

ERDEK MAREOGRAF İSTASYONU VE ÇEVRESİNDE DENİZ SEVİYESİ VE JEODEZİK ÖLÇÜLER YARDIMIYLA DÜŞEY YER KABUĞU HAREKETLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Coşkun DEMİR
Hasan YILDIZ

ÖZET

Erdek mareograf istasyonu 17 Ağustos (M=7.4) İzmit ve 12 Kasım (M=7.2) 1999 Düzce depremlerinin meydana geldiği Marmara bölgesinde bulunan tek mareograf istasyonudur. Erdek mareograf istasyonu son 17 yıllık aylık deniz seviyesi değerleri (1984-2001) düşey yer kabuğu hareketlerinin belirlenmesi amacıyla analiz edilmiştir. Harmonik analiz metodu ile en küçük karelerle dengelemede modele sadece istatistiksel olarak anlamlı gelgit bileşenleri ve doğrusal bir trend dahil edilerek -9.1 ± 1.0 mm/yıl büyüklüğünde önemli bir kara çökmesini işaret eden bağıl bir deniz seviyesi değişimi bulunmuştur. 1984-2001 dönemi ikiye bölünerek analiz yapıldığında 1984-1989 dönemi için -10.8 ± 4.3 mm/yıl, 1990-2001 dönemi için ise -14.8 ± 1.9 mm/yıl büyüklüğünde relatif deniz seviyesi trend değeri bulunmuştur. 1992 yılından itibaren birisi Erdek mareograf istasyonunu GPS noktası (ERDK) diğeri 3.7 km Erdek ilçesi yönünde bulunan GPS noktası (ERDE) olmak üzere iki farklı noktada yapılan tekrarlı GPS ölçüleri ve GPS noktaları ile mareograf röper noktası arasında yapılan periyodik geometrik nivelman ölçülerinin birlikte analizi sonucunda, 16.1-16.7 mm/yıl düzeyinde deniz seviyesi trendi ile uyuşan bir kara çökmesi tespit edilmiştir.

ABSTRACT

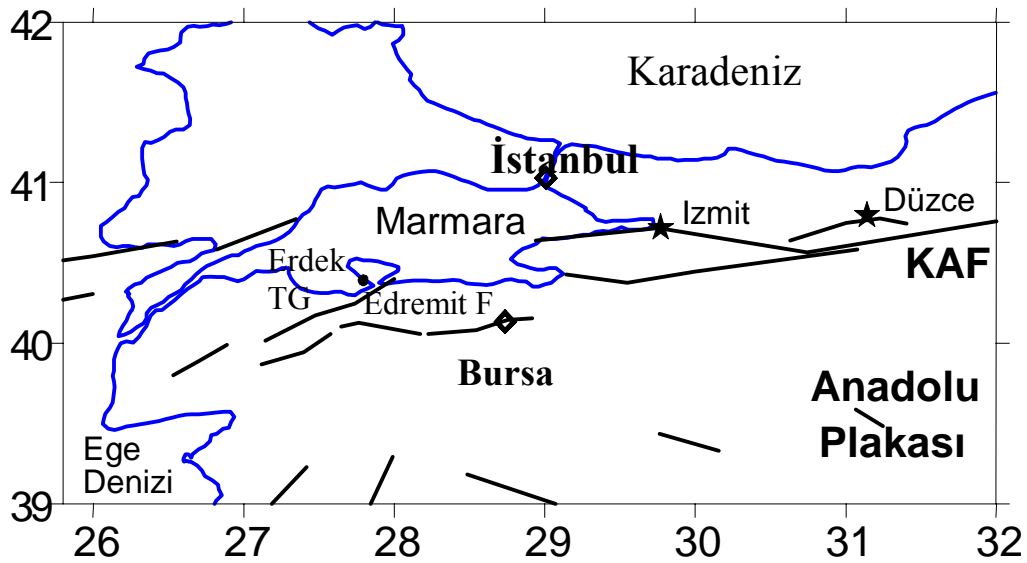
Erdek tide gauge is the unique tide gauge providing relatively longer records in the Marmara Sea region of Turkey where two devastating earthquakes occurred in 1999, one in August 17 (M=7.4) and the other in November 12 (M=7.2). Erdek tide gauge monthly sea level data covering the past 17 years (1984-2001) are analyzed to detect vertical crustal motions in the area. By using harmonic analysis method including only the statistically significant tidal constituents into the least squares fitting model, we found a relative sea level rate of -9.1 ± 1.0 mm/year with no significant acceleration, which points significantly land subsidence in the area. By dividing the 1984-2001 period into two parts, a relative sea level rate of -10.8 ± 4.3 mm/year for the period of 1984-1989 and of -14.8 ± 1.9 mm/year for the period of 1990-2001 are calculated. Analysis of periodic GPS measurements carried out at tide gauge GPS benchmark (ERDK) and at nearby GPS point (ERDE) 3.71 km away from the tide gauge towards to Erdek town and episodic levelling measurements made since 1994, result in land subsidence at the level of 16.1-16.7 mm/year which is in good agreement with sea level trend in the tide gauge area.

1. GİRİŞ

Erdek mareograf istasyonu iki kuyulu (biri dinlendirme diğeri ölçme kuyusu) analog şamandıralı bir deniz seviyesi ölçme sistemi ile 1984 yılı sonlarında kurulmuştur. Kuruluşundan Nisan 1999'a kadar olan dönemde deniz seviyesi ölçüleri haftalık diyagramlara kaydedilmiştir. Nisan 1999'da analog sistem, sayısal ve otomatik mareograf istasyonu sistemi ile değiştirilmiş ve akustik prensiple çalışan deniz seviyesi ölçme sistemi ile yüksek doğruluktaki ve güvenilir deniz seviyesi ölçüleri alınmaya başlanmıştır. Sayısal ve otomatik sistemde, deniz seviyesi değişimleri üzerinde etkili olan

atmosferik basınç, hava sıcaklığı, bağıl nem, rüzgar yön ve hız verileri de sayısal olarak elde edilmektedir. Sayısal ve otomatik mareograf istasyonlarına ilişkin detaylı bilgi Yıldız ve Demir (2001)'de verilmektedir.

Erdek mareograf istasyonu, Anadolu ve Avrasya tektonik plakaları arasındaki sınırı oluşturan Kuzey Anadolu Fayı (KAF)'nın batı uzantısında yer almaktadır (Şekil-1). Bölgedeki deformasyonda Anadolu plakasının batıya doğru hareketi ve Ege bloğunun kuzey-güney yönünde açılması temel rol oynamaktadır. Doğu Anadolu'da Karlıova'dan başlayan ve temel olarak sağa yanal hareket karakteri taşıyan KAF, Mudurnu vadisi batısında oldukça karmaşık bir yapı gösterir. Bu bölgede birbirine paralel üç kola ayrılan KAF, Ege bloğundaki kuzey-güney yönlü açılmanın etkisiyle sağa yanal karakterin yanısıra normal faylanma özelliği de göstermektedir (Crampin ve Üçer,1975; Barka ve Kadinsky-Cade,1988; Taymaz vd.,1991). Erdek mareograf istasyonu, KAF'nın Marmara denizi güney kıyılarına izleyen orta kolu üzerinde Kuzeydoğu-Güneybatı uzanımlı Edremit fayının kuzeyinde bulunmaktadır.



Şekil-1: Marmara Denizi bölgesinde tektonik yapı ve Erdek mareograf istasyonunun konumu. İçi dolu yıldızlar İzmit ve Düzce depremlerinin merkezini işaret etmektedir.

1999 yılında Marmara Denizinin doğusunda meydana gelen iki büyük depremden (17 Ağustos İzmit (M=7.4) ve 12 Kasım Düzce (M=7.2) sonra deprem bölgesinin batısı gelecekteki muhtemel depremler için kritik bir öneme sahip sismik bir boşluk olarak değerlendirilmektedir. 1999 İzmit depremi KAF'nın asıl uzanımının Marmara denizinin ortasından geçen kuzey kol olduğunu ortaya çıkarmıştır. Sismik aktivitesi kuzey kola göre oldukça düşük olan orta kol üzerinde tarihsel süreç içinde önemli bir deprem kaydı bulunmamaktadır.

Son on yıldır, Marmara Denizi bölgesi birçok GPS kaynaklı jeodezik araştırmaların odak noktası olmuştur. Bu çalışmaların en önemlileri arasında Straub (1997) ve Ayhan vd. (2001) gösterilebilir. Temel olarak bölgedeki yatay deformasyonu belirlemeyi amaçlayan bu çalışmalarda, bölgedeki yatay hız alanı ve gerinim birikimi konusunda önemli sonuçlar elde edilmekle birlikte, düşey deformasyonlar konusunda herhangi bir bilgi içermemektedir. Eyidoğan (1987)'de sismik moment

tensörlerinden yararlarla Marmara bölgesinde sismik tabakanın 0.13 mm/yıl hızla incelendiği bulunmuştur. Erdek mareograf istasyonunda elde edilen deniz seviyesi ölçüleri ve diğer jeodezik ölçüler (GPS ve geometrik nivelman), Marmara denizi güneyindeki bu bölgede düşey yer kabuğu hareketlerinin araştırılması açısından ayrı bir önem taşımaktadır.

Mareograf istasyonlarında elde edilen deniz seviyesi ölçüleri karada sabit bir noktaya göre yapıldıkları için hem hacimsel deniz seviyesi değişimleri hem düşey yer kabuğu hareketlerine ilişkin bilgi içermektedir. Mareograf istasyonlarının bulunduğu kara parçalarındaki düşey yer kabuğu hareketlerinden bağımsız olarak mutlak deniz seviyesi değişimlerin belirlemek; yani düşey yer kabuğu hareketlerini deniz seviyesi ölçülerinden arındırmak amacıyla periyodik jeodezik ölçüler kullanılır (Carter vd., 1993; Xu,1990; Baker,1993; IOC, 2000). Diğer taraftan, eğer deniz seviyesi ölçülerinde bulunan uzun periyotlu trend değeri, geçen yüzyılda 1-2 mm/yıl düzeyinde olduğu tahmin edilen global deniz seviyesi değişimine (Emery ve Aubrey, 1991; Douglas,1997) göre oldukça büyük ise mareograf istasyonunda elde edilen deniz seviyesi ölçüleri mareograf istasyonunun bulunduğu platformdaki düşey yer kabuğu hareketlerinin belirlenmesinde kullanılabilir. Ancak, mareograf istasyonları tek başına düşey yer kabuğu hareketlerinin lokal yada bölgesel olduğunu ortaya çıkarmak için yeterli değildir.

Bu çalışmada, Erdek mareograf istasyonu ve çevresindeki düşey yer kabuğu hareketlerinin araştırılması amacıyla aylık deniz seviyesi ölçüleri ve periyodik jeodezik ölçüler (GPS ve Hassas Nivelman) birlikte değerlendirilmiştir. İlk olarak, Erdek mareograf istasyonu saatlik deniz seviyesi ölçülerine kalite kontrol işlemi (ön-analiz) uygulanmış, daha sonra en küçük karelerle dengeleme prensibi ile harmonik analiz metodu kullanılarak aylık deniz seviyesi değerlerinin üç farklı periyodunda deniz seviyesi trendleri hesaplanmıştır. Daha sonra Erdek mareograf istasyonunda gerçekleştirilen periyodik GPS ölçüleri ile mutlak ve periyodik hassas nivelman ölçüleri ile de bağlı düşey yer kabuğu hareketleri belirlenip birleştirilerek mareograf iç röperindeki mutlak düşey yer kabuğu hareketleri belirlenmiştir. Son olarak ise, hem deniz seviyesi ölçülerinin analizinden hem de periyodik jeodezik ölçülerin analizinden elde edilen düşey yer kabuğu hareketleri karşılaştırılarak Kuzey Anadolu Fayının Marmara Denizi güneyinde yer alan bölgede düşey yer kabuğu hareketleri konusunda bilgiler türetilmiştir.

2. DENİZ SEVİYESİ ÖLÇÜLERİNİN KALİTE KONTROLÜ VE DOĞRUSAL DENİZ SEVİYESİ DEĞİŞİMLERİNİN BELİRLENMESİ

Analog şamandıralı deniz seviyesi ölçme sistemi ile elde edilen deniz seviyesi ölçüleri ölçme sistemi ve operatörden kaynaklanan hatalardan dolayı büyük oranda zaman ve datum kayıklıkları içermektedir. Deniz seviyesi ölçüleri güvenilir bir bilimsel analizde kullanılmadan önce mutlaka kalite kontrol işlemine tabi tutulmalı yani zaman ve datum kayıklığı hatalarından arındırılmalıdır (Graff ve Karunaratne, 1980). Bu nedenle, Erdek mareograf istasyonunda analog şamandıralı deniz seviyesi ölçme sistemi ile elde edilen 1984-1998 yılları arasındaki saatlik deniz seviyesi ölçüleri kalite kontrol işlemine tabi tutulmuştur. Bu amaçla Hawaii Üniversitesi'nden 1995 yılında temin edilen SLPRC (Sea Level Processing Center) yazılımı kullanılmıştır(Caldwell, 1998). Kalite kontrol işlemindeki en önemli adım gelgit analizi için yüksek kalitede (zaman ve datum kayıklığı hataları içermeyen) yaklaşık bir yıl uzunluğunda (maksimum 13 ay) saatlik deniz seviyesi ölçülerine sahip olmaktır. Önceki ve gelecek yıllara ait güvenilir kestirilmiş saatlik deniz seviyesi ölçülerinin bulunması için gelgit analizi ile hesaplanan gelgit bileşenlerine ihtiyaç duyulur. Kendi kendini kalibre eden akustik deniz seviyesi ölçme sistemi ile Nisan 1999'dan itibaren toplanan deniz

seviyesi ölçüleri zaman ve datum kayıklığı hataları içermediğinden gelgit analizinde akustik deniz seviyesi ölçme sisteminden elde edilen saatlik deniz seviyesi ölçüleri kullanılmıştır. Ancak öncelikle sayısal ve otomatik mareograf istasyonu akustik deniz seviyesi ölçme sisteminin ölçme datumu analog sistemin ölçme datumuna hassas nivelman ölçüleri yardımıyla kaydırılarak veri sürekliliği ve datum birliği sağlanmıştır.

Erdek mareograf istasyonunda elde edilen Ocak-Aralık 2000 dönemine ait bir yıllık saatlik deniz seviyesi ölçüleri gelgit analizinde kullanılmıştır. Gelgit analizi sonucunda periyodu bir saatten büyük gelgit bileşenlerinin genlik ve faz açıları (harmonik katsayılar) hesaplanmıştır. Hesaplanan harmonik katsayılar ile analog deniz seviyesi ölçme sisteminin çalıştığı döneme ait saatlik deniz seviyesi değerleri kestirilmiştir. Her yıla ait ölçülen ve kestirilen saatlik deniz seviyesi değerleri farkları (ölçülen–kestirilen) hesaplanmıştır. Daha sonra farklar incelenerek analog sisteme ilişkin diyagramlar da göz önünde tutularak zaman ve datum kayıklıklarının büyüklük ve oluş zamanları belirlenmiş ve olabildiğince giderilmeye çalışılmıştır(Caldwell, 1998). Saatlik deniz seviyesi ölçülerindeki zaman ve datum kayıklıklarının giderilmesinden sonra 24 saatten daha küçük olan boşluklar kestirilmiş gelgit metodu kullanılarak doldurulmuştur

Günlük ortalamalar saatlik ortalamalardan iki aşamada hesaplanmış önce baskın olan günlük ve yarım günlük bileşenler kaldırılmış, daha sonra geriye kalan yüksek frekanslı enerjiyi ortadan kaldırmak için 119 noktalı filtre kullanılarak UT=1200 merkezli günlük ortalamalar hesaplanmıştır. Aylık ortalamalar ise günlük ortalamaların basit aritmetik ortalaması alınarak hesaplanmıştır (Caldwell, 1998).

Kalite kontrolü yapılmış aylık deniz seviyesi değerlerinin hesaplanmasından sonra, aylık değerler kullanılarak gelgit bileşenleri ve doğrusal bir trendin yer aldığı (1) eşitliği ile verilen harmonik analiz modeli kullanılarak en küçük karelerle dengeleme prensibi ile Erdek mareograf istasyonunda Ortalama Deniz Seviyesi ve zamana bağlı değişimi belirlenmiştir (Pugh, 1987).

$$h_i = Z_0 + a t_i + \sum_{j=1}^N A_j \cos(\omega_j t_i - \theta_j) \quad (1)$$

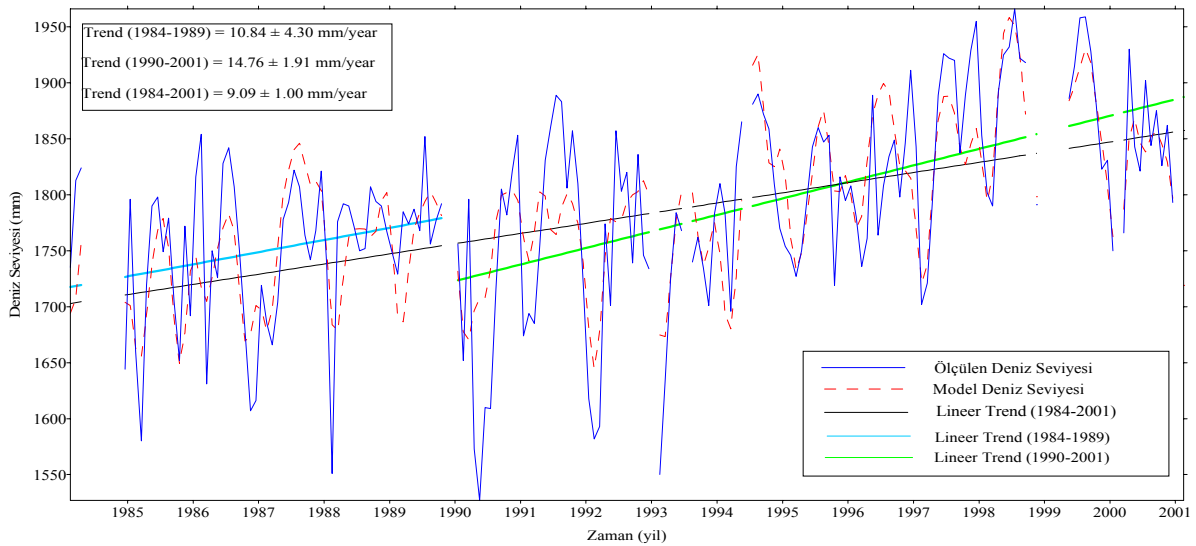
Burada,

h_i	: t_i nci aya ilişkin ortalama deniz seviyesi değeri
t_i	: başlangıç epoğundan itibaren geçen ay sayısı ($i=1,2,\dots,M$)
Z_0	: başlangıç epoğunda ortalama deniz seviyesi
a	: aylık doğrusal trend (mm/ay)
A	: gelgit bileşeninin genliği
ω_j	: gelgit bileşeninin frekansı
θ	: gelgit bileşeninin faz açısı
j	: gelgit bileşenlerinin sayısı
N	: modelde kullanılan anlamlı gelgit bileşenlerinin toplam sayısı
M	: toplam aylık ortalama değeri sayısıdır.

Harmonik analizde, Foreman ve Neufeld (1991)'de verilen 18.6 yıl ve daha büyük saatlik verinin analizinde yer alan gelgit bileşenlerinden periyodu 1 aydan daha büyük olan gelgit bileşenleri seçilmiş ve frekansa (1/ay) dönüştürülmüştür. Elde edilen frekanslar aylık ortalama deniz seviyesi

ölçüleri ile birlikte dengelemeye bilinen olarak alınmış ve ortalama deniz seviyesi, aylık deniz seviyesi trendi ve gelgit bileşeni katsayıları bilinmeyen alınarak en küçük karelerle dengeleme ile hesaplanmıştır. Dengelemeden sonra tüm bilinmeyenler $1-\alpha = 0.90$ istatistiksel güven düzeyinde anlamlılık testine (t-testi) tabi tutulmuştur (Koch, 1987). Bu teste eğer bir gelgit bileşeninin iki katsayısı da anlamsız bulunmuşsa ilgili bileşenin aylık deniz seviyesi ölçülerinin modellenmesinde anlamsız olduğu sonucuna varılarak frekans listesinden atılmıştır. Eğer gelgit bileşeni katsayılarından birisi anlamlı diğeri anlamsız bulunmuşsa o gelgit bileşeni anlamlı ve aylık deniz seviyesi ölçülerinin modellenmesinde etkili olarak kabul edilmiş ve modelde bırakılmıştır. Bu işlem anlamlı gel-git bileşenleri bulununcaya kadar iteratif olarak uygulanmıştır.

Harmonik analiz üç farklı dönemdeki aylık deniz seviyesi değerlerine uygulanmıştır. 1984-2001 dönemindeki doğrusal deniz seviyesi değişimi 9.1 ± 1.0 mm/yıl olarak bulunmuştur. 1984-2001 dönemini ikiye bölerek yapılan analiz neticesinde 1984-1989 döneminde 10.8 ± 4.3 mm/yıl 1990-2001 döneminde ise 14.8 ± 1.9 mm/yıl büyüklüğünde doğrusal deniz seviyesi değişimleri bulunmuştur. Sözü edilen üç döneme ilişkin elde edilen sonuçlar Şekil-2'de gösterilmektedir.



Şekil -2: Erdek mareograf istasyonu 1984-2001, 1984-1989 ve 1990-2001 dönemine ait aylık deniz seviyesi ölçülerinin harmonik analiz sonuçları

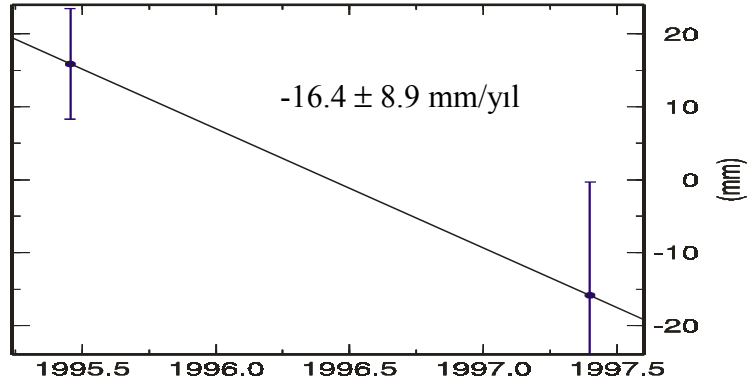
3. PERİYODİK JEODEZİK ÖLÇÜLERİN ANALİZİ VE DÜŞEY YER KABUĞU HAREKETLERİNİN BELİRLENMESİ

Erdek mareograf istasyonu bölgesinde iki farklı GPS noktası bulunmaktadır. ERDK noktası GPS mareograf noktası olup mareograf istasyonunun 70 m yakınındadır. ERDE noktası ise Erdek mareograf istasyonundan Erdek ilçesi yönünde 3.71 km. uzaklıktadır. Bu iki GPS noktasında bu güne kadar yapılan GPS ölçüleri Tablo 1'de verilmektedir. Ölçü yapılan yıl x işareti ile gösterilmektedir.

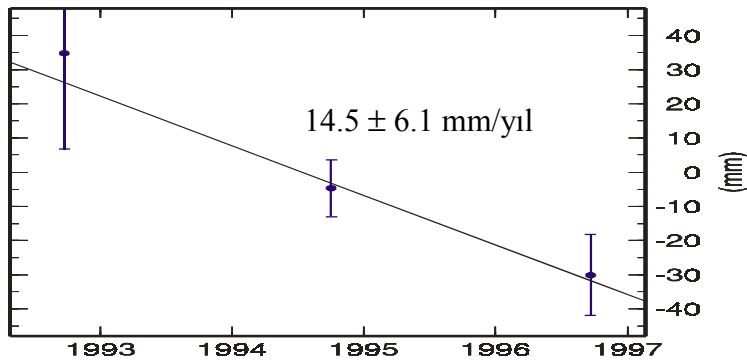
Tablo-1: Erdek mareograf istasyonu ve çevresinde yapılan periyodik GPS ölçüleri

Yıl	ERDE	ERDK
1992	x	
1993		
1994	x	
1995		x
1996	x	
1997		x

GPS kampanyaları Uluslararası Jeodinamik Servisinin (IGS) ürünleri kullanılarak ve EUREF alt-komisyonu tarafından önerilen stratejileri izlenerek Bernese yazılımı versiyon 4.0 (Rothacher and Mervart, 1996) ile değerlendirilmiştir (Kahveci ve Türkezer, 1997; Kılıçoğlu, 1998). Gevşek zorlamalı SINEX çözümleri ITRF96'da GLOBK yazılımı ile birleştirilmiştir (Herring, 1997). Birleştirmede referans sistemi sabitlemesi için seçilen IGS noktalarının (ANKR, ONSA, MATE, WTZR, GRAZ) ITRF96 sisteminde koordinat ve hızları için 1 mm zorlama uygulanmıştır. Yapılan birleştirme sonucunda, GPS noktalarındaki elipsoid yükseklik değişiminden Erdek mareograf istasyonuna yakın olan ERDK GPS noktasının 16.4 ± 8.9 mm/yıl hızla (Şekil-3) daha uzaktaki ERDE GPS noktasının ise 14.5 ± 6.1 mm/yıl hızla (Şekil-4) çöktüğü belirlenmiştir.



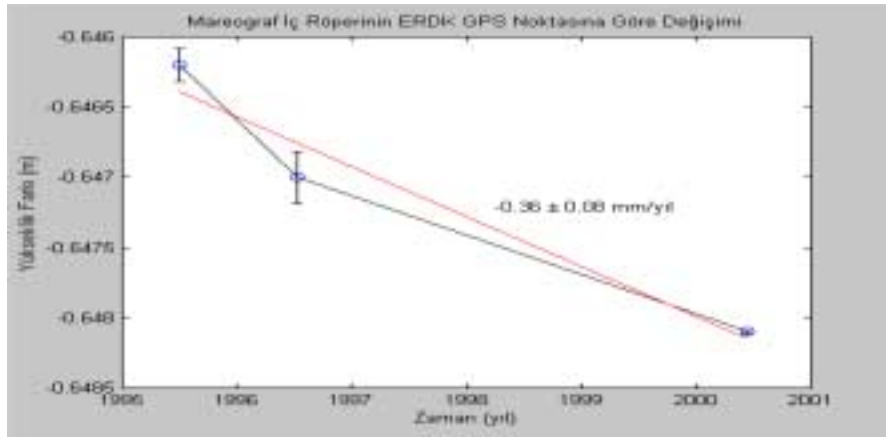
Şekil-3: ERDK GPS noktasında elipsoid yüksekliği değişimi



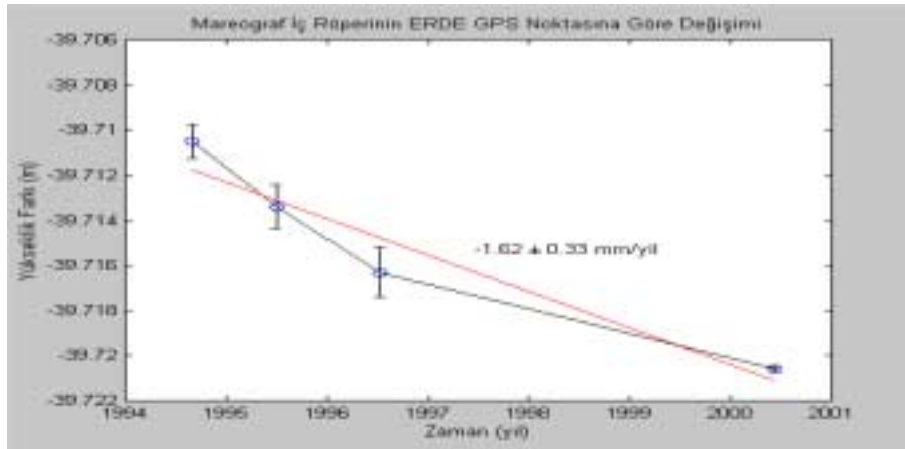
Şekil-4: ERDE GPS noktasında elipsoid yüksekliği değişimi

GPS noktalarındaki elipsoid yüksekliği değişimleri noktaların mutlak yükseklik değişimini vermektedir. GPS ölçülerinden bulunan düşey yer kabuğu hareketlerini Erdek mareograf istasyonundaki deniz seviyesi trendi ile karşılaştırmak için GPS noktaları ile mareograf iç röperi arasındaki bağlı yükseklik değişimi periyodik hassas nivelman ölçüleri ile kontrol edilmektedir.

Periyodik hassas nivelman ölçülerinin değerlendirilmesi sonucunda mareograf iç röperinin ERDK GPS noktasına göre bağlı yükseklik değişimi -0.36 ± 0.08 mm/yıl (Şekil-5), ERDE GPS noktasına göre bağlı yükseklik değişimi ise -1.62 ± 0.33 mm/yıl (Şekil-6) olarak bulunmuştur. Bu sonuçlar Erdek mareograf istasyonu binasının her iki GPS noktasına göre GPS noktalarındaki mutlak çökmeye ek olarak bağlı olarak ta çöktüğünü göstermektedir.



Şekil-5: Mareograf iç röperinin ERDK GPS noktasına göre bağlı yükseklik değişimi



Şekil-6: Mareograf iç röperinin ERDE GPS noktasına göre bağlı yükseklik değişimi

GPS noktalarındaki mutlak yükseklik değişimi ile GPS noktaları ile mareograf iç röperi arasındaki bağlı yükseklik değişimi birleştirildiğinde mareograf istasyonu binasındaki mutlak çökme, ERDE GPS noktasındaki mutlak değişime göre -16.1 ± 6.1 mm/yıl, ERDK GPS noktasındaki mutlak değişime göre -16.8 ± 8.9 mm/yıl olarak bulunmuştur.

Erdek mareograf istasyon binasındaki mutlak çökmenin iki ayrı noktadan hesaplanan değerleri arasında bulunan 0.7 mm farklılığın ölçülerin hata kriteri içinde değerlendirilmektedir. Sonuç olarak, periyodik GPS ve hassas nivelman ölçülerinin birlikte analizi, Erdek mareograf istasyonunda ve çevresinde büyük miktarda kara çökmesi olduğunu işaret etmektedir. Diğer taraftan, deniz seviyesi ölçülerinin periyodu 16 yıl gibi kısa olarak değerlendirilmekle birlikte üç farklı dönemdeki aylık deniz seviyesi değerlerinin harmonik analizinden hesaplanan belirgin deniz seviyesi trendleri bölgedeki düşey yer kabuğu hareketini doğrulamaktadır. Özellikle periyodik jeodezik ölçülerin yapıldığı zaman aralığına en yakın olan 1990-2001 dönemi deniz seviyesi trendi (14.8 ± 1.9 mm/yıl) periyodik jeodezik ölçülerle bulunan mareograf istasyonu binasındaki mutlak çöküş ile oldukça tutarlıdır.

4. SONUÇLAR

Erdek mareograf istasyonu aylık deniz seviyesi ölçüleri ile periyodik GPS ve geometrik nivelman ölçülerinden Erdek mareograf istasyonu ve çevresinde 14-16 mm/yıl seviyesinde oldukça büyük bir düşey kabuk hareketi olduğu iki farklı teknikle belirlenmiştir. Erdek mareograf istasyonu ve 3.7 km uzaklıkta bulunan GPS noktasında birbirine paralel sonuçlar elde edilmesi, düşey yer kabuğu hareketinin, sadece mareograf istasyonunun bulunduğu alandaki lokal bir hareket değil, daha geniş bir alanda etken olduğu sonucunu doğurmaktadır. Buna göre, Kuzeybatı-Güneydoğu yönünde uzanan Edremit fayı kuzeyinde yer alan Kapıdağı yarımadası fayın güneyine göre büyük oranda çökme göstermektedir. Bu değer Marmara bölgesindeki normal faylanma karakteri ile uyumla birlikte düşey hareketin oldukça büyük değerlere ulaşması, bu bölgede ayrıntılı araştırmaya ihtiyaç olduğunu göstermektedir. Bölgede daha geniş bir alanda yapılacak periyodik GPS ölçülerinin Erdek bölgesinin ve Marmara Denizi güneyindeki bu bölgenin tektonik yapısını daha ayrıntılı bir şekilde ortaya çıkaracaktır. Erdek mareograf istasyonunda ikinci epok mutlak gravite ölçülerinin yapılarak GPS'e alternatif bir teknikle bölgede tespit edilen büyük orandaki kara çökmesinin doğrulanmasının faydalı olacağı değerlendirilmektedir.

KAYNAKLAR

- /1/ Ayhan, M.E., Demir, C., : Bull. Seis. Soc. of America, 2001.(Baskıda)
Lenk,O., Kiliçoğlu, A.,
Altiner, Y., Barka, A.A.,
Ergintav, S., Ozener, H.
- /2/ Baker, T.F. : Absolute Sea Level Measurements, Climate Change and Vertical Crustal Movements, Global and Planetary Change, (8), pp: 149-159, 1993.
- /3/ Barka,A.A.,Kadinsky-Cade : Strike-slip fault geometry in Turkey and its influence on earthquake activity, Tectonics, 7, pp.663-684,1988.
- /4/ Caldwell, P. : Sea Level Data Processing Software on IBM PC Compatible Microcomputers. Version 3.0 (Year 2000 Compliant) National Oceanographic Data Center and University of Hawaii Sea Level Center, Honolulu, Hawaii, 1998.

- /5/ Carter,W.E,Aubrey, D.G. : Geodetic Fixing of Tide Gauge Bench Marks, in Woods Baker,T., Boucher, C., LeProvost, C., Pugh, D., Peltier, W., Zumberge,M. Rapp, R., Schutz,B., Emery,K.,Enfield,D. : Hole Oceanographic Institution Technical Report, WHOI-89-31- 1989.
- /6/ Crampin,S., B.Üçer : The Seismicity of the Marmara Sea Region of Turkey, Geophys. J. R. Astr.Soc., No.40, pp.269-288, 1975.
- /7/ Douglas, B.C. : Global Sea Level Rise: A Redetermination, Surveys in Geophysics 18: 279-292, 1997.
- /8/ Emery., K.O., Aubrey, D.G. : Sea Levels, Land Levels, and Tide Gauges, Springer-Verlag, Newyork, 1991.
- /9/ Foreman, M.G.G., Neufeld, E.T. : Harmonic Tidal Analyses of Long Time Series, International Hydrographic Review, Monaco LXVIII(1), pp: 85-109, 1991.
- /10/ Graff, J., Karunaratne, A. : Accurate Reduction of Sea Level Records, Int.Hyd. Review, LVII (2), 1980.
- /11/ Herring, T.A. : GAMIT/GLOBK Kalman Filter VLBI and GPS Analysis Program, Version 4.1. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, 1997.
- /12/ IOC : Manual On Sea Level Measurement And Interpretation: Reappraisals and Recommendations as of the Year 2000, Manual and Guides UNESCO, IOC, Paris 14(3), 57 pp., 2000.
- /13/ Kahveci, M., A.Türkezer : Processing Results of the Turkey Subnetwork of the EUVN97 GPS Campaign (Basılmamış).
- /14/ Kılıçoğlu, A. : Marmara Bölgesinde 1992-1994-1996 yıllarında yapılan GPS ölçülerinin Değerlendirilmesi ve Birleştirilmesi. Hrt.Gn.K.lığı İç Rapor. No:JEOf-98-2
- /15/ Koch, K.R. : Parameter Estimation and Hypothesis Testing in Linear Models, Springer-Verlag, Newyork, 1987
- /16/ Pugh, D.T. : Tides, Surges and Mean Sea Level, John Wiley and Sons Ltd. Wiley, Chichester, 472 pp., 1987.

- /17/ Straub, C. : Recent Crustal Deformation and Strain Accumulation in the Marmara Sea Region, N.W. Anotolia, inferred from GPS Measurements, Ph.D. Thesis, Institute for Geodesy and Photogrammetry, Zürich, 1996.
- /18/ Taymaz, T., J.Jackson, D.McKenzie : Active Tectonics of the north and central Agean Sea, Geophys. J.Int. No.106, pp. 433-490, 1991.
- /19/ Xu, P.L., : Monitoring Sea Level Rise Delft University of Technology Reports of the Faculty of the Geodetic Engineering, 90.1, 1990.
- /20/ Yıldız, H., Demir C. : Digital and Automatic Tide Gauges with Acoustic Sea Level Sensors and Meteorological Systems in Turkey, Book of Extended Abstracts, pp: 21-24, COST Action 40 European Sea Level Observing Sysytem (EOSS) Final Workshop Sea Level in Europe: Observation, Interpretation and Explotation, Dubrovnik, Croatia, 2001