

KENTİMİZİN DEPREM, HEYELAN VE TAŞKIN ALANLARI AÇISINDAN İRDELENMESİ

Mehmet AVŞAR
Jeoloji Yüksek Mühendisi
mavsar58@hotmail.com

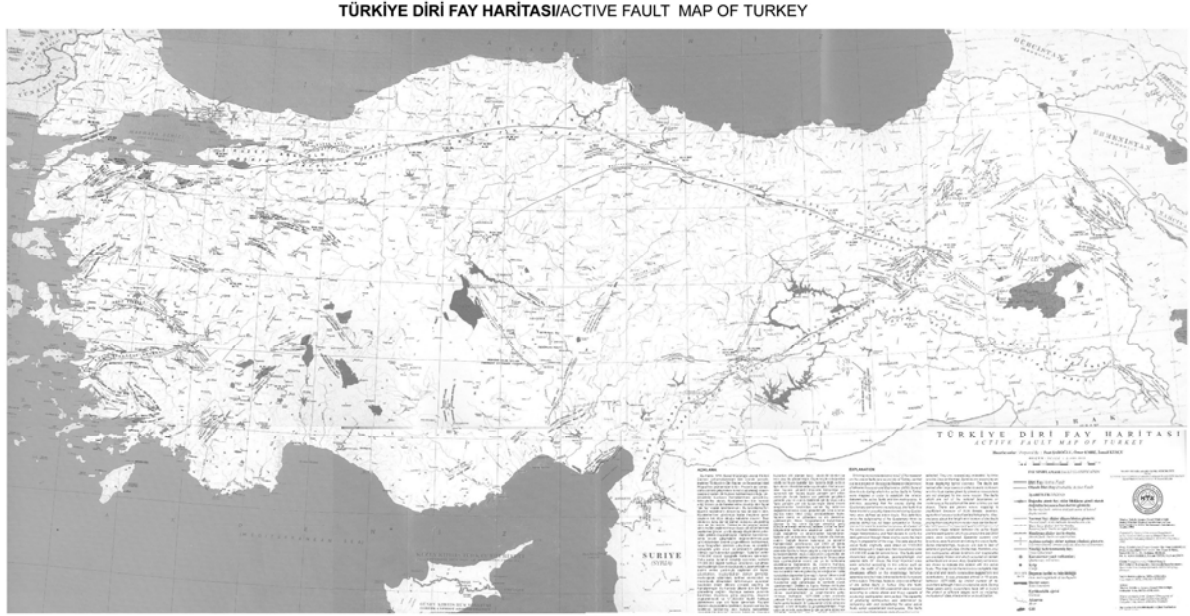
GİRİŞ

Yerküre üzerinde kabuğun hareket ettiği, onun kendi iç dinamikleri nedeniyle kıtasal kabuğu kırdığı, dünyanın belli başlı 7 ana levhadan oluştuğu ve depremlerin bu levha sınırlarında meydana geldiği bilinmektedir. Anadolu'nun büyük doğrultu atımlı fay sistemlerine bağlı olarak batıya doğru hareket etmesini, Yunanistan batısındaki kıtasal kabuk kalınlaşması engellenmektedir. Afrika ve Avrasya plakaları arasında sıkışan Anadolu'nun batıya kaydığı, Kuzey ve Orta Ege Bölgesinde doğu-batı yönünde sıkışarak saatin tersi yönünde Hellen yayı üzerine hareket ettiği pek çok bilim adamı tarafından kabul edilmektedir (McKenzie, 1972 ve 1978; Dewey ve Şengör, 1979; Le Pichon ve Angelier, 1979 ve 1981; Şengör vd., 1985; McKenzie ve Yılmaz, 1991; Taymaz vd., 1991; Barka ve Reilinger, 1997; McClusky vd., 2000).

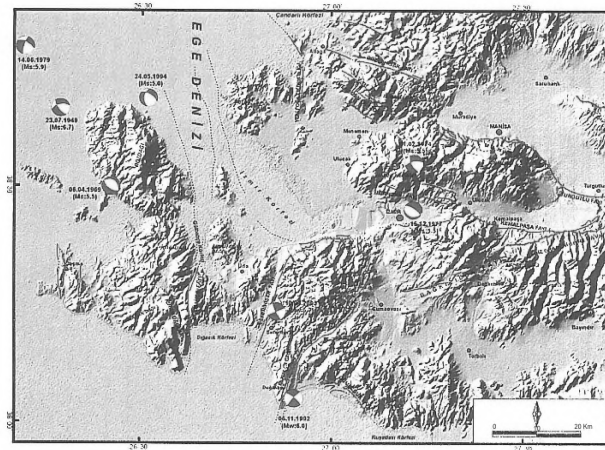
İzmir ve yakın çevresinin aktif tektoniği, Batı Anadolu ve Ege Denizi'nin aktif tektoniğiyle ilişkilidir. Ege Bölgesinde K-G yönlü genişleme tektoniği sonucu yaklaşık D-B doğrultulu eğim atımlı normal faylar gelişmiş ve grabenler oluşmuştur. İzmir Körfezi de Gediz grabeninin GB ucunda küçük bir çöküntüdür. Ancak, yapılan çalışmalarda Ege Bölgesindeki graben ve fay sistemlerinin yönleri D-B ve KD-GB yönlerinde izlenebilmektedir. Bu nedenle, İzmir ve yakın çevresi Ege bölgesi gibi tektonik yapıları itibarıyla Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) ile Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) arasında bir geçiş zonu oluşturmaktadır.

İzmir ve çevresinde diri faylarla ilgili bu güne kadar, MTA Genel Müdürlüğü, Üniversiteler ve diğer bazı kurum ve kuruluşlarda çalışan bilim adamlarınca bilgi üretildiği bilinmektedir. MTA Genel Müdürlüğü Türkiye Diri Fay Haritasını ilk olarak 1970 'li yıllarda yapmış, 1990'lı yıllarda bunu güncellemiştir (Şaroğlu ve diğerleri, 1992) (Şekil-1). Daha sonra, kentimiz çevresindeki olası deprem risklerini azaltmak için çalışmalar sürdürülmüş (Barka ve diğerleri, 1996, Emre ve Barka, 2000), İzmir Büyük

Şehir Belediyesi tarafından Boğaziçi Üniversitesine "İzmir Deprem Senaryosu Deprem Master Planı" (İDSDMP) hazırlattırılmıştır. Bu konudaki çalışmaların da yetersiz olması nedeniyle mevcut bilgiler ışığında MTA Genel Müdürlüğü, "İzmir Çevresinin Güncel Tektoniği ve Diri Faylar" adında yeni bir proje oluşturulmuş ve bu projede İzmir ve çevresinin 9 adet aktif fayı ve onların özellikleri belirlenmiştir (Emre ve diğerleri, 2005) (Şekil-2).



Şekil 1. Türkiye Dirî Fay Haritası (Şaroğlu ve diğerleri, 1992)



Şekil 2. Son yüzyılda bölgede meydana gelmiş bazı depremlerin odak mekanizması çözümleri, İzmir ve yakın çevresinin diri fayları (Emre ve diğerleri, 2005).

Dünyadaki yaygın görüşe göre deprem aktivite çalışmaları, deprem istasyonlarının yaygınlaştığı 1900 yılı sınır olmak üzere, 1900 yılı öncesi tarihsel dönem ve 1900 yılı sonrası da aletsel dönem olarak adlandırılmıştır. Bu çalışmada da aynı görüş doğrultusunda İzmir ve çevresinin depremselliği, tarihsel ve aletsel olmak üzere iki dönem halinde incelenmiştir. Tarihsel dönemdeki 23 adet ve aletsel dönemdeki 15 adet kayıta, İzmir ve çevresinde büyük şiddetli depremlerin can ve mal kayıplarına neden olduğu, yangınlar çıkardığı, yerleşim yerlerini yerle bir ettiği ve heyelanlara neden olduğu tespit edilmiştir (Avşar, 1997, Emre ve diğerleri, 2005).

Karaburun yöresinde yapılan araştırmalarda, Tarihsel dönemdeki depremlerde oluşan yada oluşabilecek fayların %57 kadarının uzunluğu, 10-20 km. ve bu uzunluktaki fayların 4.7-5.3

*Bu Bildiri Jeoloji Mühendisleri Odası Adına Düzenlenmiştir.

büyükliğünde deprem üretebileceği öngörülmektedir. 50 km den daha kısa fayların ($M > 6$) oranı ise % 85 civarındadır. Aletsel dönemde ise bu oran % 99'u aşmaktadır. Batı Anadolu'daki kabuk kalınlığının 30 km civarında olduğu, depremlerin büyük bir kısmının kabuk içinde olduğu ve son yüzyılın 2. yarısında derin odaklı depremlerin sayısının nispeten arttığı belirtilmektedir (Sezer, 2005).

Aynı bölgede yapılan istatistiksel çalışmalarda, 1900-2000 arasındaki 100 yıllık süre içinde, Magnitüdü 4'e eşit ve daha büyük olan yıl içindeki en büyük depremlerin büyüklüklerinin Shewhart standart sapma analiz değerlendirmeleri, Gumbel-Gutenberg-Richter ve üstel olasılık dağılım yöntemleri ile yılların en büyük depremlerinin analiz sonuçlarına göre, % olasılıkla her yıl kaydedilebilecek maksimum yıllık magnitüd, 100 yıl içinde gerçekleşmesi muhtemel maksimum magnitüdü karşılaştırmalı olarak yorumlanmıştır (Sezer, 2005).

Kentimiz ile ilgili yapılan heyelan çalışmalarında, İzmir Metropolitan Alan sınırları içerisinde "General Assessment Of Landslides In İzmir Metropolitan Area" konusunda yapılan yüksek lisans tezinde, bu alanda oluşan heyelanların 1/100 000 ölçekli haritalaması yapılmıştır. Tezin bir alt konusu olarak, tarihsel ve aletsel döneme ait toplam 315 adet depremin heyelan-deprem ilişkisi araştırılmış ve kitle hareketlerinin oluşmasında depremin büyüklüğünün fazla etkin olmadığı saptanmıştır (Avşar, 1997).

Kentimizin yaşadığı bir başka doğal olay taşkın alanlarıyla ilgilidir. Yüksek topografik eğimle gelen dereler, aşırı yağış alınca aniden düzleşen alanlarda suyun yükselmesi ile taşkınlara neden olabilir. İzmir ve çevresinde de bu tür derelerin zaman zaman can ve mal kayıplarıyla gündeme geldiğini biliyoruz. 2005 yılında Yamanlar deresinin taşmasıyla yaşanan olay, 60'dan fazla can kaybı, büyük miktarlardaki maddi kayıplar ve hasarlara yol açmıştır. Bu tür olayların yaşanmasında çarpık kentleşme, taşkın alanlarının gecekonduyla doldurulmaktadır. Mevcut derelerin doğal yataklarının daraltılması, İzmir ve çevresinde ormanlık alanların olmaması, bitki ve toprak örtüsünün yeterince gelişmemiş olmasına ve suların aniden yüzeysel akışına neden olmaktadır.

DEPREM

Fayların oluşmasında yer kabuğundaki sıkışma ve yanal hareketler önemlidir. Bu tür kuvvetler kaya kütlelerini hareket ettirmektedirler. Ancak, kırıklar boyunca kaya kütlelerinin hareket ettirilemediği bazı bölümlerde yoğun bir enerji birikmesi oluşmaktadır. Yerin derinliklerinde biriken bu enerjinin herhangi bir nedenle boşalması sırasında yer kabuğu sarsılmakta ve deprem dediğimiz sarsıntılar olmaktadır. Kısaca deprem, yer kabuğunda fay düzlemi olarak tanımlanan kırıklar üzerinde biriken enerjinin ani boşalması sonucu gelişen bir olaydır.

İzmir ve Yakın Çevresinin Depremselliği

Kentimiz ve çevresi depremsellik açısından oldukça etkindir. Diri fayların yapısal özellikleri ve nitelikleri ile oluşan depremlerin sismolojik özellikleri bu etkinlikte belirleyici rol oynamaktadır. Yukarıda bahsedilen aktif tektonik zonlar ve/veya diri faylar üzerine düşen episantr noktalarının dağılımı depremsellik hakkında önemli bilgiler vermektedir. Ege Denizindeki Faylar, İzmir ve yakın çevresindeki faylara göre, uzunluğunun daha fazla olması

*Bu Bildiri Jeoloji Mühendisleri Odası Adına Düzenlenmiştir.

3) Yenifoça Fayı: K-G doğrultulu, 20 km uzunluğunda, sol yönlü doğrultu atımlı bir faydır.

4) İzmir Fayı: D-B uzanımlı, Güzelbahçe-Pınarbaşı arasında toplam 35 km uzunluğunda, 400-500 m atımlı olan eğim atımlı normal bir faydır. 2 segmentten oluşur. Güneydeki Balçova-Buca hattı K82B doğrultulu ve 15 km, kuzeydeki Halkapınar segmenti Pınarbaşı-Belkahve arasında uzanır ve yaklaşık 15 km uzunluğundadır. Buca yöresinde pliyosen aşınım düzlükleri İzmir fayınca kesilmiştir. Körfezin batısında Uzunada'nın doğusunda KKB-GGD doğrultulu bir tektonik çukurluğun varlığı ve bu çöküntüyü kontrol eden fayların Kuvaterner çökellerini kestiği saptanmıştır (Aksu ve diğerleri, 1987, Ocakoğlu ve diğerleri, 2005). İzmir fayının Balçova bölgesinde fayın güney bloğundan beslenen iri çakıl-moloz taşıyan akarsu ağzlarında gelişen alüvyon yelpazeleri Liman reis bölümünde İzmir fayı tarafından kesildiği ve fayın bu bölümde 500-600 m görünür atımlı olduğu belirtilmektedir. Ayrıca Pınarbaşı yöresinde de İzmir fayı 'nın güney bloktan beslenen alüvyon yelpazelerini kestiği saptanmıştır.

5) Bornova Fayı: KB-GD uzanımlı birbirine paralel 2 faydan oluşur. Fayın güneyde olanı Kuvaterner çökellerini etkilemiş ve olası diri fay olarak adlandırılmaktadır. Kuzeydeki fay ise, eğim atımlı normal bir fay özelliğinde ve fayın kuzeyinin taban blok olduğu belirtilmektedir.

6) Tuzla Fayı: Gaziemir-Doğanbey arasındaki yapısal hat (Emre ve diğerleri, 2005) tarafından Tuzla Fayı olarak adlandırılmıştır. Bu fay, Diri Fay Haritasında, Cumalı Çizgiselliği (Şaroğlu ve diğerleri, 1987, 1992), Eşder (1988)'de Cumalı ters fayı, Genç ve diğerleri (2001) 'inde ise Orhanlı Fayı olarak adlandırılmıştır. Doğanbey burnu ile Gaziemir arasında fayın karadaki uzunluğu 42 km dir. Fayın deniz içinde de devam ettiği belirtilmiştir (Ocakoğlu ve diğerleri, 2004, 2005). Fayın deniz ve karadaki toplam uzunluğunun 50 km 'yi aştığı söylenmektedir (Emre ve diğerleri, 2005).

Tuzla Fayı, KD-GB yönünde uzanan 3 ayrı bölümden oluşur. Kuzeyden güneye bunlar Çatalca, Orhanlı ve Cumalı bölümleri olarak adlandırılmıştır. Çatalca 15 km, Orhanlı 16 km ve Cumalı bölümü 15 km, denizdeki devam eden bölümü 10 km olarak kabul edilerek (Ocakoğlu ve diğerleri, 2004, 2005), toplam uzunluğunun 56 km'yi aştığı kabul edilebilir. Tuzla Fayı'nın Çatalca ve Orhanlı bölümlerinde Diri Fay verisi gözlenememiştir. Cumalı bölümü ise, KKB-GGD uzanımlı birbirine paralel faylardan oluşan zonal bir yapı gösterir. Zondaki faylar boyunca çok sayıda sıcak su çıkışı ve traverten oluşumları gelişmiştir. Fayın en batıda yer alanı KD-GB yönlü inaktif ve ters fay özelliği taşımaktadır. Zon içindeki diğer faylar K20D doğrultuludur. Cumalı kaplıcaları ile tuzla mevki arasında zonda iki fay yer alır. Bu iki fayın kuzeyde olanı Cumalı yöresinde çok sıcak su çıkışı ve traverten oluşumuna sahip, sağ yönlü doğrultu atımlı bir fay olduğu ve batıya doğru 200-700 m ötelendiği saptanmıştır. Doğuda kalan fay üzerinde sağ yönlü dirseklenmeler izlenmiştir (Emre ve diğerleri, 2005).

Tuzla Fayı'nın denize doğru devamında fayın deniz dibindeki en genç çökelleri kestiği, deniz içinde basınç sırtları oluşturduğu ve deniz içindeki bazı fayların ters fay özelliği taşıdığı ve sağ yönlü olduğu gözlenmiştir (Ocakoğlu ve diğerleri, 2004, 2005). Ancak fayın Çubukludağ yöresinde Miyosen birimlerini kestiği ve sol yönlü doğrultu atımlı olduğu izlenmiştir (Genç ve diğerleri, 2001). Bu veriler Tuzla Fayı'nın Miyosen-Pliyosen arasında sol yönlü çalıştığına yorumlanmıştır (Emre ve diğerleri, 2005).

7) Seferihisar Fayı: İzmir'in güneybatısında Seferihisar yöresindeki Sığacık Körfezi ile Güzelbahçe arasında uzanır. Ocakoğlu ve diğerleri, 2004, 2005 'e göre, sualtı verileri fayın deniz tabanında da devam ettiğini göstermektedir. Bu fay, İnci ve diğerleri (2003)'e göre Seferihisar-Yelki Fay Zonu, Emre ve diğerleri (2005) 'e göre ise Seferihisar Fayı olarak adlandırılmıştır. K20D doğrultulu fayın Seferihisar-Gülbahçe arasındaki uzunluğu 23 km, denizdeki bölümüyle birlikte toplam 30 km uzunluğundadır. Fay düzlemi üzerinde İnci ve diğerleri (2003) tarafından sağ yönlü doğrultu atım izleri bulunmuştur. Fay, Ulaş köyü civarında Kuvaterner çökellerini keser ve zon üzerinde sağ yönlü ötelenmeler gözlenir (Emre ve diğerleri, 2005). Fayın deniz tabanında da aktif olduğu belirtilmiştir (Ocakoğlu ve diğerleri, 2004, 2005). Seferihisar Fayının Miyosende de aktif olduğu yorumlanmıştır (Kaya,1979). Sözbilir ve diğerleri (2003) 'e göre bu fayın Miyosende aktivite kazanarak günümüzde 150 km uzunluğunda aktif bir fay zonu oluşturduğu ileri sürülmüştür. Ancak, Emre ve diğerleri (2005)'e göre fayın D-B uzanımlı İzmir Fayı ile ilişkili olduğu ve Tuzla Fayı gibi Gediz grabeni batısındaki transfer fay demeti içerisinde yer aldığını savunmuşlardır.

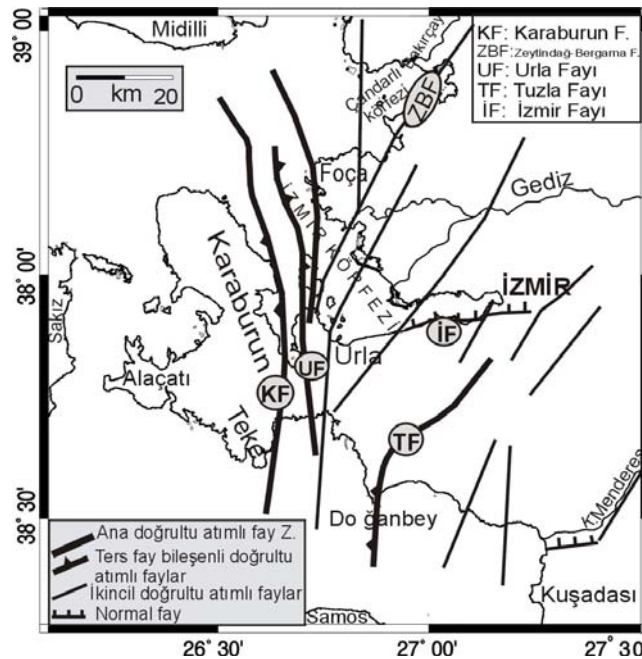
8) Gülbahçe Fayı: İzmir körfezi ile Karaburun yarımadasını yapısal ve morfolojik olarak ayırır. Fay, İDSDMP'da Karaburun fayı olarak adlandırılmıştır (Erdoğan 1990; MTA 2002; İDSDMP). K-G doğrultulu fayın karadaki uzunluğu 15 km dir. Sualtındaki bölümleri ile birlikte fayın tamamı 70 km'yi bulur (Ocakoğlu ve diğerleri, 2004, 2005). Gülbahçe Fayı'nın karada Kuvaterner çökellerini denetlediği, denizaltında Sığacık körfezi bölümünde genç çökelleri kestiği ve çok sayıda doğrultu atımlı faydan oluştuğu belirlenmiştir. Ancak fayın Holosende aktivitesinin açıklanamadığı, su altı verilerinde fayın ters bileşeni olduğu ve batı bloğunun doğu blok üzerine itildiği açıklanır. Gülbahçe Fayı'nın İzmir körfezi çıkışında elde edilen sismik kayıtlara göre, deniz tabanında devam ettiği ve genç çökelleri keserek fay sarplıkları oluşturduğu kesindir (Ocakoğlu ve diğerleri, 2005) (Şekil-4). Emre ve diğerleri (2005)'e göre fayın kuzey segmenti boyunca oluşan sıkışmalı bileşenlerden dolayı fayın sağ yönlü doğrultu atımlı olabileceğini düşünülmüştür.

9) Gümüldür Fayı: Güneyde, Gümüldür-Özdere arasında uzanır. Genç ve diğerleri, 2001'e göre Ortaköy Fayı olarak adlandırılmıştır. K55D doğrultulu, 15 km uzunluğunda, 40-60° batıya eğimli, eğim atımlı normal faydır. Fayın görünür atımı 300 m civarındadır. Kuşadası körfezini sınırlandırması ve Kuvaterner morfolojisini etkilemesi nedeniyle olası diri fay olarak değerlendirilmiştir (Emre ve diğerleri, 2005). Deniz tabanında sualtı sismik verileri de Kuvaterner çökellerini kesmektedir (Ocakoğlu ve diğerleri, 2004).

Tarihsel Dönem Deprem Etkinliği

Depremsellik açısından, aletsel dönem gibi tarihsel dönem de oldukça etkindir. Ancak tarihsel dönemde yeterince veri toplanamadığından arşivlerdeki kayıtlar oldukça azdır. İzmir ve çevresi tarihsel dönemde pek çok aktivite geçirmiştir. 17 (M=7, Şiddet=VIII) -1 Kasım 1883 (M=6.8, Şiddet=X) arasında toplam 23 adet deprem kaydı incelenmiştir. Bu depremlerde yangınlar çıkmış, çok sayıda can kaybı ve mal kayıpları ile pek çok yerleşim yeri yerle bir olmuştur. Örneğin 10 Temmuz 1688 depreminde İzmir'de, o günkü koşullarda (Şiddet=X, M=6.8) 15-20 bin kişi ölmüş, büyük hasarlar ve Tsunami olmuştur. Ayrıca 15 Ekim 1883 Çeşme yarımadası depreminde, yarımadanın batısındaki köylerde 15 bin kişinin öldüğü söylenmektedir (Emre ve diğerleri, 2005).

*Bu Bildiri Jeoloji Mühendisleri Odası Adına Düzenlenmiştir.



Şekil 4. İzmir ve çevresindeki doğrultu atımlı sualtı faylarının genel görünümü. Koyu renkli faylar birinci dereceden önemli faylardır (Ocakoğlu ve diğerleri, 2005).

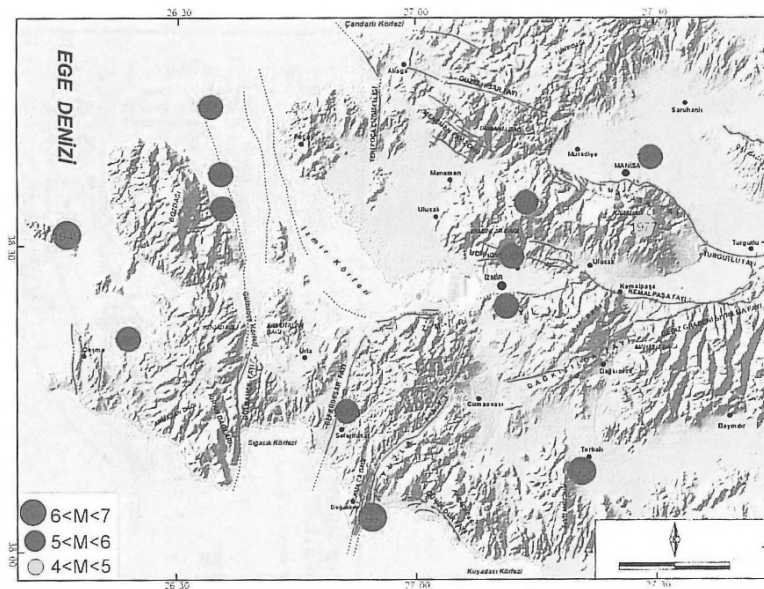
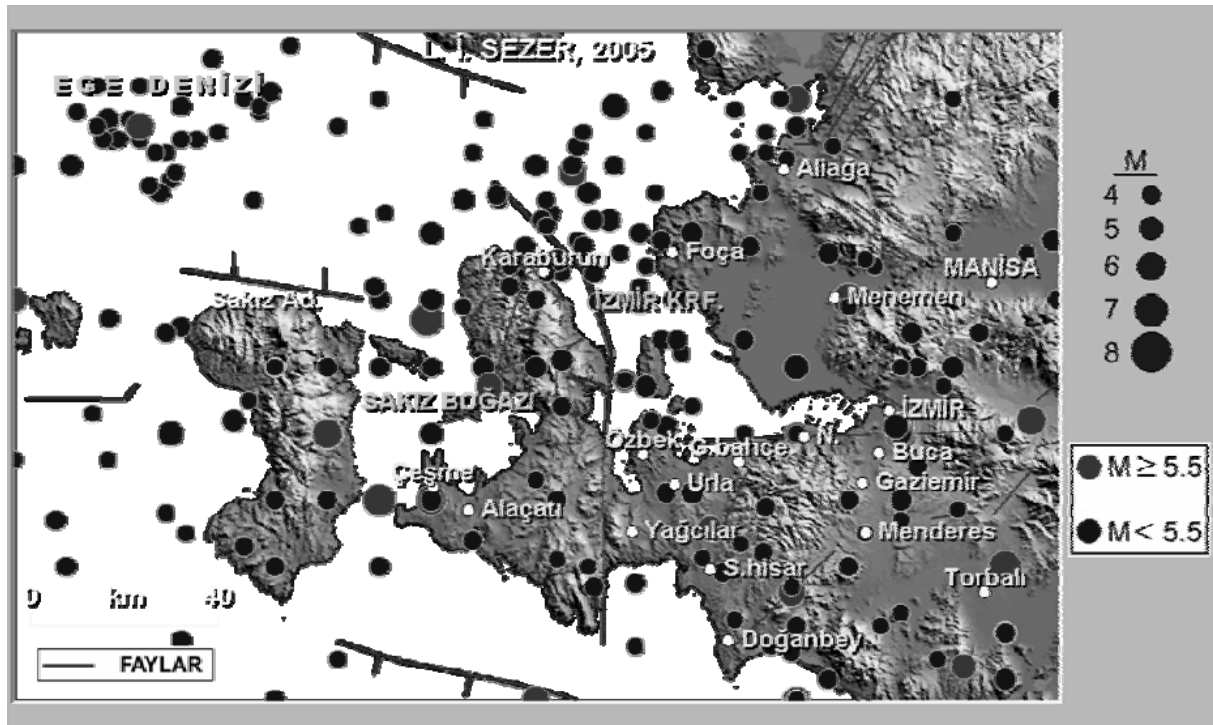
Karaburun yöresini deprem etkinliği konusunda yapılan çalışmalarda, çok sayıda kaynak araştırılmıştır Earthquake Research Institute (KOERI) ve United States Geological Survey-US National Earthquake

Information Center (USGS)'ın resmi bültenleri, deprem katalogları, bültenleri, depremsellik ve deprem etkinliği çalışmaları ve internet üzerindeki sanal arşivler (Sezer, 2005). Deprem oluşturan fay uzunlukları yorumlandığında tarihsel dönemde, depremlerle harekete geçen ya da yeni oluşan fayların % 57 kadarının uzunluğunun, 10-20 km arasında olduğu (formüller için bkz: (Ergünay – Bayülke - Gençoglu 1974; <http://neic.usgs.gov/neis/eqlists/eqstats.html>), bu tür fayların 4,7-5,3 (M) büyüklüğünde deprem üretebileceği belirtilmiştir. 50 km den daha kısa fayların ($M \leq 6$) oranının % 85 civarında olduğu ve aletsel dönemde bu oranın % 99'u aştığı açıklanmıştır (Sezer, 2005). İzmir ve Karaburun civarında $M \leq 5,5$ olan depremlerin sayısının $M \geq 5,5$ olan depremlerden büyük oranda fazla olduğu görülmektedir (Şekil-5).

Aletsel Dönemdeki Deprem Etkinliği

Bu dönem, 1900 'lerin başından günümüze kadar devam eder. İzmir merkez olmak üzere yaklaşık 50 km yarıçaplı bir daire çizildiğinde aletsel dönemde $M > 4$ olan 13 adet depremin bu daire içine düştüğü görülmüştür (Emre ve diğerleri, 2005) (Şekil-6). Son yüzyılda oluşan en büyük depremlerden biri 31 Mart 1928 tarihli Torbalı depremidir ($M=6.5$). Bu depremde 50'den fazla kişi ölmüş, 2000 ev yıkılmış, çevrede büyük hasar yaratmış ve Batı Anadolu etkilenmiştir. 6 Kasım 1992 tarihinde dış merkezi

*Bu Bildiri Jeoloji Mühendisleri Odası Adına Düzenlenmiştir.



Şekil 6. İzmir yakın çevresinde son yüzyılda gelişmiş depremlerin ($M>5$) diri fay haritası üzerindeki dış merkez dağılımları. Lokasyonlardan 1992 depremi Türkeli ve diğerleri (1995), 2003 depremi, (Tan ve Taymaz, 2003; USGS), diğer depremler İDSDMP' den alınmıştır (Emre ve diğerleri, 2005).

*Bu Bildiri Jeoloji Mühendisleri Odası Adına Düzenlenmiştir.

bu depremin fay düzlemi çözümlemelerinin ise sağ yönlü doğrultu atımlı bir fay olduğu, bu yöreden alınan sismolojik bilgilerin de saha gözlemlerini doğruladığı tespit edilmiştir. Deprem, yüzeyde çok ince çatlaklar ve 20 cm lik sağ yönlü ötelenmeler oluşturmuştur. Yüzey kırığı oluşturmamış bu depremin, denizaltı bölümüyle birlikte 50 km'yi aşan sağ yönlü doğrultu atımlı diri bir fay olması, İzmir'in depremselliği açısından büyük önem arz etmektedir (Emre ve diğerleri, 2005). 10 Nisan 2003 tarihli ve 5.7 M'lü Seferihisar depreminin episantr noktası ve artçı şokları Seferihisar Fayı üzerine düşmektedir. Bu depreme ilişkin yapılan fay düzlemi çözümlemeleri fayın KD-GB uzanımlı, sağ yönlü doğrultu atımlı bir fay olduğunu göstermiştir (Tan ve Taymaz, 2003; USGS) İnci ve diğerleri (2003) (Şekil-5).

Aletsel dönemde oluşan depremlerin % 91'inin odak derinliği 0-33 km arasında olduğu, USGS'in hazırladığı dünya kabuk haritasına göre (<http://www.usgs.gov>) Batı Anadolu'daki kabuk kalınlığının 30 km civarında olduğu düşünülürse, Karaburun yöresindeki deprem odak noktalarının büyük bir kısmının kabuk içinde kaldığı saptanmıştır. Aynı görüşe göre; 1950-2000 yılları arasında oluşan depremlerden, odağı 33 km'den daha derin (astenosferde) olanların oranı, yüzyılın ilk yarısına göre daha yüksektir. Nispeten daha derin odaklı depremler, genellikle İzmir ve Sığacık Körfezleri ile Karaburun yarımadası, Menemen, Kuşadası-Selçuk civarında ve Sakız Adası çevresinde görülmektedir (Sezer, 2005) (Şekil-3).

USGS tarafından internette yayınlanan <http://neic.usgs.gov/neis/eqlists/eqstats.html>) enerji-deprem büyüklüğüne ilişkin formüllerden yararlanılarak yapılan hesaplara göre, son 100 yıl içinde Karaburun yöresinde meydana gelen $M \geq 4$ olan 184 depremin, açığa çıkan enerji bakımından 2402 adet 4.0 büyüklüğünde ve 1 adet 7.3-7.4 büyüklüğündeki depreme eşdeğer olduğu, son 100 yıl içinde Karaburun yöresinde meydana gelen 4 ve daha büyük 184 depreme açığa çıkan enerji sayesinde, 1 adet Kocaeli-Gölcük depremi büyüklüğünde bir depremin oluşma ihtimalinin ortadan kalkmış olduğu belirtilmektedir (Sezer, 2005).

Shewhart standart sapma analizine göre, Karaburun yöresinde meydana gelen ve meydana gelebilecek olan, yılların en büyük depremlerinin büyüklüğünün 3,7 M ile 6.1 M arasında olmasının, % 95 olasılıkla normal olduğu, yılların en büyük depremlerinin büyük bir olasılıkla 3.0 M'den küçük, 6,8 M'den büyük olamayacağı açıklanmıştır. Eldeki verilere göre, Karaburun-İzmir yöresinde, M.S. 11-2000 yılları arasında, can ve mal kaybı ile sonuçlanan 34 şiddetli depreme sahne olduğu ve bunun Karaburun yöresinin deprem yönünden oldukça aktif olduğunu gösterdiği kaydedilmiştir (Şekil-6)

Gumbel-Gutenberg-Richter ve üstel olasılık dağılım yöntemleri ile yapılan yılların en büyük depremlerinin maksimum yıllık magnitüd oranlarına göre, % 63 olasılıkla her yıl kaydedilebilecek maksimum yıllık magnitüd; Muğla sismotektonik yöresinde 4,9 M, Marmara Bölgesi'nde 4.8 M, İstanbul sismotektonik yöresinde 4,5 M, İzmir sismotektonik yöresinde 4,9 M ve Karaburun yöresinde 4,5 M'dir. 100 yıl içinde gerçekleşmesi muhtemel maksimum magnitüd; Karaburun yöresinde 6,6 M, Muğla sismotektonik yöresinde 7,3 M, Marmara Bölgesi'nde 7,9 M, İstanbul sismotektonik yöresinde 7,5 M ve İzmir sismotektonik yöresinde 7,1 M'dir. 7,4 M büyüklüğündeki bir depremin 2000-2025 yılları arasında gerçekleşme ihtimali ise Muğla sismotektonik yöresinde % 20, Marmara Bölgesi'nde % 42, İstanbul sismotektonik yöresinde % 25, İzmir sismotektonik yöresinde % 14 ve Karaburun yöresinde % 3,7 kadardır (yöntem için bkz: Ergünay-Bayülke-Gençoğlu 1974, Tabban ve

*Bu Bildiri Jeoloji Mühendisleri Odası Adına Düzenlenmiştir.

Gencoğlu 1975, Tezcan-Acar-Çivi 1979, Sezer 1998-2003-2005). 7.4 büyüklüğündeki (Kocaeli-Gölcük depreminin büyüklüğünde) bir depremin tekrarlama süresi Muğla sismotektonik yöresinde 115 yıl, Marmara Bölgesi'nde 46 yıl, İstanbul sismotektonik yöresinde 90 yıl, İzmir sismotektonik yöresinde 169 yıl ve Karaburun yöresinde 664 yıldır (Sezer, 2005).

HEYELANLAR

Tanımı: Heyelan kelimesi en iyi, Terzaghi (1950) tarafından “ Doğal kaya, zemin, yapay dolgu ve bunların karışımından oluşan, şev oluşturan malzemelerin, aşağı ve dışa doğru hareket etmesi” olarak tanımlanır. Heyelanlar karmaşık kitle hareketleridir.

Heyelanlar, ülkemizde olduğu gibi kentimizde de büyük maddi ve manevi kayıplara sebep olmuştur. Deprem, aşırı yağış, topografik eğim, sertlik, kohezyon, içsel sürtünme açısı vb. heyelanları oluşturabilir. Bu konuda başta Bayındırlık İl Müdürlüğü, Karayolları, Üniversiteler, MTA vb. kuruluşlar yoğun bilgi üretmişlerdir. Mevcut kitle hareketleri yerinde incelenerek yerel çözümler üretilmiş, imar

planı dışında kalan alanlar afet bölgesi kapsamına alınmıştır. 1990'lı yıllarda MTA projeleri yüksek lisans tezi kapsamında İzmir Metropolitan alanının 1/100 bin ölçekli heyelan haritası hazırlanmıştır.

Çalışmada heyelanlar, fosil, olası aktif ve aktif olmak üzere üç gruba ayrılmış, ayrıca akma, dairesel kayma, blok kayma ve kaya düşmesi şeklinde sınıflandırılmıştır (Avşar, 1997) (Şekil-7).

Heyelan Türleri

1-Düşmeler

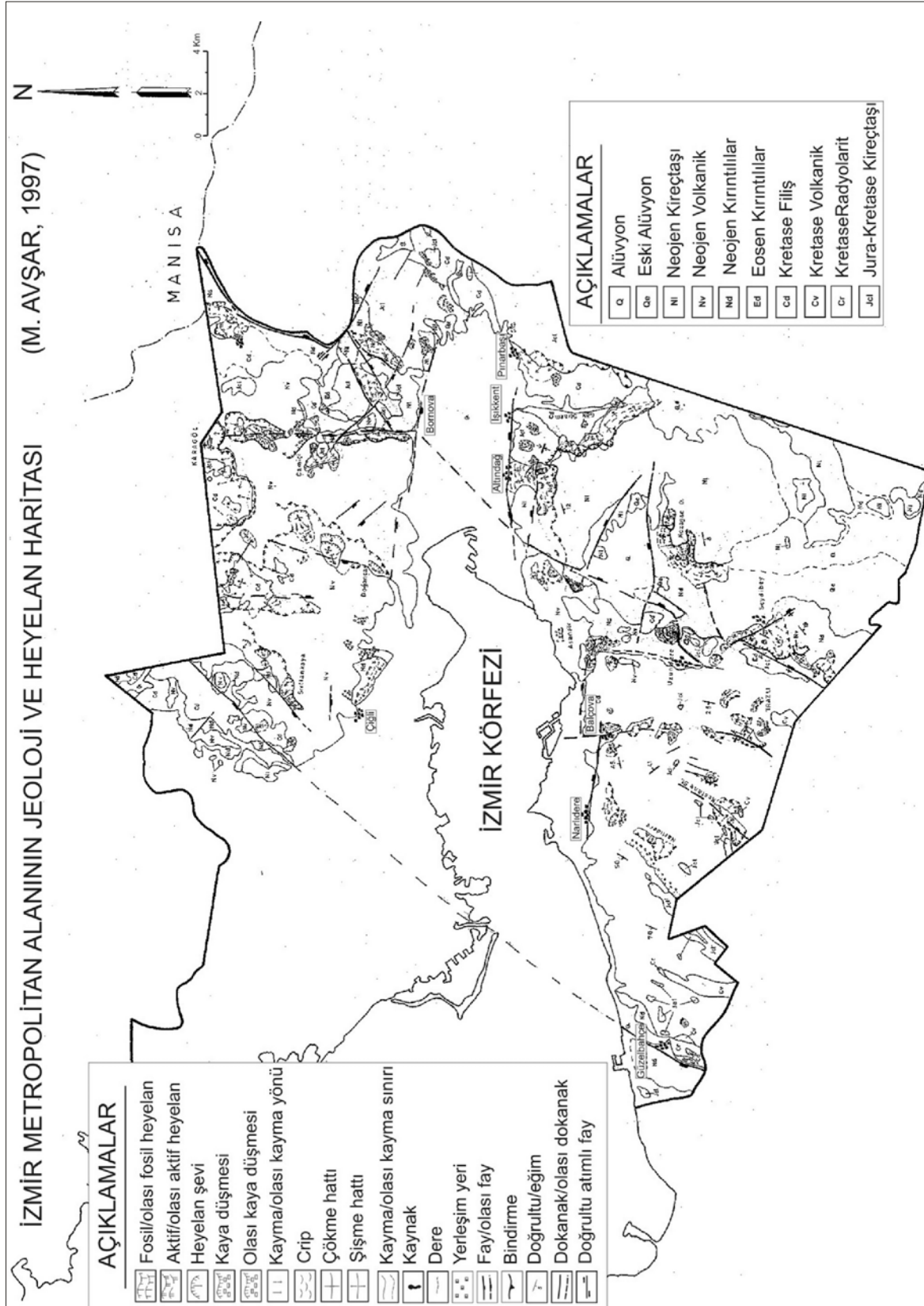
2-Kaymalar; Kaya kayması-döküntü kayması, yanal yayılma türü kaymalar, dönel kaymalar ve blok kaymalar

3-Akmalar; Kuru ve Sulu akmalar

4-Karmaşık heyelanlar

İzmir Metropolitan Alanındaki Heyelan çalışmaları

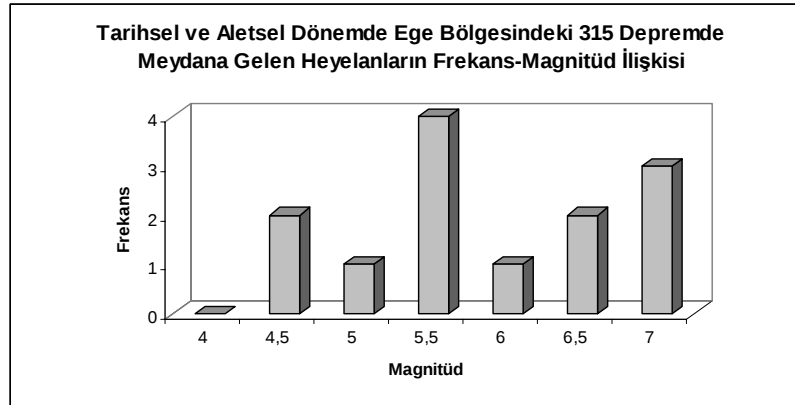
Bu konuda başta Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri İl Müdürlüğü, Üniversiteler vb. kurumlar sayısız raporlar hazırlamıştır. Önceki yıllarda, aşırı yağış ve depremler nedeniyle kentimizin değişik bölgelerinde heyelanlar olmuş ve bunlar için yerel çözümler üretilmiştir. 1990 'lı yıllarda MTA Genel Müdürlüğü'nün “Arazi Kullanım Potansiyel Haritaları Projesi” kapsamında İzmir Metropolitan Alanı'nın da heyelan çalışması yapılmış ve bu çalışma “General Assessment Of Landslides İn İzmir Metropolitan Area” konusunda yapılan yüksek lisans tezine de konu olmuştur. Çalışmada, İzmir Metropolitan Alanının 1/100 000 ölçekli heyelan haritası hazırlanmıştır (Avşar, 1997).



Őekli-7: İzmir metropoliten alanı jeoloği-heyelan Haritası (Avŕar, 1997)'den yeniden dűzenlenerek alınmıŕtır.

İzmir Metropolitan Alanı'nda yapılan bu çalışmada heyelanlar, fosil, yarı aktif ve aktif olarak ayırtlanmış ve kitle hareketleri kayma tiplerine göre de sınıflandırılmıştır. Ayrıca hazırlanan tezin bir alt bölümü olarak heyelan-deprem ilişkisinde 12 adet tarihsel ve 303 adet aletsel dönem'e ait olmak üzere toplam 315 adet deprem kaydı Frekans-Magnitüd açısından incelenmiştir. Kayıtlar, Afet İşleri, İzmir Büyükşehir Belediyesi (İ.B.B.), Dokuz Eylül Üniversitesi (D.E.Ü.), Yeni Asır ve Hürriyet Gazetesi arşivlerinden araştırılmıştır (Avşar ve Türk 1997).

Yapılan araştırmada, tarihsel dönemde 17-1900 yılları arasında 12 adet depremde 1 adet kaya düşmesi ve 2 adet heyelan olayı tespit edilmiştir. Aletsel dönem, 1930-1996 tarihleri arasındaki verileri kapsamaktadır. Aletsel dönemde Ege Bölgesinde 1930-1996 yılları arasında toplam 304 adet deprem kaydı Frekans-Magnitüd açısından değerlendirilmiştir. 1930-1960 yılları arasındaki 94 adet depremin Magnitüd ortalamasının 5 M civarında olduğu, buna karşılık 1960-1996 yılları arasında 210 adet depremin Magnitüd ortalamasının 4.5-5 M civarında olduğu saptanmıştır. Tarihsel ve aletsel dönemde toplam 315 adet deprem kaydında 4 adet kaya düşmesi ve 13 adet heyelan olduğu, 3 adet deprem kaydında ise hem heyelan, hem de kaya düşmesi olayının birlikte olduğu tespit edilmiştir (Şekil-8). Ayrıca, 20.12.1981 tarihinde Ödemiş (Ege) 4,3 Magnitüd' lü bir depremde de kaymaların olduğu



Şekil 8. Tarihsel ve aletsel dönemdeki depremlerde oluşan 13 adet heyelanın Frekans-Magnitüd ilişkisi (Avşar, 1997'den yeniden düzenlenerek alınmıştır) saptanmıştır.

Yapılan değerlendirmelerde de görüleceği üzere, heyelanların oluşu depremin büyüklüğüne (M) bağlı değildir. Zeminin örselenmemiş olması, topografik eğimi, kohezyon, içsel sürtünme açısı, sertliği, çimentosu, vb. bunda önemli rol oynamaktadır. Depremler sırasında yeryüzünde birçok çatlak, yarık ve/veya fayların meydana geldiği, hatta büyük bir güçle kırık hatlarında yeni sıcak ve soğuk su kaynaklarının metrelerce yükseğe fışkırdığı kaydedilmiştir.

TAŞKIN ALANLARI

İzmir ve çevresinde genç jeotektonik olaylar yer yer dik bir morfoloji oluşturmuştur. Körfezin kuzey ve güneyindeki dik topografya boyunca körfeze dik olarak gelişen dere yatakları alüvyonal alanlarda aniden düzleşen topografya ile karşılaşır. Yağışların ani ve bol olduğu aylarda dar ve doldurulan dere yatakları suyla dolarak taşkınlara neden olur. Bu tür taşkınlara maruz kalan yerler taşkın alanları olarak bilinmektedir. Taşkın alanları körfezin kuzeyinde

*Bu Bildiri Jeoloji Mühendisleri Odası Adına Düzenlenmiştir.

Bornova, Karşıyaka, Çiğli ve Menemen yöresi, güneyde, Alsancak, Buca, Balçova vb. örnek olarak verilebilir.

Giderek artan kaçak yapılaşma, çarpık kentleşme dere yatakları ve vadiler gecekondularla doldurmuştur. Çiğli bölgesindeki taşkın alanları imara açılarak sanayi ve yerleşim alanı haline getirilmiştir. Deniz seviyesine yakın düz alanlarda deniz seviyesinin yükselmesi ve büyük su birikintilerinin oluşması, yukarı su havzalarında su bentlerinin yetersizliği, yeterli orman ve bitki örtüsünün olmayışı, bazı derelerin birleştirilme ve suyun doğal yatağının bozulması, cadde ve sokakların asfalt-betonla kaplanarak suyun yeraltına girişinin engellenmesi, yüzey sularının iyi drene edilemeyişi vb. nedenler taşkın alanlarının oluşmasının başlıca sebepleridir.

1995 yılında Karşıyaka-Örnekköy bölgesinde meydana gelen taşkında 61 kişi ölmüş, büyük miktarlarda mal kayıpları olmuş, işyerleri zarar görmüş ve şehir içi ulaşım aksamıştır. Dereler yatakları doğal halinden uzaklaştırılmış, daraltılmış ve geniş alanlar su altında kalmıştır. Bu bölgede dere yatakları hala yeterli genişlikte değildir. 18.12.2001 Çiğli ve Karşıyaka'da A.O.S.B.'de derelerin taşmasıyla 750 konut ve 80 civarında işletme hafif ve orta seviyede su baskınına maruz kalmıştır. Bu örnekler çoğaltılabilir. Yerel yöneticiler, bu sorunların çözümü için yıllardır çalışmaktadır. Bugün Poligon deresinde alınan önlemlerle artık taşkınlar önlenmiş, İZSU inşaat atıklarıyla derelerin doldurulmasını engellemiştir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

İzmir ve çevresi, aktif tektonik ve depremsellik açısından Ege Bölgesi'nin bir parçasıdır. Kentimiz, tarihsel dönemden beri oluşan şiddetli depremlerden etkilenmektedir. Deprem üreten fayların çoğu kısa olmakla birlikte, Ege Denizi ve Karaburun civarında nispeten daha uzun doğrultu atımlı fayların varlığı, kentimizin depremselliği açısından büyük önem taşır. Özellikle, kent yerleşim yerlerinin % 50 den fazlasının alüvyonal alanlarda olması kentimiz için bu riski daha da artırmaktadır. Ege Denizinde 7.0 M'den daha büyük deprem olma olasılığı karasal alanlara oranla daha yüksektir. Bu durum, Ege Denizinde ve İzmir Körfezi'nde Tsunami 'de oluşturabilir. Bu nedenle, mevcut sismik kayıt istasyonlarının sayısı artırılmalı ve düzenli veri toplanmalıdır. Depremler sırasında kitle hareketlerinin olduğu ve bunların oluşumunda depremin büyüklüğünün (M) önemli olmadığı, 4,3 M'lü bir depremde de heyelanların oluşabildiği görülmüştür. Kentimizde deprem, heyelan ve taşkın alanları gibi doğal olaylarla ilgili olarak alınması gereken önlemleri iki grupta toplayabiliriz. Birincisi; yapılaşma öncesi, ikincisi; yapılaşma sırasında alınması gereken önlemlerdir. Örneğin konutlar 7-7.5 M büyüklüğündeki bir depreme dayanıklı olarak yapılmalı, mevcut yapılar güçlendirilmeli ve halk bu konuda eğitilerek bilinçli hale getirilmelidir.

Çarpık kentleşme, taşkın alanlarının gecekondularca işgal edilmesi, kentimiz çevresindeki ormansız alanlarda toprak ve bitki örtüsünün gelişememiş olması gibi nedenler, taşkın alanlarının oluşumunda önemli rol oynamaktadır. İzmir'de yağmur rejiminin genelde kısa süreli ve şiddetli olması suların toplanma süresini kısaltmaktadır. Bu yüzden, şehir çevresine orman dikilmeli, dere ıslah çalışmalarına devam edilmeli, yatağı bozulan dereler tekrar doğal haline getirilmeli, dere yataklarına yeteri kadar bent ve gölet (su tutucular) yapılmalıdır. Aşırı yağış ve şiddetli lodosta deniz suyunun yükselmesiyle su altında kalan bölgeler (Ör:

*Bu Bildiri Jeoloji Mühendisleri Odası Adına Düzenlenmiştir.

Mavişehir, Alsancak) için önlem alınmalı, yolların ortası kenarlara doğru eğimli olmalı ve sular yol kenarlarından drene olabilmelidir. Bütün bunlar göstermektedir ki, kentimizin doğal afetler konusundaki problemleri hemen çözülebilecek kadar kolay değildir. Bili bir plan ve yüklü miktarlarda para gereklidir. Ancak, sorunları çözebilmek için de uzun vadeli projeler hazırlayıp bir an önce kararlılıkla uygulamak kaçınılmazdır.

KAYNAKLAR

Aksu, A.E., Piper, D.J.W. ve Konuk, T., 1987. Late Quaternary tectonic and sedimentary history of outer İzmir and Çandarlı bays, western Turkey, *Marine Geology*, 76,89-104.

Avşar, M., (1997). General Assessment Of Landslides İn İzmir Metropolitan Area, Yüksek Lisans Tezi, 108 s,Ek-1.

Avşar, M. ve Türk, N. (1997). Ege Bölgesinde meydana gelmiş olan depremlerle heyelanlar arasındaki ilişkiler, 1-7 s.

Barka, A. ve Reilinger, R. (1997). Active tectonics of the Eastern Mediterranean Region: Deduced from GPS, neotectonic and seismicity data, *Annelis de Geofisica*, 40, 3, 587-610.

Emre, Ö., Özalp, S., Doğan, A., Özaksoy, V., Yıldırım, C. ve Göktaş, F., 2005. İzmir yakın çevresinin diri fayları deprem potansiyelleri, MTA Genel Müdürlüğü, Rp: NO:10754, 1-80.

Erdoğan, B., 1990.İzmir-Ankara Zonu'nun İzmir ile Seferihisar arasındaki bölgede stratigrafik özellikleri ve tektonik evrimi,TPJD bülteni, 2,1 20.

Ergünay, O.-Bayülke, N.-Gençoğlu, S., 1974. 1 Şubat 1974 İzmir Depremi Raporu. T.C. İmar İskân Bakanlığı Deprem Araştırma, Ankara.

Eşder, T., (1988).Gümöldür-Cumaovası (İzmir) alanının jeolojisi ve jeotermal enerji olanaklarının araştırılması, doktora tezi, İstanbul üniv. Fen Bil. Enst. Jeoloji Müh. Böl. Anabilim Dalı, 401 s.

Dewey, J. F. ve Şengör, A.M.C. (1979). Aegean and surrounding regions: Complex multiplate and continuum tectonics in a convergent zone, *Geological Society of American Bulletin*, 90, 84-92.

Erdoğan, B., 1990, İzmir-Ankara Zonu'nun İzmir ile Seferihisar arasındaki bölgede stratigrafik özellikleri ve tektonik evrimi, TPTJ Bülteni, 2,1 20.

<http://wwwneic.cr.usgs.gov/neis/bulletin/bulletin.html>.

İDSDMP: İzmir Deprem Senaryosu Deprem Master Planı, <http://www.izmir-bld.gov.tr/izmirdeprem/izmirrapor.htm>

İnci, U., Sözbilir, H., Sümer, Ö. Ve Erkül, F., 2003. Urla-Balıkesir arası depremlerin nedeni fosil bir fay, Cumhuriyet Bilim ve Teknik Dergisi, 21 haziran 2003, 7-8.

Kaya, O., 1979, Ortadoğu Ege çöküntüsünün (Neojen) stratigrafisi ve tektoniği. TJK Bülteni, 22,35-58.

KOERI: Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, <http://koeri.boun.edu.tr>

Le Pichon, X. ve Angelier, J. (1979). The hellenic arc and trench system: A key to the tectonic evolution of the Eastern Mediterranean Area, Tectonophysics, 60, 1-42.

Le Pichon, X. ve Angelier, J. (1981). The Aegean Sea, Philosophical Transactions of Royal Society, 300, 357-372.

McClusky, S., Balassanian, S., Barka, A., Demir, C., Ergintav, S., Georgiev, I., Urkan, O., Hamburger, M., Hurst, K., Kahle, H., Kastens, K., Kekelidze, G., King, R., Kotzev, V., Lenk, O., Mahmoud, S., Mishin, A., Nadariya, M., Ouzounis, A., Paradissis, D., Peter, Y., Prilepin, M., Reilinger, R., Sanli, I., Seeger, H., Tealeb, A., Toksöz, M.N. ve Veis, G. (2000). Global positioning system constraints on plate kinematics and dynamics in the Eastern Mediterranean and Caucasus, Journal of Geophysical Research, 105, B3, 5695-5719.

McKenzie, D.P. (1972). Active tectonics of Mediterranean Region, Geophysical Journal of Royal Astronomical Society, 30, 109-185.

McKenzie, D.P. (1978). Active tectonics of the Alpine Himalaya Belt: the Aegean Sea and surrounding regions, Geophysical Journal of Royal Astronomical Society., 55, 217-254.

McKenzie, D.P. ve Yılmaz, Y. (1991). Deformation and Volcanism in Western Turkey and the Aegean, Bulletin Technical University, 44, 345-373, İstanbul.

Ocakoğlu, N., Demirbağ, E. ve Kuşcu, 2004, Neotectonic in the area offshore of Alaçatı, Doğanbey and Kuşadası (western Turkey): evidence strike-slip faulting in the Aegean extensional province. Tectonophysics, 391, 67-81.

Ocakoğlu, N. ve Demirbağ, E., 2005. İzmir körfezi ve dolaylarının aktif tektonizmasının sismik yansıma verileri ile incelenmesi , İtühergisi/d, cilt:4, sayı:6,

Ocakoğlu, N., Demirbağ, E. Ve Kuşcu, 2005, Neotectonic structures in İzmir Gulf and surrounding regions (western Turkey): evidence strike-slip faulting with compression in the Aegean extensional regime. Marine Geology, 219, 155, 171.

Şaroğlu, F.-Ö. Emre-A. Kuşcu, İ., 1992. Türkiye'nin Diri Fay Haritası. Ölçek: 1/1000000. Ankara.

Sezer, L.İ., 1998c. 'Isparta-Burdur sismotektonik yöresinde depremsellik ve deprem Riski'. Isparta'nın Dünü, Bugünü ve Yarını Sempozyumu II 16-17 Mayıs 1998 Bildiri Özetleri, Isparta.

Sezer, L.İ., 2003a. İzmir ve Van Sismotektonik Yörelerinin Sismisite ve Deprem Riski Bakımından Karşılaştırmalı İncelemesi. E.Ü. Araştırma Fonu 1998/EDB/04 No.lu Proje, İzmir.

Sezer, L., İ., 2005, Türkiye Kuvaterner Sempozyumu TURQUA-V, İTÜ Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü 14 2-5 Haziran 2005.

Sözbilir, H., Erkül, F. Ve Sümer, Ö., 2003. Gümüldür (İzmir) ve Bigadiç (Balıkesir) arasında uzanan Miyosen Sonrası Yaşlı KD-Doğrultulu accommodation Zonuna ait saha verileri, Batı Anadolu: 56. Türkiye Jeoloji Kurultayı, 85-86, Ankara.

Şengör, A., M., C, Görür, N., Şaroğlu, F. (1985). Strike-Slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a Case Study, in Strike-Slip Deformation, Basin Formation and Sedimentation, Eds. Biddle, K.T. and Christie-Blick, N., Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Special Publication, 37, 227-64.

Tabban, A.-S. Gencoğlu, 1975. Deprem ve Parametreleri. İmar ve İskân Bakanlığı Afet İşl. Gn. Müd. Deprem Arşt. Enst.Yay. Ankara.

Tan, O. ve Taymaz, T., 2003. Seismotectonics of Karaburun Peninsula and Kuşadası Gulf: source parameters of april 2, 1996 Kuşadası Gulf and april 10, 2003 seferihisar (İzmir) earthquakes. International Workshop on the North Anatolian, East anatolian and Dead sea Fault Systems: racent Progress in Tectonics and paleosismology and Field training Course in Paleosismology, Middle East Technical University (METU), 31 august-12 September 2003. Abstract volume, p. 147, Ankara.

Taymaz, T., Jackson, J., A., McKenzie, D. (1991). Active tectonics of the north and Central Aegean Sea, Geophysical Journal of Interiour, 106, 433-490.

Tezcan, S.-Acar, Y., Çivi, A., (1979). 'İstanbul için deprem riski analizi'. Deprem Araştırma Bülteni 26, 5-34.

Türkelli, N., Kalafat, D. ve İnce Ş.,1990, 6 Kasım 1992 İzmir depremi ve artçı şokları. Deprem Araştırma Bülteni, 68, 58-95 , N., Kalafat, D. Ve Gündoğdu, O., (1995). 6 Kasım 1992 İzmir (Doğanbeyli) depremi saha gözlemleri ve odak mekanizma çözümü. Jeofizik, 9,10,343-348.

United States Geological Survey-US National Earthquake Information Center (USGS). United States Geological Survey-US National Earthquake Information Center (USGS).