Ağ Analizi, Mühendislik ölçümleri*

CALCULATION OF STANDARD DEVIATION AND SAMPLING INTERVALS FOR A MAIN GPS NETWORKS (MGN) WITH FOUR AND MORE TRIANGULATION POINTS

Abstract

Technical Regulations; In a Main GPS Network (MGN) with side lengths of 15 – 20 km a GPS measurement was taken for 2 hours, with sampling intervals of 15 seconds and base components of ▲x, ▲y, ▲z ≤ ±(10mm+1ppm). According to this base data when all the sides were taken as equal, 20 km, with equal errors the base error margin was found as ≤± 3.00. When the mathematical model was developed the triangulation point represents one unknown and the base (unit) represents two unknowns. In a triangle there are three bases and three triangulation point each containing three unknowns. In 4, 5, 6 point MGN's there are 4, 5, 6 unknown triangulation points and 6, 10, 15 base units, respectively. During the modeling 2nd, 3rd, 4th, 5th, and 6th order mathematical equations were resolved in 30th degree and then for these equations 30 Standard Deviation (S.D.) values were found. The S.D. values were represented in the 2nd, 3rd, 4th, 5th, and 6th columns of Table 1. In this paper; Using a MGN, free network triangulation, related error margins and sampling intervals were calculated using a mathematical model.

Keywords *Accuracy analysis, GPS, Error Analysis, Network Analysis, Engineering measurements*

1. Giriş

Klasik yöntemle kurulan ana nirengi ağlarının şekli: zincir, dörtgen, beşgen, altıgen ya da çokgen şeklinde olur. Ana nirengi ağının bir kenarı invar şeritler ile ölçülemediği zaman kenarlardan biri üzerinde baz ölçmek için köşegenli dörtgen şeklinde baz büyütme ağı kurulur, baz büyütme ağı ana nirengi ağından bağımsız dengelenir (Melikoğlu, 1980). Daha sonra baz büyütme kenarı hesaplanır. Daha önceki çalışmalarda ana nirengi ağları doğrultu yöntemi ile ölçülen, açı ölçülü şartlı ölçülere göre dengelenmiştir (Melikoğlu, 1987a). Elektronik kenar ölçerler ve bilgisayarlar devreye girdikten sonra azda olsa dolaylı yoldan, doğrultu yöntemi, dengelemeler yapılmıştır (Melikoğlu, 1989a). Bir kapalı şeklin tüm kenarları ölçülmüş ise halka kapatarak ağ dengelemesi yapılır. GPS ölçüleri ile ölçülen kenar bileşenleri dengelemesi bu çeşit bir dengeleme yöntemidir. Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği (BÖHHBÜY) ne göre: "C1 dereceli Ana GPS Ağı noktaları, 15 – 20 km uzunluğundaki bağımsız bazlardan elde edilen en fazla dörtkenarlı geometrik şekillerden oluşturulur. Her bağımsız bazın ▲x, ▲y, ▲z bileşenleri ile bunların S.S. değerlerinin $\sigma_{\blacktriangle x}$, $\sigma_{\blacktriangle y}$, $\sigma_{\blacktriangle z}$, değerleri hesaplanır ve sonuçlar, $\sigma_{\blacktriangle x}$, $\sigma_{\blacktriangle y}$, $\sigma_{\blacktriangle z}$, $\leq$(±10 mm +1 ppm) olmalıdır" (Anon, 2009). Bu eşitlikte baz uzunluğu 20 km ise baz bileşenlerinden birini hata sınırı 3 birim olarak bulunur. Bu değerin Tablo 1 deki karşılığı 18 silsile ölçü ya da 3 saatlik GPS ölçümüne eş değerdedir. Ayrıca BÖHHBÜY'ne göre: "TUTGA noktalarının, AGA'nın zorlamasız veya serbest dengeleme sonucu bulunan koordinatları ile ölçme anındaki verilen koordinatları arasında iki boyutlu (2D) veya üç boyutlu (3D) benzerlik dönüşümü yapılır ve ölçek uyuşumu bir matematik istatistik yöntemle test edilir. Ölçek faktörü λ ,1-$\lambda \leq \pm 3$ ppm olmalıdır" (Anon, 2009). Aslında burada iki boyutlu dönüşümler için ölçek faktörünün değeri biraz daha küçük tutulmalıdır. 20 km olan bir bazda 1-λ, 6 birim bulunur. Kuramsal hesaplamalarda: İki, üç, dört, beş ve altı bilinmeyenli denklemlerin her birini birinci (1.) ile otuzuncu (30.) derecelerden açıp denklemlerin alt küme katsayılarından her biri için, 30 adet kuramsal S.S. bulunmuştur. Bulunan S.S. ile BÖHHBÜY'nin ön görü değerleri karşılaştırılmıştır ve sonuçlar incelenmiştir.

2. Bir Cismin Eşgüdüm Sisteminin Tanımı

"n" boyutlu uzayda; "n" boyutlu dik eşgüdüm sisteminin eksenlerin kesiştiği yerde ya da eksenlerinden birine en azından teğet olan bir iz, bir leke, doğru parçası, cisim, bir model bulunsun (Melikoğlu 1991a). Bu cismin dik eşgüdüm sistemi ile kesiştiği yerde iki ayrı büyüklük meydana gelir. Bu büyüklüklerden biri cisme ilişkin ikincisi ise "n" boyutlu dik eşgüdüm sistemine ilişkin olandır. Bu iki büyüklüğü "ölçü birimi" olarak kabul edelim. Önce ölçü büyüklüğü ile cismin boyutlarını tanımlayalım. Cismin tanımlanmasında meydana gelen alt kümeleri ölçü birimi ile yeniden karşılaştırıp ölçelim ya da tartalım. Bulunacak farkları alt kümlerin üzerine üst diye yazalım. Bu farklar büyük ya da küçük bir, iki, üç, dört, …n şeklinde devam eder. Ölçü biriminin kendisine göre olan farkı, kendi üzerine farksız diye yazılır. Farksızın matematiksel anlamı sıfırdır. Üstü sıfır olan bir kümenin değeri birdir. Ölçü birimi diye kabul ettiğimiz "doğru parçası" üstünde sıfır olarak bulunur. Doğru parçasının sağ yönünde, büyük kümeler, sol yönünde ise küçük kümler yer alır. Böylece kümeleri tanımlayan büyüklükler bir üstü bir, iki üstü iki, üç üstü üç diye sağlı sollu devam eder (Melikoğlu, 1993). Cismi kendi varlığı içinde tanımlayan bir sayı doğrusu meydana gelir. Bu sayı doğrusundan ölçümün kuramsal S.S. değeri bulunur.

2. 1 AGA'larının Matematiksel Modellerinin Tanımı

Bir işlevin (fonksiyonun) bir bilinmeyeni varsa bu işlevin dik eşgüdüm (dik koordinat) sistemindeki görünümü bir noktadır. Bir işlevin iki bilinmeyeni varsa, bu işlevin dik eşgüdüm sistemindeki görünümü bir doğru parçasıdır. Doğru parçasının bileşenlerinden biri dikayağı diğeri ise dikboyudur. Bir işlevin üç bilinmeyeni varsa, bu işlevin dik eşgüdüm sistemi (Melikoğlu, 2009) üzerindeki görünümü bir varlıktır ve üçüncü bileşeni yükseklikdir. Bir işlevin dört bilinmeyeni varsa, bu işlevin dik eşgüdüm sistemindeki görünümü bir varlıktır. Dördüncü bileşeni; dikayağı, dikboyu ve yüksekliklerinin kesiştiği başlangıç noktasına göre dikayağının ters yönünde ve onun doğrultusuna zıt yönlü dikayağıdır (Melikoğlu, 2007). Cismin bu boyutu GPS eşgüdüm sisteminde zaman boyutudur (B. Hofmann-Wellenhof, 1993). Bir işlevin beş bilinmeyeni varsa, bu işlevin dik eşgüdüm

sistemindeki görünümü bir varlıktır. Beşinci boyutu; başlangıç noktasına göre dikboyutunun ters yönünde ve onun doğrultusunda zıt yönlü olan dikboyudur. Bir işlevin altı bilinmeyeni varsa, bu işlevin dik eşgüdüm sistemindeki görünümü bir varlıktır. Altıncı boyutu; başlangıç noktasına göre yükseklik yönünün ters yönünde ve onun doğrultusunda zıt yönlü yükseklikdir.

2.2 Çok Bilinmeyenli Denklemlerin Matematiksel Modelleri

Çok bilinmeyenli denklemlerin genel tanımını;

$$F(X)^n = F(X_1, X_2, ..., X_i)^n = F(X_1 + X_2 + .. + X_i)^n = b^n$$
(2)

F(X)=İşlev (Fonksiyon)
X_i=Bilinmeyen, alt kümeler
b=İşlevdeki bilinmeyen sayısı
i≥2=İşlevin bilinmeyen tamsayı üst değeri.
n=Silsile, üst sayısı, bilinmeyenin derecesi.

2.3 İki Bilinmeyenli Bir Denklemin 1–30. Derece Arası Açınımları

$$F(X)^n = F(X_1, X_2)^{30} = F(X_1 + X_2)^{30} = 2^{30}$$
(3)

Yukarıdaki (2) eşitliğinde n=30, i=2 alınırsa; iki bilinmeyenli bir denklem (3) eşitliğinde 30. dereceden açılırsa her bir derece açınım için açınımdaki bilinmeyen alt küme kat sayılarından bir S.S. bulunur (Tablo 1, Sütun 1). İki bilinmeyenli denklemlerin tek sayılı "n" açınımlarından, kuramsal olarak sıfır hatasız, ölçü doğrudan elde edilemiyor.

Bu ve bundan sonraki hesaplamalarda, her denklem derecesini baz ölçümleri için bir silsile olarak kabul edeceğiz. Tablo 1'in 1. sütununda görüldüğü gibi; eğer bir baz iki silsile ölçülmüş ise S.S. σ_2=±1.414, otuz silsile ölçülmüş ise σ_2=±5.477 birim olarak bulunmaktadır. Üç eşitliğin açınımından; eşitlik (14) göre; baz ölçüsü 2 silsile ise; sıfır ölçü %28; 30 silsile ise %7 olarak bulunur. İki ölçüde sıfır ölçü sayısı gelme olasılığı iki, otuz ölçüde ise 78,210,884 adettir. İki silsile üzerinden yapılan hesaplamalarda baz bileşenlerinin değişim aralığı sadece;

σ_{b2} = ±1.414 birim arasında bulunur.
(4)

Bir bazın ölçü sayısı artıkça, S.S. değeri büyür. S.S. bize aritmetik ortalamaya eşit olan hatasız ölçülerin sayıları toplamını verir (Melikoğlu, 2009). GPS ölçülerinin tümü genel aritmetik ortalamaya eşit olamazlar. Bu nedenle S.S. hiçbir zaman sıfır değerini alamaz. Sonuç olarak: Her S.S. değerinin; sıfır değerinden önce ve sonra artı ve eksi yönlerinde başlama ve bitme aralığı olmalıdır.

2.4 Üç Bilinmeyenli Bir Denklemin 1–30. Derece Arası Açınımları

Üç bilinmeyenli denklemin açınımı tarafımızdan daha önce yapılmıştır (Melikoğlu, 1987b). Bu çalışmalar sonucunda üç bilinmeyenli bir fonksiyonun genel açınımı tarafımızca bulunmuştur (Melikoğlu, 1989b). Üç bilinmeyenli bir denklemin açınımı değişik bir yoldan yapılarak (1) eşitliği elde edilmiştir (Melikoğlu, 1991b).

$$F(X)^n = F(X_1, X_2, X_3)^{30} = F(X_1 + X_2 + X_3)^{30} = 3^{30}$$
(5)

Üç bilinmeyenli bir denklem için (2) eşitliğinde i=3 ve n=30 alıp (5) eşitliğini 30. dereceden açıp her derece için bir S.S. bulduk. S.S. değerleri Tablo 1'in 2. sütununda verilmiştir. Beş eşitliğin açınımından; Eşitlik (14) göre; baz 3 silsile ise, sıfır ölçü sayısı %28, 30 silsile ise %9 olarak bulunur. Üç ölçüde sıfır ölçü sayısı gelme olasılığı 7, otuz ölçüde ise 18,252,000,000,000 adettir.

Tablo 1'de görüldüğü gibi eğer üç nirengi noktası eş zamanlı 3 silsile ölçülmüş ise bitişik iki baz dan her hangi birinde olabilecek en çok hata; σ_3=±1.414 birim değerinin solunda yatay doğrultuda bulunan σ_{32} değeridir. Üç silsile üzerinden yapılan hesaplamalarda baz bileşenlerinin değişim aralığı:

$\pm 1.414 \leq \sigma_3 \leq \pm 1.732$ birim olarak bulunur.
(6)

2.5 Dört Bilinmeyenli Bir Denklemin 1–30. Derece Arası Açınımları

Dört bilinmeyenli denklemin 12. dereceden açınımı daha önce yine tarafımızca yapılmıştır (Melikoğlu, 2007). Yapılan çalışmada AGA S.S. ve güven aralıklarının bulunmasına ilişkin bilgiler verilmiştir. Dört bilinmeyenli bir denklem 12. dereceden açınımında S.S. değeri 2.449 birim olarak bulundu. Bulunan S.S. değeri Tablo 1' de 12. dereceden açınım satırda verilmiştir.

$$F(X)^n = F(X_1, X_2, X_3, X_4)^{30} = F(X_1 + X_2 + X_3 + X_4)^{30} = 4^{30}$$
(7)

Dört bilinmeyenli bir denklem için (2) eşitliğinde i=4 ve n=30 alıp (7) eşitliğinden kuramsal olarak 30. dereceden açarsak her derece için bir S.S. bulunur. Dört bilinmeyenli açınım Tablo 1'in 3. sütununda verilmiştir. Yedi eşitliğin açınımından; Eşitlik (14) göre; baz 4 silsile ise, sıfır ölçü sayısı %27, 30 silsile ise %10 olarak bulunur. Dört ölçüde sıfır ölçü sayısı gelme olasılığı 70, otuz ölçüde ise 118,265,000,000,000,000 adettir. Tablo 1'de görüldüğü gibi eğer dört nirengi noktası eş zamanlı dört silsile ölçülmüş ise bitişik iki bazdan her hangi birinde olabilecek hata; σ_4=±1.414 birim değerinin solunda yatay doğrultuda bulunan σ_{43}, σ_{42} değerleridir. Dört silsile üzerinden yapılan hesaplamalarda baz bileşenlerin değişim aralığı:

$\pm 1.414 \leq \sigma_4 \leq \sigma_{43} = \pm 1.633 \leq \sigma_{42} = \pm 2.000$ birim olarak alınabilir.
(8)

2.6 Beş Bilinmeyenli Bir Denklemin 1–30. Derece Arası Açınımları

$$F(X)^n = F(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5)^{30} = F(X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5)^{30} = 5^{30}$$
(9)

Beş bilinmeyenli bir denklem için (2) eşitliğinde i=5 ve n=30 alıp (9) eşitliğini 30. dereceden açarsak her derece için bir S.S. bulunur. Beş bilinmeyenli açınım Tablo 1'in 4. sütununda verilmiştir. Dokuz eşitliğin açınımından; eşitlik (14) göre baz 5 silsile ise, sıfır ölçülü sayısı %28, 30 silsile ise %12 olarak bulunur. Beş ölçüde sıfır ölçü sayısı gelme olasılığı 873, otuz ölçüde ise 107,038,000,000,000,000,000 adettir.

Tablo 1'de görüldüğü gibi, eğer beş nirengi noktası eş zamanlı beş silsile ölçülmüş ise bitişik iki baz dan her hangi birinde olabilecek hata; σ_5=±1.414 birim değerinin solunda yatay doğrultuda bulunan σ_{54}, σ_{53}, σ_{52} değerleridir. Beş silsile üzerinden yapılan hesaplamalarda baz bileşenlerin değişim aralığı:

$\pm 1.414 \leq \sigma_5 \leq \sigma_{54} = \pm 1.581 \leq \sigma_{53} = \pm 1.826 \leq \sigma_{52} = \pm 2.236$ birim olarak bulunur. (10)

2.7 Altı Bilinmeyenli Bir Denklemin 1–30. Derece Arası Açınımları

$$F(X)^n = F(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6)^{30} = F(X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6)^{30} = 6^{30}$$
(11)

Altı bilinmeyenli bir denklem için (2) eşitliğinde i=6 ve n=30 alıp (11) eşitliğinden kuramsal olarak 30. dereceden açarsak her derece için bulunan S.S. Tablo 1'in 5. sütununda verilmiştir. Onbir eşitliğin açınımından; eşitlik (14) göre baz 6 silsile ise, sıfır ölçü sayısı %28.3, 30 silsile ise %13.0 olarak bulunur. Altı ölçüde sıfır ölçü sayısı gelme olasılığı 13, 236, otuz ölçüde ise 2, 789, 410×10^{15}

Tablo 1'de görüldüğü gibi eğer altı nirengi noktası eş zamanlı altı silsile ölçülmüş ise bitişik iki baz dan her hangi birinde olabilecek hata; $\sigma_6 = \pm 1.414$ birim, değerinin solunda yatay doğrultuda bulunan σ_{65}, σ_{64}, σ_{63}, σ_{62} değerleridir. Altı silsile üzerinden yapılan hesaplamalarda baz bileşenlerin değişim aralığı:

$\pm 1.414 \leq \sigma_6 \leq \sigma_{65} = \pm 1.549 \leq \sigma_{64} = \pm 1.732 \leq \sigma_{63} = \pm 2.000 \leq \sigma_{62} = \pm 2.449$ birim olarak bulunur. (12)

3. Dört Noktalı AGA'da Kuramsal Standart Sapmanın Belirlenmesi

Alımı yapılacak harita sahası yirmi×yirmi, 400 km^2 bir araziyi içerir. Bu yer içersinde hava koşullarının her zaman aynı olacağını söylemek olası değildir. GPS ölçümleri yapılırken havanın sıcaklığını, ıslaklığını, kuruluğunu ve buharının ölçülmesi gerekir(B. Hofmann-Wellenhof, 1993) Bu işlemlerin yapılması mühendislik disiplini açısından da gerekli ve önemlidir. Dört bilinmeyenli bir denklemi 12. dereceden açıp elde edilen açınımın alt küme katsayılarından kuramsal S.S. $\sigma_4 = \pm 2.449$, olarak bulmuştuk (Melikoğlu, 2007). Tablo 1'de iki sütunu ile onüç satırının kesiştiği yerdedir. Tablo 1'de iki, üç, dört, beş ve altı bilinmeyenli S.S. değerleri içinde ±2.449 değerini bulabiliriz. Bu değer iki bilinmeyenli sütunda altı, üç bilinmeyenlide dokuz, dört bilinmeyenlide oniki, beş bilinmeyenlide onbeş ve altı bilinmeyenlide onsekizinci satırlarda yer alır. Bilinmeyenlerin sayısı bir artığında 2.449 değeri sütunlar içi üç satır birden atlar. Tablo 1 içinde bazı S.S. değerlerin dört, beş ve onar sütün aralıklarla artmaktadır.

S.S. değerinin küçük değerde çıkması GPS ölçülerinin daha az sürede yapıldığını gösterir. Yapılan kuramsal çalışmalara göre en uygun GPS ölçülerinin 150 dakika olması gerekiyor. BÖHHBÜY'nin baz bileşenlerini ±3 birim olarak verdiğine göre; ölçü sayısı 18 silsile için üç saatlik GPS alımı yapılmalıdır. Yüzelli dakikalık ölçü süresi 14 silsile ya da dört bilinmeyenli bir denklemin 14. dereceden açınımına eş değerdedir. Bu açınım sonucu S.S. Değeri $\sigma_{14} = \pm 2.646$ birim olarak bulunur. Bu değer 20 km bazda $d_s \leq \pm 5$ birimdir.

Dört bazdan birinin değişimi $\sigma_{14} = \pm 2.646$ birim olacaksa geri kalan üç kenarın değişimi ne olur sorusuna yanıt arayalım. Tablo 1, 3. sütun, 14. satırdaki $\sigma_{14} = \pm 2.646$, 13. satırdaki $\sigma_6 = \pm 2.550$, 12. satırdaki $\sigma_6 = \pm 2.449$ ve 11. satırdaki $\sigma_6 = \pm 2.345$, arasında değişmelidir. Bu dört S.S. değerlerini bir an için kenarlardan bulunan (m_0) değerleri olarak alırsak bulunacak ortalama (m_0)= ±5 birim olarak elde edilir. Kısaca özetlersek: Dört noktalı AGA serbest ağ dengelemesi sonrası bulunacak dört baz bileşenlerinin değişim aralığı (d_s):

(d_s) = $\pm 2.646 \leq \sigma_{14} \leq \pm 2.345$ değerleri arasında olmalıdır. Halka kapanması ise ±5 birim dir. (13)

3.1 Teknik Yönetmeliğe Göre AGA'da GPS Ölçülerinin Belirlenmesi

BÖHHBÜY "baz bileşenlerinden birinin hatasını ▲x, ▲y, ▲z =≤ ±3 birim olarak vermektedir" (Anon, 2009). Bu veriye göre birim bazda ds=5 birim bulunur. ▲x =≤ ±3 değeri Tablo 1'de dört bilinmeyenli denklemler içersinde 18. satırda, iki bilinmeyenlide 9. satırda bulunmaktadır. Bir baz için ±3 birimlik bir S.S. elde etmek istenirse iki bilinmeyenlide 90 dakika dört bilinmeyenli için ise 180 dakika ölçü yapılmalıdır.

GPS ölçülerinde bir kayıt için 15 saniye süre kabul ettik. Bir silsileyi de 40 kayıt ve alım süresini de iki saat olarak tanımladık (Melikoğlu 2007). Bu ön kabuller altında; bir silsilede kayıt sayısı 40, birim baz bileşeni ±3 birim alındığında Tablo 1'den silsile sayısı 18, alım süresi ise: Üç saat olarak bulunur.

Kayıt Sayısı =40×18=720 ve Ölçü Süresi = 720×15/3600=3 saat çıkar.

Bu sürede yapılan GPS ölçülerinde kuramsal S.S. değeri; σ =±3.0 birimdir.

3. 2 GPS Ölçülerinde Hatasız Ölçü Sayısının Bulunması

GPS ölçülerinde kuramsal olarak hatasız ölçülerin bulunması için (1) eşitliği kullanılmalıdır.

$$F(v)^n = f(u)^n = f(X_0) = f(X_1 + X_2 + +.. + X_n)^n = \frac{f(x)}{\sqrt{2\pi}} \times \frac{1}{\sigma} \times e^{-0.5\left(\frac{v}{\sigma}\right)^n}$$

(1)

Bu eşitlikte v ölçü değeri hatasız (sıfır) alınırsa (1) eşitliğinden f(u) formülü

$$f(t) = f(x) / (\sqrt{2\pi} \times \sigma)$$ olarak bulunur.

(14)

$f(t)=f(x_0)$= Alt küme katsayısı.
f(x)= Kuramsal işlev açınımındaki alt küme katsayıları toplamı.
σ= S.S. olarak elde edilir.

Tablo 1, otuz silsile GPS ölçüsü için sıfır hatalı ölçü sayısı (14) denkliği ile bulunur. Ölçü süresi artıkça hatasız ölçü sayısı da artmaktadır.

12 silsile GPS ölçüsü için; $f(x) = 4^{12}$ olası sonuçta, yaklaşık üç milyon hatasız ölçü bulunur.
13 silsile GPS ölçüsü için; $f(x) = 4^{13}$ olası sonuçta, yaklaşık on milyon hatasız ölçü bulunur.
14 silsile GPS ölçüsü için; $f(x) = 4^{14}$ olası sonuçta, yaklaşık kırk milyon hatasız ölçü bulunur.

Silsile sayısı artıkça hatasız ölçü sayısı da artmaktadır. Her 15 dakikalık fazla ölçü ile hatasız ölçü elde etme sayısı üç, dört misli artmaktadır.

4. Sonuç ve Öneriler

Bu ve önceki çalışmalar dikkate alınarak aşağıda listelenen öneri ve görüşler akademik düşünce özgürlüğü temelinde çıkarılmıştır:

- 1/5000 ve daha küçük ölçekli harita yapım yönetmenliğinin var olup olmadığı konusunda bir bilgi bulunmamaktadır. Böyle bir yönetmenliğin olmaması mühendisler arasında alan ve bilgi edinmekte darlık yaratmaktadır. Durum bu olunca; Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmenliği'nin sınıflandırma başlığı altındaki 8.maddesinin alt maddesi olan; 1. maddeden 3. maddeye kadar olan GPS nirengi ağlarının yapım, ölçüm ve hesaplamalarına ilişkin ana bilgiler BÖHHBÜY'ye konulmalıdır veya bu ağlar için ayrı bir Teknik Yönetmelik hazırlanması daha uygun olacaktır.

- BÖHHBÜY maddelerinden 15. maddenin alt maddesi olan 2. maddenin (b) bölümde verilen "Her bağımsız bazın ▲X, ▲Y, ▲Z bileşenleri ile bunların standart sapmaları $\sigma_{\blacktriangle x}$, $\sigma_{\blacktriangle y}$, $\sigma_{\blacktriangle z}$ hesaplanır ve sonuçlar, $\sigma_{\blacktriangle x}$, $\sigma_{\blacktriangle y}$, $\sigma_{\blacktriangle z} \leq \pm$ (10mm + 1ppm) olmalıdır" tanımı biraz daha açılmalıdır. İki ve üç boyutlu dönüşümlerin sınır aralıkları ayrı, ayrı belirtilmelidir.

- Kuramsal olarak yapılan hesaplamalar ve ölçümler sonucunda S.S. sıfır olduğu görülmemiştir. S.S. tanımlamasının sıfırdan önce artı ve sıfırdan sonra eksi değeri için bir sınır aralığı olmalıdır.

- Sınır aralıkları için; yukarda verilen kuramsal baz değişim aralıkları önerilebilinir.

- Kuramsal S.S. aldığı en küçük değer kök ikidir. Bu değer iki silsile GPS ölçülerine eş değerdir. Anlamı yapılan iki ölçüden biri %50 olasılıkla aritmetik ortalamaya eşittir.

- AGA, GPS ölçülerini etkileyen havanın kuruluğu, ıslaklığı, basıncı, buharının ölçülmesi ilkesi BÖHHBÜY ve dengeleme yazılımlarına eklenmelidir.

- GPS ölçülerinde ölçü ayıklaması yönüne gidildiğinde S.S. değerleri düşmektedir. Örneğin eğer siz ölçü atarak baz bileşenlerden birini ± 1.732 olarak buluyorsanız. GPS ölçü suresini o baz bileşeni için bir saate indirmiş olursunuz.

- Ölçü ayıklaması, iki saatlik alımda en fazla 30 dakikalık olmalı.

- Ölçü ayıklamaları ölçü sürelerini 1,5 saatin altına düşürmemelidir. Baz bileşenlerinden hiç birinin toplam ölçü sayısı 360 ölçünün altında olmamalıdır.

- Kuramsal incelemeye göre; çok sayıda yapılan ölçü ile çok sayıda hatasız ölçü elde edilir.

- AGA ağlarında GPS ölçüleri en az bir nirengi noktasında 2,5 saat ya da 600 kayıt yapılmalıdır.

- Dört noktalı AGA'larında, halka kapanmasının hata sınırları BÖHHBÜY verilmelidir.

Tablo 1. Bir, İki, Üç, Dört, Beş ve Altı Değişkenli Denklemlerin Kuramsal Standart Sapma Değerleri

Sıra No	Bir, İki, Üç, Dört, Beş ve Altı Değişkenli Denklemlerin Standart Sapma Değerleri				
	İki Değişkenli	Üç Değişkenli	Dört Değişkenli	Beş Değişkenli	Altı Değişkenli
	1	2	3	4	5
1	1.000	1.000	0.707	0.632	0.577
2	**1.414**	1.115	1.000	0.894	0.816
3	1.732	**1.414**	1.225	1.095	1.000
4	2.000	1.633	**1.414**	1.265	1.155
5	2.236	1.826	1.581	**1.414**	1.292
6	2.449	2.000	1.732	1.549	**1.414**
7	2.646	2.160	1.871	1.673	1.528
8	2.828	2.309	2.000	1.789	1.653
9	3.000	2.449	2.121	1.897	1.732
10	3.162	2.581	2.236	2.000	1.826
11	3.317	2.708	2.345	2.098	1.915
12	3.464	2.828	2.449	2.191	2.000
13	3.606	2.944	2.550	2.260	2.082
14	3.742	3.055	2.646	2.366	2.160
15	3.873	3.162	2.739	2.449	2.236
16	4.000	3.266	2.828	2.530	2.309
17	4.123	3.367	2.915	2.608	2.380
18	4.243	3.464	3.000	2.683	2.449
19	4.359	3.559	3.082	2.757	2.517
20	4.472	3.651	3.162	2.828	2.582
21	4.583	3.742	3.240	2.898	2.646
22	4.690	3.830	3.317	2.966	2.708
23	4.796	3.916	3.391	3.033	2.769
24	4.899	4.000	3.464	3.098	2.828
25	5.000	4.082	3.536	3.162	2.887
26	5.099	4.163	3.606	3.225	2.994
27	5.196	4.243	3.674	3.286	3.000
28	5.292	4.320	3.742	3.347	3.055
29	5.385	4.397	3.808	3.436	3.109
30	5.477	4.472	3.873	3.464	3.162

4. Kaynaklar

Anonim, 2009. Büyük Ölçekli Harita Ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği, http://www.hkmo.org.tr/tuze/tuze_detay.php?kod=62&turu=YO&tipi=MES.

B. Hofmann-Wellenhof, H.Lichtenegger, J.Collins, 1993. Global Positioning System Theory and Practice.

Kazım Melikoğlu, 1980. Üç Noktaya Dayalı Köşegenli Dörtgenin Dolaylı Yoldan Dengelenmesi İller Bankası Dergisi, Sayı 1–3 ve 4–6.

Kazım Melikoğlu, 1987a. Türk Standartları, TS 85253. Doğrultu Metodu İle Ölçülen, Açı Ölçülü Ana Nirengi Ağlarının, Şartlı Dengelenmesi.

Kazım Melikoğlu, 1987b. Üçlü Dağılım ve Olasılığı. Türkiye 1.Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı.

Kazım Melikoğlu, 1989a. Türk Standartları, TS 6486. Açı-Kenar Ölçülü Ana Nirengi Ağlarının Dolaylı Metot İle Dengelenmesi.

Kazım Melikoğlu, 1989b. Üçlü Dağılım ve Olasılığı. Türkiye 2. Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı.

Kazım Melikoğlu, 1991a. Olasılık ve Evren. İller Bankası Vakıf Dergisi, Sayı 1, Sayfa 2–4.

Kazım Melikoğlu, 1991b. Üç Boyutlu Uzay Dağılımı'nın Gauss Hata Eğrisi İle Karşılaştırılması ve Ortaya Koyduğu Sonuçları. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisler Odası Harita ve Kadastro Mühendisliği Dergisi, Sayı 70, Sayfa 59.

Kazım Melikoğlu, 1993. Doğrultu Gözlemlerinde Silsile Sayılarının Üçlü Dağılım İle Saptanması TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisler Odası Harita Kadastro Mühendisliği Dergisi. Sayı 70, Sayfa 59.

Kazım Melikoğlu, 2007. GPS tekniği ile ölçülen ANA GPS Ağlarında (AGA) kuramsal olarak standart sapma ve güven aralıklarının bulunmasına ilişkin dört boyutlu bir fonksiyonun açınımı ve olası sonuçları. 11. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı.

Kazım Melikoğlu, Mehmet Melikoğlu, 2009. GPS Tekniği İle Ölçülen Ana Nirengi Ağlarında Kuramsal Olarak Standart Sapma ve Briç Eli Dağılımlarının Bulunması İçin Dört Boyutlu 13. Dereceden Bir Fonksiyonun Açınımı. 12.Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı.

JEODEZİK VLBI ÇALIŞMALARININ IERS ÜRÜNLERİNE KATKISI VE KTÜ GEOD IVS ANALİZ MERKEZİNİN ÖNGÖRÜLEN FAALİYETLERİ

E. TANIR[1], K. TEKE[2,3], J. BÖHM[3], H. SCHUH[3]

[1] Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Jeodezi Anabilim Dalı, Trabzon,etanir@ktu.edu.tr

[2] Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, Jeodezi Anabilim Dalı, Ankara, kteke@mars.hg.tuwien.ac.at

[3] Technische Universität Wien Institut für Geodäsie und Geophysik, Forschungsgruppe Höhere Geodäsie, Wien, Austria, johannes.boehm@tuwien.ac.at,harald.schuh@tuwien.ac.at

Özet

*Çok Uzun Baz Enterferometrisi (Very Long Baseline Interferometry, VLBI), göksel referans sistemi (Celestial Reference System, CRS), Yersel referans sistemi (Terrestrial Reference System, TRS) gerçekleştirmelerinde kullanılan ve Yer dönme parametrelerinin (Earth Orientation Parameters, EOP) tümünü belirleyen tek uzay tekniğidir. VLBI agları, Gök kitlelerinin (örn. Günes, Ay) konumlarında, gravite potansiyelinde, hidrosferde, atmosferde ve Yer'in iç yapısında oluşan degişimlerin, Yer'in yüzeyinde ve Yer'in uzaydaki dönüklüklerinde meydana getirdiği periyodik ve episodik deformasyonlari izler. VLBI temel ölçü modelinin bir bölümü de bu amaçla oluşturulmuş jeofizik modelleri kapsar. VLBI ölçülerinin analizi için birbirinden bağımsız olarak farklı gruplar tarafından değişik parametre kestirim analiz yazılımlari geliştirilmiştir. Bu çalışmada, IERS 2003 konvansiyonlarını temel alan, yeni geliştirilmiş, güncel bir VLBI jeodezik ve jeofizik parametre kestirim yazılımı olan Viyana VLBI yazılımında (Vienna VLBI software, VieVS) kullanılan parametre kestirim modellerinin bir bölümü tanıtılmıştır. Ayrıca, bu makalede IERS (Uluslararası Yer dönme ve Referans sistemleri Servisi - International Earth rotation and Reference systems Service) tarafınca gerceklestirilen ITRF (Uluslararası Yersel Referans Çatısı-International Terrestrial Reference Frame), ICRF (Uluslararası Göksel Referans Çatısı -International Celestial Reference Frame) ve EOP ürünlerinin uzay jeodezik tekniklerin kombinasyonundan elde edilmesindeki temel prensiplere değinilmiştir. Çalışmanın son bölümünde, Karadeniz Teknik Üniversitesi (KTU), Harita Mühendisliği Bölümünde yapılanan '**KTU GEOD'** VLBI Analiz Merkezinin, IVS (International VLBI Service) tarafından öngörülen bilimsel faaliyetleri hakkında bilgiler verilmiştir.*

CONTRIBUTION OF GEODETIC VLBI STUDIES TO IERS PRODUCTS AND FUNCTIONS OF KTU GEOD IVS ANALYSIS CENTER

Abstract

VLBI (Very Long Baseline Interferometry, VLBI) is the space technique used for the realization of the Celestial Reference System (CRS), the Terrestrial Reference System (TRS), and it is unique for determining all Earth Orientation Parameters (EOP). VLBI networks monitor periodic and episodic deformations of the Earth's surface and rotation in space, caused by the celestial bodies (e.g. Sun, Moon), gravity potential, hydrosphere, atmosphere and inner Earth. Some parts of the basic observation model of VLBI contain the geophysical models dedicated for this aim. Different working groups and institutions developed their own parameter estimation software individually for VLBI analysis. In this study, some parts of the parameter estimation model used in VieVS (Vienna VLBI software) is introduced which is a new and currently developed VLBI analysis software for estimation of several geodetic and geophysical parameters following the IERS conventions 2003. In addition, some basic information related to determination of IERS (International Earth rotation and Reference systems Service) products basically

ITRF (International Terrestrial Reference Frame), ICRF (International Celestial Reference Frame) and EOP from the combination of space geodetic techniques is clarified. The last part of the study introduces ***'KTU GEOD'*** *IVS (International VLBI Service) Associate Analysis Center which is established at the Department of Geomatics, Karadeniz Technical University (KTU) and its foreseen scientific activities.*

Keywords: *VLBI, ITRF, ICRF, EOP, Combination, Analysis Center*

1. Giriş

Çok Uzun Baz Enterferometrisi (Very Long Baseline Interferometry, VLBI) tekniği (Cohen ve Shaffer, 1971) galaksi içi ve çoğunlukla galaksi dışı uzay objelerinden (quasi-stellar radio source, quasar (kuazar)) dünyaya ulaşan radyo dalgalarının, dünyanın farklı konumlarındaki iki veya daha fazla radyo teleskobu tarafından algılanarak, bu sinyallerin atomik saatler veya hidrojenmaserlar ile zaman etiketlenmesi yapıldıktan sonra korelasyona tabi tutulması sonucu elde edilen sinyal varışlarında oluşan zaman farkını (VLBI temel ölcüsü, τ) temel alan bir uzay tabanlı jeodezik parametre belirleme sistemidir. Kuazarlardan gelen zaman etiketli radyo sinyalleri (dalga boyları 13 ve 3.5 cm, frekansları 2.3 GHz (S-bandı) ve 8.4 GHz (X-bandı)) hard disklere kaydedilerek uçaklar ile veya internet yolu ile korelatörlere aktarılır. Korelatörlerce yapılan sinyal eşleştirmesi ve iyonosfer sinyal gecikme etkisi düzeltilmesi sonucu elde edilen zaman gecikmeleri (ölçüler), kovaryans bilgisi ile birlikte ASCII yapıda ölçü dosyalarına (NGS) kaydedilerek analiz merkezlerinin kullanımına sunulur. Ölçü dosyaları veri tabanı sadece analiz merkezlerine değil tüm ilgilenenlere açıktır. Genellikle üniversiteler bünyesinde faaliyet gösteren VLBI analiz merkezlerince, Uluslararası VLBI Servisi (International VLBI Service, IVS) ve Uluslararası Yer Dönme ve Referans Sistemleri Servisi'nin (International Earth rotation and Reference Sytems Service, IERS) gereksinim duyduğu jeoedezik ve jeofizik parametrelerin kestirimi ve analizine yönelik görevler ile birlikte yazılım, veri tabanı ve model geliştirilmesine ilişkin araştırma calışmaları da yürütülmektedir.

VLBI kestirim parametrelerinin bir bölümü, atomik saat hataları (zamansal çözünürlük: 20 - 60 dakika), troposferik sinyal zenit ıslak gecikmesi (10 – 60 dakika), troposferik sinyal zenit kuru gecikmesi (10 – 60 dakika), troposferik kuzey ve doğu gradyanları (10 – 60 dakika), radyo teleskopları TRF koordinatları (60 dakika, 1 gün, yıllar), kuazar CRF koordinatları (yıllar), Yer dönme parametreleri (kutup gezinmeleri ve yerin dönüş zamanı (60 dakika – 1 gün), nutasyon açıları (1 gün)), Güneş ve Ayın bozucu gravite potansiyelinden ötürü Yer'de oluşan elastik (gel-git, harmonik, tidal) deformasyonların (katı Yer gel-gitlerinin) radyal bileşeni (zenit doğrultusu) olan Love katsayısı ve yatay bileşeni olan Shida katsayısına getirilen düzeltmeler (yıllar), Yer sabit istasyonlarının hız vektörleridir (yıl – yıllar). Bu parametrelerin kestirimi yanında VLBI ile, jeofizik modeler kullanılarak karasal gel-gitler (solid Earth tides), okyanus gel-git yüklemeleri (ocean tidal loading), atmosfer basınç gel-git yüklemeleri (atmosphere pressure tidal loading), tektonik plakaların hareketleri (plate tectonics) izlenmektedir. Bilinmeyenlerin belirlenmesine ilişkin IERS 2003 konvansiyonları resmi tanımlamaları olmasına rağmen (McCarthy ve Petit, 2004) bilinmeyenlerin belirlenmesi ve modelleme amaca yönelik olarak kullanıcıdan kullanıcıya değişebilmektedir. İki radyo enterferometresi arasındaki zaman gecikmesinin (τ_{obs}) modellendiği VLBI temel eşitliği,

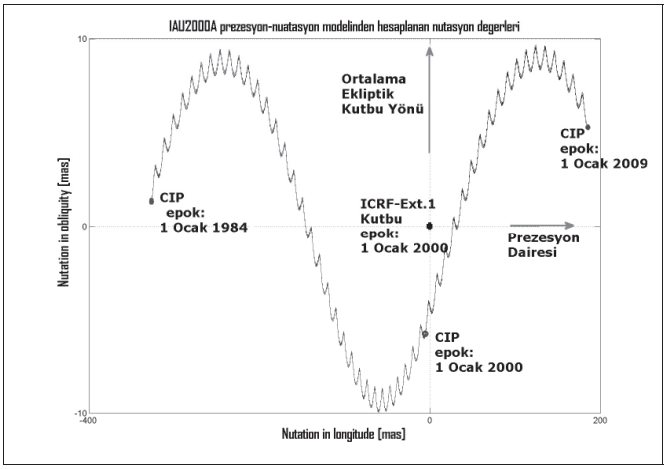
$$\tau_{obs} = -\frac{1}{c}.b.\Phi.R.W.k + \tau_{corrections}$$

$$\tau_{obs} = -\frac{1}{c}\cdot\begin{pmatrix} X_A - X_B \\ Y_A - Y_B \\ Z_A - Z_B \end{pmatrix}\cdot\Phi.R.W\cdot\begin{pmatrix} \cos\delta\cdot\cos h(t) \\ \cos\delta\cdot\sin h(t) \\ \sin\delta \end{pmatrix} \tag{1}$$

$$+\tau_{j-abb.} + \tau_{t-abb.} + \tau_{\mathrm{Rel.}} + \tau_{Tid.} + \tau_{Load.}$$

$$+\tau_{Instr.} + \tau_{Clock} + \tau_{Ion.} + \tau_{Atm_h} + \tau_{Atm_w}$$

şeklinde ifade edilebilinir. Eşitlik (1)'de, c radyo dalgasının hızını (vakum ortamda ışık hızını), b Yer ağırlık merkezli Yer sabit (Earth Centered Earth Fixed, ECEF) bir referans çatısında (örn. ITRF 2005) tanımlı baz vektörünü, k Gök sabit (Güneş ağırlık merkezli, Barycentric Celestial Reference System (BCRS) veya Yer ağırlık merkezli, Geocentric Celestial Reference System, (GCRS)) Ekvator düzlemini esas alan bir referans çatısında, (örn. ICRF-Ext.1) tanımlı kuasar birim vektörünü göstermektedir (Şekil 1).



Şekil 1. Yer'in ortalama dönme ekseni gök kutbunun (Celestial Intermediate Pole, CIP), ekvator düzlemini esas alan göksel bir referans çatısına (örn. ICRF2) baglı hareketi (Nutasyon)

İki farklı sistem arasındaki nutasyon dönüşümü, Φ prezesyon-nutasyon dönüklükleri matrisleri çarpımı ile elde edilir. R Yer'in dönme ekseninin göksel bir referans çatısına bağlı dönüklük matrisini göstermektedir. W ise kutup gezinmeleri dönüklükleri matrislerinin (2 adet) çarpımları ile elde edilir. Eşitlik (1) deki bu dönüklük matrislerini oluşturan Yer dönme parametreleri:

- Yer'in ortalama dönme ekseni gök kutbunun (Celestial Intermediate Pole, CIP) kabuk üzerindeki konumu (TRF'de tanımlı koordinatları) olan kutup gezinmeleri (x_p, y_p),
- Yerin dönme ekseninin göksel bir referans çatısına bağlı dönüklüğü (dUT1=UT1-UTC),
- CIP'nin CRF'deki konumu diğer bir ifade ile nutasyon açıları ($d\Psi, d\varepsilon$) ve prezesyon açılarıdır (ξ_A, Θ_A) (Şekil 1).

Eşitlik (1)'de X_i, Y_i, Z_i radyo teleskoplarının TRF'de tanımlı (örn. ITRF2000) koordinatlarını, $h(t)$ radyo kaynağının (kuazarın) CRF'de tanımlı (örn. ICRF-Ext.1) Greenwich saat açısını (rektezansiyon), δ radyo kaynağının (kuazarın) yükselim açısını (deklinasyonunu) göstermektedir. Eşitlik (1)'de $\tau_{j-abb.}$, yıllık aberasyon (Yer'in CRS'de hareketi sonucu oluşan radyo dalgası kırılımı etkisi) sinyal gecikmesi; $\tau_{t-abb.}$, günlük aberasyon (Yer'in kendi ekseni etrafındaki hareketi sonucu oluşan radyo dalgası kırılma etkisi) sinyal gecikmesi; $\tau_{\mathrm{Rel.}}$, relativistik etkiler sinyal gecikmesi; $\tau_{Tid.}$, karasal gel-gitler (solid tides) ve okyanus gel-gitleri (ocean tides) sonucu yerin açısal momentumunda oluşan değişimlerin meydana getirdiği deformasyonların sinyal gecikmesi; $\tau_{Load.}$, okyanus gel-git ve atmosferik basınç gel-git yüklemeleri değişimleri deformasyonlarının sinyal gecikmesi; $\tau_{Ion.}$, iyonosfer sinyal gecikmesi; $\tau_{Instr.}$, aletsel deformasyonlar (örn. VLBI radyo teleskobunun gravitasyonel ve sıcaklık deformasyonları) sinyal gecikmesi; τ_{Atm_h}, troposfer hidrostatik (kuru) sinyal gecikmesi, τ_{Atm_w}, troposfer ıslak sinyal gecikmesini, ve τ_{Clock}, saat senkronizasyon ve frekans tutarsızlıkları hataları sinyal gecikmesidir (Sovers, vd., 1998; Campbell, 1979; Schuh, 1987; Nothnagel, 1991; ve Takahashi, 1994).

2. Vienna VLBI Software (VieVS) Yazılımında Parameter Kestirimi

Viyana VLBI yazılımı (Vienna VLBI software, VieVS), IERS 2003 konvansiyonlarını temel alan ve MATLAB dilinde yazılmış yeni geliştirilmiş güncel bir VLBI jeodezik ve jeofizik parametre kestirim yazılımıdır. Yazılım, verileri alan ve format uyuşumunu sağlayan 'vie_init' modülü, jeodezik ve jeofizik modellerden öncül yaklaşık değerleri ve kısmi türevleri hesaplayan 'vie_mod' modülü ve En Kücük Kareler (EKK) parametre kestirimini yapan 'vie_lsm' modülü olmak üzere toplam 3 modülden oluşmaktadır. Her ana modül MATLAB hazır fonksiyonları haricinde yazılan 30 ila 50 civarında fonksiyon içermektedir. Gelecekte Kalman filtreleme yöntemi ile kestirim yapan bir modül ve global çözümleri yapan bir modül daha eklenmesi planlanmaktadır. Bu bölümde VieVS yazılımı 'vie_lsm' modülünde gercekleştirilen calışmalara yer verilecektir. VLBI parametreleri Gauss-Markof modeline uygun EKK kestirim yöntemi ile elde edilmiştir. Fonksiyonel ve stokastik modeller

$$\begin{bmatrix} v \\ v_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A \\ H \end{bmatrix} dx - \begin{bmatrix} l \\ h \end{bmatrix} \qquad \begin{bmatrix} P & 0 \\ 0 & P_c \end{bmatrix} \tag{2}$$

şeklinde oluşturulmuştur. (2) eşitliğinde l indirgenmiş ölçüler vektörünü, H sahte-ölçüler (pseudo-ölçüler) denklemleri (kısıtlayıcılar) dizayn matrisini, P ölçülerin ağırlıklarını, P_c kısıtlayıcı denklemlerin ağırlıklarını, h pseudo-ölçüler vektörünü, dx bilinmeyen parametreler

vektörünü, v ölçü düzeltmeleri ve v_c pseudo-ölçü düzeltmeleri vektörünü göstermektedir. Eşitlik (2) ile verilen gerçek ölçülerin dizayn matrisi (A)

$$A = [A_1 \quad A_1 \quad \ldots \quad A_{15}] \tag{3}$$

şeklinde 15 farklı modelden meydana gelmektedir. Dizayn matrisleri, modellerin kısmi türev değerlerinin, Parçalı Lineer (PL) ofset fonksiyonlarının kısmi türevlerinde yerlerine koyulması ile oluşturulmuştur. A_1 atomik saatlerin senkronizasyon ve frekans hatalarının PL offset modelini, A_2 atomik saat hatalarının ikinci derece polinomlarinin trend ve kuadratik terimlerini, A_3 troposferik ıslak zenit gecikmeleri PL offset modelini, A_4 ve A_5 troposferik kuzey ve doğu gradyanları PL offset modelini, $A_6 - A_{10}$ Yer dönme parametreleri PL offset modelini, A_{11} kuazar rektezansiyon, A_{12} kuazar deklinasyon koordinatları PL offset modelini (NNR koşul denklemleri seçime bağlı olarak ICRF-Ext.1, ICRF-Ext.2 veya ICRF2 kataloglarında tanımlı kuazar koordinatları ile oluşturulur.), A_{13}, A_{14}, A_{15} sırası ile radyo teleskoplarının TRF koordinatları PL offset modelini (NNT/NNR koşul denklemleri seçime bağlı olarak ITRF 2000, ITRF 2005 veya VTRF 2005 kataloglarında tanımlı istasyon koordinatları ile oluşturulur) içerir. PL offsetlerin kestirim aralığı beş dakikadan, bir güne kadar istenilen aralıkta seçilebilinir. Tüm offsetlerin kestirim epokları UTC saat başları veya kesirli saat başlarıdır (örn: 18 UTC, 18:20 UTC, 0.05 UTC). Böylece tüm kestirim değerlerinin epoklarının tek anlamlılığı sağlanmıştır. PL ofset fonksiyonu ölçü denklemi

$$L(t) = x_{i,j} + \frac{t - t_{n-1}}{t_n - t_{n-1}}(x_{i,j+1} - x_{i,j}) \tag{4}$$

şeklinde oluşturulmuştur. (4) eşitliğinde $x_{i,j}$, i. istasyon icin kestirilen j. PL ofset kestirimini, $t_n - t_{n-1}$, $x_{i,j}$ ve $x_{i,j+1}$ ofset değerinin kestirim aralığını, t ise L ölçüsünün (tarama, scan) yapıldığı zamanı (UTC zaman sisteminde) gösterir. Bu fonksiyonun dizayn matrislerinde kullanılan kısmi türevleri ise

$$\begin{aligned} \frac{dL^k}{dx_{i,j}} &= (1 - \frac{t - t_{n-1}}{t_n - t_{n-1}})dy(k)_{model(s)} \qquad s = 1, 2, \cdots, 15 \\ \frac{dL^k}{dx_{i,j+1}} &= (\frac{t - t_{n-1}}{t_n - t_{n-1}})dy(k)_{model(s)} \qquad s = 1, 2, \cdots, 15 \end{aligned} \tag{5}$$

şeklindedir. (5) Eşitliğinde k ölçünün sırasını ve $dy(k)_{model(s)}$ ise s. modelin, k. ölçüye ilişkin kısmi türev değerini ifade eder. Üç radyo teleskobunun, bir kuasara yaptığı taramadan elde edilen üç ölçüyü içeren, tek kestirim aralıklı dizayn matrisi

$$\begin{bmatrix} \frac{dL^1}{dx_{1,1}} & \frac{dL^1}{dx_{1,2}} & \frac{-dL^1}{dx_{2,1}} & \frac{-dL^1}{dx_{2,2}} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{dL^2}{dx_{2,1}} & \frac{dL^2}{dx_{2,2}} & \frac{-dL^2}{dx_{3,1}} & \frac{-dL^2}{dx_{3,2}} \\ \frac{dL^3}{dx_{1,1}} & \frac{dL^3}{dx_{1,2}} & 0 & 0 & \frac{-dL^3}{dx_{3,1}} & \frac{-dL^3}{dx_{3,2}} \end{bmatrix} \tag{6}$$

şeklindedir. (2) eşitliği ile verilen pseudo-ölçü denklemleri (kısıtlayıcı denklemler) iki ofset arasındaki fark sıfıra eşitlenerek

$$x_{i,j+1} - x_{i,j} = 0 \pm m_{\Delta x} \tag{7}$$

oluşturulmuştur. Kısıtlayıcı denklemler, küçük kestirim aralıkları (örn. 5 - 10 dakika) şeçildiğinde bu kestirim aralıklarından bir kısmına ölçü rastlamadığı durumda dizayn matrisinde meydana gelecek rank bozukluğunu (singüler-tekil yapıyı) ortadan kaldırmak için kullanılır. Yukarıdaki kısıtlayıcı denkleme atanan standart sapma değeri $m_{\Delta x}$ büyük olduğunda (kısıtlayıcının ağırlığı küçüleceğinden) kestirime konu olan offset parametrelerinin gevşekleştirilmesi (loosely constrained) sağlanır. Böylece kestirim aralıklarından bir kısmına ölçü rastlamadığında dahi regüler yapı sağlanmış olmakla birlikte kısıtlayıcıların gevşekleştirilmesi sayesinde kestirim parametreleri üzerindeki kısıtlayıcı denklemlerin etkisi ortadan kaldırılır. (2) eşitliği ile verilen H matrisi

$$\mathrm{H_i} = \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -1 & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \cdots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & 1 & -1 \end{bmatrix} \qquad \mathrm{H} = \begin{bmatrix} H_1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & H_2 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & H_{15} \end{bmatrix} \tag{8}$$

şeklinde her model icin oluşturulmuştur ve blok diagonal şekilde birleştirilmiştir. VLBI ağı datumunun belirlenmesinde ağın öteleme, dönüklük ve ölçek faktörü olmak üzere 7 dış koşula ihtiyaç vardır. Bu nedenle en az 3 VLBI istasyonu sabit alınabileceği gibi tüm istasyonlar TRF'e sabit de (örn. ITRF 2005) alınabilinir. Bunlardan farklı olarak 'No Net Translation (NNT)' ve 'No Net Rotation (NNR)' koşul denklemleri normal denklemlerin katsayıları matrisine eklenerek tüm iz minimum veya kısmi iz minimum koşullarını sağlayacak şekilde TRF'e Helmert benzerlik dönüşümü de yapılabilinir. Normal denklem sistemine tek bir istasyon için eklenecek NNT/NNR koşulu

$$C = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & -z_i'' & -y_i'' \\ z_i'' & 0 & -x_i'' \\ -y_i'' & x_i'' & 0 \\ x_i'' & y_i'' & z_i'' \end{bmatrix} \tag{9}$$

şeklindedir. Yukarıdakı eşitlikte x_i'', y_i'', z_i'' NNT/NNR koşul denklemlerine dahil edilen istasyonların TRF koordinatlarıdır (ilgili istasyonların geometrik merkezine göre normlandırılmış değerler). Ölçü denklemleri matrisine eklenen kısıtlayıcı denklemleri ve normal denklemlerin katsayıları matrisine eklenen ağa datum veren koşul denklemlerini içeren dengeleme modeli

$$N_{toplam} = \begin{bmatrix} A^T PA + H^T P_C H & C^T \\ C & 0 \end{bmatrix} \qquad b_{total} = \begin{bmatrix} A^T Pl + H^T P_C h \\ b_c \end{bmatrix} \tag{10}$$

çözümü

$$dx_{toplam} = \begin{bmatrix} dx \\ x_c \end{bmatrix} = N_{toplam}^{-1} b_{toplam} \tag{11}$$

sonucu bilinmeyenler dx elde edilir. (11) eşitliğinde b_c koşul denklemlerine ait normal denklem sabitlerini gösterir. Soncul varyans

$$m_o = (v^T Pv + v_c^T P_c v_c) / dof \tag{12}$$

şeklinde elde edilir. (12) eşitliğinde serbestlik derecesi

$$dof = n_{ölcü} + n_{kosul} - n_{bilinmeyenler} \tag{13}$$

şeklinde hesaplanır ve n sırası ile ölçü sayısı, koşul sayısı ve bilinmeyen parametre sayısını gösterir. Regüler çözümün yapılabilmesi için:

- Oturuma katılan herhangi bir atomik saatin ofset, trend ve kuadratik terimi sabit alınır diğer bir ifade ile dizayn matrisinden ilgili parametrelere ilişkin sütunlar silinir veya saatler için NNT koşul denklemleri normal denklemlere eklenir,
- Eğer istasyon koordinatları kestirimi yapılacak ise oturuma katılan herhangi en az 3 radyo teleskobunun koordinatları TRF'e (örn. ITRF2000 veya VTRF2005) sabitlenir. Diğer bir ifade ile dizayn matrisinde sabit alınmak istenen istasyonların ilgili sütunları silinir veya NNT/NNR koşulları uygulanır. VLBI baz duyarlığı çok yüksek olduğundan NNT/NNR koşul denklemlerinden ölçek faktörü için oluşturulan koşul denklemleri kullanılmaz (her istasyon için 3

öteleme ve 3 dönüklük yeterlidir). Bunun nedeni VLBI'in oluşturduğu polihedronun baz duyarlığının ITRF'e dayandırılarak oluşturulan baz duyarlığına göre çok daha yüksek olmasıdır.

- Eğer kuazar koordinatlarının (Greenwich saat açısı ve deklinasyon) kestirimi yapılacak ise en az bir kuazarın koordinatları sabitlenir, diğer bir ifade ile ilgili sütunlar dizayn matrisinden silinir veya NNR koşulu uygulanır. Bunu sağlamak amacıyla her kuasar için iki dönüklük koşul denklemi normal denklemlere eklenir.

VieVS yazılımı, içerdiği yukarıdaki parametre kestirimi seçeneklerini esnek bir şekilde sunmaktadır. Analizi yapan kişi amacı doğrultusunda hangi parametreleri kestirmek istediğini, kestirim aralıklarını, istediği parametreler için zorlamalı veya gevşek kısıtlayıcılı çözümleri, farklı radyo teleskopları için, farklı atomik saatler için ve farklı kuazarlar için NNT/NNR koşullarını seçebilir. Parametre kestirimi öncesi farklı troposferik izdüşüm fonksiyonlarını (Vienna mapping function, VMF; Global mapping function, GMF; Niel mapping function, NMF) farklı kesme açıları için uygulayabilir. Farklı CRF kataloglarını veya farklı TRF kataloglarını datum seçiminde apriori değerler olarak kullanabilir. İstasyon konumlarına uygulanan jeofizik modellerden katı Yer gel-gitleri etkisi, okyanus yüklemeleri etkisi, atmosferik basınç gel-git etkisi apriori modele dahil edilebilinir veya çıkarılabilinir. Yer dönme parametreleri yüksek frekanslı gel-gitleri: okyanus gel-gitlerinin kutup gezinmelerine etkisi (Eanes modeli), Güneş, Ay bozucu gravite potansiyelindeki değişimin (lunisolar gravitative attraction) kutup gezinmelerine etkisi, UT1 gel-git salınımları (UT1 tidal variations) apriori modele dahil edebilir veya çıkarabilir (Boehm, vd., 2009; Schuh, vd., 2009).

2.1. VLBI Saat Hatası Modeli

Sinyal gecikme ölçülerindeki (τ) en büyük hatayı radyo teleskoplarındaki atomik saatlerin senkronize olmamaları hataları (ofsetler) ve frekans tutarsızlıklarından kaynaklanan hatalar (trendler) oluşturur. VLBI parametre kestiriminde saat sıçraması (clock break) oluşmamış olan herhangi bir saat tüm oturum boyunca sabit alınır (ofset, trend ve kuadratik terim). Böylece, senkronizasyon hataları ve frekans tutarsızlıkları her saat için giderilmiş olur. Frekans tutarlılığı yüksek bir atomik saat veya hidrojen maser'ın referans saat olarak alınması analiz sonuç duyarlıklarını arttırır. Saat parametrelerinin belirlenmesi için 2. derece bir polinom yeterlidir. Her bir saat için ölçü denklemi

$$\tau_{saat_{(s)}} = \beta_0^{saat(s)} + \beta_1^{saat(s)}(t_i^{saat(s)} - t_0) + \beta_2^{saat(s)}(t_i^{saat(s)} - t_0)^2 \qquad (14)$$

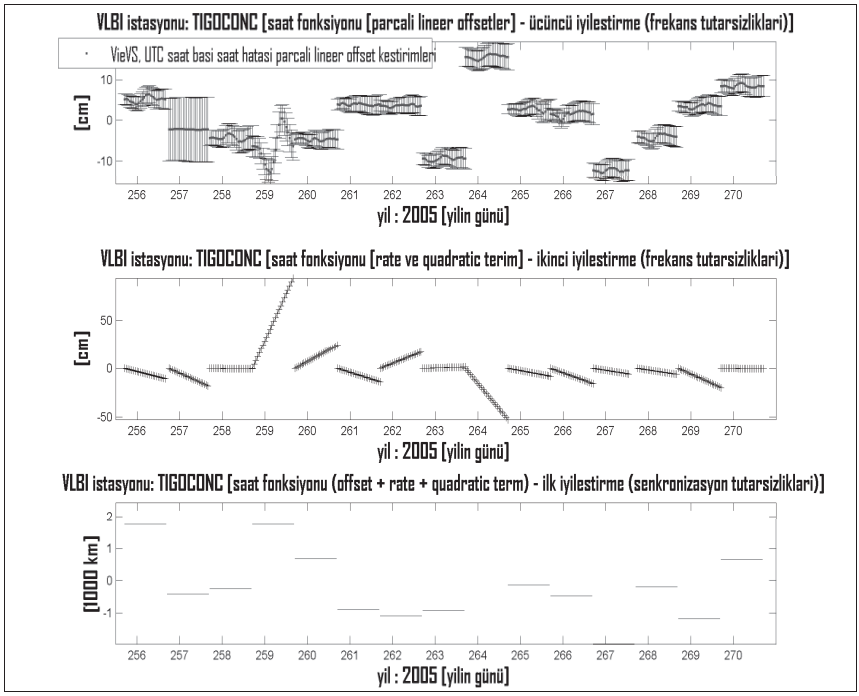
şeklinde oluşturulur. Burada s taramada (ölçüde) kullanılan saatlerden birini , β_i polinomun bilinmeyen katsayılarını, t_i her bir saatin farklı epoklardaki taramalara ait zaman değerlerini, t_0 referans (sabit) alınan saatin referans epoğundaki (oturumdaki ilk tarama) zaman değerini göstermektedir. Zaman gecikmeleri için ölçü denklemi,

$$\Delta\tau_{saat(s-1,s)} = \tau_{saat_{s-1}} - \tau_{saat_s} \qquad (15)$$

şeklindedir. Ölçü denklemlerinin, saat parametreleri bilinmeyenlerine göre kısmi türevleri,

$$\frac{d\tau_1}{d\beta_0} = 1d\beta_0^{saat1} - 1d\beta_0^{saat2}$$
$$\frac{d\tau_1}{d\beta_1} = (t_1^{saat1} - t_0)\, d\beta_1^{saat1} - (t_1^{saat2} - t_0)\, d\beta_1^{saat2} \qquad (16)$$
$$\frac{d\tau_1}{d\beta_2} = (t_1^{saat1} - t_0)^2 d\beta_2^{saat1} - (t_1^{saat2} - t_0)^2\, d\beta_2^{saat2}$$

şeklindedir (Schuh, 1987; Titov, vd., 2004; Tesmer, 2004; Boehm, vd., 2009). Kuadratik polinoma ek olarak VieVS yazılımında dizayn matrisine frekans tutarsızlıklarından ötürü meydana gelen yüksek derecedeki değişimleri de düzeltebilmek için PL ofset modeli eklenmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. CONT05 oturumları VieVS saat hata modeli kestirim değerleri

2.2. VLBI Troposfer Sinyal Gecikme Modeli

Atmosferin en alt tabakası olan troposferin, yaklaşık olarak kalınlığı, kutuplarda ~6-7 km, ekvatorda ~16-20 km ve 45° enleminde ~12 km dir. Troposfer tabakasından geçen radio dalgaları yol olarak uzun fakat zaman olarak kısa bir yolu seçerler. Bu nedenle VLBI ölçülerine (τ)

troposfer sinyal gecikmesi düzeltmesi getirilir. Troposferik sinyal gecikmesi $\Delta L_i^e(t)$ hidrostatik ve ıslak olmak üzere iki kısımda

$$\Delta L_i^e(t) = \Delta L_h^z(t) \cdot mf_h(e) + \Delta L_w^z(t) \cdot mf_w(e) + mf_g(e).[G_N \cos(\alpha) + G_E \sin(\alpha)] \quad (17)$$

modellenir (Davis, vd., 1985). Eşitlik (17)'de $mf_{h,w,g}$ hidrostatik, ıslak ve gradyan izdüşüm fonksiyonlarını (mapping functions), $\Delta L_{h,w}^z$ zenit doğrultusundaki hidrostatik ve ıslak troposferik gecikmelerini, $G_{N,E}$ kuzey ve doğu gradyanlarını, e sinyal yolunun yükselim açısını, α sinyal yolunun kuzey ile yaptığı açıyı (azimut), t ölçü zamanını ifade eder (Şekil 4, Şekil 5).

Bir istasyonda, t anındaki zenit doğrultusu boyunca oluşan hidrostatik (kuru) gecikme $\Delta L_h^z(t)$, basınç $p(t)$ (hPa), istasyonun enlemi φ(°) ve yüksekligi h (m) olmak üzere,

$$\Delta L_h^z(t) = 0.0022768 \cdot \frac{p(t)}{(1 - 0.00266 \cdot \cos(2\varphi) - 0.28 \cdot 10^{-6} \cdot h)} \quad (18)$$

eşitliğinden hesaplanır (Saastamoinen, 1973). Yüzey basınç ölçüleri ile hidrostatik gecikme 1 mm den daha duyarlı biçimde kestiriebilmektedir. Deniz seviyesi için, zenit hidrostatik gecikmesi yaklaşık 2.3 metreden, 5° yükselim açısında 25 metreye kadar artar (Boehm, vd., 2006).

Zenit ıslak gecikmesi ise çöl ortamında milimetre düzeylerdinde iken nemli bölgelerde 35 santimetreye kadar çıkmaktadır. Troposfer tabakasındaki su buharı yüksekliğe ve zamana bağlı olarak çok değişkendir. Bu nedenle zenit ıslak gecikmesi yüzeyde yapılan basınç, sıcaklık ve nem gibi ölçülerle yeterli duyarlıkta belirlenemez. Troposfer zenit ıslak gecikmesinin ($\Delta L_w^z(t)$) belirlenmesinde, VLBI istasyonunun bulunduğu yerde yapılan radyosonda (radiosonde) veya su buharı radyometresi (water vapor radiometer) ölçülerinden troposferin katmanları boyunca (zenit doğrultusunda) yaklaşık 30 km uzunluğunda ve 30 seviye yüzeyinden elde edilen su buharı basıncı (hPa), sıcaklık (°C) ve bağıl (rölatif) nem (%) değerleri kullanılır. 10 metre aralıklı yüzeyler için 100 km yüksekliğe kadar, ölçülen değerlere interpolasyon ve extrapolasyon yapılmasının ardından her katman için bu belirlenen yeni enterpolasyon değerleri ile ıslak refraktivite (ray tracing) değerleri hesaplanır. Tüm katmanlardaki ıslak refraktivite değerlerinin toplamından zenit ıslak gecikme değeri elde edilir. Zenit ıslak gecikmesi VLBI analizinde bilinmeyen parametre olarak hesaplanır.

Troposferik sinyal gecikmesi ($\Delta L_w(t)$) her baz için

$$\Delta L_w^e(t) = -\frac{1}{c}[\Delta L_2^e(t) - \Delta L_1^e(t)] \quad (19)$$

şeklinde hesaplanır (Şekil 4). Burada $\Delta L_i^e(t)$ i istasyonunda, t zamanında, e yükselim açısına ait troposferik sinyal gecikmesidir. VLBI temel fonksiyonel modeline dahil edilen ise, her iki

istasyondaki gecikmenin farkıdır (Eşitlik 19), diğer bir ifade ile ölçüye getirilen troposferik sinyal gecikme düzeltmesidir.

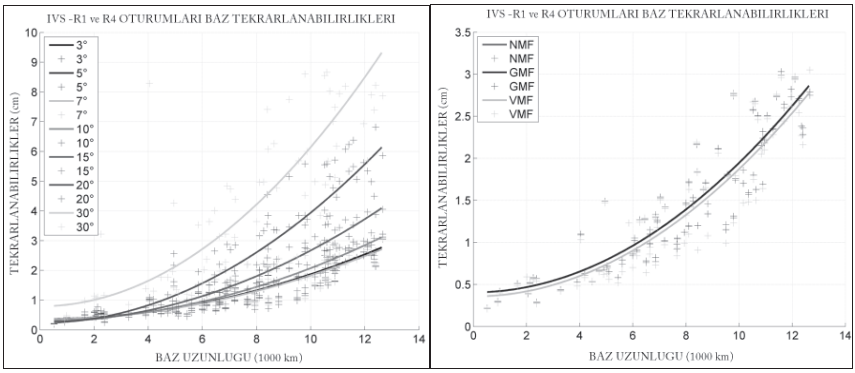
İzdüşüm fonksiyonları ($mf_{h,w}$) herhangi bir istasyonda, t anında zenit yönündeki troposferik gecikme ile ufuk düzleminden rasgele alınan herhangi bir yükselim açısındaki troposferik gecikme arasındaki oranı veren kesirli bir fonksiyondur (Niell, 1996). Troposferin kalınlığının ekvatordan kutuplara doğru incelmesinden ötürü herhangi bir istasyonda t anında aynı yükselim açısındaki zenit gecikmeleri aynı olmazlar. t anında aynı yükselim açısı için sinyalin güney troposfer yolunun kuzeye göre daha fazla olmasından dolayı troposferik gecikme miktarı, güneye doğru olan ölçülerde kuzeye doğru olan ölçülerden daha fazladır (troposferde homojen yapida nem dagilimi ön kosulu ile). Buna troposfer gecikmesinin azimutal asimetri özelliği denir ve tüm izdüşüm fonsiyonlarında gradyanlar ile dikkate alınır. Gradyanları atmosferin küresel olmayan fazlalıklarındaki troposferik gecikme değerleri şeklinde de tarif etmek mümkündür (Şekil 5). Gradyan izdüşüm fonksiyonu,

$$mf_g(e) = mf_w(e)\cot(e) \qquad veya \qquad mf_g = mf_h(e)\cot(e) \tag{20}$$

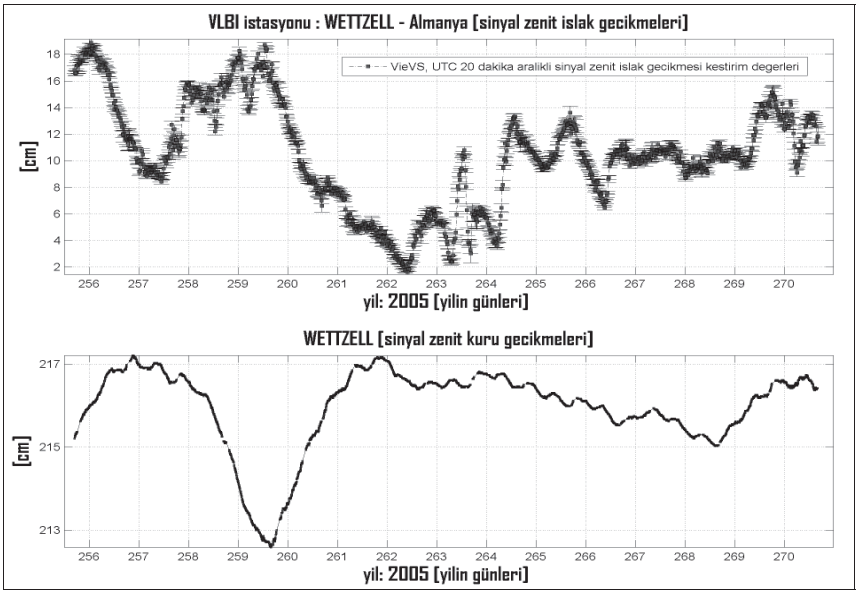
şeklinde ifade edilir. Jeodezik izdüşüm fonksiyonları

$$mf_{h,w}(e) = \frac{1+\dfrac{a_i}{1+\dfrac{b_i}{1+c_i}}}{\sin(e)+\dfrac{a_i}{\sin(e)+\dfrac{b_i}{\sin(e)+c_i}}} \tag{21}$$

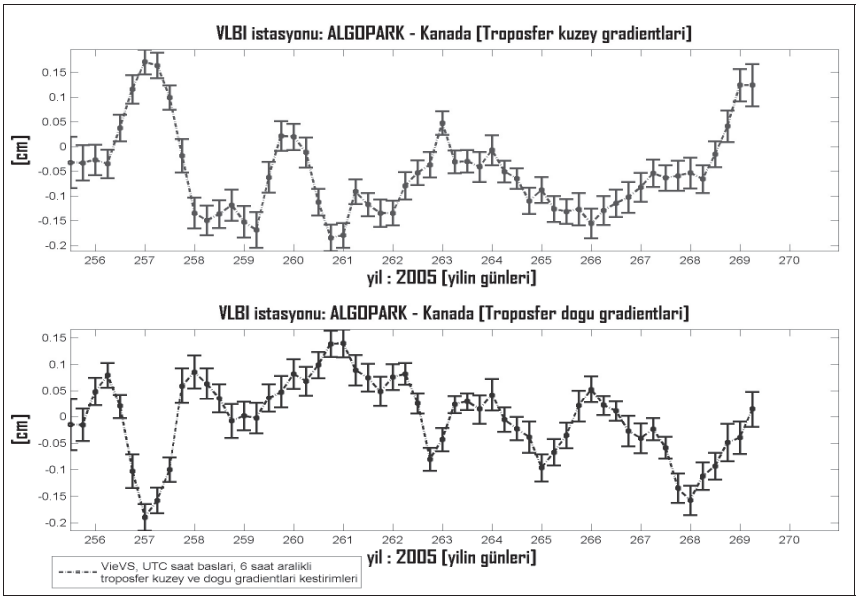
eşitliği ile verilen kesirli fonksiyondaki (Marini, 1972) hidrostatik ve ıslak $a_i, b_i, c_i, \ldots$parametrelerini hesaplama yönü ile farklılaşırlar. Bu katsayılar enlem, elipsoidal yükseklik, yılın günü, yüzey sıcaklığı, toplam yüzey basıncı gibi ölçülerin bir fonksiyonu olan standart atmosfer modelleri ile (Chao, 1974) hesaplanabileceği gibi , radyosonda verileri ile (Niell, 1996), veya şimdilerde sayısal atmosfer modelleri (Numerical Weather Models) (Boehm, vd., 2006) ile de hesaplanabilir. İzdüşüm fonksiyonlarının duyarlığı tüm kestirim parametrelerini, özellikle nokta yüksekliklerinin duyarlıklarını büyük oranda etkilemektedir. Farklı troposferik izdüsüm fonksiyonları (Niel Mapping Function, Global Mapping Function, Vienna Mapping Function) ve farklı kesme açıları için 01/04/2002 (mjd:52278) ve 06/29/2007 (mjd:54280) tarihleri arasında gerçekleştirilen tüm IVS-R1 ve -R4 oturumlarından elde edilen dengelenmiş baz vektörlerinin ortalama baz tekrarlanabilirlikleri Şekil 3'de verilmiştir. Yapılan analizler sonucu sayısal atmosfer modellerini esas alan VMF ve 7° kesme açısı en yüksek baz duyarlığının elde edilmesini sağlamıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Soldaki grafik: Farklı kesme açıları için VMF baz tekrarlanabilirlikleri ve sağdaki grafik: 3° kesme açısı için farklı troposferik izdüşüm fonksiyonları (NMF, GMF ve VMF) baz tekrarlanabilikleri.



Şekil 4. VieVS, CONT05 oturumlari 20 dakika aralikli zenit islak gecikme kestirim değerleri ve zenit kuru gecikmeler



Şekil 5. VieVS, CONT05 oturumları 6 saat aralıklı troposferik kuzey ve doğu gradyanları kestirim değerleri

3. Uzay ve Uydu Jeodezik Tekniklerin Kombinasyonu ve IERS Ürünleri

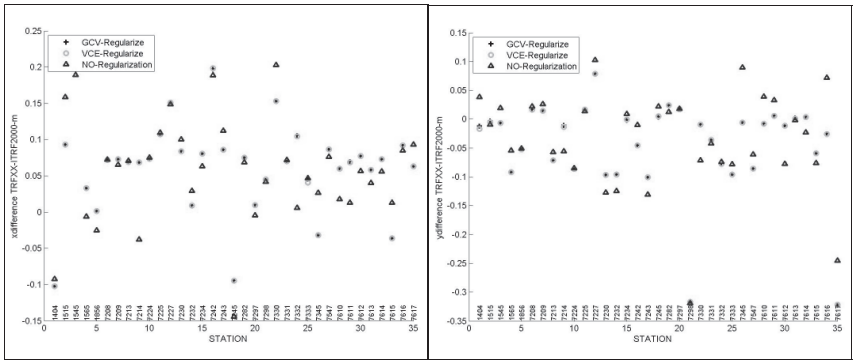
Temel jeodezik uzay ve uydu tekniklerinin VLBI, SLR/LLR (Satellite/Lunar Laser Ranging), GNSS (Global Navigation Satellite System), DORIS (Doppler Orbitography and Radio-positioning Integrated by Satellite) kombinasyonu son yıllarda jeodezi temel hedefleri arasındadır. Uzun yıllardan beri uzay ve uydu jeodezik verilerin analizine katkıda bulunmuş gruplar sonuçlarını birbirleriyle kıyaslamaktadırlar. Yer'in geometrisi, Yer'in gravite alanı ve Yer'in dönüklüğü gibi temel jeodezik parametrelerin kestirimi farklı tekniklerden (VLBI, GNSS, SLR/LLR, DORIS) elde edilen verilerin analizi ile elde edilmektedir. Birden fazla teknikten elde edilen bu parametrelerin karşılaştırılması ve kombinasyonu, IERS'in ürünlerinden olan ITRF, ICRF ve EOP tutarlılığının sağlanması gibi bir çok amaç için gereklidir.

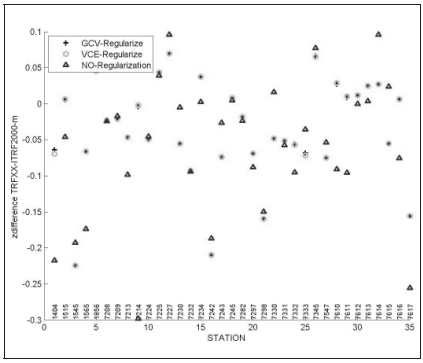
Aynı veya farklı tekniklerin her bir çözümünün kombinasyonu ölçüler, normal denklemler ve sonuçlar bazında gerçekleştirilebilir. En uygun yaklaşım öçlüler düzeyinde yapılan kombinasyondur. Ancak böyle bir kombinasyon oldukça nitelikli yazılımları gerektirir. Her bir ölçü tekniğine ait çözümlerde aynı modeller ve paramereler kullanılırsa normal denklemler düzeyinde yapılan kombinasyon ölçü denklemleri düzeyinde yapılan kombinasyonla aynı sonuçları verir (Rothacher 2002a, Rothacher 2002b).

Farklı Analiz Merkezleri (AC)'den elde edilen sonuçların giriş verisi olarak kullanılmasıyla tek bir zaman serisi üretmek için gerçekleştirilen kombinasyona intra-teknik kombinasyon denilmektedir. Intra-teknik kombinasyondan elde edilen tekniğe özel sonuçların giriş verisi

olarak kullanılmasıyla gerçekleştirilen kombinasyon da inter-teknik kombinasyon olarak bilinmektedir. Inter-teknik kombinasyonda önemli bir unsur da farklı uydu ve uzay jeodezik ölçü tekniklerinin bulunduğu yerleşkelerde (co-location sites) ölçü sistemlerinin birbirleriyle ilişkisi bağlantı ölçüleri (local ties) yardımıyla sağlanmasıdır (Altamimi 2001; Ray ve Altamimi 2005). Bu bağlantı ölçüleri, yersel ölçü teknikleri kullanılarak yapılmaktadır. Dolaysıyla uydu ve uzay jeodezik tekniklerin kombinasyonu yersel ölçü tekniklerinin kombinasyonunu da içeriyor ifadesini kullanmak çok doğru ve yerinde olacaktır.

Her bir ölçü tekniğinden elde edilebilecek ortak bilinmeyen parametreler normal denklemler deki ortak bilinmeyen parametrelerin inter-teknik kombinasyonu yolu ile daha duyarlı belirlenebilir. Tutarlı kombinasyon sonuçlarına ulaşmak için bağlantı ölçülerinin kalitelerinin değerlendirilmesi ve bunların kombinasyon sonuçları üzerine etkileri, her bir analiz merkezinden elde edilen sonuçların kalite kontrolü, bu sonuçların kombinasyon aşamasında uygun ölçeklendirilmesi, kombinasyon sonucu için datum tanımı, en uygun optimal bir kombinasyon yöntemlerinin seçimi ve en son kombinasyon sonucunun kalite kontrolü gibi dikkate alınması gereken bir çok konu vardır (Angerman et al. 2002). Kombinasyonla ilgi bütün bu önemli konular, bilimcileri farklı algoritmalar, yeni fikirler ve yaklaşımlar sağlayarak kombinasyon çalışmalarına katkı sağlamaya teşvik etmiştir. Tanır 2008, VLBI intra-teknik kombinasyonu için her bir VLBI analiz merkezinden elde edilen verilerin kombinasyon aşamasında uygun ağırlıklandırılması ve kombinasyon sonuçlarının kararlılığının sağlanması için uygun regülarizasyon tekniklerinin kullanılması gibi temel fikirler üzerine kurulmuş optimal bir algoritmayı incelemiştir (Tanir vd. 2009). Bu çalışmadaki VLBI intra-teknik kombinasyondaki temel fikir iki adımlı deformasyon analizindekiyle benzer özelliklere sahiptir (Koch ve Papo 2003). Her bir VLBI AC'ye ait bilinmeyen varyans bileşenleri birinci adımda hesaplanmıştır ve ikinci adımda da birleştirilmiş normal denklemler matrisine regülarizasyon uygulanmıştır. Çalışmadaki temel amaç, VLBI intra-teknik kombinasyonda regülarizasyonun etkisinin araştırılması ve bu yolla elde edilen sonuçların VLBI tekniğine dayalı elde edilecek TRF gerçekleşmesine etkileri araştırılmıştır. Bölüm 3.2. 'de anlatılacağı üzere ITRF gerçekleştirmesinin farklı uydu ve uzay tekniklerden elde edilmiş olan TRF'lerin uygun kombinasyonu ile elde edildiği gözönünde bulundurulursa, Tanır 2008'de elde edilen sonuçların gelecekteki ITRF gerçekleştirmelerine sağlayacağı bilimsel katkının önemi gözönünde bulundurulmalıdır.





Şekil 6. Regülarizasyon yönteminin kullanılması ve kullanılmamasıyla elde edilen TRF sonuçlarının ITRF2000 ile kıyaslanması

Şekil 6'da 1995-2001 yılları için farklı VLBI analiz merkezlerinden elde edilen sonuçların VLBI intra-teknik kombinasyonla elde edilmiş sonuçlarından hesaplanan TRF'in ITRF2000 ile karşılaştırmasını gösterilmektedir. Burada üç farklı kombinasyon algoritmasından elde edilen sonuçlarla hesaplanan TRF sonuçlarının kıyaslanması yapılmaktadır. *'GCV-Regülarize'* ve *'VCE-Regülarize'* farklı iki regülarizasyon yöntemi kullanılarak elde edilen TRF sonuçlarını *'NO-Regülarization'* ise regülarizasyon kullanılmadan elde edilen sonuçlardan hesaplanan TRF sonuçlarını göstermektedir. Şekil'de görüldüğü üzere, regülarizasyonla elde edilen sonuçlar diğerine göre daha tatmin edicidir.

IERS'in amacı ICRF, ITRF veya EOP içindeki zaman/uzay değişimlerini yorumlamak için gerekli olan jeofiziksel veriler ve standartlar, sabitler ve modelleri sağlamaktır. IERS, Teknik Merkezler, Veri Merkezleri, Kombinasyon Merkezleri, Analiz Koordinatörü, Merkezi Büro, Yönetim Kurulu gibi birimlerle misyonunu yerine getirir. IGS (Uluslararası GNSS Servisi), ILRS (Uluslararası Laser Ranging Servisi), IVS (Jeodezi ve Astrometri için Uluslararası VLBI Servisi), veya IDS (Uluslararası DORIS Servisi)'nin teknik merkezleri, katkı sağlayan her bir ölçü tekniği (GNSS, SLR/LLR, VLBI, DORIS) kapsamındaki faaliyetlerin organizasyonu ve geliştirilmesinden sorumludur. Veri Merkezleri IERS ürünlerinden (ITRF/ITRS, ICRF/ICRS, EOP, ve jeofiziksel akışkanlık maddeleri) sorumludur. Kombinasyon Araştırma Merkezleri (DGFI - Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut, Germany, IGN - Institute Géographique National, France, NRCan - Natural Resources, Canada) inter-teknik kombinasyonu gerçekleştirirler. IERS Kombinasyon Araştırma Merkezleri (ASI (Agenzia Spaziale Italiana, Matera, Italy), FESG (Forschungseinrichtung Satellitengeodäsie, Munich, Germany), DGFI (Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut, Munich, Germany), FFI (Forsvarets forskningsinstitutt, Kjeller, Norway), GFZ (GeoForschungsZentrum Potsdam, Potsdam, Germany), GIUB (Geodätisches Institut Universität Bonn, Bonn, Germany), GRGS (Groupe de Recherches de Géodésie Spatiale, Toulouse, France), IAA (Institute of Applied Astronomy, St. Petersburg, Russia), IGN (Institut Géographique National, Paris, France) ve JPL (Jet Propulsion Laboratory, Pasadana, USA)) analiz metotların geliştirilmesi ve tavsiye edilmesi, detaylı tanımların sağlanması, ve Analiz Koordinatörleri için gerekli yazılımların sağlanmasından sorumludur. ITRS Kombinasyon Merkezleri (DGFI, IGN, NRCan) Teknik Merkezlerinden elde edilen ITRF verilerinin kombinasyonuyla ITRF ürünlerini sağlar. IERS şemsiyesinin altında uzay

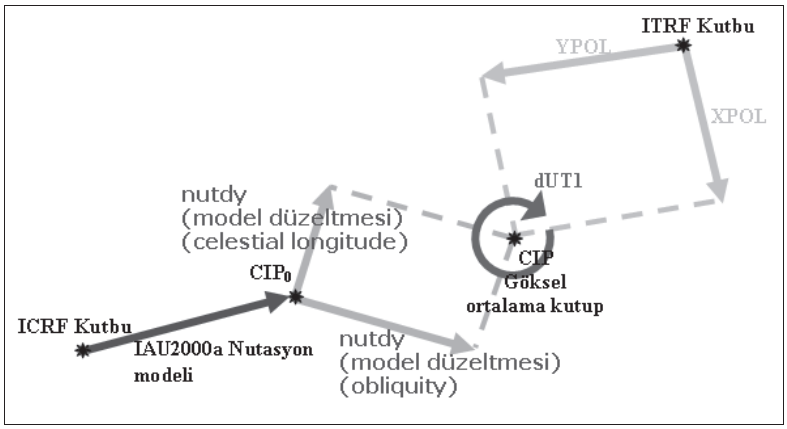
ve uydu jeodezik tekniklerin kombinasyonu alanındaki araştırma ve çalışmaları koordine eden Kombinasyon Çalışma Grubu da mevcuttur.

3.1. Yer Dönme Parametreleri

Güneş ve Ay'ın Yer üzerinde oluşturduğu sabit ve zamana bağlı değişken bozucu gravite potansiyeli, gel-git oluşumları yanında Yer'in dönme ekseninde sapmalara da yol açar. Böylece prezesyon ve nutasyon oluşur. Karmaşık fiziksel modellere ve konvasiyonlara (kabullere) girilmeden Yer'in dönme parametrelerinin belirlenmesinde VLBI'in kullandığı geometrik model şöyle özetlenebilir: IERS 2003 konvansiyonları ile ortaya koyulan IAU2000A prezesyon-nutasyon modeli ile CIP'nin J2000.0 epoklu CRF'deki (örn: ICRF-Ext.1) yaklaşık konumu hesaplanır (CIP_0) (Mathews et al., 2002; McCarthy ve Petit, 2004) (Şekil 7). Ardından IERS C04 05 yer dönme parametreleri kombinasyonu serisi nutasyon düzeltmeleri *nutdx* (nutation in obliquity), *nutdy* (nutation in celestial longitude) modelden hesaplanan yaklaşık değere eklenerek ölçü anındaki CIP'nin CRF'deki konumu

$$\begin{aligned} X(t)_{CIP} &= X(t)_{CIP_{IAU2000A}} + nutdx_{IERSC04} \text{ (Nutation in obliquity)} \\ Y(t)_{CIP} &= Y(t)_{CIP_{IAU2000A}} + nutdy_{IERSC04} \text{ (Nutation in celestial longitude)} \end{aligned} \tag{22}$$

şeklinde elde edilir (Şekil 7, Şekil 12 ve 13).



Şekil 7. Yer dönme parametreleri (EOP), ICRF ve ITRF arasındaki ilişki (Schuh, vd., 2008)

Ölçü anındaki, gerçek ekinoks saat açısı H, kutup gezinmeleri x_p ve y_p ile oluşturulan dönüklük matrisleri

$$R = \begin{bmatrix} \cos(H) & -\sin(H) & 0 \\ \sin(H) & \cos(H) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}; X = \begin{bmatrix} \cos(x_p) & 0 & -\sin(x_p) \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin(x_p) & 0 & \cos(x_p) \end{bmatrix}; Y = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(y_p) & \sin(y_p) \\ 0 & -\sin(y_p) & \cos(y_p) \end{bmatrix} \tag{23}$$

çarpımları sonucu TRF ile CIP arasındaki bağlantı

$$RXY = \begin{bmatrix} \cos(H) & -\sin(H) & -\sin(x_p)\cos(H) - \sin(y_p)\sin(H) \\ \sin(H) & \cos(H) & -\sin(x_p)\sin(H) + \sin(y_p)\cos(H) \\ \sin(x_p) & -\sin(y_p) & 1 \end{bmatrix} \tag{24}$$

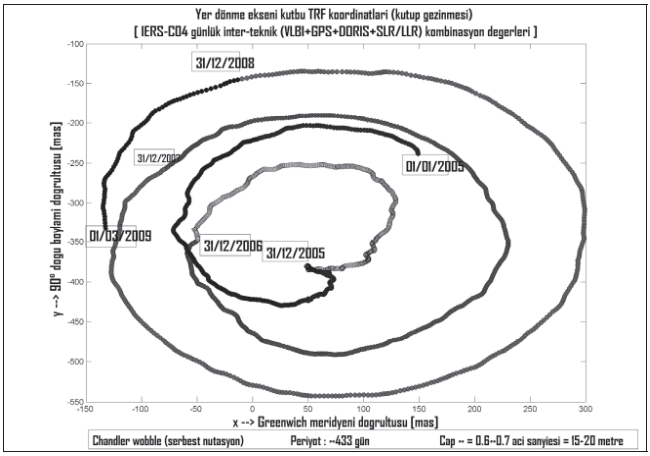
şeklindeki dönüşüm matris eşitliği ile elde edilir (Şekil 7, Şekil 8). Bozucu gravite potansiyelinde oluşan gün içi değişimler kutup gezinmeleri ve gün uzunluğunu etkiler. Kutup gezinmelerinin diğer bir nedeni ise Yer'in iç yapısındaki kitle dağılım yoğunluklarındaki farklılıklar ve değişimleridir (konveksiyon akımları). Kutup gezinmelerine ve gün uzunluğu değişimlerine yol açan diğer etkenler ise okyanus gel-gitleri ve karasal gel-gitler sonucu oluşan kitle dağılımı değişimidir. Ayrıca atmosferdeki zamana bağlı basınç (mass) ve rüzgar (motion) yükleri değişimi kutup gezinmeleri ve gün uzunluğunu etkiler. Tüm bu fiziksel etkenlerin oluşturduğu t zamanı için Yer içindeki, kabuktaki ve atmosferdeki tüm noktaların (i) toplam açısal momentleri (L, birim: Nms veya $kg\,m^2 s^{-1}$),

$$\sum_i L_i = r_i m_i v_i \sin(\theta_i) \tag{25}$$

ve aynı noktaların torkları (τ, birim: Nm veya $kg\,m^2 s^{-2}$)

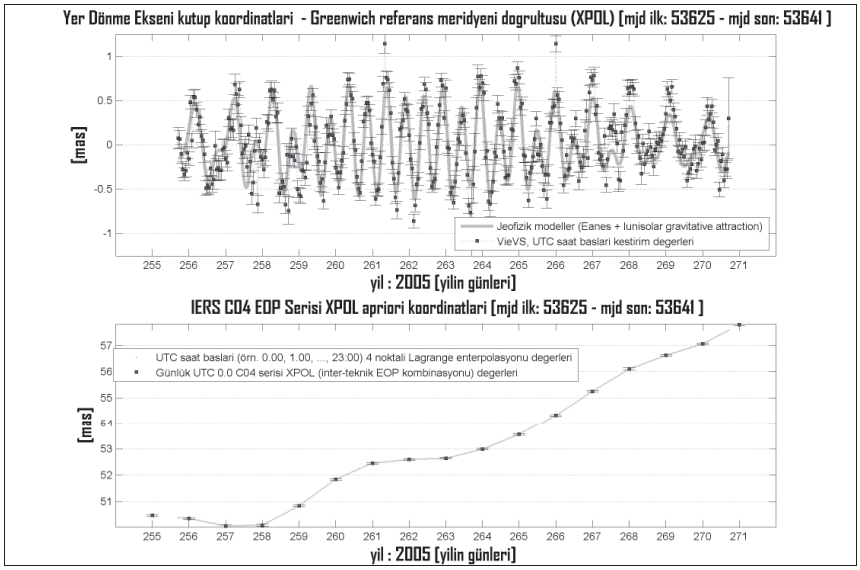
$$\sum_i \tau_i = \sum_i r_i F_i \sin(\theta_i) \tag{26}$$

modellenebilir ise VLBI ölçülerinden elde edilen Yer dönme parametreleri ile jeofizik modellerden hesaplananlar ölçü duyarlığı içerisinde eşit olurlar. Yukarıdaki eşitliklerde r_i dönme ekseninden i kitlesine olan vektor, m_i kitlenin ağırlığı, v_i kitlenin hızı, F_i kitleye etkiyen dış kuvvetlerdir. Açısal moment değerleri dış yüklerin etkisi olmadığında Yer'in atalet (eylemsizlik) momentini açıklarken, tork (kuvvet momenti) değerleri Günes, Ay ve diğer gezegenlerin meydana getirdiği bozucu gravite potansiyellerinin gradyeninin, atmosferik basınç yüklemelerinin, okyanus yüklemelerinin, vs. oluşturduğu momentlerin bileşkesini diğer bir ifade ile dış kuvvetlerin oluşturduğu toplam kuvvet momentini açıklar. IERS C04 Yer dönme kombinasyonu serisinden 1.01.2005-01.03.2009 tarihleri arasında oluşan Yer dönme ekseni kutbu gezinmeleri Şekil 8'de verilmiştir.

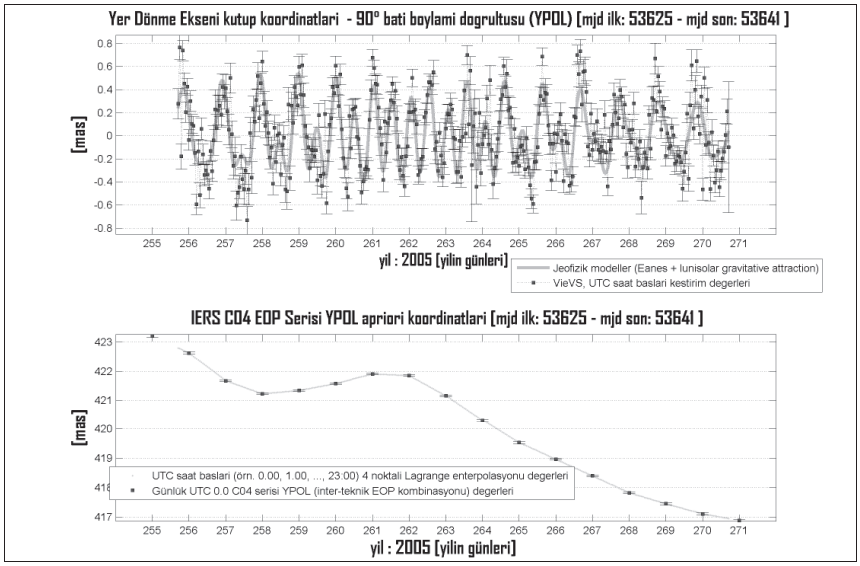


Şekil 8. 01.01.2005-01.03.2009 tarihleri arasında oluşan Yer dönme ekseni kutbu gezinmeleri günlük TRF koordinatları (IERS C04 serisi).

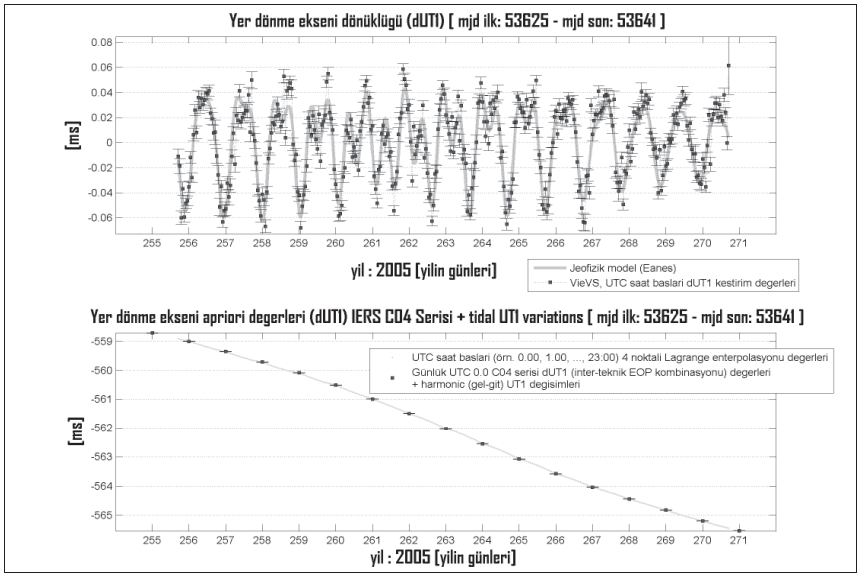
Yer dönme ekseni kutup koordinatlarının gün içi değişimlerinin diğer bir ifade ile yüksek frekanslı değişimlerinin (örn. saatlik değerleri) kestiriminde jeofizik modeller kullanılabilir. Kutup koordinatlarının gün içi zamansal çözünürlükte harmonik değişimine (gel-git değişimine) neden olan en büyük etken okyanus gel-git etkisi ve Günes, Ay bozucu gravitesindeki değişimlerdir (McCarthy ve Petit, 2004). Bu modellerden hesaplanan degerler ile VLBI ölçülerinin VieVS yazılımı ile işleme analizinden elde edilen değerler Şekil 9 ve 10'da karşılaştırılmıştır. Uyumun yüksek olması jeofizik modellerin başarısını gösterir. Yerin gün içi dönme hızında ($dUT1$) oluşan değişimler okyanus gel-gitleri modelinden (Eanes) hesaplanan değerleri ile VieVS kestirim değerleri Şekil 11'de verilmiştir.



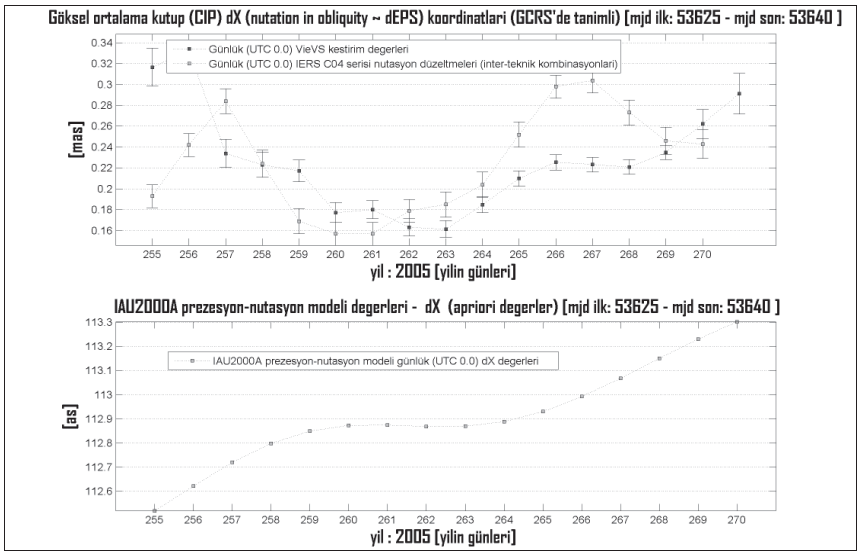
Şekil 9. Yüksek frekanslı (saatlik) Yer dönme ekseni kutbu referans meridyeni doğrultusu koordinatları (x_p) ve jeofizik modeller ile VieVS kestirim değerleri



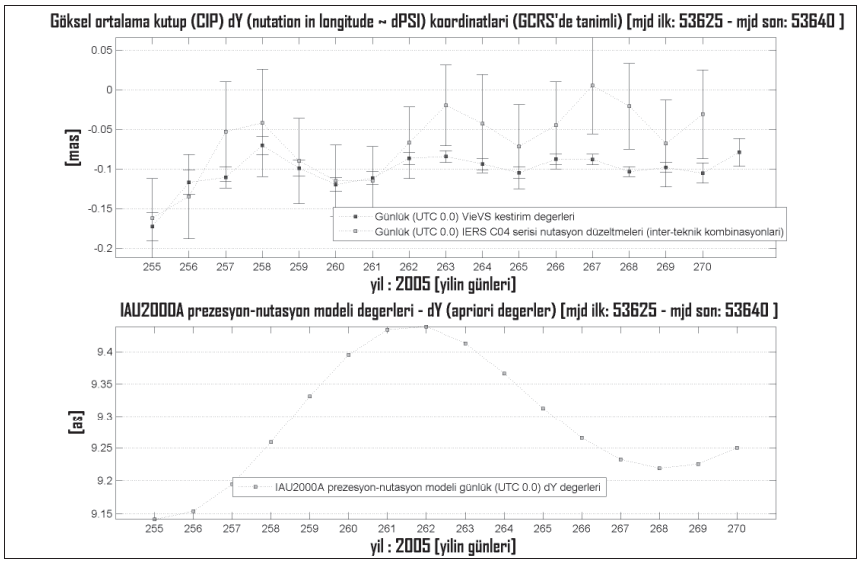
Şekil 10. Yüksek frekanslı (saatlik) Yer dönme ekseni kutbu 90° batı boylamı doğrultusu koordinatları (y_p) ve jeofizik modeller ile VieVS kestirim değerleri



Şekil 11. Yüksek frekanslı (saatlik) Yer dönme ekseni açısı (hızı) ($dUT1$) Eanes modeli ile hesaplanan degerleri ve VieVS kestirim değerleri



Şekil 12. IAU 2000A prezesyon-nutasyon modelinden hesaplanan nutasyon açıları $X(t)_{CIP_{IAU\,2000\,A}}$, IERS C04 serisi düzeltmeleri $nutdx_{IERS\,C04}$, ve VieVS kestirim değerleri



Şekil 13. IAU 2000A prezesyon-nutasyon modelinden hesaplanan nutasyon açıları $Y(t)_{CIP_{IAU\,2000\,A}}$, IERS C04 serisi düzeltmeleri $nutdy_{IERS\,C04}$, ve VieVS kestirim değerleri

3.2. ITRF (Uluslararası Yersel Referans Ağı-International Terrestrial Reference Frame)

ITRF çözümlerinin ölçeğini, baz ölçme duyarlığının yüksek olmasından dolayı (12000 km ± 3 cm) VLBI belirler. Tüm uzay jeodezi tekniklerinin bulunduğu yerleşkelerde (co-location sites) sistemlerin birbirleri ile olan bağlantu ölçüleri yardumu ile (local ties) her sistemin belirlediği TRF'ler ilişkilendirilmiş olur. Bu durum normal denklemler düzeyinde teknikler arası kombinasyon yolu ile ortak bilinmeyen parametrelerin daha duyarlı belirlenmesine katkı sağlar. Ayrıca her tekniğin farklı yöntem, araç, model ve kestirim algoritması kullanması kestirilen parametrelerin birbirinden bağımsız olmasını (minimum korelasyona sahip olmasını) böylece elde edilen parametrelerin güvenirliklerinin yüksek olmasını sağlar. TRS gerçekleştirmeleri olan TRF'leri oluşturan dünyaya dağılmış noktaların konumları, ilgili noktalardaki jeofizik etkilerinden arındırılmış koordinatlardır. Diğer bir ifade ile nokta konumlarında oluşan gün içi (sub-diurnal) periyotlu gel-git (tidal) deformasyonları ve periyodik olmayan (plastik) deformasyonlar jeofizik modeller ile her ölçü için hesaplanır ve nokta konumlarına apriori düzeltme olarak getirilir. Böylece konvansiyonlar gereği gel-git bağımsız kabuk – TRF (tide free crust, ITRF) elde edilir. t ölçü epoğu anında noktanın konumu

$$X(t) = X(t_{2000.0})^{ITRF\,2005} + v_{\Delta X}{}^{ITRF\,2005}.(t - t_{2000.0}) + \Delta X_{jeofizik\_\mathrm{model(i)}}(t) + \Delta X_{kestirim} \qquad (27)$$

eşitliğinden elde edilir. Yukarıdaki eşitlikte $\text{jeofizik\_model}_{\mathrm{i}}(\Delta X_t)$, i. jeofizik modelden t ölçü epoğunda hesaplanan, nokta konumunda oluşan yer değiştirmeyi ifade eder. Bu işlem her ölçü

için gerçekleştirilir. Her ölçü için istasyonların konumlarına jeofizik modellerden getirilen düzeltmeler şunlardır:

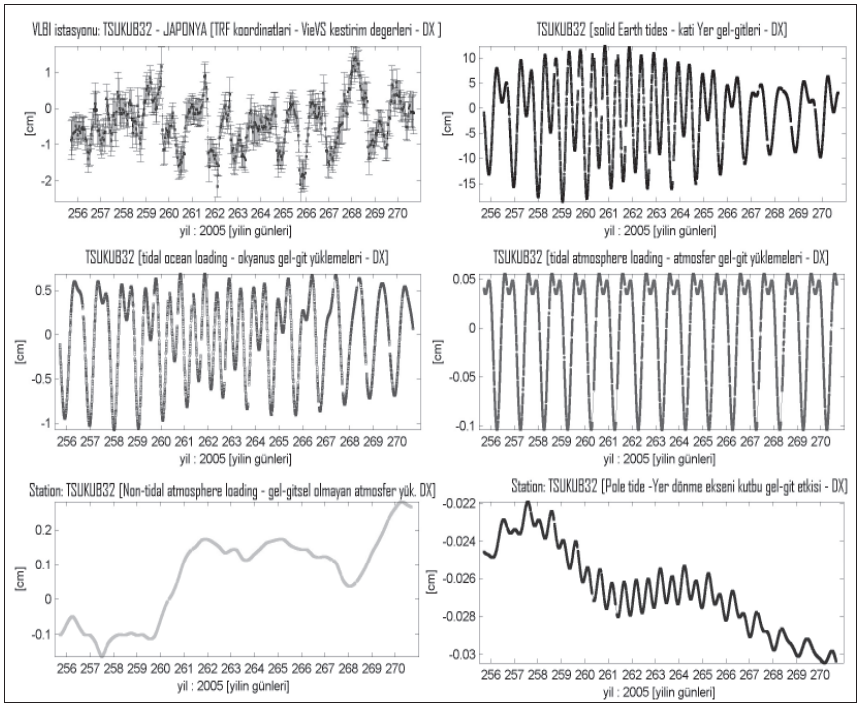
- *Katı Yer gel-gitleri:* Güneş ve Ay'in gün içi konumuna bağlı olarak oluşturduğu bozucu gravite potansiyeline Yer'in elastik tepkisi (periyot : gün ici (sub-diurnal), genlik: ~ ± 30 cm)

- *Okyanus gel-git yüklemeleri:* Okyanuslarda gün içi periyotlu gel-gitler neticesinde oluşan kitle dağılımındaki değişim sonucu meydana gelen harmonik hareketler. Okyanusa yakın (100 ~ 200 km) noktalarda etkisi daha fazla (periyot: gün içi genlik: ± 1-2 cm).

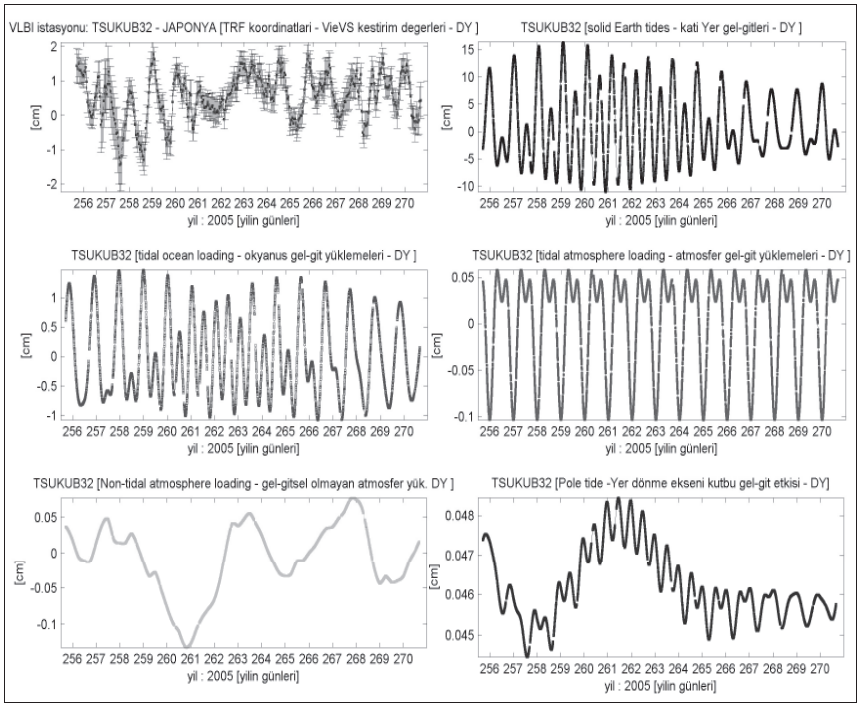
- *Atmosfer gel-git yüklemeleri:* Güneşin gün içi hareketinin meydana getirdiği atmosfer basıncında oluşturduğu değişimlerin nokta üzerinde yaptığı gel-git hareketi. S1 ve S2 olmak üzere iki farklı (periyotlar: 24 ve 12 saat) sinusoidal dalgalanın modülasyonu sonucu elde edilir (periyot : gün ici, genlik: ~ ± 0.1 - 6 mm).

- *Gel-gitsel olmayan atmosfer yüklemeleri:* Atmosfer basıncında uzun periyotlu degişimlerin nokta üzerinde oluşturduğu gün içi periyoda sahip olmayan hareketler (periyot : haftalar, aylar, mevsimler, gün içi deformasyon : ~ 1 - 4 cm).

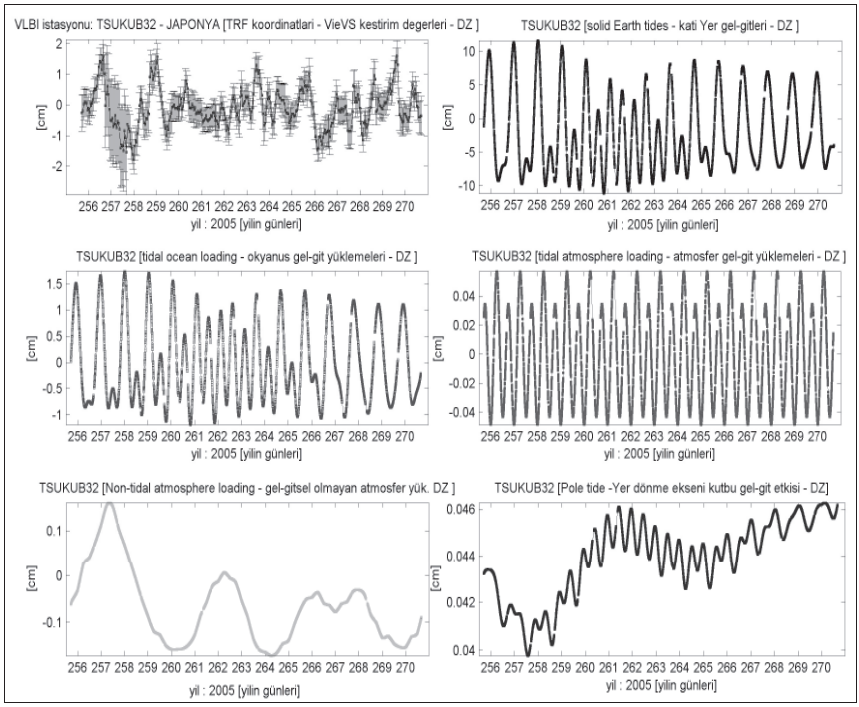
- *Yer dönme ekseni kutbu sapmaları:* Yer dönme eksenindeki sapmalar (kutup gezinmeleri) sonucu meydana gelen merkezkaç kuvvetindeki değişimlerin nokta üzerinde oluşturduğu gel-git hareketleri (Scherneck, 1991; Mathews, vd., 1995; Ray, 1999; Petrov ve Boy, 2004; Haas ve Schuh, 1996; Spicakova, vd., 2009). Atmosfer gel-git yüklemeleri haricinde yukarıda bahsedilen tüm konvansiyonel jeofizik modeller gün-içi spektrası haricinde uzun periyotlu salınımlar (harmonik degişimler) içerir. Tüm bu yüklerin oluşturdugu deformasyonlar her ölçü için oturumdaki tüm istasyonların konumlarına düzeltme olarak getirilir (Şekil 14, 15 ve 16). Böylece analiz yazılımı ile elde edilen kestirim değerleri modeller ile belirleyemediğimiz periyodik ve episodik (örn: deprem) konumsal değişimlerdir.



Şekil 14. Tsukub32 istasyonunda CONT05 oturumları boyunca $dX_{ITRF2005,}$ VieVS kestirim değerleri ve jeofizik modellerden apriori getirilen gel-git düzeltmeleri



Şekil 15. Tsukub32 istasyonunda CONT05 oturumları boyunca $dY_{ITRF2005,}$ VieVS kestirim değerleri ve jeofizik modellerden apriori getirilen gel-git düzeltmeleri



Şekil 16. Tsukub32 istasyonunda CONT05 oturumları boyunca $dZ_{ITRF2005,}$ VieVS kestirim değerleri (UTC saat başları) ve jeofizik modellerden apriori getirilen gel-git düzeltmeleri

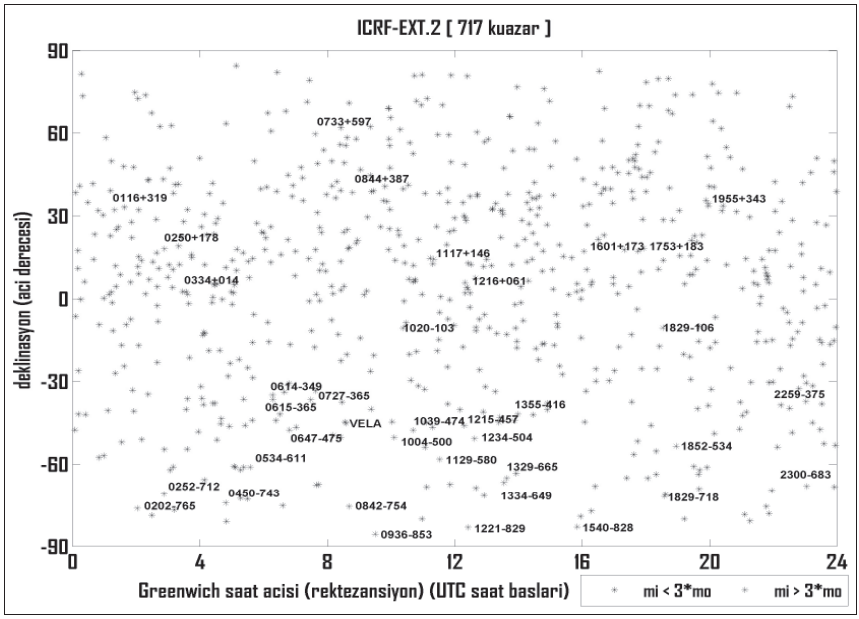
ITRS, VLBI, SLR/LLR, GNSS ve DORIS tarafından ölçülen belirli sayıdaki yer noktasındaki koordinat ve hız kestirimlerinin, varyans-kovaryans bilgilerinin uygun bir ağırlıklandırma tekniği kullanılmasi ile yapılan hesaplarla gerçekleştirilir (Altamimi (2004, 2006 and 2007) and Boucher et al. 1999). Birden fazla tekniğin kullanılmasının avantajı kombinasyonla elde edilmiş ITRF çözümündeki hataların her bir ölçü tekniği tarafından belirlenen TRF çözümlerine göre daha az olmasıdır. Her bir ölçü tekniğine ait analiz merkezleri tarafından hesaplanan TRF çözümlerinin kombinasyonu ile ITRF çözümü elde edilmiş olur. TRF çözümleri için oluşturulan SINEX dosyalarında istasyon koordinatları ve hızların ve varyans-kovaryans bilgileri vardır.

ITRF kombinasyon hesabında, yer dönme parametrelerinin (EOP) günlük değerleri ve istasyon koordinatlarının, uydu teknikleri için haftalık, VLBI için günlük zaman serileri girdi verisi olarak kullanılır. Zaman serilerinin analizi ITRF hesapları için başlıca işlemdir. ITRF'in en son versiyonu 400'den fazla noktadan oluşan ve bir çoğu iki ve daha fazla teknikle donatılmış bir ağa bağlı olan ITRF2005'dir. ITRF2005, bir önceki versiyonun tersine, istasyon koordinatlarının ve EOP'un zaman serisi formundaki giriş verileriyle oluşturulmuştur. ITRF2005'in giriş verileri, belirli bir tekniğin her bir Analiz Merkezi (AC) sonuçlarının kombinasyonu olarak IAG'nin Teknik Servisleri (IGS, ILRS, IDS, ve IVS) tarafından sağlanır, DORIS haricinde. ITRF2005'in kombinasyonu, ITRF Kombinasyon Merkezleri (DGFI-Deutsches Geodätisches

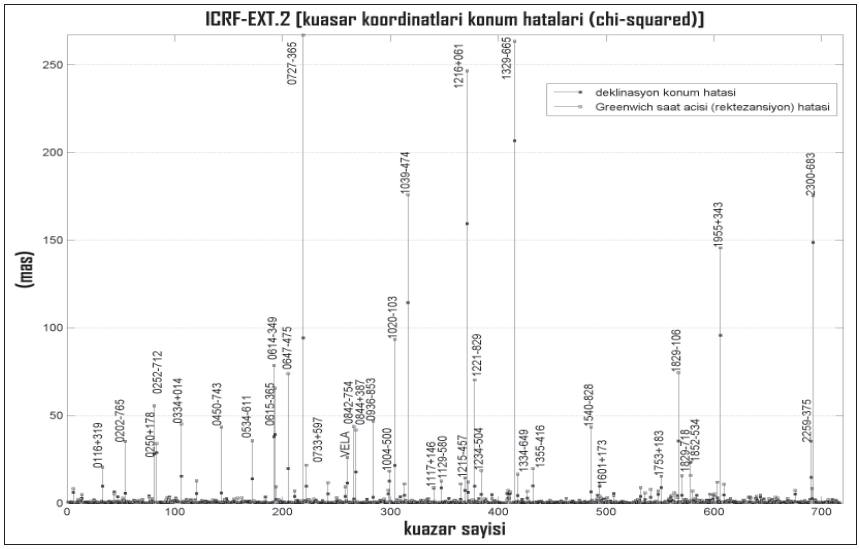
Forschungsinstitut, IGN-Institute Géographique National, NRCan-Natural Resources, Canada) tarafından gerceklestirilir (Nothnagel 2005, Angermann v.d. 2005). Resmi ITRF2005 sürümü ITRF Veri Merkezi olarak IGN tarafından sağlanmaktadır (URL 3). ITRF, ICRF ile IERS'in kombinasyonunu gerceklestirdigi EOP yardımıyla ilişkilendirilir.

3.3. ICRF (Uluslararası Göksel Referans Ağı-International Celestial Reference Frame)

Uluslararası Astronomi Birligi'nin (International Astronomical Union, IAU) 1997 yılı 23. Genel Toplantısı sonucu ICRS gerçekleştirmelerinin (ICRF) temel göksel koordinat çatısı olarak kullanımını önerilmiştir. ICRF, J2000 (1 ocak 2000) epoğunda tanımlı, gök ekvator düzlemini esas alan koordinat sistemi olarak 212'si 'tanımlayıcı-defining' galaksi dışı kuazar (global çözümde NNR koşulları uygulananlar) olmak üzere toplam 608 kuazar ile gerçekleştirilmiştir. Bu gerçekleştirme 1979 – 1995 yılları arasındaki VLBI oturumlarının global oturum çözümü ile oluşturulmuştur (Ma, vd., 1998). Bu ilk core ICRF çözümünde 'tanımlayıcı-defining' kuazarların (sources) ortalama konum hatası 0.25 mili açı saniyesi (mas) dir. 1995 – 2002 yılları VLBI oturumlarını kapsayan ve 109 yeni 'tanımlayıcı' kuazarın eklendiği oturumlar ile yapılan global çözüm ile ICRF genişletilmiştir ve ICRF-Ext.1 kataloğu oluşturulmuştur. Kuazarların durağanlığı (stability) gözlem yapılan radio kaynaklarının (kuazar, source) ICRF'e dahil edilmesinde ve sonrasında 'tanımlayıcı' kuazar olarak karar verilmesinde ölçüt olmuştur. Resmi olmayan ICRF-Ext.2 kataloğu ICRF-Ext.1 çözümüne yeni 400 kadar VLBI oturumunun eklenmesi ile şimdiki rakamlara göre 212 'tanımlayıcı-defining', 294 'aday-candidate', 109 'yeni-new', ve '102 'diğer-other' olmak üzere toplam 717 kuazardan oluşmaktadır (Fey, vd., 2004). Şekil 17'de ICRF-Ext.2 kuazarlarının gök küresine dağılımı ve Şekil 18'de Greenwich saat açısı (rektezansiyon) ve yükselim açısı (deklinasyon) konum hataları görülmektedir.



Şekil 17. ICRF-Ext.2



Şekil 18. ICRF-Ext.2 rektezansiyon ve deklinasyon konum hataları, uyuşumsuz sayılabilecek kuazarlar.

4. Trabzon KTU GEOD VLBI Analiz Merkezinin Uluslararası VLBI Jeodezi ve Astrometri Servisine (IVS) Öngörülen Katkıları

IVS Yönetim Kurulunun 23 Mart 2009 tarihinde Fransa'nın Bordo şehrindeki toplantısında KTÜ Harita Mühendisliği Bölümünde KTU-GEOD adıyla Türkiye'de ilk olmak üzere bir VLBI Analiz Merkezinin kurulmasına oy birliği ile karar verilmiştir. Uluslararası düzeydeki uzay jeodezik çalışmalara katkı sağlayabilmek açısından oldukça öneme sahip olan bu analiz merkezi aşağıdaki konularda IVS'e katkı sağlaması öngörülmüştür;

- VLBI ve diğer uzay ve uydu jeodezik tekniklerden elde edilen parametrelerinin kestiriminde stokastik modellerin kullanımı,
- Uydu ve uzay jeodezik tekniklerin intra- ve inter-teknik kombinasyonu ile ilgili algoritmaların geliştirilmesi,
- VLBI istasyonlarına geri bildirimlerin sağlanabilmesi,
- Yazılım geliştirme ve iyileştirme için teorik altyapının oluşturulması,
- Farklı VLBI Analiz Merkezleri tarafından elde edilen ürünlerin (istasyon koordinatları başta olmak üzere) kullanılan kestirim yöntemleri açısından kıyaslanması,
- IERS'in belirlediği konvansiyonlara katılmak.

KTU GEOD, yukarıdaki yönde öngörülen faaliyetlerini öncelikli olarak Avrupa VLBI Ağı (European VLBI Network, EVN) ve Avrupa Yersel Referans Sistemi (European Terrestrial Reference System, ETRS)'nin gelişimine katkı sağlayacak şekilde şekillendirecektir.

5. Sonuç ve Öneriler

IVS, başta IERS, ve IAU olmak üzere bir çok kurumsal yapıya, Yer ve uzay araştırmalarına ilişkin bilim dallarına veri sağlar. ICRF, ITRF, EOP ürünlerinin oluşturulmasında ve jeofizik modellerin geliştirilmesinde büyük rol oynar. Nutasyonu ve Yer ortalama dönme ekseninin inersiyal tabanlı bir referans sistemine (quasi-inersiyal: ICRF) bağlı mutlak dönüklüğünü (dUT1) doğrudan varsayımsız ölçebilen, CIP'nin ICRF'deki konumunu en duyarlı belirleyen ve ICRF'in oluşturulmasında ölçüleri (oturumları) analiz edilen tek uzay tabanlı konum belirleme sistemidir. IVS, VLBI2010 projesi kapsamında IAG'in Küresel Jeodezik Gözlem Sistemi (Global Geodetic Observing System, GGOS) gerçekleştirme projesinin öngördüğü hedeflere ulaşmak amacı ile radyo teleskoplarından, analiz yazılımlarına kadar tüm alt yapısını güncellemektedir. Viyana Teknik Üniversitesi, Jeodezi ve Jeofizik Enstitüsü, IVS analiz merkezi bu bağlamda simülasyon ve yazılım geliştirme çalışmalarını başarı ile yürütmektedir. EVN ölçülerinin analizleri, intra- ve inter-teknik kombinasyonlar ve yazılım geliştirme çalışmalarına hizmet etmek üzere, KTU, Harita Mühendisligi Bölümü bünyesinde yeni bir analiz merkezi kurulmasi önerisi, IVS Yönetim Kurulunun 23 Mart 2009 tarihinde Fransa'nın Bordo şehrindeki toplantısında oy birliği ile kabul edilmiştir. Bu bağlamda yapılacak olan çalışmalar yeni oluşturulacak IERS ürünlerine (ICRF, ITRF, EOP vd.) doğrudan katkı sağlayacaktır.

Teşekkür
Bu calışmada kullanılan ham veriler Uluslararası VLBI Servisi (IVS) tarafından üretilmiştir.

Kaynaklar

Altamimi, Z., (2007). Definition and Realization of Terrestrial Reference Systems, *Applications to ITRS and ETRS89*, Instituto Geográfico Português (IGP), Lisbon, March 7, 2007.

Altamimi, Z., (2006). Reference Systems:Definition and Realization, *AFREF Technical Workshop*, University of Cape Town, July 9-13, 2006.

Altamimi, Z., (2004). Challenges and Achievements in Combining Terrerstrial Reference Frames, *IDS Plenary Meeting*, May 3-4, 2004.

Altamimi, Z., (2001). Report on local tie problems in colocation sites as result from ITRF2000 Analysis, ITRF Report 4 on local ties.

Angermann, D., Thaller, D. ve Rothacher, M., (2002). IERS SINEX combination campaign, *Proceedings of the IERS Workshop on Combination Research and Global Geophysical Fluids Bavarian Academy of Sciences*, Munich, Germany, 18 - 21 November 2002, IERS Technical Note 30.

Angermann D., Drewes, H. ve Krügel, M., Meisel, B., (2005). Advances in terrestrial reference frame computations, Dynamic Planet: Monitoring and Understanding a Dynamic Planet with Geodetic and Oceanographic tools, *IAG Symposia*, Vol.130, 595-602, Springer.

Boehm, J., Spicakova, H., Plank, L., Teke, K., Pany, A., Wresnik, J., Englich, S., Schuh, H., Hobiger, T., Ichikawa, R., Koyama, Y., Gotoh, T., Otsubo, T. ve Kubooka, T., (2009), "Plans for the Vienna VLBI Software VieVS", *19th European VLBI for Geodesy and Astrometry Working Meeting, 10th IVS Analysis Workshop*, 23-28 March 2009, Bordeaux, France.

Boehm, J., Werl, B. ve Schuh, H., (2006). Troposphere mapping functions for GPS and very long baseline interferometry from European Centre for Medium-Range Weather Forecasts operational analysis data, *J. Geophys. Res*., 111, B02406, doi:10.1029/2005JB003629.

Boucher, C., Altamimi, Z. ve Sillard P. (1999). The 1997 International Terrestrial Reference Frame (ITRF97), IERS Technical Note 24, Observatoire de Paris.

Campbell, J., (1979). Die Radiointerferometrie auf langen Basen als geodatisches Messprinzip hoher Genauigkeit, DGK Reihe C, Heft 254, Verlag des Instituts für Angewandte Geodäsie, Frankfurt am Main.

Chao, C.C., (1974). The Troposphere Calibration Model for Mariner Mars 1971, JPL Tech. Rep., s. 32-1587, Jet Propul. Lab., Pasadena Calif.

Cohen, M.H. ve Shaffer, D.B., (1971). Positions of radio sources from long baseline Interferometry, *Astron. Journ.,* 76, s. 91-101.

Davis, J.L., Herring, T.A., Shapiro, I.I., Rogers, A.E.E. ve Elgered, G., (1985), Geodesy by Radio Interferometry: Effects of Atmospheric Modeling Errors on Estimates of Baseline Length, *Radio Sci.,* 20(6), s. 1593-1607.

Fey, A.L., Ma, C., Arias, E.F., Charlot, P., Feissel-Vernier, M., Gontier, A-M., Jacobs, C.S., Li, J. ve MacMillan, D.S., (2004) The second extension of the international celestial reference frame: ICRF-Ext.1. Astron J 127:3587.

Haas, R. ve Schuh, H., (1996). Determination of frequency dependent Love and Shida numbers from VLBI data. *Geophys. Res. Lett*., Vol. 23 No. 12/1996. pp. 1509-1512.

Koch, K.R. ve Papo H.B., (2003). The Bayesian approach in two-step modelling of deformations, *AVN*, 8, 365-370.

Ma, C., Arias, E.F. ve Eubanks, T.M., Fey A.L., Gontier A-M., Jacobs C.S., Sover O. J., Archinal, B. A., Charlot, P., (1998). The international celestial reference frame as realised by very long baseline interferometry. *Astron J.,* 116-516.

Marini, J.W., (1972), Correction of Satellite Tracking Data for an Arbitrary Tropospheric Profile, *Radio Sci.,* 7(2), s. 223-231.

Mathews, P. M., Buffet, B. A. ve Shapiro, I. I. (1995). Love numbers for a rotating spheroidal Earth: New definitions and numerical values. *Geophys. Res. Lett*., 22. pp. 579-582. 1995.

McCarthy, D.D., ve Petit, G., (2004). IERS Conventions 2003, IERS Technical Note 32, Observatoire de Paris.

Niell, A.E., (1996). Global mapping functions for the atmosphere delay at radio wavelengths, *J.Geophys. Res.,* 101, B2, s. 3227-3246.

Nothnagel, A., (2005). VTRF 2005 - A combined VLBI terrestrial reference frame, In: M. Vennebusch and A. Nothnagel (Eds.): *Proceedings of the 17th Working Meeting on European VLBI for Geodesy and Astrometry*, Noto, Italy, 22-23 April 2005, 118-124.

Nothnagel, A., (1991). Radiointerferometrische Beobachtungen zur Bestimmung der Polbewegung unter Benutzug langer Nord-Süd-Basislinien, *DGK Reihe C*, Heft 368, Verlag des Instituts für Angewandte Geodäsie, Frankfurt am Main.

Petrov, L. ve Boy, J. P., (2004). Study of the atmospheric pressure loading signal in VLBI observations. *J. Geophys. Res.,* Vol. 109, No. B03405. 2004.

Ray, J. ve Altamimi, Z., (2005). Evaluation of co-location ties relating the VLBI and GPS reference frames, *Journal of Geodesy*,Vol. 79, No.4-5, 189-195.

Ray, R., (1999). A global ocean tide model from TOPEX/Poseidon altimetry/GOT99.2 – NASA/TM-1999-209478. pp. 58. Goddard Flight Center/NASA, Greenbelt, MD. 1999.

Rothacher, M., (2002a). Combination of space-geodetic techniques, *IVS 2002 General Meeting Proceedings*, 33-43.

Rothacher, M., (2002b). Towards a rigorous combination of space geodetic techniques, *Proceedings of the IERS Workshop on Combination Research and Global Geophysical Fluids Bavarian Academy of Sciences*, Munich, Germany, 18 - 21 November 2002, IERS Technical Note 30.

Saastamoinen, J., (1973). Contributions to the theory of atmospheric refraction, part II, *Bull. Geod*., 107, s. 13-34.

Scherneck, H. G., (1991). A parametrized solid earth tide model and ocean tide loading effects for global geodetic baseline measurements. *Geophys. J. Int*., 106. pp. 677-694. 1991.

Schuh, H., Böhm, J., Englich, S., Heinkelmann, R., Mendes Cerveira, P.J., Pany, A., Tanir, E., Teke, K., Todorova, S., Wresnik, J., (2008). "Vienna IGG Special Analysis Center Annual Report 2007", IVS 2007 Annual Report, D. Behrend and K.D. Baver (eds.), NASA/TP-2008-214162, p. 208-211.

Schuh, H., Böhm, J., Englich, S., Heinkelmann, R., Mendes Cerveira, P.J., Pany, A., Plank, L., Spicakova, H., Teke, K. ve Wresnik, J., (2009). Vienna IGG Special Analysis Center Annual Report 2008, IVS 2008 Annual Report, D. Behrend and K.D. Baver (eds.), NASA/TP.

Schuh, H., (1987). Die Radiointerferometrie auf langen Basen zur Bestimmung von Punktverschiebungen und Erdrotationsparametern, *DGK Reihe C*, Heft 328, Verlag der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, München.

Sovers, O.J., Fanselow J.L. ve Jacobs, C.S., (1998). Astrometry and geodesy with radio interferometry: experiments, models, results. *Reviews of Modern Physics*, 70, No. 4.

Spicakova, H., Boehm, J., Mendes Cerveria, P. J. ve Schuh, H., (2009). Determination of degree-2 Love and Shida numbers from VLBI. Accepted for publication in *Bulletin d'Information des Marees Terrestres*. 2009.

Takahashi, Y., (1994). Estimation of Errors in VLBI data and Position Determination Error. *Journal of Geodetic Society of Japan*, 40, No. 4, s. 309-331, Tokyo.

Titov, O., Tesmer, V. ve Boehm J., (2004). OCCAM v. 6.0 software for VLBI data analysis. *In International VLBI Service for Geodesy and Astrometry 2004 General Meeting Proceedings*, edited by Nancy R. Vandenberg and Karen D. Baver, NASA/CP-2004-212255.

Tesmer, V., (2004). Das stochastische Modell bei der VLBI-Auswertung, *DGK Reihe C*, Heft 573, Verlag der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, Mücnchen.

Tanır, E., (2008). A Study About Optimal Intra-Technique Combination of VLBI Analysis Center Solutions, *Doktora Tezi*, Technischen Universität Wien, Institut für Geodäsie und Geophysik, Vienna, Austria.

Tanir, E., Heinkelmann, R. ve Schuh, H., Kusche, J. ve J.P. van Loon (2009). Assessment of the Results of VLBI Intra-Technique Combination Using Regularization Methods, *International Association of Geodesy Symposia Series*, Geodetic Reference Frames, IAG Symposium Munich, Germany, 9-14 October 2006, Vol. 134, Drewes, Hermann (Ed.), 2009, XI, 324 p. 229 illus., Hardcover, ISBN: 978-3-642-00859-7

URL 3. ITRF 2005 Combination Strategy,
http://itrf.ensg.ign.fr/ITRF_solutions/2005/computation_strategy.php, 9 Eylül 2009.

HASSAS KONUM BELİRLEME (PRECISE POINT POSITIONING - PPP) YÖNTEMİNİN PERFORMANS ANALİZİ ve ÖLÇME AMAÇLI UYGULAMALARDA KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

R. M. ALKAN

İTÜ İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, İstanbul, alkan@itu.edu.tr

Özet

Günümüzde Hassas Konum Belirleme - Precise Point Positioning (PPP) adı verilen yöntem ile International GNSS Service (IGS) veya benzeri bir çok kuruluş tarafından sağlanan hassas GPS yörünge ve uydu saat düzeltmeleri kullanılarak ve diğer bir çok hata kaynağı da dikkate alınarak herhangi bir referans alıcısından toplanan verilere gereksinim duymaksınız tek bir alıcı ile toplanan verilerin değerlendirilmesiyle cm-dm mertebelerinde konum doğrulukları elde edilebilmektedir. Bu çalışmada PPP yönteminin statik GPS uygulamalarındaki performansı ve ölçme uygulamalarındaki kullanılabilirliği incelenmiştir. Bunun için Avrupa kıtasında yer alan 7 IGS istasyonunda toplanan 24 Mayıs 2002 gününe ait 24 saatlik GPS veri setleri (ve farklı sürelere bölünmüş alt grupları) Bernese 5.0 GPS değerlendirme yazılımı ile değerlendirilmiştir. Çift frekanslı alıcılarla toplanan verilerin PPP yöntemi ile değerlendirilmesi sonucunda noktaların koordinatları -ölçme süresine bağlı olarak- cm-dm seviyesinde doğruluklarla belirlenebilmiştir. Elde edilen bu sonuçlar, yöntemin CBS uygulamaları ve diğer bir çok ölçme uygulamasında gereksinim duyulan doğrulukları karşılayabilecek düzeyde olduğunu göstermektedir.

Anahtar kelimeler : *GPS, Hassas Konum Belirleme - Precise Point Positioning (PPP), IGS.*

PERFORMANCE ANALYSIS OF PRECISE POINT POSITIONING and INVESTIGATE THE USABILITY OF THIS METHOD IN SURVEYING APPLICATIONS

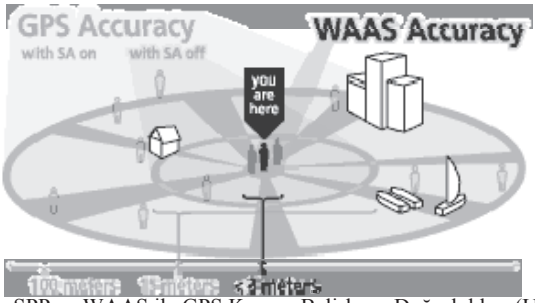
Abstract

In recent years, it is possible to improve the positional accuracy of the single point positioning technique by using precise satellite ephemeris and clock data from International GNSS Service (IGS) and many other organizations with the necessity of no base station data. This technique is known as the Precise Point Positioning (PPP). The aim of this paper is to evaluate the PPP technique with respect to performance and accuracy and investigate the usability of this method in surveying applications. In order to evaluate the accuracy of the method in static mode, data collected at the 7 IGS stations placed in different part of the European cities on May 24, 2002 were processed by using a scientific GPS software package, i.e. Bernese GPS Software v. 5.0. The study shows that cm-dm level point positioning accuracy can be obtained by the PPP technique by using dual frequency GPS data and these results meet the required accuracy for a number of surveying and GIS tasks while reducing the field cost dramatically.

Keywords: *GPS, Precise Point Positioning (PPP), IGS.*

1. Giriş

Günümüzde uydu bazlı konum belirleme yöntemleri çok farklı amaçları yerine getirmek üzere askeri ve sivil kullanıcılar tarafından yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunlardan Amerika Birleşik Devletleri tarafından geliştirilen NAVSTAR-GPS (NAVigation Satellite Timing And Ranging-Global Positioning System) ya da yaygın olarak kullanılan ve bilinen biçimiyle GPS ile herhangi bir yer ve zamanda, hemen her türlü hava koşulunda, ekonomik bir şekilde, uygulanan yönteme ve kullanılan donanıma bağlı olarak metreler mertebesinden, santimetre-milimetreye kadar değişen doğruluklarla konum (hız ve zaman ile birlikte) belirlemek mümkündür. Ancak talep edilen konum doğruluğu arttıkça seçilecek donanım ile uygulanacak yöntem farklılaşmakta ve buna bağlı olarak da çalışmaların süresi ve maliyeti de değişmektedir. Örneğin, 1 Mayıs 2000 tarihinde Selective Availability (Seçimli Doğruluk Erişimi) adı verilen ve kasıtlı olarak konum belirleme doğruluklarının azaltılması için uygulanan bozucu etkinin kaldırılmasıyla, tek bir GPS alıcısı ile Standart Konum Belirleme Hizmeti'nden (SPP) yararlanarak mutlak olarak 10 metre, hatta bir çok durumda çok daha iyi konum doğruluk değeri elde edilebilmektedir (Alkan, 2002). Bunun için günümüzde neredeyse bir kaç yüz Amerikan Dolarına satın alınabilecek bir el GPS alıcısı yeterli olmaktadır. Bu doğruluk değeri, Wide Area Augmentation System (WAAS), European Geostationary Navigation Overlay System (EGNOS) ve Multi-Functional Satellite Augmentation System (MSAS) adı verilen ve Satellite Based Augmentation System (SBAS) olarak adlandırılan sistemlerin kullanılmasıyla arttırılabilmektedir. Örneğin bu sistemlerden WAAS ile 3 metre ve daha iyi bir doğrulukla (95%) konum belirlemek mümkün olabilmektedir (Şekil 1).



Şekil 1. SPP ve WAAS ile GPS Konum Belirleme Doğrulukları (URL 1)

Bununla birlikte, dm-cm ve daha iyi mertebelerde doğruluk gerektiren çalışmalar için hala rölatif konum belirleme yöntemlerine ve faz ölçülerine gereksinim duyulmaktadır. Ancak bu tür gereksinimler, birim fiyatları ortalama 5,000 USD civarında olan tek frekanslı GPS alıcıları ile, fiyatları 15,000-20,000 USD arasında değişen çift frekanslı jeodezik alıcıların kullanılmasını gerektirmektedir.

Diğer yandan son yıllarda uydu jeodezisindeki gelişmelere bağlı olarak oldukça hassas yörünge ve saat verileri elde edilmeye başlanmış ve buna bağlı olarak da konum belirlemede yeni yaklaşımlar ve değerlendirme yöntemleri ortaya çıkmıştır. Bunlardan birisi olan Hassas Konum Belirleme - Precise Point Positioning (PPP) olarak adlandırılan yöntem ile tek bir alıcı tarafından toplanan verilerin International GNSS Service (IGS) veya benzeri bir çok kuruluş tarafından sağlanan hassas GPS yörünge ve saat bilgileri kullanılıp, diğer başka bir çok hata kaynağının modellenip değerlendirilmesiyle cm-dm mertebelerinde konum doğrulukları elde edilebilmektedir. Söz konusu yöntemde herhangi bir referans alıcısından toplanan verilere gereksinim duyulmaksızın sadece tek bir alıcı ile toplanan verilerden yararlanarak konum belirlenebilmektedir. Bu çalışmada PPP yöntemi ile statik GPS uygulamalarında ulaşılabilecek doğruluklar analiz edilmiş, yöntemin performansı ve potansiyel uygulama alanları tartışılmıştır.

2. Hassas Konum Belirleme (Precise Point Positioning - PPP) Yöntemi

Günümüzde International GNSS Service (IGS) ve benzeri kuruluşlar tarafından bir çok presizyonlu hassas veriler üretilmekte ve kullanıcılara sunulmaktadır. Bunlardan özellikle IGS oldukça geniş kapsamlı bilimsel ve mühendislik uygulama ve çalışmalarında gereken doğrulukları karşılayacak seviyede GPS ve GLONASS verilerini toplamakta, arşivlemekte ve dağıtmaktadır (URL 2). Bunların başlıcaları;

- GPS Uydu Yörünge Bilgileri (Satellite Ephemerides)/ Uydu &İstasyon Saat Bilgileri (Satellite & Station Clocks),
- GLONASS Uydu Yörüngeleri
- IGS İzleme İstasyonlarının Jeosentrik Koordinatları (>250 istasyon)
- Yer Dönme Parametreleri [Earth Rotation Parameters: Polar Motion (PM), Polar Motion Rates (PM rate), Length-of-day (LOD)]
- Atmosferik Parametreler.

GPS yörünge ve uydu/istasyon saatlerinin doğrulukları, elde edilme süresi, yenileme oranları, veri aralığı ile arşivleyen kurumların bir listesi Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. IGS GPS Yörünge ve Saat Ürünleri

GPS Uydu Yörüngeleri/ Uydu &İstasyon Saatleri		**Doğruluk**	**Elde Edilme Süresi**	**Yenileme**	**Veri Aralığı**	**Arşivlenme Yeri**
Yayın Efemerisi (Broadcast)	Yörüngeler	~100 cm	anlık (real-time)	-	günlük	CDDIS SOPAC IGN
	Uydu Saatleri	~5 ns RMS ~2.5 ns SDev				
Ultra-Rapid (Ultra-Hızlı) (kestirilen kısım)	Yörüngeler	~5 cm	anlık (real-time)	Saat 03, 09, 15 ve 21'de (UTC saatiyle)	15 dakika	CDDIS IGS CB SOPAC IGN KASI
	Uydu Saatleri	~3 ns RMS ~1.5 ns SDev				
Ultra-Rapid (Ultra-Hızlı) (gözlenilen kısım)	Yörüngeler	~3 cm	3-9 saat içinde	Saat 03, 09, 15 ve 21'de (UTC saatiyle)	15 dakika	CDDIS IGS CB SOPAC IGN KASI
	Uydu Saatleri	~150 ps RMS ~50 ps SDev				
Rapid (Hızlı)	Yörüngeler	~2.5 cm	17-41 saat içinde	Günlük (UTC 17'de)	15 dakika	CDDIS IGS CB SOPAC IGN KASI
	Uydu ve İstasyon saatleri	~75 ps RMS ~25 ps SDev			5 dakika	
Final (Sonuç)	Yörüngeler	~2.5 cm	~12-18 gün içinde	her perşembe	15 dakika	CDDIS IGS CB SOPAC IGN KASI
	Uydu ve İstasyon saatleri	~75 ps RMS ~20 ps SDev			Uydu.:30 sn İst.:5 dak.	

Son yıllarda *IGS* ve *Jet Propulsion Laboratory (JPL)*, *Center for Orbit Determination in Europe (CODE)* gibi kuruluşlar tarafından üretilen başta hassas uydu yörünge ve saat bilgileri kullanılarak konum belirlemede farklı yaklaşımlar ve uygulamalar geliştirilmiştir. Bunlardan Hassas Konum Belirleme - Precise Point Positioning (PPP) olarak adlandırılan yöntem ile fark alınmaksızın (un-differences) iono-serbest (iono-free) pseudorange ve taşıyıcı faz gözlemleri kullanılarak statik modda

çift frekanslı alıcı ile toplanan verilerin değerlendirilmesiyle–ölçme süresine bağlı olarak- cm'ler mertebesinde konum belirlemek olanaklıdır. Örneğin JPL tarafından sağlanan gerçek zamanlı presizyonlu yörünge ve saat düzeltmeleri kullanarak, statik modda toplanan verilerin değerlendirilmesi sonucunda 20′ dan sonra koordinat bileşenlerinin cm-seviyesindeki doğruluklara yakınsayabilmiştir. Benzer şekilde hareketli bir alıcı ile toplanan verilerin değerlendirilmesi sonucunda ise dm'ler mertebesinde konum doğruluklarına ulaşılabilmektedir (Zumberge et al. 1997; Kouba and Héroux, 2001; Kouba, 2003; Satirapod and Kriengkraiwasin**,** 2006**;** Choy et al. 2007; Alkan, 2008; Hofmann-Wellenhof et al. 2008). Çift frekanslı iono-free GPS pseudorange (P) ve taşıyıcı faz (Φ) gözlemleri aşağıda verilmiştir:

$$P(L) = \rho + c(dt - dT) + T_r + \varepsilon_p \quad (1)$$

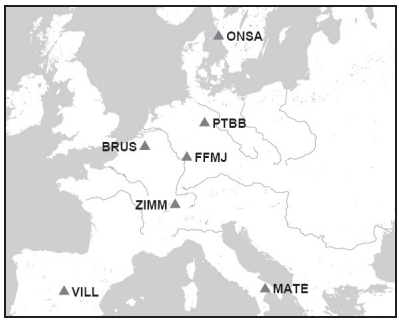
$$\Phi(L) = \rho + c(dt - dT) + T_r + N\lambda + \varepsilon_\Phi \quad (2)$$

bağıntıda, $P(L)$ ve $\Phi(L)$, sırasıyla pseudorange ve taşıyıcı fazların iono-free kombinasyonları, ρ geometrik uzunluk, dt ve dT saat ofsetleri, c boşluktaki ışık hızı, T_r neutral-atmosferden kaynaklanan gecikme, (özellikle troposfer), λ taşıyıcı dalgaboyu, ε_P ve ε_Φ noise olarak verilmektedir (Kouba and Héroux, 2001).

Yöntem ile yukarıda ifade edilen doğrulukların elde edilebilmesi için alıcı saat hatası, troposferik gecikme, uydu anten ofsetleri, taşıyıcı faz wind-up etkisi, gel-git etkileri gibi bir çok diğer etkinin de dikkate alınması gerekmektedir (El-Rabbany, 2006). Konu ile ilgili daha detaylı bilgiler Héroux et al. (2001), Kouba and Héroux (2001) ve Tétreault et al. (2005)'de verilmiştir.

3. Uygulama

PPP yönteminin statik uygulamalardaki performansını araştırmak üzere Avrupa kıtasında yer alan IGS ağındaki 7 istasyonda 24 Mayıs 2002 tarihinde toplanan 1 günlük veri setleri kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan IGS istasyonları Şekil 2'de verilmiştir.



İstasyon İsmi	Bulunduğu Şehir/Ülke
BRUS 13101M004	Brüksel, Belçika
FFMJ 14279M001	Frankfurt (Main), Almanya
MATE 12734M008	Matera, Italya
ONSA 10402M004	Onsala, İsveç
PTBB 14234M001	Braunschweig, Almanya
VILL 13406M001	Villafranca, İspanya
ZIMM 14001M004	Zimmerwald, İsviçre

Şekil 2. Uygulamada Kullanılan IGS Noktaları ve Yerleri (Dach et al. 2007a)

Her bir istasyon noktasının koordinatları Bernese 5.0 yazılımı kullanılarak PPP yöntemi ile belirlenmiştir. Bernese yazılımı İsviçre'de yer alan University of Bern tarafından geliştirilen, çok farklı yaklaşımlarla değerlendirme yapabilmeye elverişli, yaygın kullanımlı bilimsel bir GNSS veri değerlendirme yazılımıdır. Yazılım günümüzde bir çok farklı amacı gerçekleştirmek üzere dünyanın çok farklı yerlerindeki 500'den fazla kurum/kuruluş ve üniversiteler tarafından kullanılmaktadır. Verilerin PPP tekniği ile değerlendirilmesinde yazılımda bir çok veri dosyası kullanılmıştır. Bunlardan başlıcaları;

- RINEX Gözlem Dosyaları
- İyonosfer Dosyası (COD$WD.ION)
- IGS Hassas Yörünge Dosyaları (IGS$WD.PRE)
- IGS Yer Dönme Parametreler (IGS$W+07.IEP)
- DCB Code Bias Dosyaları (P1CIyymm.DCB ve P1P2yymm.DCB)
- IGS Saat Dosyası (IGS$WD+0.CLK)
- İstasyon Bilgileri (IGS İstasyon Koordinat ve Hızları)

şeklinde sıralanabilir. Değerlendirmede uydu saat düzeltmeleri bilinen olarak alınmakta olup, yörünge bilgileri ve yer dönme parametreleri ile birlikte programa girilmektedir. Bu durumda yazılım tarafından kestirilen parametreler istasyon saat düzeltmeleri, koordinatlar ve troposfer olmaktadır. PPP yöntemi, istasyon noktalarının koordinatlarını oldukça hızlı ve etkin bir şekilde belirlemeye elverişli bir yöntem olmakla birlikte, rölatif bir konum belirleme esasına dayanmaması nedeniyle elde edilen doğruluklar çok yüksek seviyede olamamaktadır. Bernese yazılımı 37 script'ten oluşan Process Control Files (PCF) yardımıyla istasyon noktalarının PPP yöntemi ile koordinatlarını kestirmektedir (Dach et al. 2007b). Konu ile ilgili detaylı bilgiler Dach et al. (2007b)'de yer almaktadır.

Yöntemden elde edilen nokta koordinatlarının doğruluğunun ölçü süresi ile olan ilişkisini belirleyebilmek amacıyla 24 saat süreye sahip veri dosyası, veri başlangıcını oluşturan gece yarısından itibaren;

1 saatlik *(Başl. : 00:00 – Bitiş: 01:00)*,
2 saatlik *(Başl. : 00:00 – Bitiş: 02:00)*,
3 saatlik *(Başl. : 00:00 – Bitiş: 03:00)*,
4 saatlik *(Başl. : 00:00 – Bitiş: 04:00)*,
5 saatlik *(Başl. : 00:00 – Bitiş: 05:00)*,
6 saatlik *(Başl. : 00:00 – Bitiş: 06:00)*,
12 saatlik *(Başl. : 00:00 – Bitiş: 12:00)*,
18 saatlik *(Başl. : 00:00 – Bitiş: 18:00)*,
24 saatlik *(Başl. : 00:00 – Bitiş: 24:00)*

olmak üzere farklı sürelere sahip 9 alt gruba ayrılmış ve her biri yukarıda kısaca anlatılan şekilde ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

Değerlendirme işleminin sonucunda istasyonların PPP yöntemi ile kestirilen koordinatları, bilinen koordinatlarıyla tüm bileşenleri için ayrı ayrı karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Bernese PPP Sonuçlarının Bilinen Koordinatlarla Karşılaştırılması ile Elde Edilen Farklar

Ölçü Süresi (sa)	Δn (m)	Δe (m)	Konum (m)	Δh (m)	Ölçü Süresi (sa)	Δn (m)	Δe (m)	Konum (m)	Δh (m)
İSTASYON : BRUS (Brüksel, Belçika)					**İSTASYON :** FFMJ (Frankfurt, Almanya)				
1	-0.03	0.08	0.08	0.16	1	-0.05	0.06	0.08	0.20
2	-0.03	0.03	0.04	0.04	2	-0.03	0.03	0.05	0.08
3	-0.03	0.00	0.03	0.02	3	-0.04	-0.02	0.04	0.05
4	-0.02	-0.01	0.02	0.02	4	-0.02	-0.02	0.03	0.02
5	-0.01	-0.02	0.02	0.01	5	-0.01	-0.01	0.02	0.02
6	-0.01	-0.02	0.02	0.01	6	0.00	-0.01	0.01	0.01
12	0.00	-0.02	0.02	-0.01	12	0.01	-0.02	0.02	-0.03
18	0.00	-0.02	0.02	-0.01	18	0.01	-0.02	0.02	-0.02
24	0.00	-0.01	0.01	0.00	24	0.01	-0.01	0.01	-0.01
İSTASYON : MATE (Matera, İtalya)					**İSTASYON :** ONSA (Onsala, İsveç)				
1	0.08	0.16	0.18	0.07	1	0.03	0.16	0.16	0.12
2	0.03	0.04	0.05	0.11	2	0.03	0.05	0.06	0.01
3	0.04	0.05	0.06	0.02	3	0.02	0.03	0.03	0.02
4	0.03	0.04	0.05	0.02	4	0.02	0.02	0.03	0.02
5	0.04	0.03	0.05	0.03	5	0.03	0.01	0.03	0.02
6	0.05	0.03	0.06	0.02	6	0.03	0.02	0.04	0.02
12	0.05	0.05	0.07	0.01	12	0.04	0.02	0.04	0.00
18	0.05	0.05	0.07	0.01	18	0.03	0.02	0.04	0.01
24	0.05	0.05	0.07	0.01	24	0.04	0.03	0.05	0.01
İSTASYON : PTBB (Braunschweig,Almanya)					**İSTASYON :** VILL (Villafranca, İspanya)				
1	0.08	0.21	0.22	-0.07	1	0.03	-0.14	0.14	0.19
2	-0.03	0.00	0.03	0.03	2	0.02	-0.12	0.12	0.18
3	-0.03	-0.01	0.03	0.01	3	0.01	-0.08	0.08	0.11
4	-0.02	-0.02	0.02	-0.01	4	0.02	-0.06	0.06	0.04
5	-0.01	-0.02	0.02	-0.01	5	0.04	-0.03	0.05	0.00
6	0.00	-0.02	0.02	-0.01	6	0.04	-0.03	0.05	0.00
12	0.01	-0.01	0.02	-0.04	12	0.04	-0.04	0.06	0.02
18	0.01	-0.02	0.02	-0.04	18	0.04	-0.03	0.05	0.01
24	0.01	-0.01	0.01	-0.03	24	0.04	-0.04	0.05	0.01
İSTASYON : ZIMM (Zimmerwald, İsviçre)									
1	0.00	0.12	0.12	0.13					
2	-0.06	0.03	0.06	0.12					
3	-0.04	0.00	0.04	0.06					
4	-0.03	-0.01	0.03	0.03					
5	-0.01	-0.01	0.02	0.02					
6	-0.01	-0.01	0.01	0.01					
12	0.00	-0.01	0.01	-0.01					
18	0.00	-0.01	0.01	-0.01					
24	0.00	0.00	0.00	-0.01					

Tablo 2'den de görülebileceği gibi PPP yöntemi ile belirlenen nokta koordinatlarının konum bileşenleri tüm istasyonlarda (1 saatlik ölçü süresi haricindeki diğer tüm alt gruplarda) bir kaç cm ile dm arasında değişen doğruluklarda kestirilmiştir. 1 saatlik ölçme süresine sahip alt grupların değerlendirilmesi sonucunda ise dm'ler seviyesinde doğruluklara ulaşılabilinmiştir. Tüm sonuçlar

incelendiğinde ise bir kaç cm mertebesinde konum doğruluğu için *VILL istasyonu haricinde* 2 saatlik ölçme süresinin yeterli olduğu görülmüştür. 3 saatlik tüm veri setlerinin değerlendirilmesi sonucunda ise elde edilen koordinatlar bilinen değerlere 3 ila 8 cm arasında değişen doğruluklarla yakınsarken, 5 saatlik verilerin kullanılması durumunda 5 cm'den daha iyi doğruluklarla yakınsamıştır. Yükseklik bileşeni açısından tüm sonuçlar incelendiğinde ise, bir kaç cm mertebesinde doğruluk için *VILL istasyonu haricinde* 2 saatlik ölçme süresinin yeterli olduğu görülmüştür.

4. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada Precise Point Positioining (PPP) olarak adlandırılan yöntem kısaca anlatılmış ve yöntemin statik GPS uygulamalarındaki performansı incelenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda Avrupa kıtasında yer alan 7 IGS noktasına ait 24 saatlik GPS verilerinin ve bunların farklı sürelere bölünmesiyle elde edilen alt veri setlerinin Bernese yazılımı kullanılarak PPP yöntemi ile değerlendirilmesi sonucunda, bir kaç saatlik verilerle cm-dm seviyelerinde konum ve yükseklik doğruluklarına yakınsanabildiği görülmüştür. Elde edilen bu doğruluk değerleri yöntemin başta CBS uygulamaları olmak üzere diğer bir çok ölçme uygulamasında gereksinim duyulan doğrulukları da karşılayabilecek düzeyde olduğunu göstermiştir.

PPP yönteminin uygulama kolaylığı, maliyetinin göreceli olarak düşük olması, sağladığı doğruluğu ve bir başka istasyonda toplanan verilere gereksinim duyulmadan sadece tek bir alıcı ile toplanan verilerden konum belirleme olanağına sahip olması nedeniyle ölçme uygulamalarında yerini almaya başlamış olup, klasik diferansiyel konum belirleme yöntemine de ciddi bir alternatif haline gelmiştir.

Kaynaklar

Alkan, R. M. (2002). Stand-Alone Real-Time GPS Positioning without SA, *Sea Technology*, **43**(3), 16-19.

Alkan, R.M. (2008). Precise Point Positioning Performance of Low-cost OEM and Geodetic Receivers Using Online Processing Service, In *Proc. of International Symposium on GPS/GNSS*, 1144-1154, Odaiba, Tokyo, Japan, November 11-14 (reviewed paper).

Choy S.L., Zhang K., Silcock D. and Wu F. (2007). Precise Point Positioning - A Case Study in Australia. In *Proc. of Spatial Sciences Institute International Conference (SSC2007)*, pp. 192-202, Hobart, Tasmania, Australia.

Dach, R., Hugentobler, U. and Fridez, P. (2007a). *Bernese GPS Software Version 5.0 Tutorial*, p.102, Astronomical Institute, University of Bern.

Dach, R., Hugentobler, U., Fridez, P. and Meindl, M. (editors) (2007b). *Bernese GPS Software Version 5.0*, p.612, Astronomical Institute, University of Bern.

El-Rabbany, A. (2006). *Introduction to GPS, The Global Positioning System,* Artech House, Second Edition, p.210.

Héroux, P., Kouba, J., Collins, P. and Lahaye, F. (2001). GPS Carrier-phase Point Positioning with Precise Orbit Products, In *Proc. of the International Symposium on Kinematic Systems in Geodesy, Geomatics and Navigation*, pp. 518-528, Banff, Canada.

Hofmann-Wellenhof, B., Lichtenegger, H. and Wasle, E. (2008). *GNSS-Global Navigation Satellite Systems, GPS, GLONASS, Galileo&more,* SpringerWienNewYork, p.516.

Kouba, J. (2003). A Guide to Using International GPS Service (IGS) Products, IGS Central Bureau, (on-line publication at URL :http://igscb.jpl.nasa.gov/igscb/resource/pubs/GuidetoUsingIGSProducts.pdf).

Kouba, J. and Héroux, P. (2001). Precise Point Positioning Using IGS Orbit and Clock Products, *GPS Solutions*, **5**(2), pp. 12-28.

Satirapod C. and Kriengkraiwasin S. (2006). Performance of Single-frequency GPS Precise Point Positioning, In *Proc. of MapAsia2006 Conference*, Bangkok, Thailand, 29 August-1 September, Paper 19.

Tétreault, P., Kouba, J., Héroux, P., Legree, P. (2005). CSRS-PPP: An Internet Service for GPS User Access to the Canadian Spatial Reference Frame, *Geomatica*, **59**(1), pp. 17-28.

Zumberge, J.F., Heflin, M. B., Jefferson, D. C., Watkins, M. M., and Webb, F. H. (1997). Precise Point Positioning for the Efficient and Robust Analysis of GPS Data from Large Networks, *Journal of Geophysical Research*, **102**(B3), pp. 5005-5017.

URL1, What is WAAS?
http://www.garmin.com, August 10, 2009.

URL 2, IGS Products.
http://igscb.jpl.nasa.gov/components/prods.html, August 10, 2009.

GPS/INS ENTEGRASYONU İLE OLUŞTURULAN NAVİGASYON GÜZERGAHINDA KALMAN FİLTRELEME YÖNTEMİYLE KONUMSAL HATA KESTİRİMİ

Ali Erdem ÖZÇELİK[1], Erkan BEŞDOK[2]

[1] *Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Harita Mühendisliği Bölümü, Jeodezi Anabilim Dalı, KAYSERİ, aeozcelik@erciyes.edu.tr*

[2] *Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Harita Mühendisliği Bölümü, Fotogrametri Anabilim Dalı, KAYSERİ, ebesdok@erciyes.edu.tr*

Özet

Kapalı alan konum belirleme ve navigasyon uygulamalarında İnersiyal Navigasyon Sistemleri (INS) yaygın olarak kullanılmaktadır. INS hareketli nesnelere ait dönüklük ve ivme değerlerini elde etmektedir. Bu sistemler tek olarak konum belirleyebilmektedirler. Ancak zamana bağlı olarak konum bilgisinde hata birikimi giderek artış göstermektedir. Konum hatasının azaltılması amacıyla GPS ve INS entegrasyonu gerçekleştirilir. Entegrasyon için Kalman Filtreleme kestirim algoritması kullanılmıştır. Kalman Filtreleme yöntemi gerçek zamanlı durum kestirimlerinde en uygun sonucu verebilmektedir. Kalman Filtreleme yöntemi bir önceki durum verilerini kullanarak bir sonraki durum kestirimlerini gerçekleştirmektedir. Hata kestirimlerinde de minimum sonuçlar sağlamaktadır. Bu çalışmada simülasyon tabanlı GPS/INS navigasyon güzergahı tasarlanmıştır. Araca ait durum kestirimleri Kalman Filtrelemeyle yapılarak hata kestirimleri incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Hata analizi, Kalman Filtresi, Navigasyon, Ölçme, Mühendislik Ölçmeleri*

POSITIONING ERROR ESTIMATION WITH KALMAN FILTERING METHODS ON GPS/INS NAVIGATION PATH

Abstract

The Inertial Navigation Systems (INS) are commonly used for indoor positioning and navigation applications. INS provides the roll, pitch, yaw angles called euler angles and acceleration of the moving bodies. This system can be used for positioning by itself. But this is the main reason of error accumulation on positioning data with respect to the time. GPS and INS are integrated to decrease the error accumulations on position data. Kalman Filtering estimation method is used for the GPS/INS integration. Kalman Filtering method provide the best result on the real time state estimations. It provides the posterior state estimation by using the prior state data. And also it provides the minimum values for the error estimations. The scope of this paper is the designing of a simulation based GPS/INS navigation path. The next the vehicle state estimation is done using Kalman Filtering and error estimations are analysed.

Keywords: *Error Analysis, Kalman Filtering, Navigation, Surveying, Engineering Surveying*

1. Giriş

Hava navigasyonunda önemli bir role sahip olan insansız hava araçları askeri amaçlı kullanımlarının yanında küçük ölçekli hava fotoğrafları, hedef izleme, tanıtım amaçlı reklamcılık, maden, tarım, arama-kurtarma, yangın alanlarını izleme-belirleme gibi sivil amaçlı birçok alanda da kullanılmaktadır. Küçük yapıda olmaları, uçuş manevra kabiliyetleri ve düşük maliyet gibi avantajlara

sahip olması insansız hava araçlarını akademik ve bilimsel çalışmalarda ilgi odağı haline getirmektedir. Mikro-elektromekanik algılayıcılar (MEMS) gelişimi düşük maliyetli inersiyal teknolojilerinde önemli ilerlemelere olanak tanımaktadır. Bu algılayıcılar özellikle inersiyal navigasyon sistemlerinde (INS) kullanılmaktadır[1,2,3].
GPS birçok araç navigasyon için kullanılmaktadır. Hava araçları navigasyon sisteminde GPS yanında inersiyal sistemlerde kullanılmaktadır. Özellikle otonom insansız hava araçlarının geliştirilmesinde çoklu algılayıcı sistemlerinin önemli bir rolü bulunmaktadır. Bu algılayıcılardan elde edilen verilerin entegrasyonunda Kalman filtreleme yöntemi kullanılmaktadır[4,5]. Bunun yanı sıra yüksek manevralı hava araçları hedef izleme ve navigasyon uygulamalarında durum kestirimlerinin yüksek doğrulukta gerçekleştirilmesi amaçlanmaktadır[6].
Uydu teknolojisiyle daha da gelişen konum belirleme ve navigasyon sistemleri hareketli nesnelerin gerçek zamanlı konumlarının belirlenmesi için son yıllarda başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Günümüzde navigasyon uygulama alanında GPS en çok kullanılan konum belirleme sistemidir. Kırsal alanlarda ve yerleşimin ve yapılaşmanın yoğun olduğu kentsel alanlarda gerek atmosferik şartlardan gerekse alıcı hatalarından dolayı meydana gelen sinyal kesikliği GPS kullanımında sorunlar oluşturmaktadır. Navigasyon ve konum belirleme uygulamalarında bu tür sorunların giderilmesi amacıyla Global Navigation Satellite System (GNSS) tabanlı konum belirleme sistemleri teknolojileri alanında GPS ile entegre edilebilecek donanımlar üzerinde çalışmalar yapılmaktadır[7,8].
Navigasyon ve konum belirleme sistemlerinin gerek hava araçları uygulamalarında gerekse kara araçları uygulamalarında kullanımlarının arttığı gözlemlenmektedir. Günümüzde kullanılan bir çok navigasyon sistemleri Kalman Filtreleme (KF) yöntemiyle bütünleştirilen GPS ve INS sistemleriyle birlikte çalışmaktadır. GPS konum bilgisini sağlayabilmesi için en az dört uyduya gereksinim duymaktadır. Ancak kapalı alanlarda konumlama ve navigasyon uygulamalarının yapılabilmesi amacıyla INS/GPS entegrasyonu gerçekleştirilmektedir[9].
İnersiyal navigasyon sistemleri hava araçlarının kontrolü için gerekli olan dönüklük, hız ve konum bilgilerini sağlamaktadır. İnersiyal ölçüm donanımlarından (IMU) elde edilen ivme ve açısal hız değerleri, hava aracının konum, hız ve dönüklüklerinin elde edilmesi için INS algoritmalarıyla entegre edilmektedir[10].
Hava araçlarının karmaşık ve manevralı hareketleri göz önüne alınarak yüksek doğrulukta hedef izleme uygulamaları üzerine çalışılmaktadır. Son zamanlarda dünya çapında insansız hava araçları uygulamaları ilgi duyulan araştırma konuları arasında ilk sıralarda yer almaktadır. Özellikle küçük ölçekli harita alımları insansız hava araçlarıyla düşük maliyetle gerçekleştirilebilmektedir. İnsansız hava araçları için düşük maliyetli inersiyal navigasyon sistemleri uygulamalarında Kalman filtreleme yöntemi kullanılmaktadır[1,2,6].
Kalman filtreleme yöntemi sistemin durum değişkenlerinin kestiriminde ve ölçüm hatalarının minimize edilmesinde yaygın olarak kullanılan bir kestirim yöntemidir. Havacılık ve uzay uygulamalarında, deniz navigasyonunda, radar hedef izlemede, kontrol sistemleri gibi alanlarda kullanılmaktadır. Kalman filtreleme kestirim ortalama karesel hatanın varyansını minimize ettiğinden dolayı sadece pratikte değil teorikte de iyi sonuçlar vermektedir[11]. Kalman filtreleme yönteminin performansı daha çok kullanılan modele bağlıdır. Model tahminle elde edilen dinamik model ile ölçüm modeli arasındaki uyumluluk için kullanılmaktadır[12].

2. Kalman Filtreleme

Kalman Filtreleme yönteminin matematik modeli zamana bağlı oluşturulan eşitlikler ve zamana göre yapılan ölçümlere bağlı olarak oluşturulan eşitlikler olmak üzere iki denklem gurubundan oluşturulmaktadır. Zamana dayalı eşitlikleri sistemin içindeki bulunduğu andaki durum kestirim değerinin elde edilmesini sağlamaktadır. Zamana bağlı ölçümlere dayalı eşitlikler sistemin içinde bulunduğu anda ölçüm yapılarak hesaplanan öncül durum kestirim değerlerinin dengelenmesini sağlamaktadır[8,13].
Kalman filtresinin matematik modeli, dinamik ve ölçme modelleri olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Sürekli Kalman filtresinde dinamik model, n.dereceden lineer diferansiyel denklemlerle tanımlanmaktadır[14];

$$\dot{x} = Fx + w = \frac{\partial^n x}{\partial t^n} \tag{2.1}$$

Bu diferansiyel eşitlik bir $\Delta t = t_k - t_{k-1}$ aralığı için tanımlandığında, kesikli Kalman Filtresi için dinamik model;

$$x_k = Ax_{k-1} + w_k \tag{2.2}$$

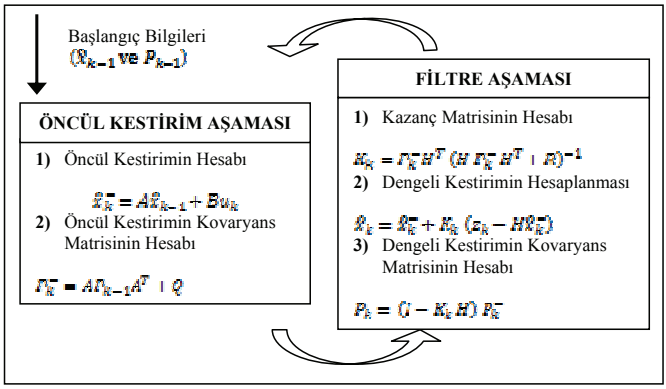
ve ölçme modeli de;

$$z_k = Hx_k + v_k \tag{2.3}$$

eşitlikleriyle tanımlanmaktadır[14]. Burada;

$\dot{x}$	Sürekli Kalman Filtresinde durum vektörünü
F	Sürekli Kalman Filtresinde diferansiyel denklemin katsayılar matrisini
x_k	Kesikli Kalman Filtresinde t_k anındaki durum vektörünü
x_{k-1}	Kesikli Kalman Filtresinde t_{k-1} anındaki durum vektörünü
A	Kesikli Kalman Filtresinde t_{k-1} anından t_k anına geçiş matrisini
w_k	Dinamik modele ait rastgele hata (gürültü) vektörünü
z_k	t_k anındaki ölçü vektörünü
H	Ölçme modeline ait dizayn matrisini
v_k	ölçülere ait rastgele hata (gürültü) vektörünü göstermektedir.

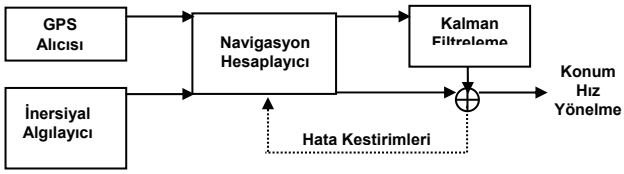
Kalman filtreleme yöntemine ait hesaplama adımları ve her adımdaki hesaplama eşitlikleri Şekil 2'de gösterilmektedir.



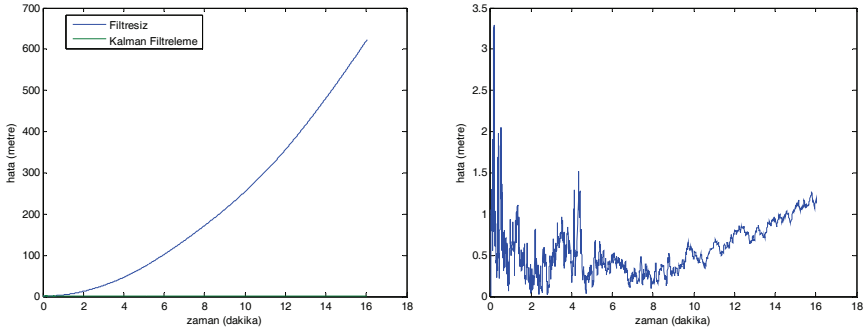
Şekil 2. Kalman Filtresinin Tekrarlı Yapısı[8,14].

2.1. Gevşek Bağlı Entegrasyon Yöntemi

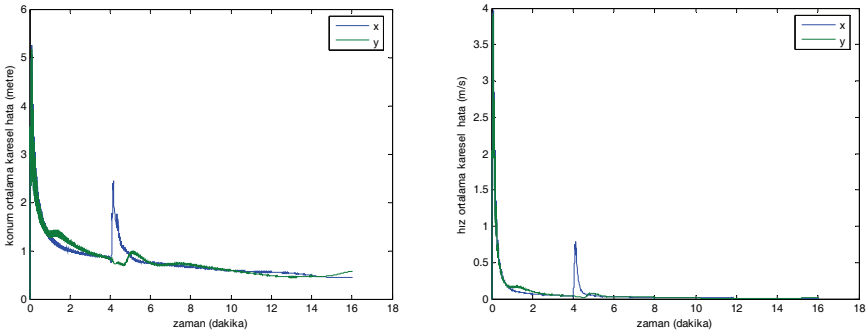
Bu yöntemde Kalman filtreleme yöntemi uygulanarak elde edilen hata kestirimleri navigasyon hesaplamalarının çıkış veri düzeltmelerinde kullanılmamaktadır. Bunun yerine, inersiyal algılayıcı hataları (başlıca bias-sapma hataları) ve konum, hız ve yönelim verileri navigasyon yapısında girdi verisi olarak kullanılmaktadır. Böylece kapalı-döngü entegre yapısı, kullanılan INS hata modelinde hata kestirimlerinin daha küçük boyutlarda oluşmasını sağlamaktadır[8,15]. Gevşek Bağlı entegrasyon yapısı Şekil 3'te gösterilmektedir.



Şekil 3. Gevşek Bağlı entegrasyon yöntemi yapısı [8,15].



Şekil 6. Kalman filtreleme yatay konumsal hatası.



(a) (b)

Şekil 7. Kalman filtreleme 'x' ve 'y' yönünde konum (a) ve hız (b) ortalama karesel hatası.

4. Sonuç

Bu çalışmada Satellite Navigation Toolbox 3.0, Inertial Navigation System Toolbox 3.0 ve Navigation System Integration and Kalman Filter Toolbox kullanılarak GPS ve INS verileri benzetimi yapılmıştır. Gevşek-Bağlı GPS/INS veri entegrasyonu uygulaması benzetim tabanlı olarak Kalman filtreleme yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Diğer bir tabirle açıklamak gerekirse, entegrasyon model yapısına 't' anına ait GPS konum bilgisinin yanında hız, ivme ve dönüklük açı değerleri giriş verisi olarak tanımlanabilmekte ve çıkış verisi olarak ta 't+1' anına ait GPS verileri kullanılabilmektedir. Giriş ve çıkış verilerinin tanımlanması kullanılan entegrasyon modelinin kullanım amacına göre gerçekleştirilmektedir. Kapalı alanlarda navigasyon amaçlı veri akışının sürekliliğini sağlamak amacıyla GPS sistemine entegre edilen INS donanımında ortaya çıkan donanımsal hataların neden olduğu konumsal hataların minimize edilmesinde Kalman filtreleme yönteminin önemi büyüktür. Yapılan uygulamada navigasyon tabanlı entegre sistemlerde Kalman filtreleme yöntemiyle iyi sonuçlar elde edilmiştir.

5. Kaynaklar

1. Cai G., Feng L., Chen B. M., Lee T. H., "Systematic design methodology and construction of UAV helicopters", Mechatronics 18 (2008) 545–558, 2008.
2. Bijker J., Steyn W., "Kalman filter configurations for a low-cost loosely integrated inertial navigation system on an airship", Control Engineering Practice 16 (2008) 1509– 1518, 2008.

3. Kim J.H., Sukkarieh S., and Wishart S., "Real-Time Navigation, Guidance, and Control of a UAV Using Low-Cost Sensors", Field and Service Robotics, STAR 24, pp. 299–309, 2006.
4. Ciniglio U., Corraro F., and Garbarino L., "Real-Time Simulation and Data Fusion of Navigation Sensors for Autonomous Aerial Vehicles", Advances and Innovations in Systems, Computing Sciences and Software Engineering, 127–136, 2007.
5. Sharaf R., and Noureldin A., "Sensor Integration for Satellite-Based Vehicular Navigation Using Neural Networks", IEEE Transactions on Neural Networks, 1045-9227, 2007.
6. Karsaz A., Khaloozadeh H., "An optimal two-stage algorithm for highly maneuvering targets tracking", Signal Processing 89 (2009) 532–547, 2009.
7. Chiang K.W., "INS/GPS Integration Using Neural Networks for Land Vehicular Navigation Applicatio", Ph.D. Thesis, University of Calgary, Alberta, Canada, 2004.
8. Özçelik A. E., "Kalman Filtreleme Yöntemi Kullanılarak GPS/INS Veri Entegrasyonu", Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2009.
9. Noureldin A., El-Shafie A., Reda Taha M., "Optimizing neuro-fuzzy modules for data fusion of vehicular navigation systems using temporal cross-validation", Engineering Applications of Artificial Intelligence 20 (2007) 49–61, 2007.
10. De La Parra S., Angel J., "Low cost navigation system for UAV's", Aerospace Science and Technology 9 (2005) 504–516.
11. Jwo D. J., Cho T. S., "A practical note on evaluating Kalman filter performance optimality and degradation", Applied Mathematics and Computation 193 (2007) 482–505, 2007.
12. Taylor G., Brunsdon C., Li J., Olden A., Steup D., Winter M., "GPS accuracy estimation using map matching techniques: Applied to vehicle positioning and odometer calibration", Computers, Environment and Urban Systems 30 (2006) 757–772, 2006.
13. Welch, G., Bishop, G., An Introduction to the Kalman Filter, University of North Carolina at Chapel Hill, ACM Inc. Publication, Los Angeles, 2001.
14. İnce, C.D., Dinamik Sistemlerin GPS ve Kalman Filtresi ile Anlık Olarak İzlenmesi, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 1999.
15. Kubrak, D., Hybridisation of a GPS Receiver with Low-Cost Sensors for Personal Positioning in Urban Environment, Ph.D. Thesis, Telecom Paris, 2007.
16. GPSoft LLC, Navigation System Integration and Kalman Filter Toolbox User's Guide, 2005.
17. GPSoft LLC, Inertial Navigation System Toolbox 3.0 User's Guide, 2007.
18. GPSoft LLC, Satellite Navigation Toolbox 3.0 User's Guide, 2005.

DÖRDÜNCÜ OTURUM

Oturum Başkanı: Prof. Dr. Şenol KUŞÇU

Zonguldak-Bartın Bölgesi Plajlarında "Çeken Akıntı" Sonucu Ölümle Sonuçlanan Olaylardaki Kara Noktaların İncelenmesi
H. Akçın

Yeraltı Maden Üretim Bölgesinde Yapılan Tasman Ölçmeleri ve Zonguldak Taşkömür Havzası İçin Önemi
E. Can, Ş. Kuşçu

Ray Hattı Geometrisinin Belirlenmesine Yönelik Jeodezik Ölçme Sistemi Tasarımı ve Geliştirilmesi
B. Akpınar, E. Gülal

Mikrojeodezik Ağlarda Düşey Açı Ölçümlerinin İndirgenmesi İçin Yaklaşımlar
R. G. Hoşbaş, H. Erkaya

ZONGULDAK-BARTIN BÖLGESİ PLAJLARINDA"ÇEKEN AKINTI" SONUCU ÖLÜMLE SONUÇLANAN OLAYLARDAKİ KARA NOKTALARIN İNCELENMESİ

H. AKÇIN

Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü,Ölçme Tekniği Anabilim Dalı, Zonguldak, hakanakcin@hotmail.com

Özet

Zonguldak –Bartın bölgesi plajlarında her yıl çok sayıda ölümle sonuçlanan boğulma olayları ile karşı karşıya kalınmaktadır. Bu olayların büyük bir kısmı ***çeken akıntı*** *olarak tanımlanan, kıyıdan açığa doğru oluşan akıntılar nedeniyle olmaktadır. Bu akıntılar özellikle sığ dip batimetrisine sahip kumullarda daha etkin bir şekilde oluşmaktadır. Çeken akıntı olayının gerçekleşmesi belirli koşullara bağlıdır. Bu koşulları incelediğimizde dip batimetrisi ve kıyı bölgesinin şekli ön plana çıkmaktadır. Tanımlanan bu özelliklerin belirlenmesi ise jeodezi ve fotogrametri bilimlerinin özel bir konusunu teşkil etmektedir. Çalışmada çeken akıntı olaylarının nedenleri ve fiziksel özellikleri tanıtılılarak, Zonguldak-Bartın sahillerinde ve özellinde İnkumu plajında gerçekleşen ölüm olaylarının incelenmesi, kara noktaların belirlenmesi ve bu bölgede gerçekleştirilen anket çalışmasının sonuçları üzerinde durulmuştur. Bölgede 22 kara nokta belirlenmiş, 2004-2009 yılları arasında sahil güvenlik ve jandarma kayıtlarında raporlanmış 21 ölümlü olayın gerçekleştiği yerlerin açık kaynaklı Coğrafi Bilgi Sistemi ve uydu görüntüleri üzerinden incelemesi yapılmıştır. Yapılan anket çalışmasından ise, bölgede bu plajlardan yararlananların çeken akıntı olayı hakkında bilgi sahibi oldukları ancak bu konuda gerekli tanıtım ve bilgilendirmelerin yapılmadığı sonucu elde edilmiştir.*

Anahtar kelimeler : *Çeken akıntı, Zonguldak, Bartın, İnkumu, batimetri*

INVESTIGATION OF BLACK POINTS IN DEATH INCIDENTS CAUSED BY RIP CURRENTS IN COASTS OF ZONGULDAK-BARTIN REGION

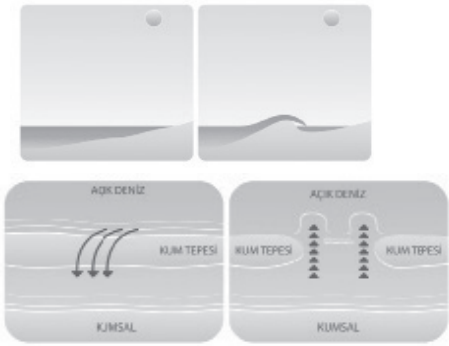
Abstract

Every year number of death incidents has been occurring in coasts of Zonguldak-Bartın region. These currents are usually accrued from coast straight to deep sea and known as ***rip currents****. They are formed more effectively in sand dune having shallow deep bathymetry. Occurrence of rip currents depends on certain circumstances. Deep bathymetry and form of coast line are primary ones when we consider these conditions. Determination of these characteristics is a spatial topic for sciences of geodesy and photogrammetry. In this study, firstly, reasons of rip currents and physical features of them were presented, then death incidents in coasts of Zonguldak-Bartın region, especially Inkumu coast, were investigated by determining the black points and the results of the questionnaire done in this region were evaluated. A total of 22 black points were specified in the coast and the locations where 21 death incidents had been reported by local military and coast guard between 2004 and 2009 were evaluated by the open source GIS and optic cameras image. The results of the questionnaire showed that the people living in this region are aware of rip currents but they are not adequately informed about the currents by local authorities.*

Keywords: *Rip currents, Zonguldak, Bartın, İnkumu, bathymetry.*

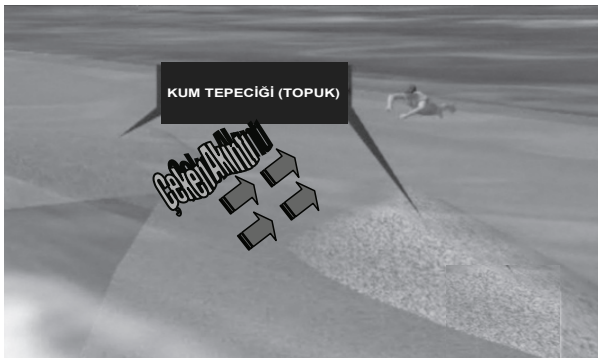
1. Giriş

Zonguldak –Bartın bölgesi plajlarında her yıl çok sayıda ölümle sonuçlanan boğulma olayları ile karşı karşıya kalınmaktadır. Bu olayların büyük bir kısmı **çeken akıntı** olarak tanımlanan, kıyıdan açığa doğru oluşan akıntılar nedeniyle olmaktadır. Bu akıntılar özellikle sığ dip batimetrisine (deniz dibi topoğrafyasına) sahip kumullarda daha etkin bir şekilde oluşmaktadır. Genel biçimi kum tepeciği-yarık-kum tepeciği şeklindeki kıyı yapısında meydana gelebilen çeken akıntılar, özellikle ani patlayan rüzgar sonrası oluşmakta olup, güçlü dalgaların sahildeki kum tepeciğini yıkarak ortay çıkan kum açılmasından ya da daha önce oluşmuş açılmalardan, hızla çekilmesi sırasında, bir sifon etkisi ile hızlı bir akıntı oluşumu şeklinde gerçekleşmektedir (Şekil 1 ve 2). Gerçekleştirilen modelleme çalışmaları ve yerinde dalga hızının GPS ile ölçülmesinden, çeken akıntıların ortalama hızının saatte 5 km'yi (1.35 m/s) ulaştığı belirlenmiştir (şekil 3). Oluşan bu hızdaki akıntıya karşı, dünya rekoru kırmış deneyimli yüzücüler dahi yüzemez. Genelde plajda yüzen bir kişi, altındaki bu kumun çekilmesiyle çeken akıntıya yakalandığında paniğe kapılıp kıyıya doğru yüzerek kurtulmaya çalışır. Bunun sonucu bitkin düşerek boğulma eylemi gerçekleşir.



(a) (b)

Şekil 1. Çeken akıntı olayının oluşumu, (a) en kesit görünüm, (b) boy kesit görünüm (Koçak 2008)



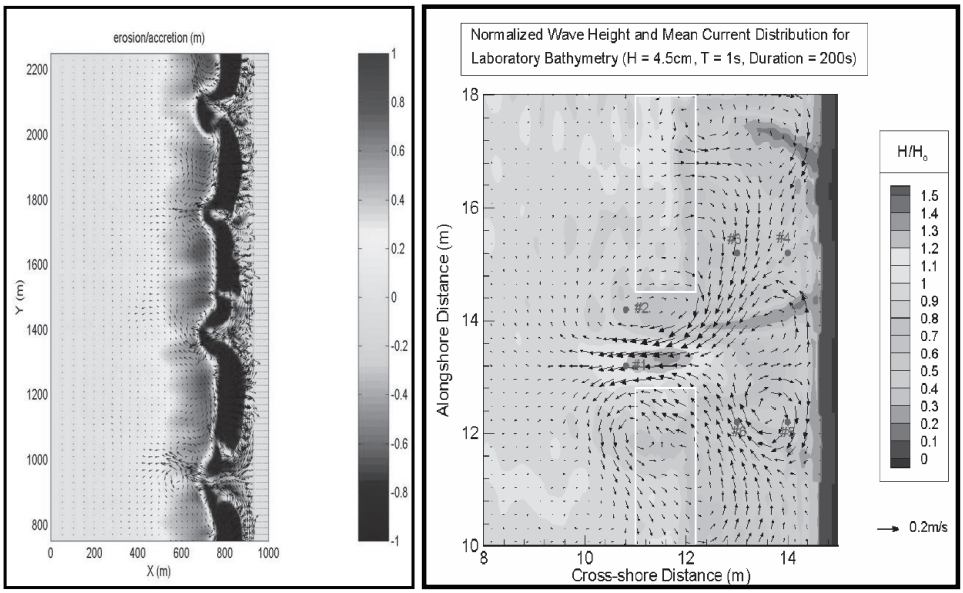
Şekil 2. Çeken akıntıya yakalanmış bir yüzücü.

Çeken akıntı olayının gerçekleşmesi belirli koşullara bağlıdır. Bu koşulları temel başlıklarla sıraladığımızda,

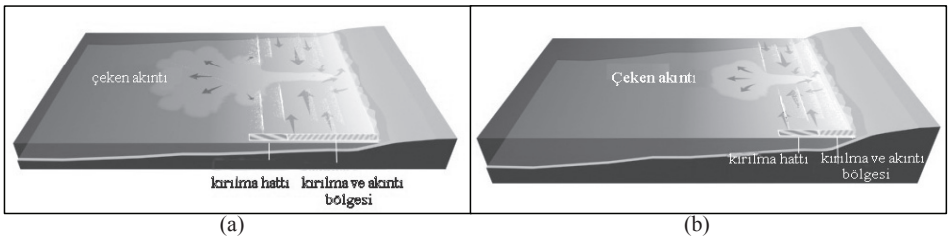
- Kıyı bölgesindeki dip batimetrisinin şekli (daha sığ yerlerde şiddetli olur),
- Rüzgarlı, fırtınalı ve dalgalı havalar (kıyıya paralel gelen dalga olmalıdır),

- Kıyı bölgesindeki kumun özellikleri (ince kumlu bölgelerde oluşur),
- Kıyı şeridinin biçimi (geniş aralıklıklarla oluşmuş dalyanlarda daha şiddetli olur),
- Kıyıdaki fiziksel yapıların varlığı (iskele, boru veya bağlama takozu olan yerlerde oluşur).

Ön plana çıkmaktadır (Bowen 1969; Lyons 1991). Bu koşullar oluştuğunda çeken akıntı meydana gelmekte ve su yüzeyinde beyaz köpük şeklinde bir mantar oluşumu görülmektedir. Ancak belirli periyotlarda çeken akıntı yapısı ve oluştuğu yer değişime uğrayabilmektedir. Çeken akıntı kıyıdan 20m ile 300m arasında değişen bir mesafe aralığında ve 6-30m eninde etkin bir yapıya ulaşabilmektedir. Kıyı derinleştikçe akıntı hızı ve etki mesafesi küçülmekte, sığlaştıkça ise artmaktadır (Şekil 4).



Şekil 3. Solda 12 günlük GPS gözlemleri elde edilmiş ve sağda laboratuar koşullarında modellenmiş dalga ve çeken akıntı hızları (Allard (2008); Meadows).



(a) (b)

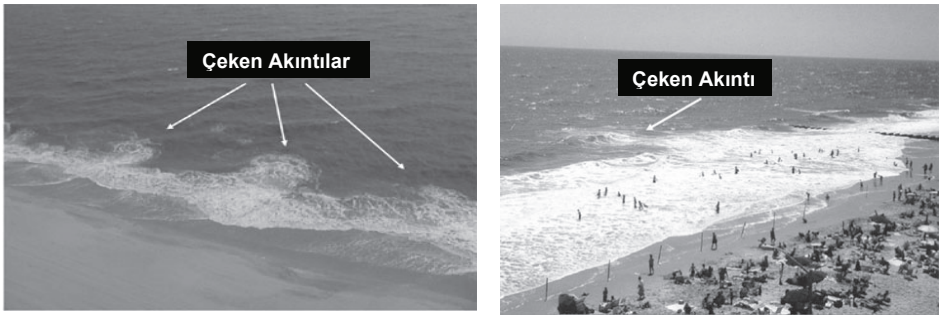
Şekil 4. Derinliğe ve dip batimetrisine bağlı olarak çeken akıntı oluşumu. (a) Sığ batimetride akıntı hızı daha yüksek ve etki alanı daha geniştir, (b) derinlik arttıkça akıntı hızı azalır ve etki alanı küçülür (COMET 2007; Beji ve Barlas 2007, G.M.O. Araştırma Raporu 2008).

Çeken akıntının kıyıdan yatay bir bakış açısı ile belirlenebilmesi son derece zordur. Ancak yukarıdan bakılması ve bazı temel ipuçlarının aranmasıyla çeken akıntı ile oluşan kara noktalar belirlenebilmektedir (Şekil 5). Bu ip uçları:

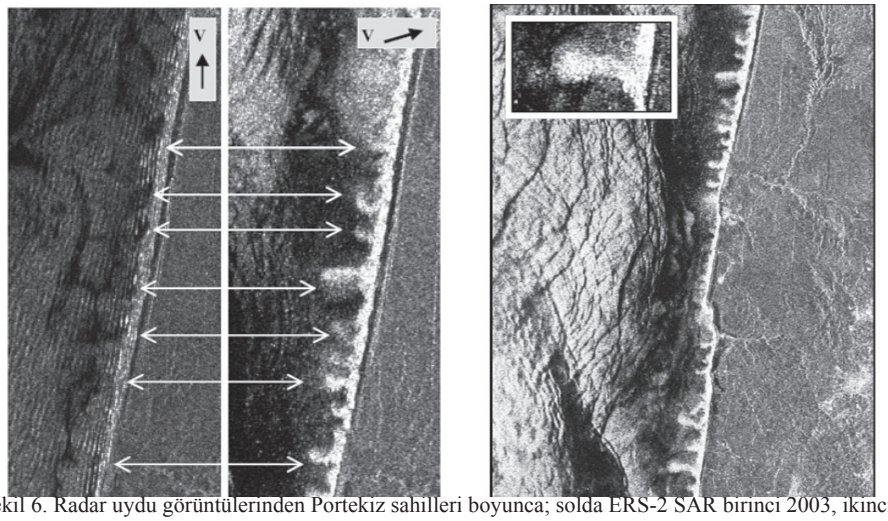
- Sanki bir kanal boyunca devam eden birbirine karışmış ve düzensiz ilerleyen su,

- Belirli bir bölgede suyun renginin bariz biçimde değişmesi,
- Düzenli bir biçimde denize doğru ilerleyen mantarımsı yapıda köpük,
- Kıyıya doğru gelen dalgalarda meydana gelen bozulma ve düzensizlik,

olarak söylenebilir. Özellikle aktif ve pasif uzaktan algılama ve hava fotogrametrisi teknikleri ile bu noktalar tespit edilebilmekte, akıntı hızları gözlemlenebilmektedir (Şekil 6). Bu konuda yapılmış uzaktan algılama çalışmaları incelendiğinde; Yapay Açıklıklı Radar (SAR) görüntülerinden çeken akıntı hızları ve optik kamera görüntülerinden ise kıyı yapısı ve topuk-dalyan-topuk yapısı belirlenebilmektir (Şekil 7).

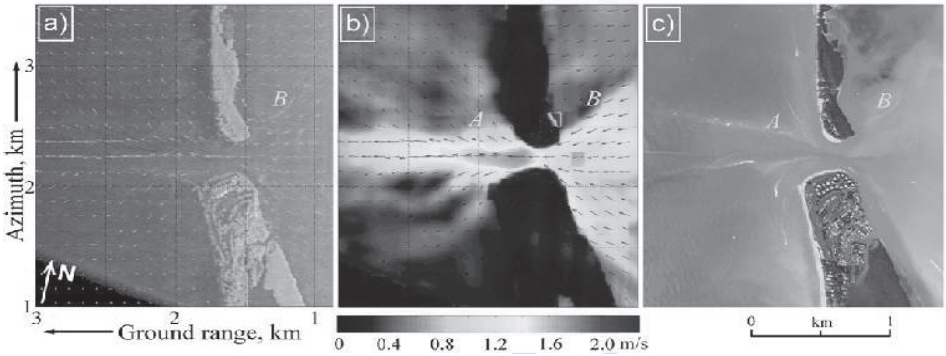


Şekil 5. Kumsal boyunca çeken akıntı oluşumuna örnekler (Herrington)



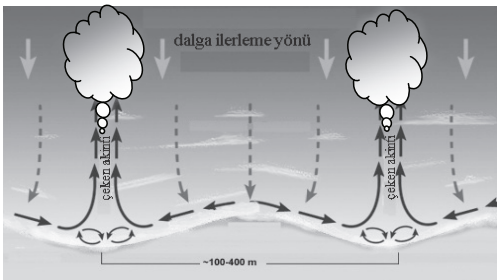
Şekil 6. Radar uydu görüntülerinden Portekiz sahilleri boyunca; solda ERS-2 SAR birinci 2003, ikinci

2004 tarihli görüntüsü ile, sağda ise ENVISAT ASAR VV polarizasyonunda alınmış görüntüden

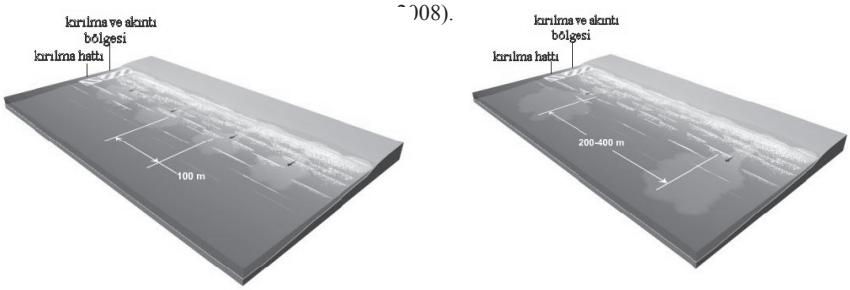


Şekil 7. DBI SAR görüntüsünden topuk-dalyan-topuk yapısının; a) yönlendirilmiş b) akıntı hızlarının belirlenmiş yapısı ve c) optik kamera görüntüsü (Frasier 2007).

Çeken akıntı şiddetini etkileyen en önemli iki unsurdan biri batimetri ise diğeri de kıyı şeridinin yapısıdır. Bir kumsal boyunca yan yana birden fazla topuk-dalyan-topuk (kum tepeciği-dalyan-kum tepeciği) formu oluşabilir. Bu durum oluşumların birbirine yakınlığına göre çeken akıntının boyutunu ve şiddetini değiştirir. Bilimsel araştırmalardan birbirine yakın oluşumlarda akıntı şiddeti ve etki alanı düşük olduğu, aralık büyük olduğunda ise akıntı şiddetinin büyük ve etki alanın genişlediği görülmüştür. Düşük şiddetin yaklaşık 100m aralıktaki sıklıkta ve yüksek şiddetin 400m aralıkta olduğu belirlenmiştir (Şekil 8 ve 9).



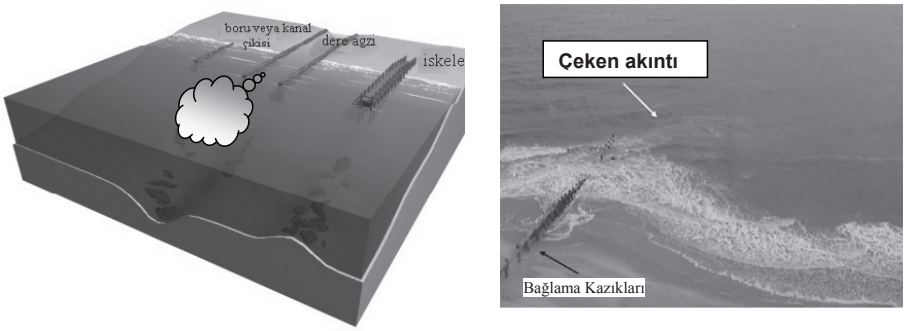
Şekil 8. Sahilde birden fazla noktada görülen çeken akıntılar (COMET 2007, G.M.O. Tek.Raporu, 2008).



Şekil 9. Kıyı şeridinin yapısına ve derinliğe bağlı olarak ardaşık çeken akıntıların ara mesafelere göre şiddeti ve yayılımı (COMET 2007, G.M.O. Tek.Raporu, 2008)

Sahildeki bazı tesislerin;özellikle menderek, bağlama kazıkları, boru hatları, platformlar vb. yapıların deniz dibi topoğrafyasını değiştirdiği ve kumullarda topuk-dalyan-topuk yapısı

oluşturduğu ve bunun sonucunda bu tesisler çevresinde çeken akıntı meydana geldiği gözlemlenmiştir. Bu gibi tesislerin konumu GPS gözlemleri ve optik kamera görüntüleri ile belirlenip CBS tabanlı analizler yapılabilmektedir. Şekil10'da bu gibi tesislerin oluşturduğu çeken akıntı şematik olarak resmedilmiş ve gözlenmiş oluşumlara ilişkin bir fotoğraf verilmiştir.



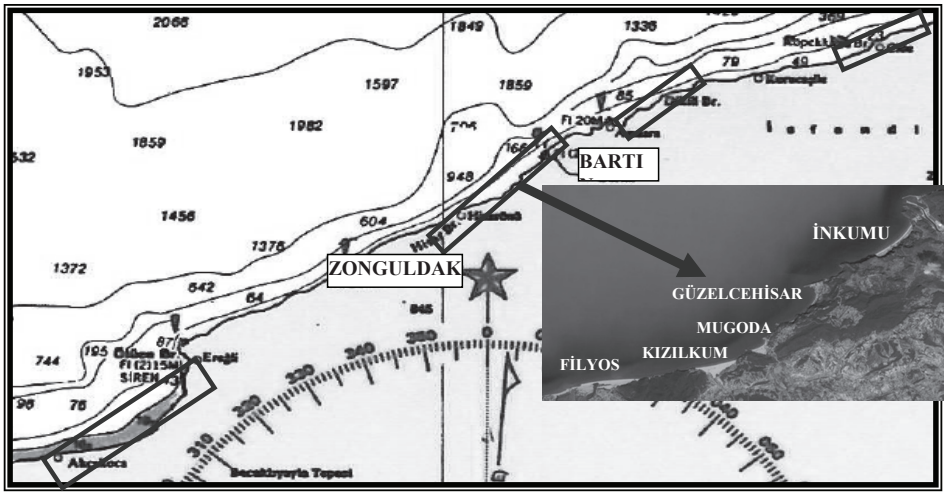
Şekil 10. Kıyı boyunca suya doğru uzanan tesisler çevresinde çeken akıntı oluşumu (COMET 2007, G.M.O. Tek.Raporu, 2008, Herrington).

2. Zonguldak-Bartın Bölgesi İnkumu Sahilinde Çeken Akıntı Üzerine Yapılan Çalışmalar

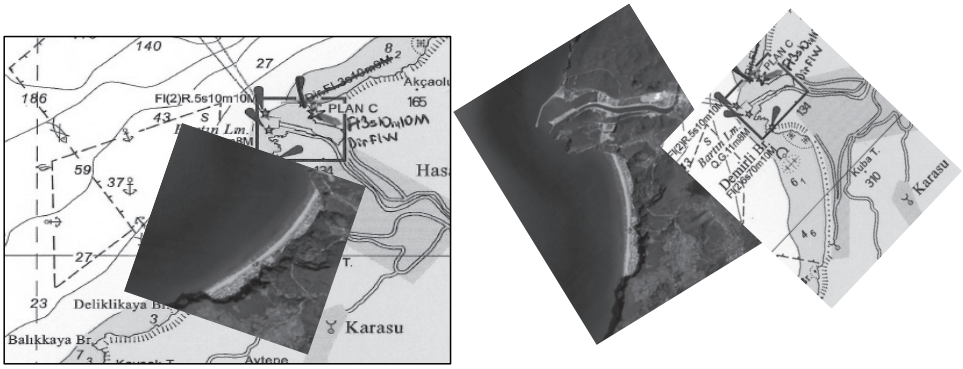
Zonguldak-Bartın bölgesi, ülkemizin Karadeniz sahili boyunca çeken akıntı açısından en büyük risk taşıyan, ancak bunun yanı sıra altın gibi incecik kumuyla turistik açıdan büyük cazibeye sahip kumsalları içeren bir bölgedir (Şekil 11 ve 12). Bu kumsallar içinde İnkumu 2.5 km uzunluğunda bir plaja sahip ve kıyısında bir çok kamu ve özel tesisleri de içeren bir yerleşim birimi olarak ön plana çıkmaktadır. Bölge yıllardır, oluşturduğu tehlikenin varlığından habersiz ve bilgisiz ya da vurdum duymaz vatandaşların akınına uğramakta, karayel ve poyrazın güçlü estiği zamanlar da kum çekilmesiyle oluşan akıntı nedeniyle ve çeşitli nedenlerle (yüzme tekniklerini bilmememek vb.) ortalama her yıl 1000'in üzerinde boğulma olayı gerçekleşmekte ve bunların yaklaşık %1'i ölümle sonuçlanmaktadır. İnkumun'da ise 2004 yılında 4, 2005'de 6, 2006'da 7, 2007'de 2, 2008 ve 09'da ise 1 er ölümlü olay yaşandığı bölgedeki Jandarma ve Sahil Güvenlik kayıtlarından belirlenmiştir. Son yıllarda ölüm sayısının azalması, bu konuda plajda ciddi ve bilinçli güvenlik uygulamalarının sonucu azalma eğilimine girmiştir. Ancak bölgede yaşayan insanların ve bu plajlardan yararlanan insanların konu üzerinde henüz bilinçli bir altyapı bilgisine sahip olmadıkları, bu plajdan yararlanan insanlarla bire bir yapılan anket çalışması ile ortaya konulmuştur.

Ankete 50 kişi katılmış, katılanların %58'i bay, %42'si bayan olmak üzere %63'nün Bartın ve çevresinde, %30'nun Zonguldak ve çevresinde ve %7'sininde diğer illerde yaşadığı belirlenmiştir. Deneklerin %75'i bu plajdan tüm yaz sezonu yararlanırken %20'si aylık ve %5'ide haftalık olarak bu plajdan yararlandığı saptanmış, ayrıca %48'i iyi derece yüzme bildiklerini, %48'inin başlangıç ve orta seviye ve %4'ü ise yüzme bilmediklerini ifade etmişlerdir. Deneklerin ***%60'ı çeken akıntı olayına ilişkin bu güne kadar hiç bir görsel ve yazılı basın ya da diğer yollardan bilgilendirilmediğini*** ifade etmişler, diğer %40'ıda basında ara sıra çıkan haberlerden konu hakkında yeterli olmayan düzeyde bilgi sahibi olduklarını ifade etmişlerdir. Çeken akıntı hakkındaki bilgi düzeyini ölçme sorularına verilen yanıtlara ilişkin olarak deneklerin %85'i çeken akıntı olayını bölgede yaşadıkları olaylardan tanımlayabilmiş , ancak ***%75'nin ise bu olayın oluşması için gerekli koşullar hakkında bilgi sahibi olmadığı*** anlaşılmıştır. Bu olayı nasıl fark edersiniz sorusuna ise %47 gibi bir oranda doğru yanıtlar vermişlerdir. Çeken akıntıdan kurtulma stratejilerine ilişkin olarak %60 düzeyinde doğru yanıtlar alınmıştır. Cankurtaranın önemine ilişkin soruya %43 düzeyinde doğru yanıt alınmıştır. Ve son olarak

deneklerin %71'i İnkumun'da ölümle sonuçlanan olayların ***plajın belirli bölgelerinde genelde dalgalı ve rüzgarlı bir havada gerçekleştiğini*** ifade etmişlerdir.



Şekil 11. Zonguldak-Bartın arası çeken akıntı riski oluşturan bölgelerin batimetri haritası üzerindeki dağılımı (kırmızı kutu içine alınan yerler risk oluşturan plajları ifade etmektedir).



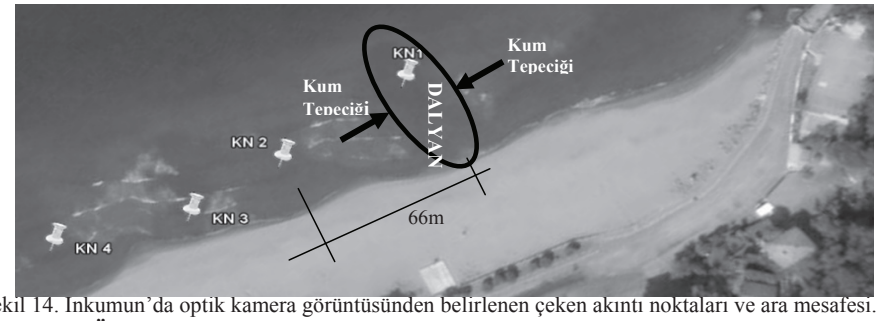
Şekil 12. Üst üste çakıştırılmış ve yan yana İnkumu plajı'nın uydu görüntüsü ve batimetri haritası.

Çalışmanın ikinci bölümünde optik kamera görüntüleri üzerinden çeken akıntı oluşturacak topuk-dalyan-topuk yapıları belirlenmiş, bu noktalar kara noktalar olarak tespit edilmiştir. Ayrıca açık kodlu CBS- Google MAP üzerinden kara noktalar ve ölüm kayıtları ilişkilendirilmiş, raporların tutulduğu yerler harita üzerine işlenmiştir (Şekil 13). Çeken akıntı şiddetini etkileyen en önemli iki unsurdan biri batimetri ise diğeri de kıyı şeridinin yapısıdır. Bir kumsal boyunca yan yana birden fazla topuk-dalyan-topuk (kum tepeciği-dalyan-kum tepeciği) formu oluşabilir. Bu durum oluşumların birbirine yakınlığına göre çeken akıntının boyutunu ve şiddetini değiştirir. Bilimsel araştırmalardan birbirine yakın oluşumlarda akıntı şiddeti ve etki alanı düşük olduğu, düşük şiddetin yaklaşık 50-100m aralıktaki sıklıkta ve yüksek şiddetin 350-400m aralıkta olduğu belirlenmiştir. İnkumu için yapılan incelemelerde, optik kamera görüntülerinden kıyı yapısı üzerindeki çeken akıntı oluşturabilecek kara noktalar arasındaki mesafeler Tablo 1'de, belirlenen bir yapı ise şekil 14'de verilmiştir.

Şekil 13. İnkumu plajında saptanan Kara Noktalar (sarı raptiye ile işaretli), Ölüm olaylarının yaşandığı noktalar (kırmızı artı ile işaretli).

Tablo 1. Belirlenen çeken akıntı noktaları arasındaki mesafeler.

KN1	KN2	66m
KN2	KN3	34m
KN3	KN4	42m
KN4	KN5	54m
KN5	KN6	58m
KN6	KN7	64m
KN7	**KN8**	**97m**
KN8	KN9	65m
KN9	**KN10**	**400m**
KN10	**KN11**	**93m**
KN11	KN12	52m
KN12	KN13	68m
KN13	**KN14**	**86m**
KN14	KN15	70m
KN15	KN16	37m
KN16	**KN17**	**82m**
KN17	KN18	75m
KN18	KN19	71m
KN19	KN20	30m
KN20	KN21	51m
KN21	**KN22**	**392m**



Şekil 14. İnkumun'da optik kamera görüntüsünden belirlenen çeken akıntı noktaları ve ara mesafesi.

3. Sonuç ve Öneriler

Ülkemizde halkımızın üzerinde henüz yeterince bilgi sahibi olmadığı çeken akıntı olayı, Karadeniz sahilleri için büyük bir tehlike oluşturmakta ve her yıl ölümle sonuçlanan çok sayıda olaya neden olmaktadır. Bu bağlamda özellikle Karadeniz kıyılarında yaz aylarında yüzme amaçlı olarak yararlanılan ve halkın yüksek oranlarda rağbet gösterdiği plajlarımız için çeken akıntı risk noktalarının belirlenmesine ilişkin olarak henüz yeterince bilimsel çalışma yapılmamıştır. Bu oluşumda en önemli iki faktörden biri deniz dibi topoğrafyasının yapısı ve diğeri kıyı şeklidir. İkincil faktörler olarak ise dalga yapısı, kumun inceliği ve sahil boyunca denizin içine doğru uzanan yapıların varlığı sıralanmaktadır. Ele alınan bu faktörlerin Uzaktan Algılama, Fotogrametri ve Jeodezik çalışmalarla Coğrafi Bilgi Sistemine dayalı olarak belirlenmesi olanak dahilindedir.

Ele alınan bu çalışmada; yukarıda belirtilen faktörlerin tespitine yönelik bir uygulama İnkumu Plajı için gerçekleştirilmiştir. Öncelikle plajdan yararlananlar açısından bir anket çalışması yapılmıştır. Bu uygulamadan kasıt, bölge halkının ve plajdan yararlananların karakteristik yapısını ortaya koymak ve bu tür bilimsel çalışmalardan elde edilen sonuçlar üzerinden plajın özellikli yapısını ve çeken akıntı oluşum mekanizmasını bilip bilmediklerini ortaya çıkarmak olmuştur. İkinci olarak optik kamera görüntüsü üzerinden plaj üzerinde 22 Kara nokta (topuk-dalyan-topuk oluşumu) tespit edilmiş, bu noktalar açık kodlu CBS ve harita üzerinden ölüm vakaları ile ilişkilendirilmiştir. İncelemeden Kara Noktalar ile vakaların uyuşum gösterdiği saptanmıştır. Çeken akıntı noktaları arasındaki mesafeler incelendiğinde ise altı aralıkta mesafenin yaklaşık 90m ile 400m arasında değiştiği görülmüştür. Bu mesafeler açısından 7,9,11,14,17 ve 21 nolu noktalarda çeken akıntı şiddetinin üst düzeyde olabileceği saptanmıştır.

Çeken akıntıların bir sahil boyunca sürekli aynı noktada ve aynı şiddette olması söz konusu değildir. Ancak büyük oranda benzer özellik gösterir. Bu açıdan önemli sahillerimizde belirli aralıklarda deniz dibi topoğrafyasının belirlenmesine yönelik hidrografik ölçmelerin yapılması, periyodik Radar ve Optik Kamera uydu görüntülerinden yararlanılması, deneysel ve gözlemsel olarak akıntı hızlarının GPS ve akıntı ölçerlerle ölçülmesi büyük önem arz etmektedir.

Teşekkür
Bu yayının anket uygulaması sırasında, saha çalışmalarındaki katkılarından dolayı bölüm arkadaşım Öğr. Gör.Y. Müh. Eray Köksal'a teşekkürlerimi sunarım.

Kaynaklar

Allard, R. Dykes, Hsu, J.Y.L. Kaihatu, J. Conley D., (2008).A real-time nearshore wave and current prediction system, *Journal of Marine Systems*, 69, sh 37-58

Beji S., Barlas, B. (2004). Boundary-fitted non-linear dispersive wave model for regions of arbitrary geometry. *International Journal For Numerical Methods In Fluids*, 45(6): 643-657

Bowen, A. J. (1969). Rip currents, 1: Theoretical investigations, *Journal of Geophysical Research*, 74: 5468-5478.

Bowen, A. J., Inman, D. L., (1969). Rip currents, 2: Laboratory and field observations, J*ournal of Geophysical Research*, 74: 5479-5490.

Frasier S. (2007). Radar Measurement of Waves and Currents in the Nearshore Zone, Technical report. Microwave Remote Sensing Laboratory Dept. of Electrical & Computer Engineering Knowles Engineering Bldg., Rm. 113 University of Massachusetts Amherst, MA 01003

Gemi Mühendisleri Odası Araştırma Raporu (2008)

Koçak, İ., (2008). Karadeniz Sahillerindeki Boğulmalar ve Çeken Akıntı, *Sahil Güvenlik Dergisi*, Ağustos sayısı, sayı 5, sh. 74.

Lyons, S. (1991). *Rip Currents: Description, Observations and Theories. Cooperative Institute for Applied Meteorological Studies*, Department of Atmospheric Sciences, Texas A&M University, 3150 TAMU, College Station, TX 77843-3150.

Silva, J. C.B. (2008). *SAR Observation of Rip Currents off the Portuguese Coast*, Remote Sensing of the European Seas, Springer Netherlands, sh.399-410.

---

http://news.bio-medicine.org/biology-news-3/Herrington-to-speak-at-NJ-rip-current-awareness-event-6193-1/

COMET (2007). http://strc.comet.ucar.edu/

Nwogu, O. and Meadows, L. Numerical Modeling of Rip Currents on Barred Beaches. http://seagrant.wisc.edu/coastalhazards/portals/5/pdfs/NumericalModellingOfRipCurrents_Meadows.pdf

Silva, J.C.B. Sancho, F., Quaresma, L. (2006). Observation of rip currents by Synthetic Apeture Radar. http://earth.esa.int/workshops/seasar2006/participants/265/paper_daSilva_etal.pdf

YERALTI MADEN ÜRETİM BÖLGESİNDE YAPILAN TASMAN ÖLÇMELERİ VE ZONGULDAK TAŞKÖMÜR HAVZASI İÇİN ÖNEMİ

Eray CAN[1] Şenol KUŞCU[2]

[1]ZKÜ Mühendislik Fakültesi Araştırma Görevlisi, can.eray@hotmail.com, Zonguldak
[2]ZKÜ Mühendislik Fakültesi Öğretim Üyesi, senolkuscu@yahoo.com, Zonguldak

ÖZET

Yeraltı maden üretimi ile zemin içinde üretim boşlukları oluşur. Bu boşlukların üzerindeki zemin katmanlarının çökmesi sonucu zemin içi ile yeryüzünde, yatay ve düşey yönde zemin hareketlerine meydana gelir. Oluşan bu hareketler madencilik tasmanı (Mining Subsidence) olarak adlandırılır.Bu hareketler yeryüzündeki ve zemin içindeki doğal ve kültürel yapılarda; teknik, ekonomik, sosyal ve çevresel içerikli sorunlara neden olur. Bu sorunların azaltılması için tasman oluşumunun genel ve bölgesel karakteristiklerinin bilinmesi ve tanınması gerekir. Bunun için de yeraltı ve yeryüzü ortamlarında jeodezik, jeofizik ve geoteknik yöntem ve donanımlarla tasman gözlemleri yapılır. Bu gözlemlerin değerlendirilmesi ile tasman oluşumunun ölçme bölgesindeki karakteristiklerinin belirlenmesinin yanında sistematiğinin belirlenmesi ve başka bölgeler için geliştirilmiş teori ve kestirim yöntemlerinin bölgeye uyumlarının test edilmesine çalışılır.

Bildiride, Zonguldak Taşkömür Havzasında meydana gelen aktif ve artık tasman etkilerinin jeodezik yöntemlerle ölçülmesi ve bölgesel parametreleri ile ilgili bilgiler verilmektedir.

Anahtar Kelimeler : Deformasyon, Mühendislik ölçmeleri, Madencilik ölçmeleri, Tasman, Zonguldak Taşkömür Havzası

ABSTRACT:

SUBSIDENCE MEASUREMENT IN MINING MANUFACTURING AREA AND IMPORTANCE FOR ZONGULDAK HARDCOAL REGION

Manufacturing spaces are occurred in the ground with underground mine productions. Horizontal and vertical ground movements are occurred results of the collapse of ground layer on these manufacturing spaces in the ground and the earth's surface. These movements are called mining subsidence. These movements are caused technical, economical, social, and environmental problems especially for natural and cultural structures. The general and regional characteristics are known very well for reduce this problems. Subsidence observations are done with geodetic, geophysical and geotechnical methods and equipments on earth surface and underground for solve this problems. Characteristics and systematic of subsidence formation is determined with evaluation of these observations in measurement region. However theory and estimation methods which developed for other regions are tested with these observations for this measurement area.

In this article, measurements of active and waste subsidence effects are described with geodetic methods and information of regional parameters are given for Zonguldak Hardcoal region.

Keywords: Deformation, Engineering surveying, Mining surveying, Subsidence, Zonguldak Hardcoal Region

GİRİŞ

Yeraltı maden üretimi sonucunda zemin içi katmanlarda ve yeryüzünde zemin hareketlenmesi olarak sebep olmaktadır. 19 yüzyıldan günümüze, özellikle Orta ve Batı Avrupa ülkelerinde yeraltı kömür üretimindeki artışlara paralel olarak tasmandan kaynaklanan bu sorunlar daha da artmış ve daha çok mahkemelere intikal eden anlaşmazlıklarda, belge sağlamak amacıyla tasman gözlemleri ve arazi ölçmeleri yapılması ihtiyaçları ortaya çıkarmıştır. Günümüzde yerleşim alanları altındaki kömür rezervlerinin en az üretim kayıpları ve tasman zararları ile alınabilmesi için bu alanda çalışmalar ilerlemiş ve tasman mühendisliği olarak bir bilim dalının doğmasına neden olmuştur. (Kuşcu 1991) Tasman ölçmeleri bu bilim dalının beş ana konusundan birisini oluşturmuştur. Bu anabilim dalının diğer konularını ise;

- Tasman Hesaplamaları
- Tasman Zararları
- Tasman Kontrolü
- Tasman ile ilgili yasal idari ve düzenleme konularıdır.

Bir yeraltı üretim bölgesinde yapılan üretim faaliyetlerinden dolayı oluşan tasman hareketlerini belirlemek için yapılan tasman ölçmelerinden,

- Tasman parametrelerinin,(sınır ve kırılma açıları, deplasman değerleri vb.)
- Tasman – Jeolojik, Tektonik ve Topografik yapı ilişkilerinin,
- Tasman – Üretim hızı, zaman ilişkilerinin,
- Tasman – Üretim yöntemi ilişkilerinin,
- Tasmanın mühendislik yapıları ve tesisler üzerindeki hasar etkilerinin,
- Tasman ile üretim boşluğunun genişlik, uzunluk, derinlik damar kalınlığı gibi boyutsal ve geometrik değerleri arasındaki ilişkilerin belirlenmesi,
- Tasmandan kaynaklanan hukuki sorunlara açıklık getirilmesi,

gibi amaçlar için yararlanılır.

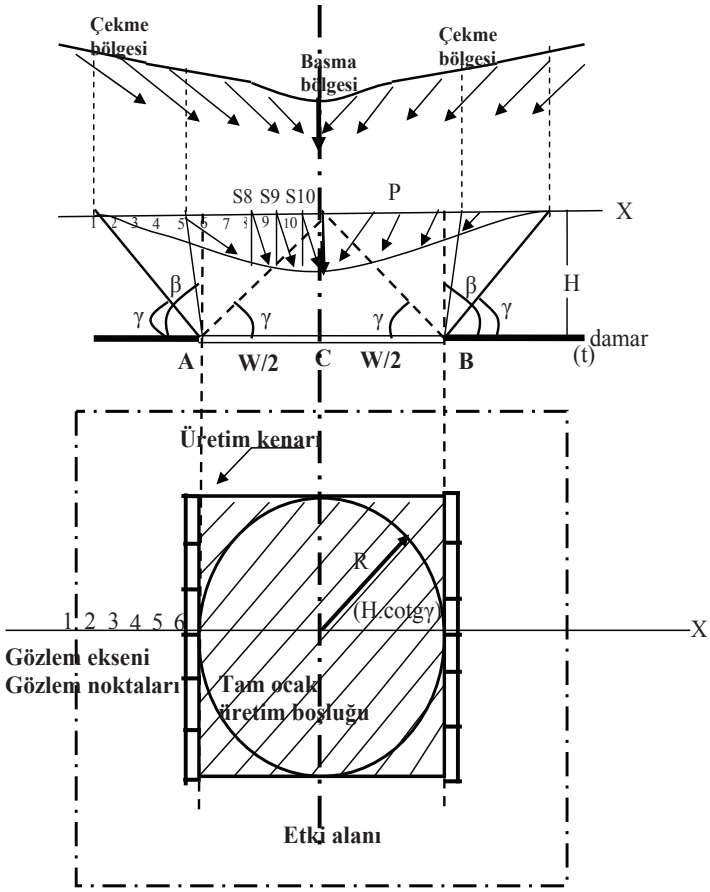
Bir bölge ile ilgili tasman parametrelerinin ve yukarıda belirtilen konulardaki ilişkilerin araştırılması amacıyla jeodezik yöntemlerle yapılacak bir tasman gözleminin;

- Ölçme, yöntem ve ekipmanın belirlenmesi; zemin işaret ve tesislerinin yapılması,
- Jeodezik ağın yapılandırılması ve kanavalarının çıkarılması,
- Jeodezik ağın güvenirlik testlerinin yapılması,
- Belirli periyotlarda jeodezik ölçmelerin yapılması,
- Yapılan bu ölçmelerin değerlendirilmesi ve grafik ortamlarda sayısal analizlerinin yapılması,yorumlanması ve değerlendirilmesi

aşamaları ile gerçekleşir.

2. JEODEZİK ÖLÇMELERLE BELİRLENEBİLEN TASMAN PARAMETRELERİ

Zonguldak Taşkömür havzası gibi madencilik yapılan bölgelerde, tasman araştırmalarına yönelik jeodezik ölçmeler sonrasında belirlenebilen tasman parametrelerinin bir bölümü Şekil 1'de görülmektedir.



(a) Yatay damar üretiminden doğan çökme oluşumu

(b) Çökme küveti, γ sınır ve β kırılma açıları

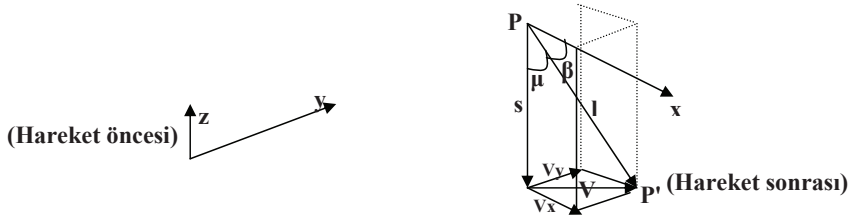
(c) Üretim plan durumu ve etki alanı

Şekil 1 Bir Yatay Damar Üretiminde Tam Ocak Boyutundaki Tasman Oluşumu Kesit ve Plan Durumu (Kuşcu 1985)

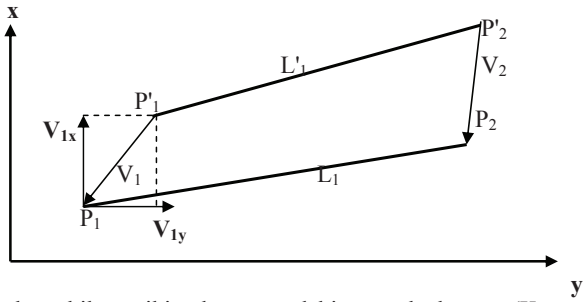
Tasman sınır açısı:	(γ)	Yatay kayma:	(V)
Tasman kırılma açısı:	(β)	Üretim kalınlığı:	(H)
Çökme:	(S)	Damar kalınlığı:	(t)

Bu periyodik ölçmelerle, etki alanı içindeki bir noktanın, tasman durumunun düşey (S) ve yatay yöndeki (V) bileşenlerinin (deplasmanlarının) ölçülmesi temel esastır. Yatay deplasman ölçmelerinden(Vx,Vy,V)

- Farklı periyotlarda yapılan ölçmelerden bir noktada tasman oluşmuş ise bu oluşumun yatay büyüklüğü,yönü ve tasmanın hızı, (Şekil 2)
- Farklı periyotlarda yapılan ölçmelerden iki nokta arasındaki yatay deplasmanın büyüklüğü(e), hızı ve yatay rotasyon değerleri(Δφ)(Şekil 3)



Şekil 2 Tasman Hareketinden Etkilen Bir Noktanın Yatay ve Düşey Yöndeki Hareketi



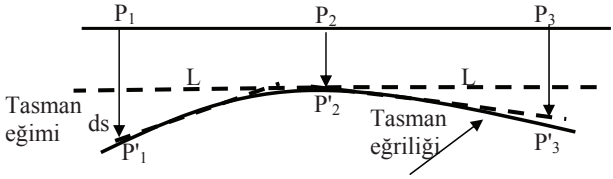
Şekil 3 Tasmandan etkilenen iki nokta arasındaki yatay deplasman (Kuşcu 1985)

$e = \frac{L_1 - L_1'}{L_1}$ yatay deplasman büyüklüğü; $\Delta\varphi = \arctan\frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} - \arctan\frac{y_2' - y_1'}{x_2' - x_1'}$ yatay rotasyon

Düşey deplasman ölçmelerinden;

- Bir noktada tasman oluşmuşsa bunun düşey bileşeni (Vs) ile düşey ve yatay deplasmanlarının birlikte değerlendirilmesi ile de tasman düşey sapma açısı(μ)
- Farklı periyotlarda ardışık iki noktada ölçülen düşey deplasman ölçmelerinden iki nokta arasındaki tasman eğimi (ds/L) (Şekil 4)
- Üç noktadaki düşey deplasman ölçmelerinden bu üç nokta arasındaki tasman hareket yönünün

belirlenmesi mümkün olacaktır.



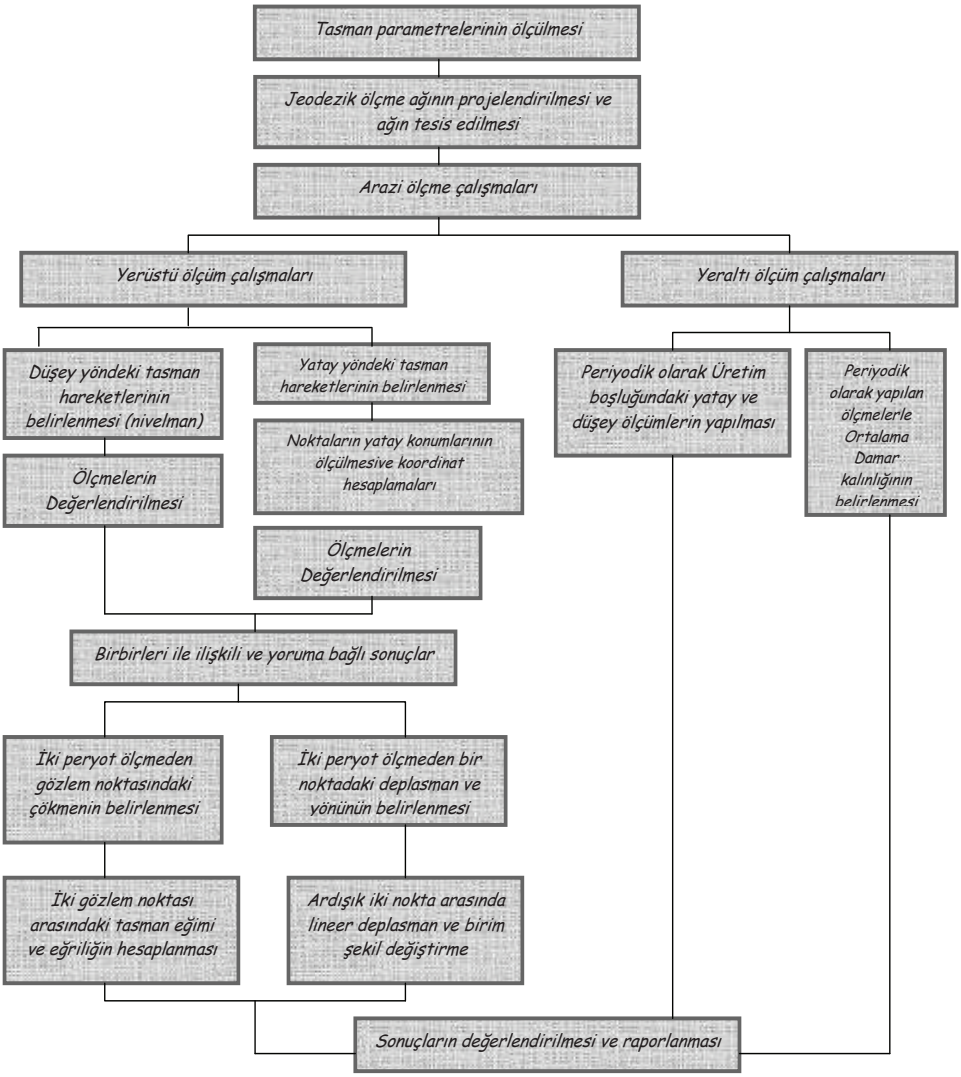
Şekil 4 Madencilik Faaliyetleri Sonrası Oluşan Tasman Eğimi ve Eğriliği(Kuşcu 1985)

4. TASMAN PARAMETRELERİ VE ÖLÇÜM İŞLEMLERİ

Yeraltı ve yerüstü ölçme ağlarında koordinat ve yükseklik birliğinin sağlanması ve diğer başlangıç ölçmeleri dışında tasman hareketlerinin belirlenmesine yönelik olarak yapılan ölçme çalışmaları;

- **Yerüstünde yapılan çalışmalar;**
  - Düşey kaymaların (çökmelerin) ölçülmesi,
  - Yatay kaymaların (deplasmanın) ölçülmesi
- **Yeraltında yapılan ölçmeler;**
  - Üretim boşluğunun gelişmesinin yatay konum ve yükseklik ölçmeleriyle belirlenmesi
  - Ortalama damar kalınlığının belirlenmesi

ile gerçekleştirebilir.(Çizelge 1)



Çizelge 1 Yerüstü ve Yeraltı Tasman Hareketlerinin Belirlenmesi Amacıyla Yapılan Ölçme Çalışmaları

Yerüstü ölçmeleri için muhtemel etki yüzeyi üzerinde, üretim derinliğinin 0.05'i aralıklarla alınan özel sabit ölçme noktaları ile ölçme ağı oluşturulmaktadır. (Kuşcu 1991) Oluşturulan bu ağ tasman hareketinden etkilenmeyen bir bölgedeki sabit noktalardan başlayıp muhtemel etki alanı içerisinden geçmeli ve yine sabit noktalarda son bulmalıdır. Ölçmeler, üretim hızı ile uyumlu olarak 3-6 aylık zaman peryotları ile yapılmalıdır.

5. ZONGULDAK HAVZASI İÇİN TASMAN ARAŞTIRMA ÖLÇMELERİN ÖNEMİ

Madencilik tasmanı üzerinde, çok değişik faktörler etkili olduğundan bölgeden bölgeye havzadan havzaya az ya da çok farklı özellikler göstermektedir. Zonguldak Taşkömür havzası da madencilik tasmanı açısından kendine özgü niteliklere sahiptir. Bu havzada;

- Jeolojik ve tektonik yapı çok bozuktur.
- Bölgedeki damarlar faylarla parçalandığından bu damarlara ulaşım son derece güç olmaktadır. Bunun sonucu olarak üretim zorlaşmakta ve mekanize madenciliğe elvermemektedir.
- Üretim genellikle eğimleri ve kalınlıkları fazla değişken damarlar üzerinde yapılmaktadır.
- Zonguldak Taşkömür havzasındaki Topografik yapı çok engebeli olup araziden yarıdan fazlası %50'nin üzerinde eğime sahiptir.
- Havzanın tamamına yakını, geçmiş yıllarda bölgede yapılan madencilik faaliyetleri sonrasında oluşan artık tasmanın etkisi altındadır.
- Taşkömür havzası yağışlı ve rutubetli bir iklime sahiptir. Zemin sulu katmanlar ihtiva etmektedir. Heyelan ve kaya düşmesi gibi olaylara elverişlidir.

Bu özelliklerin tasman hareketlerinin boyutunun ne derecede etkilediğinin belirlenmesini sağlamak amacıyla tasman ölçüm çalışmaları yapılmalıdır. Diğer yandan,

- Yerleşim alanlarının %75 den fazlasının artık ve aktif tasman etkisi altında bulunması
- Mevcut yerleşim alanlarında zengin rezervlerin belirlenmesi
- Bölgede deniz altı çalışmalarının yapılması
- Tasman bölgesinde bulunan yapıların düzensiz ve gecekondu niteliğinde olması
- Üretim derinliğinin yıldan yıla artması ve tasmandan etkilenen yerleşim bölgelerinin artması
- Eskiden işletilmiş, günümüzde ise üretim yapılmayan ve artık tasman etkisinde bulunan bölgelerin yeniden imara açılması

gibi nedenlerle tasmandan kaynaklanan sorunların gün geçtikçe artması söz konusu olacaktır. Bu sorunların azaltılması ve ortaya çıkan sorunların çözümü için Zonguldak Taşkömür havzasındaki tasman oluşumun özelliklerinin ve yapısının bilinmesine ve tasman ölçmelerine ihtiyaç vardır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Zemindeki tasmandan kaynaklanan hareketler yeraltı üretiminin yapıldığı her bölgede birçok problemlere neden olmaktadır. Tasmandan kaynaklanan sorunların tanımlanması, geometrisinin belirlenmesi ve bu problemlerin azaltılması tasman belirleme ölçümleri ile mümkün hale gelmektedir. Bu tür ölçmelerin planlanıp yürütülmesi ve ham bilgilerin değerlendirilmesi belirli bir zamana, nitelikli işgücü ve donanıma, maddi kaynağa ve maden işletmelerinin desteğine ihtiyaç duymaktadır. Yine bu ölçmelerin sayısal, korelatif ve

yorumsal sonuçlar elde edebilecek deneyimli ve tecrübeli kişilerin sorumluluğunda yapılması ve değerlendirilmesi gerekir.

Yoğun tasman sorunların yaşandığı Zonguldak Taşkömür havzasında da bölgenin özelliklerini yansıtacak ve bu alandaki mevcut bilgilerin bölgeye uygunluklarının test edilmesini sağlayacak niteliklerde tasman araştırma ölçmelerinin yapılması gereklidir. Bu ölçmeler bölgenin tasman sorunlarındaki çözümüne en büyük katkıyı sağlayacak alt yapıyı oluşturacaktır.

Kaynaklar

Arıoğlu, E., Yüksel,A. (1985) *Zonguldak Kömür Havzasında Tasman Yapı Hasarları ve Bunların Değerlendirilmesi,* Madencilik dergisi, Sayı 24/4, Cilt, Aralık 1985

Can E., Kuşcu Ş.(2009) *Taşkömür havzasında eski üretim alanalarının üretime açılması ve potansiyel sorunlar* TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 11-15 Mayıs 2009, Ankara

Kuşcu,Ş. (1985) Zonguldak Kozlu yer altı maden üretim bölgesinde yapılan tasman ölçmeleri ve elde edilen bölgesel sonuçlar *Türkiye Taşkömür kurumu Taşkömür dergisi sayı 7*

Kuşçu, Ş.(1991) Mine Subsidence Monitoring and The Importance Of Subject In Zonguldak Coal Region in Turkey, *FIG International Symposium on Engineering Surveys, Sofia, Bulgaria*

Kratzsch, H. (1983) *Mining Subsidence Engineering*, Springer Verlag, Berlin, III Cilt

Sanşan, M. (1988) *Topografya kitabı*, Türkiye Taşkömürü Kurumu Genel Müdürlüğü, İnsan gücü Eğitim Şube Müdürlüğü Yayını, No:39

RAY HATTI GEOMETRİSİNİN BELİRLENMESİNE YÖNELİK JEODEZİK ÖLÇME SİSTEMİ TASARIMI VE GELİŞTİRİLMESİ

B. AKPINAR[1], E. GÜLAL[2]

[1] Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Ölçme Tekniği Anabilim Dalı, İstanbul, bakpinar@yildiz.edu.tr

[2] Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Ölçme Tekniği Anabilim Dalı, İstanbul, egulal@yildiz.edu.tr

Özet

Günümüzde şehir içi raylı sistemler hızlı, ekonomik, çevre dostu, güvenli ve çağdaş sistemler olmaları dolayısıyla özellikle büyükşehirlerde gittikçe önem kazanmaktadır. Raylı sistemlerin en önemli özelliklerinden biri güvenilir ulaşım aracı olmalarıdır. Bu özelliğin devam ettirilebilmesi, şüphesiz bu sistemlere yapılan düzenli bakımlarla sağlanabilir. Bu bakımlar içinde de deformasyon ölçmeleri önemli yer tutmaktadır.

Günümüzde raylı sistemlerdeki üstyapı elemanlarında meydana gelen deformasyonların belirlenmesi amacıyla klasik jeodezik ölçme yöntemleri, çoğu zaman da basit, kaba ölçme yöntemleri kullanılmaktadır. Klasik jeodezik ölçme yöntem ve ekipmanları ile etkili ve verimli çalışmalar yapılamamaktadır. Mevcut ölçme yöntem ve sistemleri ile yapılan ölçme işlemi çoğu zaman uzun süreler almaktadır.

Bu çalışmada raylı sistemlerdeki jeodezik ölçmelerde hız ve güvenilirliğin sağlanabilmesi amacıyla Y.T.Ü ve İstanbul Ulaşım A.Ş. tarafından İstanbul'daki mevcut raylı sistemler üzerinde uygulamalı AR-GE çalışması kapsamında tasarımı yapılan bir Ölçme Sistemi ile ilgili bilgiler verilmektedir

Anahtar kelimeler: *Ray hattı geometrisi, mühendislik ölçmeleri, GPS, Kalman Filtreleme Tekniği.*

GEODETIC MEASUREMENT SYSTEM DESIGN AND APPLICATION FOR DETERMINING THE RAILWAY GEOMETRY

Abstract

Urban railway systems are being developed especially in metropolises in these days because they are fast, economic, environment friendly, safe and modern transportation systems. One of the most important characteristics of Railway Systems is safety. This characteristic can be continued by only periodical maintenance. Deformation measurements are important phase of this maintenance.

Classical geodetic measurements and usually simple measurement methods are used for determining the railway deformations. Classical geodetic measurement methods and instruments are not effective and productive for deformation measurements on railways. Measurement process with these instruments and methods usually take long time.

A new measurement system in the scope of a project between YTU and Istanbul Ulasim A.S. will be described to provide the fast and reliable measurements in this study.

Keywords: *Railway geometry, engineering measurements, GPS, Kalman Filtering.*

1. Giriş

Günümüzde raylı sistemlerde yaşanan gelişmeler, bu sistemlerin güvenilirliğinin sürdürülebilmesi için düzenli bakım ve kontrol yapılması gereğini de beraberinde getirmektedir. Raylı sistemlerde yapılan bakım ve kontrol işlemleri içinde üstyapı kontrolü önemli bir yer tutmaktadır. Üstyapı üzerinde çeşitli etkilerden dolayı zamanla deformasyonlar meydana gelmektedir. Deformasyonların zamanında tespit edilmesi ve düzeltilmesi raylı sistemlerin güvenilirliği açısından büyük önem taşımaktadır. Deformasyonların tespit edilmesi aşamasında da jeodezik ölçmeler devreye girmektedir.

Günümüzde raylı sistemlerde, özellikle üstyapı bakımında klasik jeodezik ölçmeler yoğun olarak kullanılmaktadır (Ünlütepe, 2005; Tarhan ve Akpınar, 2005; Yılmaz vd, 2007). Ancak raylı sistemlerdeki deformasyonların belirlenmesinde kullanılan klasik jeodezik ölçme yöntemleri, raylı sistemlerde yaşanan gelişmelerle birlikte yetersiz kalmaya başlamıştır. Çünkü bu yöntemler ile kısa bir hattın ölçümü bile uzun süreler almaktadır.

Bu çalışma kapsamında tasarlanan ölçme sistemi ile raylı sistemlerde üstyapı kontrolünde uygulanan klasik jeodezik ölçme sistem ve yöntemlerine alternatif geliştirilmiştir. Tasarlanan yeni sistem ile üstyapı kontrolünde uygulanan ölçme yöntemlerine hız ve güvenilirlik kazandırılması amaçlanmıştır. Hız ve güvenilirliğin yanında yeni ölçme sistemi ile yapılan ölçmeler sonucunda ray hattındaki deformasyon miktarlarının belirlenerek, ray hattına ait düzeltme miktarlarının buraj makinalarında girdi olarak kullanılabilmesi amaçlanmıştır. Bu sayede raylı sistemlerde üstyapı bakım ve kontrolünde otomasyon sağlanması mümkün olacaktır.

Bugüne kadar raylı sistemlerde ray hattı geometrisinin belirlenmesinde uygulanan klasik jeodezik ölçme yöntemleri yerine geçebilecek çalışmalar olmuştur. Bu çalışmalarda ray üzerinde hareket eden bir araç ve araç üzerindeki ölçme donanımları ile ray hattı geometrisi ile ilgili parametrelerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bahntechnik firması tarafından geliştirilen Rhomberg sistemi (Dünisch vd, 2000), Geo++ firması tarafından geliştirilen GnBahn sistemi (Milev ve Gruendig, 2004), Amberg firması tarafından geliştirilen GRP sistemi (Amberg Technologies, 2007) günümüzde farklı firmalar tarafından geliştirilen ölçme sistemlerine örnek olarak verilebilir.

2. Ölçme Sistemi

Bu çalışma kapsamında tasarlanan ölçme sistemi ana gövdesinde malzeme olarak OSB ahşap kullanılmıştır. Kolay işlenebilmesi, montajının rahatlıkla yapılabilmesi, OSB malzemenin suya dayanıklılığı gibi etkenler malzeme seçiminde etkili olmuştur. Şekil 1 de ölçme sisteminin genel görünümü verilmiştir.

Şekil 1. Ölçme sistemi genel görünümü.

Ahşap kullanılarak yapılan ana gövde, iki adet demir profil üzerinde taşınmaktadır. Sistem bu demir profillere bağlanan dört adet flanşlı tekerlek ile ray üzerinde hareket ettirilebilmektedir. Özel olarak üretilen bu tekerlekler sayesinde mantar raylı hatların yanında genellikle tramvay hatlarında bulunan oluklu raya sahip hatlarda da çalışabilmektedir.

Araç üzerine, ray hattında çalışma yapıldığı zaman ray hattı orta ekseni ile çakışık olacak şekilde, 1 m uzunluğunda bir jalon yerleştirilmiştir. Bu jalon ray hattında yapılan ölçmeler sırasında total station ile kullanılan yansıtıcıyı ve özel olarak üretilen bir aparat ile de GPS alıcı antenini taşımaktadır (Şekil 1).

Ölçme sistemi üzerinde ayrıca aracın itilerek sürülmesi amacıyla bir dümen tasarlanmıştır. Bu dümen üzerine sistemi kontrol eden yazılımın yüklü bulunduğu bir dizüstü bilgisayar bulunmaktadır.

Ölçme sistemi ana gövdesi kapaklı yapıda üç bölümden oluşmaktadır (Şekil 2). İlk bölümde algılayıcı sistem bağlantılarının bulunduğu kutu, total station tarafından radyo modem ile gönderilen verilerin bilgisayar ortamına aktarılması sağlayacak bir radyo modem ve eğim ölçer ile LVDT bağlantılarını sağlayan kablolar bulunmaktadır. Ana gövde içindeki ikinci bölümde eğim ölçer bulunmaktadır. İki eksenli eğim ölçerin Y ekseni ray hattı gidiş doğrultusunda, X ekseni gidiş doğrultusuna dik konumda, dever değerlerinin belirlenebilmesi için yanal doğrultuda yerleştirilmiştir. Ana gövdenin alt kısmında ise, ray açıklığının belirlenebilmesi için LVDT bulunmaktadır. Ana gövde içindeki üçüncü bölüm ise ray hattında yapılan ölçmeler sırasında boş bulunmaktadır. Ölçme işlemi bittikten sonra, GPS alıcı anteni ve yansıtıcıyı taşıyan jalon ve aparatı bu bölüme yerleştirilmektedir. Ana gövde üzerine sabitlenen iki adet taşıma tekerleği ile de sistemin bir yerden bir yere kolaylıkla taşınması sağlanmaktadır.