

Marmara ve Çevresinde Deprem Tehlikesi

Oğuz Gündoğdu*, Özden Işık**, Selma Koç***

*İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü, **Doğa Hareketleri Araştırma Derneği, ***Kocaeli Üniversitesi İletişim Fakültesi, Gazetecilik Bölümü

ÖZET

Ülkemizde çağdaş anlamda Afet Yönetiminin tartışılmasına 1992 Erzincan ve 1995 Dinar depremlerinden sonra başlanmıştır. Dış merkezleri, faylanma özellikleri ve etkileri açısından "Kent Depremleri" niteliğinde olan bu depremler, afet ve afet yönetimi açısından radikal değişimleri gerektirmiştir. Depremlerin oluşumunun dünya genelinde ve ülkemizde belirli bir düzeni vardır. Türkiye ve çevresinin levha tektoniği ile açıklanan bir düzeni vardır, bu düzen birçok gözlemlerle kanıtlanmıştır. Marmara bölgesi ülke sanayisinin % 45'ine yakınına sahiptir, üstelik niteliği yüksek olan bu sanayi yatırımları Anadolu'da yan sanayi diye nitelendirilebileceğimiz pek çok yatırımla doğrudan ilişkisi vardır. Toplam vergilerin % 50'sine yakınının da bu bölgeden elde edildiği düşünüldüğünde, olası beklenen Marmara depremlerinin oluşturduğu risk, ülke ekonomisi açısından çok büyüktür. Uzmanlar, maddi hasarın 30-50 milyar dolar arasında olacağını tahmin etmektedir. 1999 Gölcük Depremi'ne kadar Marmara Denizi'nde fay araştırmaları ile ilgili ölçmeye dayalı jeofizik çalışmalar çok az yapılmıştır. 17 Ağustos 1999 Gölcük ve 12 Kasım Düzce depremlerinden sonra yapılan araştırmalarla, özellikle sismik çalışmalardan, Marmara Denizi'nin tektonik yapısı ile ilgili önemli bilgiler sağlanmıştır. Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ), Marmara Denizi'nde batıya doğru kırılarak ve en az birisi 7'nin üzerinde olmak üzere birkaç depreme yoluna devam edecektir. KAFZ'nun "Marmara Fazı" olarak adlandırabileceğimiz bu sürece karşı alınan önlemler genel anlamda yetersizdir.

Anahtar kelimeler: Deprem, levha tektoniği, kent depremleri, marmara fazı, afet

SUMMARY

Earthquake Hazard of Marmara and Environs

Discussion of the disaster management in our country begins after 1992 Erzincan and 1995 Dinar Earthquakes. These earthquakes, which are described "city earthquakes" because of their epicentre, fault characteristics and effects, required radical changing about disaster and disaster management. There is an order about generation of the earthquakes in the world and also our country. Turkey and its surrounding area have an order which is explained by plate tectonics and proved by lots of investigations. The Marmara Region contains nearly 45% of industry of the country. That high-grade industry is directly related to sub-industry on Anatolia. Considering 50 % of total taxes of country are obtained by this region, the risk of possible Marmara Earthquakes is crucial from the point of national economy. The material damage is expected between 30-50 billion dollars by experts. Until 17 August 1999 Gölcük Earthquake, the measurement-based fault investigations about The Marmara Sea are made fairly few. After 17 August 1999 Gölcük and 12 November Düzce Earthquakes, important data about tectonic structure of the Marmara Sea are acquired by the investigations, especially seismic studies. The North Anatolian Fault Zone (NAFZ) continues down the road towards west on the Marmara Sea by several earthquakes, magnitude is at least one of them more than 7. The precautions about the NAFZ's these processes which can be called "Marmara Phase" are inadequate in generally.

Key words: Earthquakes, plate tectonics, city earthquakes, marmara phase, disaster

GİRİŞ

Afet genel anlamda, insanlar için fiziksel, ekonomik kayıplar oluşturan, normal yaşamı ve toplumsal faaliyetleri durdurarak veya ke-sintiye uğratarak sosyal yaşamı etkileyen ve etkilenen topluluğun üstesinden gelemediği

doğal, teknolojik ve insan kaynaklı bir olaydır. Afet yönetiminin temel amacı, afete uğrayan insanları kurtarmak ve en kısa sürede normal yaşam koşullarını sağlamaktır. Bu amacı gerçekleştirmenin olmazsa olmaz koşulları; gerekli bilgi, deneyim, planlama ve eşgüdumdür.

Alındığı Tarih: 20.10.2012

Kabul Tarihi: 19.12.2012

Yazışma adresi: Dr. Oğuz Gündoğdu, İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, İstanbul
e-posta: gundogdu@istanbul.edu.tr

Yaklaşık yüzü aşkın afet türü vardır, depremin bu kadar önde hatta en başta oluşu, insanlığın asırlar boyunca ürettiklerini ve yaşamlarını saniyeler içinde yok etmesinden kaynaklanmaktadır. Deprem, yerküre içersinde biriken elastik deformasyon enerjisinin, kayaların kırılma direncini aşması sonucunda, kayaların kırılması ve aniden enerjinin boşalması olayına denir. Bu kırılma hareketinin sonucunda enerjiyi taşıyan elastik dalgalar, yıkıma ve can kaybına neden olmaktadır. Deprem olgusunun bilimsel olarak açıklanmasında varılmak istenen hedef, depremin oluş mekanizmasını belirlemektir. Bunun içinde, deprem olgusunu tanımlayabilen nicel büyüklüklere gereksinim vardır. Bu nicel büyüklüklere **“deprem parametreleri”** adı verilmektedir ⁽¹⁾. Bunlar, büyüklük (magnitüd), şiddet, dış merkez (episantr), iç merkez (odak, hiposantr), fay düzlemi genişliği ve sismik momenttir. Depremin büyüklüğü ve şiddeti en çok karıştırılan parametrelerdir.

Ülkemizde çağdaş anlamda **“Afet Yönetimi”** nin tartışılmasına 1992 Erzincan ve 1995 Dinar depremlerinden sonra başlanmıştır. 1992 Erzincan ve 1995 Dinar depremleri ile 17 Ağustos 1999 Gölcük ve 12 Kasım 1999 Düzce depremleri dış merkezleri, faylanma özellikleri ve etkileri açısından **“Kent Depremleri”** niteliğindedir ⁽²⁾. 17 Ağustos Gölcük Depremi yıkık ve ağır hasar ile can kaybı sayılarının, bu depreme kadar olan verilerle karşılaştırıldığında, yıkık ve ağır hasarlı yapı oranı % 14; can kaybı % 18’dir. Tek bir depremde ortaya çıkan bu tablo riskin ne kadar büyük olduğunu göstermesinin yanı sıra, depreme dayanıklı konut inşa edemediğimiz de bir göstergesidir. 17 Ağustos Gölcük Depremi’nde farklı boyutlarda etkilenen insan sayısı yaklaşık 20 milyon dolayındadır, bu da kent depremlerinin farklı bir önemli özelliğini de ortaya koymaktadır. Kentleşmenin başıboş ve plansız gelişmesinin yanı sıra tarihi yapıların var oluşu riskleri arttırıcı önemli bir unsur olarak ortaya çıkmaktadır.

Büyüklik (Magnitüd)

1800’lü yılların sonunda sismografların kul-

lanılmasıyla birlikte aletsel deprem büyüklük ölçeklerinin kullanımı da gündeme gelmiştir. 1935’de Charles Richter ML ile simgelenen ve sismograflarda izlenen deprem kayıtlarının genliklerinden hesaplanan büyüklük adı verilen yeni bir ölçek geliştirilmiştir. ML depremin ölçüsünü bağımsız olarak saptayabilmemizi sağlar. Richter büyüklük ölçeği logaritmiktir. Beş büyüklüğünde bir depremin enerjisi, 4 ölçeğine kıyasla 30 kat daha fazla olmaktadır, mb cisim dalgalarından, MS ise yüzey dalgalarından hesaplanır depreme uygulanabilmektedirler ve B. Gutenberg ve Richter tarafından geliştirilmiştir. Bir deprem sismogramından (kaydından) büyüklüğünü bulmak için sismik dalganın genliği ve periyodu okunur ve aşağıdaki bağıntı yardımıyla hesaplanır).

$$M = \log_{10} (A / (T \cdot m)) + a \cdot \log_{10} \emptyset + b$$

A: Sismik Dalganın Genliği.

T: Sismik Dalganın Periyodu.

m: Sismografin Büyütmesi

a-b: Katsayılar.

\emptyset : km. ya da derece olarak depremin kayıt istasyonuna uzaklığı.

Bu büyüklüklerin yanı sıra süreye bağlı ve yerel büyük türleride vardır, bir depremin farklı değerlerin hesaplanması ve bir karmaşaya neden olunması, kullanılan bağıntıların ve seçilen yetkabağı modelinin farklılığından kaynaklanmaktadır. Büyüklüğün fiziksel bir anlamı yoktur, deprem ne kadar büyük sorusunun yanıtını verebilmek için türetilmiştir, bu önemli eksikliği gidermek için ve fiziksel boyutu olan, **“sismik moment”** büyüklüğü kullanılmaya başlanılmıştır.

Şiddet

Şiddet, gözleme dayanan ve depremin doğa, yapılar ve canlılar üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesiyle saptanan, depremin hissedildiği bir noktadaki gücünün ölçüsü olarak tanımlanan bir parametredir ⁽¹⁾.

Depremin şiddeti, depremlerin gözlenen etkileri sonucunda ve uzun yılların vermiş olduğu deneyimlere dayanılarak hazırlanmış olan

“Şiddet Cetvelleri” ne göre değerlendirilmektedir. Diğer bir deyişle “**Deprem Şiddet Cetvelleri**” depremin etkisinde kalan canlı ve cansız her şeyin depreme gösterdiği tepkiyi değerlendirmektedir. Önceden hazırlanmış olan bu cetveller, her şiddet derecesindeki depremlerin insanlar, yapılar ve arazi üzerinde meydana getireceği etkileri belirlemektedir.

Bir deprem oluştuğunda, bu depremin herhangi bir noktadaki şiddetini belirlemek için, o bölgede meydana gelen etkiler gözlenir. Bu izlenimler “Şiddet Cetveli”nde hangi şiddet derecesi tanımına uygunsa depremin şiddeti, o şiddet derecesi olarak değerlendirilir. Örneğin, depremin neden olduğu etkiler, şiddet cetvelinde VIII şiddet olarak tanımlanan bulguları içeriyorsa, o deprem VIII şiddetinde bir deprem olarak tariflenir. “Deprem Şiddet Cetvelleri”nde, şiddetler Romen rakamıyla gösterilmektedir, günümüzde kullanılan başlıca şiddet cetvelleri, geliştirilmiş “**Modified Mercalli (MM)**” ve “**Medvedev-Sponheur-Karnik (MSK)**” şiddet cetvelidir. Her iki cetvelde de XII şiddet derecesini kapsamaktadır. Japonların kullandığı şiddet cetvel X şiddet derecesini içermektedir. Dış merkezde belirlenen maksimum şiddet (I0) ile gösterilir.

Gölcük depreminden yaklaşık 4 ay sonra 7.2 büyüklüğünde Düzce Depremi meydana geldi Yapılan araştırma sonucunda Düzce Depremi'nin “**şiddet haritası**” çizilmiştir. Makrosismik bilgilere göre yapılan hesaplamalar sonucunda, moment büyüklüğü olarak $M_w=7.3$ saptanmıştır. Yapılan gözlemlerden, maksimum şiddet $IO=X$ ve makrosismik dış merkez (40.75K-31.15D) olarak belirlenmiştir.

İç merkez (Hiposantr)

Yerin içinde depremin enerjisinin ortaya çıktığı noktaya **iç merkez** denir. Sismograflardan elde edilen sismogramlardan hesaplanılarak belirlenir. İçmerkez derinliği, yer içinde enerjinin açığa çıktığı yer olarak tanımlanır, aletsel verilerden saptanabildiği gibi belirli yaklaşımlarla eşşiddet haritalarından yararlanarak hesaplanabilir. Kabuk yapısı ne kadar iyi biliniyor

ve deprem ne kadar fazla deprem istasyonlarından kaydedilmişse, o kadar güvenilir iç merkez belirlenebilir.

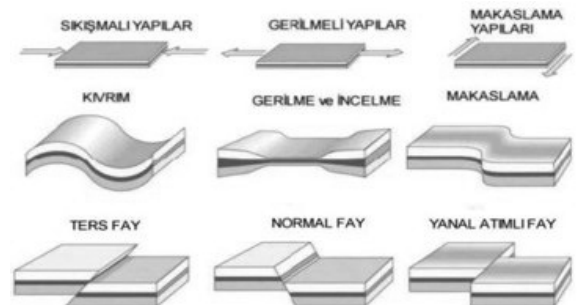
Dış merkez (Episantr)

Depremin sismograflar aracılığı ile saptanan ve biriken enerjinin açığa çıktığı iç merkezden çıkılacak bir doğrunun yeryüzeyini kestiği yer **dış merkez** olarak adlandırılır, makrosismik çalışmayla belirlenen dış merkeze de “**makrosismik dış merkez**” adı verilir.

Fay ve fay türleri

Faylar depremlerin anlaşılması açısından en önemli unsurlardan biridir. Dünyamızda oluşan yıkıcı depremlerin hemen hemen tamamı faylarla ilişkilidir. Eğer bir kırığın iki tarafındaki bloklar birbirlerine göre gözle görülür miktarda hareket etmişlerse (atım gelişmiş ise) bu kırığa **fay** adı verilir. Fayların boyutları birkaç santimetreden birkaç bin kilometreye, atım miktarları ise birkaç santimetreden onlarca hatta bazen yüzlerce kilometreye kadar değişmektedir⁽³⁾. Yüzye de fay izini göremediyssek bile, aletsel kayıtlardan (sismogramlar) atımı hesaplamak mümkündür.

Yerkabuğu içinde oluşan faylanmalar kırılma geometrilerine göre sırasıyla **eğim atımlı (normal ve ters fay), doğrultu atımlı ve verrev (oblik) faylardır**. Faylar sıkışma, gerilme ya da makaslama kuvvetlerinin etkisi ile gelişir, kendilerini oluşturan kuvvete bağlı olarak farklı şekiller alırlar. Kırılan yerkabuğu bloklarının hareket yönlerine göre eğim atımlı faylar ters ve normal faylar, doğrultu atımlı faylar ise sağ



Şekil 1. Fayların türleri ve oluşum özellikleri⁽³⁾.

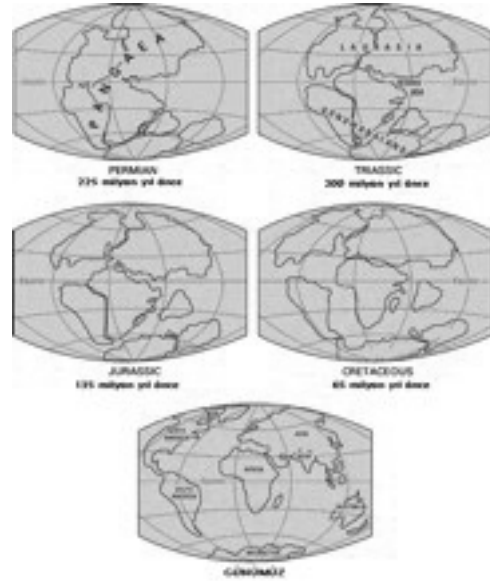
ve sol yönlü faylar olarak gruplara ayrılırlar (Şekil 1).

TÜRKİYE VE YAKIN ÇEVRESİNİN SİSMOTEKTONİK ÖZELLİKLERİ

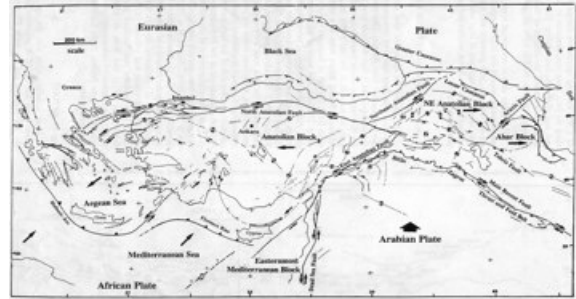
Depremlerin oluşumunun dünya genelinde ve ülkemizde belirli bir düzeni vardır. Levha tektoniği ile açıklanan bu düzen birçok gözlemle kanıtlanmıştır. Manto dediğimiz yer katmanının üzerindeki kabuk birçok levhadan oluşmakta ve bu levhalar hareket halindedir. İşte bu hareketler sırasında levha kenarlarında ve levha içlerinde enerji birikmekte ve kabuk mukavemetinin yenildiği anda enerji açığa çıkmakta ve depremler oluşmaktadır. Tektonik depremleri oluşturan bu hareketlilik gelecekte de devam edecektir, yerküremizi dinamizmini gösteren bu olgunun gücü yer içinde oluşan ısısal döngü (konveksiyon akımları) ve dünyanın dönmesi ile oluşan merkezkaç kuvvetleri ile ilgilidir.

Litosferin rijid yapısına karşılık Astenosfer kendi içerisinde yılda santimetre mertebesinde bir hızla hareket etmektedir. Astenosferin bu hareketleri ısıtılan bir kaptaki suyun konveksiyon akımları ile kıyaslanabilir. Nasıl ki bir kapta ısıtılan su hafifleyip yukarıya doğru yükselmekte, yüzeyde ise soğuyup yoğunlaşarak tekrar alta doğru hareket etmekte ise, Astenosfer de Dünya'nın çekirdeğinden aldığı ısı nedeniyle benzeri bir hareket yapmaktadır. Astenosfer içerisindeki bu konveksiyon akımları üstteki Litosferin farklı yönlerde sürüklenmesine neden olurlar. Astenosferin yılda santimetre mertebesindeki hareketleri sonucunda Litosfer birbirine göre hareket eden çeşitli boyutlardaki parçalara ayrılmıştır. Bu litosfer parçalarına **levha**, bunların hareketini inceleyen bilim dalına da **Levha Tektoniği** adı verilir ⁽³⁾ (Şekil 2).

Türkiye'nin güneyinde Afrika ve Arap levhaları vardır, her iki levha da kuzeye doğru hareket ederek Anadolu bloğunu sıkıştırılmaktadır. Arap levhasının sıkıştırma hızı daha fazladır Kuzeyde ise Avrasya olarak isimlendirilen Avrupa-Asya levhası vardır ve hareketi son de-



Şekil 2. 225 milyon yılda levhaların seyahatini.

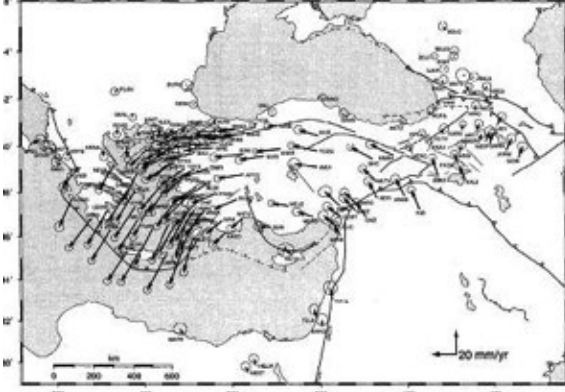


Şekil 3. Türkiye ve Çevresinin Levha Tektonik Modeli ⁽⁵⁾.

rece azdır. Bu durumda Anadolu bloğu batıya doğru hareket etmek zorunda kalmakta ve bunun sonucunda Kuzey Anadolu Fay Zonu ve Doğu Anadolu Fay Zonu Türkiye yıkıcı depremlere uğrayan birinci ülkedir, bunun nedeni bulunduğu coğrafya ve tektonik yapıdır (Şekil 3). Bu iki ana fay zonunun dışında Ege bölgesi açılma rejimine uygun olarak ve Doğu Anadolu bölgesi sıkışma rejiminden dolayı yıkıcı nitelikte depremlerle karşılaşmaktadır. Levhaların sıkıştırılması sonucu, levha-içi (intra-plate) depremlerde oluşabilmektedir, 1938 Kırşehir ($M_s=6,8$), 1953 Yenice-Gönen (7.4) ve 1976 Çaldıran ($M_s=7.1$) depremleri bu tür depremlere örnektir ⁽¹⁾.

Son yıllarda GPS (Global Positioning System, Küresel Konum Belirleme Sistemi) teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak, levhaların

yerdeğiştirme hızlarının ölçülmesi, Türkiye ve yakın çevresini etkileyen gerilme kuvvetlerinin yönü, büyüklüğünü veri temelinde belirlenmesine neden olmuştur (Şekil 4).



Şekil 4. 1988-1997 Döneminde Doğu Akdeniz için GPS Hızları ⁽⁴⁾.

Anadolu bloğunun batıya doğru hareketi Marmara Denizi'nde yılda 2-2,5 cm olarak belirlenmiştir. Bu gerilme sonucunda oluşan Kuzey Anadolu Fay Zonunun (KAFZ) etkisi ile yaklaşık Doğu-Batı doğrultuda sağ yönlü doğrultu atımlı hareketlerin oluştuğunu görmekteyiz. Türkiye ve çevresinin levha tektoniği dinamiğine bağlı olarak, Kuzey-Güney doğrultulu genişleme rejimi düşey hareketlere ve İznik, Gemlik, Bursa, Manyas gibi birçok çek-ayır (pull-apart) havzalarının oluşmasına neden olmuştur ⁽⁵⁾. Bölge içinde oluşan depremlerin mekanizma çözümleri ve saha gözlemleri bu olguyu doğrular niteliktedir. Bir başka dikkati çeken olgu, Girit Dalma Batma Zonunda, yıllık yerdeğiştirmenin 3,5-4.0 cm.ye ulaşmasıdır, neredeyse Marmara bölgesinin iki misline ulaşan bu hareket, yakın bir gelecekte Ege ve Akdenizde büyük depremlerin habercisi olarak algılanmalıdır. Türkiye ve çevresinin genel tektoniğini oluşturan güç, Asya Levhasının ve azda olsa Afrika levhasının kuzeye doğru yaptığı itme hareketidir. Genel anlamda bir tektonik hareketin veya olgunun açıklanmasında, bu levha hareketlerine uymayan açıklamalar anlamlı değildir.

MARMARA DENİZİNDE DURUM

Marmara bölgesi ülke sanayisinin % 45'ine yakınına içermektedir, üstelik niteliği yüksek olan

bu sanayi yatırımları Anadolu'da yan sanayi diye nitelendirebileceğimiz pek çok yatırımın doğrudan ilişkisi vardır. Toplam vergilerin % 50'sine yakınına da bu bölgeden elde edildiği düşünüldüğünde, olası beklenen Marmara depremlerinin oluşturduğu risk, ülke ekonomisi açısından çok büyüktür, uzmanlar, maddi hasarın 30-50 milyar dolar arasında olacağını tahmin etmektedirler. Marmara Denizi'nde son yapılan araştırmalar ve bölgedeki tarihsel depremler, tehlikenin büyük olduğunu göstermektedir.

Tarihsel Dönem Depremleri

Tarihsel depremlerden en önemlileri ve Marmara Denizi ve çevresinin tektonik özelliklerini ortaya çıkaracak nitelikteki depremleri 1509, 1766, 1894 tarihlerinde oluşanlardır. Etkileri açısından bakıldığında 1509 en büyük deprem olarak görülmektedir. "Küçük Kıyamet" adı verilir, şiddeti IX olarak belirlenmiştir, bizzat bu şiddet değeri düşüktür, tarihsel kayıtlara göre 1.070 ev, 109 cami ve 13.000 can kaybı olmuş, deniz dalgaları surları aşmıştır. 1766 depremi de yıkıcı niteliğe sahiptir ve şiddet olarak IX verilmiştir. Özellikle konumu yeni veriler açısından önem taşımaktadır. 1894 depremi en çok bilinen tarihsel depremdir ve şiddeti X olarak verilmiştir. Toplam can kaybının 1.000 dolayında olduğu bu depremde Kapalıçarşı kuyumcular kısmında ağır hasar ve can kaybı oluşmuştur. Ambarlı'da doğu-batı doğrultulu 3 km. uzunluğunda çatlak gözlenmiş, Heybeli ve Kınalıada'nın güney kıyılarında kırıklar oluşmuştur. Dışmerkezi Adaların güneydoğusu olarak belirlenen bu depremde Yeşilköy ve birçok kıyıda deniz hareketleri meydana gelmiştir ⁽⁶⁾.

Aletsel Dönem Depremleri

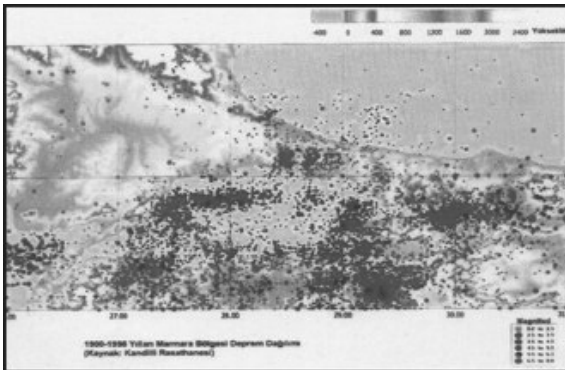
Aletsel dönem sürecinde (1900 sonrası) Marmara bölgesi içinde büyüklüğü en fazla olan Mw=7.6 olan 17 Ağustos Gölcük Depremi'dir, 1953 yılındaki Yenice-Gönen Ms=7.4, 1912 Şarköy-Mürefte Depremi Ms=7.3 olarak verilmektedir. Marmara bölgesinde oluşan 17 Ağustos 1999 Gölcük Depremi, Erzincan

1939 Depremi'nden ($M_S=8$) sonra Türkiye'deki 1900'den sonra (aletsel dönem) oluşan ikinci büyük depremdir. Birincisi ise 1939 yılında oluşan ve büyüklüğü $M=8.0$ olan Erzincan Depremi'dir.

1912 Şarköy-Mürefte, Depremi, Marmara'nın tektonik yapısındaki belirsizlikleri çözümlemede anahtar deprem özelliğini taşımaktadır. 1939 yılında Erzincan Depremi ile batıya doğru başlayan yırtılmanın dışında kalan bu depremin oluşum mekanizması ve diğer özellikleri tam olarak anlaşılamamıştır. Öncü şokları da olan bu yarı tarihsel depremlerle ilgili araştırmalar derinleştirilmelidir. 17 Ağustos Gölcük Depremi dâhil olmak üzere, Marmara Denizi ve yakın çevresini etkileyen depremler Tablo 1'de verilmektedir.

Tablo 1. Marmara yakın çevresinde olan depremler. (1900 sonrası).

1912	Şarköy-Mürefte	$M=7.3$
1935	Marmara Adası	$M=6.3$
1953	Yenice-Gönen	$M=7.4$
1963	Çınarcık	$M=6.3$
1964	Manyas	$M=6.8$
1975	Çanakkale	$M=6.7$
1999	Gölcük Depremi	$M_w=7,6$



Şekil 5. Marmara bölgesi deprem dağılımı (17 Ağustos 1999 Gölcük Depremi'nden önce).

Diğer depremler ve özellikle Marmara Denizi içindekiler orta büyüklükte olup, farklı oluşum mekanizmalarına sahiptir. Bu da bize Marmara Denizi'nin içinin karmaşık bir tektonik yapıya sahip olduğunu göstermektedir.

Şekil 5'te 1900-1999 yılları arasındaki depremlerin dağılımını göstermektedir, 17 Ağustos 1999 Gölcük Depremi bu dağılım içinde yoktur. İzmit Körfezi doğu ucunda görülen yoğunluk dikkat çekicidir ve 17 Ağustos Gölcük Depremi'nin dışmerkezi buraya isabet etmiştir. Saros Körfezi dolaylarında görülen boşluk $M=7.3$ büyüklüğündeki 1912 Şarköy-Mürefte Depremi'nin buradaki enerjiyi boşaltması ile açıklanabilir. Tekirdağ önlerindeki sismik yoğunluk Şarköy-Mürefte Depremi'nin hareket geçirdiği etkinlik olarak değerlendirilebilir. Ortada deprem olmayan alan ise "sismik boşluk" olarak tanımlanabilir, nitekim (7) de verilen Marmara Denizi'ne ait fay haritasında bu boşluğun altında yaklaşık doğu batı doğrultulu giden doğrultu atımlı fay bulunmaktadır. Büyükçekmece ve Küçükçekmece gölleri çevresinde gözlenen deprem kümelenmeleri dikkat çekicidir (Şekil 5).

Bu yırtılmanın deprem etkinliğinden daha çok, maden ocakları patlatmalarından kaynaklandığı düşünülmelidir. Saros Körfezi'nin doğusunda, Mürefte'den itibaren görülen yoğun aktivitenin bir kısmı, 1912 Şarköy-Mürefte Depremi kırığı ile ilişkilidir.

Marmara bölgesinin tektonik yapısı ve kinematikini Kuzey Anadolu Fay Zonu ve kollarıdır, bazı araştırmacılar bu bölgedeki KAFZ'nun 3 kola ayrıldığını belirtmektedir birincisi, Akyazı, Sapanca, Gölcük ve Hersek Burnunu geçerek Marmara Denizi'ne ulaşan Kuzey Anadolu fayı, ikincisi, Akyazı, İznik, Gemlik ve çek-ayır havzalarla Edremit yakınlarına uzanan KAFZ'nın güney koludur. Üçüncü kol, Eskişehir yakınlarından başlayarak, Bursa'nın güneyinden geçerek Gemlik Körfezi'ne ulaşan ve Yalıtırak'a göre Trakya'ya kadar devam eden Trakya-Eskişehir Fay Zonudur^(8,9).

1999 Gölcük Depremi'ne kadar Marmara Denizi'nde fay araştırmaları ile ilgili ölçmeye dayalı jeofizik çalışmalar çok az yapılmıştır, dolayısıyla, Marmara Denizi'nin faylanma özelliği ve tektonik yapısıyla ilgili veriye dayalı bilgi yeterli değildi. Yeni Diri Fay Haritası 2012 yılında yayınlanmıştır elde var olan bilgileri

yorumlayarak Marmara Denizi içindeki faylar çizilmiştir (Şekil 6). Koyu kırmızı çizgiler, oluşan depremlerle ilgili kırıklardır, kuzeyde ince çizgi ile gösterilen kısım ise beklenen depremin oluşabileceği bölgedir.



Şekil 6. Marmara Bölgesinin Diri Fay Haritası (10).

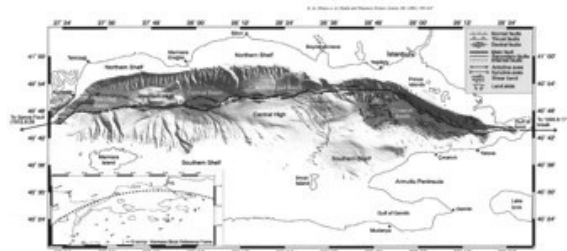
Kuzey Anadolu fayının batıya göçüyle sıranın Kocaeli'ne geldiği değerlendirilerek yapılarak Kocaeli'nde, 19 Mart 1999 tarihinde "Kocaeli Depreme Hazır mı?" adlı panel yapılmıştır (Şekil 7). Kocaeli Yüksek Öğrenim Derneği (KYÖD), Kocaeli Üniversitesi ve TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası İstanbul ve Kocaeli Şubesi tarafından düzenlenen bu panelde tehlike açık bir şekilde anlatılmıştır. Dört ay 29 gün sonra Gölcük kaynaklı Mw=7.6 büyüklüğündeki deprem, endişelerimizi haklı çıkararak, 20 000 dolayında can kaybı binlerce yaralı ve 100 000 dolayında yapıyı oturulamaz hale getirmiştir.



Şekil 7. Kocaeli Deprem Paneli.

Gölcük Depremi'nden sonra "Depremzede Dernekleri" tarafından açılan davalarda, bu ve benzeri çalışmalara dayanarak, hasarın nedenini depremin bir doğa olayı ve beklenilmeyen olgu olduğu tezinin yerine, sorumluluğun yapılaşma sürecindeki tüm aktörlerde olduğu yönünde yargı tarafından kararların alınmasını sağlamışlardır. Bu durum önemli bir anlayış değişikliğinin hukuka yansımalarıdır.

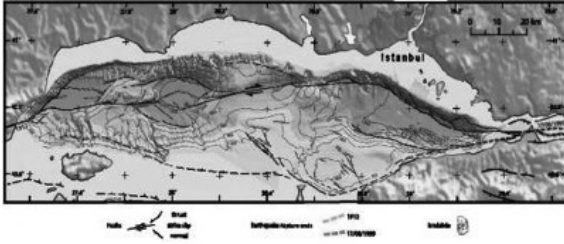
Kuzey Anadolu fayı, 17 Ağustos 1999 Gölcük Depremi ile batıya doğru kırılmasına devam etmiş ve Hersek Burnu'nu 20 km. dolayında geçerek İzmit Körfezi açıklarında deniz içinde sonlanmıştır. Akyazı yakınlarında beklenmeyen bir dönüşle Gölyaka'da sonlanan Gölcük Depremi Kırığı, 12 Kasım da Bolu yakınlarında kadar-yaklaşık 50 km.- dolayında kırılarak Düzce Depremi oluşturmuştur (11). Daha sonra yapılan araştırmalarda, özellikle sismik çalışmalardan, Marmara Denizi'nin tektonik yapısı ile ilgili önemli bilgiler sağlanmıştır (7). Yaptıkları araştırmanın sonucunda Marmara Denizi Fayları ile ilgili yayınladıkları haritada Kuzey Anadolu fayının, kuzey-batı doğrultusunda Prens Adaları'nın önünden Çınarcık Çukurluğu'nu keserek Yeşilköy açıklarına kadar devam ettiği anlaşılmaktadır (Şekil 8). Yeşilköy açıklarından doğu-batı doğrultusuna dönen fay tek parça halinde Silivri açıklarından geçerek orta basene kadar ilerlemektedir. Baseni geçen fay, Tekirdağ Baseni'ni de geçerek kuzey-doğu güney-batı doğrultusunda Saros Körfezi'ne doğru devam etmektedir. Marmara Denizi'ni etkileyen Batı Anadolu'nun K-G genişleme rejimi, fayın Adalar önünde ve Şarköy-Mürefte bölgelerinde doğrultu değiştirmelerinin nedenleri arasında sayılmaktadır.



Şekil 8. Marmara Denizi (kuzeyi) Fay Konum Haritası (7).

Arazi gözlemlerimizde, faylanmanın, mekanizma çözümlerine uygun olarak, sağ yanal doğrultu atımlı olduğu belirlenmiştir. Gölcük Depremi'nin kırığının batıda Hersek Burnunu kesip 20 km. batısına kadar denizde ilerlediği, doğuda Gölyaka dolaylarında sonlandığı saptanmış ve bu depremdeki faylanmanın boyu 160 km. dolayında olduğu belirlenmiştir ⁽¹¹⁾.

Bu çalışmanın ardından, ⁽¹²⁾ tarafından yayınlanan Marmara Denizi'nin tektonik yapısı ile ilgili harita önemli farklılıklar içermesine karşın, yıkıcı deprem tehlikesi açısından farklı değerlendirme yapılabilecek özellik taşımamaktadır (Şekil 9).

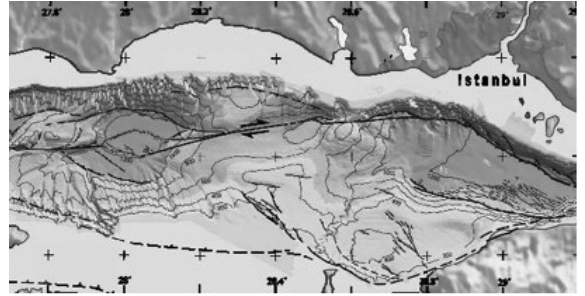


Şekil 9. Marmara Denizi Fay Konum Haritası ⁽¹²⁾.

Prens Adaları'nın önünden geçen fayı Le Pichon ve ark. ⁽⁷⁾ de doğrultu atımlı, Armijo ve ark. ⁽¹²⁾ de ise normal faylanma olarak göstermektedir, Armijo'nun haritasında (Şekil 9) 17 Ağustos 1999 Gölcük Depremi kırığının Hersek Burnu'nu geçerek, Çınarcık yakınlarına kadar geldiği gösterilmektedir, Bunlar, Marmara'nın riskini değerlendirme açısından önemli farklılıklardır. Her iki haritada saygın yabancı ve yerli bilim insanlarınca, saygın yabancı bilimsel dergilerde yayınlanmıştır, Marmara ile ilgili tüm verileri görme olanağına sahip bu araştırma ekiplerinin birbirinden ciddi farklı sonuçlara varması bilimsel etik açısından düşündürücüdür. Durum, araştırmacılarına güvenmeyen, paylaşmayan, bilim sözcüğünü baskı unsuru olarak kullanan anlayışa verilen bilimsel yanıt! olarak değerlendirilebilir. Her iki haritadan ortak çıkarılacak sonuç, Marmara Denizi'nde 7 büyüklüğünü geçebilecek potansiyele sahip fayların varlığıdır.

Gölcük Depremi (1999) Kuzey Anadolu fayı-

nın "Marmara Fazının" başladığını bize göstermektedir. Yapılan araştırmalar ve tarih, en az birisinin 7 büyüklüğünde olmak üzere birçok depremle karşılaşılacaktır. Yıkıcı nitelikte ($M>7$) depremin oluşacağı düşünülen alandır, 1766 Depremi kırığını yeniden harekete geçeceği düşünülürse, biriken 247 yıllık enerji ile karşılaşacağımız ortaya çıkmaktadır (Şekil 10).



Şekil 10. Marmara Denizi'nde geçen Kuzey Anadolu fayının orta kesim ⁽¹²⁾.

TSUNAMI

Okyanus ya da denizlerin tabanında oluşan deprem, volkan patlaması ve bunlara bağlı taban çökmesi, heyelan gibi tektonik olaylar sonucu denize geçen enerji nedeniyle oluşan uzun periyotlu deniz dalgasına denir. Tsunamiden sonra oluşan dalganın diğer deniz dalgalarından farkı, çok yüksek hızlara sahip olmasıdır, Sumatra (Endenozya $M=9.1$) 26 Aralık 2004 ve Tohoku, Honsu (Japonya $M=8.9$) 11 Mart 2011 depremlerinde meydana gelen tsunamilerde dalga hızlarının saatte 600 km dolaylarında olduğu hesaplanmıştır. Derin denizde varlığı hissedilmezken, sığ sulara geldiğinde dik yamaçlı kıyılarda ya da V tipi daralan körfez ve koylarda boyları çok fazla artabilmekte ve çok fazla hasar verebilmektedir Tohoku, Honsu (Japonya) Depremi'nde tsunami dalgalarının 37 metreye kadar tırmandığı gözlenmiştir (Şekil 11, 12). Sumatra Depremi'nde oluşan tsunami dalgalarının uzaktan görünümünde kıyıda yüzenler önce önemsemiyorlar, ancak kısa bir süre sonra fark ediyorlar tehlikeyi. Tohoku-Honsu Depremi'nde oluşan tsunamide ise dalgalar barikatları da aşarak yoluna devam ediyor (Şekil 12).



Şekil 11. Tsunami, Sumatra (Endenozya) 26 12. 2004



Şekil 12. Tsunami, Tohoku, Honsu (Japonya) 11 Mart 2011.

Marmara Denizi'nde bu büyüklükte tsunami oluşturacak fay olmadığı gibi, kırılmanın nitelikleri de uymamaktadır. Tsunami, düşey hareketler sonucu oluşmaktadır, Marmara Denizi'nde tehlikeyi yaratan fay, Kuzey Anadolu Fay Zonun Marmara içindeki kısmıdır. Bu fay sağ yönlü doğrultu atımlıdır bu nedenle tsunami oluşturamaz, depremde meydana gelebilecek deniz içindeki heyelanlar su hareketlerine neden olabilirler, böyle bir durumda biraz yükselme çıkmak iyi bir önlemdir. Ege ve Akdenizde durum farklıdır, Marmara Denizi'nde yılda 2-2,5 cm batıya doğru hareket olurken, Girit Adasına doğru hareket yılda 3,5-4 cm kadar çıkmaktadır, bu olgu Girit Dalma-Zonunun hareketlendiği anlamına gelmektedir. Bu hız artışı Ege de ve Akdeniz'de

büyük depremlerin ve buna bağlı olarak yıkıcı nitelikte tsunamilerin olabileceğini göstermektedir. Tarihte özellikle Ege de ciddi bir tehlike olduğuna dair belgeler vardır, bu nedenle Ege ve Akdeniz çevresini kapsayacak şekilde çevre ülkelerinin de katılacağı Tsunami erken uyarı sisteminin kurulmasında fayda vardır.

DEĞERLENDİRMELER

".....17 Ağustos 1999 Gölcük Depremi, depremle ilgilenen araştırmacılar tarafından beklenen bir olgu olmasına ve gereken uyarıların yapılmasına karşın, devleti yönetenler, ilgili kurumlar ve sivil toplum örgütlenmeleri tarafından gereken önemin verilmediğini, dolayısıyla yeterli önlemlerin alınmadığını açıkça göstermiştir. Gölcük ve ardından oluşan Düzce depremleri ardından 2 yıl 10 ay geçmesine karşın, önlemler açısından yeteri kadar mesafe alınamamıştır, "Ulusal Deprem Konseyi" değerli dostumuz, bilim insanı Aykut Barka'nın yaşamını kaybetmesinden sonra hızlanıp 2 yıllık gecikmeyle "Deprem Zararlarını Azaltma Ulusal Stratejisi" raporunu hazırlayabilmiştir. Temel önlem olan, depreme dayanıklı konut yapma konusunda gerekli olan mühendislik hizmetlerinde ilerleme olmadığı gibi, olmazsa olmaz koşulları hâlâ belirlenemeyen onarımlarla, 17 Ağustos 1999 öncesinden daha da gerileme olmuştur. Depremle ortaya çıkan hukuksal sorunlar çözülememiş, yeni bir afet hukuksal gerekliliği, yaşanan olaylara ve uyarılara rağmen algılanamamış gerekli yasal düzenlemeler yapılmamıştır. Başta İstanbul olmak üzere Marmara bölgesinde durum tespiti yapıлып, teknik yönden ilgili kurumlarca ana ilkelere birleşilen planlama yapılamamıştır." (13).

Bu değerlendirme ve durum saptaması yaklaşık on iki yıl önce yapılmıştır, günümüze bakıldığında, afet yönetimi açısından önemli gelişmeler olmasına karşın, ana unsur olan mühendislik önlemleri açısından özellikle, 1999 öncesi ve tarihi yapılarda yeterli gelişme olmamıştır. Ekonomik ve sosyal sorunların ağırlaşması ile toplumda "kaderimize bırakıldık" anlayışı giderek yaygınlaşmakta, insanlar özgüvenlerini yitirme noktasına doğru hızla

sürüklenmektedir. Çözüksüzlüğü kabul etmek olası değildir, kendi gücüne güvenen, içtenlikle paylaşan, eşgüdüm içinde planlanan bir strateji ile biran önce harekete geçmek gerekir, bunun olmazsa olmaz koşulu devleti yöneten siyasi erkin, yeni bir anlayışla sorunu ele almasıdır. Sorunun çözümünde, öncelikleri belirlemek çok önemlidir, örneğin İstanbul'da 4122 okulda ilköğretim, lise düzeyinde eğitim ve öğretim gören öğrenci sayısı 2 776 633, öğretmen sayısı ise 95 517'dir⁽¹³⁾. Bu sayılara yüksek öğretim ve kreşlerde katılırsa yaklaşık 3.000.000 öğrenci ve öğretmenin, yani geleceğimizin ciddi risk altında olduğu çok açıktır. Birinci öncelikte çözülmesi gereken sorun bu olduğu halde, on üç yıllık sürece bakıldığında yeterli çaba gösterilemediği görülmektedir. Deprem tehlikesi açısından bakıldığında, Doğu Anadolu, Ege bölgelerinin de riskler taşımakta olduğunu görmekteyiz, bu yörelerdeki yapılaşmanın kötülüğü ve kültürel yapıların fazla oluşu riskleri arttırmaktadır.

"Türkiye bir deprem ülkesidir, geçmişte ve son yüzyılda olan depremler gelecekte de yinelenecaktır. Erzincan 1992, Dinar 1995, Adana-Ceyhan 1998, 17 Ağustos 1999 ve 12 Kasım 1999 Düzce depremleri etkileri bakımından "kent depremleridir". Bu nedenle artık depremle ilgili alınacak önlemlere bakış açısı değişmelidir, "yara sarma" politikalarında vazgeçilmelidir. Önlemleri felaket öncesinden alarak zararı en aza indirmeye çalışmaları çağdaş kentleşmenin ana unsuru olarak ele alınıp, devlet politikası haline getirilmelidir⁽²⁾." denmişti, yıl 2012, bu hedefler gerçekleştirildi mi?

17 Ağustos 1999 Gölcük Depremi, depremle ilgilenen araştırmacılar tarafından beklenen bir olgu olmasına ve gereken uyarıların yapılmasına karşın, devleti yönetenler, ilgili kurumlar ve sivil toplum örgütlenmeleri tarafından gereken önemin verilmediğini, dolayısıyla yeterli önlemlerin alınmadığını açıkça görülmüştür. Yapılan çalışmalar ve tarihsel belgeler, Kuzey Anadolu Fay (KAFZ), Marmara Denizi'nde batıya doğru kırılarak ve en az birisi 7'nin üzerinde olmak üzere birkaç depremle yoluna

devam edecektir. KAFZ nun "Marmara Fazı" olarak adlandırabileceğimiz bu sürece karşı alınan önlemler genel anlamda yetersizdir Gölcük ve ardından oluşan Düzce depremleri ardından 12 yıl geçmesine karşın, önlemler açısından yeteri kadar mesafe alınamamıştır. Depremle ortaya çıkan hukuksal sorunlar çözülememiş, yeni bir afet hukuku gerekliliği, yaşanan olaylara ve uyarılara rağmen, algılanamamış gerekli yasal düzenlemeler yapılmamıştır. Başta İstanbul olmak üzere Marmara bölgesinde durum tespiti yapıp teknik yönden ilgili kurumlarca ana ilkelerde birleşilen planlama yapılamamıştır. Değerlendirmemizden, hiçbirşey yapılmadı anlamı çıkarılmamalı, karşımızdaki tehlikenin oluşturduğu risk düşünülüğünde, yapılanların yetersiz olduğu görülmektedir.

Depremin kaynağının İstanbul ilçelerine yaklaşık 80-120 km. dolayında uzak olmasına karşın, İstanbul ilinde Gölcük Depremi'nde meydana gelen ağır hasarın % 5'i, orta hasarın % 20'si ve hafif hasarın % 16'sı oluşmuştur. Bu sayılar, İstanbul'da hasarın sanıldığından çok fazla olduğunu göstermektedir ağır ve orta hasarlı pekçok bina makyaj nitelikteki onarımlarla ayakta tutulmuştur. Bunun en acı örneğini 12 Kasım Düzce Depremi'nde gördüğümüz halde, bu konuda ciddi bir önlem alınamamış ve olası depreme karşı riskler artmıştır.

Doğu Anadolu'nun deprem tarihine ve tektonik yapısına bakıldığında ciddi bir tehlikenin olduğu görülmekte, aynı şekilde Anadolu'nun pekçok yerinde bu tehlike vardır, hızlı plansız kentleşme riski arttırmaktadır. 17 Ağustos 1999 Gölcük ve arkasından oluşan 12 Kasım 1999 Düzce depremleri afet yönetimi planlama ve mühendislik açısından önemli eksiklerin olduğu gözlenmiş ve eksikler bir ölçüde kapatılmıştır. Türkiye'nin diğer riskli bölgelerine özellikle, Doğu Anadolu'ya elde edilen bu deneyimleri taşımak ve gereken önlemleri almak gerekirken, bu konuda ciddi ve koordineli bir çalışma yapılamamıştır, yapılanlar, konferanslar ve birkaç tatbikattan öteye gidememiştir.

Kentsel dönüşüm, yaşlanan ve deprem tehli-

kesi karşısında olan yapılar için önemli bir çıkış yolu olduğu kabul edilmesine karşın, henüz yerel yönetimlerin hazır olmadığı anlaşılmaktadır. Bu durum, gelecek için endişelerin artmasına neden olmaktadır.

KAYNAKLAR

1. Gündoğdu O. Türkiye Depremlerinin Kaynak Parametreleri ve Aralarındaki İlişkiler. İ.Ü. Doktora Tezi, 1986.
2. Gündoğdu O. Türkiye’de yıkıcı Depremlere Karşı Alınması Gereken Önlemler ve İstanbul Örneği. Erzincan ve Dinar Depremleri Işığında Türkiye’nin Deprem Sorunlarına Çözüm Arayışları, TÜBİTAK Deprem Sempozyumu, Derleyen Tuğrul Tankut 1996.
3. Tüysüz O. Deprem ve Türkiye. İTÜ Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü 2000.
4. McClusky S, Balassanian S, Barka A, Demir C, Gergiev I, Hamburger M, Kahle H, Kastens K, Kekelidse G, King R, Kotzev V, Lenk O, Mahmoud S, Mishin A, Nadaria M, Ouzounus A, Paradisissis D, Peter Y, Prilepin M, Reilinger R, Sanlı I, Seeger H, Tealeb A, Toksöz N, Veis G. GPS Constraints on Crustal Movements and Deformations for Plate Dynamics. *J Geophys Res* 2000;105:5695-5720.
<http://dx.doi.org/10.1029/1999JB900351>
5. Barka A. The North Anatolian Fault Zone. *Anneles Tectonica, Special Usue* 1992, Suply to Vol.1 p.164-195.
6. Soysal H, Sipahioğlu S, Kolçak D, Altınok Y. Türkiye ve Çevresinin Tarihsel Deprem Kataloğu. TÜBİTAK, proje no. TBAK 341 TÜBİTAK yay. 1981, no.563, seri 34, Ankara.
7. Le Pichon AMC. Şengör E, Demirbağ C, Rangin C, İmren R, Armijo N, Görür N, Çağatay B, Mercier de Lepinay B, Meyer R, Saatçılar B, Tok. The Active Main Marmara Fault. *Earth and Planetary Science Letters* 2001;192:595-616.
[http://dx.doi.org/10.1016/S0012-821X\(01\)00449-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0012-821X(01)00449-6)
8. Eyidoğan H. Bursa ve Çevresinin Depremelliği ve Beklenen Yer Hareketleri. Güney Marmara Depremleri ve Jeofizik Toplantısı, TMMOB, Jeofizik Mühendisleri Odası, Ankara. 22 Eylül 2000.
9. Yaltırak C. Kuzey Anadolu Fayı’nın Marmara Kolları ve Bölgenin Tektonik Yapısı. Güney Marmara Depremleri ve Jeofizik Toplantısı, TMMOB, Jeofizik Müh. Odası, Ankara 22, 09, 2000.
10. Emre Ö, Duman Y, Özalp S, Olgun S, Elmacı H. Yeni Türkiye Diri Fay Haritası. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, 2012, Ankara.
11. Gündoğdu O, Altınok Y, Akkargan Ş, Sayın N, Hisarlı M, Özçep F, Özçep T, Özer N. 17 Ağustos 1999 Gölcük Depremi Araştırması. Rapor, İstanbul Üniv. Araştırma Fonu, Proje no: 1383/081299, 2002, İstanbul.
12. Armijo R, Meyer B, Navarro S, King G, Barka A. Asymmetric slip partitioning in the Sea of Marmara pull-apart. *A clue propagation processes of the North Anatolian Fault, Terra Nova* 2002;14:80-86.
<http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-3121.2002.00397.x>
13. Önen Y, Beşiktepe C, Küçük İ, İsmailoğlu Ş, Temeltaş N, Torunoğlu E, Küçük C. 17 Ağustos 1999, 12 Kasım 1999 Doğu Marmara Depremleri ve Türkiye Gerçeği, Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği, 2000, Ankara.