

**DOĞU AKDENİZ'DE UYDU ALTİMETRE VERİLERİ İLE DENİZ SEVİYESİ  
DEĞİŞİMLERİNİN ARAŞTIRILMASI**  
(INVESTIGATION OF SEA LEVEL VARIATIONS IN THE EASTERN  
MEDITERRANEAN SEA BY USING SATELLITE ALTIMETRY DATA)

**Mehmet SİMAV<sup>1</sup>, Hasan YILDIZ<sup>1</sup>, Ersoy ARSLAN<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Harita Genel Komutanlığı, Ankara

<sup>2</sup>İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, İstanbul  
mehmet.simav@hgk.mil.tr

**ÖZET**

Doğu Akdeniz'de 1992-2005 döneminde mevsimsel, yıllar arası ve uzun dönemli ortalama deniz seviyesi (ODS) değişimleri uydu altimetre deniz seviyesi anomalileri (DSA), deniz yüzeyi sıcaklık anomalileri (DYSA) ve mareograf aylık ODS verileri kullanılarak araştırılmıştır. Doğu Akdeniz'e homojen olarak dağılmış 992 altimetre grid noktasında hesaplanan ODS'deki yıllık ve altı aylık mevsimsel değişimlerin genlikleri sırasıyla 3.0-16.6 cm ve 1.8-3.2 cm arasında bulunmuştur. En düşük genlik değerleri Marmara Denizi'nde gözlenirken en yüksek değerler ise Girit bölgesinde gözlenmiştir. Mevsimsel deniz seviyesi değişimleri en yüksek değerine Ekim-Kasım, en düşük değerine ise Mart-Nisan aylarında ulaşmaktadır. Fazlar genel olarak enleme bağlı bir artış göstermekte ve Doğu Akdeniz'in kuzey ve güneyi arasında 2 aylık bir faz farkı vardır. Doğu Akdeniz'de 1999 ortalarında DSA ve DYSA trendlerinde anlamlı bir değişim gözlenmiş, söz konusu bu değişim bağımsız mareograf verileri ile doğrulanmıştır. 1999 ortalarından önce yükselen DSA ve DYSA trendleri bu tarihten sonra düşüşe geçmiştir. Doğu Akdeniz'de yıllar arası ODS değişimlerinin konumsal ve zamansal karakterini araştırmak amacıyla, DSA ve DYSA grid noktalarındaki doğrusal trendi ve mevsimsel değişimleri çıkarılmış DSA ve DYSA verilerine Deneyisel Ortogonal Fonksiyon (DOF) analizi ve spektral analiz uygulanmıştır. Doğu Akdeniz deniz seviyesindeki toplam değişimin % 46.4'nü açıklayan DSA birinci temel bileşen zaman serisi ile deniz yüzeyi sıcaklığındaki toplam değişimin %10'unu açıklayan DYSA ikinci temel bileşen zaman serisinde periyodu 10.3 yıl olan ortak bir periyodik sinyal tespit edilmiştir. Akdeniz'de yapılan önceki araştırmalardan ve de bu çalışmadaki sonuçlardan Doğu Akdeniz'de 1992-2005 dönemindeki yıllar arası ODS değişiminin büyük oranda deniz yüzeyi sıcaklığındaki yıllar arası değişimlerden kaynaklandığı değerlendirilmektedir. Uydu altimetre DSA'larının harmonik analizi, 1992-2005 döneminde Doğu Akdeniz genelinde ve dolayısıyla Türkiye'nin Doğu Akdeniz ve Marmara Denizi kıyılarında uzun dönemli ODS'nin 4-7 mm/yıl hızla yükseldiğini işaret etmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Doğu Akdeniz, uydu altimetre, deniz seviyesi değişimleri, deneyisel ortogonal fonksiyon (DOF) analizi, spektral analiz.

**ABSTRACT**

Seasonal, inter-annual and long term mean sea level (MSL) variations in the Eastern Mediterranean Sea during 1992-2005 period are investigated by using satellite altimetry sea level anomalies (SLA), sea surface temperature anomalies

(SSTA) and tide gauge monthly MSL data. The amplitudes of annual and semi-annual seasonal MSL variations determined at 992 altimetry grid points scattered homogenously along the Eastern Mediterranean Sea are found to be 3.0-16.6 cm and 1.8-3.2 cm respectively. Lowest amplitudes are observed at the Sea of Marmara whereas the largest ones are observed at Crete region. Seasonal MSL variations reach to its maximum in October-November and to its minimum in March-April. Phase angles are increasing depending on latitudes, and a two-month phase difference can be seen between the northern and the southern part of the Eastern Mediterranean Sea. A significant change is observed in the SLA and SSTA trends along the Eastern Mediterranean Sea that took place in mid-1999 which has been corroborated by independent tide gauge data. The increasing SLA and SSTA trends begin to decline after mid-1999. In order to investigate the spatial and temporal characteristics of inter-annual MSL variations in the Eastern Mediterranean Sea, Empirical Orthogonal Function (EOF) and spectral analysis is applied to the detrended and deseasoned SLA and SSTA data at SLA and SSTA grid points. A periodical signal having a period of 10.3 year is detected in the time series of SLA first principal component explaining % 46.4 of the total variation of sea level and in the time series of SSTA second principal component explaining % 10 of the total variation of sea surface temperature in the Eastern Mediterranean Sea. Inter-annual variability of the Eastern Mediterranean sea level during the period 1992-2005 is mostly originated by inter-annual sea surface temperature variations according to the results of this study and the recent investigations in the Mediterranean Sea. Harmonic analysis of satellite altimetry SLAs indicate that long term MSL along the Eastern Mediterranean accordingly Sea of Marmara and Eastern Mediterranean coasts of Turkey is rising with a rate of 4-7 mm/yıl during 1992-2005 period.

**Key Words:** Eastern Mediterranean Sea, satellite altimetry, sea level changes, empirical orthogonal function (EOF) analysis, spectral analysis.

## 1. GİRİŞ

İklim değişimlerinin en önemli göstergelerinden birisi olan uzun dönemli ortalama deniz seviyesi (ODS) değişimleri; depremler, volkanlar, kasırgalar vb. olağanüstü jeofizik olgular ile karşılaştırıldığında insanoğluna daha az zarar verici bir olgu olarak gözükse de, dünya nüfusunun yaklaşık %50'sinin yaşadığı ve dünyanın en büyük 20 kentinin yer aldığı kıyı alanlarındaki ekosistem ve yaşam üzerinde olumsuz etkileri bulunmaktadır (Douglas, 2001). (Leatherman, 2001) ODS yükselmesinin fiziksel etkilerini; düşük kotlu arazilerin su altında kalması, plaj ve sahil erozyonları, yeraltı ve yüzey sularının tuzlanması, yüksek su seviyesi gözlemleri ile fırtına ve sel tahribatının artması şeklinde beş temel başlık altında özetlemiştir. (Karaca ve Ünal, 2003) tarafından Türkiye'yi çevreleyen denizlerdeki deniz seviyesinin 1 m yükselmesi senaryosuna göre Türkiye kıyılarındaki etki incelenmiş ve özellikle bunun yerleşim alanlarına ve ekonomiye yansımaları irdelenmiştir. Sonuç olarak bu düzeyde bir deniz seviyesi yükselmesinin Türkiye'nin Gayri Safi Millî Hâsılasının yaklaşık %10'u kadar bir kayba neden olacağı değerlendirilmiştir.

Deniz seviyesi ölçüleri yüzyılı aşkın bir süredir deniz kıyılarına ve adalara kurulmuş mareograf istasyonlarında yersel tekniklerle yapılmaktadır ve geçen yüzyılda uzun dönemli ODS değişim miktarının belirlenmesi konusunda temel bilgi kaynağı mareograf istasyonlarındaki deniz seviyesi ölçülerinden elde edilmiştir. (Douglas, 2001) ve (Peltier, 2001)'e göre; veri uzunlukları 50 yıldan daha fazla, tektonik olarak aktif olmayan bölgelere dağılmış ve Buzulsal İzostatik Dengelenme (Glacial Isostatic Adjustment-GIA) düzeltilmesi getirilmiş mareograf istasyonu verilerine göre global ODS yirminci yüzyılda  $1.84 \pm 0.35$  mm/yıl hızla yükselmiştir. Bu değer birçok araştırmacı tarafından da doğrulanmıştır. (Holgate ve Woodworth, 2004) dünya geneline dağılmış ve 13 bölgeye ayrılmış 177 mareograf istasyonu verisi kullanarak 1950-2000 dönemi için  $1.7 \pm 0.4$  mm/yıllık, (Church, vd., 2004) TOPEX/Poseidon (T/P) uydu altimetre ve mareograf verisi kullanarak aynı dönem için  $1.8 \pm 0.3$  mm/yıllık bir ODS yükselme hızı belirlemiştir. (Douglas, 1992) ve (Woodworth, 1990) mareograf verilerinden yirminci yüzyıl için anlamlı bir deniz seviyesi yükselme ivmelenmesi tespit edememiş olmasına rağmen, (Church ve White, 2006) tarafından 1870-2000 dönemi için  $0.013 \pm 0.006$  mm/yıl<sup>2</sup> lik küçük bir ivmelenme hesaplamıştır. Eğer bu ivme sabit kalırsa global ODS'nin (Church, vd., 2001)'de verilen tahminlerle tutarlı bir biçimde 2100 yılında 1990 yılındaki seviyesine göre 28-34 cm daha yükseleceği ifade edilmektedir (Church ve White, 2006).

Yapay uyduların gelişmesine paralel olarak 1970'lerden sonra uydu altimetresi deniz seviyesi ile ilgili araştırmalarda kullanılmaya başlanmıştır. Özellikle 1992 yılından sonra T/P uydusu ile uydu yörünge belirleme, uydu izleme tekniklerindeki gelişmeler ve altimetre ölçülerini etkileyen çok çeşitli hata kaynaklarının giderilmesi ile yüksek hassasiyette altimetre mesafe ölçümü (~2 cm) ve deniz yüzeyi yükseklik verileri elde edilmeye başlanmıştır (Fu ve Cazenave, 2001; İmre, 2005). Uydu altimetresi ile sağlanan bu hassasiyet ile günümüzde deniz seviyesi değişimleri rahatlıkla izlenebilmektedir (Cazenave, vd., 1999; Nerem ve Mitchum, 2001).

Mareograf verileri ile geçen yüzyıl için belirlenen global ODS yükselme hızı; (Church, vd., 2004), (Cazenave ve Nerem, 2004), (Leuliette, vd., 2004), (Nerem ve Mitchum, 2002), (Cabanès, vd., 2001) tarafından uydu altimetre verileri kullanılarak 1992-2005 dönemi için belirlenen ortalama 3 mm/yıllık hızdan daha küçüktür. Altimetre ile son on yılda bulunan global ODS hızı ile mareograflardan bulunan hızlar arasındaki bu fark (Holgate ve Woodworth, 2004) tarafından araştırılmıştır. Bu amaçla (Holgate ve Woodworth, 2004), son on yıl için mareograflardan elde edilen hızların altimetreden elde edilen hızlarla tutarlı olup olmadığı ve son on yıldaki ODS hızının, tarihsel dönemdeki diğer on yıllarda gözlenen hızlardan anlamlı bir biçimde yüksek olup olmadığı sorularına cevap aramıştır. Sonuç olarak son on yılda kıyıda ki mareograf istasyonlarında belirlenen ODS hızlarının, sadece mareograflara en yakın altimetre grid noktalarında belirlenen hızlarla tutarlı ancak açık okyanustaki altimetre grid noktalarında belirlenen hızlarla tutarsız olduğu ifade edilmiş, kıyılardaki deniz seviyesinin açık okyanusa göre daha hızlı yükseldiği belirlenmiştir. Ayrıca, deniz seviyesinin 1990'lardan sonraki on yıllık dönemde, geçen yüzyılın son yarısı içerisindeki on yıllara nazaran en hızlı yükseldiği dönem olduğu, 1990'lardaki artan ODS hızının Akdeniz ve Karadeniz kıyılarında da gözlemlendiği ifade edilmiştir.

(Nerem, vd., 2006) tarafından, uydu altimetre ölçüleri ile belirlenen ve mareograflardan elde edilen global ortalamadan daha yüksek olan son dönemdeki bu hızın, gelecek yıllarda da devam edip etmeyeceği, bunun (Church ve White, 2006) tarafından ifade edildiği gibi bir ivmelenmeyi yansıtıp yansıtmadığı veya on yıllar arası bir değişim ile ilişkilendirilebilecek kısa dönemli bir olgu mu olduğunun tam olarak bilinmediği ifade edilmiş, günümüzdeki deniz seviyesi yükselmesinin en önemli sebebi olarak okyanus sıcaklığındaki artış ile Grönland ve Antartika'daki buzul erimelerindeki artışın birleşiminden kaynaklandığını değerlendirilmiştir.

(Douglas, 1992) global olarak dağılmış mareograf istasyonu verilerinin analizi sonucunda, ODS hızlarının kıyılardan kıyalara değişiklik gösterdiğini dolayısıyla kıyı alanlarında bölgesel değişimler olduğunu ifade etmiştir. Tüm dünyayı kapsayan uydu altimetre verilerinin analizi sonucunda, kıyılardaki bölgesel değişimler gibi açık okyanusta da deniz seviyesi değişimlerinin aynı olmadığını bölgesel farklılıkların olduğu (Cazenave ve Nerem, 2004) ve (Nerem, vd., 2006) tarafından ifade edilmektedir. (Nerem, vd., 2006) tarafından bölgesel ODS hız farklılıklarının temel nedeni olarak termal genişlemenin bölgeden bölgeye farklı şekilde değişimi gösterilmektedir. Türkiye'nin uzun kıyılarının bulunduğu Akdeniz'de ODS değişimleri ile ilgili literatürde yer alan bazı çalışmalar ve sonuçları aşağıda özetlenmiştir.

(Tsimplis ve Spencer, 1997) 30 yıldan daha fazla veriye sahip 8 mareograf istasyonu kullanarak Akdeniz ve Karadeniz'de yaptıkları çalışmada Akdeniz'de ODS hızının -0.7-2.2 mm/yıl arasında değiştiğini, ODS'deki yıllık mevsimsel değişimlerin genliklerinin Akdeniz genelinde 10 cm'den daha az olduğunu en yüksek değerlere ise Girit bölgesinde ve Karadeniz'de rastlandığını ifade etmiştir.

(Tsimplis ve Baker, 2000) mareograf verileri ile Akdeniz'de yaptıkları çalışmada, ODS'nin Akdeniz'de 1960'a kadar 1.2-1.5 mm/yıl hızla yükseldiği, 1960'dan sonra ise -1.3 mm/yıl hızla düştüğünü ve söz konusu bu düşüşün 1990'lara kadar devam ettiğini ifade etmiştir. (Tsimplis ve Baker, 2000)'e göre Akdeniz'de 1960'lardan sonra ODS'de gözlenen düşüş, Akdeniz'e komşu olan Atlantik ve Karadeniz'de gözlenmemiştir. Atlantik ve Karadeniz'de 1960'dan önce sırasıyla 1.8 mm/yıl ve 2.2 mm/yıl olan ODS hızları 1960'lardan sonra Atlantik'te 1.0-1.2 mm/yıl'a düşmüş, Karadeniz'de ise bir değişiklik meydana gelmemiştir. Akdeniz'deki deniz seviyesi hızlarındaki değişimin Akdeniz'in derin sularındaki tuzluluk ve sıcaklık değişimlerinden kaynaklandığı ifade edilmiştir.

(Tsimplis ve Josey, 2001) Akdeniz'deki 1960'lardan sonra ODS'deki düşüşün önemli bir kısmının, Kuzey Atlantik Salınımı (North Atlantic Oscillation-NAO) indisinin 1960-1990 yılları arasında negatiften pozitifte doğru değişmesi ve bunun ODS üzerindeki ters barometre etkisinden kaynaklandığını ifade etmiştir. Kuzey Atlantik Salınımı, tropikal bölgedeki Azores yüksek basınç sistemi ile kutup bölgesindeki İzlanda alçak basınç sistemi arasındaki yüzey basınç farkıdır ve büyüklük olarak salınım indisi ile tanımlanır. Yüzey basınç farklarının yarattığı rüzgâr ve fırtınalar neticesinde NAO'nun, Kuzey Atlantik ve çevre bölgelerde hava ve iklim üzerinde büyük etkisi vardır.

(Tsimplis ve Rixen, 2002) ise Doğu Akdeniz’in üst su tabakasının (400 metreye kadar olan kısmı) 1960 ile 1990’lar arasında soğuduğunu bunun sonucunda da sterik (sıcaklık ve tuzluluk kaynaklı) deniz seviyesinin düştüğünü ve 1993’den sonra ise bu oluşumun tersinin gerçekleştiği ve sterik deniz seviyesinin yükseldiğini ifade etmektedir.

(Cazenave, vd., 2002) tarafından, 1993-1999 dönemine ait 7 yıllık T/P altimetre verisi kullanarak yapılan çalışmada, ODS’nin Akdeniz’de  $7.0 \pm 1.5$  mm/yıl, Karadeniz’de ise  $27.0 \pm 2.5$  mm/yıl hızla yükseldiği, Karadeniz’de gözlenen deniz seviyesi hızlarının Akdeniz’e oranla daha homojen bir yapı sergilediği ifade edilmiştir. Akdeniz’in İyon Denizi dışında genel bir yükseliş içerisinde olduğunu, bu bölgede ise düşmekte olduğunu, Levantin Baseninde ODS’nin 20-30 mm/yıl hızla yükseldiği ifade edilmiştir. Bu dönem içerisinde uydu altimetre DSA’ları ile DYSA’lar arasında yüksek bir korelasyon bulunmuş ve bu yükselişin üst su tabakasındaki sıcaklık artışı ile ilintili olabileceği sonucuna varılmıştır. (Cazenave, vd., 2002) tarafından ayrıca Akdeniz’de ODS’deki yıllık mevsimsel değişimlerin genlikleri Akdeniz genelinde 10 cm’den daha az ve en yüksek değerleri ise  $5^{\circ}\text{E}$ ,  $16^{\circ}\text{E}$ ,  $27^{\circ}\text{E}$  boylamları merkezinde yaklaşık 10 cm olduğu, Akdeniz genelinde mevsimsel ODS değişimlerinin en yüksek değerine sonbahar başlarında ulaştığı belirlenmiştir.

(Yıldız, vd., 2003)’de Türkiye Ulusal Deniz Seviyesi İzleme Sistemi (TUDES) kapsamındaki Antalya-II, Bodrum-II, Menteş ve Erdek mareograf istasyonlarının 1984-2002 dönemindeki aylık ODS verileri harmonik analiz yöntemiyle değerlendirilerek bu istasyonlarda ODS ve görel ODS hızları hesaplanmış ve Antalya-II, Bodrum, Menteş ve Erdek mareograf istasyonlarında sırasıyla  $8.7 \pm 0.8$  mm/yıl,  $3.3 \pm 1.1$  mm/yıl,  $6.8 \pm 0.9$  mm/yıl ve  $9.6 \pm 0.9$  mm/yıl olarak belirlenmiştir. Kullanılan aylık deniz seviyesi ölçülerinin periyodu çok uzun ( $< 20$  yıl) olmamakla birlikte dört mareograf istasyonunda da ODS’lerin global tahminlerden oldukça yüksek belirgin bir yükselme trendi gösterdiği ifade edilmiştir. Global deniz seviyesi yükseliş tahminlerinden daha büyük olan bu görel ODS yükselişlerinin düşey yer kabuğu hareketlerinden kaynaklanıp kaynaklanmadığını araştırmak amacıyla, mareograf istasyonları yerel nivelman ağlarında bulunan Mareograf-GPS noktalarında 1992-2002 döneminde gerçekleştirilen tekrarlı GPS ölçüleri ve aynı dönemde Mareograf-GPS noktaları ile mareograf istasyonun 1-5 m yakınında bulunan mareograf asıl röperleri arasında duyarlı geometrik nivelman ile belirlenen görel yükseklik farkı ölçüleri birlikte değerlendirilmiştir. Bodrum-II ve Menteş Mareograf-GPS noktalarında istatistiksel olarak anlamlı bir düşey hareket bulunamamış, Antalya-II ve Erdek mareograf asıl röperlerinin sırasıyla  $-5.3 \pm 1.8$  mm/yıl ve  $-8.4 \pm 3.0$  mm/yıl hızla düştüğü tespit edilmiştir. Antalya-II ve Erdek mareograf istasyonlarındaki görel ODS değişimlerinin belirgin olarak mareograf istasyonlarının bulunduğu karanın yerel ya da bölgesel çökmesinden kaynaklandığı değerlendirilmiştir.

(Vigo, vd., 2005) uydu altimetre, deniz suyu sıcaklığı ve mareograf verileri kullanarak Akdeniz ve Karadeniz’de gerçekleştirdiği çalışmada, (Cazenave, vd., 2002) tarafından 1993-1999 dönemi için belirlenen ODS hızlarının, 1999 ortalarında ani ve anlamlı bir düşüş sergilediğini ifade etmiştir. 1990’lardan 1999 ortalarına kadar deniz seviyesindeki yükselmenin deniz suyu sıcaklığındaki artıştan kaynaklandığı, bu

dönem içerisinde deniz suyu sıcaklık hızları ile deniz seviyesi yükselme hızları arasında yüksek bir korelasyon olduğu 1999'dan sonra ise söz konusu pozitif korelasyonun kaybolduğu ifade edilmektedir.

(Yıldız, vd., 2006a; 2006b)'de TUDES kapsamında işletilen Antalya-II, Bodrum-II ve Menteş mareograf istasyonlarındaki 1985-2005, Erdek mareograf istasyonundaki 1984-2005 dönemindeki aylık ODS verilerinin meteorolojik veriler ile birlikte değerlendirilmesi sonucunda uzun dönemli göreceli ODS'lerinin sırasıyla  $7.8 \pm 0.4$  mm/yıl,  $3.4 \pm 0.6$  mm/yıl,  $6.9 \pm 0.5$  mm/yıl,  $6.7 \pm 0.5$  mm/yıl hızla yükseldiği belirlenmiştir.

Bu çalışmada yukarıdaki temellere dayanarak uydu altimetre deniz seviyesi anomalileri (DSA) kullanılarak Doğu Akdeniz'de mevsimsel ODS değişimleri ve yine uydu altimetre DSA'ları ile birlikte deniz yüzeyi sıcaklık anomalileri (DYSA) kullanılarak aynı bölgede yıllar arası ve uzun dönemli ODS değişimleri araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar mareograf bulguları ile test edilmiştir.

## 2. ÇALIŞMA BÖLGESİ VE ÇALIŞMADA KULLANILAN VERİLER

### a. Çalışma Bölgesi

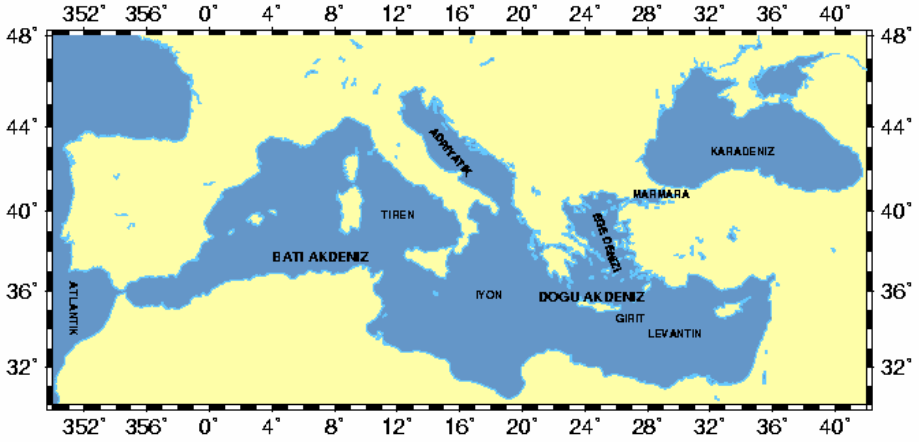
Akdeniz; kuzeyinde ve batısında Avrupa, doğusunda Asya, güneyinde Afrika kıtaları ile çevrili, Marmara Denizi'ni içine alacak şekilde toplam su hacmi  $\sim 4\,249\,020$  km<sup>3</sup>, yüzey alanı  $\sim 2\,512\,000$  km<sup>2</sup>, doğudan batıya  $\sim 3860$  km, güneyden kuzeye  $\sim 1600$  km genişliğinde genellikle sığ olmakla birlikte ortalama derinliği 1500 m en yüksek derinliği ise Güney Yunanistan'ta 5150 m. olan dünyanın en geniş yarı kapalı denizidir ([http://www.unipv.it/webcib/edu\\_Mediterraneo\\_uk.html](http://www.unipv.it/webcib/edu_Mediterraneo_uk.html)). Cebelitarık Boğazı ile Atlas (Atlantik) Okyanusuna, Çanakkale ve İstanbul Boğazı ile Karadeniz'e, insan yapımı Süveyş Kanalı ile Kızıl Deniz'e bağlanır. Afrika kıtasından Nil nehri (Mısır), Avrupa kıtasından ise Po (İtalya), Rhone (Fransa) ve Ebro (İspanya) nehirleri Akdeniz'e akan en büyük nehirlerdir (<http://www.answers.com/topic/mediterranean-sea>).

Sicilya Adası ile Tunus kıyıları arasındaki sığ denizaltı dağılığı (Sicilya Boğazı) Akdeniz'i Doğu Akdeniz ve Batı Akdeniz olmak üzere iki ana alt bölgeye ayırır (Cazenave, vd., 2002). Doğu Akdeniz, toplam yüzey alanının 1.65 milyon km<sup>2</sup>'sini, Batı Akdeniz ise 0.85 km<sup>2</sup>'sini kaplamaktadır. Söz konusu iki ana alt bölgeler içerisinde İtalya yarımadası ile Hırvatistan, Bosna ve Yugoslavya arasında Adriyatik Denizi, Sardunya, İtalya ve Sicilya arasında Tiren Denizi, İtalya, Yunanistan ve Arnavutluk arasında İyon Denizi, Yunanistan ve Türkiye arasında Ege Denizi, Ege Denizi ile Karadeniz arasında Marmara Denizi ve İyon Denizi doğusunda ise Levantin alt denizleri vardır (Şekil 1).

Akdeniz yarı kapalı bir deniz olması nedeniyle Cebelitarık Boğazı ile Atlantik Okyanusundan sürekli yüzey suyu akışı Akdeniz'in su yenilemesinin en temel kaynağıdır. 300 m derinliğindeki Cebelitarık Boğazından Akdeniz'e su girişi ile Akdeniz suyunun yüz yılda yenilenebileceği tahmin edilmektedir



([http://www.unipv.it/webcib/edu\\_Mediterraneo\\_uk.html](http://www.unipv.it/webcib/edu_Mediterraneo_uk.html)). Az miktardaki su girişi ve bunun yanında buharlaşmanın yağıştan daha fazla olması Akdeniz suyunu Atlantik Okyanusuna göre daha tuzlu yapmaktadır. Okyanus ile bağlantısının dar bir boğazdan sağlanması ve çevresinin karalarla çevrili olması nedeniyle bölgedeki gelgit değişimleri büyüklüğü azdır ve su dolaşımı, rüzgârdan daha çok tuzluluk ve sıcaklık değişimlerinin etkisi altındadır (<http://en.wikipedia.org/>).



Şekil 1. Doğu-Batı Akdeniz ve alt bölgeleri.

Türkiye ve Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti (KKTC) kıyılarını ilgilendirmesi açısından çalışma bölgesi olarak İyon Denizi doğusunda 20°D - 36°D boylamları ile 31°K - 41°K enlemleri arasında Levantin, Marmara ve Ege Denizi'ni de içine alacak şekilde bir bölge seçilmiştir. Doğu Akdeniz’de bölgesel deniz seviyesi değişimlerini daha ayrıntılı incelemek amacıyla çalışma bölgesi kendi içerisinde Marmara, Ege, Girit ve Levantin olmak üzere dört alt bölgeye ayrılmıştır. (Vigo, vd., 2005) ve (Tsimplis ve Rixen, 2002)’de benzer şekilde bir alt bölgeleme söz konusudur.

## b. Deniz Seviyesi Anomalileri (DSA)

Çalışmada mevsimsel, yıllar arası ve uzun dönemli ODS değişimlerinin araştırılmasında temel olarak uydu altimetre aylık DSA’ları kullanılmıştır. Uydu altimetre verileri CNES (Centre National d’Etudes Spatiales) bağlı CLS (Collecte, Localisation, Satellites) tarafından son yıllarda geliştirilen ve işletilen SSALTO/DUACS (Segment Sol multimissions d’ALTimétrie, d’Orbitographie et de localisation précise/Data Unification and Altimeter Combination System) çok misyonlu altimetre veri işleme sisteminin ürünüdür. SSALTO/DUACS, Dünya’da ve özellikle Avrupa’da operasyonel oşinografi ve iklim tahminleri merkezi olarak hizmet vermektedir. Başlangıçta Avrupa Komisyonu destekli bir proje olan SSALTO/DUACS artık CNES’in SSALTO çok misyonlu yer bölümünün bir parçasıdır. SSALTO/DUACS projesi ve ürünleri ile ilgili güncel bilgilere (<http://www.jason.oceanobs.com/>) adresinden ulaşılabilmektedir.

SSALTO/DUACS sisteminin yakın gerçek zamanlı (near real time-NRT) ve gecikmiş zamanlı (delayed time-DT) ürünler olmak üzere iki temel ürünü vardır. Her bir ürün altında da değişik veri setleri üretilmektedir (AVISO, 2006). NRT ürünleri için gerekli altimetre verileri CNES, ESA (European Space Agency), NASA (National Aeronautics and Space Administration) ve NOAA (National Oceanic & Atmospheric Administration) gibi uydu altimetre sponsor ve veri sağlayıcı kurumlarından, altimetre verilerinin analizi için gerekli olan yardımcı veriler ise (basınç, ıslak troposferik düzeltme, gelgitler) Meteo/Fransa ve IERS (International Earth Rotation Service)'den en geç 72 saat içerisinde alınır. Bu veriler tekrar kalite kontrol işleminden geçirilir, hassas uydu yörüngeleri belirlenir ve NRT ürünleri (yakın zamanlı deniz seviyesi anomalisi, birleştirilmiş deniz seviyesi anomalisi vb) üretilir. NRT ürünleri Jason-1, GFO (Geosat Follow-On-Mission) ve ENVISAT (Environmental Satellite) uyduları için ayrı ayrı ve bu üç misyonun birleşiminden türetilir. Üretilen veriler düzenli olarak haftanın iki günü (Çarşamba ve Cumartesi sabahı) yayımlanır. DSA verileri, deniz yüzeyi yükseklik verilerinin uzun dönemli ortalamalarının alınması ile elde edilen "ortalama deniz yüzeyi profilinin" deniz yüzeyi yüksekliği verilerinden çıkarılması ile hesaplanır. Her bir uydu verisi için farklı bir ortalama profil vardır. Söz konusu profillerin hesaplanması ile ilgili ayrıntılı bilgiler (AVISO, 2006)'da mevcuttur.

DT ürünleri; T/P, Jason-1, GFO, ERS-1/2 (European Remote Sensing-1/2) ve ENVISAT uyduları için ayrı ayrı ve bu misyonların birleşiminden türetilir ve NRT ürünlerinden daha hassastır. Bu iki ürün arasındaki kalite farkı, kullanılan hassas yörünge efemerislerinden ve veri işleme stratejisinden kaynaklanmaktadır. Gecikmiş zamanlı veriler altı ayda bir güncellenmektedir (AVISO, 2006).

SSALTO/DUACS ürünlerine FTP, AVISO (Archiving, Validation and Interpretation of Satellite Oceanographic Data) web sitesi üzerindeki canlı erişim servislerinden (Live Access Server, Opendap) ve DVD gibi iletişim araçları ile ulaşmak mümkündür. SSATLTO/DUACS ürünleri hakkında daha ayrıntılı bilgiler ve bu ürünlere ve ürün formatlarına ilişkin programlara erişim için gerekli FTP adresleri (AVISO, 2006)'da mevcuttur.

Çalışmada SSALTO/DUACS ürünlerinden gecikmiş zamanlı (DT) yüksek çözünürlüklü gridlenmiş ürünlerden (20' x 20') "tüm uydu misyonlarının birleştirilmesi ile elde edilmiş DSA'lar" kullanılmıştır. Veri merkezinden Ekim 1992-Eylül 2005 dönemlerini kapsayacak şekilde 20' x 20' grid aralıklarında haftalık olarak indirilen verilerden, aritmetik ortalama yöntemi ile aylık ortalamalar hesaplanmış, çalışma içerisindeki tüm analizlerde aylık ortalamalar kullanılmıştır. Bölge içerisine toplam 1924 adet grid noktası düşmesine rağmen söz konusu noktalar karalar ve adalar üzerine düşmeyecek ve veriler içerisinde boşluk olmayacak şekilde tekrar düzenlenmiş ve toplam 992 grid noktası üzerinde çalışılmıştır.

### **c. Deniz Yüzeyi Sıcaklık Anomalileri (DYSA)**

Yıllar arası ODS değişimlerinin deniz yüzeyi sıcaklığı ile ilişkisinin araştırılmasında, JPL (Jet Propulsion Laboratory)'e bağlı PO.DAAC (The Physical Oceanography Distributed Active Archive Center)'dan sağlanan DYSA verileri kullanılmıştır (<http://podaac-www.jpl.nasa.gov/>). PO.DAAC farklı mekansal ve zamansal



çözünürlükte çok çeşitli amaçlara hizmet eden DYS ürünlerini kullanıcılara sağlamaktadır. Bu ürünler arasındaki farklar, ürünlerin elde edilmesi aşamasında kullanılan verilerden (yersel, uzaysal veya her ikisinin birleşimi), ürünlerin başlangıç ve bitiş tarihlerinden ve verilerin işlenmesi aşamasındaki stratejilerden kaynaklanmaktadır. Bu çalışmada PO.DOAAC tarafından sağlanan sekiz çeşit DYS ürününden, "NCEP Reynolds enterpole edilmiş DYS anomalileri" kullanılmıştır. Bu ürün uydu verileri (AVHRR) ve yersel DYS gözlemlerinin birleştirilmesiyle oluşturulmakta, aralarında boşluk olmadan global olarak  $1^0 \times 1^0$  aralıklarda enterpolasyon ile gridlenerek haftalık ve aylık olarak üretilmektedir. Sıcaklık anomalileri altimetre deniz seviyesi anomalilerinde olduğu gibi DYS verilerinden ortalama sıcaklık profili çıkarılarak elde edilmektedir (Reynolds, 1988). DYSA'lar, Ekim 1992-Eylül 2005 dönemlerini kapsayacak şekilde  $1^0 \times 1^0$  grid aralıklarında haftalık olarak indirilmiş, altimetre verilerinde olduğu gibi aritmetik ortalama ile aylık ortalamalar hesaplanmıştır. Bölge içerisine toplam 96 adet grid noktası düşmesine rağmen yine altimetre verilerindeki hususlara uyularak karalara ve adalara düşmeyecek ve veriler içerisinde boşluk olmayacak şekilde toplam 74 nokta üzerinde çalışma yapılmıştır.

PO.DOAAC DYS ürünlerine, PO.DOAAC web sayfasında verilen FTP adreslerinden veya POET (PO.DAAC Ocean ESIP Tool) kullanıcı arayüzü ile (<http://poet.jpl.nasa.gov/>) ulaşılabilir.

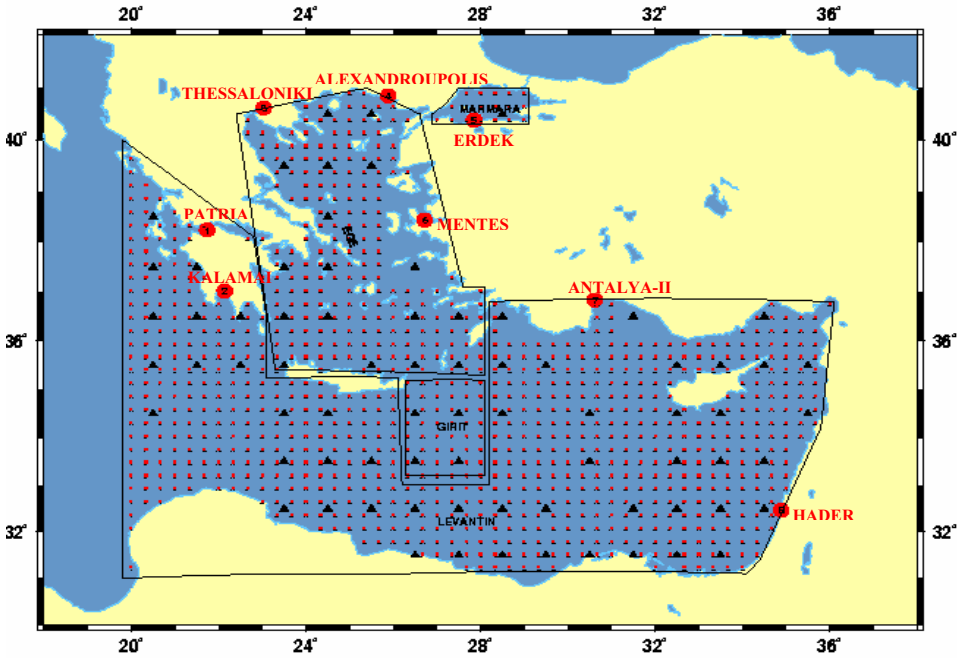
#### **ç. Mareograf Aylık Ortalama Deniz Seviyesi (ODS) Verileri**

Uydu altimetre verilerinden elde edilen DSA hızlarını tamamlayıcı olarak mareograf aylık ODS verileri yardımcı veri seti olarak kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan aylık mareograf ODS'leri Ortalama Deniz Seviyesi Sürekli Servisinden (Permanent Service for Mean Sea Level-PSMSL) sağlanmıştır (<http://www.pol.ac.uk/psmsl/>). PSMSL; Proudman Oşinografi Laboratuvarına bağlı olarak çalışan ve 1933'den bu yana global mareograf istasyonu ağlarından veri toplama, yayınlama, analiz ve yorumlama faaliyetlerinden sorumlu olan bir servistir. Ağustos 2002 itibarıyla PSMSL'nin veritabanında dünya çapında yaklaşık 200 kurumdan 1800 mareograf istasyonun aylık ve yıllık deniz seviyesi verileri mevcuttur. Çalışmada Yunanistan, Türkiye ve İsrail kıyılarında konuşlu ve veri aralıkları 1992-2005 arasında değişen sekiz mareograf istasyonu kullanılmış olup, mareograf istasyonlarının konumları ve veri uzunlukları Tablo 1'de verilmektedir.

Çalışmada kullanılan üç veri seti veri merkezlerinde düzeltilerek yayınlandığından, analiz öncesi verilere herhangi bir ek bir düzeltme getirilmemiştir. Çalışma bölgesi ve çalışmada kullanılan altimetre ve deniz yüzeyi sıcaklığı grid noktaları ile mareograf istasyonları Şekil 2'de gösterilmektedir. Şekil 2'de kırmızı noktalar  $20' \times 20'$  DSA, siyah üçgenler  $1^0 \times 1^0$  DYSA, kırmızı daireler mareograf istasyonlarıdır.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan mareograf istasyonları.

| S.NU. | MAREOGRAF İSTASYONU | ENLEM   | BOYLAM  | VERİ ARALIĞI | ÜLKE       |
|-------|---------------------|---------|---------|--------------|------------|
| 1     | PATRIA              | 38.2333 | 21.7333 | 1992-2002    | YUNANİSTAN |
| 2     | KALAMAI             | 37.0167 | 22.1333 | 1992-2002    | YUNANİSTAN |
| 3     | THESSALONIKI        | 40.6167 | 23.0333 | 1992-2002    | YUNANİSTAN |
| 4     | ALEXANDROUPOLIS     | 40.8500 | 25.8833 | 1992-2003    | YUNANİSTAN |
| 5     | ERDEK               | 40.3833 | 27.8500 | 1995-2005    | TÜRKİYE    |
| 6     | MENTES              | 38.4333 | 26.7167 | 1995-2005    | TÜRKİYE    |
| 7     | ANTALYA-II          | 36.8333 | 30.6167 | 1992-2005    | TÜRKİYE    |
| 8     | HADERA              | 32.4667 | 34.8833 | 1992-2001    | İSRAİL     |



Şekil 2. Çalışmada bölgesi ve çalışmada kullanılan veriler.

### 3. DOĞU AKDENİZ'DE MEVSİMSSEL ORTALAMA DENİZ SEVİYESİ DEĞİŞİMLERİ

Mevsimsel ODS sinyalleri (yıllık ve yarım yıllık periyodik değişimler), günlük ve yarım günlük gelgitlerin dışında deniz seviyesi zaman serilerinin içerisinde en büyük genliğe sahip periyodik bileşenlerden biridir. Dünya'nın bazı kıyılarında yıllık ODS genliği, günlük gelgit genlikleri ile karşılaştırılabilecek kadar büyüktür (Tsimplis ve Woodworth, 1994). Bu durum özellikle kıyılarda inşa edilecek sivil ve askerî limanlar ile kıyılardaki mühendislik yapılarının tasarımı açısından büyük önem arz etmektedir. Mevsimsel ODS sinyali üzerinde kütsel çekim kuvvetinden kaynaklanan etkiler olmakla birlikte (Pugh, 1987), en önemli etkenler meteorolojik ve oşinografik

kuvvetlerdir. Bunlar hava basıncı değişimleri, rüzgârlar, yerel yüzey sıcaklık ve okyanus dolaşımı değişimleri, nehirlerden denizlere taze su girişleridir (Tsimplis ve Woodworth, 1994).

Doğu Akdeniz'de yıllık ( $S_a$ ) ve altı aylık ( $S_{aa}$ ) mevsimsel değişimlerin genlik ve fazları aylık uydu altimetre DSA'larının ( $MA_i$ ;  $i=1..12$  ay) harmonik analizi ile belirlenmiştir (Tsimplis ve Spencer, 1997). Aylık ortalama anomaliler, aylık DSA'lardan ( $Y_{ik}$ ;  $i=1..12$  ay,  $k=1..N$  yıl) (1) eşitliği ile hesaplandıktan sonra (2) eşitliğindeki harmonik analiz modelinde ölçü (gözlem) olarak alınmış ve en küçük kareler (EKK) yöntemi ile çözülerek mevsimsel değişimlere ait genlik ve fazlar belirlenmiştir.

$$MA_i = \frac{1}{N} \sum Y_{ik} \quad (1)$$

$$MA_i = A_{Sa} \cos\left(\frac{2\pi}{12}(t_i - P_{Sa})\right) + A_{Saa} \cos\left(\frac{2\pi}{6}(t_i - P_{Saa})\right); \quad i=1..12 \quad (2)$$

Yukarıdaki matematiksel modelde; i'nci aya karşılık gelen  $MA_i$  aylık anomalisinin, her ayın ortasına gelmesi için  $t_i = i - 0.5$  olarak alınmaktadır. Yıllık ve yarımlık mevsimsel etkilerin fazları, yıl başlangıcı (1 Ocak) ortada olmak üzere yıllık mevsimsel değişimler için  $[-6, 6]$ , yarımlık mevsimsel değişimler için  $[-3, 3]$  aylar arasına karşılık gelmektedir. Yıllık ve altı aylık mevsimsel etkilerin EKK dengelemesi ile belirlenen 4 parametresinin konumsal dağılımı ( $A_{Sa}$ ,  $A_{Saa}$ ,  $P_{Sa}$ ,  $P_{Saa}$ ) Şekil 3'de, bu parametrelerin maksimum, minimum ve ortalamaları Tablo 2 ve Tablo 3'de verilmektedir.

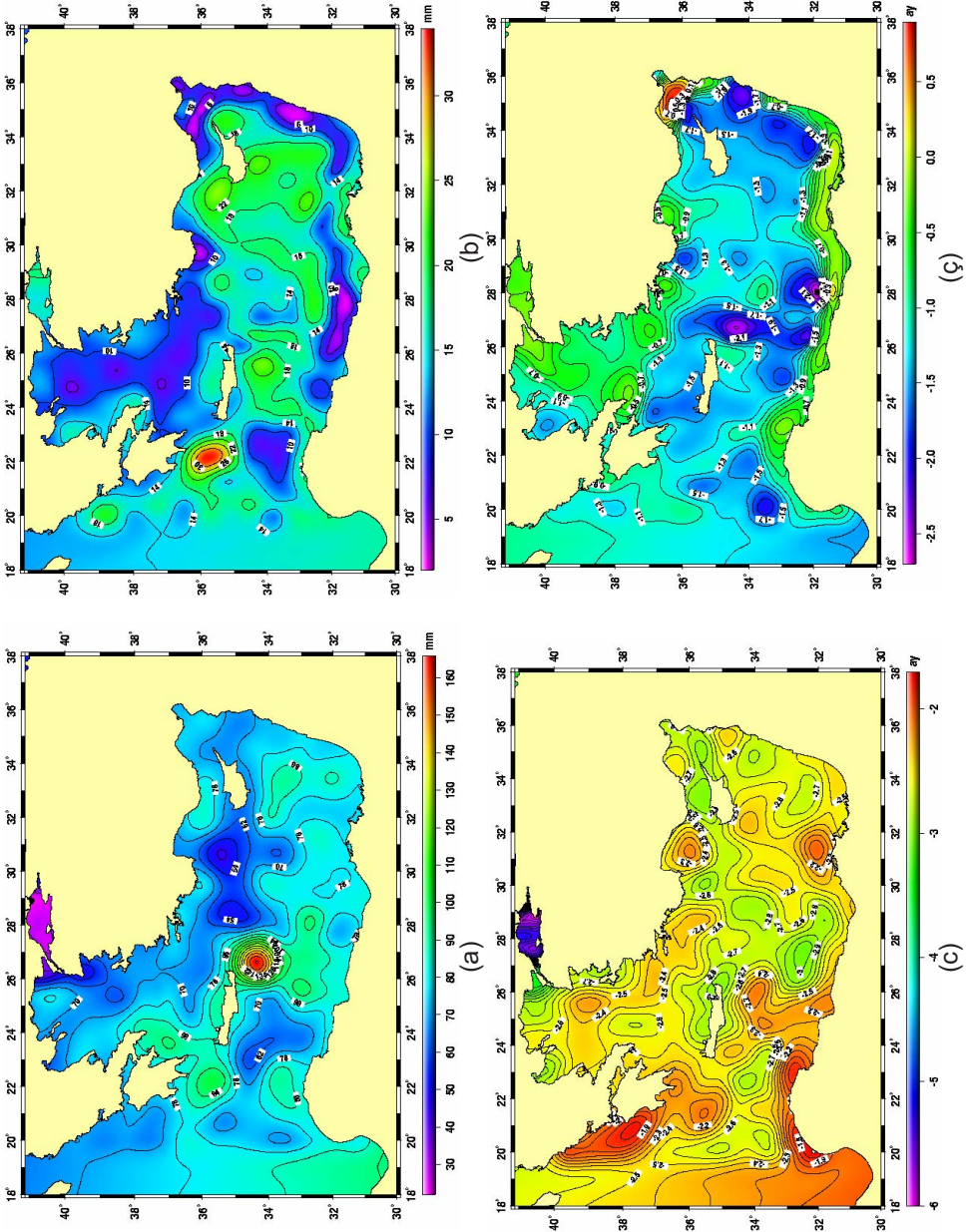
Tablo 2. Yıllık ( $A_{Sa}$ ) ve yarımlık ( $A_{Saa}$ ) mevsimsel deniz seviyesi değişim genlikleri (birimler mm).

| Bölge    | Grid Sayısı | Maks. ( $A_{Sa}$ ) | Min. ( $A_{Sa}$ ) | Ort. ( $A_{Sa}$ ) | Maks. ( $A_{Saa}$ ) | Min. ( $A_{Saa}$ ) | Ort. ( $A_{Saa}$ ) |
|----------|-------------|--------------------|-------------------|-------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| Marmara  | 17          | 29.6               | 22.0              | 26.8              | 18.4                | 12.0               | 16.0               |
| Ege      | 204         | 95.5               | 37.8              | 73.9              | 17.4                | 5.8                | 10.6               |
| Girit    | 48          | 165.7              | 57.9              | 100.9             | 20.4                | 11.0               | 15.2               |
| Levantin | 723         | 124.1              | 44.8              | 75.8              | 32.7                | 2.5                | 15.3               |

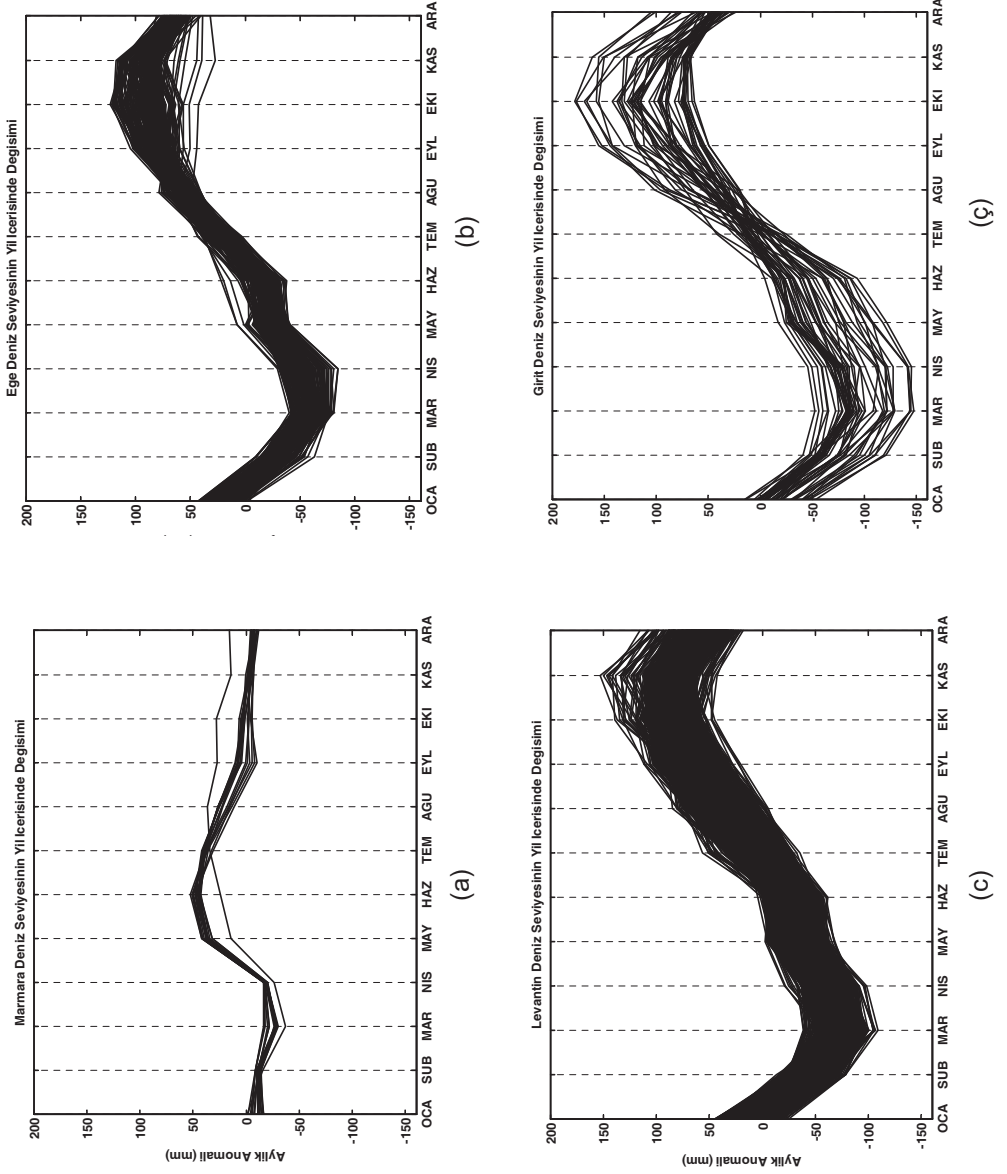
Tablo 3. Yıllık ( $P_{Sa}$ ) ve yarımlık ( $P_{Saa}$ ) mevsimsel deniz seviyesi değişim fazları (birimler 1 Ocak ortada olmak üzere ay cinsinden).

| Bölge    | Grid Sayısı | Maks. ( $P_{Sa}$ ) | Min. ( $P_{Sa}$ ) | Ort. ( $P_{Sa}$ ) | Maks. ( $P_{Saa}$ ) | Min. ( $P_{Saa}$ ) | Ort. ( $P_{Saa}$ ) |
|----------|-------------|--------------------|-------------------|-------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| Marmara  | 17          | -3.91              | -5.98             | -5.37             | -0.23               | -0.40              | -0.31              |
| Ege      | 204         | -2.25              | -3.46             | -2.57             | -0.13               | -1.71              | -1.03              |
| Girit    | 48          | -2.19              | -2.96             | -2.70             | -0.87               | -2.49              | -1.64              |
| Levantin | 723         | -1.7               | -3.06             | -2.51             | 0.88                | -2.68              | -1.20              |

Marmara Denizi için 17, Ege Denizi için 204, Girit Baseni için 48 ve Levantin baseni için 723 altimetre grid noktasında, mevsimsel ODS değişimleri en yüksek değerlerine sırasıyla Haziran, Ekim, Ekim-Kasım, Kasım aylarında, en düşük değerlerine ise dört bölgede de Mart-Nisan aylarında ulaşmaktadır (Şekil 4).



Şekil 3. Mevsimsel ODS değişim parametrelerinin ((a)  $A_{saa}$ , (b)  $A_{saa}$ , (c)  $P_{saa}$ , (d)  $P_{saa}$ ) konumsal dağılımları.



Tablo 2 incelendiğinde, yıllık mevsimsel ODS değişimlerinin genlikleri Levantin baseninden Marmara Denizi'ne doğru bir azalma göstermektedir. Ortalama yıllık genlikler Marmara'da, Ege'de, Girit'te ve Levantin baseninde 3 cm, 7 cm, 10 cm ve 8 cm seviyesindedir. Yıllık mevsimsel ODS değişimleri en yüksek genlik değerini Girit baseninde en düşük değerini ise Marmara Denizi'nde almaktadır. Yıllık mevsimsel ODS değişim genlikleri ile ilgili bulunan değerler (Yıldız, vd., 2006a), (Cazenave, vd., 2002) ve (Tsimplis ve Spencer, 1997) ile uyumu olup Akdeniz'deki yüksek genliğin Akdeniz'in genel dolaşımının temel özellikleri ile yüksek korelasyonlu olduğu değerlendirilmektedir (Cazenave, vd., 2002). Doğu Akdeniz'de belirlenen yıllık mevsimsel ODS genliklerinin, (Yıldız ve Simav, 2005) tarafından Erdemli, Antalya-II, Bodrum-II, Menteş ve Erdek mareograf istasyonlarında belirlenen ve 1-10 cm arasında değişen yarım günlük gelgit bileşenlerinin ( $M_2$  ve  $S_2$  bileşenleri) genlik değerlerine çok yakın olduğu görülmektedir.

Fazlar genel olarak enleme bağlı bir artış göstermektedir. Yıllık faz açıları dört bölgede de negatif değerler alırken, Doğu Akdeniz'in kuzeyi (Marmara Denizi) ile güneyi (Ege ve Levantin basenleri) arasında yaklaşık 2 aylık bir faz farkı vardır.

Yarım yıllık mevsimsel ODS değişim genlikleri yıllık genliklerden yaklaşık 2-7 kat daha düşüktür ve dört bölgede de ortalama 1.5-2 cm civarındadır. Yarım yıllık mevsimsel ODS genliklerinin, yine (Yıldız ve Simav, 2005) tarafından Erdemli, Antalya-II, Bodrum-II, Menteş ve Erdek mareograf istasyonlarında belirlenen ve 1-2 cm arasında değişen günlük gelgit bileşenlerinin ( $K_1$  ve  $O_1$  bileşenleri) genlik değerlerine çok yakın olduğu görülmektedir.

#### **4. DOĞU AKDENİZ'DE YILLAR ARASI VE UZUN DÖNEMLİ ODS DEĞİŞİMLERİ, ODS DEĞİŞİMLERİNİN KONUMSAL VE ZAMANSAL KARAKTERİ**

(Cazenave, vd., 2001)'e göre; yıllar, on yıllar arası ve daha uzun zaman ölçeğinde deniz seviyesi değişimleri iki temel nedenden kaynaklanır. Birincisi hacimsel etki olarak bilinen su kolonlarındaki sıcaklık ve tuzluluk değişimlerinin neden olduğu yoğunluk değişimleri (hacimsel değişimler ya da sterik değişimler), ikincisi ise buharlaşma, yoğunlaşma (yağmur, kar vb. yağışları nedeniyle) ve nehir akışları yolu ile okyanus, atmosfer ve kara üçlüsü arasındaki su alışverişleri sonucu su kütleindeki artış veya azalışlardır (kütleli değişimler). Sıcaklık ve tuzluluk değişimlerinin deniz seviyesi üzerinde birbirlerine göre zıt etkileri vardır. Denizlerin ısınması deniz seviyesini yükseltirken, denizlerdeki tuzluluğun artması deniz suyu yoğunluğunu arttırması nedeniyle deniz seviyesinin düşmesine olur. Bunların tam tersi de geçerlidir, denizlerin soğuması deniz seviyesini düşürürken, denizlerde tuzluluğun azalması deniz suyu yoğunluğunu azaltması nedeniyle deniz seviyesinin yükselmesine neden olur. Ancak, tuzluluk etkileri sıcaklık etkilerinin en fazla %20 si ölçüsünde deniz seviyesi değişimlerini etkileyebilir (Maes, 2000; Cazenave, vd., 2001). Sıcaklık kaynaklı ODS değişimleri; okyanus üst tabakasında depolanan sıcaklık nedeniyle aylar ve yıllar arası periyotlarda, okyanus derinliklerinde depolanan sıcaklık nedeniyle ise daha uzun periyotlu olabilmektedir (Tapley, vd., 1992). Benzer bir şekilde deniz üzerindeki yağışlardaki, nehir akışlarındaki ve boğazlardan denize doğru gelen akıntılardaki artış deniz seviyesini yükseltirken denizdeki



buharlaştırmadaki artış deniz seviyesini düşürmektedir (Cazenave, vd., 2001). (Zerbini, vd., 1996) on yıllardan sonraki ve uzun dönemli değişimlerin temel kaynağı olarak tektonik oluşumları, buzul sonrası etkileri, okyanus suyu hacmindeki ve kütledeki değişimleri göstermektedir. Sonuç olarak; deniz seviyesindeki yıllar arası ve uzun dönemli değişimler, deniz seviyesinin su yoğunluğundaki, derin okyanustaki ve kıyı dolaşımındaki değişimlerden (Woodworth, vd., 1999) ve hidrolojik döngüde uzun dönemli kütle değişimlerindeki kolay anlaşılmayan değişimlerden kaynaklanabilmektedir (Cazenave, vd., 2001; Plag, 2002). ODS'deki yıllar ve on yıllar arası değişimler, 10 cm ve daha fazla büyüklüğe ulaşan genlikte olup, coğrafi bölgelere göre farklı karakterler göstermektedir (Plag, 2000).

#### a. DSA Verilerinin Analizi

Doğu Akdeniz'deki yıllar arası ve uzun dönemli ODS değişimlerinin belirlenmesi amacıyla ilk olarak Marmara, Ege, Girit ve Levantin alt bölgelerine düşen her bir DSA ve DYSA grid noktalarında DSA ve DYSA hızları belirlenerek tüm bölge için haritalanmış, daha sonra her bir alt bölgeyi temsil eden ortalama DSA ve ortalama DYSA hızları belirlenmiştir. Ortalama DSA'lar ve ortalama DYSA'lar o alt bölge içerisine düşen DSA ve DYSA grid noktalarındaki verilerin ortalaması alınarak belirlenmiştir.

Akdeniz'de 1999 ortalarında deniz seviyesi yükselme hızındaki ani ve anlamlı düşüşe yer vermek amacı ile (Vigo, vd., 2005)'e benzer şekilde, tüm veri dönemi (Ekim1992-Eylül 2005) iki ayrı döneme ayrılmıştır. Birinci dönem Ekim 1992-Haziran 1999 aralığını, ikinci dönem ise Temmuz 1999-Eylül 2005 aralığını kapsamaktadır. Doğu Akdeniz'de yıllar arası ve uzun dönemli ODS değişimlerinin belirlenmesi amacıyla ilk olarak çalışma bölgesine düşen 20' x 20' aralıklı altimetre grid noktalarında yukarıda söz edilen dönem aralıkları için ayrı ayrı DSA hızları hesaplanmıştır. DSA hızları EKK yöntemi ile; içerisinde ortalama DSA, DSA hızı ve mevsimsel DSA değişimlerinin olduğu (3) eşitliği ile verilen matematiksel model ile belirlenmiştir.

$$H_i = Z_0 + at_i + \sum_{j=1}^2 p_j \sin(2\pi f_j t_i) + q_j \cos(2\pi f_j t_i) + \varepsilon(t_i) \quad (3)$$

- H : Aylık DSA, DYSA veya mareograf verisi
- $Z_0$  : Ortalama DSA, DYSA veya ODS
- a : Hız (trend)
- t : Zaman
- p, q : Sin ve Cos genlikleri
- f : Frekans
- $\varepsilon$  : Hata terimi

Doğu Akdeniz'de her bir grid noktasında tüm, birinci ve ikinci dönem aralıkları için ayrı ayrı belirlenen ve çalışma bölgesi için GMT (Wessel ve Smith, 1998) ile haritalanan DSA hızlarının konumsal dağılımları sırasıyla Şekil 5, Şekil 6 ve Şekil 7'de gösterilmekte, bu dönemlerde Marmara, Ege, Girit ve Levantin alt bölgelerde belirlenen en yüksek ve en düşük DSA hızları Tablo 4'de verilmektedir.

Şekil 8’de ise Doğu Akdeniz alt bölgelerinde 1999 ortalarında deniz seviyesi yükselme hızındaki ani ve anlamlı düşüş gösterilmektedir. Şekil 8’deki mavi çizgiler alt bölgelere ait grid noktalarındaki DSA zaman serilerini, siyah kalın çizgiler o bölge içerisine düşen grid noktalarındaki zaman serilerinin ortalaması olan ortalama DSA zaman serilerini, kırmızı doğrular ise (3) eşitliğindeki matematiksel modelden elde edilen ortalama DSA hızlarını ifade etmektedir. Her bir alt bölgedeki ortalama DSA zaman serisinin (3) eşitliğindeki harmonik analizi ile o alt bölgeye ait ortalama DSA hızları hesaplanarak Tablo 4’de sarı sütun olarak verilmektedir.

Tablo 4. Doğu Akdeniz’de üç ayrı dönem için belirlenen DSA ve ortalama DSA hızları (birimler mm/yıl).

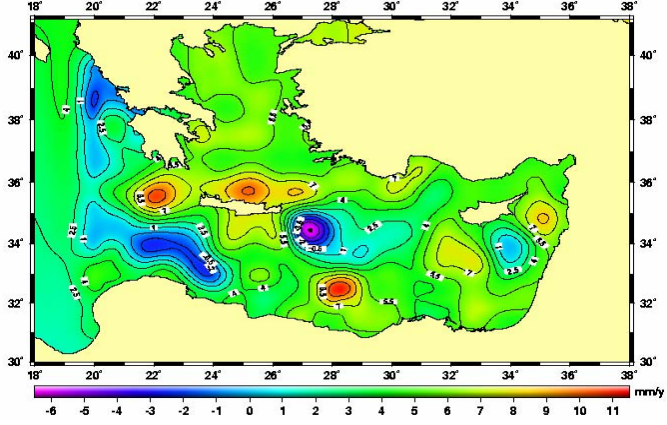
| Alt Bölge | Grid Sayısı | 10/1992 – 09/2005<br>(TÜM DÖNEM) |      |     | 10/1992 – 06/1999<br>(BİRİNCİ DÖNEM) |       |      | 07/1999 – 09/2005<br>(İKİNCİ DÖNEM) |       |      |
|-----------|-------------|----------------------------------|------|-----|--------------------------------------|-------|------|-------------------------------------|-------|------|
|           |             | Maks                             | Min  | Ort | Maks                                 | Min   | Ort  | Maks                                | Min   | Ort  |
| Marmara   | 17          | 7.5                              | 6.1  | 6.9 | 24.6                                 | 18.9  | 22.6 | -0.2                                | -1.0  | -0.5 |
| Ege       | 204         | 10.1                             | 4.1  | 6.0 | 19.1                                 | 2.9   | 14.2 | 2.5                                 | -5.5  | -1.4 |
| Girit     | 48          | 6.0                              | -6.2 | 1.5 | 32.4                                 | 10.9  | 19.3 | 4.5                                 | -30.9 | -6.8 |
| Levantin  | 723         | 11.0                             | -2.7 | 4.0 | 36.0                                 | -12.0 | 10.2 | 19.4                                | -18.8 | 0.2  |

Şekil 8 ve Tablo 4 incelendiğinde dört alt bölgede de Ekim 1992-Haziran 1999 birinci veri döneminde oldukça yüksek DSA hızları görülmektedir. Bu dönemde Marmara Denizi’nde 19-25 mm/yıl, Ege Denizi’nde 3-19 mm/yıl, Girit baseninde 11-32 mm/yıl, Levantin baseninde ise -12-36 mm/yıl arasında değişen DSA yükselme hızları tespit edilmiştir.

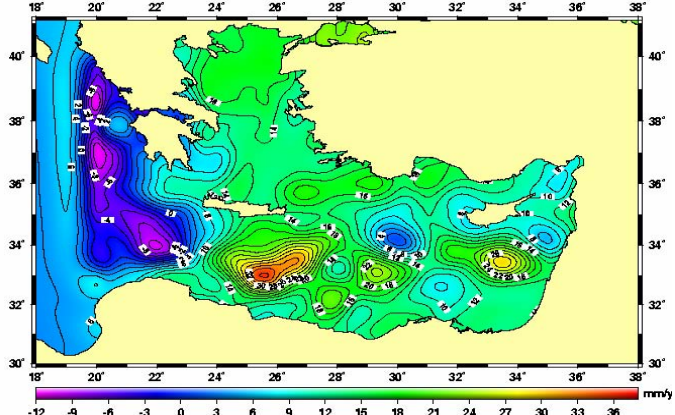
Temmuz 1999-Eylül 2005 ikinci veri döneminde ise dört alt bölgede de DSA hızlarında anlamlı bir düşüş gözlenmektedir. Ekim1992-Eylül 2005 tüm veri dönemi göz önüne alındığında DSA yükselme hızlarının Marmara Denizi’nde 6-8 mm/yıl, Ege Denizi’nde 4-10 mm/yıl, Girit baseninde -6-6 mm/yıl, Levantin baseninde ise -3-11 mm/yıl arasında değişen değerler aldığı görülmektedir. Üç ayrı veri döneminde hesaplanan hız hataları hiç bir zaman  $\pm 4$  mm/yıl’ı geçmemiştir.

Marmara, Ege, Girit ve Levantin alt bölgeleri için birinci veri döneminde ortalama DSA zaman serilerinin analizi ile belirlenen ortalama DSA hızları sırasıyla  $22.6 \pm 3.2$  mm/yıl,  $14.2 \pm 1.7$  mm/yıl,  $19.3 \pm 2.1$  mm/yıl ve  $10.2 \pm 1.6$  mm/yıl; ikinci veri döneminde belirlenen ortalama DSA hızları sırasıyla  $-0.5 \pm 3.3$  mm/yıl,  $-1.4 \pm 1.7$  mm/yıl,  $-6.8 \pm 2.4$  mm/yıl ve  $0.2 \pm 1.5$  mm/yıl ve tüm veri dönemi boyunca belirlenen ortalama DSA hızları sırasıyla  $6.9 \pm 1.3$  mm/yıl,  $6.0 \pm 0.7$  mm/yıl,  $1.5 \pm 1.0$  mm/yıl ve  $4.0 \pm 0.6$  mm/yıl’dır.

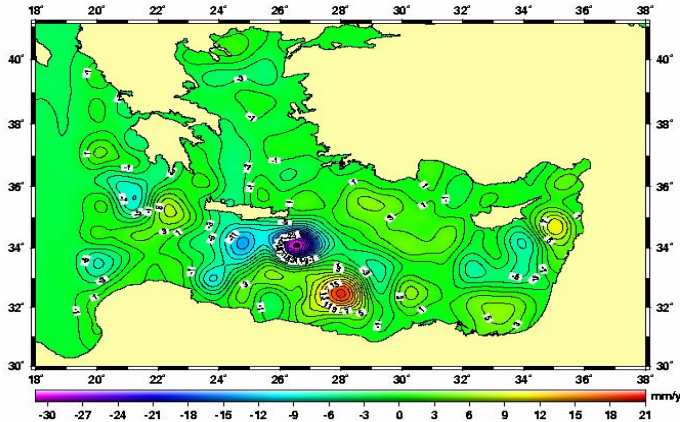
Tüm dönem göz önüne alındığında özellikle Türkiye kıyıları için ODS’nin halen 4-7 mm/yıl hızla yükseldiği görülmektedir. ODS’deki bu yükselme hızlarının (Yıldız, vd., 2006a; 2006b)’de Harita Genel Komutanlığı tarafından TUDES kapsamında işletilen Antalya-II, Bodrum-II ve Menteş mareograf istasyonlarındaki 1985-2005, Erdek mareograf istasyonundaki 1984-2005 dönemine ait uzun dönemli görelî ODS hızlarına benzer oldukları görülmektedir.



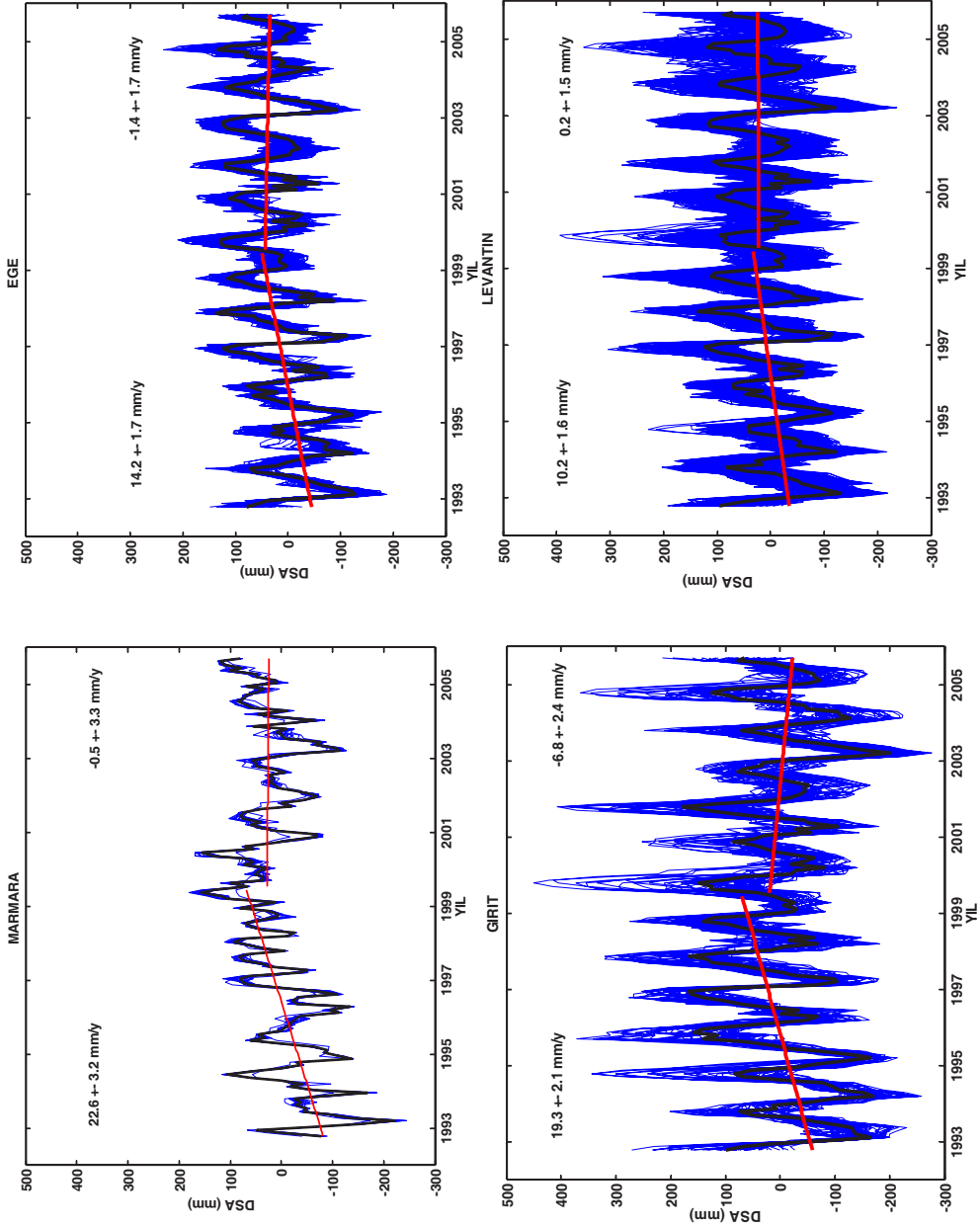
Şekil 5. Doğu Akdeniz'de 10/1992 – 09/2005 aralığındaki DSA hızları.



Şekil 6. Doğu Akdeniz'de 10/1992 – 06/1999 aralığındaki DSA hızları.



Şekil 7. Doğu Akdeniz'de 07/1999 – 09/2005 aralığındaki DSA hızları.



Şekil 8. Marmara, Ege, Girit ve Levantin alt bölgelerinde birinci ve ikinci dönemdeki ortalama DSA hızları.

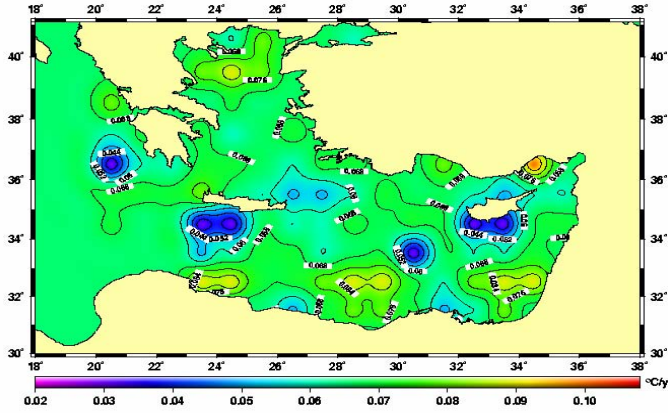
## b. DYSA Verilerinin Analizi

Doğu Akdeniz’de birinci dönemdeki ODS değişimlerinin kaynağı olarak düşünülen deniz yüzeyi sıcaklığı verileri de altimetre verileri ile benzer şekilde analiz edilmiştir. Doğu Akdeniz’de her bir DYSA grid noktasında tüm, birinci ve ikinci dönem aralıkları için ayrı ayrı belirlenen ve çalışma bölgesi için GMT ile haritalanan DYSA hızlarının konumsal dağılımları sırasıyla Şekil 9, Şekil 10, Şekil 11’de, birinci ve ikinci dönem için belirlenen ortalama DYSA hızları Şekil 12’de gösterilmekte, bu dönemlerde Marmara, Ege, Girit ve Levantin alt bölgelerde belirlenen en yüksek ve en düşük DYSA hızları Tablo 5’de verilmektedir.

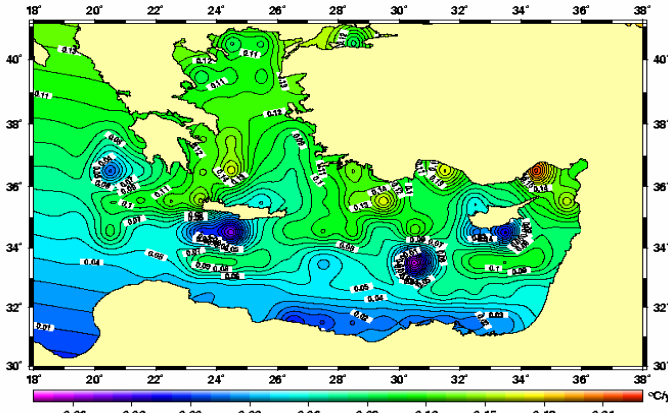
Tablo 5. Doğu Akdeniz’de üç ayrı dönem için belirlenen DYSA ve ortalama DYSA hızları (birimler °C/yıl).

| Alt Bölge | Grid Sayısı | 10/1992 – 09/2005 |      |      | 10/1992 – 06/1999 |       |      | 07/1999 – 09/2005 |       |       |
|-----------|-------------|-------------------|------|------|-------------------|-------|------|-------------------|-------|-------|
|           |             | Maks              | Min  | Ort  | Maks              | Min   | Ort  | Maks              | Min   | Ort   |
| Marmara   | 1           | 0.06              | 0.06 | 0.06 | 0.09              | 0.09  | 0.09 | -0.06             | -0.06 | -0.06 |
| Ege       | 17          | 0.09              | 0.05 | 0.07 | 0.17              | 0.05  | 0.11 | -0.02             | -0.10 | -0.05 |
| Girit     | 4           | 0.07              | 0.06 | 0.06 | 0.11              | 0.04  | 0.08 | -0.04             | -0.07 | -0.05 |
| Levantin  | 52          | 0.10              | 0.03 | 0.07 | 0.22              | -0.07 | 0.07 | -0.01             | -0.10 | -0.05 |

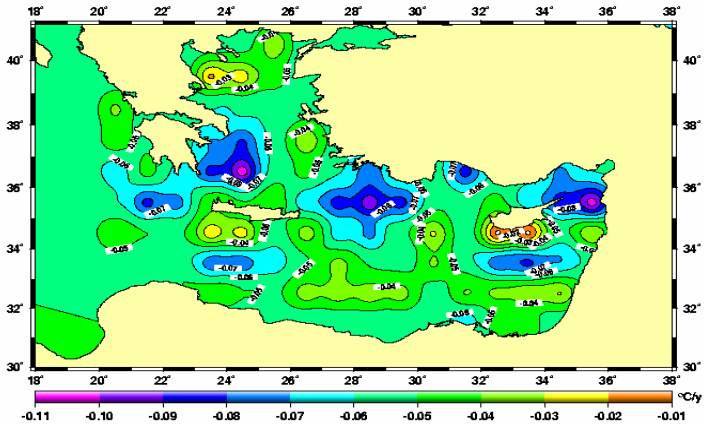
Şekil 12 ve Tablo 5 incelendiğinde, dört alt bölgede de birinci dönemde deniz yüzeyi sıcaklığında yükselme trendleri görülürken ikinci veri döneminde trendlerin işaret değiştiği, deniz yüzeyi sıcaklığının azaldığı gözlenmektedir. Marmara, Ege, Girit ve Levantin alt bölgeleri için birinci veri döneminde belirlenen ortalama DYSA hızları sırasıyla  $0.09 \pm 0.04$  °C/yıl,  $0.11 \pm 0.03$  °C/yıl,  $0.08 \pm 0.02$  °C/yıl ve  $0.07 \pm 0.03$  °C/yıl; ikinci veri döneminde belirlenen ortalama DYSA hızları sırasıyla  $-0.06 \pm 0.02$  °C/yıl,  $-0.06 \pm 0.02$  °C/yıl,  $-0.05 \pm 0.03$  °C/yıl ve  $-0.05 \pm 0.03$  °C/yıl ve tüm veri dönemi boyunca belirlenen ortalama DYSA hızları sırasıyla  $0.06 \pm 0.01$  °C/yıl,  $0.07 \pm 0.01$  °C/yıl,  $0.06 \pm 0.01$  °C/yıl ve  $0.07 \pm 0.01$  °C/yıl’dır.



Şekil 9. Doğu Akdeniz'de 10/1992 – 09/2005 aralığındaki DYSA hızları.

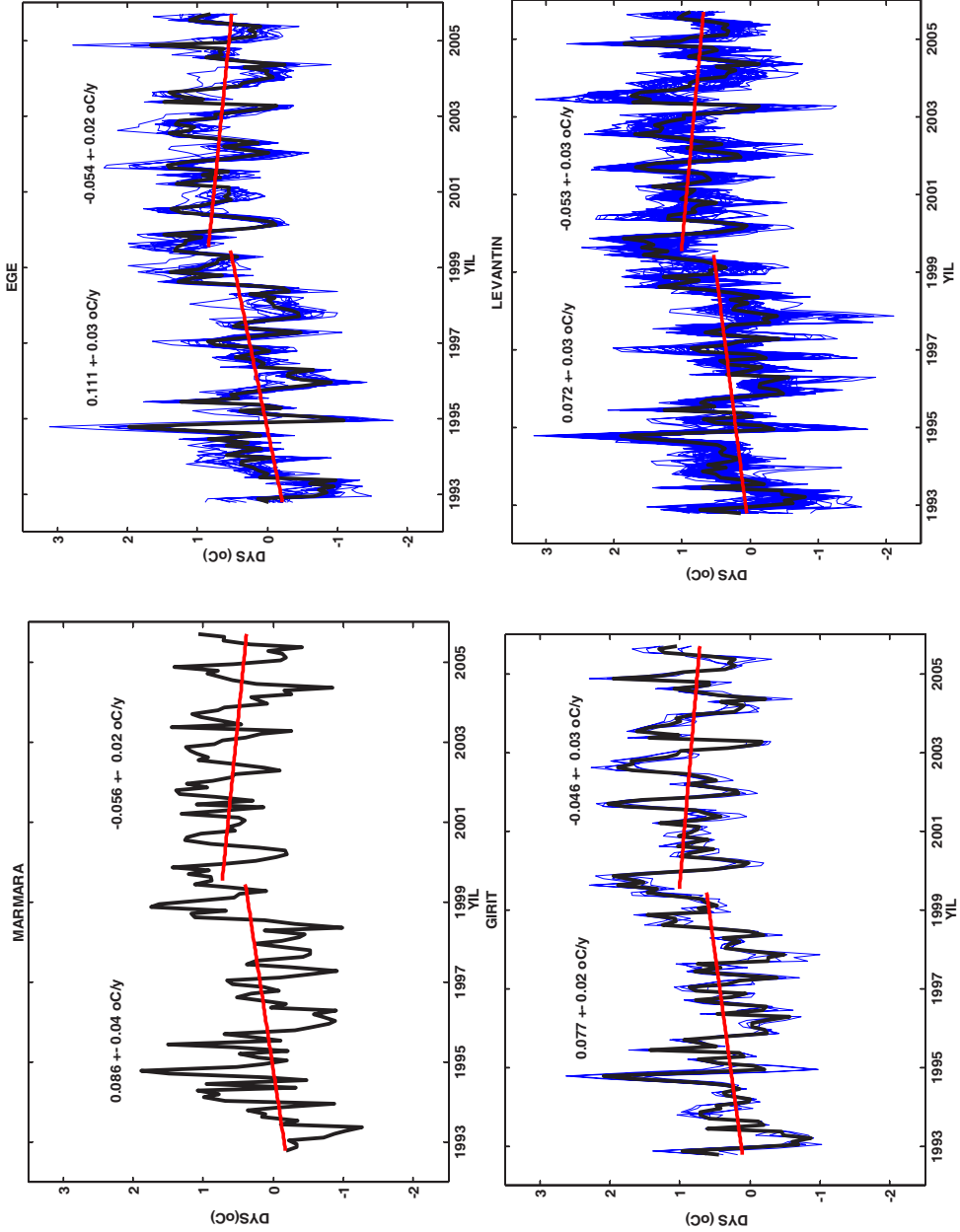


Şekil 10. Doğu Akdeniz'de 10/1992 – 06/1999 aralığındaki DYSA hızları.



Şekil 11. Doğu Akdeniz'de 07/1999 – 09/2005 aralığındaki DYSA hızları.





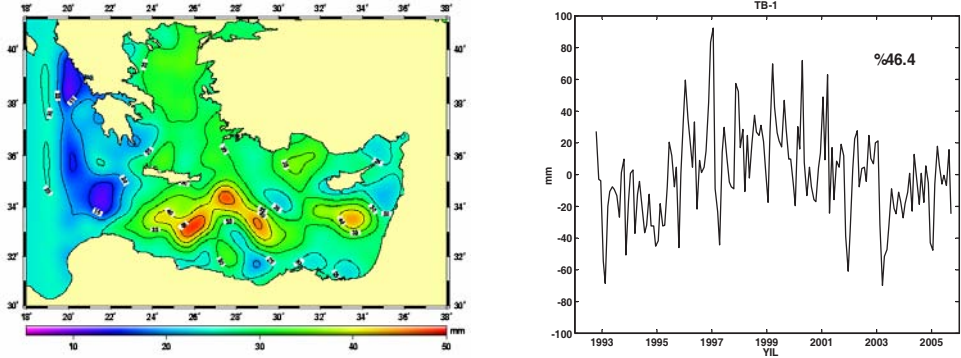
Şekil 12. Marmara, Ege, Girit ve Levantin alt bölgelerinde birinci ve ikinci dönemdeki ortalama DYSA hızları.

### c. ODS Değişimlerinin Konumsal ve Zamansal Karakteri

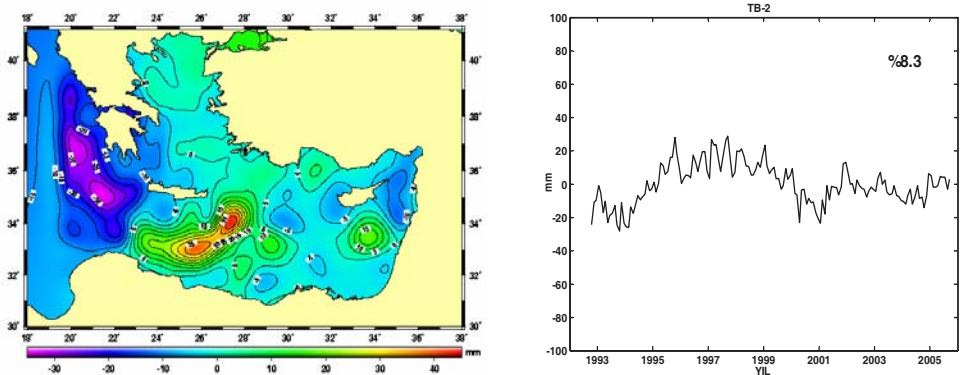
Doğu Akdeniz’de yıllar arası ve uzun dönemli ODS değişimlerinin konumsal ve zamansal karakteri belirlemek için doğrusal trendi ve mevsimsel değişimleri çıkarılmış DSA ve DYSA verilerine Deneyisel Ortogonal Fonksiyon (DOF–Empirical Orthogonal Function-EOF) analizi uygulanmış, daha sonra verilerdeki değişimin (varyansın) önemli bir kısmını açıklayan birinci ve ikinci temel bileşenlerin (TB) spektrumları hesaplanarak, %95 istatistiksel güven düzeyinde anlamlı olan sinyallerin periyot ve genlikleri hesaplanmıştır. DOF analizi, zaman serilerinde yer alan değişik periyotlu sinyalleri gürültüden ayırabilmek için kullanılan istatistiksel yöntemlerden birisidir. Bu yöntemin temel faydası, konumsal olarak dağılmış verilerin arasındaki fiziksel ilişkiyi daha özlü bir şekilde ortaya çıkarabilmesidir. DOF analizi ile zaman serilerindeki konumsal ve zamana bağlı değişimler ortogonal fonksiyonlar veya istatistiksel bileşenlerle ortaya çıkarılabilmektedir. Bu yöntemle, konumsal olarak dağılmış zaman serilerindeki değişim, değişim oranına göre az sayıda ortogonal fonksiyonla ifade edilebilir. Belirli sayıda zaman serisi için DOF hesabında iki yaklaşım mevcuttur. Birincisinde, zaman serilerinden kovaryans matrisi oluşturulur ve kovaryans matrisi öz değer ve öz vektörlerine ayrıştırılır. İkincisinde ise kovaryans matrisi oluşturulmadan Tekil Değer Ayrıştırması (Singular Value Decomposition) tekniği ile öz değerler, öz vektörler ve zamansal vektörler (temel bileşenler) elde edilir. Her iki yöntemle elde edilen aynıdır (Yıldız, 2005; 2006). Bu çalışmada DOF analizi, hızı ve mevsimsel değişimleri çıkarılmış DSA ve DYSA verilerine kovaryans matrisi yaklaşımı kullanılarak uygulanmıştır. DOF ile ilgili ayrıntılı bilgiler (Barnett, 1983), (Preisendorfer, 1988), (Emery ve Thomson, 1998), (Chambers, vd., 2002), (Church, vd., 2004), (Yıldız, 2005; 2006)’da verilmiştir.

DOF analizi ile elde edilen temel bileşenlerin spektrumunun belirlenmesi için (Heslop ve Dekkers, 2001) tarafından geliştirilen MC-CLEAN V2.0 yazılımı kullanılmıştır. Bu yazılım, Monte Carlo simülasyonlarına dayalıdır ve çok sayıda birbirinden küçük farklılıklar gösteren spektrumlar yaratılır. Yaratılan bu spektrumlar arasındaki küçük farklılıklar, ortalama bir spektrum hesabı ile her bir frekans zirvesi ve tüm spektrum için güven aralığı belirlenmesi için kullanılır. Bu algoritmada, türetilen ortalama spektrumdaki anlamlı frekansların, ters fourier dönüşümü ile zaman alanında bir sinyale dönüştürülmesi de mümkündür. MC-CLEAN V2.0 yazılımı ile ilgili ayrıntılı bilgiler (Heslop ve Dekkers, 2001) ve (Yıldız, 2005; 2006)’da verilmiştir.

Doğu Akdeniz’de tüm dönem için (Ekim1992-Eylül 2005) DOF analizi sonucunda DSA birinci (%46.4) ve ikinci TB’ler (%8.3), 992 altimetre grid noktasındaki toplam değişimin %55 gibi bir kısmını açıklamaktadır. DYSA birinci (%74) ve ikinci TB’ler (%10), 74 sıcaklık grid noktasındaki toplam değişimin %84 gibi önemli bir kısmını açıklamaktadır. İlk iki DSA DOF modunun konumsal öz vektörlerinin grid noktalarına göre dağılımları ile birinci ve ikinci TB zaman serileri Şekil 13 ve Şekil 14’de gösterilmektedir.



Şekil 13. Doğu Akdeniz’de DOF birinci konumsal modun (%46.4) dağılımı ve birinci TB zaman serisi.

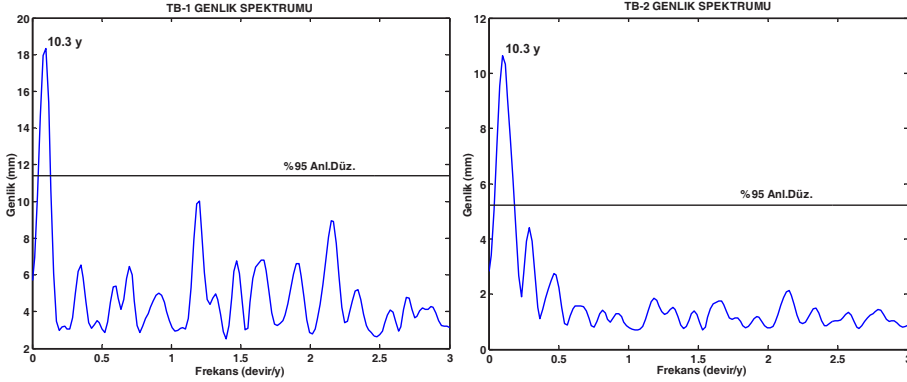


Şekil 14. Doğu Akdeniz’de DOF birinci konumsal modun (%8.3) dağılımı ve ikinci TB zaman serisi.

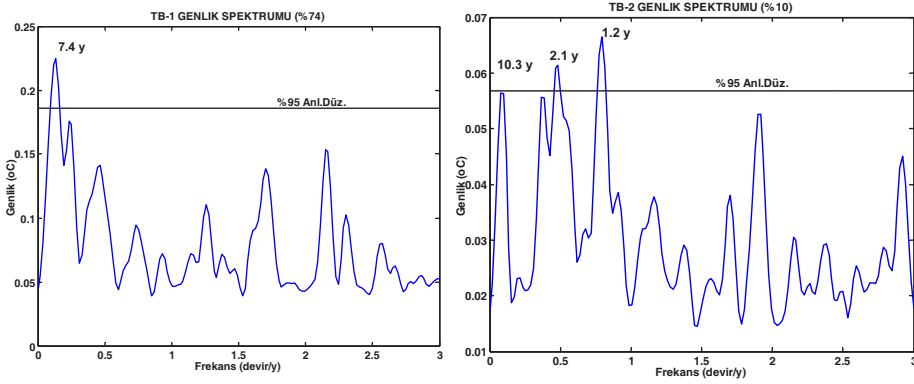
Şekil 13’de Doğu Akdeniz’deki ODS toplam değişimin %46.4’nü açıklayan DOF/TB birinci modu incelendiğinde tüm grid noktalarında konumsal öz vektörlerin pozitif değerler aldıkları bir başka değişle benzer şekilde hareket ettikleri görülmektedir. (Vigo, vd., 2005)’de bunun bir “nefes alıp verme” veya “salınım” modu olduğu, Akdeniz’in bu dönem boyunca yukarı veya aşağı hareket etmekte olduğu belirtilmektedir. Bu hareketin tüm Akdeniz’in aynı anda ısınması veya soğuması ya da tüm Akdeniz’e su girişi veya çıkışı olarak yorumlamaktadır. Aynı çalışmada farklı yazarlar tarafından söz konusu hareketin veya bu DOF modunun Akdeniz ve Kuzey Atlantik arasındaki atmosferik basınç farklarından kaynaklanabileceği bildirilmektedir. Şekil 13 ve Şekil 14’deki birinci ve ikinci TB zaman serileri incelendiğinde Doğu Akdeniz’de 1999 ortalarında meydana ODS yükselme hızındaki ani değişim kolaylıkla görülebilmektedir. DOF modlarının konumsal öz vektörlerinin haritaları, Şekil 5’de tüm dönem boyunca belirlenen DSA hız haritasına benzemektedir.

Birinci ve ikinci DSA TB zaman serilerinin genlik spektrumları incelendiğinde, birinci TB’de genliği 1.8 cm, ikinci TB’de 1.1 cm olan 10.3 yıllık %95 güven düzeyinde anlamlı periyodik sinyaller tespit edilmiştir (Şekil 15). Aynı şekilde DYSA birinci (%74)

ve ikinci (%10) TB genlik spektrumları incelendiğinde, birinci TB’de genliği  $0.23^{\circ}\text{C}$  olan 7.4 yıllık % 95 güven düzeyinde anlamlı periyodik sinyaller tespit edilmiştir. İkinci TB’de ise 10.3, 2.1 ve 1.2 yıllık % 95 güven düzeyinde anlamlı periyodik sinyaller tespit edilmiştir (Şekil 16). Bu sinyallerin genlikleri ise  $0.1^{\circ}\text{C}$ ’nin altındadır. Burada, DSA ve DYSA temel bileşenlerinde 10.3 yıllık ortak bir periyodik bileşen göze çarpmaktadır.



Şekil 15. DSA birinci ve ikinci temel bileşenin genlik spektrumları.



Şekil 16. DYSA birinci ve ikinci temel bileşenin genlik spektrumları.

Doğu Akdeniz’de DSA ve DYSA hızlarının 1993’den 1999 ortalarına kadar ortak yükselmeleri ve 1999 ortasından sonra aynı anda ve anlamlı bir şekilde düşüş geçmeleri, ayrıca her iki veri setinin DOF analizleri sonucunda temel bileşen zaman serilerinde 10.3 yıllık ortak bir periyodik etkinin varlığı, Doğu Akdeniz’deki deniz seviyesi değişimlerinin, deniz yüzeyi sıcaklığındaki on yıllar arası değişimden kaynaklanıp kaynaklanmadığı sorusunu akla getirmektedir. Kullanılan veri setlerinin uzunlukları (13 yıl) dikkate alındığında bu sonucu varmanın henüz erken olacağı değerlendirilmektedir. Ancak Akdeniz’de yapılan çalışmalardan ve de bu çalışmadaki sonuçlardan Doğu Akdeniz’deki deniz seviyesi değişimlerinin sıcaklık kaynaklı on yıllar arası değişimlerden kaynaklanabileceği değerlendirilmektedir.

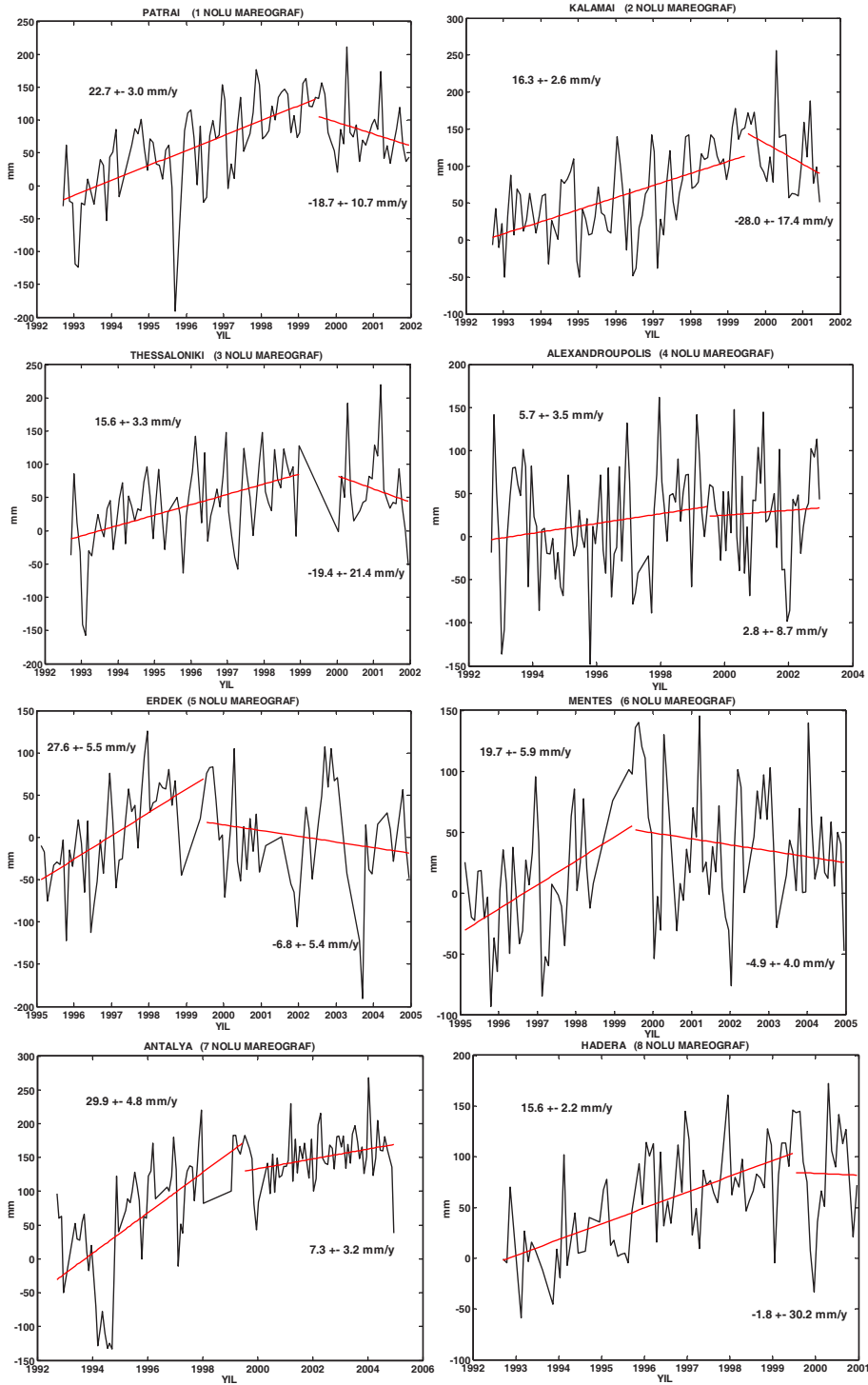
#### ç. Mareograf ODS Verilerinin Analizi

Doğu Akdeniz'de 1999 ortalarında ODS yükselme hızındaki ani değişimi vurgulamak için konumsal açıdan uygun dağılmış mareograf istasyonlarında 1999 ortasından öncesi ve sonrasındaki ODS hızları hesaplanmıştır. ODS hızları, DSA ve DYSA hızlarında olduğu gibi mareograf aylık ODS verileri ile (3) eşitliğinde verilen matematiksel model kullanılarak belirlenmiş olup sonuçlar Tablo 6'da verilmiş ve Şekil 17'de gösterilmiştir.

Tablo 6. Mareograf istasyonlarında Haziran 1999 öncesi ve sonrasındaki ODS hızları.

| Mareograf Numarası | Mareograf İstasyonu | Haziran 1999'dan Önceki ODS Hızı (mm/yıl) | Haziran 1999'dan Sonraki ODS Hızı (mm/yıl) |
|--------------------|---------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------|
| 1                  | Patrai              | $22.7 \pm 3.0$                            | $-18.7 \pm 10.7$                           |
| 2                  | Kalamai             | $16.3 \pm 2.6$                            | $-28.0 \pm 17.4$                           |
| 3                  | Thessaloniki        | $15.6 \pm 3.3$                            | $-19.4 \pm 21.4$                           |
| 4                  | Alexandroupolis     | $5.7 \pm 3.5$                             | $2.8 \pm 8.7$                              |
| 5                  | Erdek               | $27.6 \pm 5.5$                            | $-6.8 \pm 5.4$                             |
| 6                  | Menteş              | $19.7 \pm 5.9$                            | $-4.9 \pm 4.0$                             |
| 7                  | Antalya-II          | $29.9 \pm 4.8$                            | $7.3 \pm 3.2$                              |
| 8                  | Hadera              | $15.6 \pm 2.2$                            | $-1.8 \pm 30.2$                            |

Tablo 6 incelendiğinde; Patrai, Kalamai, Thessaloniki, Erdek, Mentеш ve Hadera mareograf istasyonlarında ODS hızlarının 1999'dan sonra işaret değiştirdikleri, Alexandroupolis ve Antalya-II mareograf istasyonlarında ise ODS yükselme hızında azalma olduğu görülmektedir. Bu sonuçlar altimetreden elde edilen bulguları desteklemektedir. Fakat mareograflar yerel şartlardan (basınç, rüzgâr, sıcaklık vb.) oldukça etkilenmekte özellikle mareograflardaki olası düşey yer kabuğu hareketleri mareograf verisi kullanılmasını önemli ölçüde etkilemektedir. Ayrıca çalışmada kullanılan mareograf verileri tam olarak altimetre ile aynı dönemi kapsamamakta ve de veriler içerisinde boşluk bulunmaktadır. Bu sebeple mareograflardan elde edilen sonuçların sadece uydu altimetre sonuçlarını desteklemeye yönelik yardımcı bir bilgi olarak düşünülmesinin uygun olacağı değerlendirilmektedir.



Şekil 17. Mareograf istasyonlarında Haziran 1999 öncesi ve sonrasındaki ODS hızları.



## 5. SONUÇ

Bu çalışmada, Doğu Akdeniz'de mevsimsel, yıllar arası ve uzun dönemli ODS değişimleri, uydu altimetre DSA'ları, DYSA'lar ve mareograf aylık ODS verileri kullanılarak araştırılmıştır. Bölgesel deniz seviyesi değişimlerini daha ayrıntılı incelemek maksadıyla çalışma bölgesi kendi içerisinde Marmara, Ege, Girit ve Levantin olmak üzere dört alt bölgeye ayrılmıştır.

Doğu Akdeniz'e homojen olarak dağılmış 992 altimetre grid noktasında hesaplanan ODS'deki yıllık ve altı aylık mevsimsel değişimlerin genlikleri sırasıyla 3.0-16.6 cm ve 1.8-3.2 cm arasında bulunmuştur. En düşük genlik değerleri Marmara Denizi'nde gözlenirken en yüksek değerler ise Girit bölgesinde gözlenmiştir. Mevsimsel deniz seviyesi değişimleri en yüksek değerine Ekim-Kasım, en düşük değerine ise Mart-Nisan aylarında ulaşmaktadır. Fazlar genel olarak enleme bağlı bir artış göstermektedir ve Doğu Akdeniz'in kuzey ve güneyi arasında 2 aylık bir faz farkı vardır.

Doğu Akdeniz'de 1999 ortalarında DSA ve DYSA trendlerinde anlamlı bir değişim gözlenmiş, söz konusu bu değişim bağımsız mareograf verileri ile doğrulanmıştır. 1999 ortalarından önce yükselen DSA ve DYSA trendleri bu tarihten sonra düşüşe geçmiştir.

Doğu Akdeniz'de yıllar arası ODS değişimlerinin konumsal ve zamansal karakterini araştırmak amacıyla, DSA ve DYSA grid noktalarındaki doğrusal trendi ve mevsimsel değişimleri çıkarılmış DSA ve DYSA verilerine Deneyisel Ortogonal Fonksiyon (DOF) analizi ve spektral analiz uygulanmıştır. Doğu Akdeniz deniz seviyesindeki toplam değişimin % 46.4'nü açıklayan DSA birinci temel bileşen zaman serisi ile deniz yüzeyi sıcaklığındaki toplam değişimin %10'nu açıklayan DYSA ikinci temel bileşen zaman serisinde periyodu 10.3 yıl olan ortak bir periyodik sinyal tespit edilmiştir. Akdeniz'de yapılan önceki araştırmalardan ve de bu çalışmadaki sonuçlardan, Doğu Akdeniz'deki yıllar arası ODS değişiminin büyük oranda deniz yüzeyi sıcaklığındaki yıllar arası değişimlerden kaynaklandığı değerlendirilmektedir.

Tüm veri dönemi göz önüne alındığında Türkiye'nin Marmara Denizini de içine alacak bir biçimde Doğu Akdeniz kıyıları için ODS'nin halen 4-7 mm/yıl hızla yükseldiği görülmektedir. Global deniz seviyesi yükselme tahminlerinden daha yüksek olan bu tahminlerin gelecek yıllarda devam etmesi durumunda özellikle kıyı alanlarında ekonomik ve sosyal sorunlar yaratması kaçınılmaz hale gelecektir. Gelecekte uydu altimetre ölçüleri ve uydu gravite (CHAMP, GRACE, GOCE) verilerinin birlikte değerlendirilmesi ile deniz seviyesi değişimlerine neden olan hacimsel ve kütsel değişimlerin belirlenmesi, söz konusu değişimlerin deniz yüzeyi sıcaklığı yanında tuzluluk, basınç, gibi diğer fiziksel parametreler ile de ilişkilendirilerek nedenlerinin araştırılmasının ve elde edilen bulguların geliştirilmiş modeller ile karşılaştırılmasının faydalı olacağı değerlendirilmektedir.

## KAYNAKLAR

**AVISO**, 2006, SSALTO/DUACS User Handbook: (M)SLA and (M)ADT Near-Real Time and Delayed Time Products, CLS-DOS-NT-06.034, Collecte Localisation Satellites, France, January 2006.

**AVISO**, 2006, Observing the Ocean from Space, <http://www.aviso.oceanobs.com> (2006.09.02).

**Barnett, T.P.**, 1983, Recent Changes in Sea Level and Their Possible Causes, *Climatic Change*, **5**, s.15-38.

**Cabanes, C., Cazenave, A., Provost C. L.**, 2001, Sea level rise during past 40 years determined from satellite and in situ observations, *Science*, **294**, s.840– 842.

**Cazenave, A., Nerem, R.S.**, 2004, Present-day sea level change: Observations and causes, *Rev.Geophys*, **42**, doi:10.1029/2003RG000139.

**Cazenave, A., Bonnefond, P., Mercier, F., Dominh, K., Toumazou, V.**, 2002, Sea level variations in the Mediterranean Sea and Black Sea from satellite altimetry and tide gauges, *Global and Planetary Change*, **34**, s.59–86.

**Cazenave, A., Cabanes, C., Dominh, K., Mangiarotti, S.**, 2001, Recent sea level change in the Mediterranean Sea revealed by TOPEX/Poseidon satellite altimetry, *Geophys. Res. Lett.*, **28**, s.1607-1610.

**Cazenave, A., Dominh, K., Ponchaut, F., Soudarin, L., Cretaux., J.F., Provost C. L.**, 1999, Sea level changes from Topex/Poseidon altimetry and tide gauges and vertical crustal motions from DORIS, *Geophys. Res. Lett.*, **26**, s.2077-2080.

**Chambers, D.F., Melhaff C.A., Urban, T.J, Fuji, D., Nerem R.S.**, 2002, Lowfrequency variations in global mean sea level: 1950-2000, *J.Geophys. Res.*, **107** (C4), 3026, doi:10.102912001JC001089.

**Church, J. A. ve White, N. J.**, 2006, A 20th century acceleration in global sea-level rise, *Geophys. Res. Lett.*, **33**, L01602, doi:10.1029/2005GL024826.

**Church, J.A., White, N.J., Coleman, R., Lambeck, K., Mitrovica, J.X.**, 2004, Estimates of regional distribution of sea level rise over 1950-2000 period, *Journal of Climate*, **17**, 2609-2625.

**Church, J.A., Gregory, J.M., Huybrechts, P., Kuhn, M., Lambeck, K., Nhuan, M.T., Qin, D., Woodworth, P.L.**, 2001, Changes in Sea Level, Intergovernmental Panel on Climate Change, *Third Assessment Report*, Cambridge University Press, 641-693.

**Douglas B.C.**, 2001, Sea level change in the era of the recording tide gauge, in Sea Level Rise History and Consequences, Chapter 3, Eds. Douglas, Kearney and Leatherman, Academic Press., USA.

**Douglas, B. C.**, 1992, Global sea level acceleration, *J. Geophys. Res.*, **97** (C8), s.12699-12706.

- Emery, W.J., Thomson, R.E.,** 1998, *Data Analysis Methods in Physical Oceanography*, Elsevier Science, Newyork.
- Fu, L.L., Cazenave, A.,** 2001, *Satellite Altimetry and Earth Sciences: A Handbook of Techniques and Applications*, Academic Press, USA.
- Heslop, D., Dekkers M.,** 2001, Spectral analysis of unevenly spaced time series using CLEAN: signal recovery and derivation of significance levels using a Monte Carlo simulation, *Physics Earth Planet Interior*, **130**, s.103-116.
- Holgate, S.J., Woodworth, P.L.,** 2004, Evidence for enhanced coastal sea level rise during the 1990s., *Geophysical Research Letters*, **31**, LO7305, doi:10.1029/2004GL019626.
- İmre, İ.,** 2005, Uydu Altimetre Tekniği ve Marmara Denizi'ndeki Uydu İzlerinin Değerlendirilmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Y.T.Ü, İstanbul.
- Karaca M., Ünal Y.S.,** 2003, Potential Implications of Accelerated Sea-Level Rise for Turkey, *Journal Coastal Research*, (in publish).
- Leatherman, S.P.,** 2001, Social and Economic Costs of Sea Level Rise, in *Sea Level Rise History and Consequences*, s.181-223, Eds. Douglas, Kearney and Leatherman, Academic Press., USA.
- Leuliette, E. W., Nerem, R. S., Mitchum, G.,** 2004, Results of TOPEX/Poseidon and Jason calibration to construct a continuous record of mean sea level, *Marine Geodesy*, **27**, s.79-94.
- Maes, C.,** 2000, Salinity variability in the equatorial Pasific ocean during the 1993-1998 period, *Geophys. Res. Lett.*, **27**, 1659-1662.
- Nerem, R., Leuliette, E., Cazenave, A.,** 2006, Present-day sea-level change: A review, *Comptes Rendus Geosciences*, **338**,s.1077-1083.
- Nerem, R., Mitchum, G.,** 2002, Estimates of vertical crustal motion derived from differences of TOPEX/Poseidon and tide gauge sea level measurements, *Geophys. Res. Lett.*, **29**(19), 1934, doi:10.1029/2002GL015037.
- Nerem, R.S., Mitchum,G.T.,** 2001, Observation of Sea Level Change from Satellite Altimetry, in *Sea Level Rise History and Consequences*, s.121-164, Eds. Douglas, Kearney and Leatherman, Academic Press., USA.
- Peltier, W.R.,** 2001, Global glacial isostatic adjustment and modern instrumental records of relative sea level history, in: in *Sea Level Rise History and Consequences*, s. 65–95. Eds. Douglas, Kearney and Leatherman, Academic Press., USA.
- Pinet, P.R.,** 1996, *Invitation to Oceanography*, St Paul, MN: West Publishing Co., ISBN (3rd ed.), <http://www.answers.com/topic/mediterranean-sea?cat=travel> (2006.08.23).
- Pinet, P.R.,** 1996, *Invitation to Oceanography*, St Paul, MN: West Publishing Co., ISBN (3rd ed.), [http://en.wikipedia.org/wiki/Mediterranean\\_Sea](http://en.wikipedia.org/wiki/Mediterranean_Sea) (2006.08.23).

**Plag H.P.**, 2002, Description of Work, European Sea Level Service Research Infrastructure (ESEAS-RI), Norwegian Mapping Authority, Honefoss, Norway.

**Plag, H. P.**, 2000, Large-scale phenomena on interannual to interdecadal time scales detected from tide gauges and atmospheric data, *Intergovernmental Oceanographic Commission Workshop*, Toulouse, 10-11 May 1999, s.16-20.

**Preisendorfer, R.W.**, 1988, Principal Component Analysis in Meteorology and Oceanography, Developments in Atmospheric Science, Elsevier, Amsterdam, Netherlands.

**PO.DAAC**, 2006, Jet Propulsion Laboratory California Institute of Tecnology, Physical Oceanography DAAC, <http://podaac-www.jpl.nasa.gov> (2006.09.05).

**POET**, 2006, The PO.DAAC Ocean ESIP Tool (POET), <http://poet.jpl.nasa.gov> (2006.09.05).

**PSMSL**, 2006, Proudman Oceanography Laboratory, Permanent Service for Mean Sea Level, <http://www.pol.ac.uk/psmsl/> (2006.09.07).

**Pugh, D.T.**, 1987, Tides, Surges and Mean Sea Level, John Wiley and Sons, Chichester, UK.

**Reynolds, R.W.**, 1988, A real-time global sea surface temperature analysis, *J. Climate*, **1**, s.75-86.

**Tapley, B. D., Shum, C. K., Ries, J. C., Suter, R., Schutz, B. E.**, 1992, Monitoring of changes in global mean sea level using Geosat altimeter, Sea Level Changes: Determination and Effects, Geophysical Monograph 69, *IUGG Volume 11*, AGU.

**Taramelli, V.**, 2005. The Mediterranean Sea. Università degli Studi di Pavia Centro Interdisciplinare di Bioacustica e Ricerche Ambientali, [http://www.unipv.it/webcib/edu\\_Mediterraneo\\_uk.html](http://www.unipv.it/webcib/edu_Mediterraneo_uk.html) (2006.08.20).

**Tsimplis, M.N., Rixen, M.**, 2002, Sea level in the Mediterranean Sea: The contribution of temperature and salinity changes, *Geophys. Res. Lett.*, **29**, 2136, doi:10.1029/2003JC002185.

**Tsimplis, M.N., Josey, S.A.**, 2001, Forcing of the Mediterranean Sea by atmospheric oscillations over the North Atlantic, *Geophys. Res. Lett.*, **28**, 803-806.

**Tsimplis, M.N., Baker, T.F.**, 2000, Sea level drop in the Mediterranean Sea: An indicator of deep water salinity and temperature changes?, *Geophys. Res. Lett.*, **27**, 1731-1734.

**Tsimplis M.N., Spencer, N.E.**, 1997, Collection and analysis of monthly mean sea level data in the Mediterranean and Black Sea. *Journal of Coastal Research*, **13**(2), s.534-544.

**Tsimplis, M. N., Woodworth, P. L.**, 1994, The global distribution of the seasonal sea level cycle calculated from coastal tide gauge data, *Journal of Geophysical Research*, **99**, s.16031-16039.

- Vigo I., Garcia, D., Chao, B.F.**, 2005, Change of sea level trend in the Mediterranean and Black seas, *Journal of Marine Research*, **63**, s.1085-1100.
- Wessel,P. ve Smith, W.H.F.**, 1998, New Improved Version of Generic Mapping Tools (GMT) Released, EOS Transactions, 79 (47), s.578-579.
- Woodworth, P.L., Tsimplis, M.N., Flather, R.A., Shennan, I.**, 1999, A Review of the trends observed in British Isles mean sea level data measured by tide gauges, *Geophysical Journal International*, **136**, s.651-670.
- Woodworth, P.L.**, 1990, A search for accelerations in records of European mean sea level, *Int. J. Climate*, **10**, s.129-143.
- Yıldız, H., Simav, M., Cingöz, A., Kahveci, M.**, 2006a, 1984-2005 Dönemindeki Türkiye Ulusal Deniz Seviyesi İzleme Sistemi (TUDES) Mareograf (Mar) ve Jeodezik Verilerinin (Deniz Seviyesi, Mar-GPS, Mar-Sabit GPS (SGPS) ve Tekrarlı Duyarlı Geometrik Nivelman) Analizi, *Teknik Rapor*, JEOFNİV-01-2006, Harita Genel Komutanlığı, Ankara.
- Yıldız, H., Simav, M., Sezen, E., Cingöz, A., Kahveci, M., Akdeniz, H.**, 2006b, Analysis of mean sea level and repeated geodetic data observed at Turkish tide gauges, 1. Uluslararası Gravite Alanı Servisi (IGFS) Sempozyumu, Gravity Field of the Earth, İstanbul, 28 Ağustos-1 Eylül 2006.
- Yıldız, H.**, 2006, Mareograf ve Sabit GPS Zaman Serilerinin Analiziyle Uzun Dönemli Mutlak Deniz Seviyesi Değişimlerinin Araştırılması, *Harita Dergisi*, **137**, s.1-24.
- Yıldız, H.**, 2005, Mareograf ve Sabit GPS Verileri ile Uzun Dönemli Mutlak Deniz Seviyesi Değişimlerinin Araştırılması, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yıldız, H., Simav, M.**, 2005, Türkiye kıyılarında gelgitler, *TUJK 2005 Yılı Bilimsel Toplantısı*, Jeoid ve Düşey Datum Çalıştayı, Trabzon, 22-24 Eylül 2005.
- Yıldız, H., Demir, C., Gürdal, M.A., Akabalı, O.A., Demirkol, E.Ö., Ayhan, M.E., Türkoğlu, Y.**, 2003, ANTALYA-II, BODRUM-II, ERDEK ve MENTEŞ Mareograf İstasyonlarına ait 1984-2002 Yılları Arası Deniz Seviyesi ve Jeodezik Ölçülerin Değerlendirilmesi, *Harita Dergisi*, Haziran, Özel Sayı:17, Harita Genel Komutanlığı, Ankara, s.75 .
- Zerbini, S., Plag, H. P., Baker, T. F., Becker, M., Billiris, H., B'urki, B., Kahle, H. G., Marson, I., Pezzoli, L., Richter, B., Romangnoli, C., Sztobryn, M., Tomasi, P., Tsimplis, M. N., Veis, G., Verrone, G.**, 1996, Sea level in the Mediterranean: a first step towards separating crustal movements and absolute sea-level variations, *Global and Planetary Change*, **14**, s.1-48.