

T.C.
BAYINDIRLIK VE İSKAN BAKANLIĞI
AFET İŞLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
DEPREM ARAŞTIRMA DAİRESİ BAŞKANLIĞI

17 AĞUSTOS 1999 İZMİT KÖRFEZİ DEPREMİ RAPORU



Editör: Ramazan DEMİRTAŞ

ANKARA OCAK-2000

T.C.
BAYINDIRLIK VE İSKAN BAKANLIĞI
AFET İŞLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
DEPREM ARAŞTIRMA DAİRESİ BAŞKANLIĞI

17 AĞUSTOS 1999 İZMİT KÖRFEZİ DEPREMİ RAPORU



Editör: Ramazan DEMİRTAŞ

ANKARA OCAK-2000

17 AĞUSTOS 1999 İZMİT KÖRFEZİ DEPREMİ:

ÖNSÖZ

Çığ, volkanlar, heyelanlar, tsunami, kasırga, hortum ve sel baskınları gibi afete dönüşebilen doğal olaylardan depremler, insanları etkileyen en tehlikeli doğal tahribatların başında gelmektedir. 1976 yılında, yalnızca bir yıl içerisinde Guatemala, İtalya ve Çin'de olan yıkıcı depremler 300.000 den daha fazla insanın ölmesine neden olmuştur. Resmi Çin katalogları, 23 Ocak 1556 tarihinde Shensi bölgesinde oluşan depremde 830 000 kişinin hayatını kaybettiğini yazmaktadır. 1939 Erzincan depremi (M= 7.9) 32.000 kişinin ölmesine neden olmuştur.

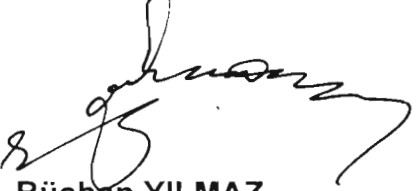
Depremlerin neden olduğu maddi kayıplar da hemen hemen can kayıpları kadar korkunç olmaktadır. Depremler, birçok ülkenin ekonomisinde büyük yaralar açmaktadır. Örneğin 1985 Mexico depremi 4 milyar dolar, 1989 Loma Prieta depremi 6 milyar dolar maddi kayba neden olmuştur. 1988 Spitak (Ermenistan) depremi, birkaç sanayi kentinin yıkılmasına ve tüm ulusal ekonominin iflasına sebep olmuştur. Bu deprem sonucu oluşan ekonomik kayıp 16 milyar dolara ulaşmıştır.

Her yıl dünyada 20 bin civarında can kaybı ile fiziksel ve ekonomik kayıplar oluşturan ortalama 15 yıkıcı deprem ve 12 milyon civarında da küçük depremler meydana gelmektedir. Afet boyutuna erişebilecek özelliklere sahip olan deprem nedir? Yerkabuğu içerisinde faylar boyunca biriken enerjinin kayaçların direncini aşmasıyla aniden boşalarak karmaşık elastik dalgalar şeklinde yayılması sonucu yeryüzünün titreşmesi olayına deprem denir.

Yerkürenin üst kesiminde oluşan gerilmelerin esas kökeni yer içindeki ısı ve basınçtır. Yerkürenin derin kısımlarına doğru ısı ve basıncın artması sonucu, astenosfer içerisinde oluşan konveksiyonel akımlar (ısı akımları) yerkürenin dış kesimini oluşturan katı ve kırılğan özellikli litosfer parçalarının (levhalar) hareket etmelerine neden olurlar. Bu rejimde levha adı verilen söz konusu parçalar ya birbirlerinden uzaklaşırlar (uzaklaşan levhalar; örneğin Afrika ve Güney Amerika levhaları) ya da ortak sınırları boyunca zıt yönlere kayarlar (yanal yönde hareket eden levhalar; Türkiye ve Karadeniz levhacıkları) veya birbirleri ile çarpışırlar (yaklaşan levhalar; Hindistan ve Avrasya levhaları). Bu karmaşık durum Levha Tektoniği Kuramı ile açıklanmaktadır.

Son yüzyılda Türkiye'de doğal afetlerin neden olduğu fiziksel ve ekonomik kayıpların çok büyük bir kısmı depremlerin payına düşmektedir. Bu dönemde depremler ülkemizde 80.000 can kaybı ile 586.000 yapının yıkılmasına veya ağır hasar görmesine neden olmuştur. Kısaca, ülkemizde deprem ile afet eş anlam taşımaktadır. 20. Yüzyılın son aylarında da, yoğun yerleşim ve sanayi bölgesinin yer aldığı ülkemizin kuzeybatı kesiminde yıkıcı depremler (17 Ağustos 1999 ve 12 Kasım 1999) meydana gelmiştir.

17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi depremi nedeniyle uzun bir araştırma sürecinden sonra hazırlanan bu raporda, depremin fiziksel etkileri ve alınması gerekli önlemler konusunda durulacaktır. Ancak ülke ekonomisinde de negatif faktör olan depremin insanlarımız üzerindeki etkileri çok daha fazla olmaktadır. Hiç şüphesiz ki depremler konusunda her düzeyde daha hazırlıklı olunması, kayıplarımızın en aza indirilmesinde etkindir.


Rüçhan YILMAZ
Genel Müdür

17 AĞUSTOS 1999 İZMİT KÖRFEZİ DEPREMİ:

TEŞEKKÜR

17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi depremi ile ilgili her tür bilgiyi içeren bu çalışmanın gerçekleşmesinde destek ve yardımlarını esirgemeyen, sayın Rüçhan YILMAZ (Afet İşleri Genel Müdürü)'a, sayın Atamer SEYMEN (Afet İşleri Genel Müdür Yardımcısı)'e, sayın Mustafa GÜNAY (Deprem Araştırma Dairesi Başkanı)'a, sayın Şeref SAYGILI (Sismoloji Şube Müdürü)'a, sayın Ömer AKBAŞ (Laboratuvar Şube Müdürü Vekili)'a, sayın Nejat BAYÜLKE (Deprem Mühendisliği Şube Müdürü)' ye ve bu raporun hazırlanmasına öncülük eden sayın Erol AYTAÇ (Jeomorfoloj)'a teşekkürlerimi sunarım.

Tilt kayıtlarının değerlendirilmesi ile ilgili bölümde yardımlarını esirgemeyen GeoForschungsZentrum Potsdam (GFZ) Enstitüsü'nden sayın Dr. Malte Westerhaus'a, Geodynix programının çalıştırılmasında yardımlarını esirgemeyen GFZ' den sayın Wolfgang Welle' ye, zor arazi şartlarında istasyonların çalışmasını sağladıkları, gösterdikleri kişisel çabalardan ötürü Adapazarı Bayındırlık ve İskan Bakanlığı'ndan sayın Ahmet Tarımcı'ya ve Kiel Üniversitesi'nden sayın George Lohr'a teşekkür ederiz.

Depremin tektonik özellikler ile ilgili bölümde topoğrafik verilerin sağlayan Harita Genel Komutanlığına ve uydu görüntülerini sağlayan İşlem Şirketler grubuna teşekkür ederiz.

Tektonomanyetik bölümle ilgili çalışmalarda yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen JICA uzmanlarından Hitomi Murakami ve Hideaki Komiyama'ya teşekkür ederiz.

Yapı hasarı ile ilgili bölümde verilen Fotoğrafların bir bölümü, Kocaeli Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Öğrencisi Cumhur Kaplan ve Afet İşleri Genel Müdürlüğü Fotoğraf Teknisyeni Habib Uluurgun tarafından çekilmiştir. Kendilerine teşekkür edilir. Ayrıca Kocaeli İlindeki sanayi tesislerinde yaptığımız incelemeler sırasında verdikleri katkı ve desteklerinden dolayı Kocaeli Üniversitesi Öğrt.Gör. Mak.Müh. Muharrem Kurt'a, Kocaeli İl Bayındırlık ve İskan Müdürlüğü Yapım 2. Şub. Müd. İbrahim Çakır'a, Kocaeli Sanayi Odasının yöneticileri ile burada görevli Sn. Hatıra Yılmaz ve diğer tüm elemanlara da teşekkür edilir.

Minare hasarı ile yer hareketi doğrultusunun arasındaki ilişkiler bölümünde, katkılarından dolayı sayın Prof.Dr. Masato Motosaka'ya (Tohoku Üniversitesi), sayın Prof.Dr. Nishiyama'ya (Kyoto Üniversitesi) ve sayın Kosa'ya (Kyushu Teknoloji Enstitüsü) teşekkür ederiz.

17 AĞUSTOS 1999 İZMİT KÖRFEZİ DEPREMİ:

İÇİNDEKİLER

Önsöz	i
Teşekkür	ii
İçindekiler	iii
Özet	vi
Abstract	viii
Giriş	1
Bölgenin Genel Jeolojik Konumu	2
<i>Ramazan DEMİRTAŞ</i>	
Deprem-Öncesi Sismisite	10
A) Tarihsel Dönem (1509-1719-1754-1766-1894 Depremleri)	10
<i>Ramazan DEMİRTAŞ</i>	
B) Kuzey Anadolu Fayı'nın Batı Kesiminin Depremselliği (Tarihsel ve Aletsel Dönem) ve Riski	12
<i>Günruh BAĞCI</i>	
C) Bolu-Sakarya-Kocaeli Yöresi Mikrodeprem ve 17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi Depremi Artçı Deprem Çalışmaları	39
<i>Sami ZÜNBÜL Salih KARAKISA Nurcan ÜRETÜRK Nuriye ALTIN Serap ÖZDEMİR Hülya BAYÜLKE Mustafa DEMİR Cemal FENERCI</i>	
Türk-Alman İşbirliği Depremlerin Önceden Kestirilmesi Projesi (Çoklu-Parametre İstasyonları)	49
A) Deprem Habercileri	49
<i>Ramazan DEMİRTAŞ</i>	
B) 17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi Depremi Öncesi ve Sonrası Tilt Çalışmaları	52
<i>Nur UMUTLU</i>	

C) 17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi Depremi Öncesi ve Sonrası Manyeto-Tellürik ve GPS Çalışmaları	66
<i>Ünal DİKMEN</i>	
D) 17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi Depremi Sonrası Sıcak ve Mineralli Sularda Yapılan Araştırmalar	79
<i>Faruk ÜNLÜ</i>	
E) 17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi Depremi Öncesi ve Sonrası Tektono-Manyetik Çalışmalar	86
<i>Murat BEYHAN</i>	
Yüzey Faylanması	100
<i>Ramazan DEMİRTAŞ Cenk ERKMEN Rüçhan YILMAZ</i>	
17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi Depreminin Tektonik Özellikleri	118
<i>Murat NURLU</i>	
Kuzey Anadolu Fayı Sapanca-Gölcük Segmentinde Paleosismolojik çalışmalar; Kullar Hendek Çalışmalarının Ön Sonuçları	131
<i>Ramazan DEMİRTAŞ Cenk ERKMEN</i>	
Ana Şok ve Artçı Depremler	150
<i>Belgin BARAN Aysel YATMAN Yıldız İRAVUL Kenan YANIK Mehmet BAYKAL Dilek ARICI Nermin ŞEKER</i>	
Kuvvetli Yer-Hareketi Kayıtları	156
A) Kuvvetli Yer Hareketi Kayıtlarının Değerlendirilmesi	156
<i>Tülay UĞRAŞ Zahide ÇOLAKOĞLU Ulubey ÇEKEN Turgay KURU Uğur KÖKYER Celal ÇINAR Bekir TÜZEL Murat BEYHAN Engin ÇORUH</i>	
B) İvme-Yerel Zemin Koşulları Arasındaki İlişki	175
<i>Mustafa GÜRBÜZ Aytaç APAK Esat YARAR Turgay KURU</i>	
Sıvılaşma-Zemin Yenilmesi-Heyelan	190
<i>Ramazan DEMİRTAŞ</i>	
Tsunami	204
<i>Ramazan DEMİRTAŞ</i>	
Gaz / Su Çıkışı	206
<i>Ramazan DEMİRTAŞ</i>	

Yangın	207
<i>Ramazan DEMİRTAŞ</i>	
Eş-Şiddet Haritası	209
<i>Bülent ÖZMEN</i>	
Yapı Hasarı	222
<i>Nejat BAYÜLKE Akif DOĞAN Cahit KOCAMAN Esat YARAR</i>	
17 Ağustos İzmit Körfezi Depreminde Yer Hareketi Doğrultusunun Özellikleri ile Adapazarı Minerallerindeki Yapısal Hasar Arasındaki İlişkiler	265
<i>Adem SÖMER</i>	
17 Ağustos 1999 İzmit Depremi ve Coğrafi Bilgi Sistemi	272
<i>Gülşah BİLGİ</i>	
Jeolojik Açıdan Deprem Hasarının Nedenleri	278
<i>Ramazan DEMİRTAŞ</i>	
Deprem Zararlarının Azaltılmasına İlişkin Öneriler ve Çözümler	284
<i>Ramazan DEMİRTAŞ</i>	
Tartışma ve Sonuçlar	290
Değınilen Belgeler	293

17 AĞUSTOS 1999 İZMİT KÖRFEZİ DEPREMİ:

ÖZET

17 Ağustos 1999 tarihinde İzmit Körfezi ve civarını yıkan 7.4 ? büyüklüğünde yıkıcı bir deprem olmuştur. Deprem, 16 bin kişinin ölümüne, 25 binden fazla kişinin yaralanmasına ve 75 bin civarında evin tamamen yıkılmasına neden olmuştur. Deprem ulaşım, iletişim ve alt yapı gibi tüm hayati sistemlerinin hasar görmesine neden olmuştur.

17 Ağustos 1999 depremi öncesi tilt kayıtlarında çok belirgin olmayan şüpheli sinyaller, gözlenmiştir. Deprem sonrası Bolu, Sakarya, Kocaeli, Bursa, Yalova, İstanbul ve Anakra'yı içine alan geniş bir bölgede yer alan sıcak ve soğuk suların debisinde, kimyasal bileşimlerinde ve sıcaklıklarında önemli değişimler olmuştur. Bu sıcak ve soğuk su kaynaklardan bazılarında deprem öncesi değişmelerin olduğu yöre halkı ve yetkililerce bildirilmiştir. Cihaz bozulması nedeniyle manyeto-tellürik kayıtlarda herhangi bir değişim görülemedi. Deprem sonrası yapılan GPS ölçümleri, hareketin batıdan doğuya doğru azaldığını ve yırtılmanın batıdan doğuya doğru olduğunu göstermiştir. Deprem sonrası yorumlanan tektonomanyetik kayıtlar, 1999 yılının başından itibaren ortalama 20 nanoTesla'lık bir artış göstermiş ve depremden iki gün önce de genel seyirinden sapmıştır.

Depremde Kuzey Anadolu Fayı'nın (KAF) Gölyaka-Karamürsel arasında uzanan yaklaşık 100-120 km'lik bölümü kırılmıştır. Deprem, Gölyaka-Karamürsel arasında uzanan dört fay segmentini kıran birkaç şoklu yırtılmadan oluşmuştur. Dış merkezi Gölcük olan ilk ana şok, Gölcük-Sapanca Gölü arasında uzanan 40 km'lik bölümü ve Gölcük-Karamürsel arasında deniz içerisinde uzanan 20-30 km'lik bölümü; dış-merkezi Sapanca Gölü-Akyazı arasında kalan ikinci ana şok ise Sapanca Gölü-Gölyaka arasında uzanan 50 km'lik bölümü kırmıştır. Her iki yırtılma, dış-merkez ortada olacak şekilde iki yönde yayılmıştır. Bu nedenle, ilk şok 3 m'lik sağ yönlü yatay atıma, ikinci şok 1.5 m'lik yatay atıma neden olmuş ve iki kırığın çakışma bölgesinde 4.5 m'lik yatay atım gelişmiştir.

45 saniye süren depremin en büyük şiddeti, X (MSK) olarak belirlenmiştir. 420.000 kişinin yaşadığı ve 98.175 konutun bulunduğu bu şiddet bölgesinde, konutların % 33'ü ağır ve % 15'i orta hasara uğramıştır. En büyük yer ivmesi Adapazarı kuvvetli yer hareketi istasyonunda 0.4 g olarak kaydedilmiştir. Yumuşak zeminde kaydedilmiş bu değer, sert zeminlere göre hareketin dört kat büyütüldüğünü göstermektedir.

2 ve 8 saniyelik parçalara bölünmüş ivme spektrumlarında aynı frekanslı (2.7hz, 3.5hz, 4.8hz ve 7hz) dalgaların tekrarlanması, Gölcük merkezli ilk şokun, kırığın hem doğu hem de batı ucundaki diğer şokları tetiklediğine işaret etmektedir. Ayrıca, deprem kaydının başlangıcından 14.-32. sn'leri arasında kalan bölümde yani 14 sn sonra İstanbul yakınında (Avcılar'ın yıkılması) başka küçük bir şokun olabileceği olasılığını göstermektedir. Diğer taraftan depremin son 15 saniyesinde de başka küçük bir şok gözlenmektedir. Kısaca, deprem kaydının ilk 30 saniyesi içinde 4 sn aralıklarla iki ana şok, bir küçük şok ve son 15 saniyesinde dördüncü küçük bir şok yer almaktadır.

1985-1999 yılları arasında mikrodprem etkinlikleri, özellikle Gölcük, Sapanca-Akyazı ve Gölyaka-Düzce bölümlerinde yoğunlaşmıştır. Bu yerler, daha sonra 17 Ağustos ve 12 Kasım 1999 depremlerinin ana şokları ile artçı şoklarının episantr bölgeleri olmuştur. Depremin ilk ana şokun odak mekanizması çözümü, ters bileşenli sağ-yönlü doğrultu atımlı faylanma vermiştir

Deprem, Adapazarı-Düzce ovasını kaplayan geniş bir alanda zemin sıvılaşmasına neden olmuştur. Adapazarı'nda olan sıvılaşma olayı ve zemin taşıma gücünün çok düşük olması da yapı hasarının daha büyük olmasında ve çok sayıda yapının yıkımında önemli boyutta etkili

olmuştur. Ayrıca, Düzce ve Gölyaka'daki hasar da sivilaşmadan kaynaklanmıştır. İzmit Körfezi boyunca bulunan yerleşim alanlarındaki (Gölcük, Yalova, Çınarcık, Derince, Altmışevler gibi) hasar, körfeze boşalan akarsu delta düzlükleri ve sonradan ıslah edilmiş alanlarda zemin hareketinin büyütülmesinden ileri gelmiştir. Deprem, ayrıca Gebze ve Düzce'de kaya düşmelerine ve Avcılarda ağır hasara neden olmuştur.

Bu deprem çok geniş ve yoğun bir alanı etkilediği için hasarın yaygınlığı ve boyutu büyümüştür. Yapıların deprem yönetmeliğine göre tasarlanıp inşa edilmemiş olması, beton dayanımlarının proje dayanımlarının çok altında olması, etriye sıklaştırma kurallarına uyulmamış olması ve zemin katı iş yeri olan yapıların kolonları ve bölme duvarlarının az yapılmış olması pek çok betonarme yapının enkaz haline gelmesine neden olmuştur. Betondaki kum ve çakıl içindeki tuz nedeniyle demirler paslanmış ve betonarme demirsiz kalmıştır. Ayrıca kalorifer dairelerinde yıllarca yakılan kökürtlü kömürler ve küllerinden çıkan kökürt dioksit gazları, nemli ortamlarda sülfirik aside dönüşmüş ve kolonlardaki demirlerin paslanmasına neden olmuştur.

Depremde tek katlı betonarme prefabrike yapı sistemlerinde felaket boyutunda yıkım olmuştur. Yıkım yalnızca yapı ile kalmamış, yıkılan yapıların altında kalan makine, donanım ve üretilmiş mallardaki kayıplar yapı yıkımının bedelinin kat kat üzerinde olmuştur.

Adapazarı'nda deprem hareket yönüne paralel İzmit Caddesi'ndeki yıkılan binaların oranının yaklaşık %60; deprem hareket yönüne dik Sakarya Caddesi'nde ise % 6 olduğu gözlenmiştir. Ayrıca, Adapazarı'ndaki 28 caminin minaresi fay doğrultusuna dik yönde yıkılmıştır.

Deprem sonrasında İzmit Körfezi boyunca gaz ve su çıkışları olmuş ve TÜPRAŞ gaz dolun tesislerinde yangın çıkmıştır. Ayrıca, Gölcük-Değirmendere arasındaki genişleme-tipi sıçrama (releasing step) bölgesinde, kıyının çökmesi sonucu, İzmit Körfezi'nde seiche benzeri suda çalkalanmalar olmuştur.

Sapanca-Gölcük segmentinde, Rahmiye köyü-Kullar arasında uzanan 1999 kırığında açılmış hendek duvarlarının ayrıntılı stratigrafik ve yapısal özellikleri, 1999 depremi öncesi aynı segmenti kırmış en az iki büyük depremin varlığını ortaya koymuştur. 1999 depremi, hendek duvarlarındaki tüm çökelleri kesmiş ve kil tabakalarında bu depreme ait kayma çiziklerinin yönelimi K70B 78GB, R=20 KB ölçülmüştür. Bu durum G'deki bloğun K'deki blok üzerine bindirmesine neden olmuştur ki; hendeğin derinliklerindeki güneydeki tabakalar yukarı doğru bükülmüş ve aşağıya doğru bükülen K'deki tabakalar üzerine 20 cm bindirmiştir. İkinci deprem, güncel toprak seviyesinin altında bulunan bitki ve ağaç köklerinin bulunduğu ayrışma seviyesinin hemen depolanmasında sonra olmuş ve bu seviyeye ait malzeme açılan yarığı doldurarak kölüviyal kama geliştirmiştir. Duvarlarda gözlenen en yaşlı deprem, denizel bataklık çamurları ile fay denetimli akarsu çökellerinin yan yana gelmesine neden olmuştur. Deprem, çamurlu tabakaların yukarıdaki kumlu seviyeler içerisine sokulmasına ve alev yapılarının gelişmesine neden olmuştur. Numunelerin 14C yaşlandırması henüz yapılmamıştır.

Tarihsel kayıtlar, bu segmentin en son 1719'da kırıldığını göstermektedir. Diğer taraftan GPS ölçümleri ile saptanan 16 mm'lik yıllık kayma hızı ile 1999 depreminde gelişen 4.5 m'lik yatay atım / 1999-1719 = 16 mm birbirleri uyumlu görünmektedir. Bu durum, bu segment de 1999 İzmit Körfezi depremi gibi büyük depremlerin 250-300 yıl aralıklarla yinelenildiğini göstermektedir.

Gumbel I ve Gumbel III modelleriyle 1999 yılından sonra M=6.0 depremin 20 yıl içerisinde olma olasılıkları % 98 ve % 96 olarak bulunmuştur. M=6.0 magnitüdündeki depremin dönüş periyodu Gumbel I ve Gumbel III modelleriyle 6 ve 7 yıl hesaplanmıştır. M = 7.0 magnitüdündeki depremin dönüş periyodu Gumbel I modeliyle 11 yıl, M = 7.0 magnitüdündeki depremin dönüş periyodu Gumbel III modeliyle 30 yıl bulunmuştur. Poisson modeliyle 1999 yılından sonra M=6.0, 6.5 ve 7.5 olan depremlerin 20 yıl içinde olma olasılıkları sırasıyla %91, %69 ve %43 olarak bulunmuştur. Dönüş periyodları ise M= 6.0, 6.5 ve 7.5 büyüklüğündeki depremler için sırasıyla 8 yıl, 17 yıl ve 72 yıl bulunmuştur.

17 AĞUSTOS 1999 İZMİT KÖRFEZİ DEPREMİ:
THE AUGUST 17, 1999 İZMİT BAY EARTHQUAKE:

ABSTRACT

On August 17, 1999 a catastrophic earthquake with magnitude 7.4 (?) hit the Izmit Bay and its adjacent region. It resulted in 16 thousand death and injuries over 25 thousand. Nearly 75 thousand houses completely destroyed and collapsed. It damaged all underground structures and facilities such as transportation, communication, water supply, electric power lines and sewer lines.

It was realized that there would be some uncertain precursory events by evaluating the records of the multiparameter stations in the Mudurnu Valley. Some undefined signals three days before the main shock were observed in till records. There were significant changes after the main shock in hot and cold springs covering Bolu, Sakarya, Kocaeli, Bursa, Yalova, Istanbul and Ankara. In addition, local people and authorities concerned witnessed that there were some changes in water volume and temperature two or three days before the main shock in these springs. On the other hand, although no significant precursory events were observed on both records of magneto-telluric and tectono-magnetic stations, there has been a variation of 20 nanoTesla in tectono-magnetic records since the beginning of the year 1999. GPS studies carried out after the earthquake revealed that the motion had become gradually slower from west to east. The GPS results denoted that the rupture must have propagated from west to east.

The earthquake ruptured for 100-120 km long part of the North Anatolian Fault (NAF) extending from Karamürsel to Gölyaka. The earthquake with two or more shocks broke at least four adjacent fault segments. The first main shock with epicenter located in Gölcük formed surface faulting for 40 km between Gölcük and Sapanca Lake; it is estimated that the 20 or 30 km part running parallel to the southern coastline of the Izmit Bay has been ruptured. The second main shock with epicenter located Sapanca Lake and Akyazı ruptured for 50 km from Sapanca Lake to Gölyaka. As well known, since the average right lateral displacements of 3 m and 1.5 m were measured along the first and second rupture zones, respectively. Maximum dextral slip of 4.5 m developed in the overlapping part of rupture zones. This indicates that both shocks caused the ruptures propagated bilaterally

It was assigned X (MSK) for the maximum intensity of the multiple shock lasting for 45 seconds. The percentages of the houses damaged heavily and moderately were found out to be %33 and %15 respectively, in this intensity area where 420 thousand people live in 98.175 houses. The maximum peak ground acceleration was recorded 0.4g in Adapazarı station, 10 km from the epicenter of the second shock, overlying a thick and water-saturated loose river and/or lake deposits. This indicates that the strong ground motion was amplified 4 times with respect to the hard ground.

Response spectrums obtained by dividing intervals of 8 sec. and 2 second showed that the waves with same frequencies repeated in the records. This denotes that the first main shock must have triggered the other shocks. The third small shock, which was recorded 15 sec. later than the first main shock may correspond to the other small earthquake that damaged the building in Avcılar (Istanbul). In sum, two main shock and with a pause of 4 second, two small shocks were determined in the first 30 seconds part of the records.

Microearthquake activity densely clustered especially in the three distinct parts, Gölcük-Sapanca Lake, Sapanca Lake-Akyazı and Gölyaka-Düzce, having become nucleation points of the

August 17, November 12 and its aftershocks. The focal plane solutions of the largest aftershocks close to the first shock and the second shock are right-lateral strike-slip faults with reverse and normal components, respectively.

The earthquake caused widespread liquefaction in extensive area covering from Adapazarı to Gölyaka. Damaged and collapsed buildings was attributable to liquefaction and low bearing capacity of the underlying soil. Structural damage in and around the İzmit Bay was caused by thick and water-saturated delta deposits filled by man-made materials. On the other hand, the earthquake triggered some rock falls and landslides in Gebze and Düzce. Also, Avcılar was exposed to heavily damage due to unknown small shock or soil amplification and long period-effect.

Since the earthquake affected a large and densely populated area, the extent and the dimensions of the damage were increased. The fact that the buildings were not designed and constructed according to the earthquake resistant design codes, that in-situ strength of the concrete were way below the design strengths, that the rules of tie spacing were not observed, that the buildings which had their first stories as commercial use and did not have sufficient number of lateral load resisting elements, as columns and walls, in their ground floors resulted in the complete collapse of reinforced concrete buildings. The use of unwashed and salty sand and gravel from the sea and the continuous combustion of lignite with high content sulphur in the furnaces of the central heating systems resulted in the formation of highly corrosive mediums in the basements of the reinforced concrete buildings and reinforcing bars of the columns corroded extensively

Single story reinforced concrete prefabricated frame buildings suffered very severely. The losses were not limited with the structures, the losses of machinery, equipment and stocks under the collapsed buildings were several times more than the loss of the building itself.

The percentage of the damaged buildings constructed parallel and perpendicular to the propagation direction of the strong ground motion were % 60 and %6, respectively. Furthermore, directions of the minarets collapsed of the 28 mosques in Adapazarı were observed to be perpendicular to the strike of the fault rupture.

During and/or after the earthquake some gases and water came out along the coastal plain of the İzmit Bay. On the one hand, the only fire broke out in TÜPRAŞ petroleum refinery. On the other hand seiche-like water waving took place along the the İzmit Bay due to sliding of coastline (where the fault segments make a left step, releasing stepover) into the sea.

An exploratory trench was excavated across the 1999 rupture in Rahmiye village (Kullar county), 15 km east of Gölcük where the first main shock was located. Detailed stratigraphic and structural features of the walls revealed evidences for at least two large events prior to the 1999 earthquake. The last events, the 1999 earthquake, cut all units and constituted highly fractured zone. Slicken-sides with orientation of N70W 78 SW, R=20NW were clearly observed on the rupture surfaces. This indicates the southern block was thrust on to the northern one. Small reverse components accompanying dextral slip of all these events caused the layers in the northern block bent downward. Conversely, the layers in the southern block were bent upward. Second event must have occurred after the deposition of the bioturbated zone underlying the recent soil. The fissure formed by this event was filled by this unit, forming a colluvial wedge.

Samples have not been dated yet. However, historical seismicity indicates that the last earthquake that took place in this segment was the 1719 earthquake. The maximum right-lateral displacement of 4.5 m was divided by 280 years (1999-1719) and slip rate was obtained 16 mm per year. This result is very consistent with the GPS measurements made. Both results indicate that the recurrence interval for this segment 280 year.

By using Gumbel I and Gumbel III it is estimated that the probabilities of an earthquake with $M=6.0$ in the coming 20 year are %98 and %96, respectively. The return periods of the earthquakes with $M=6.0$ and 7.0 according to Gumbel I are 6 or 7 and 11 years, respectively. According to Gumbel III, the return period is 30 year. However, according to Poisson Model probabilities of the earthquakes with $M=6.0$, 6.5 and 7.5 in the 20 year are %91, %69 and %43, respectively. The recurrence periods for these earthquakes are 8, 17 and 72 year, respectively.

GİRİŞ

17 Ağustos 1999 tarihinde İzmit Körfezi'nde saat 03:02'de Richter ölçeğine göre 7.4 büyüklüğünde bir deprem olmuştur. Depremde yaklaşık 15 bin kişi hayatını yitirmiş ve 30 bin kişiden fazla kişi yaralanmıştır. Depremde 100.000 den fazla binanın hasar gördüğü ve maddi kaybın 10 milyar dolar olduğu tahmin edilmektedir. 17 Ağustos 1999 depreminin en büyük şiddeti X (MSK) ve en büyük yer ivmesi Adapazarı'nda 0.4g olarak belirlenmiştir. Depremde sırasıyla Adapazarı, Gölcük, Değirmendere, İzmit, Yalova, Çınarcık, Avcılar (İstanbul) ve Düzce'de çok sayıda bina tamamen çökmüştür. Deprem, elektrik, su ve iletişim hatlarının tamamen kesilmesine ve Ankara-İstanbul tren-yolu ve otoyolundaki sivilaşma ve zemin oturmasından dolayı ulaşımın durmasına ve aksamasına neden olmuştur. Ayrıca çok sayıda kanalizasyon boruları kırılmıştır.

Deprem hasarı, yapı ile zemin arasındaki etkileşim olayı ile ilintili olup, her bir yıkıcı depremde aynı faktörler rol oynamaktadır. Bunlar:

- 1- Depreme dayanıklı yapı yönetmenliklerine uygun olmayan bina üretimi
- 2- Jeolojik faktörler (zemin koşulları)
- 3- Topoğrafik faktörler / havza tabanı topoğrafyası
- 4- Dalga yayılma yönü
- 5- Dalgaların uzun periyod etkisi

Deprem hasarında ilk iki faktör son derece büyük önem taşımaktadır. 1989 Loma Prieta, 1992 Erzincan, 1995 Dinar, 1995 Kobe, 1998 Ceyhan ve 1999 İzmit Körfezi gibi depremlerde benzer nedenlerden dolayı büyük hasar olmuştur.

Bu raporda, I. bölümde, *bölgenin genel jeolojisi ve deprenselliği*; II., III. ve IV. bölümlerde, *bölgenin tarihsel ve aletsel dönem deprenselliği ile mikrodeprem etkinliği ve ayrıca SABONET ve REFTEK istasyonları tarafından 17 Ağustos 1999 depreminden sonra kaydedilmiş artçı deprem çalışmaları*; V. bölümde, *Türk-Alman İşbirliği " Depremlerin Önceden Kestirilmesi " Ortak Projesi (Çoklu parametre istasyonları) çerçevesinde genel deprem habercileri*; VI. bölümde, *tilt deneyi*; VII. bölümde, *manyeto-tellürik çalışmalar*; VIII. bölümde, *17 Ağustos 1999 depremi öncesi-sırası ve sonrasında deprem bölgesi ve civarında sıcak ve mineralli sulardaki değişimler*; IX. bölümde, *tektono-manyetik ölçümler*; X. bölümde, *17 Ağustos 1999 depremi yüzey faylanması*; XI. bölümde, *17 Ağustos 1999 depreminin tektonik özellikleri*; XII. bölümde, *17 Ağustos 1999 depremi sonrası Sapanca-Gölcük segmentinde Kullar hendek çalışmaları ön sonuçları*; XIII. bölümde, *ana şok ve artçı depremler*; XIV ve XV. bölümlerde, *ivme kayıtlarının değerlendirilmesi ve ivme değerleri ile yerel zemin koşulları*; XVI. bölümde, *sivilaşma-zemin yenilmesi-heyelan*; XVII. bölümde, *tsunami*; XVIII. bölümde, *su ve gaz çıkışı*; XIX. bölümde, *yangın*; XX. bölümde, *eşşiddet haritası*; XXI. bölümde *17 Ağustos 1999 depremi yapı hasarı*; XXII. bölümde, *17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi depreminde yer hareketi doğrultusunun özellikleri ile Adapazarı minerallerindeki yapısal hasar arasındaki ilişkiler*; XXIII. bölümde, *17 Ağustos 1999 depremi ve coğrafi bilgi sistemi*; XXIV. bölümde, *jeolojik açıdan deprem hasarının nedenleri*; XXV. bölümde, *deprem zararlarının azaltılmasına ilişkin öneri ve çözümler* ve son bölümde, *tartışma ve sonuçlar* üzerinde durulacaktır.

17 AĞUSTOS 1999 İZMİT KÖRFEZİ DEPREMİ:

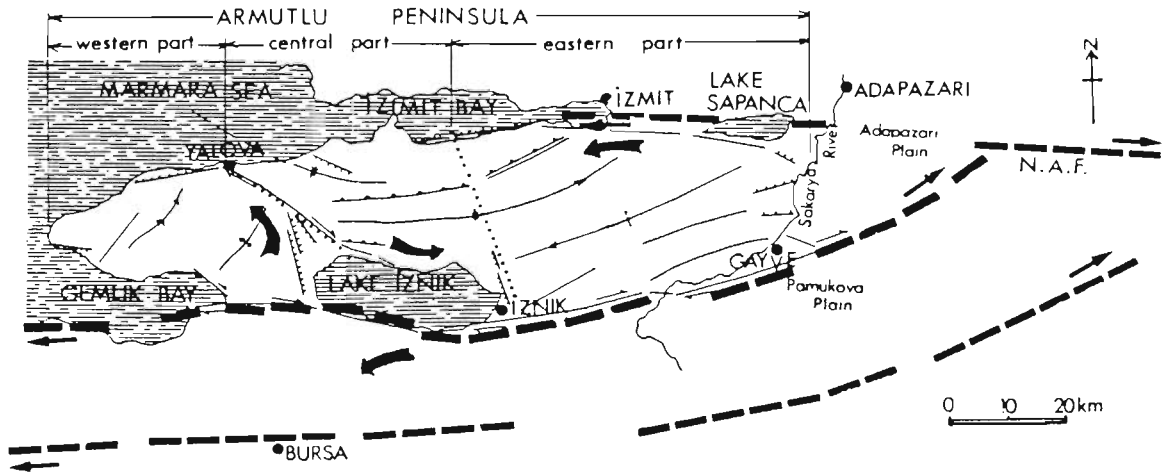
BÖLGENİN GENEL JEOLJİK KONUMU

Ramazan DEMİRTAŞ
Deprem Araştırma Dairesi

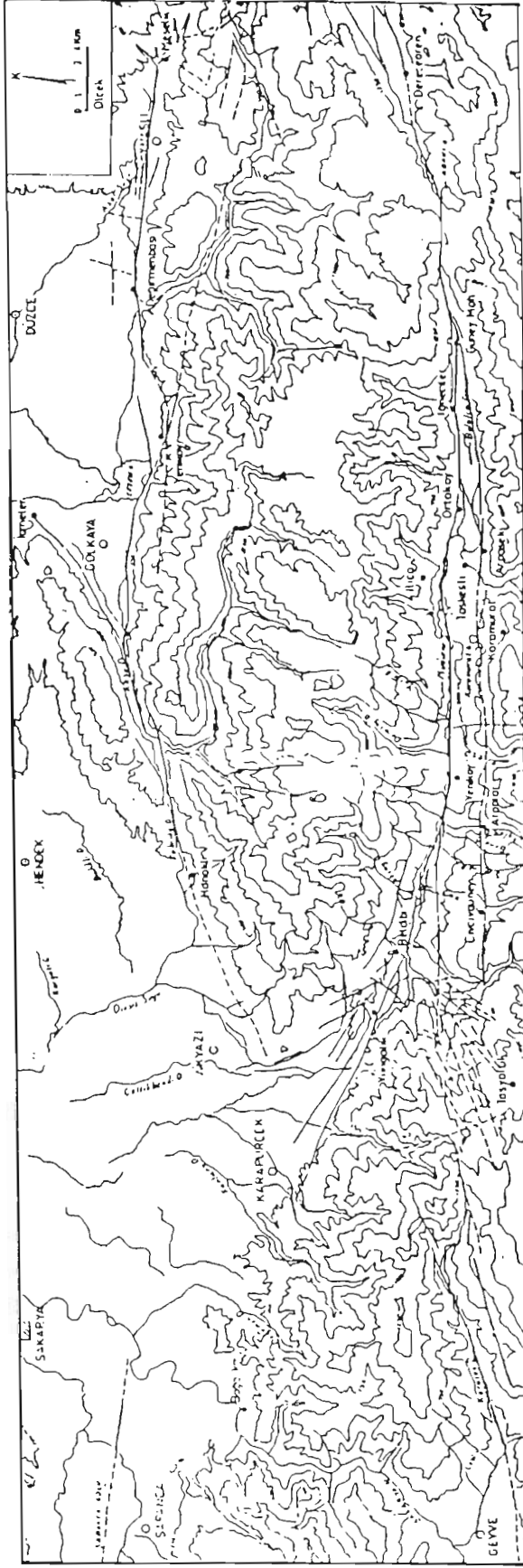
Bu bölümde, çalışma amacı ve kapsamı dışında olduğu için, geniş bir alanı kapsayan bölgenin genel jeolojik konumu, tektoniği ve depremselliği hakkında ayrıntıya girilmemiştir, kısaca bilgiler aktarılacaktır.

Jeolojik Konum: 17 Ağustos 1999 deprem kırığının geliştiği bölge, doğrultu atım ve çekme tektoniğinin egemen olduğu aktif bir çöküntü alanı içinde yer almaktadır. Bölgenin jeolojisi ve paleotektonik ve neotektonik gelişimi ile depremselliği hakkında çeşitli araştırmalar gerçekleştirilmiştir (Ketin 1966; Şengör 1979; Toksöz vd. 1979; Şengör ve Yılmaz 1981; Kato 1988; Barka ve Cadinsky-Cade 1988; Koçyiğit 1993; Demirtaş 1994, 1995, 1996; Bargu 1993, 1997; Hoşgören 1995; Demirtaş ve Yılmaz 1996; Seymen 1995; Üçer vd. 1997; Stein vd. 1997; Barka 1997; Okay 1999)

17 Ağustos deprem kırığının uzandığı bölge Armutlu ve Almacık bloklarının kuzey kesimlerini oluşturmaktadır (Şekil 1 ve 2). Armut Yarımadası K-G ve KD-GB eksenli büyük bir antiklinoryum tarafından denetlenmektedir (Kato 1988). Bölgenin taban kayacını Prekambriyen-Alt Palezoik yaşlı Pamukova metamorfileri ile Karbonifer-Permian yaşlı serpantin, şist, gnays ve granitik kayalardan ibaret olistolitler ile türbiditik ve volkanoklastik kayalar oluşturmaktadır.



Şekil 1. Armutlu Yarımadasının basitleştirilmiş tektonik haritası (Kato 1988).



Şekil 2. Almacık Bloğu'nun basitleştirilmiş tektonik haritası (Şaroğlu vd. (1987))

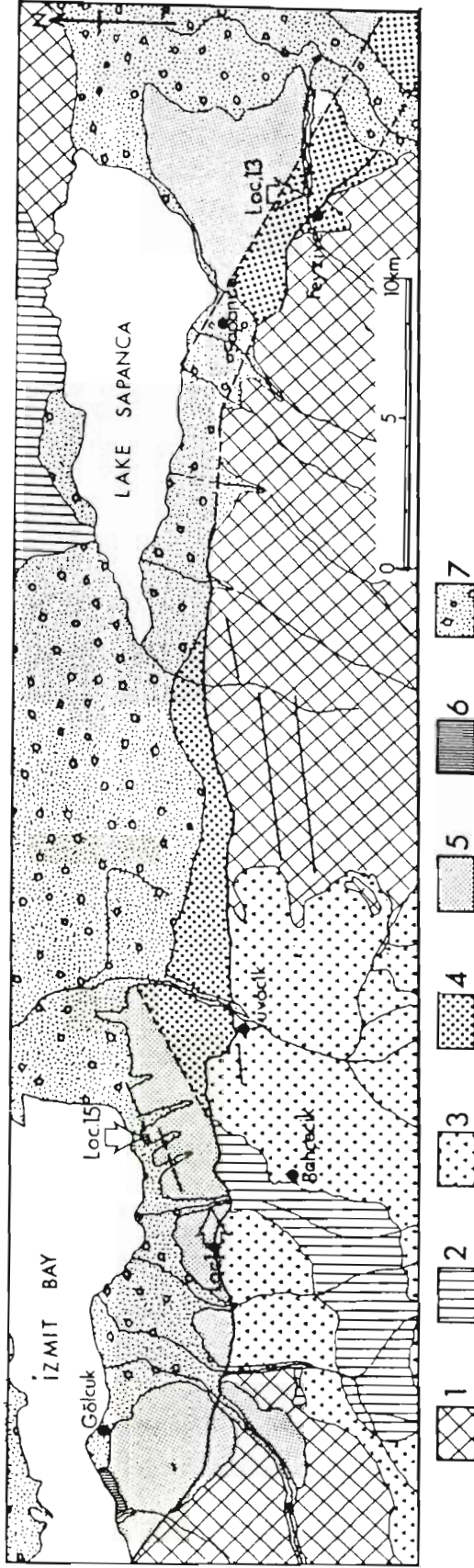
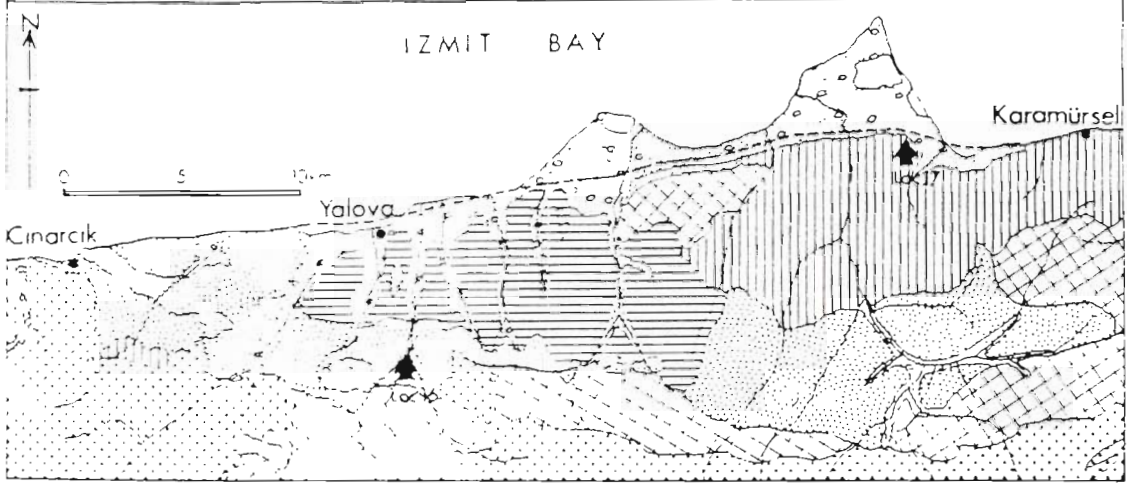


Figure 10 Geological map from Sapanca to Gölcük (Modified Akarlına)

- 1: Pre-Tertiary basement rocks, 2: Eocene Flysh, 3: Eocene volcanic rocks,
- 4: Pliocene sedimentary rocks, 5: Pliocene to Pleistocene sedimentary rocks,
- 6: Pleistocene sediments, 7: Holocene sediments

Şekil 3. Sapanca Gölü-Izmit Körfezi arasındaki jeolojik haritası (Kato 1988).

Eosen yaşı mağmatik ve volkanik kayalar, bölgede geniş bir alanda yayılım göstermektedir. Miyosen yaşı sedimanter kayalar, Eosen yaşı birimleri açılı uyumsuz örterken, Pliyosen yaşı birimler tarafından açılı uyumsuz örtülürler. Pliyosen ve Kuvaterner yaşı birimler karasal ortamda depolanmış çökellerden oluşmaktadır .



Şekil 4. Gölçük-Karamürsel arasının jeoloji haritası (Kato 1988).

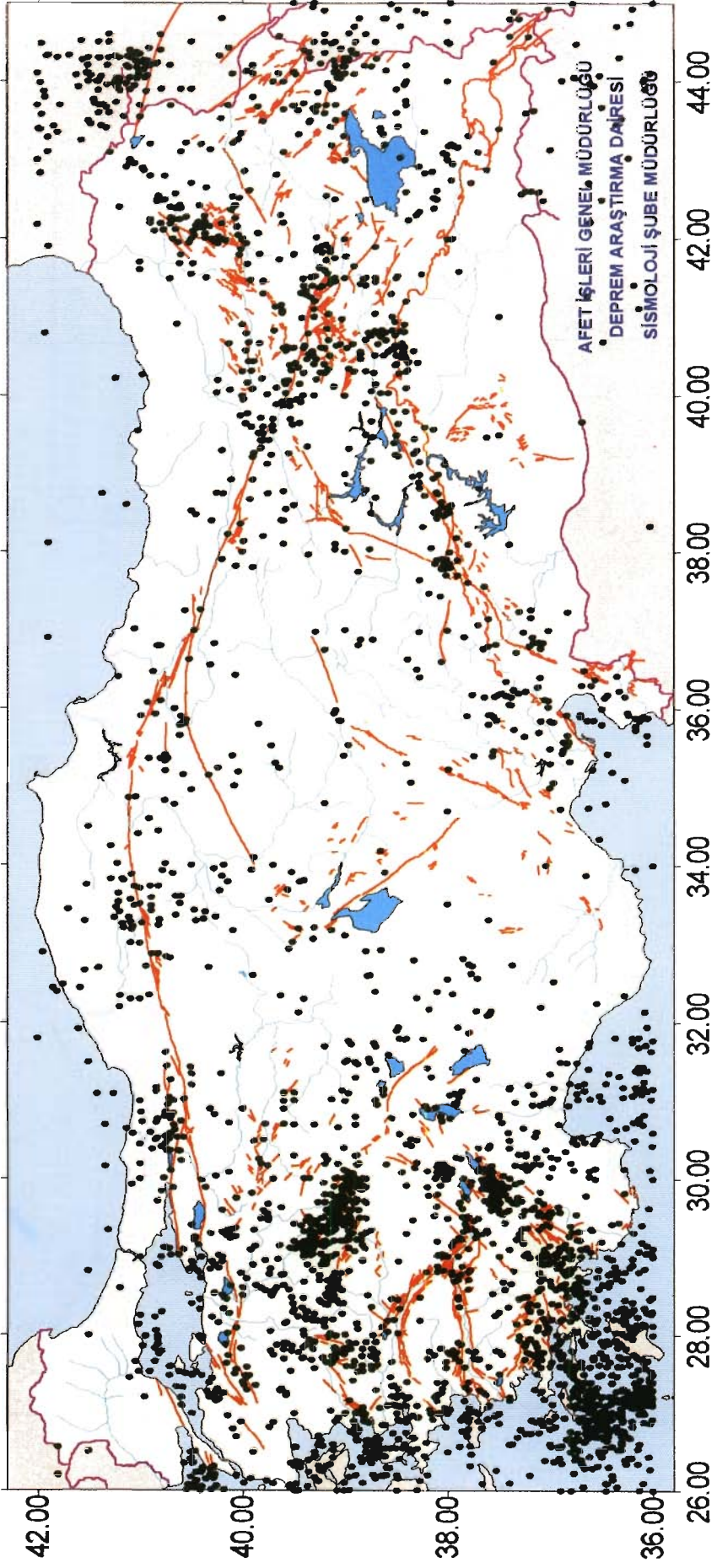
Pliyosen yaşı akasu-gösel istif, KAF boyunca, Sapanca Gölü güneybatısında, Feyziye, Yuvacık, Gölçük güneyi, Bahçeçik kuzeyini kapsayan Sapanca Gölü-Izmit Körfezi arasında dağ eteklerinde yüzeylemektedir (Şekil 3). Bu birimler, kumtaşı, silttaşı ve çakıltası ardası halinde akarsu çökelleri ile temsil edilmektedir. Feyziye'de Pliyosen birimlerin kalınlığı, 50-75 metreye kadar ulaşmaktadır. Çakıllar, genellikle Eosen yaşı andezit ve Neojen yaşı tüflerden oluşmaktadır. Kullar beldesi, Rahmiye köyü civarında açılmış araştırma hendeğinde (bu raporda), yüzeyin 5m altında körfez çamurları ve akarsu çökelleri gözlenmiştir.

Izmit Körfezi güneyi boyunca, Pliyosen yaşı birimler, silt, tuf ve kum aralanmasıyla temsil edilmektedir. Çınarcık-Karamürsel arasında, bu birimler kıyı boyunca yer almaktadır (Şekil 4). Yalova güneyi ve Karamürsel güneybatısında Pliyosen birimleri silttaşı ve kumtaşlarından oluşmaktadır. Yalova yakınlarında Hersek deltası ve Altınova'da çakıl, kum, silt ve kil tabakalarından ibaret gevşek ve suya doymuş alüvyonlar yer almaktadır.

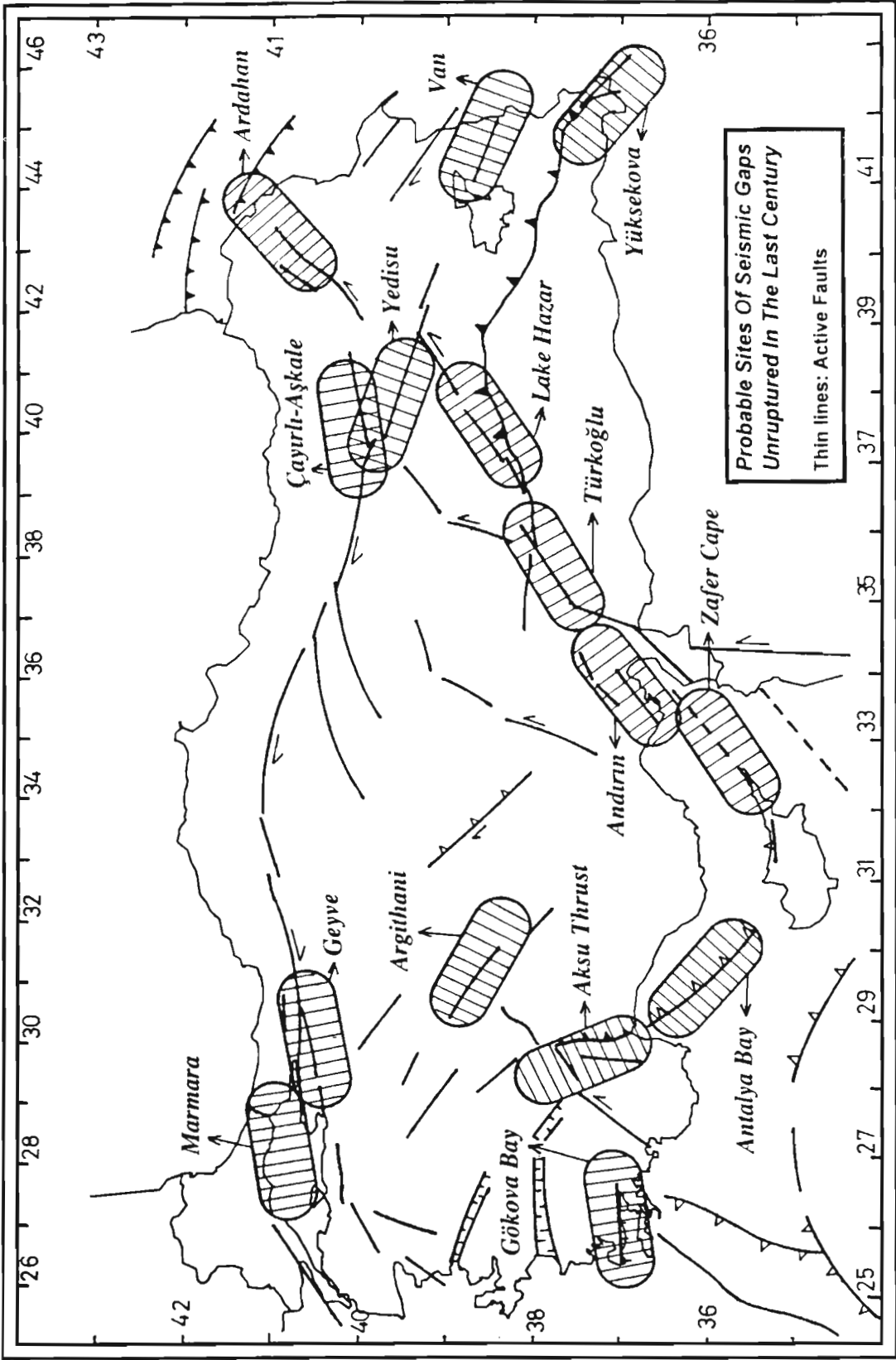
Sapanca Gölü-Akyazı arasında Alt Ordovisiyen yaşı kumtaşı ve şeyl aralanmasından ibaret fliş birimleri yer alır. Sakarya kuzeyinde Orta Devoniyen-Alt Karbonifer yaşı siğ denizel rekristalize ve dolomitik kireçtaşları bulunur. Sapanca Gölü-Akyazı arasında Permiyen-Triyas yaşı çakıltası, kumtaşı ve çamurtaşı aralanmasından oluşan çökeller gözlenmektedir. Akyazı güneyinde ve güneydoğusunda Alt-Orta Eosen yaşı andezit ve bazaltlardan ibaret volkanik bir istif yer alır. Bu bölümde, Pliyosen yaşı çakıltası-kumtaşı ve kilttaşlarından ibaret akarsu-gösel çökeller, genellikle Kuzey Anadolu Fayı boyunca gözlenir. Akyazı, Adapazarı ve Hendek ovalarında 300 m kalınlığa

erişen kalın gevşek ve suya doygun alüvyonlar dağılım gösterir. Düzce ovasının temelini ise Paleozoyik yaşlı kumtaşı, silttaşı ve şeyllerden oluşan bir istif oluşturmaktadır. Bu birimlerin üzerine Kretase yaşlı kayalar uyumsuz gelmektedir. Kretase yaşlı kayaların üzerine Tersiyer yaşlı pekişmemiş çökeller yer almaktadır. Düzce ovasının en üst seviyesinde genç gösel-akarsu çökelleri dağılım göstermektedir.

Tektonik konum ve depremsellik: Kuzey Anadolu Fayı (KAF), sismik olarak dünyanın en diri faylarından birisini oluşturur. KAF'ın toplam uzunluğu 1000 km civarında olup, toplam atım miktarı 25 km - 80 km arasında değişmektedir. Fay, doğuda birkaç yüz metre arasında değişen genişliklerde oldukça dar çizgisel görünüm ve ters bileşimli özellikler gösterirken, batıya doğru fay zonunun genişliği artarak 5 km'ye kadar ulaşmakta ve normal bileşimli özellikler sunmaktadır. Fay, doğuda Doğu Anadolu Fayı ile kesiştiği Karlıova üçlü birleşim noktasından başlar, orta kesiminde dışa bükey bir kavis yaparak Mudurnu Vadisi segmentinin batı ucuna kadar devam eder. Mudurnu Vadisi segmentinin batısında iki ana kola ayrılarak kuzeydeki kol, Sapanca ve Armutlu Yarımadası'nın kuzeyini izleyerek, Marmara Denizi içinden Saros Körfezi boyunca uzanır ve Ege Denizi içinde Korint Körfezine doğru devam eder. Fay, Sapanca Gölü güneyi boyunca İzmit Körfezi'ne kadar çok belirgin olarak izlenebilmektedir (Şekil 5). Fayın genel doğrultusu K80D-K80B ve DB olarak değişmektedir. Sapanca-Gölcük arasında fayın uzunluğu, 60 km'dir. Fay, Kuvaterner yaşlı birimleri denetleyerek bölgedeki tüm kayaları kesmektedir. Fay, Gölcük civarında sola sıçrama yaparak küçük bir çek-ayır oluşturmaktadır. Bu çek-ayır, Sapanca-Gölcük segmenti ile Gölcük-Karamürsel segmenti arasında gelişmiştir. 17 Ağustos 1999 depremi, çek ayır bölgeye karşılık gelen Gölcük ile Degirmendere kıyı hattının körfez içine kaymasına neden olmuştur. Fay, Gölcük-Karamürsel arasında kıyı hattına paralel olacak şekilde deniz içinde uzanmaktadır. Fayın genel doğrultusu K80-85D'dur. Fay, Hereke-Çınarcık arasında deniz içinde uzanacak şekilde batıya doğru devam etmektedir. Fayın güney kesiminde, Yalova civarında heyelanlar yaygın olarak gözlenmektedir. Buna karşın, fayın Marmara Denizi içindeki gidişi tartışmalı olup, değişik modeller ortaya atılmıştır.



Şekil 5. Türkiye'nin sismotektonik haritası (1900-1999 $M \geq 4.0$).



Şekil 6. Türkiye ve yakın çevresinde yer alan muhtemel sismik boşluklar. Elipslerin büyüklükleri ölçeksiz olarak gösterilmiştir

Güney kol, Geyve-Mekece-İznik Gölü güneyi boyunca uzanarak, Bandırma ve Biga Yarımadası'nı izleyerek Ege Denizi'ne doğru devam eder. Bu kol, Barka (1997) tarafından orta kol olarak adlandırılmış olup, güney kolun Bursa, Manyas Gölü güneyinden Edremit Körfezi'ne kadar uzandığını ileri sürmüştür.

1900-1999 yılları arasında KAF boyunca hasar yapıcı ve yüzey faylanması meydana getirmiş $M_s \geq 5.5$ olan orta ve büyük manyitüdü 36 deprem olmuştur. Son yüzyılda, özellikle 1939-1967 deprem serisi birçok araştırmacının dikkatlerini Kuzey Anadolu Fayı üzerine yoğunlaşmaya sevk etmiştir (Şekil 5). Bu seride $M_s \geq 7.0$ 6 deprem KAF'ın 800 km'lik bölümünü kırmıştır. Bu seri 1939 Erzincan depremi ($M_s=7.9$) ile başlamış olup, Mudurnu Vadisi segmentinde 1967 depremi ile sona ermiş gibi görünmekteydi. Bu segmentin batısında her iki kolda, Sapanca-İzmit ve İznik-Mekece segmentleri sismik boşluk olarak gösterilmiştir (Demirtaş ve Yılmaz 1996) (Şekil 6). 32.962 kişinin ölümüne neden olmuş 1939 Erzincan depremi KAF'ın Erzincan-Amasya arasında uzanan 360 km'lik bölümünü kırmıştır. Deprem, Reşadiye yakınlarında 7.5 m gibi en büyük sağ yönlü yatay atıma neden olmuştur. 1939 depremi tetikleyici rol oynayarak 1942 Niksar-Erbaa, 1943 Ladik-Tosya, 1944 Gerede-Bolu, 1957 Abant ve 1967 Mudurnu Vadisi depremlerin oluşmasına öncülük etmiştir. Böylelikle 1939-1967 serisi sırasında büyük depremler birkaç ay-birkaç yıl gibi kısa aralıklarla oluşmuştur.

17 AĞUSTOS 1999 İZMİT KÖRFEZİ DEPREMİ:

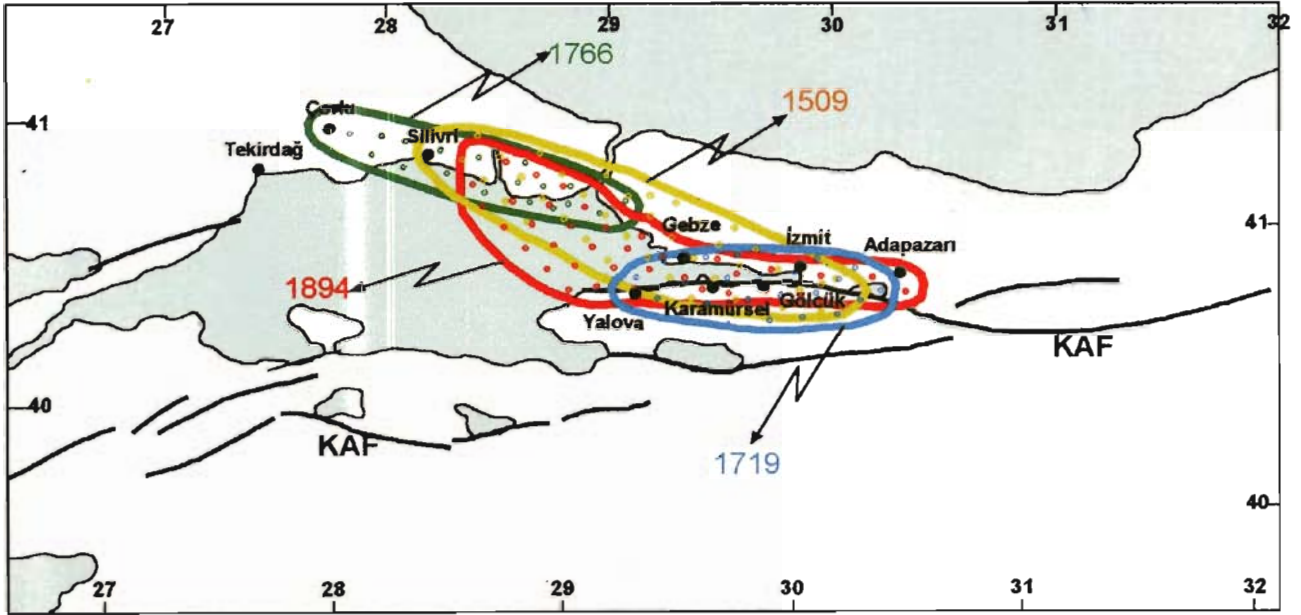
DEPREM-ÖNCESİ SİSMİSİTE TARİHSEL DÖNEM (1509, 1719, 1754, 1766 ve 1894 DEPREMLERİ)

Ramazan DEMİRTAŞ
Deprem Araştırma Dairesi

Bu çalışmada, İzmit Körfezi ve civarında olmuş bilinen büyük tarihsel depremler konusunda kısaca bahsedilecektir. Amaç, 17 Ağustos 1999 depremini bu eski depremler ile karşılaştırmak ve Marmara Denizi içinde olabilecek depremlerin büyüklüğü ve etkileme alanı hakkında bilgi vermektir.

İzmit Körfezi ve Çevresindeki Büyük Tarihsel depremler

Marmara Denizi ve İzmit Körfezi boyunca olmuş bilinen büyük depremlerden bazıları, 1509 İstanbul, 1719 İzmit, 1754 Çınarcık, 1766a, 1766b Marmara ve 1894 İzmit -Adapazarı depremleridir (Şekil 1).



Şekil 1. İzmit Körfezi ve çevresindeki büyük tarihsel depremler

1509 İstanbul depremi (Küçük Kıyamet), değişik kaynaklara göre İstanbul'da 5000-13000 arasında can kaybına neden olmuştur. Depremde İstanbul'da 109 cami ve 1070 ev ve İzmit'te 5 cami ve 300 ev tamamen yıkılmıştır. Deprem, batıda Gelibolu'dan doğuda Çorum'a kadar geniş bir alanda hissedilmiştir. Deprem, tsunami oluşturmuş ve Aksaray'ın su altında kalmasına ve Yenikapı'da dalgalar duvarları aşmıştır. Artçı-depremler, ana şoktan sonra 45 gün devam edildiği rapor edilmiştir. VII şiddet bölgesi 200 km uzunlukta, Silivri'den İzmit'te

kadar olan bir bölge için belirlenmiştir. Hasar dağılımı ve sönümlenme ilişkileri depremin en büyük şiddetinin XI ve büyüklüğünün ise 7.7 civarında olduğunu göstermektedir.

24 Mayıs 1719 depremi, özellikle İzmit'te ağır hasar yapmış ve 4000 kişinin ölmesine neden olmuştur. Bu ölenlerden 600 kişi altı caminin enkazı altında kalarak ölmüştür. Ayrıca Yalova'nın yarısı önemli hasara sahne olmuş ve Sapanca ve Düzce'de yaşayan halk depremden çok etkilenmişlerdir. Marmara Denizi'nin doğu kenarı, özellikle İzmit Körfezi boyunca geniş bir alanda sivilaşma olmuştur. İzmit'deki hasar ile karşılaştırıldığında İstanbul'da daha hafif olmuştur. Hasar raporları, ana şokun iç merkezinin Sapanca Gölü ile Karamürsel arasında, muhtemelen İzmit civarında merkezlendiğini göstermektedir. En büyük hasar alanı, Yalova ile Düzce arasında 150 km uzunlukta dar bir zonda yoğunlaşmıştır. Bu alan için şiddet değeri VII-VIII olarak tayin edilmiştir. Hasar dağılımının büyüklüğü, depremin en büyük şiddetinin XI ve büyüklüğünün 7.7 olduğunu göstermektedir. Diğer yandan Yalova ile Düzce arasındaki 75 km uzunluktaki bölge için şiddet değeri VII olarak varsayılırsa, depremin en büyük şiddeti X ve büyüklüğü 7.25 olarak belirlenebilir. Hasar raporları, depremin İzmit Körfezi güneyi boyunca uzanan fay segmentini kırdığına işaret etmektedir.

2 Eylül 1754 depremi, İzmit'te önemli hasar yapmış ve İstanbul'da hissedilmiştir. Depremin merkezi İzmit Körfezi içinde olduğu birçok rapor tarafından doğrulanmaktadır. Depremin günümüzde olan 1963 Çınarcık depreminin yitirdiği fay segmentini kırmış olduğu düşünülmektedir.

22 Mayıs 1766 depremi, Büyük ve Küçük Çekmece ile Burgaz adasında oldukça ağır hasara neden olmuştur. İstanbul'daki camiler önemli hasar görmüşlerdir. Buna karşın, İzmit'teki hasar 1719'dakinden daha hafif olmuştur. Depremin Marmara Denizi içinde, Silivri'nin güneyinde bir yerde olduğu tahmin edilmektedir. Deprem, İzmit Körfezi boyunca sivilaşmalara neden olmuştur. Buna karşılık, sivilaşmalar daha küçük şiddetlerde gelişmiştir. Değişik deprem raporları, bu depremin 1509 depreminden sonra olmuş en şiddetli deprem olduğunu göstermektedir.

10 Temmuz 1894 depremi, 363 kişinin ölmesine ve 300 kişinin yaralanmasına neden olmuştur. Bu kişilerden 280'ni İstanbul'da ölmüştür. Deprem İstanbul'dan Adapazarı'na kadar uzanan geniş bir alanda hasar yapmıştır. Eginitis, en ağır hasarın Prens Adaları'nda olduğunu rapor etmiştir. Adapazarı'nda birkaç can kaybı ve hasar olmuş, buna karşılık İzmit'te hasar çok hafif olmuştur. Kınalıada'da ve Heybeliada'da KB-GD doğrultulu 200 m uzunlukta yarıklar ve Ambarlı'da D-B yönlü 3 km uzunlukta yarıklar oluşmuştur. Marmara Denizi'nin kuzey sahil kesiminde Küçük Çekmece-Kartal arasında ve Prens Adaları'nda tsunami meydana gelmiştir. Tsunami dalgalarının yüksekliğinin 6 metreye kadar ulaştığından bahsedilmektedir. Hasar dağılımı ve tsunami dalgaları, 1894 depreminin en büyük şiddetinin X ya da XI ve büyüklüğünün 7.5 civarında olabileceğini göstermektedir.

Not: Bu bölümde Öztin ve Bayülke(?) nin çalışmasından yararlanılmıştır.

17 AĞUSTOS 1999 İZMİT KÖRFEZİ DEPREMİ:

DEPREM-ÖNCESİ SİSMİSİTE KUZEY ANADOLU FAYI'NIN BATI KESİMİNİN DEPREMSELLİĞİ (TARİHSEL ve ALETSEL DÖNEM) ve RİSKİ

Günruh BAĞCI
Deprem Araştırma Dairesi

Bu çalışmada Soysal ve diğerleri (1981) tarafından hazırlanan katalogdan (MÖ 2100 – MS 1900), 39.50 °K – 42 °K enlemleri ve 26 °D – 32 °D boylamları arasına düşen 231 deprem ve 1900-1999 yılları arasında $M \geq 4.0$ depremler incelenmiştir. Ayrıca Alsan ve diğerleri (1975), Balkan Bölgeleri Deprem Kataloğu (Shabelin ve diğerleri, 1964), ISC International Seismological Center, ve Yatman ve diğerleri (1993) kataloğundan yararlanılmıştır. Kataloglardaki magnitüdlerde tek düzelik sağlamak için, tüm magnitüdlere yüzey dalgası magnitüdü, M_s cinsinden hesaplanmıştır.

Diğer taraftan, bu bölgede deprem etkinliğini ortaya koymak için depremlerin zaman içerisindeki dağılımları, magnitüd-frekans ilişkileri, enerjileri ve toplam enerji boşalımları incelenmiştir. Böylece bölgenin deprem riskini belirlemek amacıyla Poisson ve Gumbel-I ve III modelleri kullanılmıştır.

Tarihsel Dönem Deprem Etkinliği

Kuzey Anadolu Fay Zonunun batı kesimindeki yerleşim alanlarında şiddetli tarihsel depremler olmuştur. Bu depremler Soysal ve diğerleri (1981) tarafından hazırlanan katalogdan (MÖ 2100 – MS 1900), 39.50 °K – 42 °K enlemleri ve 26 °D – 32 °D boylamları arasına düşen 231 deprem meydana gelmiştir. Bu depremler tablo 1'de ayrıntılı olarak verilmiştir. 17 Ağustos 1999 tarihinde İzmit ve civarında şiddetleri VI ve daha büyük 16 deprem olmuştur. Bu depremler:

170 (VIII)	359 (VIII)	467 (VI)	1672 (VIII)
268 (VIII)	362 (VIII)	488 (VIII)	1719 (IX)
350 (VIII)	446 (VIII)	500 (VIII)	1754 (IX)
358 (IX)	447 (IX)	740 (VIII)	1878 (VIII)

tarihlerinde meydana gelmiştir. Şekil 1'de deprem maksimum şiddetlerinin zamana göre dağılımları verilmiştir.

Tablo 1. MÖ 427 - 1899 yılları arasında olan tarihsel depremler.

NO	YIL	AY ve GÜN	SAAT	ENLEM	BOYLAM	YER	ŞİDDET
1	MÖ 427			41.20	31.40	Zonguldak Ereğlisi	V
2	MÖ 360			41.20	31.40	Zonguldak Ereğlisi	
3	MÖ 282			40.50	26.70	Bolayır, Gelibolu	VIII
4	29	11 24		40.40	29.70	İzmit, İzmit	IX
5	33			40.40	29.70	İzmit, Kocaeli, Bursa yöresi	VIII
6	69	1 2		40.40	29.70	İzmit, İzmit	VII
7	93			40.60	27.00	Gelibolu Y.Ad kuzeyi, Trakya	VIII
8	117	11 10		40.40	27.80	Erdek, Kapıdağ Y. Adası	(VII)
9	120			40.40	29.70	İzmit, İzmit	(VIII)
10	129			40.40	29.40	İzmit, Zeytinbağ, Mudanya batısı	(VIII)
11	138			40.15	26.40	Çanakkale, Bandırma	(VIII)
12	155			40.30	28.00	Bandırma ve yöresi	(VIII)
13	170	05 03		40.10	28.00	Bandırma, Erdek, Gemlik Çuk.	(IX)
14	170			40.80	29.90	İzmit ve yöresi	(VIII)
15	212			41.00	29.00	İstanbul	(VII)
16	268			40.80	29.90	İzmit ve yöresi	(VIII)
17	325			41.00	29.00	İstanbul	IX
18	350		10	40.80	30.00	İzmit ve İzmit	(VIII)
19	356			41.00	29.00	İstanbul	(VII)
20	358	08 24		40.75	29.90	Kocaeli, İzmit, İstanbul	(IX)
21	359		11	40.75	29.60	İzmit	(VIII)
22	362	12 02		40.75	29.60	İzmit, İzmit, İstanbul	(VIII)
23	363			41.00	29.00	İstanbul	(VIII)
24	368	10 11		40.40	29.70	İzmit	(VII)
25	376			41.00	29.00	İstanbul	(VIII)
26	378			40.40	29.70	İzmit	(VI)
27	382			41.00	29.00	İstanbul ve yöresi	(VIII)
28	394			41.00	29.00	İstanbul	(VIII)
29	396			41.00	29.00	İstanbul	(VIII)
30	398			41.00	29.00	İstanbul	(VII)
31	402		2	41.00	29.00	İstanbul	(VIII)
32	403			41.00	29.00	İstanbul	V
33	408	07 05		41.00	29.00	İstanbul	(VII)
34	422	04 07		41.00	29.00	İstanbul ve yöresi	VI
35	427			41.00	29.00	İstanbul ve yöresi	IX
36	430			41.00	29.00	İstanbul ve yöresi	VIII
37	434			41.00	29.00	İstanbul ve yöresi	(VII)
38	438			41.00	28.90	İstanbul ve yöresi	(VIII)
39	440	10 26		41.00	28.90	İstanbul ve yöresi	VII
40	446	01 26		40.70	29.30	İzmit Körf. İstanbul, İzmit	(VIII)
41	447	12 08		40.80	29.60	İzmit Körf. İstanbul, İzmit, İzmit	(IX)
42	450	01 26		41.00	29.00	İstanbul ve yöresi	(VIII)
43	464			40.40	27.85	Erdek, Bandırma	VII
44	467			40.80	29.90	İzmit	VI
45	470			41.00	29.00	İstanbul	(VII)
46	478	09 25		40.80	29.00	İstanbul ve geniş yöresi	IX
47	488	09 26		41.00	29.00	İstanbul	(VI)

Tablo 1. MÖ 427 - 1899 yılları arasında olan tarihsel depremler.

NO	YIL	AY ve GÜN	SAAT	ENLEM	BOYLAM	YER	ŞİDDET
48	488			40.80	29.60	İzmit, Karamürsel	(VIII)
49	496			41.00	29.00	İstanbul	?
50	500			40.80	29.90	İzmit	(VIII)
51	517			41.00	29.00	İstanbul	(VII)
52	525	10 04		41.00	29.00	İstanbul	(VI)
53	526			41.00	29.00	İstanbul	(VII)
54	527			41.00	29.00	İstanbul	(VII)
55	533	11 ?		41.00	29.00	İstanbul	(VII)
56	541	08 16		41.00	29.00	İstanbul	VIII
57	543	09 03		40.35	27.80	Erdek, Bandırma	IX
58	545	11 ?		41.00	29.00	İstanbul	(VI)
59	546			41.00	29.00	İstanbul	(VII)
60	547			41.00	29.00	İstanbul	V
61	548	02 ?		41.00	29.00	İstanbul	V
62	549			41.00	29.00	İstanbul	V
63	550			41.00	29.00	İstanbul	(V)
64	553	08 15		40.75	29.10	İstanbul, Kocaeli	X
65	557	04 02	Gece	41.00	29.00	İstanbul	(VIII)
66	557	10 16		41.00	29.00	İstanbul	(VIII)
67	557	12 14	Gece	41.00	29.00	İstanbul ve yöresi	(VIII)
68	559			41.00	29.00	İstanbul	VI
69	560			41.00	29.00	İstanbul	VI
70	580			41.00	29.00	İstanbul	VI
71	582			41.00	29.00	İstanbul	(VI)
72	583	05 10		41.00	29.00	İstanbul	(VII)
73	601	04 20		41.00	29.00	İstanbul	(VII)
74	611			41.00	29.00	İstanbul	VII
75	677			41.00	29.00	İstanbul	VI
76	715			40.40	29.70	İzmit, İstanbul	IX
77	732			41.00	29.00	İstanbul ve yöresi	(VIII)
78	740	10 26	08 00	40.80	29.00	İstanbul, İzmit, İzmit	VIII
79	789	02 08		41.00	29.00	İstanbul	(VIII)
80	796	05 04		41.00	29.00	İstanbul	(VIII)
81	840			41.00	29.00	İstanbul	VI
82	860	05 23		41.00	29.00	İstanbul	(VII)
83	861	08 ?		41.00	29.00	İstanbul	VI
84	865	05 16		41.00	29.00	İstanbul	(IX)
85	867	01 09		41.00	29.00	İstanbul	(VIII)
86	870	01 10		41.00	29.00	İstanbul	(VIII)
87	915			41.00	29.00	İstanbul	(VII)
88	945			41.00	29.00	İstanbul	?
89	960			41.00	29.00	İstanbul	(VIII)
90	968	09 02		41.00	29.00	İstanbul	(VIII)
91	985	09 23		40.40	28.90	İzmit, Bandırma, Erdek	(VIII)
92	986	10 26		41.00	29.00	İstanbul ve yöresi, Trakya	(IX)
93	1001		1	41.00	29.00	İstanbul ve yöresi	(VIII)
94	1010	03 09		41.00	29.00	İstanbul	(VII)

Tablo 1. MÖ 427 - 1899 yılları arasında olan tarihsel depremler.

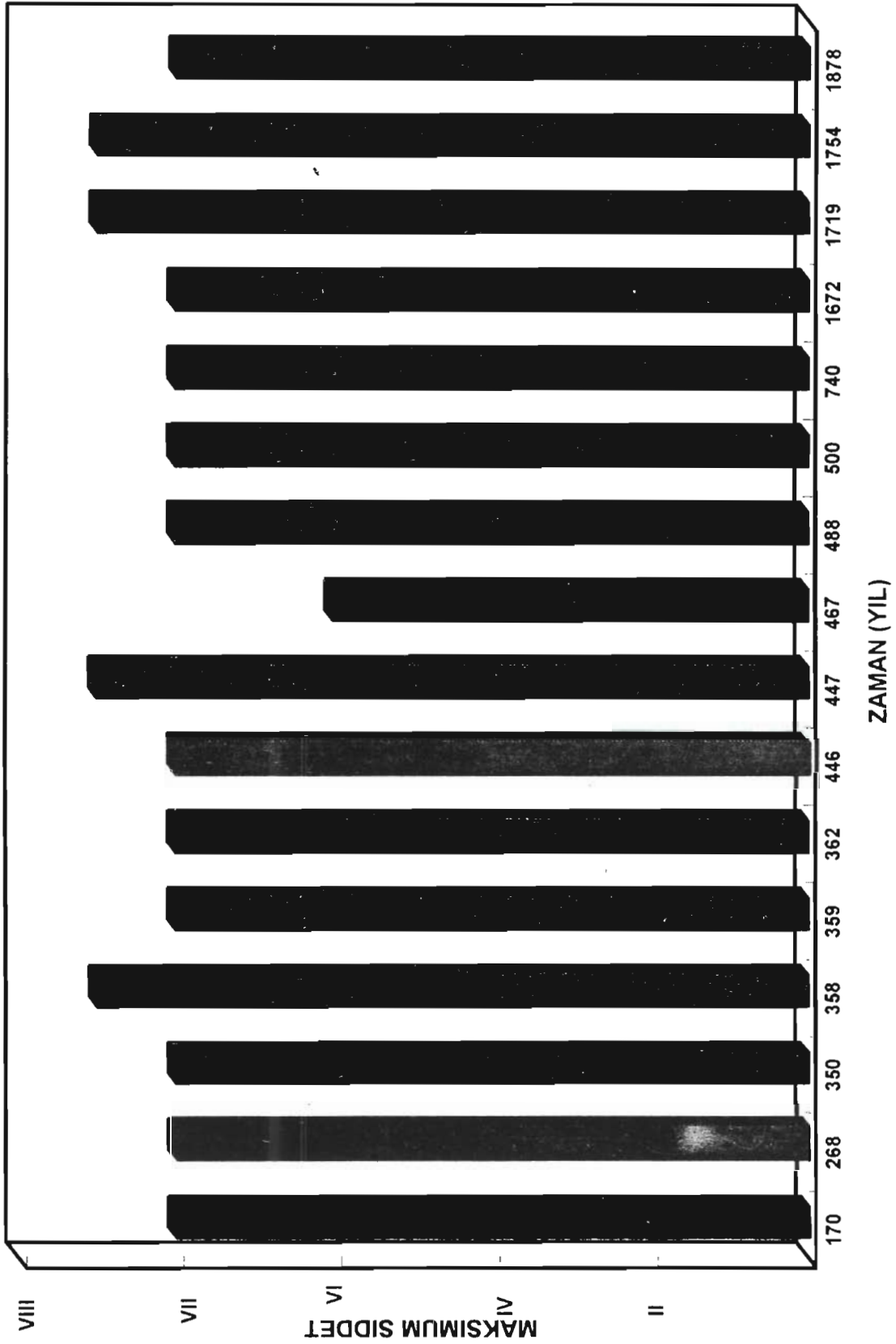
NO	YIL	AY ve GÜN	SAAT	ENLEM	BOYLAM	YER	ŞİDDET
95	1032	08 13		41.00	29.00	İstanbul	(VIII)
96	1033	03 06		41.00	29.00	İstanbul	(VII)
97	1035		5	41.00	29.00	İstanbul ve yöresi	(VII)
98	1037	12 20		41.00	29.00	İstanbul ve yöresi	(VIII)
99	1038	09 06		41.00	29.00	İstanbul	VI
100	1041	01 10		41.00	29.00	İstanbul	?
101	1041	06 10		41.00	29.00	İstanbul ve geniş yöresi	(VIII)
102	1063	02 19		41.00	29.00	İstanbul	(VI)
103	1064	09 23		40.40	28.90	İzmit, Bandırma, Mürefte, İstanbul	(IX)
104	1070			41.00	29.00	İstanbul	?
105	1082	12 06		41.00	29.00	İstanbul ve yöresi	(VIII)
106	1086			41.00	29.00	İstanbul	(VII)
107	1296	06 01		41.00	29.00	İstanbul	VIII
108	1305			41.00	29.00	İstanbul	(VII)
109	1323			41.00	29.00	İstanbul	(VIII)
110	1332	02 12		41.00	29.00	İstanbul	(VII)
111	1344	09 23		41.00	29.00	İstanbul	IX
112	1346			41.00	29.00	İstanbul	(VII)
113	1354	03 ?		40.70	27.00	Gelibolu, Bolayır, Malkara	IX
114	1417			40.20	29.10	Bursa	(VII)
115	1443			41.00	29.00	İstanbul	(VIII)
116	1462			41.00	29.00	İstanbul	IX
117	1489	01 06		41.00	29.00	İstanbul	(VIII)
118	1507			41.40	28.98	İstanbul	(VIII)
119	1508			41.00	29.00	İstanbul	VI
120	1509	09 14		40.75	29.00	İstanbul, Edirne	IX
121	1510	11 16		41.70	26.60	Edirne ve yöresi, İstanbul	(VIII)
122	1532			41.00	29.00	İstanbul	(VII)
123	1542	06 12		41.00	29.00	İstanbul	(VI)
124	1556	05 10		41.00	29.00	İstanbul	(VIII)
125	1557	04 30		41.00	29.00	İstanbul	(VIII)
126	1569	12 14		41.00	29.00	İstanbul	VI
127	1571	03 05		41.00	29.00	İstanbul	(VII)
128	1592			41.00	29.00	İstanbul	(VII)
129	1633	07 30		41.00	29.00	İstanbul	(VI)
130	1641		5	41.00	29.00	İstanbul	VI
131	1642	08 19		41.00	29.00	İstanbul	(VIII)
132	1646		4	41.00	29.00	İstanbul	VII
133	1648	06 28		41.00	29.00	İstanbul	(VIII)
134	1659	02 06		41.00	29.00	İstanbul ve yöresi	(IX)
135	1668	07 03		40.70	31.60	Bolu, Kastamonu	VIII
136	1672		4	40.00	26.00	Bozcaada Kuzeyi-Ege D.	VIII
137	1672	05 25		40.70	29.90	İzmit, İstanbul	VIII
138	1674			40.20	29.10	Bursa	VII
139	1690	07 11		41.00	29.00	İstanbul	(VII)
140	1698			41.00	29.00	İstanbul	V
141	1718	05 05		41.00	29.00	İstanbul	VIII

Tablo 1. MÖ 427 - 1899 yılları arasında olan tarihsel depremler.

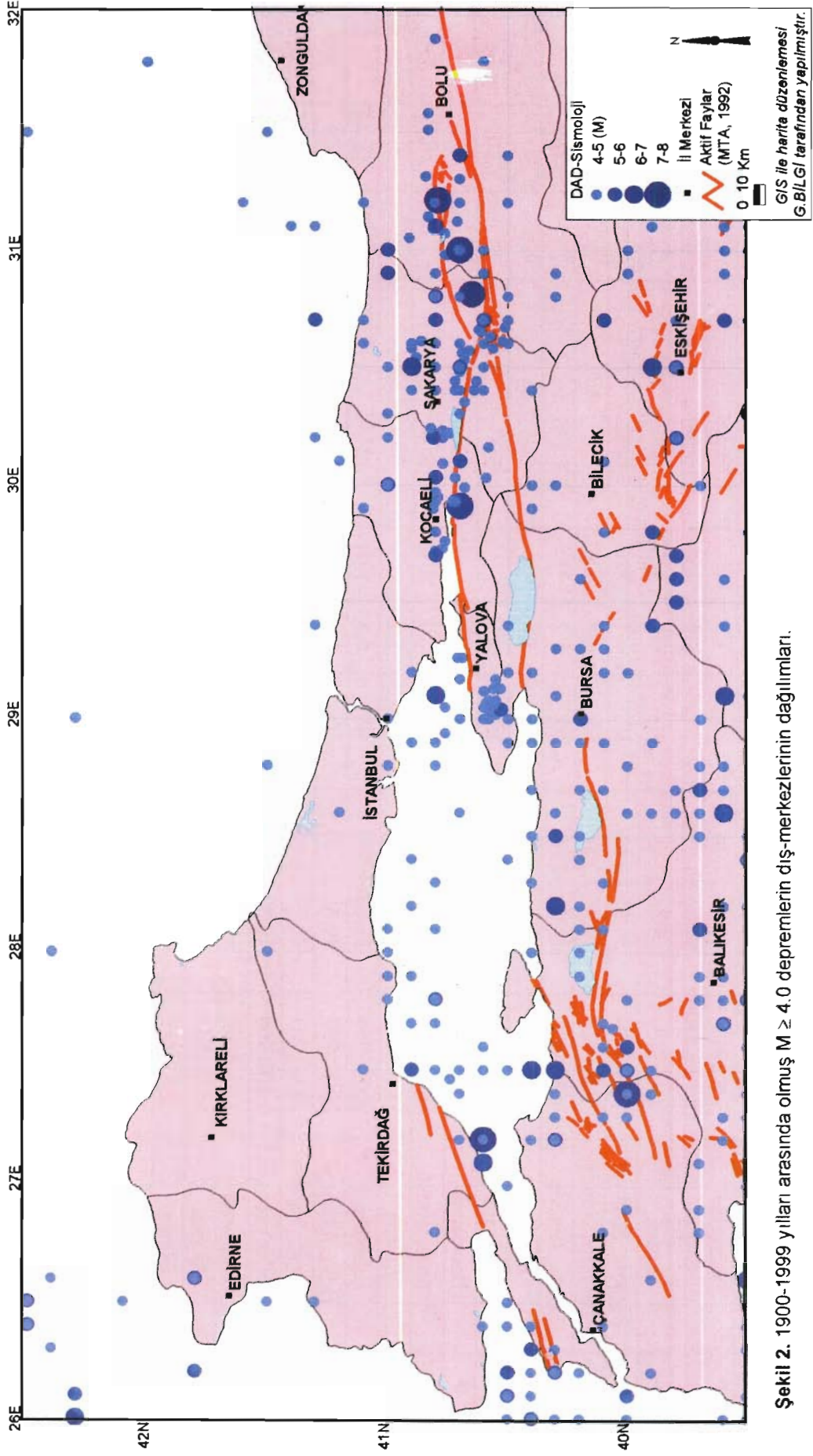
NO	YIL	AY ve GÜN	SAAT	ENLEM	BOYLAM	YER	ŞİDDET
142	1719	03 06		41.00	29.00	İstanbul	(VI)
143	1719	05 25		40.70	29.50	İstanbul, İzmit, Karamürsel	IX
144	1720	06 22		41.00	29.00	İstanbul	VI
145	1725			41.00	29.00	İstanbul	VI
146	1729			41.00	29.00	İstanbul	VI
147	1737			41.00	29.00	İstanbul	(VIII)
148	1752	05 26		41.00	29.00	İstanbul, Edirne	(VII)
149	1752	07 18		40.80	26.30	Keşan ve yöresi	VIII
150	1752	07 29		41.70	26.50	Edirne,Havsa	(IX)
151	1754	09 20	21 45	40.80	29.40	İzmit Körf. İstanbul, İzmit	IX
152	1755	01 20		41.00	29.00	İstanbul	VI
153	1757	01 20		41.00	29.00	İstanbul	VI
154	1757	12 04		41.00	29.00	İstanbul	VI
155	1762	11 02		40.15	26.40	Çanakkale	VII
156	1763	09 03		41.00	29.00	İstanbul	VIII
157	1766	04 23		40.80	28.20	Çorlu,Büyükçekmece,Edirne	VII
158	1766	05 22	05 30	41.00	29.00	İstanbul	IX
159	1766	11 13		41.00	29.00	İstanbul	VII
160	1768	10 05		41.00	29.00	İstanbul	(VII)
161	1769	02 20		41.00	29.00	İstanbul	VI
162	1770	08 14		41.00	29.00	İstanbul	V
163	1772	04 30		41.00	29.00	İstanbul	V
164	1778	08 15		41.00	29.00	İstanbul	?
165	1779	04 16		41.00	29.00	İstanbul	?
166	1783	06 01		41.00	29.00	İstanbul	VI
167	1794	06 16		41.00	29.00	İstanbul	VI
168	1803	08 15		41.00	29.00	İstanbul	VI
169	1811	05 19		41.00	29.00	İstanbul	V
170	1819	08 05		41.00	29.00	İstanbul	(VI)
171	1826	02 08	20 30	39.50	28.00	Balıkesir	(VIII)
172	1829	05 23		41.00	29.00	İstanbul, Gelibolu	VII
173	1834	09 25		41.00	29.00	İstanbul	V
174	1835	08 30		41.00	29.00	İstanbul	VI
175	1835	11 25		40.15	26.60	Çanakkale Yöresi	VI
176	1841	10 06	02 30	41.00	29.00	İstanbul	(VII)
177	1846	09 19		40.40	26.65	Gelibolu	VI
178	1847	07 04		40.40	26.65	Gelibolu	VI
179	1851	04 21		40.00	28.40	M. Kemalpaşa, Bursa	(VIII)
180	1851	08 23	21	40.00	28.40	M. Kemalpaşa, Bursa	VII
181	1855	01 24	04 50	41.00	29.00	İstanbul	VI
182	1855	02 28	3	40.20	29.00	Bursa, Kemalpaşa	(IX)
183	1855	04 11	19 40	40.20	29.10	Bursa	X
184	1855	12 15	21 30	40.20	29.10	Bursa, İstanbul	VI
185	1858	04 19		40.20	29.00	Bursa	VI
186	1858	04 27		41.00	29.00	İstanbul	VI
187	1860	06 04		40.20	29.10	Bursa Yöresi	(VII)
188	1862	10 07		41.00	29.00	İstanbul	VI

Tablo 1. MÖ 427 - 1899 yılları arasında olan tarihsel depremler.

NO	YIL	Ay ve GÜN	SAAT	ENLEM	BOYLAM	YER	ŞİDDET
189	1862	10 ?		40.00	30.10	Söğüt, Bilecik	VII
190	1866	02 14	03 15	40.20	29.10	Bursa Yöresi	VI
191	1870	01 03		40.50	26.50	Saros Körf.çevresi	VI
192	1870	07 14		41.70	26.60	Edirne Yöresi	VI
193	1870	08 10	11 10	39.90	27.30	Balıkesir, Çanakkale	(VII)
194	1870	12 10		41.00	29.00	İstanbul	V
195	1871	02 24	01 00	40.20	29.10	Bursa Yöresi	VI
196	1871	10 11		40.40	26.70	Gelibolu ve Yöresi	VII
197	1872	01 03	10 15	40.40	27.80	Erdek	VI
198	1872	01 17		40.20	29.00	Bursa	VI
199	1872	12 13		40.40	26.70	Gelibolu,Çanakkale	VI
200	1873	01 13	10 30	40.40	26.70	Gelibolu, Çanakkale, Tekirdağ	VI
201	1873	06 26		41.00	29.00	İstanbul	(VI)
202	1874	08 18	Akşam	40.20	26.40	Çanakkale Yöresi,Edremit,Bal	VI
203	1875	03 05		40.20	26.40	Çanakkale	VII
204	1875	? 10		40.20	26.40	Çanakkale Yöresi	IX
205	1875	12 23	04 00	40.20	26.40	Çanakkale, Ezine	VI
206	1876	04 17		40.20	29.10	Bursa Yöresi	VI
207	1876	10 25	04 00	40.20	26.40	Çanakkale Yöresi	V
208	1877	10 13		40.60	27.60	Marmara Adaları, Marmara D.	VIII
209	1877	11 01	08 35	40.60	27.60	Marmara Adaları, Marmara D.	VI
210	1878	03 ?		41.00	29.00	İstanbul	V
211	1878	04 19	09 00	40.70	29.30	İzmit, İstanbul, Bursa, Sapanca	VIII
212	1880	10 ?		41.00	29.00	İstanbul	VI
213	1881	10 04		40.40	26.70	Gelibolu ve Edirne	VI
214	1881	12 30		40.20	29.10	Bursa Yöresi	V
215	1884	01 23		39.80	26.30	Ezine	VI
216	1884	02 01		40.20	29.10	Bursa Yöresi	VI
217	1884	05 13		40.40	27.80	Bandırma, Erdek	VII
218	1886	08 ?		41.00	29.00	İstanbul	VI
219	1886	10 06		39.55	28.90	Gökçedağ, Tavşanlı	(VIII)
220	1887	09 ?		40.20	29.10	Bursa Yöresi	VI
221	1893	07 24		41.40	26.40	Dimetoka ve Edirne	VIII
222	1894	07 10	12 30	40.80	29.00	İstanbul, Prens Ad., Karamürsel	(X)
223	1894	08 03		40.20	26.40	Çanakkale, Biga, Lapseki, Edirne	(V)
224	1895	01 21		40.40	29.70	İznik	V
225	1895	03 14		40.40	26.70	Gelibolu, Edirne	V
226	1897	02 07	12 20	39.75	31.10	Beylikahır	V
227	1897	03 14	09 30	40.40	29.10	Balıkesir ve Yöresi	V
228	1897			39.60	27.90	Balıkesir ve Yöresi	VIII
229	1897	12 26	07 05	40.10	30.00	Bilecik, Osmaneli	V
230	1898	02 28		39.60	27.90	Balıkesir	VIII
231	1899	05 ?		40.20	29.10	Bursa Yöresi	VI



Şekil 1 Tarihsel depremlerin maksimum şiddetlerinin zamana göre dağılımları.



Şekil 2. 1900-1999 yılları arasında olmuş $M \geq 4.0$ depremlerin dış-merkezlerinin dağılımları.

Tablo 2. Bölgede 1912-1999 yılları arasında hasar yapan depremler.

No	Yer	Tarih	Episantr Koordinatları	Derinlik	Ms	Io	Yıkık veya Ağır Hasar	Orta Hasar	Hafif Hasar	Can Kaybı	Yaralı
1	Mürefte	9.8.1912	40.60-27.20	16	7.3		5540			216	466
2	Soma	18.11.1919	39.60-27.70		6.9	IX	16000			3000	
3	Erdek	4.1.1935	40.40-27.49	30	6.7	IX	600			5	30
4	Bigadiç, Sındırgı	15.11.1942	39.55-28.55	10	6.1	VIII	1262			7	
5	Adapazarı, Hendek	20.6.1943	40.85-30.51	10	6.6	IX				336	
6	Bolu, Gerede	1.2.1944	41.41-32.69	10	7.2	IX	20865			3959	
7	Düzce	10.2.1944	41.00-32.30	10	5.4		900				
8	Mudurnu	5.4.1944	40.84-31.12	10	5.6		900			30	
9	Harmancık	5.2.1949	39.89-29.35	40	5.2		150				
10	Yenice, Gönen	18.3.1953	39.99-27.36	10	7.4	IX	9670			265	336
11	Edirne	18.6.1953	41.55-26.55	30	5.1		323				
12	Eskişehir	20.2.1956	39.89-30.49	40	6.4	VIII	1219	2281	9862	2	
13	Bolu, Abant	26.5.1957	40.60-31.20	10	7.1	IX	4201			52	100
14	Çınarcık, Yalova	18.9.1963	40.77-29.12	40	6.3	VII	230	852	2560	1	26
15	Manyas	6.10.1964	40.30-28.23	24	7.0	IX	5398	3280	2200	23	130
16	Adapazarı	22.7.1967	40.60-30.89	33	7.2	IX	5569	5110	3210	89	235
17	Akyazı	30.7.1967	40.70-30.40	18	6.0					2	40
18	Gönen	3.3.1969	40.08-27.50	6	5.7		20			1	
19	Ezine	26.4.1972	30.50-26.30	25	5.0		400				
20	Gelibolu, Saros	27.3.1975	40.45-26.12	32	6.4	VII	980			7	
21	Biga	5.7.1983	40.33-27.21	7	4.9		85			3	
22	Kocaeli	17.8.1999	40.70-29.91	15.9	7.4					17997	42442
23	Kocaeli	13.9.1999	40.80-30.03	4.3	5.7						
24	Düzce, Bolu	12.11.1999	40.79-31.21	11	7.2					769	

Aletsel Dönem Deprem Etkinliği

1900-1999 yılları arasında $M \geq 4.0$ depremlerin episantır dağılımları Şekil 2'de gösterilmiştir. Bu şekilden görüldüğü gibi depremlerin önemli tektonik kuşaklar üzerinde yer aldığı gözlenmektedir. Bu çalışmada, Alsan ve diğerleri (1975), Balkan Bölgeleri Deprem Kataloğu (Shabelin ve diğerleri, 1964), ISC International Seismological Center, ve Yatman ve diğerleri (1993) kataloğundan yararlanılmıştır. Kataloglardaki magnitüde tek düzelik sağlamak için, tüm magnitüde yüzey dalgası magnitüde, M_s cinsinden hesaplanmıştır

17 Ağustos 1999 tarihinde İzmit ve civarında büyük hasarlara, can ve mal kaybına sebep olan 7.4 büyüklüğündeki deprem Kuzey Anadolu Fay Zonu üzerinde meydana gelmiştir. Bilindiği gibi, Kuzey Anadolu Fay Zonu üzerinde, 1939'dan beri oluşmuş magnitüde 7.0 den büyük depremler doğudan batıya doğru bir etkinlik göstermişlerdir (Ketin, 1969; Dewey, 1976). Bu etkinlik, 26 Aralık 1939 Erzincan depremi ($M = 7.9$) ile başlamış, 20 Aralık 1942 Erbaa-Niksar ($M = 7.0$), 26 Kasım 1943 Tosya-Ladik ($M = 7.2$), 1 Şubat 1944 Bolu-Gerede ($M = 7.2$), 26 Mayıs 1957 Bolu-Abant ($M = 7.1$) depremleri ile devam etmiş, 22 Temmuz 1967 Adapazarı ($M = 7.2$) depremiyle sürmüştür. Kuzey Anadolu Fayının en batı uzantısında 1912 Mürefte ($M = 7.3$) meydana gelmiştir.

Bölgede meydana gelen bu hasar yapıcı depremler Tablo 2'de verilmiştir. Şekil 3'de hasar yapıcı depremlerin zamana göre dağılımları gösterilmiştir (Bağcı ve diğerleri, 1991). Aynı bölgede meydana gelmiş $M \geq 5.0$ olan depremlerin listesi Tablo 3 'de verilmiş ve Şekil 4 'de depremlerin episantır dağılımları gösterilmiştir. Bu depremler için Deprem Araştırma Dairesi(DAD)'nin hazırladığı katalog ve Yatman ve diğerleri (1993) tarafından hazırlanan katalog kullanılmıştır.

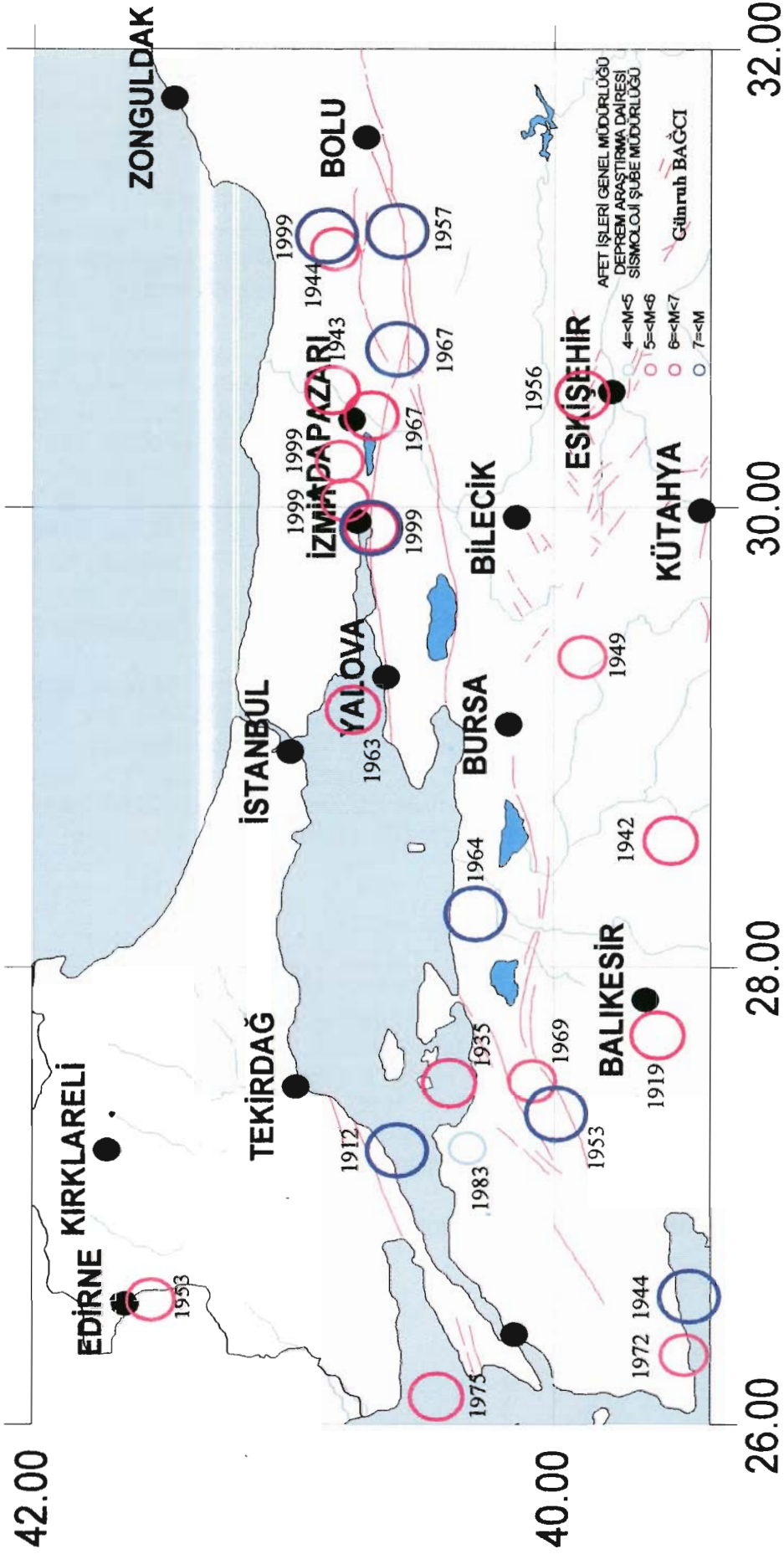
Deprem Sayıları ve Enerji Boşalimleri

Bu bölgede deprem etkinliğini ortaya koymak için depremlerin zaman içerisindeki dağılımları, enerjileri ve toplam enerji boşalimleri incelenmiştir. 17 Ağustos 1999 depreminden önce bölgede deprem etkinliği olduğu, 1912, 1953, 1957, 1967, 1975, 1983 yıllarında meydana gelmiş olan büyük depremlerle deprem etkinliğinde artış gözlenmiştir. 1999 yılında meydana gelen İzmit depremiyle bu etkinlik maksimum değere ulaşmıştır. Şekil 5'de deprem sayılarının yıllara göre dağılımı gösterilmiştir.

Bölgede enerji boşalimlerinin hesaplanmasında Gutenberg (1) (1956) ;

$$\text{Log } E = 11.8 + 1.5 M \quad (1)$$

formülü kullanılmıştır.



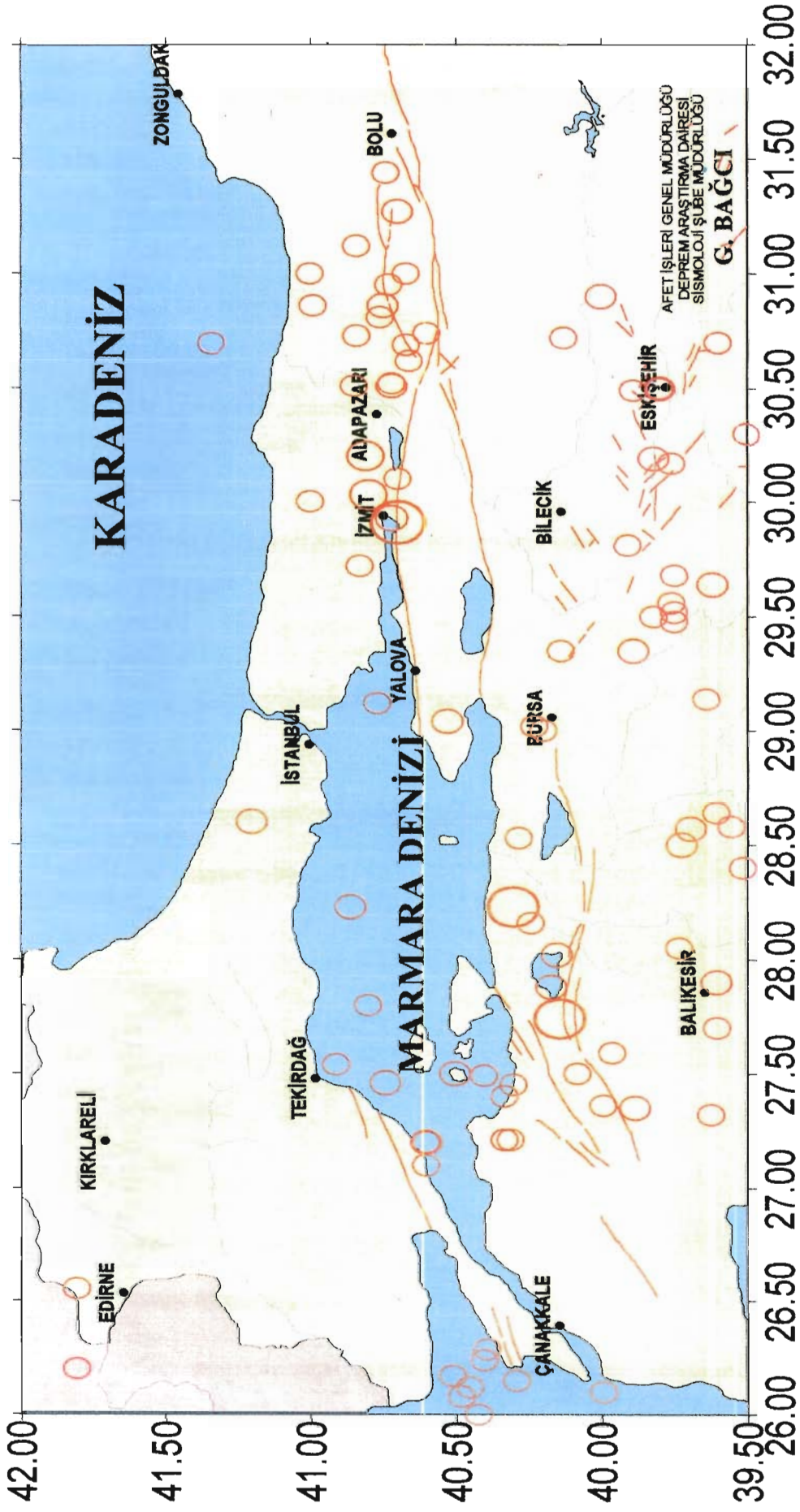
Şekil 3. Hasar yapıcı depremlerin dış-merkez dağılımları.

Tablo 3. 1900-1999 yılları arasında $M \geq 5.0$ olan depremler.

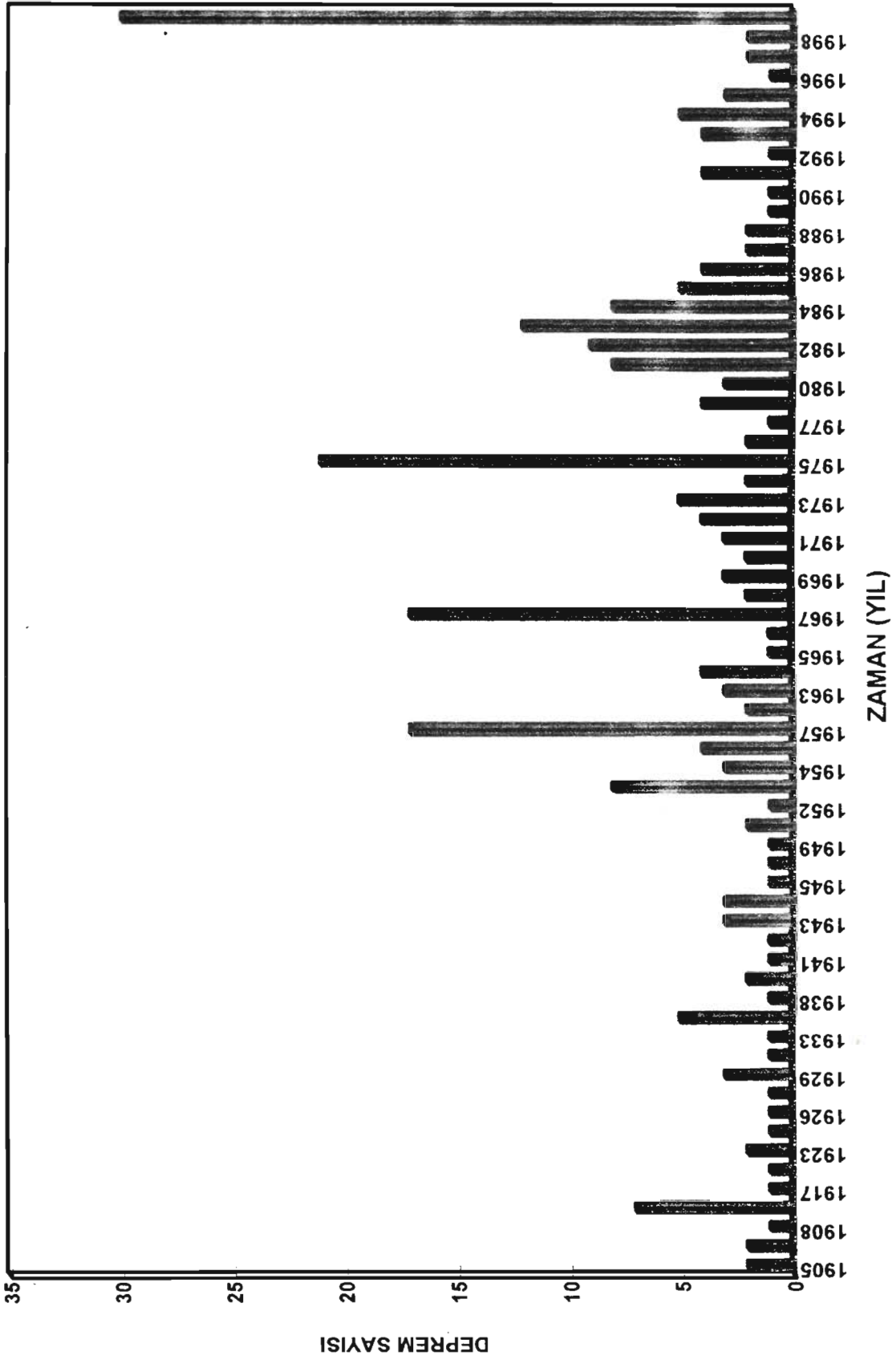
NO	YIL	AY	GÜN	SAAT	DAKİKA	SANİYE	ENLEM	BOYLAM	DERİNLİK	M
1	1901	5	12	12	32	0	39.8	30.5	15	5
2	1905	1	11	17	32	0	39.6	27.9	15	5
3	1905	4	15	5	36	0	40.2	29	6	5.6
4	1905	4	30	16	13	0	39.8	30.5	22	5.4
5	1905	10	22	3	42	0	41	31	27	5.2
6	1907	8	21	0	0	0	40.7	30.1	15	5.5
7	1912	8	9	1	29	0	40.6	27.2	16	7.3
8	1912	8	10	9	23	0	40.6	27.1	15	6.3
9	1912	8	10	18	30	0	40.6	27.1	15	5.3
10	1912	8	11	8	19	44	40.6	27.2	30	5
11	1917	4	10	19	40	18	40.6	27.1	15	5.3
12	1920	1	9	11	59	0	41.8	26.2	20	5.2
13	1923	5	29	11	34	20	41	30	25	5.5
14	1923	10	26	12	13	16	41.2	28.6	24	5
15	1924	1	22	11	5	44.1	39.51	28.4	80	5.3
16	1924	12	22	17	49	42	39.6	27.7	15	5.4
17	1926	12	16	17	54	5.1	40.13	30.72	10	5.7
18	1928	1	24	7	36	11.7	40.99	30.86	10	5.3
19	1928	5	2	21	54	32.2	39.64	29.14	10	6.1
20	1928	5	6	18	0	0	39.8	30.5	12	5
21	1935	1	4	14	41	30.4	40.4	27.49	30	6.4
22	1935	1	4	16	20	4.6	40.3	27.45	20	6.3
23	1935	10	22	7	29	42.8	40.31	27.21	10	5.2
24	1938	7	2	12	26	45.5	40.17	27.88	10	5
25	1939	7	25	3	40	28.5	39.75	29.52	50	5.2
26	1939	8	2	13	6	17.4	39.75	29.48	50	5.3
27	1939	8	3	12	32	54.5	39.75	29.68	50	5.5
28	1939	8	9	23	43	51.2	39.91	29.81	60	5.1
29	1939	9	15	23	16	31.1	39.76	29.56	20	5.7
30	1939	10	19	21	32	47.8	39.82	29.5	10	5.3
31	1942	6	16	5	42	34.4	40.8	27.8	20	5.6
32	1942	11	15	17	1	22.9	39.55	28.58	10	6.1
33	1943	4	14	8	15	40.9	39.62	29.64	40	5
34	1943	6	20	15	32	54	40.85	30.51	10	6.6
35	1943	6	20	16	47	57.2	40.84	30.73	10	5.5
36	1944	2	1	6	8	52.3	40.7	31.27	10	5
37	1944	2	2	3	33	17.1	40.74	31.44	40	5.1
38	1944	4	5	4	40	43.1	40.84	31.12	10	5.5
39	1948	11	13	4	44	50.4	40.23	29.02	60	5.6
40	1949	2	5	0	28	22.4	39.89	29.35	40	5
41	1950	11	28	17	53	23.7	39.73	28.05	40	5.1
42	1951	9	15	22	52	12.7	40.15	28.02	40	5
43	1952	3	19	1	27	28.6	39.6	28.64	40	5.4
44	1953	3	18	19	6	16.1	39.99	27.36	10	7.2
45	1953	3	18	21	18	9,9	39,96	27,59	30	54
46	1953	3	19	21	13	58.1	39.88	27.35	10	5
47	1953	6	3	16	5	31.3	40.28	28.53	20	5.3

Tablo 3. 1900-1999 yılları arasında $M \geq 5.0$ olan depremler.

NO	YIL	AY	GÜN	SAAT	DAKİKA	SANİYE	ENLEM	BOYLAM	DERİNLİK	M
48	1953	6	18	5	44	11.8	41.8	26.55	30	5.1
49	1954	3	23	12	58	46	40.5	27.5	30	5
50	1956	1	6	12	15	44.6	40.39	26.29	10	5.5
51	1956	2	20	20	31	43.8	39.89	30.49	40	6.4
52	1956	2	23	6	4	36.9	39.76	30.17	60	5.2
53	1957	5	26	6	33	35.1	40.67	31	10	7.1
54	1957	5	26	8	54	51.2	40.6	30.74	40	5.4
55	1957	5	26	9	13	59.5	41.34	30.7	100	5.1
56	1957	5	26	9	36	38.6	40.76	30.81	10	5.9
57	1957	5	27	11	1	34.9	40.73	30.95	50	5.8
58	1957	6	1	5	26	59.6	40.75	30.86	50	5
59	1957	12	26	15	1	44.7	40.83	29.72	10	5.2
60	1959	7	26	17	7	6.2	40.91	27.54	10	5.4
61	1961	3	28	0	44	11.8	39.82	30.19	10	5
62	1961	11	28	8	58	46.6	39.99	26.1	80	5.2
63	1963	3	29	3	9	17.8	40.29	26.15	50	5.1
64	1963	9	18	16	58	14.8	40.77	29.12	40	6.3
65	1964	10	6	14	29	57.9	40.24	28.16	23	5.1
66	1964	10	6	14	31	23	40.3	28.23	34	7
67	1965	8	23	14	8	58.6	40.51	26.17	33	5.6
68	1966	8	21	1	30	43.5	40.33	27.4	12	5.5
69	1967	7	22	16	56	58	40.67	30.69	33	6.8
70	1967	7	22	17	48	6.5	40.66	30.62	26	5.1
71	1967	7	22	18	9	55.4	40.72	30.51	35	5
72	1967	7	30	1	31	1.8	40.72	30.52	18	5.6
73	1969	3	3	0	59	10.5	40.08	27.5	6	5.7
74	1970	3	28	21	12	10	39.5	30.3	0	5.3
75	1970	4	19	13	50	56	39.6	30.7	0	5.3
76	1971	2	23	19	41	23	39.62	27.32	10	5.4
77	1975	3	17	5	17	47.1	40.4	26.24	5	5.5
78	1975	3	17	5	35	17.6	40.48	26.08	18	5.9
79	1975	3	27	5	15	7.9	40.45	26.12	15	6.7
80	1975	3	29	2	6	5	40.42	26	33	5.5
81	1979	7	18	13	12	3.1	39.72	28.5	0	5
82	1979	8	23	16	47	46.9	39.69	28.57	10	5.1
83	1983	7	5	12	1	27	40.33	27.21	7	6.2
84	1983	8	6	15	43	51.9	40.14	27.74	2	7
85	1983	10	21	20	34	49.3	40.14	29.35	12	5.1
86	1988	4	24	20	49	33.6	40.86	28.23	16	5.1
87	1993	12	12	17	21	26.2	41.51	28.82	28	5
88	1999	8	17	0	1	39	40.7	29.91	15.9	7.4
89	1999	8	19	15	17	47.7	40.53	29.04	32	5.1
90	1999	8	31	8	10	51.6	40.72	29.93	10.5	5.2
91	1999	9	13	11	55	29	40.8	30.03	4.3	5.7
92	1999	9	20	21	28	0	40.74	27.46	20.9	5
93	1999	11	11	14	41	24.9	40.81	30.2	8.9	5.7
94	1999	11	12	16	59	0	40.79	31.21	11	7.2



Şekil 4. 1900-1999 yılları arasında $M \geq 5.0$ depremlerin dış-merkez dağılımları.



Şekil 5. 1900-1999 yılları arasında $M \geq 4.0$ olan depremlerin yıllara göre dağılımları.

Şekil 6 'da hesaplanan enerjilerin yıllara göre dağılımı incelendiğinde, $M = 7.0$ magnitüdündeki bir depremde açığa çıkan enerji 1.99×10^{22} erg, $M = 7.2$ için 3.98×10^{22} erg, $M = 7.4$ için 7.94×10^{22} erg olarak hesaplanmıştır. 1905-1999 yılları arasında bölgede açığa çıkan toplam enerji 2.40×10^{23} erg bulunmuştur. Şekil 7'de toplam enerji boşalımının yıllara göre dağılımı verilmiştir. Enerji boşalımının büyük magnitüdü depremlerle açığa çıktığı gözlenmiştir.

Magnitüd-Frekans Bağıntısı

Depremselliğin önemli bir unsuru olan tektonik etkinlik, depremlerin oluşumu ile doğrudan ilişkilidir. Değişik tektonik özellik gösteren bölgelerin depremsellikleri birbirinden farklıdır. Genel bir tanımla bir bölgenin depremselliği o bölgenin tektonik etkinliğinin fonksiyonu şeklinde tanımlanabilir.

Depremlerin oluş sayıları incelendiğinde magnitüdün fonksiyonu olarak doğrusal bir ilişki elde edilmektedir. Deprem istatistiğinin temelini oluşturan magnitüd-frekans ilişkisi Gutenberg-Richter (1954) tarafından aşağıdaki bağıntıyla (2) ifade edilmiştir:

$$\text{Log } N = a - b M \quad (2)$$

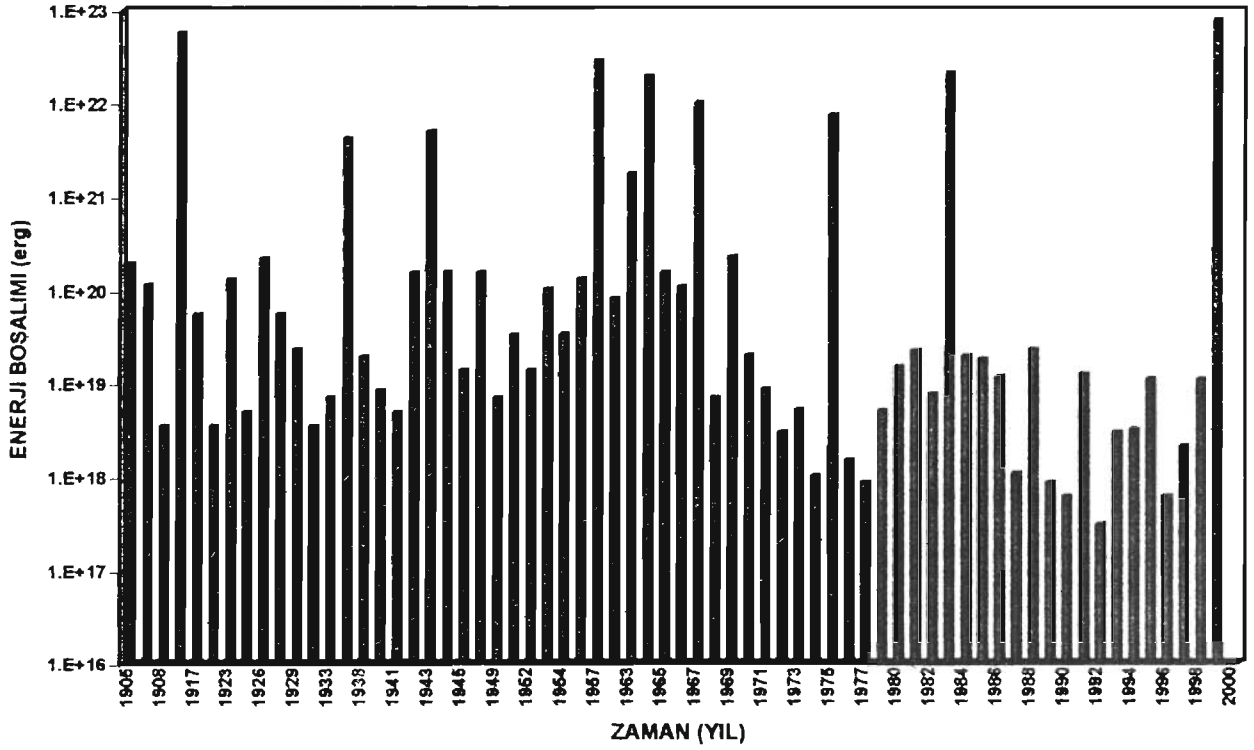
Bu bağıntıda, N , magnitüdü M ve daha büyük depremlerin kümülatif sayısını göstermektedir. "a" ve "b" ise sabit katsayılardır. "a" katsayısı inceleme alanının genişliğine, gözlem dönemine ve deprem etkinliğinin düzeyine bağlı olarak değişmektedir. "b" katsayısı sismotektonik parametredir ve deprem oluşumunun fiziği ile doğrudan ilişkili olduğundan depremlerin istatistik analizinde önemli yer tutmaktadır. Hesaplanan "b" değerleri kullanılan verilere, yöntemlere, depremlerin normal ve kümülatif frekanslarına bağlı olarak değişmektedir. Marmara Bölgesi için magnitüd-frekans bağıntısı en küçük kareler yöntemiyle magnitüd aralığı $\Delta M = 0.1$ ve 0.5 alınarak hesaplanmıştır. Çalışılan bölge için, 1900-1999 yılları arasında magnitüdü $M \geq 4.0$ olan depremler kullanılarak magnitüd-frekans bağıntısı (3 ve 4) ;

$$\text{Log } N = 5.0295 - 0.6308 M \quad (\Delta M = 0.1) \quad (3)$$

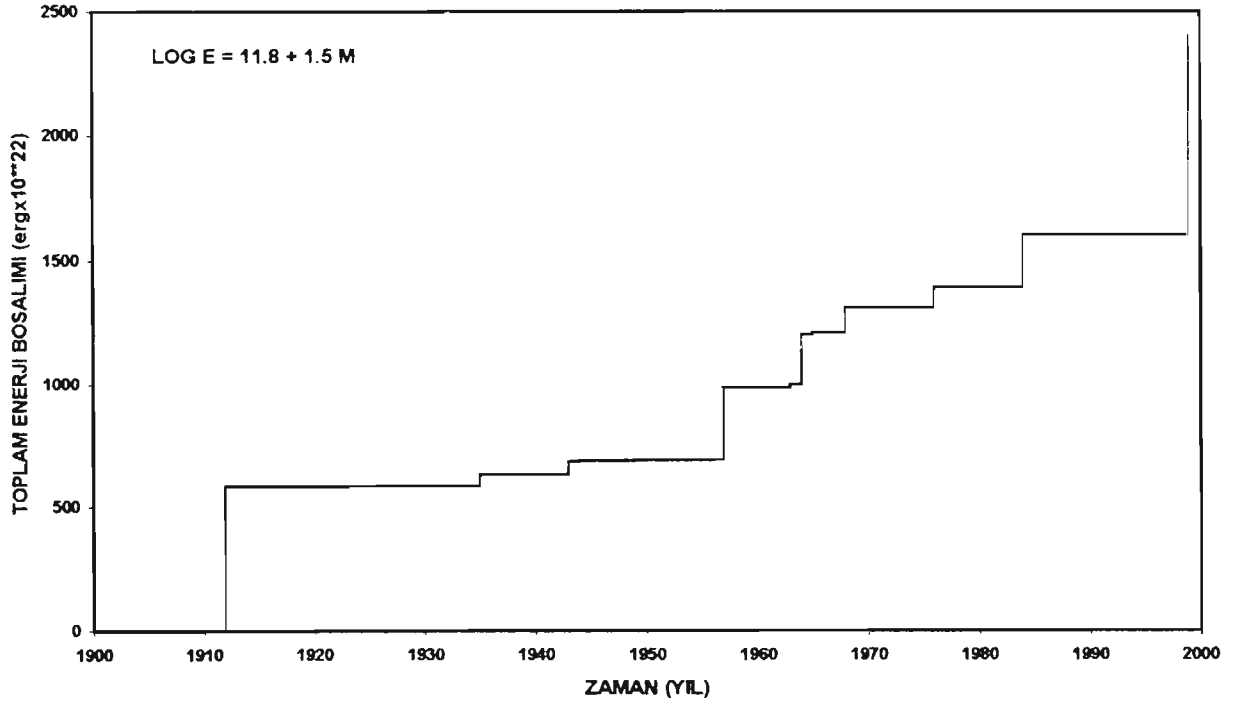
$$\text{Log } N = 4.8211 - 0.5833 M \quad (\Delta M = 0.5) \quad (4)$$

şeklinde elde edilmiş ve ilişkiler Şekil 8 ve 9 'da gösterilmiştir.

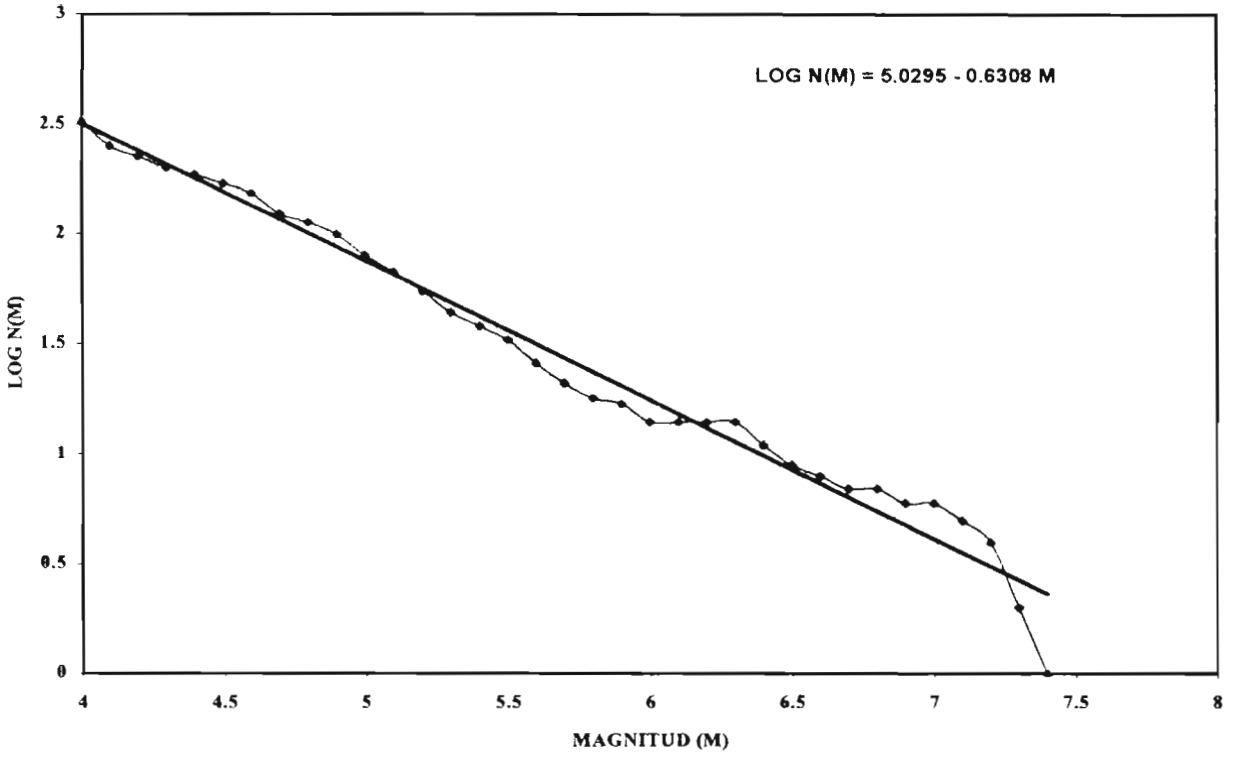
Ayrıca, aynı yıllarda bölgede meydana gelen depremlerin magnitüdülerinin yıllara göre dağılımı Şekil 10'da gösterilmiştir. Şekil 10 ve tablo 2 karşılaştırılmış ve bu depremlerden $M \geq 6.5$ olan 1912, 1935, 1943, 1957, 1964, 1967, 1975, 1983 ve 17 Ağustos 1999 depremlerin bölgede hasar yaptığı, can ve mal kaybına sebep olduğu anlaşılmıştır.



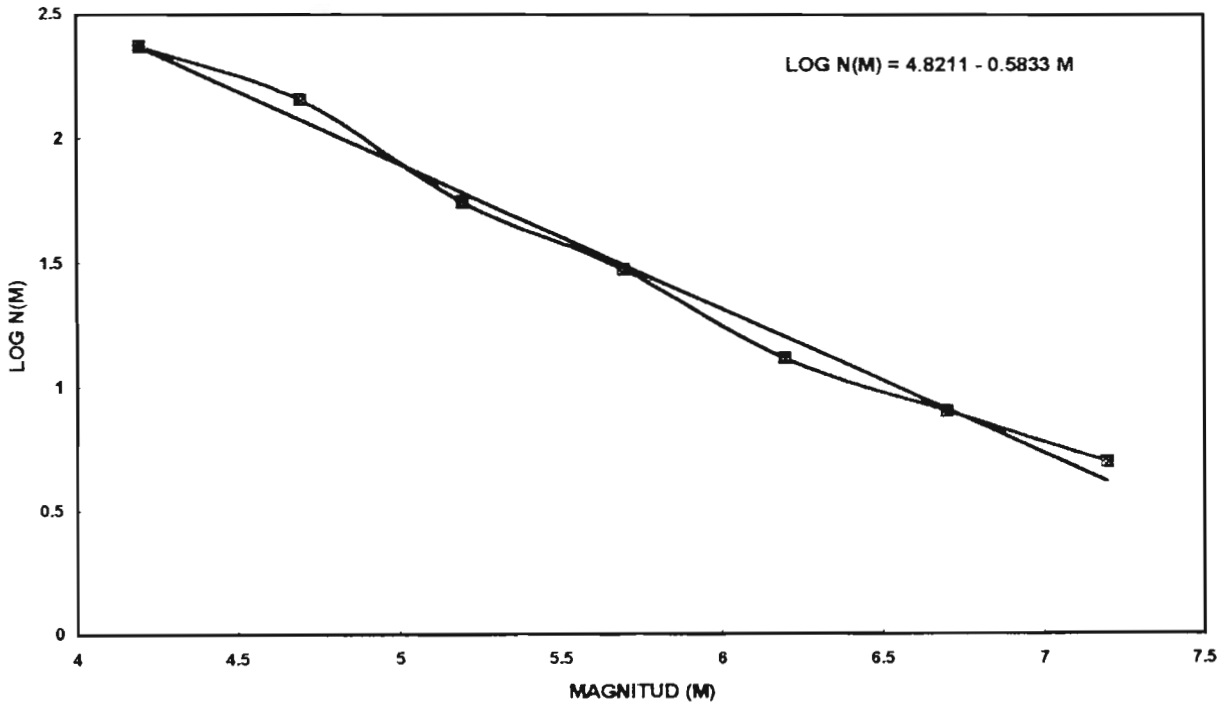
Şekil 6. Hesaplanan enerjilerin yıllara göre dağılımı.



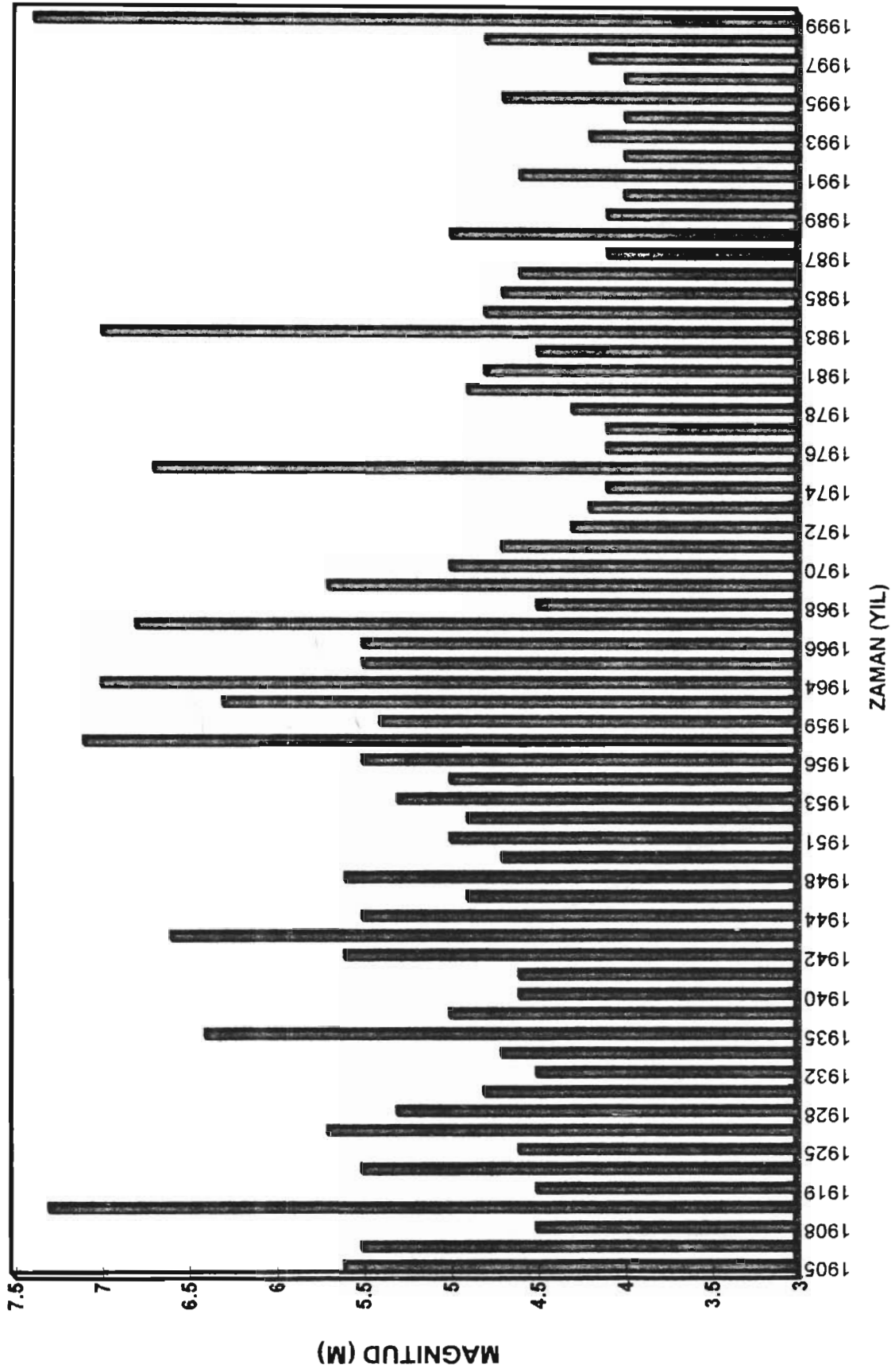
Şekil 7. Toplam enerji boşalımının yıllara göre dağılımı.



Şekil 8. Magnitüd-frekans bağıntısı ($\Delta M = 01$).



Şekil 9. Magnitüd-frekans bağıntısı ($\Delta M = 05$).



Şekil 10. 1900-1999 yılları arasında deprem magnitüdlerinin yıllara göre dağılımları.

Poisson Modeli

Deprem oluşumunu modellemekte en çok kullanılan model Poisson modelidir. Bu modelde, deprem oluşumunun bir Poisson dağılımı olduğu kabul edilmekte ve deprem olma olasılığı (5) nolu bağıntı ile ifade edilmektedir. Böyle bir modelde, kümülatif frekans dağılımı, yani **t** zaman aralığında **N** veya daha az deprem bulunma olasılığı,

$$F(N, t) = \sum_{\lambda=0}^N \frac{(\lambda t)^k}{k!} e^{-\lambda t} \quad (5)$$

ile verilir. Poisson dağılımında deprem oluşumları arasındaki zamanlar negatif üstel dağılımı (6) gösterirler.

$$P(t) = -\lambda e^{-\lambda t} dt \quad (6)$$

Burada, **P**, iki deprem arasındaki verilen bir zaman aralığının, (**t, t+dt**) zaman aralığı içerisine düşme olasılığıdır. Buna karşılık gelen kümülatif dağılım fonksiyonu (7),

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t} \quad (7)$$

dir. **F(t)**, iki deprem arasındaki verilen bir zaman aralığının **t** ve daha az olma olasılığıdır. Poisson modeline göre bir sonraki depremin oluşması için geçen bekleme zamanının dağılımı, bir önceki depremin oluşundan itibaren geçen zamandan etkilenmez ve istatistik veriler Poisson modelinin büyük depremler için geçerli olduğunu göstermektedir. Verilen bir zaman diliminde, magnitüdlere M_1 değerinden büyük veya ona eşit olan depremlerin yıllık ortalama sayısı $n(M \geq M_1)$ (Tuksal, 1976) ve sismik risk değerleri hesaplanabilmektedir (Gençoğlu, 1972, Tabban ve Gençoğlu, 1975). Marmara Bölgesinin sismik risk değerleri,

$$R(M) = 1 - e^{-n(M)T} \quad (8)$$

bağıntısından (8) bulunur. **n(M)** değerlerinden dönüş periyodu yıl olarak aşağıdaki bağıntı (9) kullanılarak hesaplanabilmektedir,

$$Q = \frac{1}{n(M)} \quad (9)$$

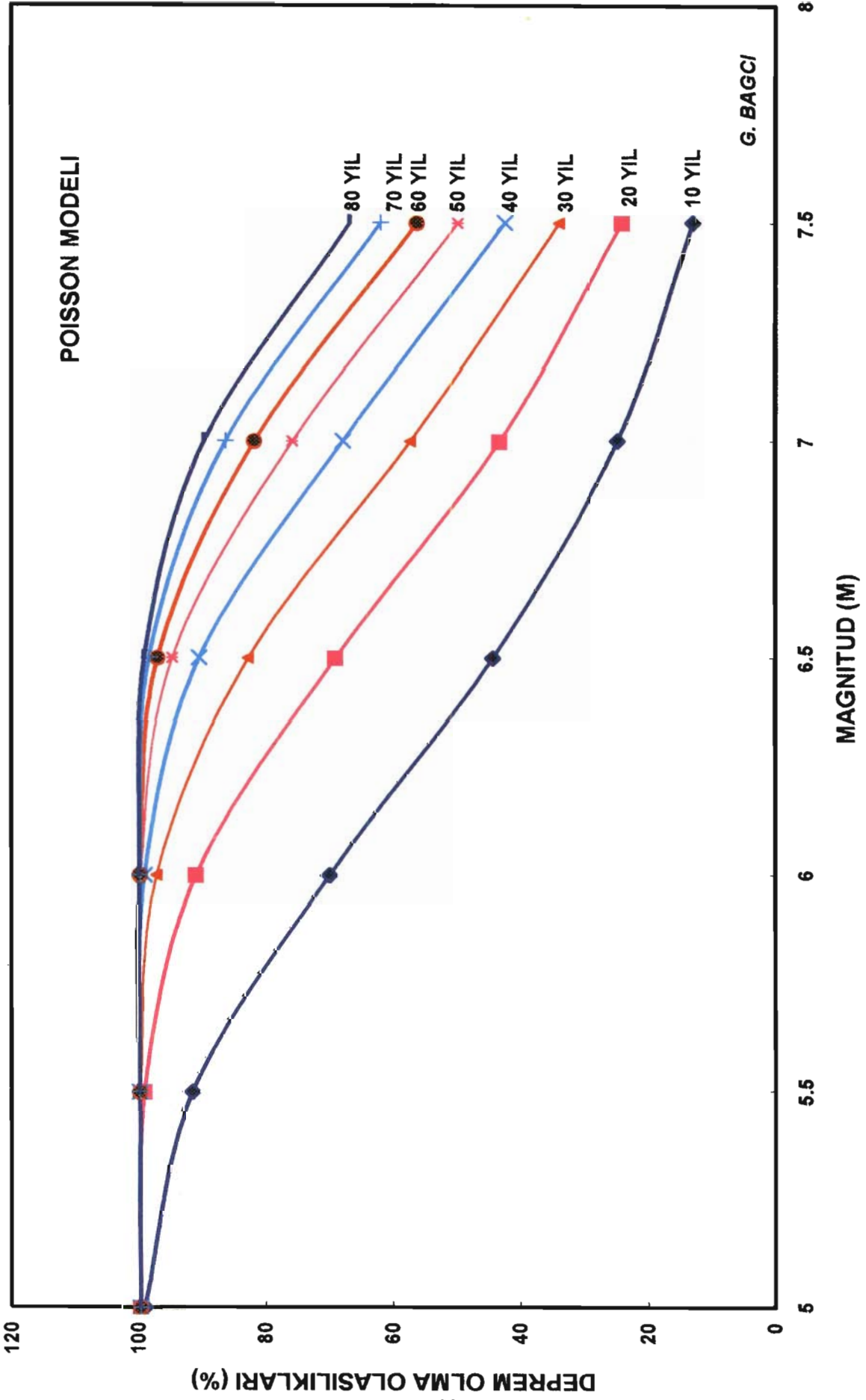
Hesaplanan sismik risk değerleri Tablo 4 'de verilmiştir. 17 Ağustos 1999 depreminden sonra, bu çizelgeden, $M=6.0$ olan depremin dönüş periyodu 8 yıl olarak bulunmuştur. $M = 6.5$ olan depremin dönüş periyodu 17 yıl, $M = 7.0$ olan depremin dönüş periyodu ise 35 yıl olarak hesaplanmıştır.

Tablo 4. Dönüş Periyodları (Poisson Modeli)

Magnitüd	Dönüş Periyodu (Yıl)
5.0	1.9
5.5	4.0
6.0	8.3
6.5	17.1
7.0	35.3
7.5	72.8

Tablo 5. Dönüş Periyodları (Gumbel I ve Gumbel III Modelleri)

Gumbel I		Gumbel III	
A = 0.6818 B = 3.6807		W = 8.0859 U = 3.9078 K = 2.8325	
Magnitüd	Dönüş Periyodu (yıl)	Magnitüd	Dönüş Periyodu (yıl)
4.6	2.42	4.4	1.98
5.1	3.16	4.7	2.36
5.6	4.22	5.0	2.89
6.1	5.72	5.3	3.68
6.6	7.83	5.6	4.87
7.1	10.80	5.9	6.78
7.6	14.98	6.2	10.03
		6.5	16.05
		6.8	28.66



Şekil 11. Poisson modeliyle hesaplanmış deprem olma olasılıkları.

Ayrıca 1999 yılından sonra $M=6.0$ olan depremin 20 yıllık süre içerisinde olma olasılığı % 91 olarak tesbit edilmiştir. $M = 6.5$ olan depremin 20 yıllık süre içerisinde olma olasılığı % 69 ve $M = 7.5$ olan depremin 20 yıllık süre içerisinde olma olasılığı % 43 olarak bulunmuştur. Poisson modeliyle bulunan deprem olma olasılıkları Şekil 11'de gösterilmiştir.

Gumbel Uç Değerler Dağılım Modeli

Maksimum magnitüdü depremlerin oluşma olasılıklarının "Uç Değerler Teorisi" kullanılarak tesbit edilebileceği çalışması ilk olarak Nordquist (1945) tarafından yapılmıştır. En büyük deprem magnitüdülerine uygulanan Gumbel teorisinin matematiği birçok araştırmacı tarafından rapor edilmiştir (Knopoff ve Kagan, 1977; Burton,1979; Burton, 1981). Gumbel (1958) tarafından bulunan uç değerler teorisinin avantajı, deprem oluşumlarının istatistiksel analizinde verilerin eksik olması durumunda da kullanılabilmesidir. Genelde, Gumbel teorisi, daha önceden belirlenen aralıklarda, en büyük magnitüd değerleri kullanılarak deprem verilerinin sıralanmasında kullanılmaktadır. $G(m)$, uç değerlerin üç ayrı asimtotik dağılımlarından biri olarak tanımlanabilmektedir. Uç değerlerin asimtotik dağılımlarından birincisi olan Gumbel I (10),

$$G1(m) = \exp\{-\exp\{-A(M - B)\}\} \quad (10)$$

şeklinde ifade edilmektedir. Bu dağılımda, iki parametre vardır. **A** sabit katsayı ve **B** ise model uç değerinin karakteristiğidir. Deprem verilerinin eksik olması durumunda, Gumbel III (11) aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir:

$$G3(m) = \exp\{-(W - M) / (W - U)^K\} \quad \begin{matrix} M < W \\ M > W \end{matrix} \quad (11)$$

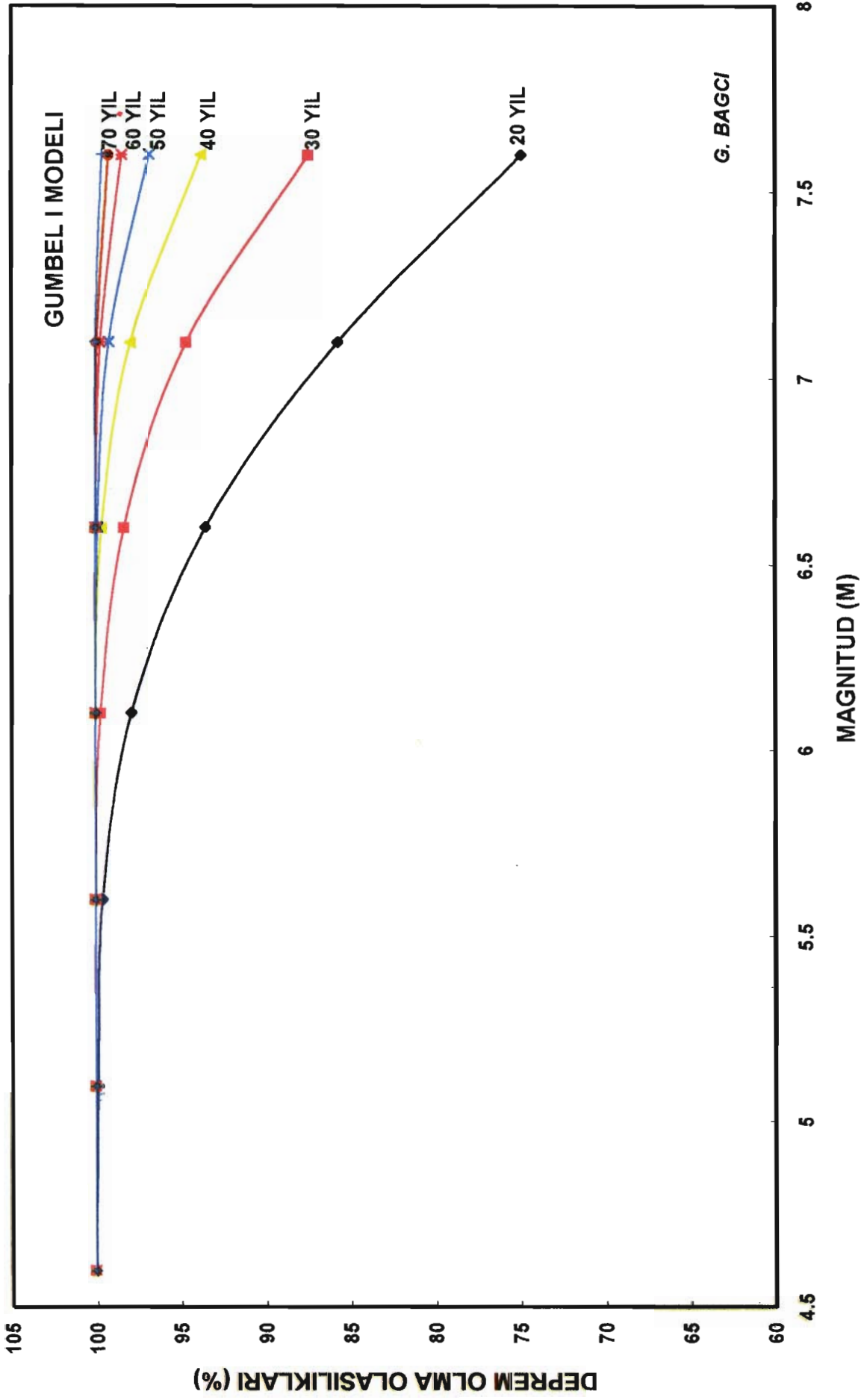
$$= 1$$

Bu üç parametrelili dağılımın grafiksel davranışı kavisleşen eğri şeklindedir ve bu eğride **K** kavisleşme parametresi, **W**, uç değerlerin aralığının üst sınırı ve **U** tekrarlanan uç değerlerin karakteristik değeridir. Maksimum magnitüdü depremlerin tekrar oluşmasının risk analizi Burton (1979) tarafından Gumbel III modeli kullanılarak yapılmıştır. Maksimum magnitüdü depremlerin oluşma olasılıklarında, üst sınır olması gerektiğini belirlemişler ve **W** değişkeninin önemini belirtmişlerdir. Gumbel olasılık dağılımının bulunabilmesi için, elde bulunan deprem verileri içerisinde, **n** yıl içerisindeki "i" inci en büyük magnitüdü depremin yeri ise aşağıdaki bağıntı (12) ile ifade edilmektedir:

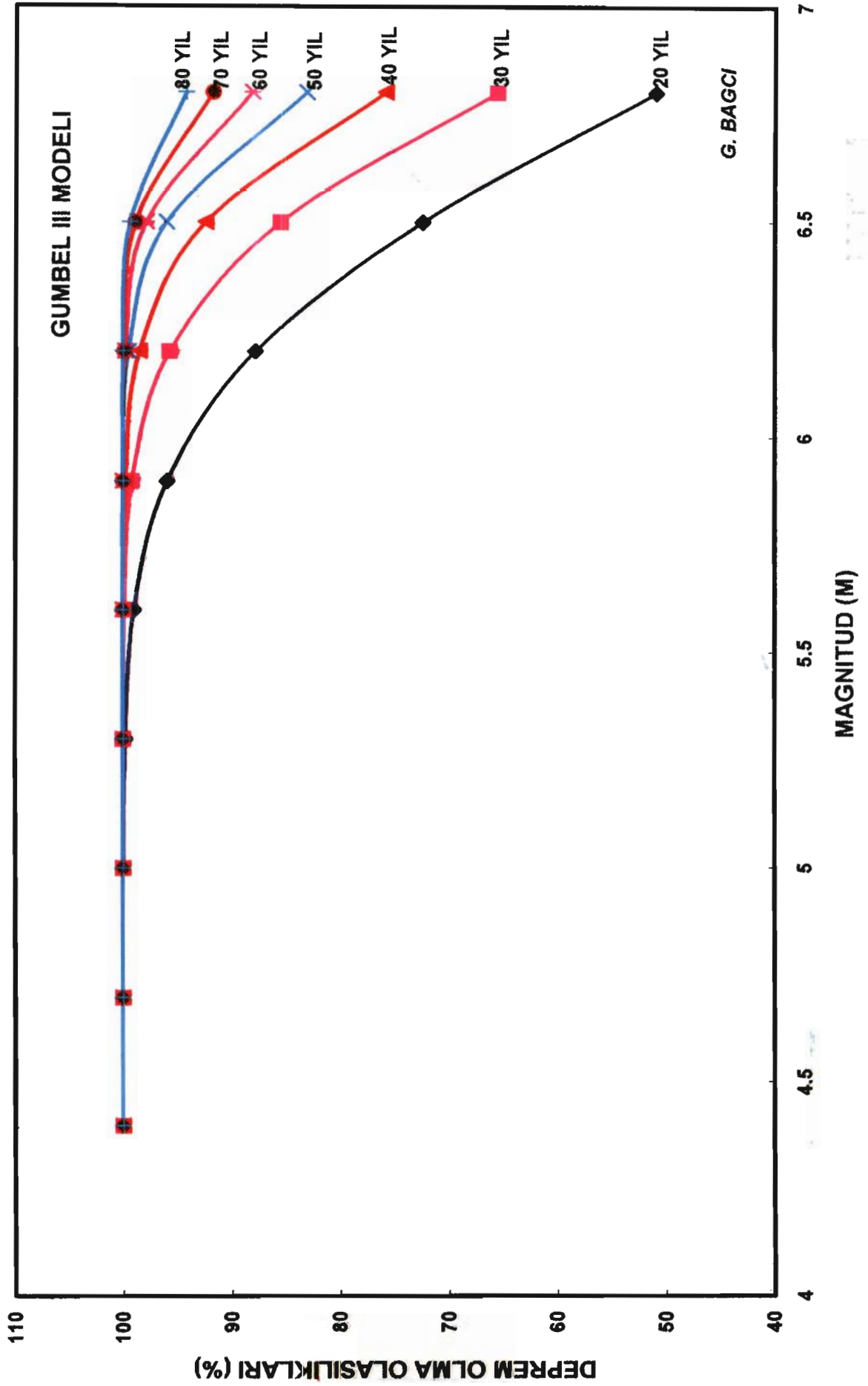
$$G_i(m) = i / n + 1 \quad (12)$$

Hesaplanan olasılık dağılımları kullanılarak, dönüş periyodunun $T(M)$ (yıl) bulunması mümkündür. Dönüş periyodu $T(M)$, gözlenen M 'ye eşit veya ondan büyük olan maksimum depremin bulunduğu aralıktaki ortalama değerdir ve aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir (13):

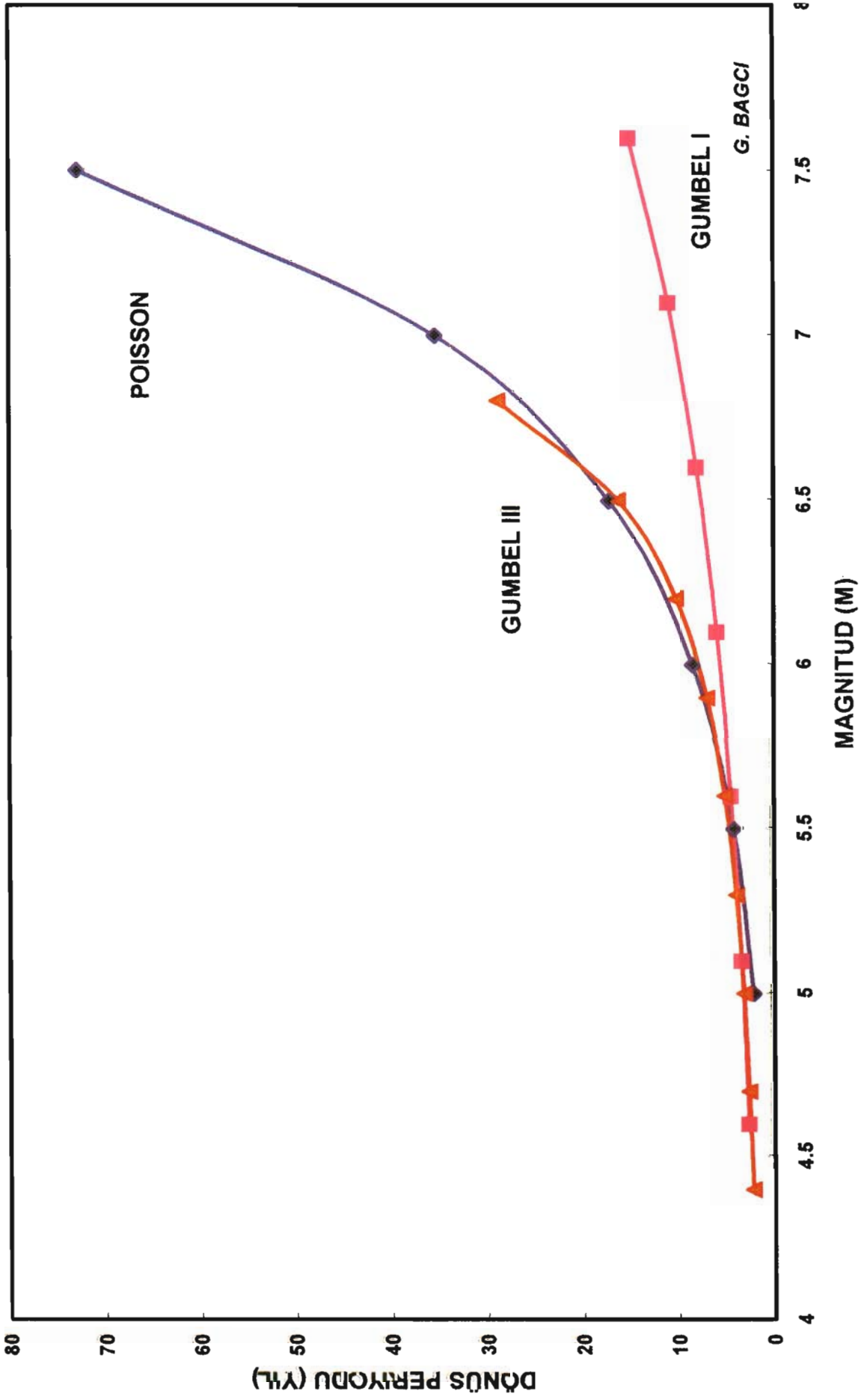
$$T_i(M) = [1 - G_i(M)]^{-1} \quad (13)$$



Şekil 12. Gumbel I modeliyle hesaplanmış deprem olma olasılıkları.



Şekil 13. Gumbel III modeliyle hesaplanmış deprem olma olasılıkları.



Şekil 14. Dönüş periyodlarının magnitudle değişimleri.

Gumbel I doğrusal bir davranış göstermesine rağmen, Gumbel III aşağı doğru kavisleşen bir eğri davranışı göstermektedir ve **K** kavislenme asimtotu için, az zaman olasılıklarında veya yüksek dönüşüm periyodlarında **W** 'ya doğru kavislenme parametresi olarak tanımlanmaktadır.

Gumbel I ve Gumbel III asimtotik dağılım modelleri kullanılarak çalışılan bölge için Gumbel I'in parametreleri olan **A** ve **B**, Gumbel III'ün parametreleri olan **W**, **U**, **K** 'nın hesaplanan değerleri Tablo 5 'de verilmiştir. Gumbel I ve Gumbel III olasılık modellerinin **A**, **B**, **W**, **U** ve **K** parametrelerinin hesaplanmasından ve Kolmogorov-Smirnov uygunluk testinden sonra deprem risk hesaplamalarında belirlenen deprem magnitüdlerinin dönüş periyodları hesaplanmıştır. Depremlerin Gumbel I ve Gumbel III modelleriyle hesaplanan deprem olma olasılıklarının magnitüdle olan değişimi Şekil 12 ve 13' de gösterilmiştir. Gumbel I ve Gumbel III modelleriyle 1999 yılından sonra $M=6.0$ depremin 20 yıl içerisinde olma olasılıkları % 98 ve % 96 olarak bulunmuştur. $M=6.0$ magnitüdündeki depremin dönüş periyodu Gumbel I ve Gumbel III modelleriyle 6 ve 7 yıl hesaplanmıştır. $M = 7.0$ magnitüdündeki depremin dönüş periyodu Gumbel I modeliyle 11 yıl, $M = 7.0$ magnitüdündeki depremin dönüş periyodu Gumbel III modeliyle 30 yıl bulunmuştur. Poisson modeli, Gumbel I ve Gumbel III modelleriyle hesaplanan dönüş periyodlarının magnitüdle değişimleri Şekil 14 'de gösterilmiştir.

Sonuçlar

Poisson modeliyle 1999 yılından sonra $M=6.0$, 6.5 ve 7.5 olan depremlerin 20 yıl içinde olma olasılıkları sırasıyla %91, %69 ve %43 olarak bulunmuştur. Dönüş periyodları ise $M= 6.0$, 6.5 ve 7.5 büyüklüğündeki depremler için sırasıyla 8 yıl, 17 yıl ve 72 yıl bulunmuştur. Gumbel I ve Gumbel III modelleriyle 1999 yılından sonra $M=6.0$ depremin 20 yıl içerisinde olma olasılıkları % 98 ve % 96 olarak bulunmuştur. $M=6.0$ magnitüdündeki depremin dönüş periyodu Gumbel I ve Gumbel III modelleriyle 6 ve 7 yıl hesaplanmıştır. $M = 7.0$ magnitüdündeki depremin dönüş periyodu Gumbel I modeliyle 11 yıl, $M = 7.0$ magnitüdündeki depremin dönüş periyodu Gumbel III modeliyle 30 yıl bulunmuştur.

17 AĞUSTOS 1999 İZMİT KÖRFEZİ DEPREMİ:

DEPREM-ÖNCESİ SİSMİSİTE BOLU-SAKARYA-KOCAELİ YÖRESİNİN MİKRO-DEPREM ve 17 AĞUSTOS 1999 İZMİT KÖRFEZİ DEPREMİ ARTÇI-DEPREM ÇALIŞMALARI

Sami ZÜNBÜL Salih KARAKISA Nurcan ÜRETÜRK Nuriye ALTIN Serap
ÖZDEMİR Hülya BAYÜLKE Mustafa DEMİR Cemal FENERCİ
Deprem Araştırma Dairesi

1984 yılından bu yana Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi ile Almanya'nın GFZ-Potsdam araştırma kurumu ve çeşitli üniversitelerince, Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun (KAFZ) batı bölümünde, Mudumu vadisi boyunca "Depremlerin Önceden Belirlenmesi Türk-Alman Ortak Projesi" kapsamında depremlerin önceden bilinmesine yönelik çalışmalar yapılmaktadır.

Bu amaçla, KAFZ'nun Sakarya-Bolu kesiminde mikrodeprem etkinliğini belirlemeye yönelik çalışmalar, 1985 yılında 10 adet manyetik analog mikrodeprem deprem kayıtçıları ile başlatılmıştır. Kasım 1996 tarihinde gelişen teknolojiye paralel olarak finansmanı Alman tarafınca sağlanan 15 adet sayısal telemetrik mikrodeprem kayıt istasyonu (SABONET) kurularak sistem yenilenmiştir (Şekil 1).

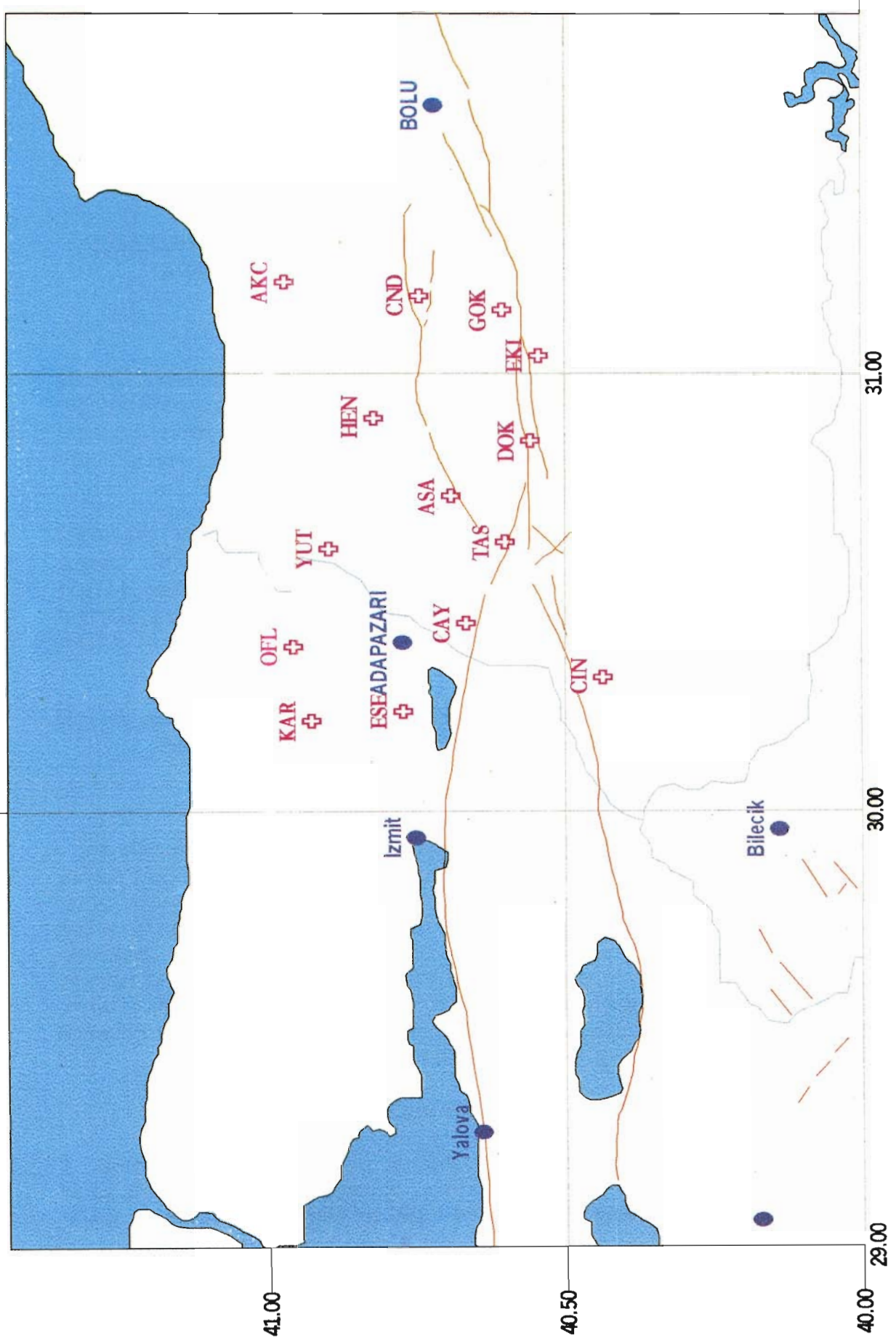
Yörenin 1985 - 1992 ve 1985-1996 yılları arası mikrodeprem etkinliği ile ilgili çalışmalar Yılmaz vd. (1993) ve Karakisa vd. (1996) tarafından yapılmıştır.

Bolu-Sakarya Yöresi Mikrodeprem Etkinliği

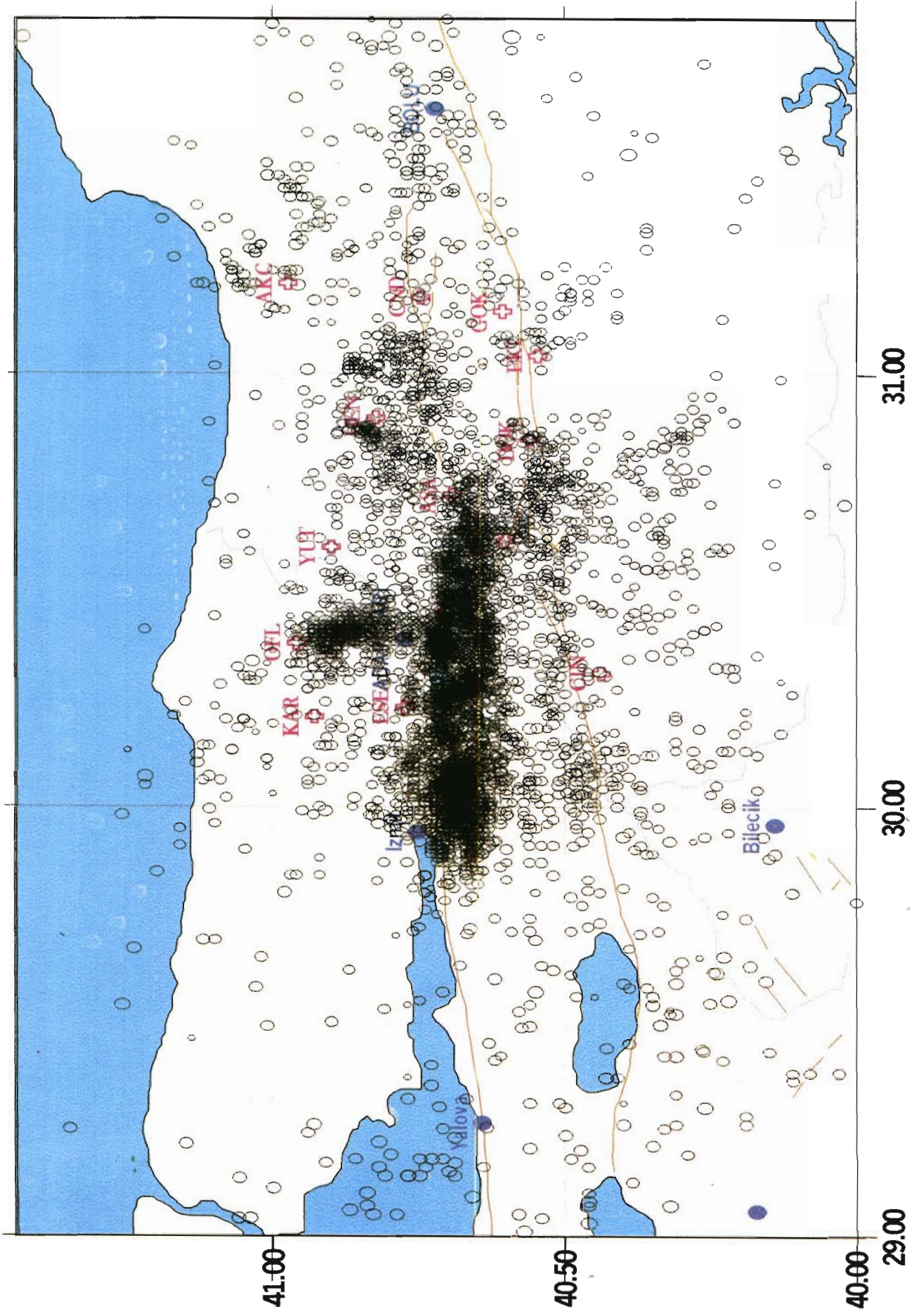
Yöredeki mikrodeprem araştırmalarına yönelik çalışmalar, örü içinde (Abant - Sapanca arası) oluşan depremlerin parametrelerinin oldukça doğru olarak hesaplanabildiğini göstermektedir (Şekil 1). Şekil 2, 1985-1999 yılları arası bölgede oluşan mikrodeprem etkinliğini göstermektedir. Etkinlik özellikle KAFZ'nun İzmit-Akyazı ve Akyazı - Düzce arasında kalan bölümde yoğunlaşmaktadır. Diğer yandan Mudurnu Vadisi segmentinin doğu kesiminde belirgin bir etkinlik görülmemesine rağmen, batı kesiminde yoğun bir etkinlik gözlenmektedir. Ayrıca Adapazarı'ndan kuzey'e doğru uzanan bir hat boyunca belirgin mikrodeprem etkinliği de görülmektedir.

17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi Depremi Artçı Deprem Çalışmaları

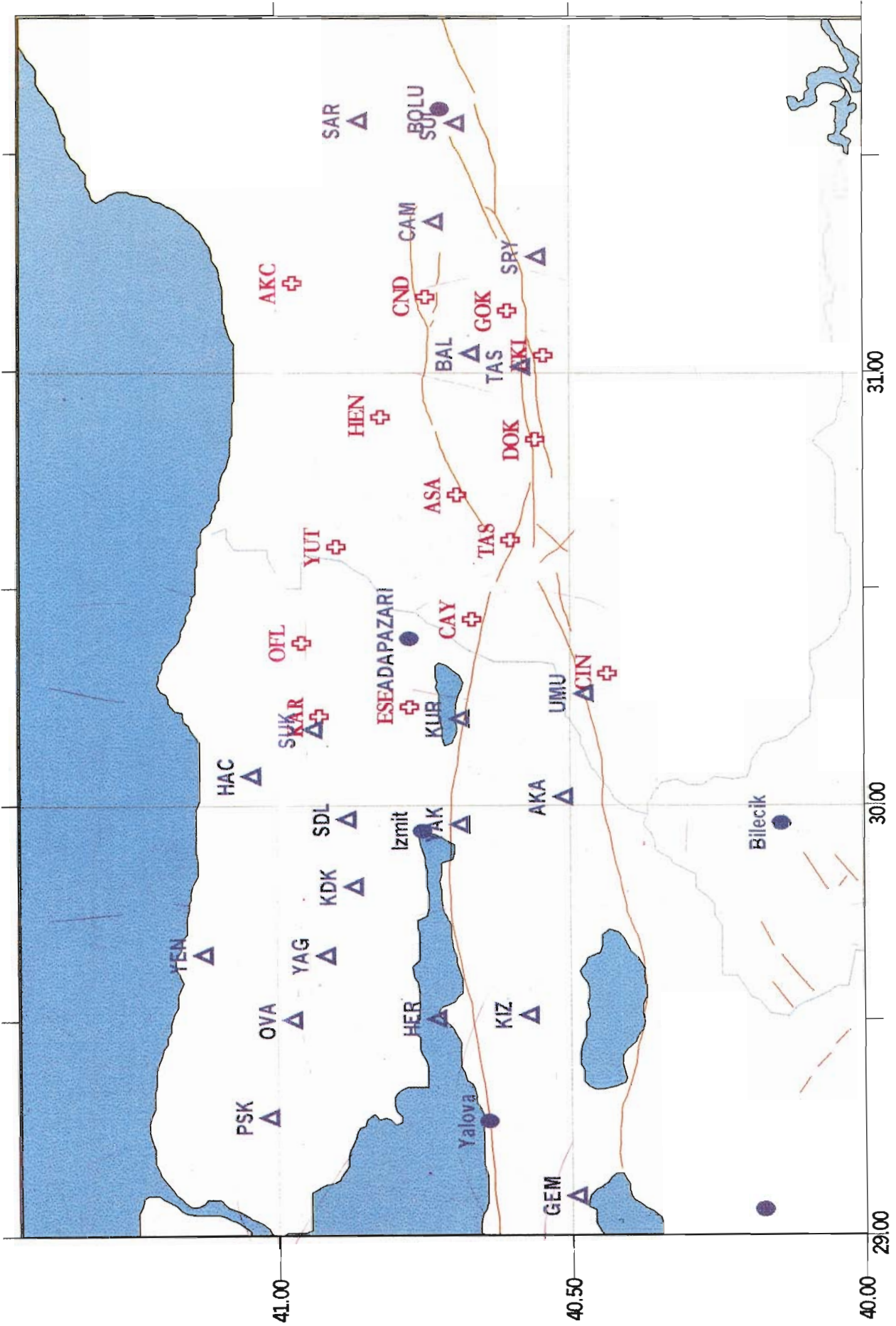
17 Ağustos 1999 depreminden zarar görerek devre dışı kalan SABONET Deprem Veri Toplama Merkezi (Adapazarı), depremden hemen sonra zarar gören cihazlar tamir edilerek 18 Ağustos 1999 tarihinde saat 15:48'de tekrar devreye sokulmuştur.



Şekil 1. SABONET sayısal telemetrik deprem kayıt istasyonları.



Şekil 2. 1985-1999 yılları arası yörenin mikrodeprem etkinliği.



Şekil 3. Artçı deprem çalışmalarında kullanılan SABONET ve REFTEK deprem kayıt istasyonları.

Bu tarihte SABONET ile başlatılan artçı deprem çalışmalarına ek olarak deprem bölgesine " Task Force, GFZ-Potsdam-Almanya" grubuyla ortak olarak 20 Ağustos 1999 tarihinden sonra 19 adet REFTEK marka, üç bileşenli kısa periyotlu, taşınabilir sayısal sismograflar yöreye kısa bir süre içinde yerleştirilmiştir (Şekil 3). Bu istasyonlar 20 Ağustos 1999 - 21 Ekim 1999 tarihleri arasında çalıştırılmıştır. Bu istasyonlardan elde edilen veriler Sabonet istasyonlarından elde edilen verilerle birlikte çözümlenerek değerlendirilecektir.

Sabonet Artçıdeprem Çalışmaları

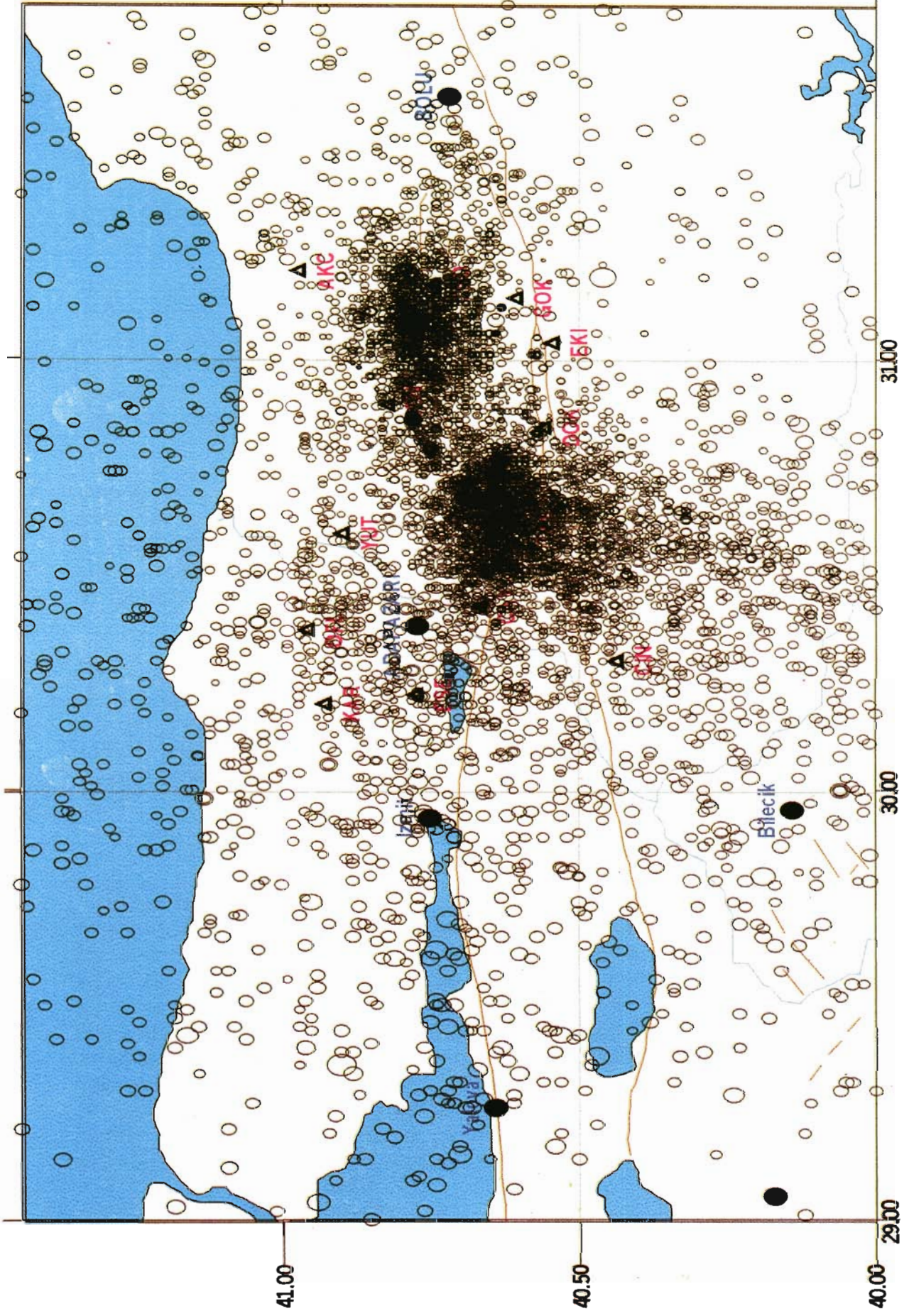
SABONET kapsama alanındaki artçıdeprem çalışmalarına yönelik olarak otomatik belirleme (episantrı örü içine düşen depremlerde lokalizasyonu oldukça doğru ve magnitudü yaklaşık olarak veren ön belirleme) sonuçlarından elde edilen bilgilere göre, artçıdepremlerin deprem kırığının sonlandığı doğu ucunda Akyazı civarında ve Hendek – Düzce arasında yoğunlaştığı gözlenmekte olup, İzmit – Sapanca arası ve Akyazı – Hendek arasında artçıdeprem yoğunluğunun azlığı dikkat çekmektedir (Şekil 4).

Ana depremden sonra kaydedilen artçıdeprem ($M > 0$) sayılarının günlere göre dağılımı Şekil 5'te verilmektedir. İlk 18 gün içinde günlük deprem sayılarında 1800'lerden 400'lere doğru ani bir azalış gözlenmekte ve 5 Eylül, 1999 – 9 Kasım 1999 tarihleri arasında da 400'lerden 100'lere düşmektedir. Ayrıca ana depremden sonra 9 Kasım 1999 tarihine kadar $M \geq 5.0$ altı adet artçıdeprem meydana gelmiştir.

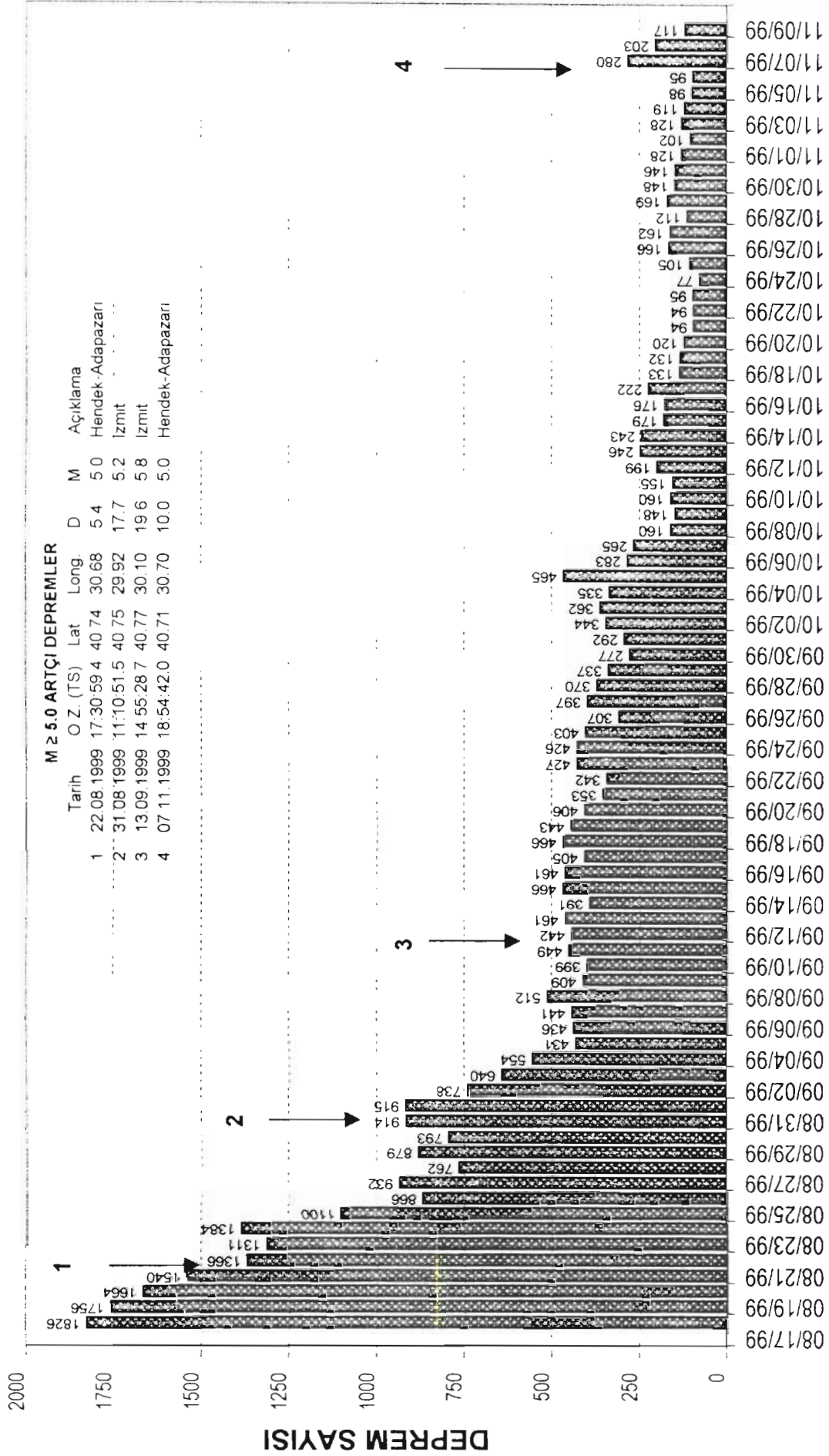
SABONET örüsünün dışında kalan Sapanca – Yalova arası artçıdeprem etkinliği, otomatik ön belirleme sonuçlarında hata oranının yüksek olması nedeniyle değerlendirilememiştir. Yalova – Bolu arasında kalan deprem bölgesindeki artçıdeprem çalışmaları SABONET ve Task Force Reftek istasyonlarından elde edilen verilerin birlikte çözülmesiyle ileride sonuçlandırılacaktır.

Odak Mekanizması Çalışmaları

17 Ağustos 1999 depremi sonrasında oluşan $M \geq 5.0$ olan artçı depremlerden 4 adedinin Sabonet istasyonlarındaki p-dalgası ilk hareket verileri kullanılarak odak mekanizması çözümleri yapılmıştır. Bu depremlerden ikisi İzmit civarında ve diğer ikisi de Adapazarı-Hendek civarında olmuştur. Yapılan odak mekanizması çözümleri ve fay düzlemi parametreleri Şekil 6, 7, 8 ve 9' da sırasıyla verilmektedir. Bu çözümler sağ yönlü doğrultu atımlı faylanmalar olarak bulunmuştur. Çözümler KAFZ'nun genel gidişi ve arazideki yüzey faylanmaları ile uyumludur. Ancak odak mekanizması çözümlerinde kullanılan istasyon sayısı ve dağılımı yeterli değildir. Bu çözümler örnek olarak verilmektedir ve ayrıntılı odak mekanizması çözümleri bu depremlerin Task Force Reftek istasyonlarından elde edilen p-dalgası ilk hareket verileri de kullanılarak yeniden yapılacaktır.

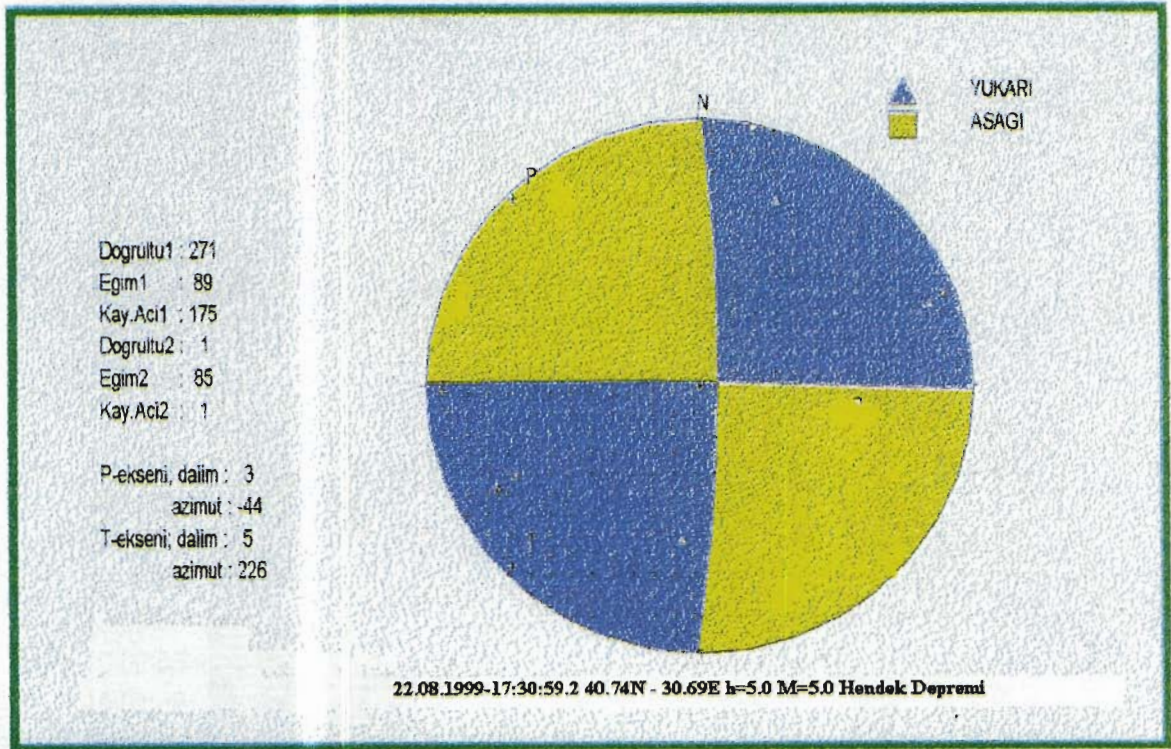


Şekil 4- SABONNET artçı deprem dağılımı(18.08.1999-09.11.1999)

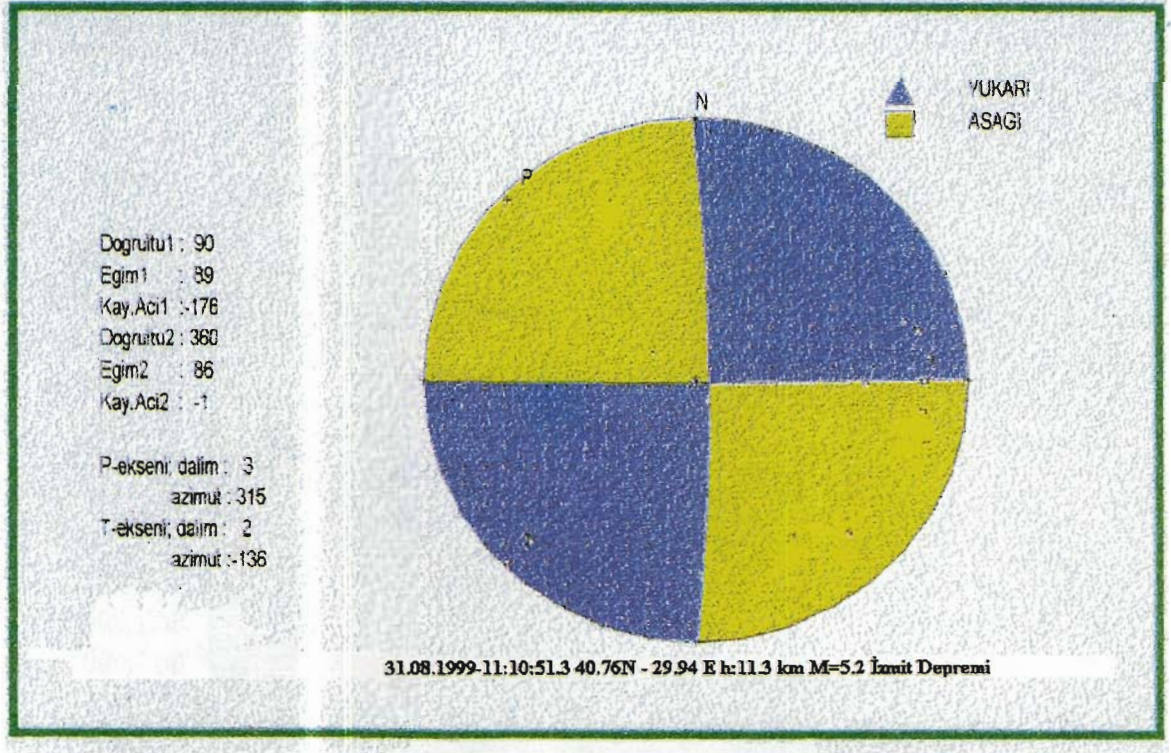


GÜNLER

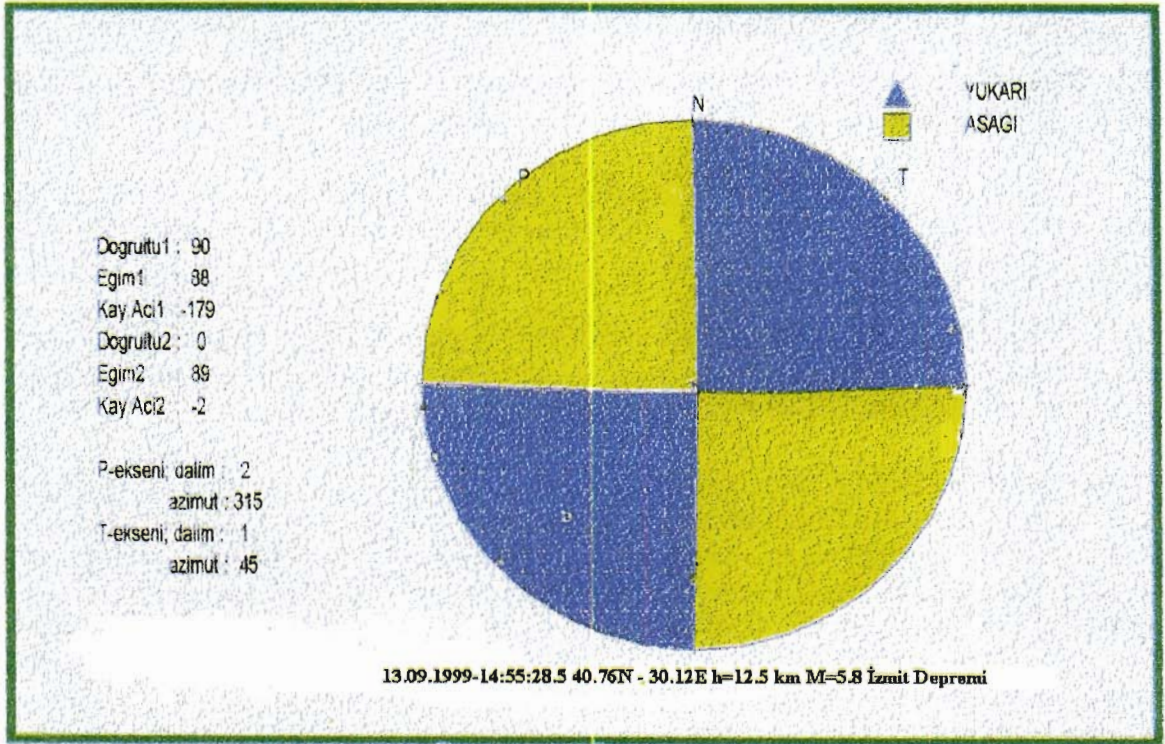
Şekil 5. 17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi depremi artçı deprem dağılımı (SABONET)



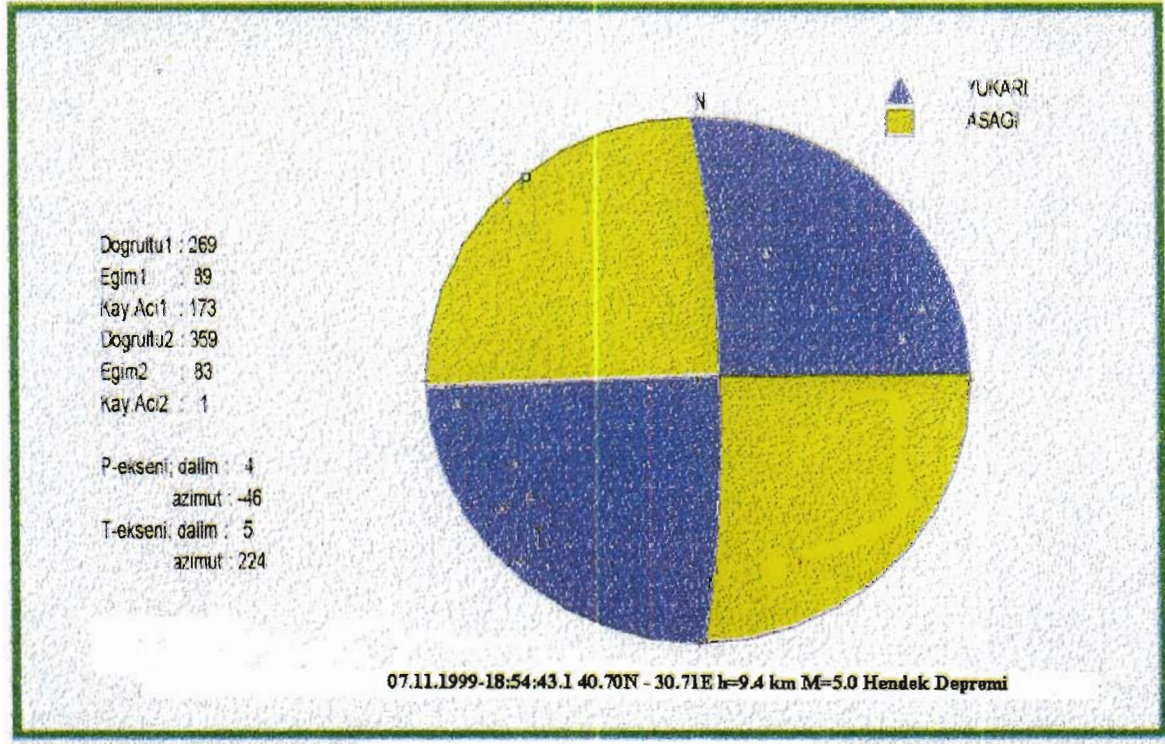
Şekil 6. 22.08.1999 Hendek depremi odak mekanizması çözümü.



Şekil 7. 31.08.1999 İzmit depremi odak mekanizması çözümü.



Şekil 8. 13.09.1999 İzmit depremi odak mekanizması çözümü.



Şekil 9. 07.11 1999 Hendek depremi odak mekanizması çözümü.

Sonuç ve Öneriler

Adapazarı'ndan kuzey'e doğru uzanan ve mikrodeprem etkinliği yoğun olan hat boyunca ayrıntılı jeolojik ve jeofizik çalışmalar yapılmalıdır.

Depremden sonra 9 Kasım 1999 tarihine kadar Magnitüdü 5 den büyük altı adet artçıdeprem ve magnitüdü 0 – 5.0 arasında değişen binlerce artçı deprem meydana gelmiştir.

$M \geq 5.0$ olan altı artçı depremden, dördünün Sabonet istasyonları kullanılarak odak mekanizması çözümleri yapılmış ve sağ yönlü doğrultu atımlı faylanmalar bulunmuştur. Bu sonuç KAFZ' nun genel hareketiyle uyumludur.

Yörede sürdürülmekte olan mikrodeprem çalışmaları, sismolojik istasyon sayıları artırılarak sürdürülmelidir. Yurdumuzda yaşanan büyük bir depremden sonra bugüne kadar artçı deprem çalışmalarının çok sayıda istasyonla gözlenmesi bu deprem sonrasında Task Force GFZ-Potsdam-Almanya grubuyla birlikte uzun bir süre yapılmıştır. Bu da depremin mekanizmasını ortaya koymak bakımından büyük önem taşımaktadır. Ayrıntılı artçıdeprem çalışmaları elde edilen verilerin birlikte değerlendirilmesiyle ileride sunulacaktır.

Deprem Araştırma Dairesinde de en az on adet taşınabilir aletlere sahip artçı deprem araştırma grubunun oluşturulması yararlı olacaktır.

**TÜRK-ALMAN İŞBİRLİĞİ DEPREMLERİN ÖNCEDEN
KESTİRİLMESİ (ÇOKLU-PARAMETRE İSTASYONLARI)
DEPREM HABERCİLERİ**

Ramazan DEMİRTAŞ
Deprem Araştırma Dairesi

Bu bölümde, dünyada olmuş büyük depremlerden önce çok sık olarak gözlenen deprem habercilerinden bahsedilmektedir.

Deprem Habercileri

Yerkabuğu içerisindeki yamulma-miktarının anlaşılması ve yer-zaman boyutunda büyük depremlerin düzenli aralıklarla yinelenmesi, yakın gelecekte deprem oluşturma potansiyeli çok yüksek olan ve arada kırılmadan kalan sismik boşlukların belirlenmesine yardımcı olmuştur.

Son yıllarda depremlerin önceden kestirilmesi çalışmalarında, sismik olarak aktif kıtasal alanlarda kabuk içerisindeki kayaçlarda, fiziksel parametrelerin düzensiz değişimlerinin ölçülmesi hedeflenmiştir. Bu parametrelerdeki uzun-sürelili değişimleri izlemek amacıyla özel algılama aygıtları kurulmuştur. Bununla birlikte, ölçüm sayıları sınırlı kalmış ve şimdiye kadar elde edilen sonuçlar üzerinde bazı uyumsuzluklar gözlenmiştir. Bazen bir yerel depremden önce, olağan olmayan davranışlar farkedilmiştir; bazen de hiç bir şey gözlenememiştir. Diğer yandan, bazı değişimler ise bir depremin habercisi olmamıştır. Aşağıda beş önemli deprem habercisi sıralanmıştır. Bunlar;

- 1- P dalgası hızı,
- 2- Zemin yükselimi ve tilting,
- 3- Kuyularda radon gazı çıkışı,
- 4- Kayaçlardaki öz-direnç değişimleri ve
- 5- Deprem sıklık sayısıdır.

Bir kasırgadan önceki havada olan bazı değişiklikler gibi, ana fay boyunca bir kayma başlamadan önce de kayaçların elastik özelliklerinde bazı değişiklikler oluşur. Bu değişiklikler, faydaki kırılmadan saatler ya da aylar öncesinde izlenebilir. Kaya mekaniği laboratuvarı çalışmaları, suya doygun kayaçlarda, basınç artarken, kayacı zayıflatan küçük kırıkların geliştiğini, gözeneklerin suyla dolduğunu ve tüm kayaç içinde yayıldığını göstermiştir. Saha çalışmaları ile ilgili birkaç önemli gözlem şöyledir; kayaç, hacim olarak genişlemektedir, çözücü gazlar yüzeye doğru kaçış yolları bulmaktadır, P dalgasının hızı S dalgasından farklı olarak değişmektedir ve su kayaçların öz-direncini değiştirmektedir.

Not: Bu bölüm Demirtaş (1999a)'dan alınmıştır

Bu parametreler nasıl deprem habercisi olarak kullanılabilir?

P Dalgası Hızındaki Değişimler

P ve S- dalgalarının seyahat zamanlarında, saniyenin yüzde biri kadar değişimler modern sismograflarca kolaylıkla ölçülebildiği için, P-dalgasındaki değişimler son derece önem taşır. P ve S-dalgaları, odak bölgesi içerisindeki daha küçük manyitüdü depremler, ya da odak bölgesi dışındaki daha büyük manyitüdü depremler tarafından, patlatmalar ve/ya da mekanik darbe ile üretilebilir. ABD'de, San Andreas Fayı boyunca oluşan çok sayıda küçük ve orta büyüklükteki depremlerden önce seyahat zamanlarında önemli değişimler görülmüştür.

Tilt

Diri faylar yakınında zemin tiltlenmesi şeklinde zemin seviyesindeki değişimlerdir. Birkaç bölgesel ölçekte yükselimin olduğu alanda yapılan çalışmalar, bu tür ölçümlerin güvenilirliği hakkında kesin olmayan bilgiler vermiştir.

Radon vb. Gazlar

Diri faylar boyunca, özellikle derin kuyulardan radon ve diğer gazların atmosfere yayılmasıdır. Sovyetler Birliği'nin (şimdiki BDT) bazı bölgelerinde depremlerden önce önemli derecede artan radon yoğunlaşması saptanmıştır. Normal olarak, suskun dönemlerde, diri fay zonlarında özellikle yapısal olarak zayıf olan fay bükümü ve kesişme alanlarında yoğunlaşan bazı gazlar bulunmaktadır. Toprakta, havada ve yeraltı-suyundaki radon gazı yoğunlaşmasında değişimler, büyük bir depremin hem birkaç km'lik dış merkez bölgesinde, hem de yüzlerce km uzaklıktaki alanlarda saptanır. Radon gazının yoğunlaşmasındaki düzensiz dalgalanmalar, depremden önce, sonra ve hiç deprem olmayan bölgelerde ayrı ayrı ölçülür. Jeolojik ortamlar, değişken oldukları için, gaz yoğunlaşmasındaki normal değişimlerin deprem habercisi olup olmadığını belirlemek mümkün olamamaktadır.

Kayaçların Elektrik İletkenlik'lerindeki Değişimler

Kayaçların elektrik iletkenlikleri; Yüksek basınç üreten cihazlarda, kayaç örneklerinde yapılan laboratuvar deneyleri, granit gibi suya doygun kayaçların özdirençlerinin, kaya kırılmadan önce çok fazla değiştiğini göstermiştir. Fay zonları boyunca, bu özelliği belirlemek için birkaç saha deneyi yapılmış ve depremden önce kayaçların özdirençlerinin azaldığı gözlenmiştir. Diğer bazı saha çalışmaları ise hiç bir değişikliğin olmadığını göstermiştir.

Sismisite Oranındaki Değişimler

Bu parametre, önceki dört parametreye göre daha çok bilgi sağlamaktadır; ancak sonuçlar kesin değildir. Bir bölgede arada bir normal deprem

oluşumlarından çok farklı değişimler gözlenebilir. Bu değişimler, genellikle küçük deprem sayısındaki artışlarla ilgilidir. Bu tür depremler bazen, hasar yapıcı bir depremin öncüsü olabilir. Bu öncül depremlere dayanan ilk başarılı tahminler İtalyan sismologlar tarafından gerçekleştirilmiştir. İtalya'nın kuzeyinde Friuli bölgesinde, 6 Mayıs 1976 tarihindeki bir ana şoktan sonra oluşan artçı-depremlerin sayısı ve büyüklüğü araştırılmıştır. 1976 yılı Eylül ayı başlarında bölgede günlük deprem sayısında önemli artışlar gözlenmiştir. Bu gözleme dayanarak, dayanıklılığı kuşkulu olan binalarda yaşayan insanların dışarıda veya çadırlarda yaşaması için genel bir uyarı ilan edilmiştir. 15 Eylül 1976 tarihinde (saat 5:15 suları) $M_s=6.0$ büyüklüğünde büyük bir artçı-deprem olmuş, çok sayıda dayanıksız bina çökmüş ve deprem en az can kaybı ile atlatılmıştır.

Deprem Zararlarının azaltılması çalışmalarına paralel olarak, depremlerin önceden kestirilmesi çalışmaları da yürütülmelidir. Depremlerin önceden kestirilmesi çalışmalarında son derece güvenilir bilgilerin derlenmesi ve eski Sovyetler Birliği ve Çin'de gerçekleştirilmiş olan, depremlerin önceden kestirilmesi programları dikkate alınmalıdır. Bu, sözü edilen yerkabuğundaki tiltlenme ve yükselmeler, su seviyesi değişimleri, jeomanyetik ve elektrik ile sismisitedeki yer-zaman dağılımları ve anormal hayvan davranışları gibi deprem habercileri sürekli olarak izlenmelidir.

17 AĞUSTOS 1999 İZMİT KÖRFEZİ DEPREMİ:

TÜRK-ALMAN İŞBİRLİĞİ DEPREMLERİN ÖNCEDEN KESTİRİLMESİ (ÇOKLU-PARAMETRE İSTASYONLARI) 17 AĞUSTOS 1999 DEPREMİ ÖNCESİ ve SONRASI TİLT ÇALIŞMALARI

Nur UMUTLU
Deprem Araştırma Dairesi

Dünyada büyük depremlerden önce kabukta yamulmaların meydana geldiği birçok olay gözlenmiştir. Örneğin 1983 Japon Denizi depreminden birkaç yıl önce deniz seviyesinde önemli değişimler olmuştur (Miura vd. 1989). Bu depremden 5 yıl önce bir deprem fırtınası gözlenmiştir. Ayrıca tilt kayıtlarında depremden önce yavaş yavaş değişen deprem habercisi olabilecek anormal sinyaller izlenmiştir .

Deprem habercisi olaylar (tilt, deformasyon, su seviyesi değişimleri, radon gazı, öncü şoklar, deniz seviyesi değişimleri, manyetik, rezistivite, P/S hızlarındaki değişimler gibi) sürekli gözlemlendiği takdirde bölgenin deprem öncesi tüm özellikleri hakkında bilgiler elde edilebilir. Bu tür bilgiler, deprem potansiyeli yüksek olan bölgelerde gelecekte olabilecek depremlerin davranışlarını açıklamak için de büyük önem taşımaktadır. Deprem sonrasında da bu habercisi olayların nasıl değiştiğini anlamak için, en azından etkinlikler bitene kadar çalışmaların sürdürülmesi gerekmektedir.

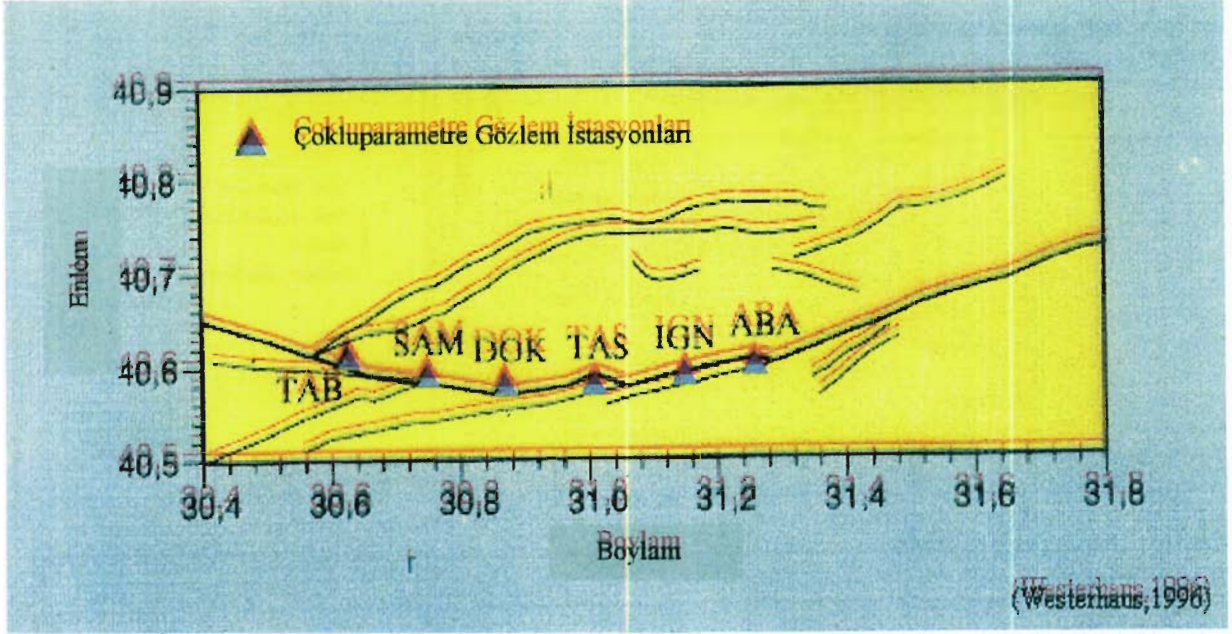
Bu çalışmada, Türk-Alman İşbirliği " Depremlerin Önceden Bilinmesi Projesi kapsamında yürütülen disiplinlerden biri olan Tilt Deneyi hakkında kısa bir bilgi verdikten sonra 17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi depremi öncesi ve sonrası kayıtlardaki değişimler ve birbirleriyle karşılaştırılması sunulacaktır.

Tilt Çalışmaları

Tilt çalışmaları, Kuzey Anadolu Fay Zonunun batı kesiminde Mudurnu Vadisi'nde 1984' den beri yürütülmektedir. Deprem öncesi, esnası ve sonrasındaki çalışmaları kapsayan tilt çalışmaları, deprem habercisi olabilecek kabuktaki yamulmaları ve eğim değişikliklerini belirlemek amacıyla yapılmaktadır. Kabuk hareketleri, tiltmetre, strainmetre ve ekstensometrelerle gözlenebilmektedir.

Çokluparametre Gözlem İstasyonları; tilt, yeraltı su seviyesi, yağış miktarı, hava basıncı, havanın nemi, toprak ve yeraltı su sıcaklığı gibi değişik parametrelerinin ölçüldüğü istasyonlardır. Bu istasyonlar, Mudurnu Vadisi boyunca (doğudan batıya doğru) Abant, İğneciler, Taşkesti, Dokurcun, Samanpazarı ve Taşburun yörelerine yerleştirilmiştir (Şekil 1). Şekil 2, Çoklu

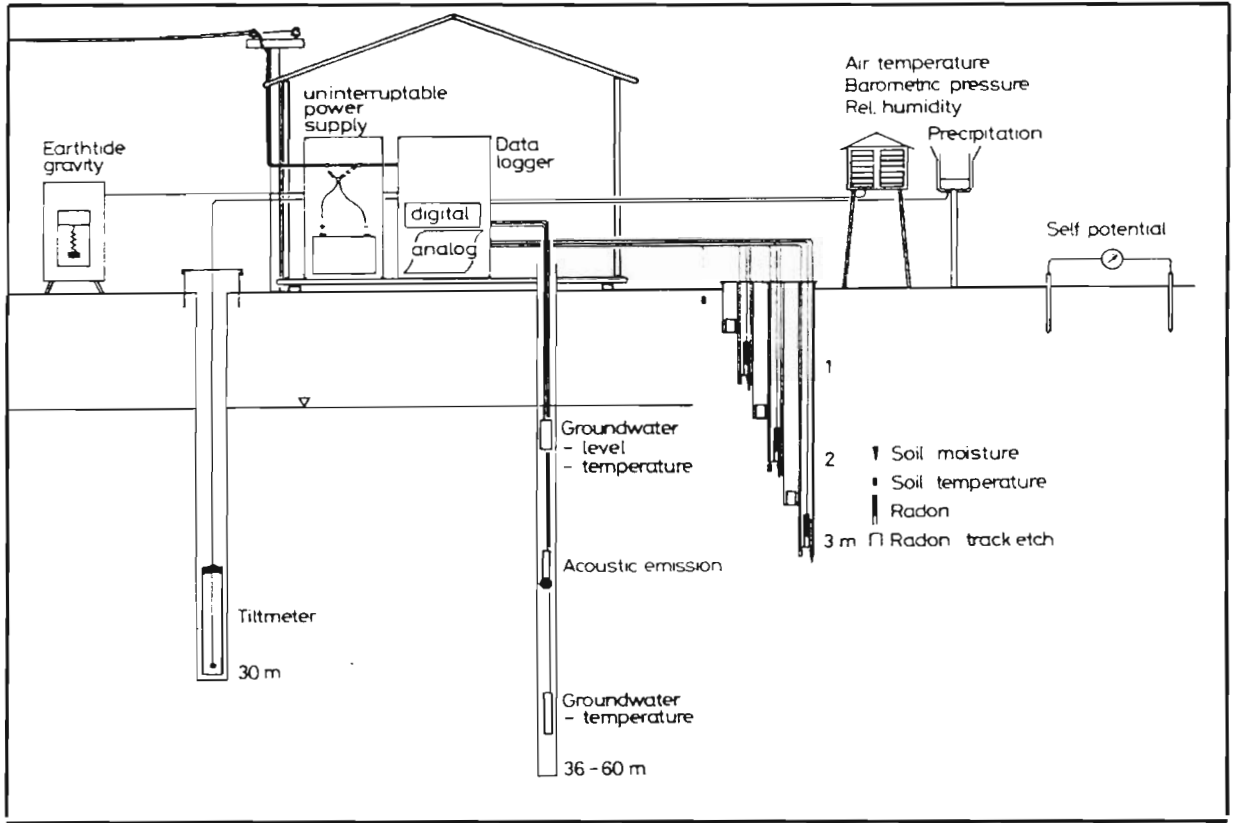
Parametre İstasyonlarından birisinin yerleşim planını göstermektedir. İstasyonlar arasındaki uzaklıklar yaklaşık 12 km olup, her bir istasyonda 30 m derinliğinde tiltmetre kuyusu bulunmaktadır. Tiltmetre kuyuları 12 cm çapındadır. Askania tipi düşey sarkaç tiltmetresi kullanılmakta olup, hassasiyeti 0.2 msn (1nradyan)' dir. Bu yüzden tiltmetreler kabuktaki en küçük bir eğilmeyi bile (tilti) ölçebilmektedir.



Şekil 1. Çoklu Parametre İstasyonlarının Mudurnu Vadisi segmenti boyunca dağılımları
TAB (Taşburun), SAM (Samanpazarı), DOK (Dokurcun), TAS (Taşkesti), IGN
(İğneciler) ve ABA (Abant).

Yeraltı suyu ölçümleri, her istasyondaki özel kuyularda gözlenmektedir. Bu kuyular, tiltmetre kuyularından yaklaşık 3 m uzaklıkta ve derinlikleri 36m (Dokurcun) ile 60m (Taşkesti) arasında değişmektedir. Bu kuyularda 5cm'lik PVC boruları yerleştirilmiş ve alttan 2m'lik (sadece Taşburun istasyonunda 4m'dir) kısımları filtrelenmiştir. Kuyu ile boru arası, filtreli kısım boyunca kazı yapılarak çıkarılmış akarsu çökelleri (kum ve çakıl) ile yeniden doldurulmuştur.

Çoklu parametre Gözlem İstasyonları'nda (şekil 3, 4 ve 5); iki dakika örnekleme aralığı ile tilt-KG bileşeni, tilt-DB bileşeni, yeraltı su seviyesi, hava basıncı ve on dakika örnekleme aralığı ile yağmur miktarı, yeraltı su sıcaklığı, havanın nemi, hava sıcaklığı ve toprak sıcaklığı ölçülmektedir. Veriler analog ve sayısal olarak alınmaktadır. Bu parametrelerin birbirleri ile olan ilişkileri deprem öncesi ve sonrasında meydana gelecek değişimlerin anlaşılması açısından büyük önem taşımaktadır. Böylelikle yapılacak tahminlerin güvenilirliği de o derece artmaktadır.



Şekil 2. Çokluparametre Gözlem İstasyonu yerleşim planı.

17 Ağustos 1999 depremi ve tilt çalışmaları

17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi depremi öncesi ve sonrasını kapsayan kısa bir sürede değişimlerin olup olmadığını anlamak için 30.06.99 ve 31.08.99 tarihleri arasındaki iki aylık kayıtlar incelenmiştir. Bu amaçla, hava basıncı ve yeraltı su seviyesi değişimlerini gözlemek için 31.07.1999-31.08.1999 tarihleri arasında Dokurcun istasyonundan ve 03.07.1999-11.09.1999 tarihleri arasında Abant istasyonundan kaydedilmiş bilgiler analiz edilmiştir. Tilt, hava basıncı, yeraltı su seviyesi ve günlük yağış miktarı değişimleri karşılaştırılmıştır. Bazı istasyonlardaki teknik problemlerden dolayı bazı parametre kayıtları alınamamıştır.



Şekil 3. Çokluparametre Gözlem istasyonu (Taşburun).

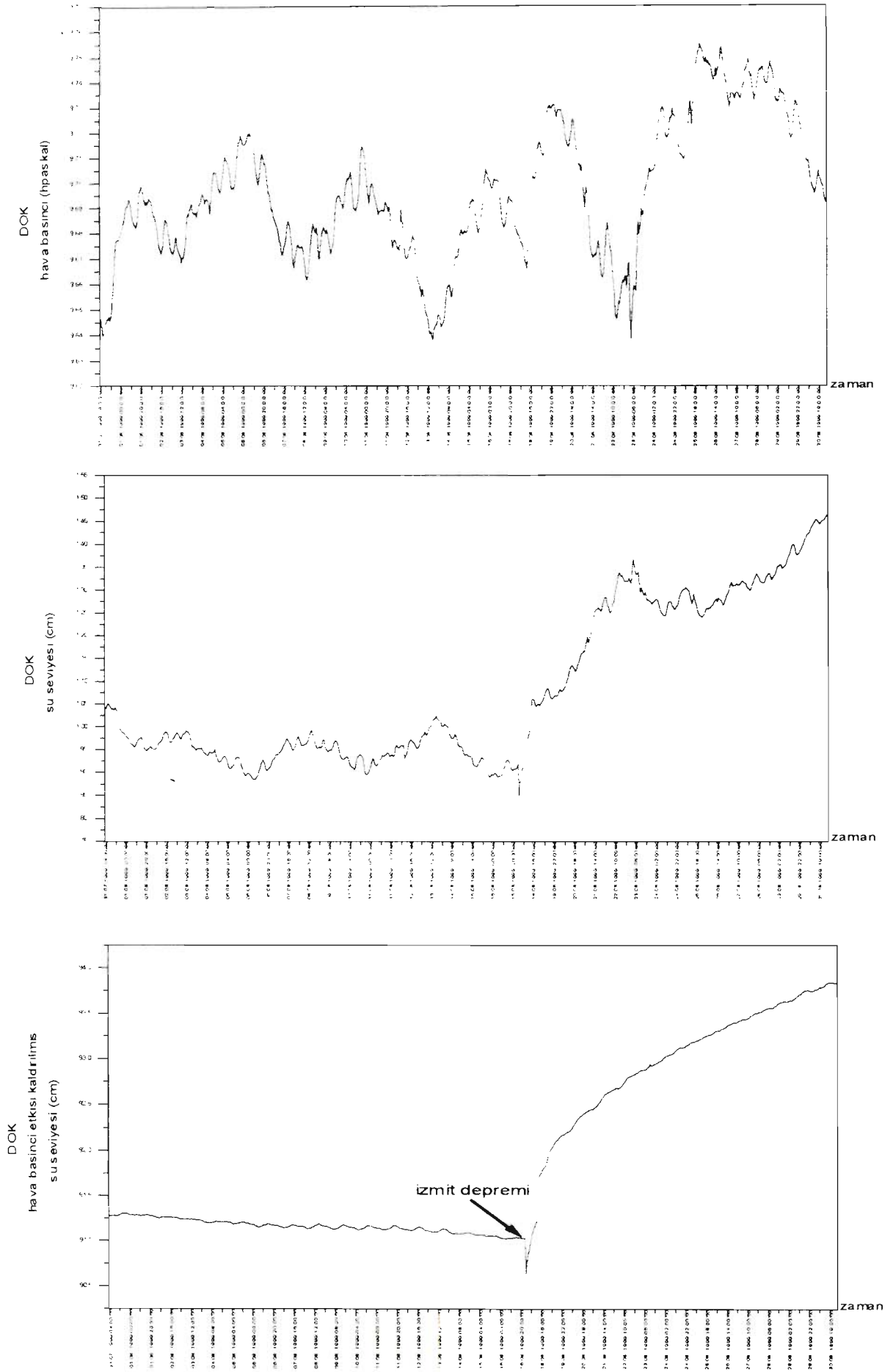


Şekil 4. Tiltmetre analog kayıtçısı ve veri kaydedicisi.

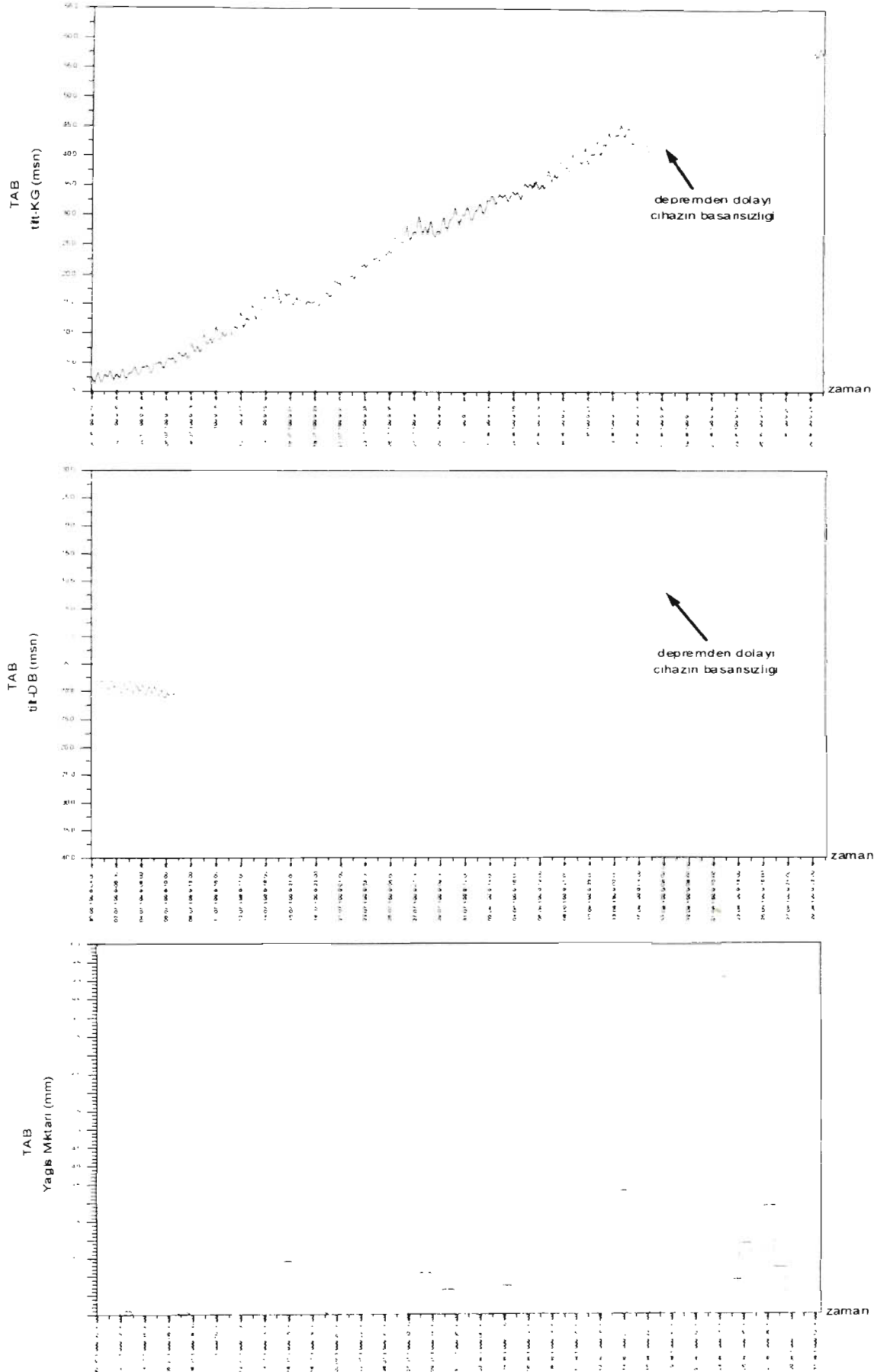


Şekil 5. Yağmur-ölçer, nem-ölçer ve sıcaklık-ölçer.

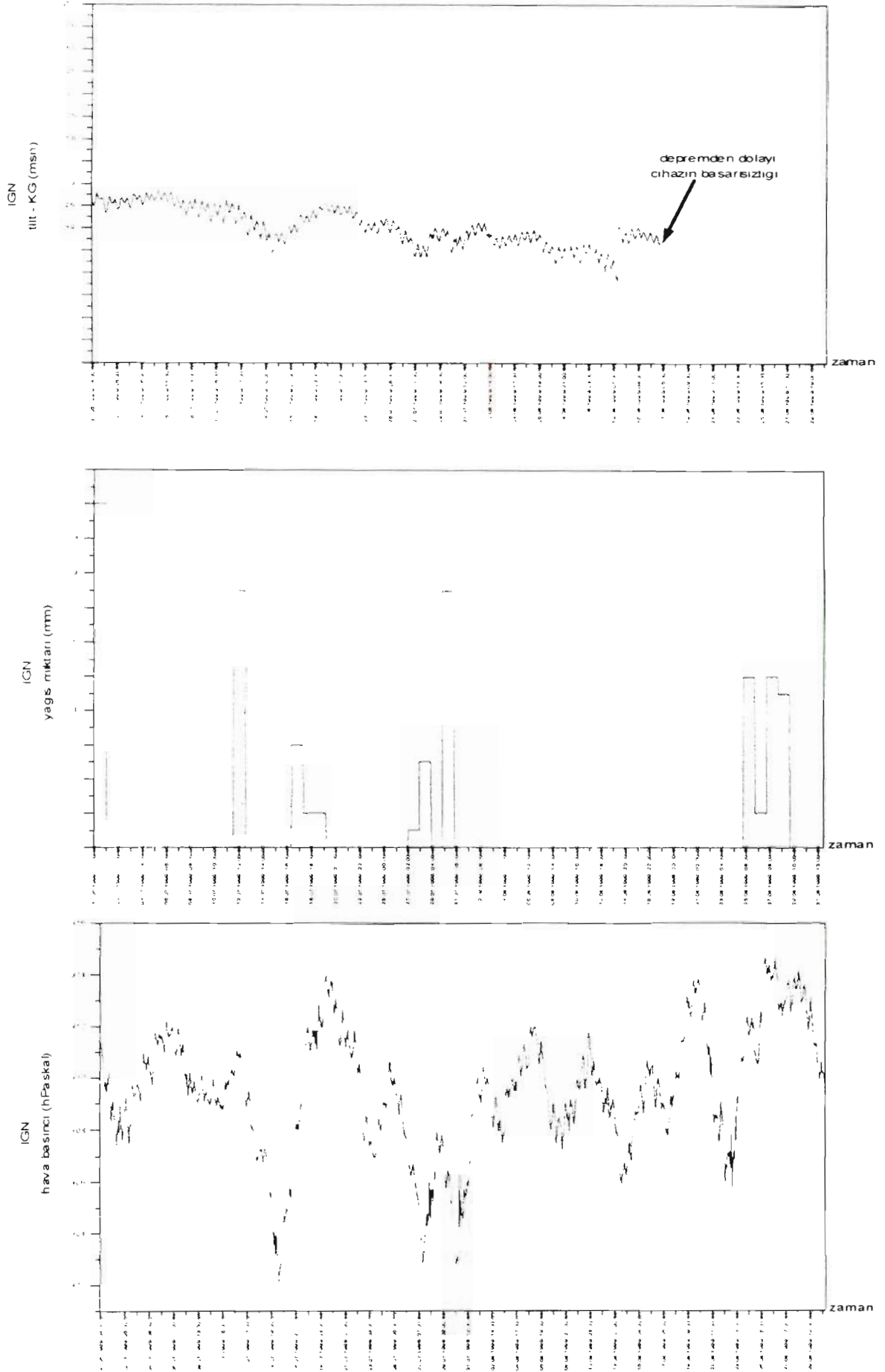
Şekil 6. Dokurcun (DOK) istasyonunda yeraltı su seviyesi ve hava basıncı değişimleri.



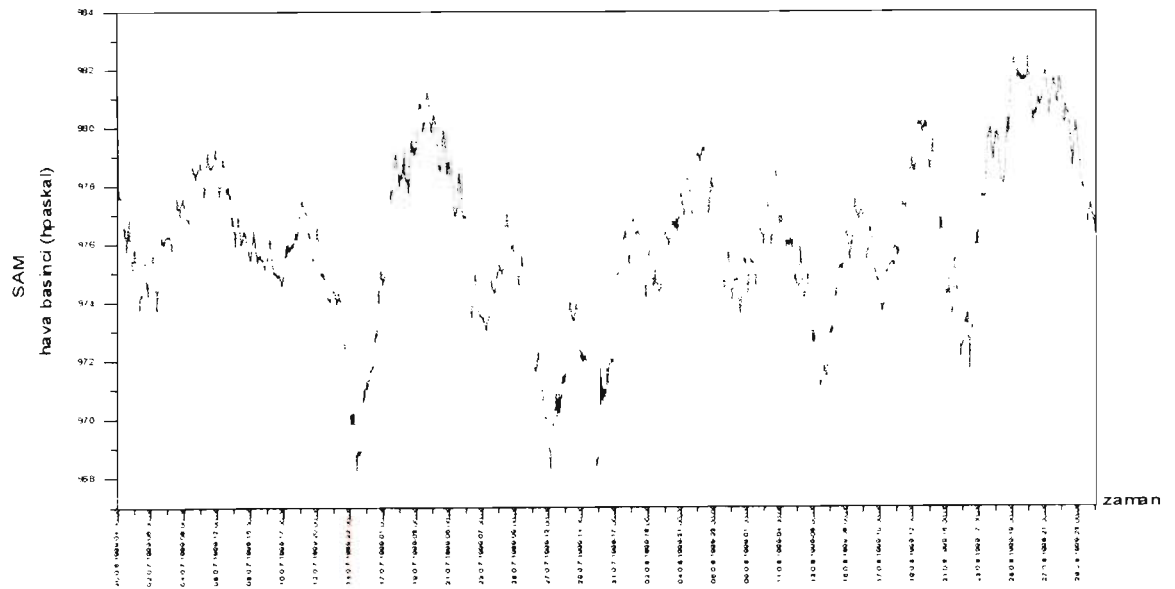
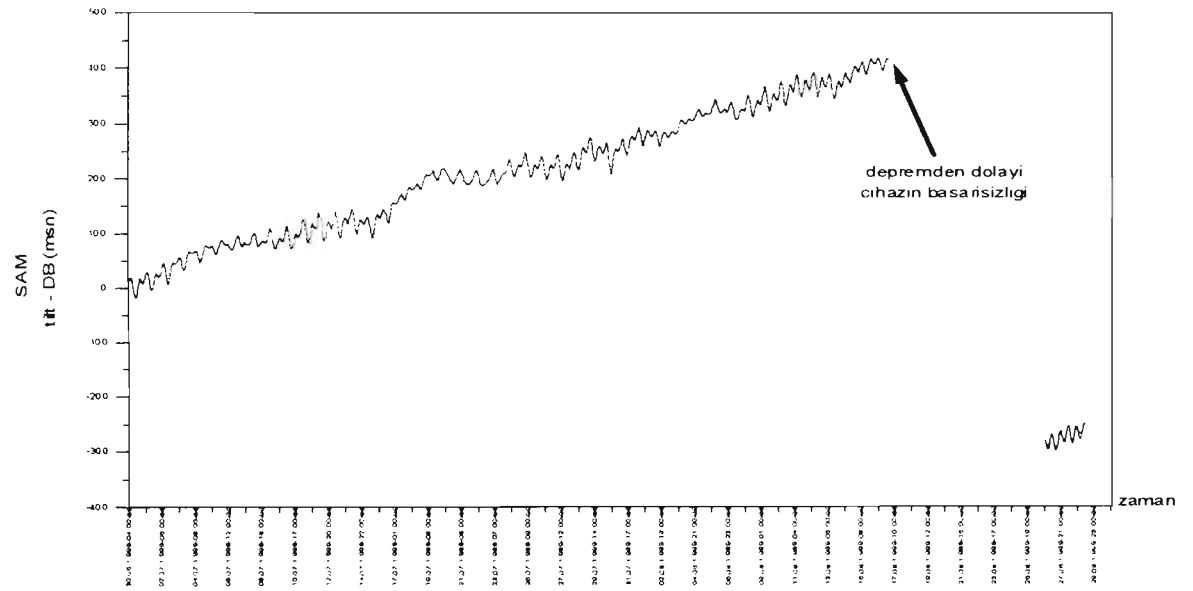
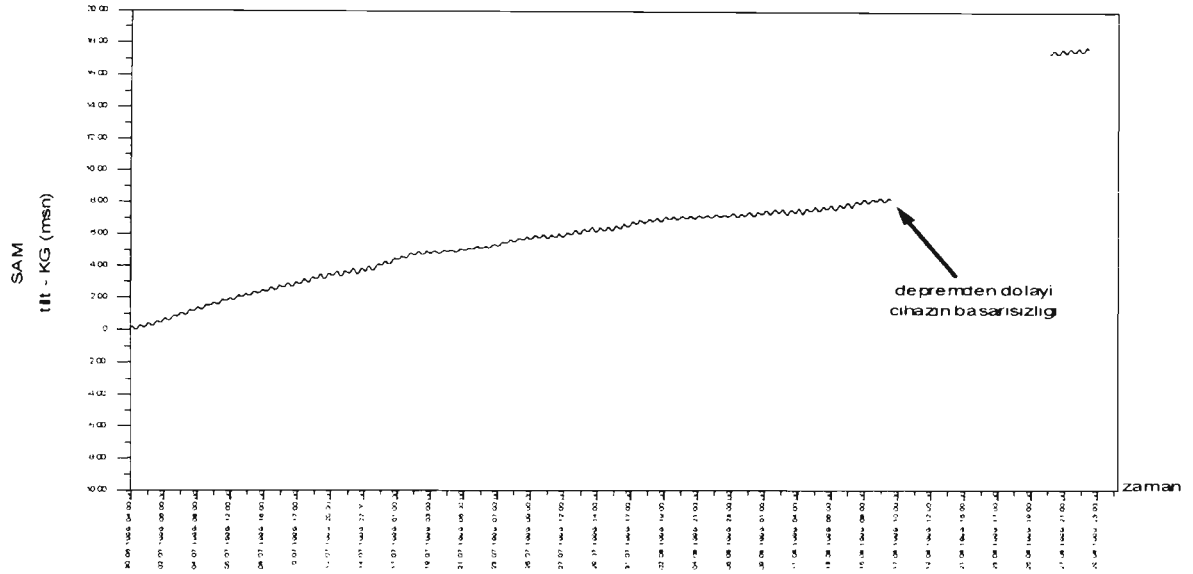
Şekil 7. Taşburun (TAB) istasyonunda tilt ve yağış miktarı değişimleri.



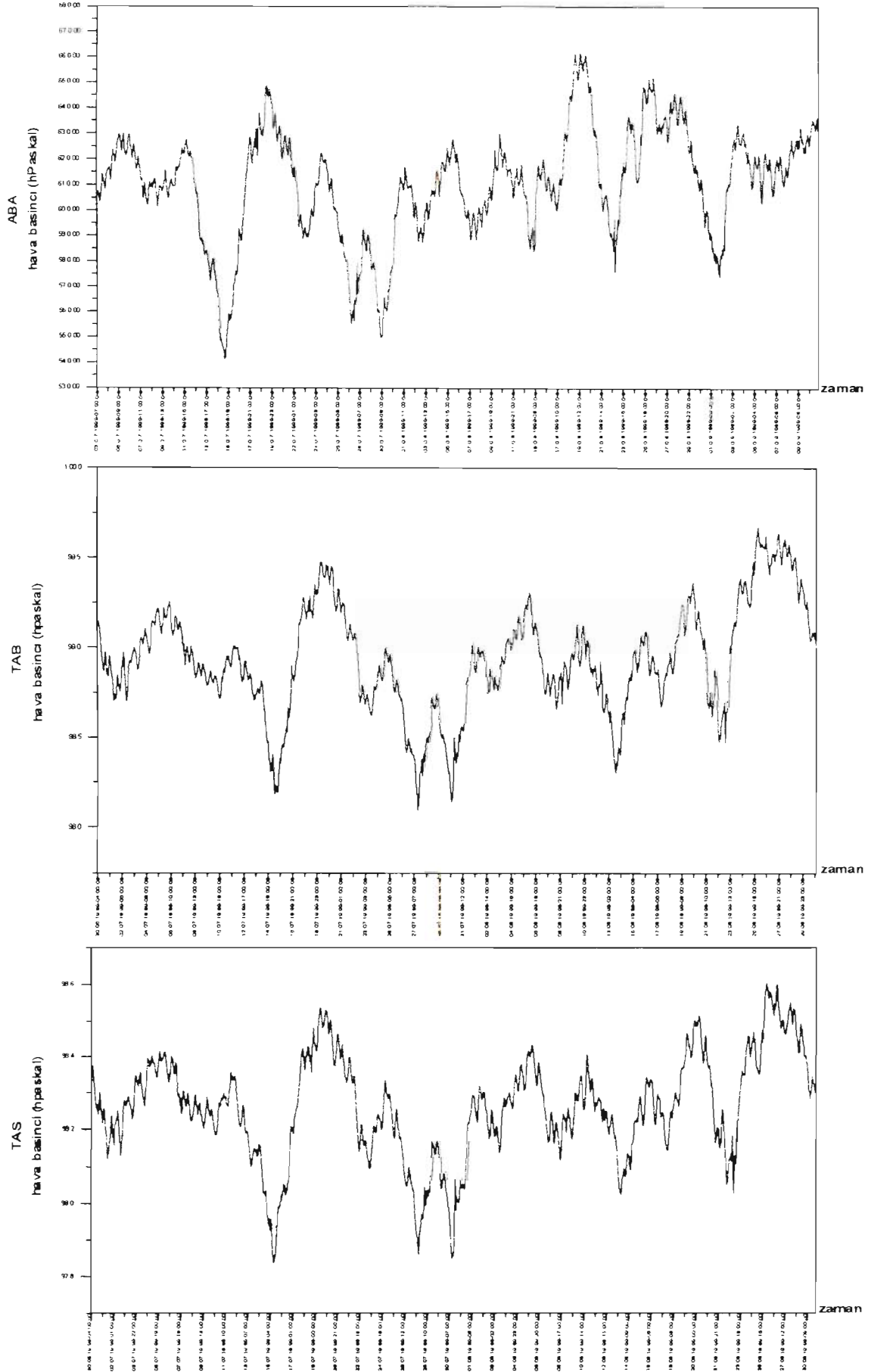
Şekil 8. İğneciler (IGN) istasyonunda tilt, hava basıncı ve yağış miktarı değişimleri.



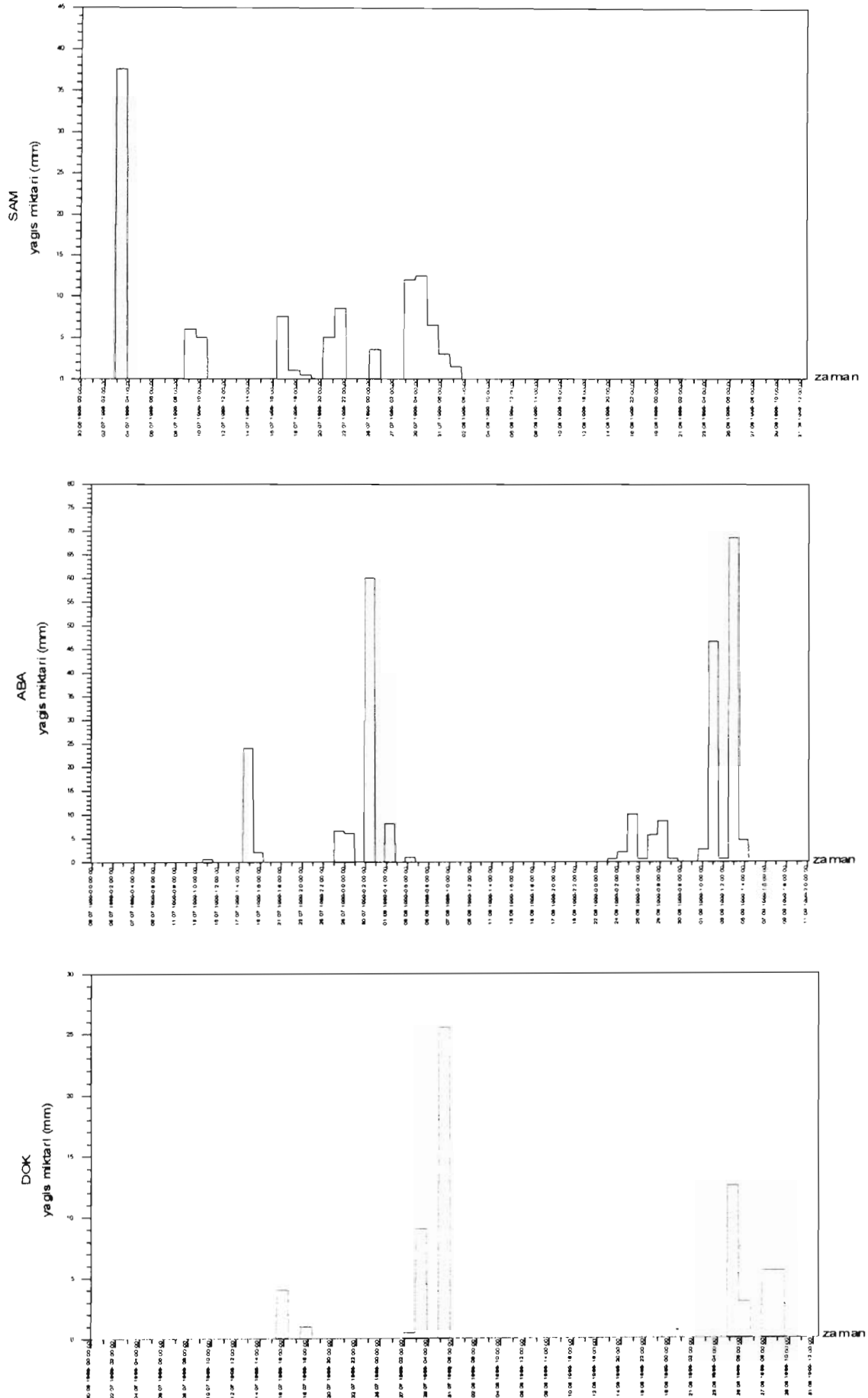
Şekil 9. Samanpazarı (SAM) istasyonunda tilt ve hava basıncı değişimleri.



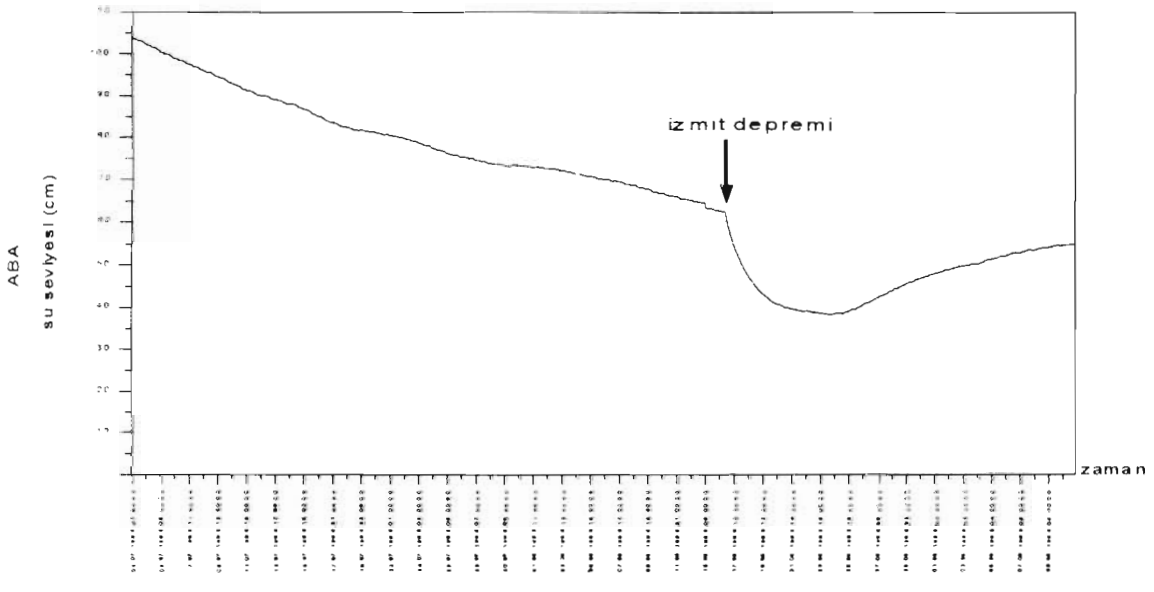
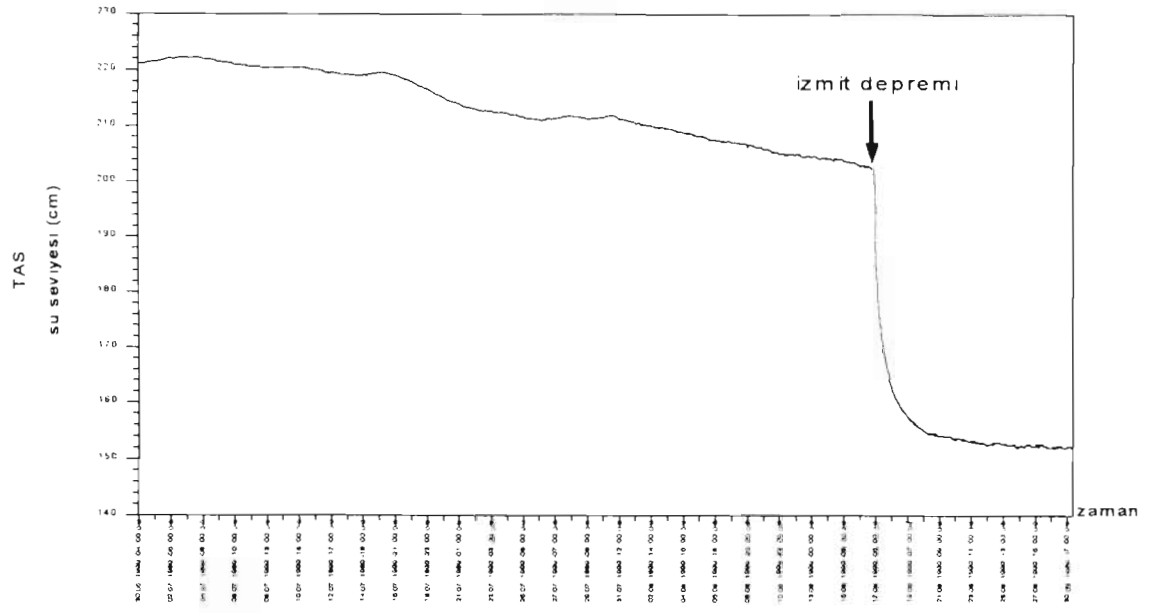
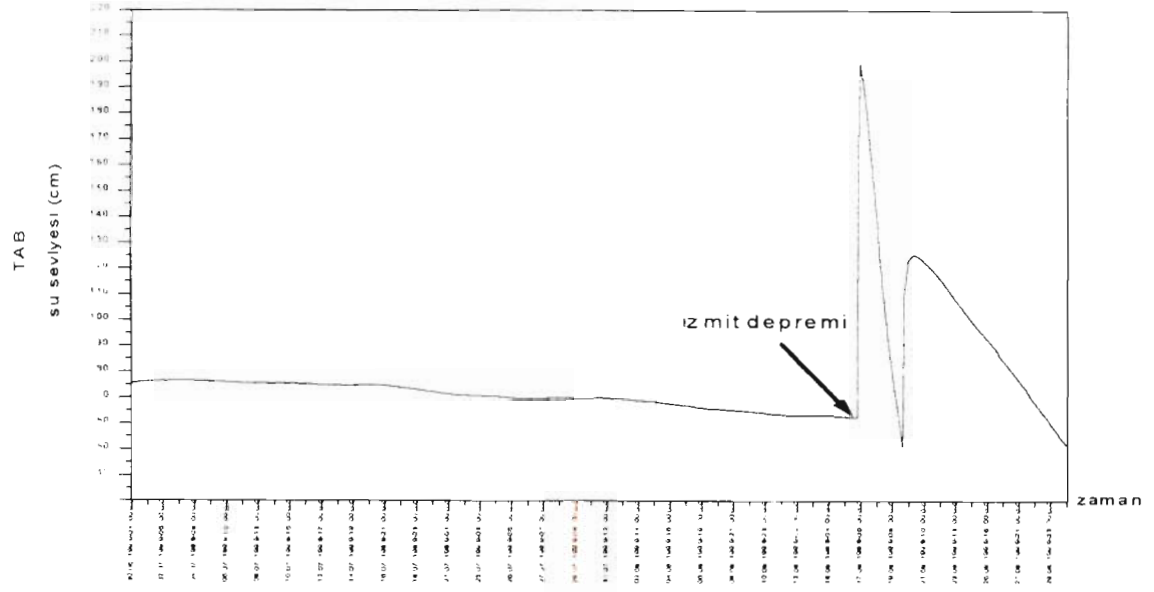
Şekil 10. Abant (ABA), Taşburun (TAB) ve Taşkesti (TAS) istasyonlarında hava basıncı değişimleri.

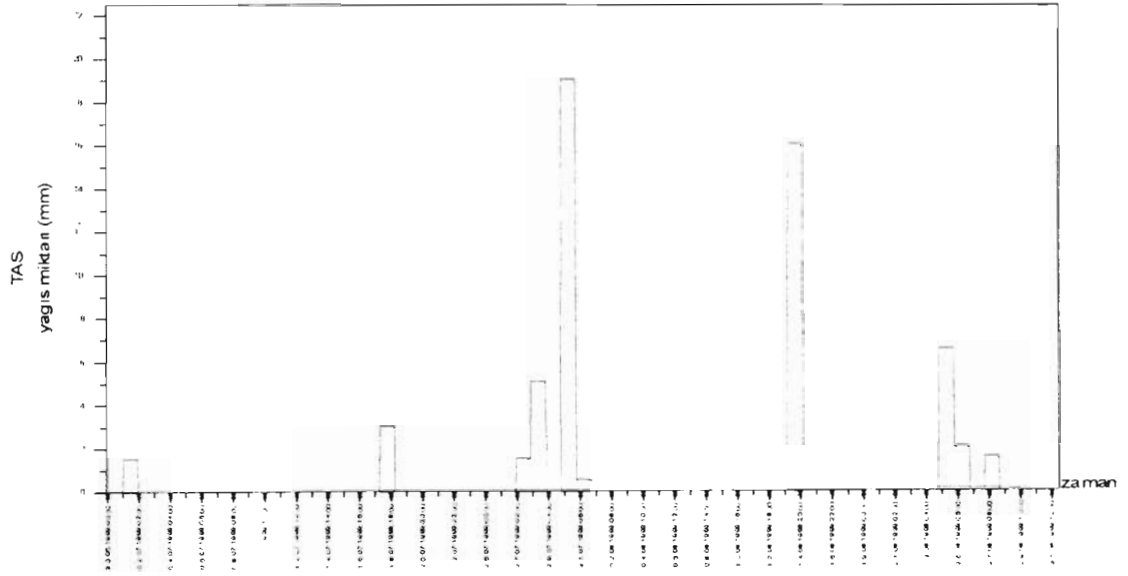


Şekil 11. Samanpazarı (SAM), Abant (ABA) ve Dokurcun (DOK) istasyonlarında yağış miktarı değişimleri.



Şekil 12. Taşburun (TAB), Taşkesti (TAS) ve Abant (ABA) istasyonlarında yeraltı su seviyesi değişimleri.





Şekil 13. Taşkesti (TAS) istasyonunda yağış miktarı değişimi.

Şekil 6'da, Dokurcun istasyonundaki hava basıncı ve yeraltı su seviyesinin birbirleri ile uyumlu olduğu görülmektedir. Bu parametreler birbirleri ile karşılaştırılıp, yeraltı su seviyesi değişimlerinden hava basıncı etkisi çıkarıldığında, yeraltı su seviyesinin değişimi daha net olarak görülmektedir.

Şekil 7, Taşburun istasyonundaki tiltmetre kayıtlarını ve yağış miktarını göstermektedir. Kayıtlarda depremden yaklaşık üç gün önce farklı bir anomalinin olduğu görülmektedir. Bu etki, yağış miktarından kaynaklanabilir. Özellikle tiltmetreler çok sığ derinliklere yerleştirilirse, aşırı yağışlar hızlı tilt değişimlerine neden olabilir. Şekil 8'deki İğneciler istasyonunun tiltmetre kayıtlarına bakıldığında burada da depremden yaklaşık dört gün önce farklı bir anomali olduğu görülmekte ancak deprem öncesinde yağış olmadığı dikkati çekmektedir. Ayrıca Şekil 9'daki Samanpazarı istasyonunun tiltmetre kayıtlarına bakıldığında Taşburun ve İğneciler istasyonlarındaki gibi bir anomalinin olmadığı görülmektedir. Fakat Şekil 11'de Samanpazarı istasyonundaki 03.07.99 tarihindeki yağışın, Taşburun istasyonundaki 14.08.99 tarihindeki yağışla hemen hemen aynı hatta biraz daha fazla olduğu gözlenmiştir. Buna karşılık Samanpazarı istasyonunun tiltmetre kayıtlarında bu tarihte yağıştan kaynaklanan bir etki görülmemektedir. Bu nedenle, Taşburun istasyonunda tilt kayıtları üzerine yağışın etkisi görülmemektedir. Ayrıca, depremden sonra cihazın arızalanması nedeniyle kayıtların tamamı görülememektedir.

Şekil 10, Abant, Taşburun ve Taşkesti istasyonlarındaki hava basıncı değişimlerini, şekil 11 ve 13 de Samanpazarı, Abant, Dokurcun ve Taşkesti istasyonlarındaki yağış miktarı değişimlerini göstermektedir.

Şekil 12, Taşburun, Taşkesti ve Abant istasyonlarındaki yeraltı su seviyesi değişimlerini göstermektedir. Şekil 6' daki Dokurcun istasyonu ve şekil 12' deki istasyonların yeraltı su seviyesi değişimleri karşılaştırıldığında, Taşburun dışındaki istasyonlarda yeraltı su seviyesinin deprem olduğu anda azaldığı görülmüştür. Bu istasyonda yeraltı su seviyesi farklı bir karakter göstermiş, deprem anında artmıştır.

Sonuçlar ve Öneriler

17 Ağustos 1999 depremi öncesi kayıtlardaki şüpheli tilt sinyalleri, depremlerden önce artan deformasyon değişimlerinin bir sonucu olabilir. Bunlara meteorolojik, insan yapımı değişimler ya da diğer mekanizmaların neden olup olmadığı araştırılmalıdır. Ayrıca deprem tahmini çalışmalarında kısa vadedeki değişimler uzun dönemdeki değişimlere dayandırılarak yapılmalıdır.

Depremlerin önceden belirlenebilmesi; gerek aletlerin yetersizliği, sürekli ölçümlerin alınamaması, gerekse alınan ölçülerin duyarlılığının yeterince güvenilir olmayışı nedeniyle bu güne kadar pek mümkün olmamıştır (Umutlu, 1999). Ancak bu çalışmada sürekli ölçümler yapılmasına rağmen, verilerin ayda bir alınması nedeniyle günlük değişimler izlenememiştir. Bu da göstermiştir ki sürekli yapılan gözlemler bir noktaya kadar yeterli olmaktadır. Bu gözlemler anında izlenebildiği ve diğer disiplinlerle birlikte kapsamlı çalışmalar yapıldığı takdirde daha iyi sonuçlara ulaşılabilir.

Deprem riski taşıyan bölgelerde deprem öncesi çalışmaların başlatılması gerekliliği, bu depremle bir kez daha anlaşılmıştır ve depremden sonra yapılan çalışmaların yetersizliği gözler önüne serilmiştir.

Bir diğer nokta da toplanan ve toplanacak verilerin kısa sürede olmasa bile uzun dönemde deprem bilimcilerini tahmin konusunda önemli yerlere getireceği gerçeği unutulmamalıdır. Bu durumda depremin vereceği muhtemel tüm zararlar en aza indirilecektir.

Kısacası, çok boyutlu bir sorun olan depreme çok boyutlu bakabilmeyi öğrenmek gerekmektedir.

17 AĞUSTOS 1999 İZMİT KÖRFEZİ DEPREMİ:

TÜRK-ALMAN İŞBİRLİĞİ DEPREMLERİN ÖNCEDEN KESTİRİLMESİ (ÇOKLU-PARAMETRE İSTASYONLARI) 17 AĞUSTOS 1999 DEPREMİ SONRASI MANYETO-TELLÜRİK ve GPS ÇALIŞMALARI

Ünal DİKMEN
Deprem Araştırma Dairesi

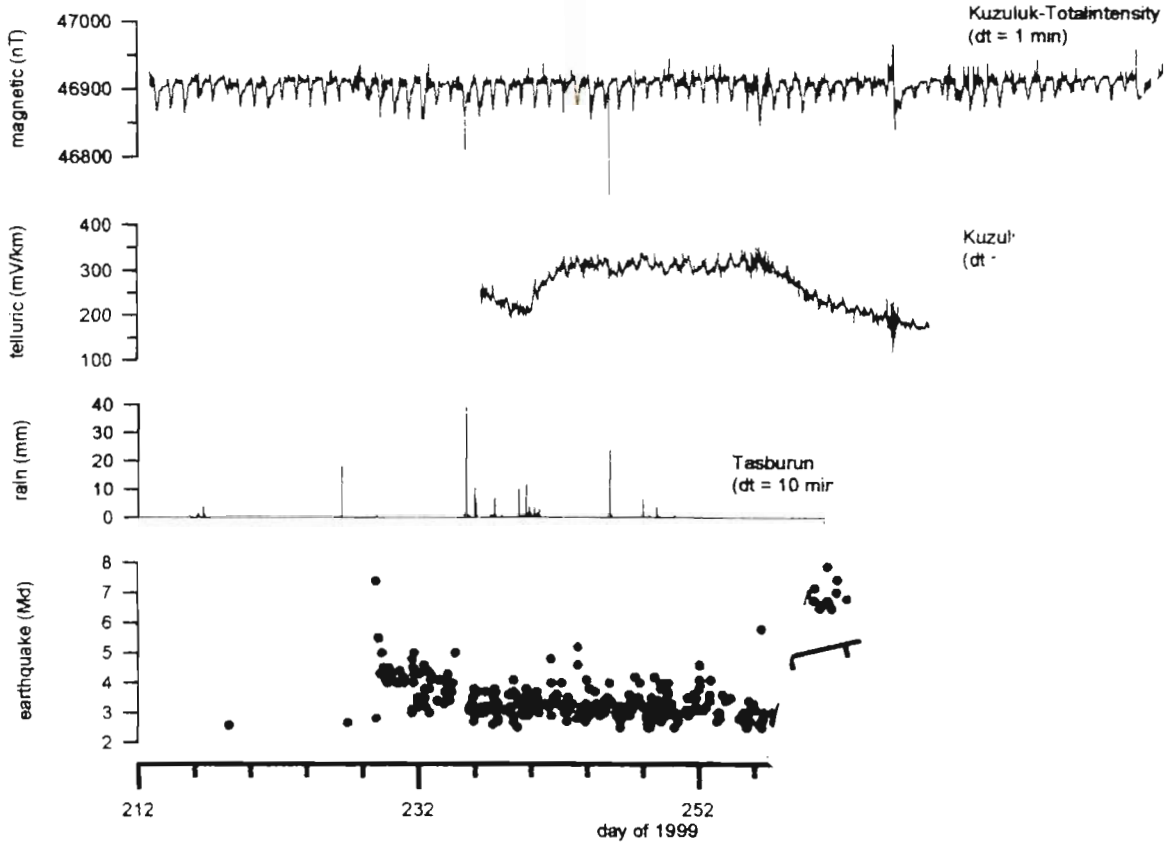
Çalışma alanı, 1984 yılında başlayan ve halen devam etmekte olan "Türk-Alman Ortak Projesi" kapsamında seçilmiş Bolu-Adapazarı yöresidir. Bölgede yıllardır çeşitli nedenlerden ileri gelen olumsuzluklara rağmen başta jeolojik yöntemler olmak üzere jeofizik, hidrojeolojik ve jeodezik ölçümler sürekli ya da periyodik olarak yapılmaktadır. Bu projenin İzmit Körfezi deprem bölgesi içinde olması nedeniyle, deprem öncesi ve sonrası bölgedeki sismik aktivite ile ilişkili çok sayıda veri elde edilmiştir.

Bu çalışmada sözü edilen proje kapsamında manyeto-tellürik ölçümlerden elde edilmiş verilere ilişkin sonuçlar ve 17 Ağustos 1999 depremi sonrası bu bölgede yapılan GPS (Global Positioning System) ölçüm sonuçlarından bahsedilecektir.

Manyetotellürik Çalışmalar

Çalışma alanında, Kuzuluk (Adapazarı), Yarbaşı (Bolu-Taşkesti) ve Gökören (Bolu-Taşkesti) köylerinde kurulmuş 3 adet manyetotellürik (MT) istasyonu bulunmaktadır. Bu istasyonlar sürekli kayıt yapabilmektedir. Manyetotellürik ölçümlerle 5 km ve daha derinlerdeki elektriksel değişimlerin incelenmesine çalışılmaktadır. 17 Ağustos 1999 depremi öncesi sadece Kuzuluk (MT) istasyonu çalışmıştır. Fakat bu istasyonda bulunan kayıt aletinin okuma kanallarının bozulması nedeniyle deprem öncesi kayıtlar okunamamıştır. Ayrıca manyetik sensörün arızası depremden bir hafta sonra Almanya' dan gerekli malzeme getirilerek giderilmiş ve istasyonda ölçüm yapılmasına tekrar başlanmıştır. Diğer istasyonlardaki benzer arızalar yüzünden cihazlar deprem öncesinden Almanya' ya gönderilmiştir. Bu nedenle 17 Ağustos 1999 depremi ile ilgili bölgede yapılan MT ölçüm sonuçları, yalnızca Kuzuluk istasyon verilerine ve ana şoktan sonraki sürece dayanmaktadır. Şekil 1, depremden bir hafta sonraki sürece ait tellürik (doğal akım) alanın kuzey bileşen değişimi ile Taşburun multiparametre istasyonundaki yağış değişimi ve Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesinden alınan 01.07.1999-01.09.1999 aralığındaki sismisite, manyetik verilerin karşılaştırılması sonucu bölgedeki sismik etkinliğe karşı manyetik, tellürik alanlardaki değişimlerin büyüklük, süresi gibi özellikleri göstermektedir. Ayrıca zamanla bölgedeki yağış miktarındaki değişimin bu iki alan üzerindeki etkisinin bulunup bulunmadığı ve miktarı araştırılmaya çalışılmıştır. Şekil 1'de görüldüğü gibi kayıt süresi boyunca tellürik

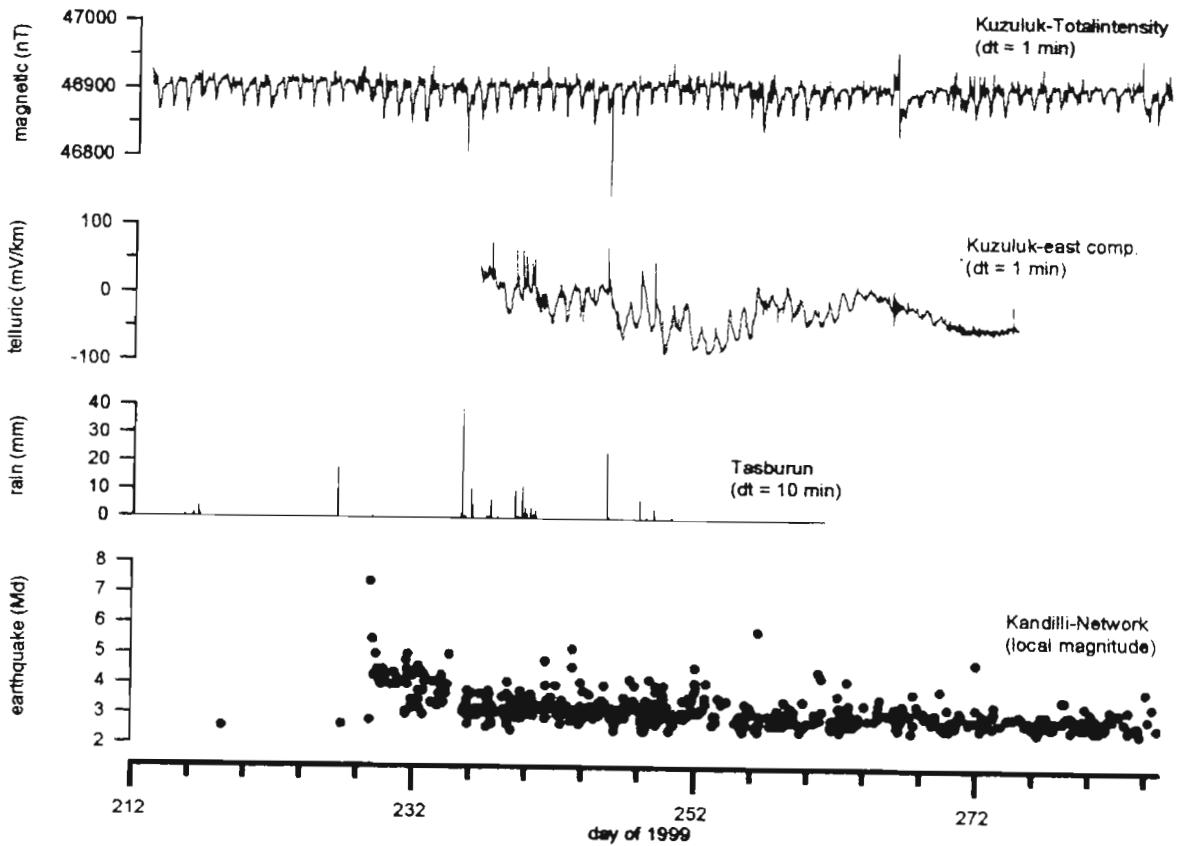
alan (kuzey bileşen) verileri ile sismik ve manyetik verileri arasında büyük bir değişim gözlenmemektedir. Özellikle sismik etkinliğin yoğun olduğu bu dönemde manyetik ve tellürik alan verileri üzerinde büyük bir değişimin olmaması şaşırtıcıdır. Yağış miktarındaki değişimlerin tellürik alan (kuzey bileşen) verileri üzerinde büyük bir etkiye sahip olmadığı görülmektedir.



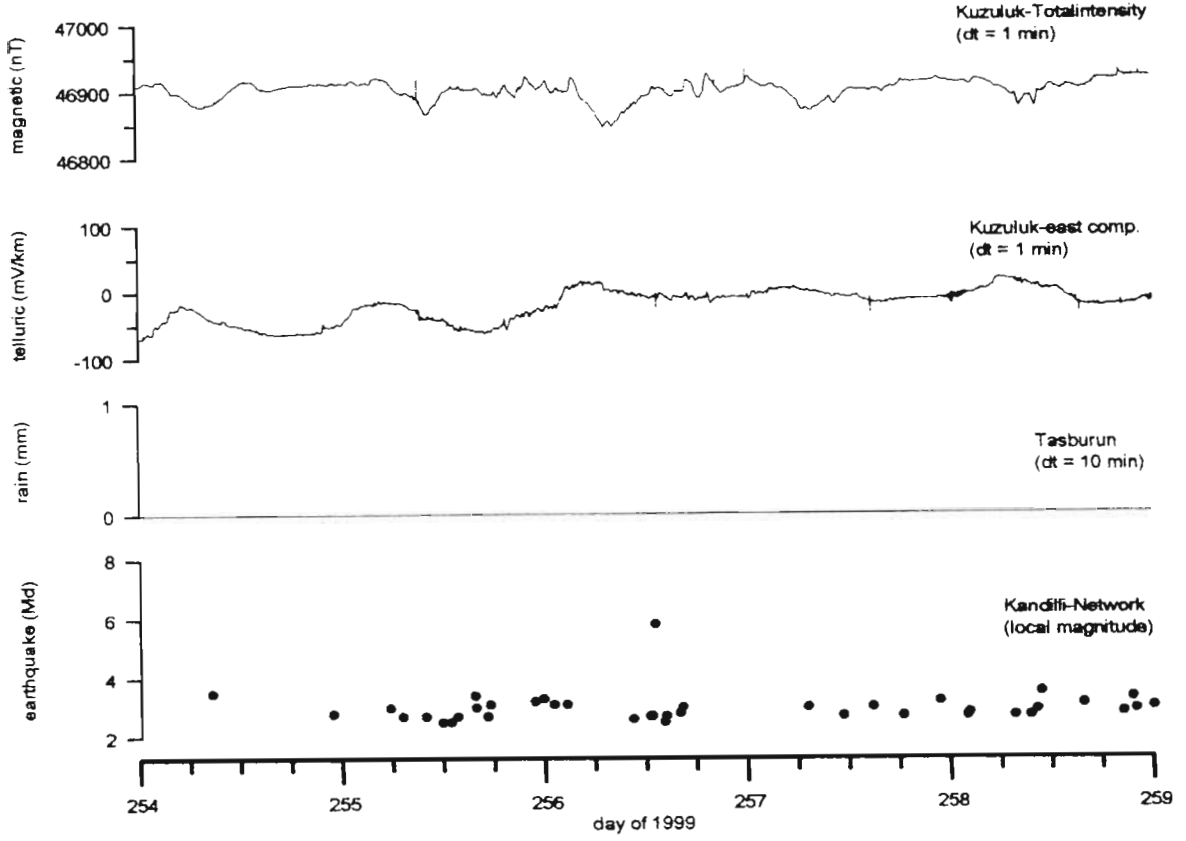
Şekil 1. Manyetotellürik (Kuzuluk K-G bileşeni), yağış değişimi (Taşburun) ve sismisite (Kandilli) verilerinin karşılaştırılması.

Şekil 2'de tellürik alan doğu bileşeni ile manyetik, yağış ve sismisite verilerin karşılaştırılmasını göstermektedir. Burada da şekil 1'de olduğu gibi yoğun bir sismik etkinliğin olmasına karşılık tellürik ve manyetik alanda belirgin değişimler gözlenmemektedir. Şekil 1 ve 2 birlikte değerlendirildiğinde; ana şok ile aynı zamana karşılık gelen manyetik verilerde sadece küçük bir değişimin olduğu gözlenmektedir. Bu değişim, daha çok periyodiklikte bozulma şeklindedir. Ayrıca kayıt süresince yoğun artçı şokların olması ilişkilerin kolayca karşılaştırılmasını güçleştirmektedir.

Şekil 3 aynı parametrelerin 11.09.1999-16.09.1999 tarihleri arasındaki değişimlerini göstermektedir. Bölgedeki sismik etkinliğin azalması, buna bağlı olarak tellürik alan (kuzey bileşen) ile manyetik alan ve artçı şokların birbiriyle olan ilişkilerinin daha kolay karşılaştırılmasını sağlamıştır. Şekil 3' de manyetik verilerle tellürik alan (kuzey bileşen) değişimleri daha iyi gözlenebilmektedir. Örneğin şekil 3'de 13.09.1999 tarihinde 5.7 büyüklüğündeki artçı şokun tellürik ve manyetik alan üzerindeki etkisi kolayca görülebilmektedir.

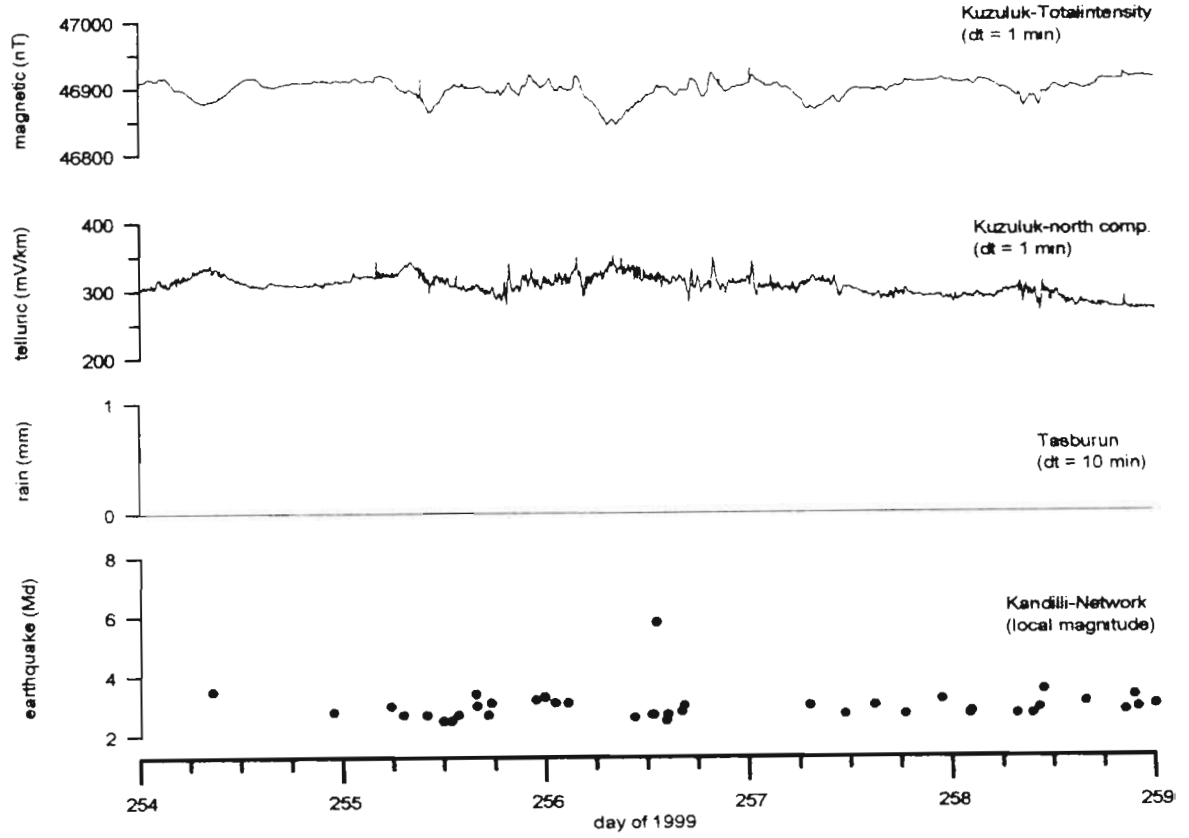


Şekil 2. Manyetik alan (Kuzuluk D-B bileşeni), yağış değişimi (Taşburun) ve sismisite (Kandilli) verilerinin karşılaştırılması.



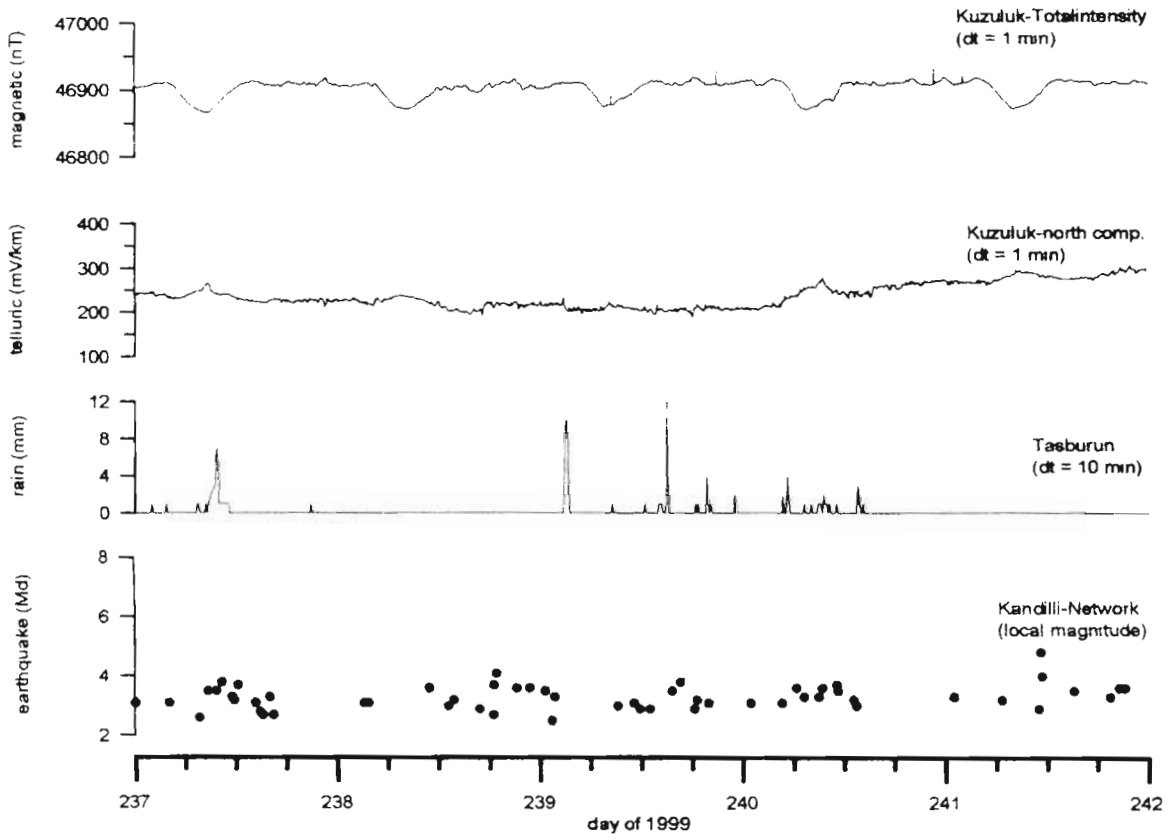
Şekil 3. 11.09 - 16.09.1999 tarihleri arasında manyetotellürik (Kuzuluk K-G bileşeni), yağış değişimi (Taşburun) ve sismisite (Kandilli) verilerinin karşılaştırılması.

Şekil 4, 11.09.1999-16.09.1999 tarihleri arasında tellürik alan (doğu bileşen) ile diğer parametrelerin değişimini göstermektedir. Şekil 3'de olduğu gibi burada da değişimler arasındaki karşılaştırma yapılabilmekte ve artçı şokların doğal yer elektrik alan ve yer manyetik alan üzerinde nasıl etkili olduğu gözlenebilmektedir. Özellikle 13.09.1999 tarihinde olan 5.7 büyüklüğündeki artçı şokun manyetik ve tellürik alan (doğu bileşen) üzerindeki etkisi çok iyi görülebilmektedir. Büyüklüğü 5 ve daha büyük depremlerin manyetik ve tellürik alan üzerinde gözle görülebilir bir değişim meydana getirdiği söylenebilir. Şekil 3 ve 4'de her iki alanda olmak üzere özellikle tellürik alandaki değişimlerin, 5.7 büyüklüğündeki artçı şoktan önce başladığı görülebilmektedir. Fakat büyüklüğü 5'den daha az artçı şokların etkisi hemen hemen hiç gözlenmemektedir.

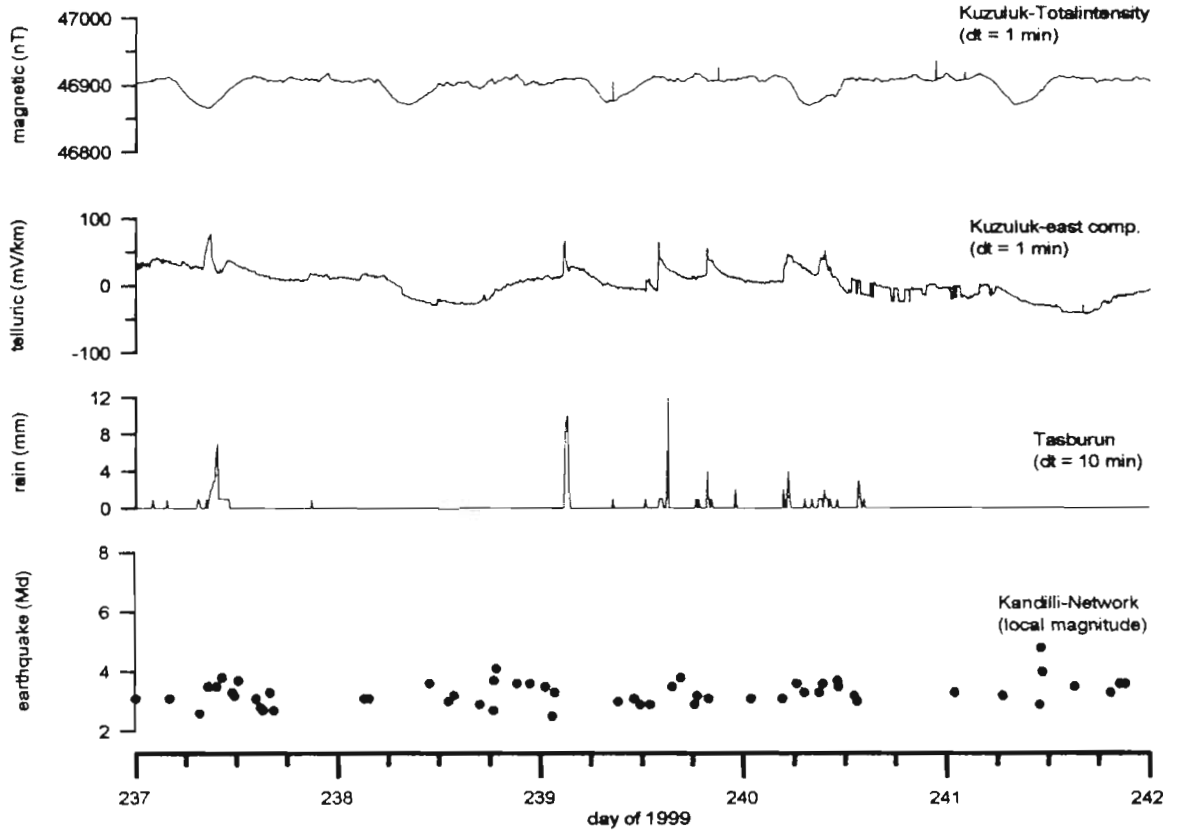


Şekil 4. 11.09 - 16.09.1999 tarihleri arasında manyetotellürik (Kuzuluk D-B bileşeni), yağış değişimi (Taşburun) ve sismisite (Kandıllı) verilerinin karşılaştırılması.

Şekil 5 ve 6, 25.08.1999-30.08.1999 tarihleri arasındaki değişimleri göstermektedir. Her iki şekilden görüldüğü gibi tellürik (kuzey bileşen), manyetik alan ve yağış miktarındaki değişimler kolayca karşılaştırılabilmektedir. Bu dönemdeki sismik etkinliğin büyüklük açısından düşük olması, tellürik alanda gözle görülür değişimler yaratmamıştır. Diğer yandan bu aralıkta da manyetik alanın durağan (stabil) hale geldiği görülmektedir.



Şekil 5. 25.08 - 30.08.1999 tarihleri arasında manyetotellürük (Kuzuluk K-G bileşeni), yağış değişimi (Taşburun) ve sismisite (Kandilli) verilerinin karşılaştırılması



Şekil 6. 25.08 - 30.08.1999 tarihleri arasında manyetotellürik (Kuzuluk D-B bileşeni), yağış değişimi (Taşburun) ve sismisite (Kandilli) verilerinin karşılaştırılması.

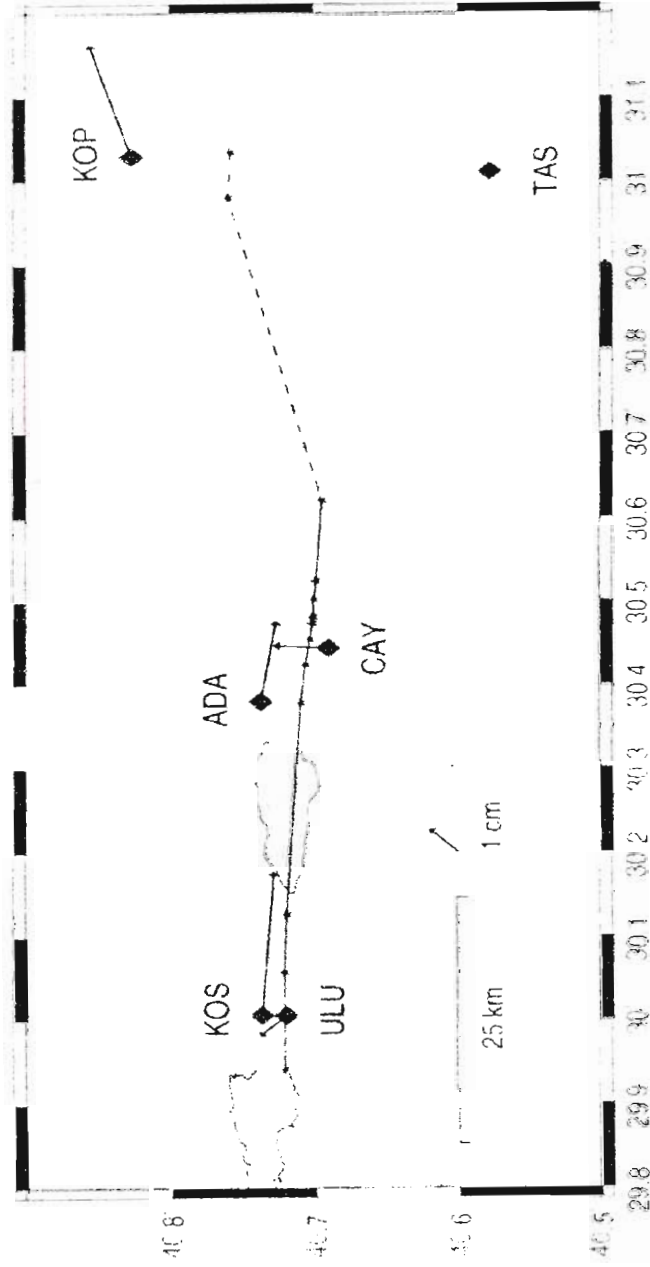
GPS ÇALIŞMALARI

25.08.1999 tarihinden itibaren batıda Gölcük ile doğuda Düzce arasındaki bölgede toplam 6 adet sürekli kayıt alabilen GPS istasyonları kurulmuş ve kayıt alınmaya başlanmıştır. Bu çalışmada baz istasyon, Taşkesti istasyonu seçilmiştir.

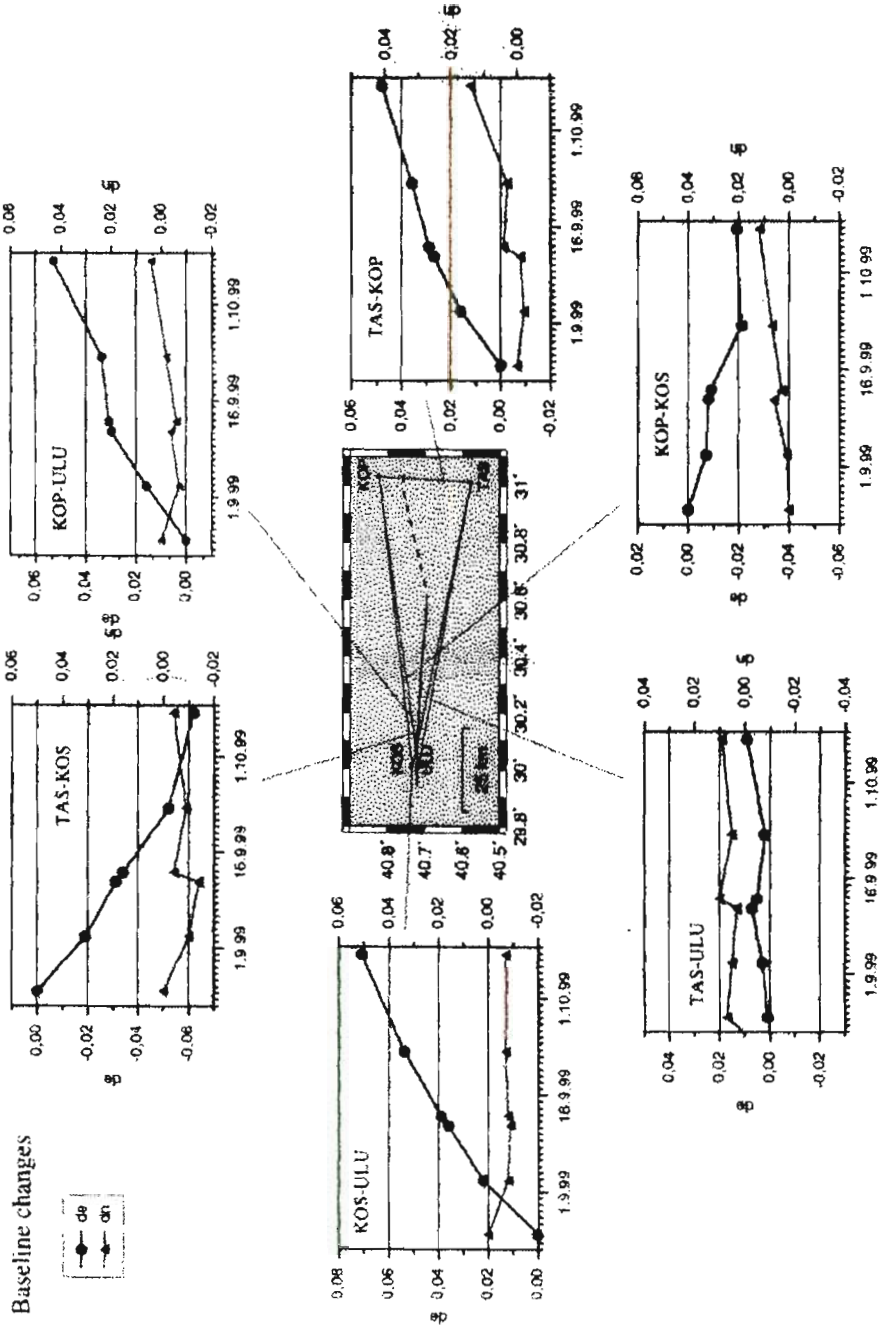
Ana şok sonrası bölgedeki hareketin gözlenmesi amacıyla 25.08.1999-08.10.1999 tarihleri arasında 40 gün sürekli kayıt alınmıştır. Şekil 7, 8, 9 ve 10'da istasyonların gözlem süresi (40 gün) boyunca konum vektör analiz sonuçları (doğu, kuzey ve düşey doğrultularda yerdeğiştirme vektörleri) gösterilmektedir. Şekil 10'da ise tüm istasyonların gözlem süreci boyunca bağıl olarak yerdeğiştirme büyüklük ve doğrultuları gösterilmiştir.

Bağıl olarak (Taşkesti GPS istasyonuna göre) en büyük yerdeğiştirme KOS (Kocaeli-Köseköy) istasyonunda olup yaklaşık 5 cm doğu yönündedir (Şekil 10). Buna karşıt daha doğudaki KOP (Bolu-Köprübaşı) istasyonunda 4 cm lik bir yerdeğiştirme gözlenmiştir. Şekil 10'daki konum vektör doğrultularından fayın güney bloğundaki hareketinin tamamıyla kuzey doğrultuda olduğu gözlenebilmektedir. GPS sonuçları, ana şok sonrasında hareketin batıdan doğuya doğru azaldığını göstermiştir. Yine bu sonuçlar, yırtılmanın batıdan doğuya doğru olduğunu ortaya koymuştur. Bu sonuç jeolojik, sismolojik ve kuvvetli yer hareketi verileri ile uyum içindedir.

GPS: Baseline changes between 25.8. and 8.10.1999 (reference TAS)

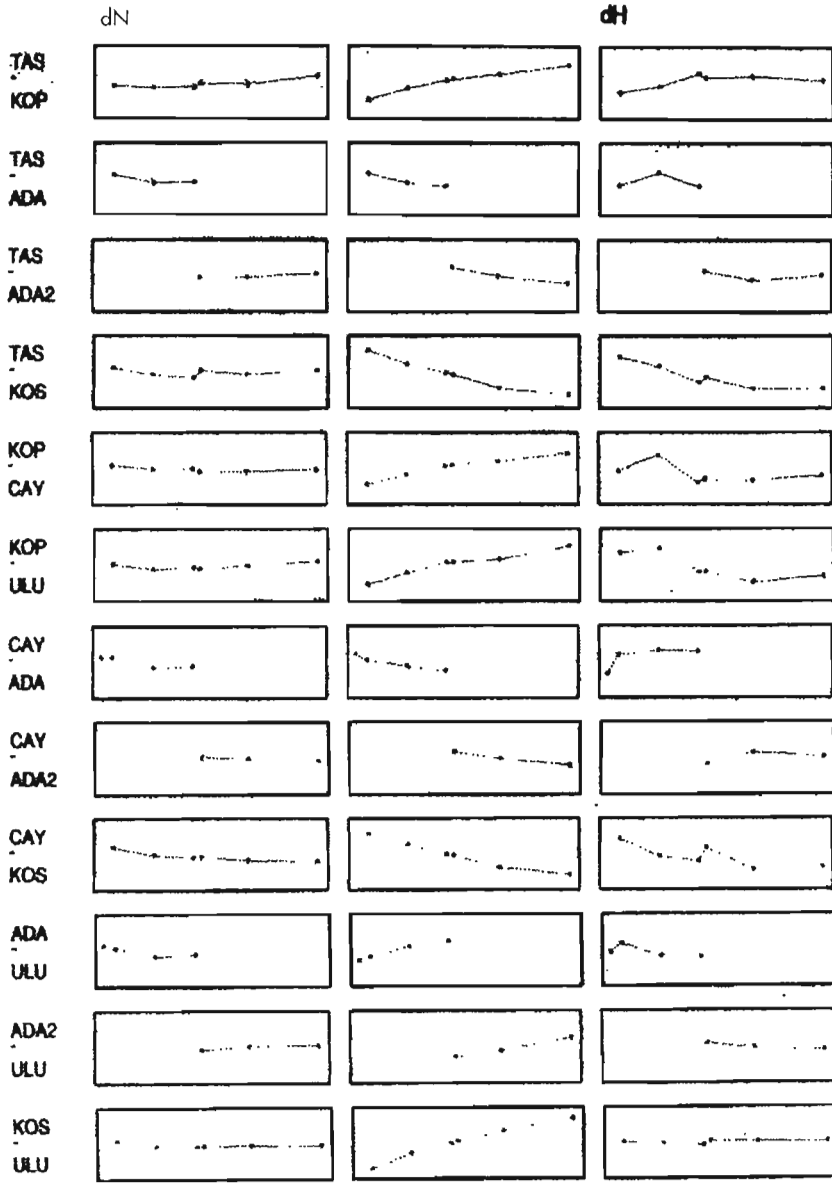


Şekil 10. Gölçük - Düzce arasındaki bölgede GPS ölçümleri, konum vektör analiz sonuçları



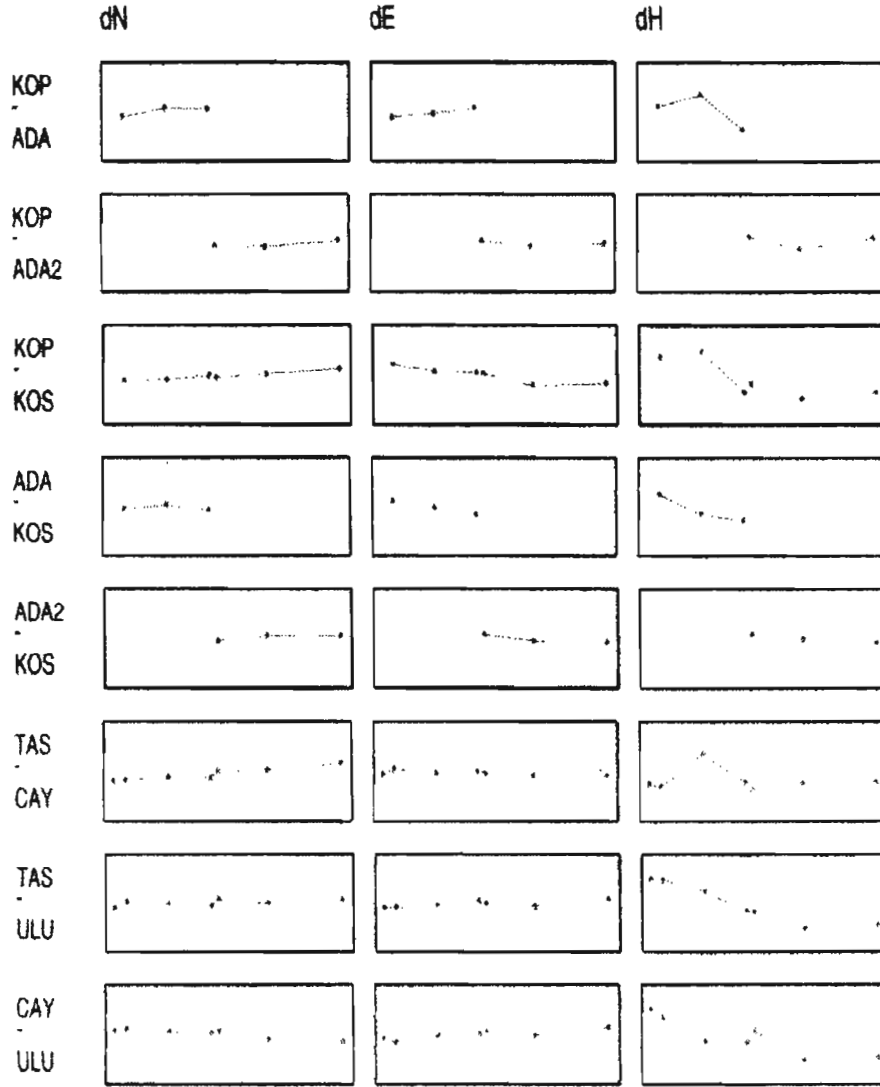
Şekil 9. Gölçük-Düzce arasındaki bölgede GPS ölçümleri, konum vektör analiz sonuçları

Baselines Turkey 99-2, x=40 days, y=10cm



Şekil 8. Gölcük-Düzce arasındaki bölgede GPS ölçümleri, konum vektör analiz sonuçları

Baselines Turkey 99-1, x=40 days, y=10cm



Şekil 7. Gölçük - Düzce arasındaki bölgede GPS ölçümleri, konum vektör analiz sonuçları

Sonuç ve öneriler

1- 17.08.1999 depremi ile ilgili manyetotellürük ve GPS çalışmaları, büyük bir depremin habercisi olayları yakalayabilmek için bu tür çalışmaların daha geniş ölçekte ve daha dikkatli yapılması gerektiğini ortaya koymuştur.

2- Ülkemizi kateden iki ana fay sistemi sürekli izlenerek özellikle zaman içindeki yamulma miktarları saptanmalıdır.

3- Bu iki fay sistemi üzerinde belirli noktalarda GPS ölçümleri ile hareket yönleri gözlenmeli ve sıkışma, genişleme ve enerji birikim alanları belirlenmelidir.

4- Özellikle yerkürenin fiziksel parametrelerindeki değişimlere duyarlı jeolojik, jeofizik yöntemler (elekromanyetik, manyetik, sismik) ve jeodezik gözlemler sürekli gözlem yapabilecek şekilde kullanılmalı ve böylece gelecekte olabilecek büyük mal, can kaybına neden olacak depremlerin zararları en aza indirgenmelidir.

17 AĞUSTOS 1999 İZMİT KÖRFEZİ DEPREMİ:

TÜRK-ALMAN İŞBİRLİĞİ DEPREMLERİN ÖNCEDEN KESTİRİLMESİ (ÇOKLU-PARAMETRE İSTASYONLARI) 17 AĞUSTOS 1999 DEPREMİ SONRASI SICAK VE MİNERALLİ SULARDA YAPILAN ARAŞTIRMALAR

Faruk ÜNLÜ
Deprem Araştırma Dairesi

Bu çalışma, 17 Ağustos 1999 depremi sonrasında Bolu, Sakarya, Kocaeli, Bursa, Yalova, İstanbul ve Ankara illerini kapsayan geniş bir bölgede yer alan sıcak ve mineralli suların belirlenmesi ve kimyasal özelliklerinin ortaya çıkarılmasına yönelik ön bir araştırma niteliğindedir. Ayrıca deprem sırasında ve sonrasında sularda gözlemlenen değişiklikler de bu çalışma kapsamında yer almıştır. 19-30 Ağustos 1999 tarihleri arasında yapılan araştırmalarda 60 dan fazla yerleşim birimi gezilmiş ve 44 noktadan su örneği alınmıştır (Harita I). Çalışmalar yaklaşık 350 km (doğu-batı) x 130 km'lik (kuzey-güney) bir alanda gerçekleştirilmiştir. Arazi çalışmalarında su sıcaklığı, debi, elektriksel iletkenlik, pH değerlerinin ölçümü ile Redox, O₂, Radon gazı, HCO₃ analizleri yapılmıştır (Tablo-II). Ayrıca hava sıcaklığı, hava basıncı, rakım değerleri de belirlenmiştir. Alınan örnekler üzerinde, Freie Üniversitesi (Almanya) laboratuvarında major anyon ve katyon analizleri yapılmıştır (Tablo-I).

Deprem Sonrası sıcak ve mineralli sulardaki değişimler

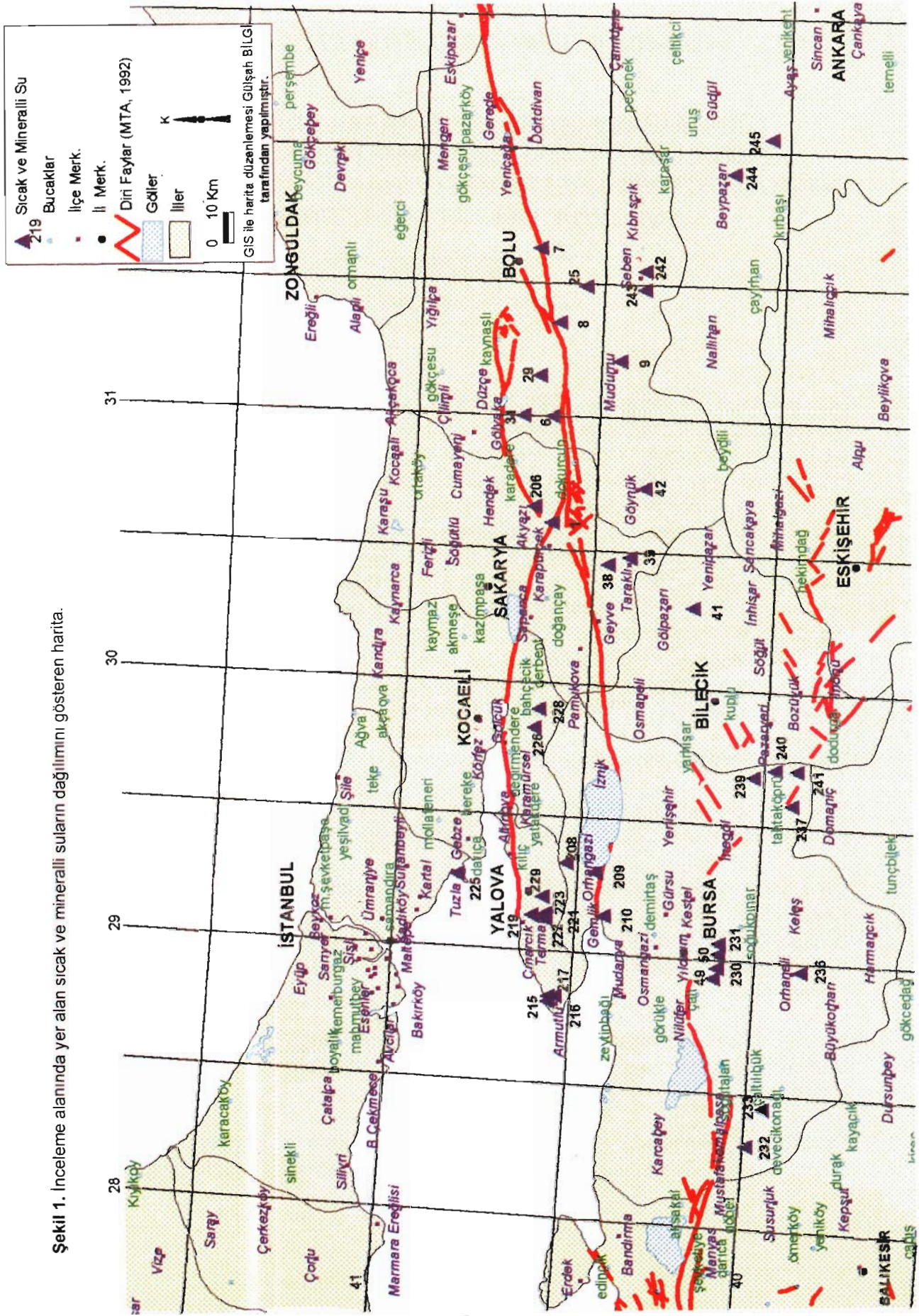
Deprem sonrası Bolu, Sakarya, Kocaeli, Bursa, Yalova, İstanbul ve Ankara illerinde yer alan sıcak ve mineralli sularda gözle görülebilir değişimler olmuştur.

Bolu ve çevresinde, Sarot Kaplıcası-6 (Mudurnu), Ömerler-8 (Abant), Bolu Kaplıcası-7, Mudurnu Kaplıcası-9 (Mudurnu), Cepni-25 (Cepni), Derdin Kaplıcası-29 (Gölova), Eftani Kaplıcası-31 (Gölova) ve çevresi, Çatak Hamamı-42 (Göynük), Bavlü Kaplıcası-242 (Seben) ve çevresinde araştırmalar yapılmıştır.

Mudurnu Kaplıcası'nda, deprem sırasında suyun renginin sarımsıya dönüştüğü, kırmızımsı çamur parçacıklarının geldiği ve debinin önemli miktarda arttığı bilgisi alınmıştır.

Derdin Kaplıcası'nda deprem sonrasında debinin arttığı, bölgede yeni kaynakların oluştuğu, suyun renginde farklılaşma olmadığı gözlenmiştir.

Şekil 1. İnceleme alanında yer alan sıcak ve mineralli suların dağılımını gösteren harita.



Eftani Kaplıcası'nda suyun renginin kahverengi olduğu, debinin arttığı, çamurlu bir malzemenin geldiği görülmüştür. Ayrıca Eftani Kaplıcası'nın 800m batısında bir evin bahçesinde yeni bir kaynağın çıktığı görülmüştür. Kaynak ıkış yeri yaygın olarak siltli, kumlu ve killi malzeme görülmüştür. 1967 Mudurnu depremi sonrasında da aynı yerde aynı şekilde kaynak olduğu ev sahipleri tarafından belirtilmiştir.

atak Hamamı erkek bölümünde sular azalmaya başlamış ve bir miktar çamur gelmiştir.

Sarot Kaplıcası'nda debi azalmıştır.

Bavlu Kaplıcası'nda suda herhangi bir değişiklik olmadığı kaplıca yetkilileri ve yöre halkı tarafından belirtilmiştir.

Sakarya ve çevresinde kek Hamamı-206 (Kuzuluk), Acısu-41 (Taraklı), Taraklı Kaplıcası-39 (Taraklı), Ilıca-38 (Geyve), Kuzuluk Madensuyu-1 (Kuzuluk) da değişimler incelenmiştir.

Taraklı Kaplıcası'nda deprem sonrasında su rengi beyazlaşmış ve suyla birlikte az miktarda malzemenin gelmiştir. Ilıca-38 olarak adlandırılan köy eşmesi suyunun renginin kızılaştığı yöre hallı tarafından belirtilmiştir.

İstanbul'da İçmeler-225 (Tuzla) ve Kocaeli'nde Ilıca-226 (Gölcük), Kkrtlsu-227 (Bahçecik), Sarısu-228 (Bahçecik) de araştırmalar yapılmıştır.

Gölcük ilçesinin güneydoğusunda Yazlık ile Yeniköy arasında yer alan Ilıca-226'da depremden hemen sonra iki gün süreyle suyun akmadığı öğrenilmiştir. Kükürtlü-227'de ise 1967 Mudurnu depremi sonrası çok azalmış olan su miktarının Kocaeli depremi sonrasında arttığı belirlenmiştir.

Bursa ve çevresinde Keramet-208 (Orhangazi), Ilıkpinar-209 (Orhangazi), Gemlik-210 (Gemlik), Armutlu Kaplıcası-215 (Armutlu), Midesuyu-216 (Armutlu), Gıcıksuyu-217 (Armutlu), Kükürtlü Kaplıcası-230 (Kükürtlü), Ilıksu-49(Kükürtlü), Bağdemlibahe-231 (Kükürtlü), Zeyinnene-50 (ekirge), Acısu-232 (M.Kemalpaşa), Tmblle-233 (M.Kemalpaşa), Değirmenyanı Hamamı-236 (Orhaneli), Oylat Kaplıcası-237 (İnegöl), ıtlı Madensuyu-239(İnegöl), zlcesuyu-240(İnegöl), Hamamsuyu-241 (İnegöl) 'de geniş çaplı araştırmalar yapılmıştır.

Deprem sonrasında, Keramet-208'de çıkan su miktarında oldukça fazla bir artışın olduğu, çok miktarda kumlu malzeme geldiği, değişik noktardan gaz çıkışı olduğu gözlenmiştir.

Armutlu bölgesinde Kaplıca kesiminin yakınından geçmekte olan derenin kenarlarında mevcut bulunan çeşitli kaynakların debilerinin çok fazla arttığı görülmüştür.

Tablo I. Laboratuvar Analiz Sonuçları

Kaynak	Kaynak	Örnek	Yeri	Tarih	Ca	Mg	Na	K	Fe	Mn	Sr	Li	Cl	NO3	SO4
Adı	No.	No.			mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
SAROT KAPLICASI	6	TR99 001	BOLU-Mudurnu(İllica)	19.08.1999	154	0.25	206.8	4.60	0.1	0.04	0.90	0.03	10.8	0.17	7.26
ÖMERLER	8	TR99 002	BOLU-Abant(Ömerler)	20.08.1999	380	280	48.3	5.10	0.0	0.20	0.26	0.22	2.80	3.30	9.30
BOLU KAPLICASI	7	TR99 003	BOLU-Karacasu	20.08.1999	380	71	49.0	17.2	0.0	0.70	11.7	0.08	597	0.10	592
CEPNI	25	TR99 004	BOLU-Cepni	20.08.1999	440	40	24.5	4.00	0.0	0.02	1.40	0.05	3.30	5.30	12.1
MUDURNU KAPLICASI	9	TR99 005	BOLU-Mudurnu	20.08.1999	184	56	22.5	6.00	0.0	0.02	1.40	0.04	3.30	0.10	30.0
SAROT KAPLICASI	6	TR99 006	BOLU-İllica	21.08.1999	153	0.10	206.5	4.50	0.0	0.02	0.80	0.02	10.7	0.00	7.43
DERDİN KAPLICASI	29	TR99 007	BOLU-Gölova(Hamamüstü)	21.08.1999	156	82	1.88	43.0	0.3	0.27	6.90	1.32	334	0.00	1.227
EFTANİ KAPLICASI	31	TR99 008	BOLU-Gölova	21.08.1999	157	160	395	12.0	0.0	0.12	0.70	0.86	203	0.00	0.70
ÇÖKEK HAMAMI	206	TR99 009	SAKARYA-Kuzuluk	21.08.1999	100	20	970	43.0	0.1	0.06	1.20	3.70	357	0.00	54.6
ÇATAK HAMAMI	42	TR99 010	BOLU-Göynük	22.08.1999	91	19	32.5	2.20	0.0	0.02	0.60	0.03	6.60	0.00	14.2
ACISU	41	TR99 011	SAKARYA-Taraklı	22.08.1999	380	370	405	12.0	0.0	0.01	9.20	0.32	92.0	14.8	2.505
TARAKLI KAPLICASI	39	TR99 012	SAKARYA-Taraklı	22.08.1999	137	27	34.5	5.30	0.0	0.09	1.30	0.08	5.90	0.40	16.0
İLİCA	38	TR99 013	SAKARYA-Geyve(İllica)	22.08.1999	174	81	182	16.3	0.0	0.25	2.10	0.39	21.9	0.10	70.0
KUZULUK MADENSUYU	1	TR99 014	SAKARYA-Kuzuluk	23.08.1999	86	52	152	62.0	0.2	0.15	5.00	3.30	633	0.00	0.20
KERAMET	208	TR99 015	BURSA-Orhangazi(Keramet)	23.08.1999	132	38	27.0	2.00	0.0	0.01	0.70	0.03	10.7	0.70	27.0
İLİKPINAR	209	TR99 016	BURSA-Orhangazi(Örnekköy)	24.08.1999	104	9.4	7.30	1.10	0.1	0.01	0.14	0.00	8.30	7.60	10.4
GEMLİK KAPLICASI	210	TR99 017	BURSA-Gemlik	24.08.1999	58	15.1	10.9	0.80	0.0	0.01	0.35	0.00	15.8	1.70	10.1
ARMUTLU KAPLICASI	215	TR99 018	BURSA-Armutlu	24.08.1999	325	26	364	28.0	1.3	0.46	2.40	1.45	281	0.00	782
MİDE SUYU	216	TR99 019	BURSA-Armutlu	24.08.1999	325	26	362	28.0	0.6	0.46	2.20	1.44	282	0.00	768
GİCİK SUYU	217	TR99 020	BURSA-Armutlu	24.08.1999	320	27	358	28.0	0.2	0.36	2.20	1.41	278	1.50	7.59
KIZILCIKBOGAZI ÇEŞMESİ	219	TR99 021	YALOVA-Termal(Ortaburun)	25.08.1999	41	108	186	3.80	0.0	0.02	0.20	0.05	31.8	0.10	97.0
KAYNAK - I	221	TR99 022	YALOVA-Termal	25.08.1999	174	0.32	282	4.60	0.0	0.01	1.00	0.19	90.4	0.00	803
GOZSUYU	222	TR99 023	YALOVA-Termal	25.08.1999	172	0.82	280	4.60	0.0	0.02	1.10	0.18	89.0	0.00	780
DERE İÇİ KAYNAĞI	223	TR99 024	YALOVA-Termal	25.08.1999	164	1.26	242	4.10	0.0	0.07	0.90	0.17	81.0	0.00	706
İÇMELER	225	TR99 026	İSTANBUL-Tuzla	26.08.1999	280	120	820	24.0	0.0	0.02	2.10	0.06	1.591	5.70	280
İLİCA	226	TR99 027	KOCAELİ-Gölcük(Yazlık)	26.08.1999	4.5	0.20	74.0	0.30	0.0	0.00	0.02	0.00	47.6	0.20	32.5
SARISU	228	TR99 028	KOCAELİ-Bahçecik	26.08.1999	173	38	41.8	2.00	1.4	1.18	0.80	0.02	7.90	0.00	322
SICAKSU	229	TR99 029	YALOVA-Sogucak	27.08.1999	163	30	6.20	1.40	0.1	0.07	0.17	0.00	6.80	0.00	16.0
KÜKA-KÜKÜRTLÜ KAP.	230	TR99 030	BURSA-Kükürtlü	27.08.1999	98	9.20	203	18.7	0.2	0.04	0.80	0.82	9.20	0.10	286
İLİKSU-KÜKÜRTLÜ KAP.	49	TR99 031	BURSA-Kükürtlü	27.08.1999	74	23	80.4	8.10	1.0	0.10	0.70	0.19	8.10	0.15	95.0
BAĞDEMLİBAHÇE	231	TR99 032	BURSA-Kükürtlü(Yenikaplıca)	27.08.1999	94	8.9	212	19.5	0.1	0.07	0.90	0.82	8.80	0.00	283
ZEYİNİNE	50	TR99 033	BURSA-Çekirge	27.08.1999	67	22	26.5	4.40	0.0	0.02	0.80	0.06	3.10	1.60	62.0
ACISU	232	TR99 034	BURSA-Mi Paşa(Yalıntaş)	28.08.1999	178	36	28.3	47.0	1.5	0.33	2.30	1.04	64.2	0.00	63.0
TÜMBÜLEK	233	TR99 035	BURSA-Mi Paşa(Güveçdere)	28.08.1999	163	30	449	68.9	0.6	0.32	2.00	1.13	56.4	0.00	0.50
DEĞİRMENYANI HAMAMI	236	TR99 036	BURSA-Orhaneli(Ağaçhisar)	28.08.1999	235	42	17.6	2.80	0.1	0.02	3.30	0.04	5.10	2.80	480
OYLAT KAPLICASI	237	TR99 037	BURSA-İnegöl(Oylat)	29.08.1999	125	9.20	21.6	4.30	0.0	0.01	1.80	0.02	4.20	0.80	234
ÇİTLİ MADENSUYU	239	TR99 038	BURSA-İnegöl(Çitli)	29.08.1999	74	78	1.398	29.0	0.1	0.13	2.90	2.80	34.9	0.40	85.0
ÖZLÜCESUYU	240	TR99 039	BURSA-İnegöl(Özlüce)	29.08.1999	201	138	270	15.0	0.1	0.50	1.90	0.70	22.4	0.00	59.0
HAMAMSUYU	241	TR99 040	BURSA-İnegöl(Eskikaraca)	29.08.1999	70	12.9	17.8	1.6	0.0	0.02	0.20	0.04	2.10	0.00	20.0
BAVLU KAPLICASI	242	TR99 041	BOLU-Seben(Kesenbüzü)	30.08.1999	80	14.4	410	34.0	0.0	0.18	2.20	0.31	53.0	2.80	142
MTA SONDAJİ	243	TR99 042	BOLU-Seben(Kesenbüzü)	30.08.1999	70	11.4	470	35.0	0.6	0.26	2.00	0.35	62.0	0.10	89.0
BEYPAZARI MADENSUYU	244	TR99 043	ANKARA-Beypazarı	30.08.1999	174	146	135.5	17.6	0.1	0.45	1.20	0.38	12.9	0.00	123
BEYPAZARI KAPLICASI	245	TR99 044	ANKARA-Beypazarı	30.08.1999	500	108	1.21	35.0	0.1	0.90	10.0	0.89	1.056	0.40	2.262

Tablo II. Yerde Yapılan İnceleme Sonuçları

Kaynak Adı	Kaynak No.	Örnek No.	Yeri	Tarih	Tsu °C	EC uS/cm	pH	Redox mV	Radon cpm	HCO ₃ mg/l	O ₂ mg/l
SAROT KAPLICASI	6	TR99 001	BOLU-Mudurnu(İllica)	19.08.1999	62.2	1545	8.76	-4	25	-	3.00
ÖMERLER	8	TR99 002	BOLU-Abant(Ömerler)	20.08.1999	12.8	3150	6.47	217	16	1341	3.70
BOLU KAPLICASI	7	TR99 003	BOLU-Karacasu	20.08.1999	43.9	1938	6.18	160	585	846	1.30
CEPNI	25	TR99 004	BOLU-Cepni	20.08.1999	21.1	1968	6.21	273	426	741	1.70
MUDURNU KAPLICASI	9	TR99 005	BOLU-Mudurnu	20.08.1999	39	1162	6.26	48	105	793	0.00
SAROT KAPLICASI	6	TR99 006	BOLU-Mudurnu(İllica)	21.08.1999	61.9	1536	8.72	55	2	-	-
DERDİN KAPLICASI	29	TR99 007	BOLU-Gölova(Hamamüstü)	21.08.1999	31	7800	6.66	18	59	1934	1.70
EFTANİ KAPLICASI	31	TR99 008	BOLU-Gölova	21.08.1999	42.4	3150	6.34	13	8	1007	0.90
ÇÖKEK HAMAMI	206	TR99 009	SAKARYA-Kuzuluk	21.08.1999	38.6	3540	6.58	77	35	885	1.20
ÇATAK HAMAMI	42	TR99 010	BOLU-Göynük	22.08.1999	37.5	632	6.89	240	2002	404	2.90
ACISU	41	TR99 011	SAKARYA-Taraklı	22.08.1999	17.4	4690	7.02	255	231	667	7.60
TARAKLI KAPLICASI	39	TR99 012	SAKARYA -Taraklı	22.08.1999	40	874	6.55	199	28	586	1.80
İLİCA	38	TR99 013	SAKARYA-Geyve(İllica)	22.08.1999	26.5	1895	6.27	102	12	653	2.20
KUZULUK MADENSUYU	1	TR99 014	SAKARYA-Kuzuluk	23.08.1999	19.3	6460	6.47	41	566	1809	1.40
KERAMET	208	TR99 015	BURSA-Orhangazi(Keramet)	23.08.1999	31.4	879	6.70	219	2615	565	1.50
İLİKPINAR	209	TR99 016	BURSA-Orhangazi(Örnekköy)	24.08.1999	19.8	546	7.14	254	96	-	4.70
GEMLIK KAPLICASI	210	TR99 017	BURSA-Gemlik	24.08.1999	36.6	411	7.36	239	111	226	4.40
ARMUTLU KAPLICASI	215	TR99 018	BURSA-Armutlu	24.08.1999	71.9	2840	6.48	-72	159	238	1.10
MİDE SUYU	216	TR99 019	BURSA-Armutlu	24.08.1999	67.5	2890	6.43	-45	38	245	1.60
GİCİK SUYU	217	TR99 020	BURSA-Armutlu	24.08.1999	61.2	2790	6.45	-35	509	245	1.30
KIZILCIKBOGAZI ÇEŞMESİ	219	TR99 021	YALOVA-Termal(Ortaburun)	25.08.1999	17.0	1001	8.38	146	4.6	504	12.90
KAYNAK - I	221	TR99 022	YALOVA-Termal	25.08.1999	64.8	1919	7.46	-268	131	46	0.60
GÖZSUYU	222	TR99 023	YALOVA-Termal	25.08.1999	57.5	1856	7.40	-232	114	52	2.30
DERE İÇİ KAYNAĞI	223	TR99 024	YALOVA-Termal	25.08.1999	53.6	1755	7.33	-298	229	62	1.20
İÇMELER	225	TR99 026	İSTANBUL-Tuzla	26.08.1999	19.4	5800	7.01	95	293	213	6.90
İLİCA	226	TR99 027	KOCAELİ-Gölcük(Yazlık)	26.08.1999	30.3	384	8.88	-312	65	105	2.20
SARISU	228	TR99 028	KOCAELİ-Bahçecik	26.08.1999	14.2	1136	7.02	-33	436	396	1.60
SİCAKSU	229	TR99 029	YALOVA -Sogucak	27.08.1999	20.2	884	6.73	169	768	594	3.30
KÜKA- KÜKÜRTLÜ KAP.	230	TR99 030	BURSA-Kükürtlü	27.08.1999	76.4	1380	6.32	-280	220	543	0.80
İLİKSU-KÜKÜRTLÜ KAP.	49	TR99 031	BURSA-Kükürtlü	27.08.1999	30.2	817	7.08	-128	312	432	0.30
BAĞDEMLİBAHÇE	231	TR99 032	BURSA-Kükürtlü(Yenikaplıca)	27.08.1999	82.1	1372	6.80	-150	72	533	3.00
ZEYİNNENE	50	TR99 033	BURSA-Çekirge	27.08.1999	41.6	550	7.05	280	3696	289	1.90
ACISU	232	TR99 034	BURSA-M.Paşa(Yalintaş)	28.08.1999	19.4	2100	6.19	47	548	659	0.90
TUMBULLEK	233	TR99 035	BURSA-M.Paşa(Güveçdere)	28.08.1999	51	2600	6.50	-258	16	902	-
DEĞİRMENYANI HAMAMI	236	TR99 036	BURSA-Orhaneli(Ağaçhisar)	28.08.1999	35.5	1191	6.89	248	516	290	2.80
OYLAT KAPLICASI	237	TR99 037	BURSA-İnegöl(Oylat)	29.08.1999	40.6	713	7.28	259	161	169	2.70
ÇİTLİ MADENSUYU	239	TR99 038	BURSA-İnegöl(Çitli)	29.08.1999	14.6	5510	6.65	82	96	2103	3.10
ÖZLÜCESUYU	240	TR99 039	BURSA-İnegöl(Özüce)	29.08.1999	15.8	2580	6.17	94	52	950	0.30
HAMAMSUYU	241	TR99 040	BURSA-İnegöl(Eskikaraca)	29.08.1999	23.8	484	7.28	165	80	282	9.50
BAYLU KAPLICASI	242	TR99 041	BOLU-Seben(Kesenözü)	30.08.1999	53.7	2060	6.45	176	1257	573	0.00
MTA SONDAJI	243	TR99 042	BOLU-Seben(Kesenözü)	30.08.1999	56.4	2200	6.28	-327	94	664	0.00
BEYPAZARI MADENSUYU	244	TR99 043	ANKARA-Beypazarı	30.08.1999	21.7	2120	6.25	136	269	742	1.30
BEYPAZARI KAPLICASI	245	TR99 044	ANKARA-Beypazarı	30.08.1999	38.4	7240	6.47	240	3788	263	0.60

Kükürtlü Kaplıcası'nda debinin azalmış ve gaz çıkışı artmıştır.

Çekirge bölgesinde yer alan Zeyninnene kaynağında debi artmış, bir gün süresince su rengi kızılaşmış ve çamur şeklinde malzeme gelmiştir.

Mustafa Kemalpaşa'da yer alan Acısu-232'de deprem sonrasında debi artmıştır.

Tümbüllek Kaplıcası'nda kumlu malzeme çıkmış ve suyun rengi değişmiştir.

İnegöl-Eskikaraca köyündeki Hamamsuyu-241'in debisi artmıştır.

Gemlik Kaplıcası'nda, Bağdemlibahçe-231'de ve Oylat Kaplıcası-237'deki sularda bir değişiklik olmamıştır.

Yalova ve çevresinde Kızılıcıkboğazı Çeşmesi-219 (Ortaburun-Termal), Sıcaksu-229 (Soğucak), Kaynak I-221 (Termal), Gözsuyu-222 (Termal), Dere İçi Kaynağı-223 (Termal), Termal Kaplıcası Deresi-Y2 (Termal) de araştırma yapılmıştır.

Kızılıcıkboğazı Çeşmesi-219'nin suyu deprem sonrasında, çok miktarda artmıştır. Sıcaksu-229'da su bulanmış ve debisi artmıştır.

Termal Kaplıcası'nın kaynaklarından olan Kaynak I-221'de deprem sonrasında su fışkırmaları, çok miktarda su buharı çıkışı ve kaplıca içersindeki havuza çamurlu malzeme geldiği, debinin arttığı yetkililerden öğrenilmiştir.

Termal Kaplıca alanında akmakta olan derede (Gözsuyu olarak adlandırılan bölge yakınında) depremden yaklaşık 18-20 gün öncesinde yeni bir kaynak olduğu ve kaynaktan kül renginde malzeme gelmesi ile dere suyunun renginin değiştiği yetkililer tarafından ifade edilmiştir. Dere içi kaynaktan örnek alınarak gerekli analizler gerçekleştirilmiştir.

Ankara ve çevresinde Beypazarı Madensuyu-244 (Beypazarı), Beypazarı Kaplıcası-245 (Beypazarı)'de araştırmalar yapılmıştır. Deprem sırasında ve sonrasında sularda gözle fark edilen bir değişimin olmadığı işletmeciler tarafından ifade edilmiştir.

Sonuç ve öneriler

Deprem bölgesini ve çevresinde gerçekleştirilmiş bu çalışmada, deprem öncesi, sırası ve sonrasında sıcak ve mineralli sular ile soğuk su kaynaklarında deprem hebercisi olabilecek bazı değişimlerin olduğu anlaşılmıştır. Bu tür çalışmaların özellikle gelecek 10-30 yıl içinde deprem potansiyeli yüksek faylar boyunca ve çevresinde sürekli olarak yapılması depremlerin önceden kestirilmesi çalışmalarına ışık tutacaktır. Bu nedenle bu tür çalışmalarda başarılı olabilmek için, yöre halkı, yerel yönetim ve Deprem Araştırma Dairesi arasında sürekli bir işbirliği yapılmalıdır.

Bu alışma sonucu elde edilen veriler, önceki çalışmalarla birleştirilerek depremin sıcak ve mineralli sular üzerinde yarattığı fiziksel ve kimyasal değişimler ileride yapılacak çalışmalar ile irdelenebilecektir.

17 AĞUSTOS 1999 İZMİT KÖRFEZİ DEPREMİ:

TÜRK-ALMAN İŞBİRLİĞİ DEPREMLERİN ÖNCEDEN KESTİRİLMESİ (ÇOKLU-PARAMETRE İSTASYONLARI) 17 AĞUSTOS 1999 DEPREMİ ÖNCESİ ve SONRASI TEKTONO- MANYETİK ÇALIŞMALAR

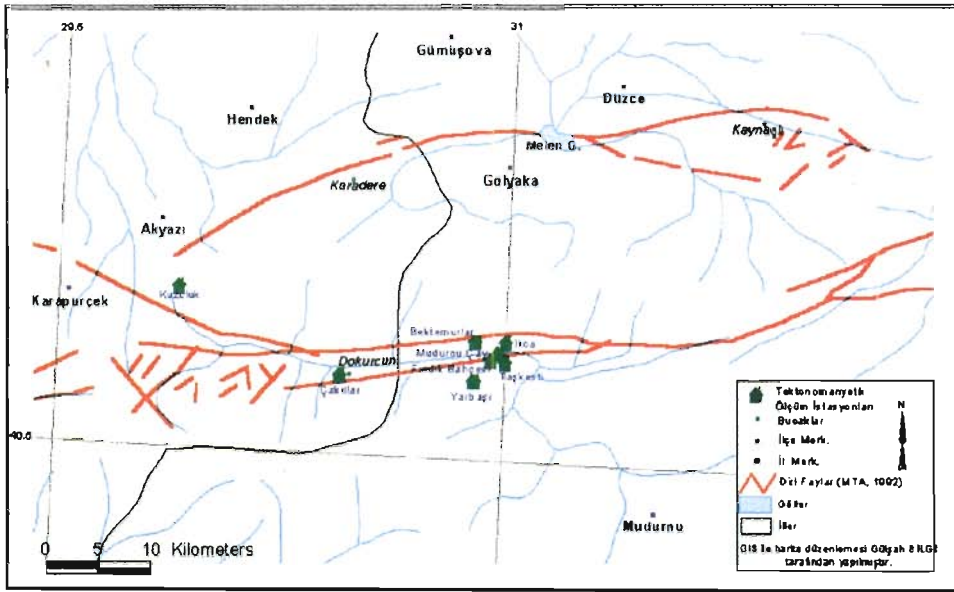
Murat BEYHAN
Deprem Araştırma Dairesi

Türk - Alman İşbirliği " Depremlerin Önceden Kestirilmesi " ortak projesi çerçevesinde tektonomanyetik ölçümler, Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun batı bölümünde Kuzuluk ile Abant arasında (Mudurnu Vadisi), 1985 yılından bu yana yapılmaktadır (Şekil 1). Ancak proje başlangıcından itibaren çok düzenli bir ölçüm sistemi kurulamadığından sadece belirli dönemler içerisinde sürekli ölçüm yapılabilmiş ve yermanyetik alanının belirli dönemlerine ait değişimleri gözlenebilmiştir. Bununla beraber tektonizmadan kaynaklanan manyetik anomali değişimleri de yine belirli dönemlerde ölçülebilmektedir. Bu durumun oluşturduğu aksaklıklar ve veri eksiklikleri bir manyetik gözlem ağının kurulmasını zorunlu kılmıştır. Bu nedenle çalışma alanında yermanyetik alanını sürekli olarak ölçebilmek amacıyla 1993 yılından itibaren proje sahasında sürekli ölçüm yapılabilen 8 adet istasyon kurulmuştur. Bu istasyonların dışında yerel manyetizasyon değişimi gözlemek için 24 adet geçici gözlem noktasında ölçümler yapılmıştır.

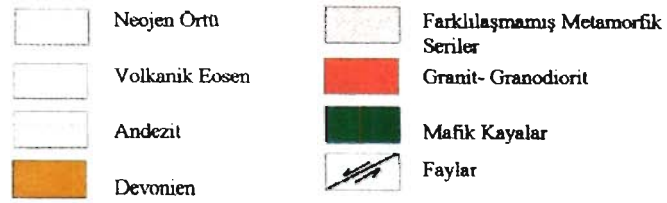
Tanıtım

Başlangıçta geçici olarak kurulan 24 adet gözlem noktasında yılın belirli dönemlerinde ölçümler alınmıştır. 1993 yılından itibaren kurulan tektonomanyetik şebekede iki değişik tip manyetometre kullanılmaktadır. Bunlardan ilki hassasiyeti 0.1 nT olan Geometrics marka G-856 Model proton manyetometresidir. Önceden beri kullanılan bu tip manyetometre sınırlı depolama kapasitesine sahip olduğundan 10 dakikalık ölçüm periyodu ile ölçüm yapabilmektedir. Diğeri ise Geomag marka proton manyetometreleri olup, 0.01 nT hassasiyete sahip olup 1 dakikalık ölçüm periyodu ile uzun süreli olarak ölçüm yapabilmektedir. Bu istasyonlara enerji sağlamak çoğunlukla güç olduğundan elektrik enerjisi 4 istasyonda güneş enerjisinin, elektrik enerjisine dönüştürülmesiyle elde edilmektedir.

Son yıllarda tektonomanyetik ölçümler Türk tarafından tek taraflı olarak yürütüldüğü için, geçici olarak kurulan istasyonlarda veri alımı yapılamamış ve değişik profiller boyunca ölçü alımı da yalnızca Mudurnu Çayı – Fındık bahçesi İstasyonları arasında 1999 yılı Temmuz ayı içerisinde yapılmıştır. 1998 yılında



Şekil 1. Çalışma alanının tektonik haritası (Şaroğlu vd. 1991).



Şekil 2. Çalışma alanının basitleştirilmiş jeoloji haritası.

Çakıllar baz istasyonunun dışında üç istasyonda Geomag marka aletler kullanılmaya başlanmış ve 1998-1999 yılları içinde altı istasyondan (Kuzuluk, Taskesti, Yarbaşı, Mudurnu Çayı, Ilıca ve Fındık Bahçesi) düzenli olarak veri toplanmıştır.

Bu çalışma, 1999 yılı yıl içinde yapılan tek profil çalışması olduğundan henüz ikinci bir profil ile karşılaştırılamamıştır. Bu yıl Çakıllar istasyonu çalışmadığı için Kuzuluk istasyonu yeni baz istasyonu olarak kullanılmaya başlanmıştır.

Yöntem

Bölgede yüzeyleyen Almacık ofiyolit kompleksi doğal bir yer manyetik gerilim algılayıcısı gibi davranmaktadır (Şekil 2). Yer manyetik alanının toplam bileşeninin değişimi, tektonik gerilim nedeniyle manyetizasyon vektörünün homojen değişiminin bir sonucu olarak yorumlanabilmektedir. Oluşturulmuş olan bir model vasıtasıyla görünür manyeto-elastik gerilim değişimleri ve bölgesel gerilim yönleri elde edilebilmektedir.

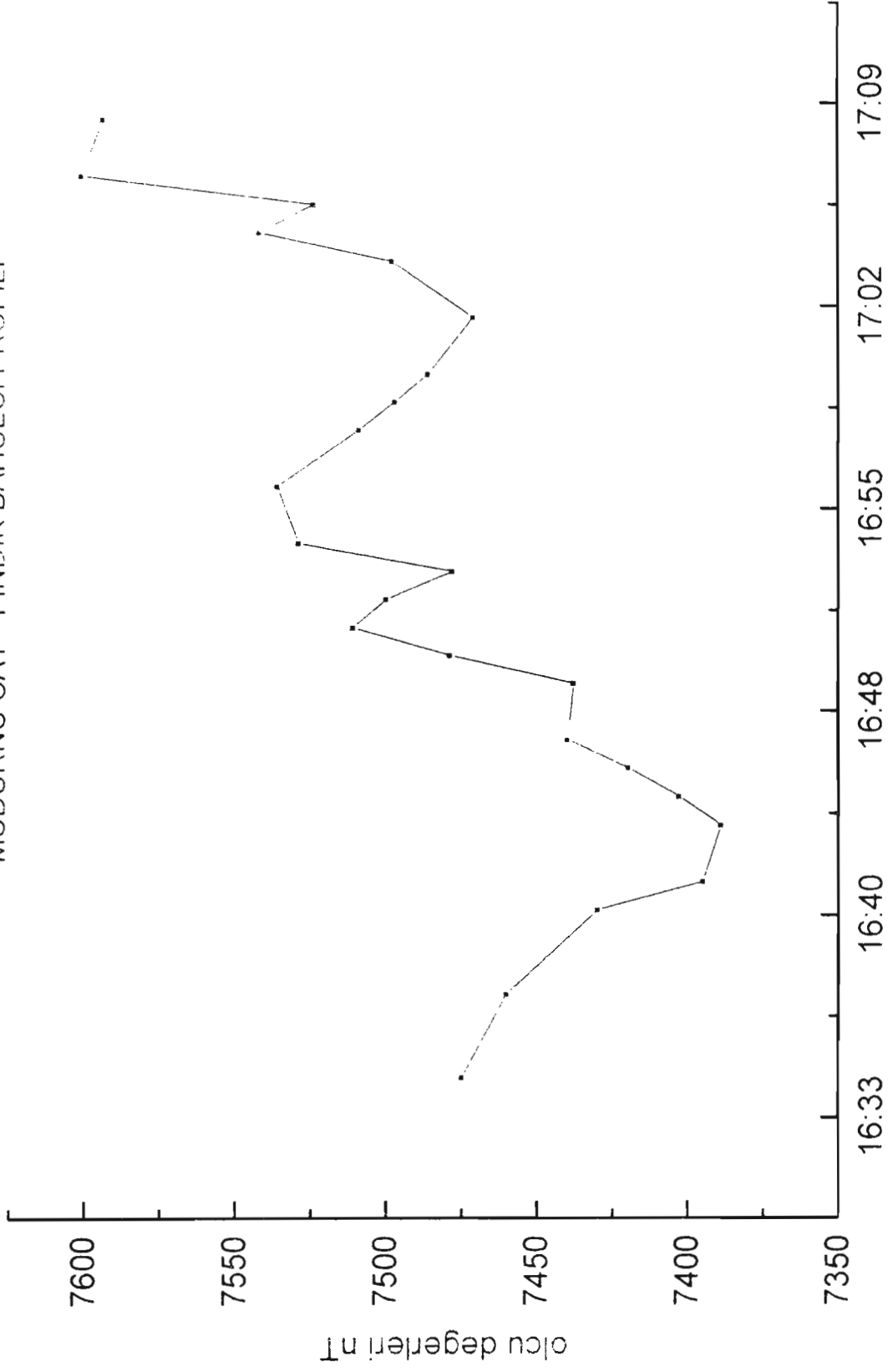
Sismik etkinliği yüksek alanlarda tektonomanyetik etkilerin, hassasiyeti yüksek manyetometrelerle ölçülebilirliği; kayaçların manyetik özelliklerinin strese karşı davranışı, suseptibilite, kalıcı manyetizasyon gibi parametreler laboratuvar çalışmaları ile kanıtlanmıştır. Amfibolit kompleksi KAFZ tarafından kesilmiştir (Şekil 1 ve 2). Bu nedenle fayın güney ve kuzeyindeki yermanyetik alanının toplam bileşeninin değişimi tektonomanyetik istasyonlarca kolayca ölçülebilmektedir. Bu değişimler çalışma alanının batısında kireçtaşları üzerinde bulunan Çakıllar baz istasyonu ile karşılaştırılmakta ve manyetik anomali farkları elde edilebilmektedir.

Ölçülen manyetik alan, yerel manyetik alanın statik anomalisi, geçici manyetik alan ve tektonomanyetik alandan oluşmaktadır. Geçici manyetik alan iç ve dış etkenli alanlar olarak ikiye ayrılabilir. İç etkenli alan, kabuktaki iletkenliğin yapısına, dış alan ise manyetik alan değişiminin frekans ve şiddetine bağlıdır. Bunun yanında geçici uzaysal değişimler dikkate alınmamaktadır. Bu nedenle manyetik alan baz istasyonuna indirgenmektedir. Değişken manyetik alan ve durağan manyetik alan zaman ile sabitlenmektedir. İki ya da daha fazla günde aynı gözlem noktasında, tekrarlı manyetik ölçümlerle elde edilen hata, sakin manyetik günler için toplam indirgenme hatası olarak düşünülebilir. Bunun ortalama değeri ± 0.8 nT 'dan daha az olarak hesaplanmıştır.

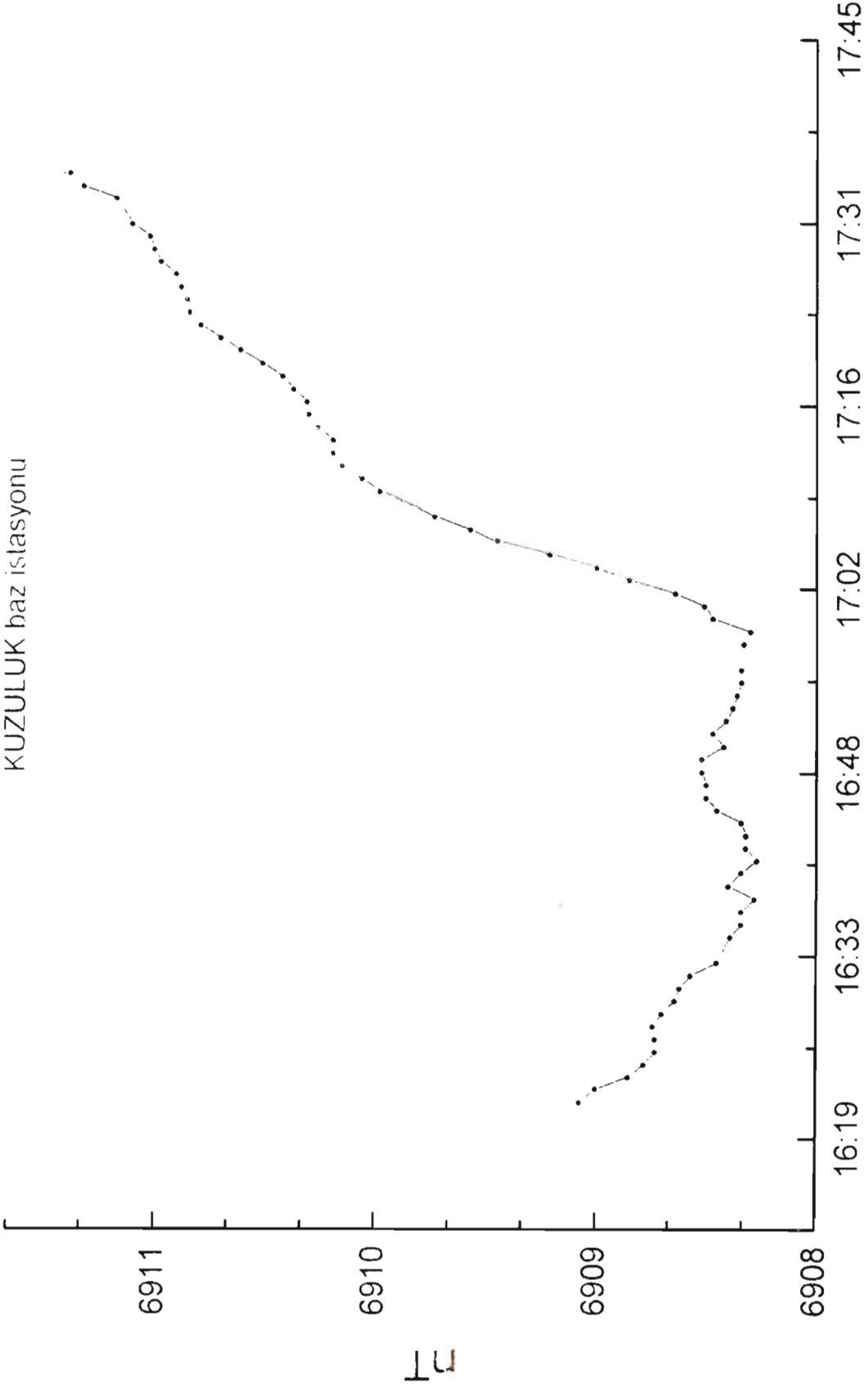
Amfibolit kompleksinin bulunduğu alanda 6 istasyonda kaydedilen manyetik kayıtlar, Çakıllar ve Kuzuluk baz istasyonları ile karşılaştırılarak manyetik anomaliler elde edilmektedir. Bu değerler, zaman ve frekans ortamlarında çizilerek grafikler elde edilmektedir. Bu grafiklere alçak geçişli süzgeçler uygulanmakta ve böylece tektonomanyetik değişimden kaynaklanmayan değişimler giderilmektedir. Bunun yanısıra iki istasyon arasındaki manyetik anomali farkları da grafiklenerek gözlenmektedir. Bu şekilde yerel manyetik değişimler de gözlenerek, tektonik hareketler dışında gelişen ve yerel etkilerden kaynaklanan değişimlerin büyüklükleri saptanabilmektedir.

Daha sonra mikrodeprem etkinliği ile tektonomanyetik değişimler karşılaştırılarak deprem aktivitesi arasındaki ilişki kurulmaya çalışılmaktadır. Burada deprem sırasında manyetik alanda oluşan azalma ya da artma fay zonunda oluşan sıkışma ya da açılma ile ilgili olabileceği düşünölmektedir.

MUDURNU CAY - FINDIK BAHÇESİ PROFİLİ

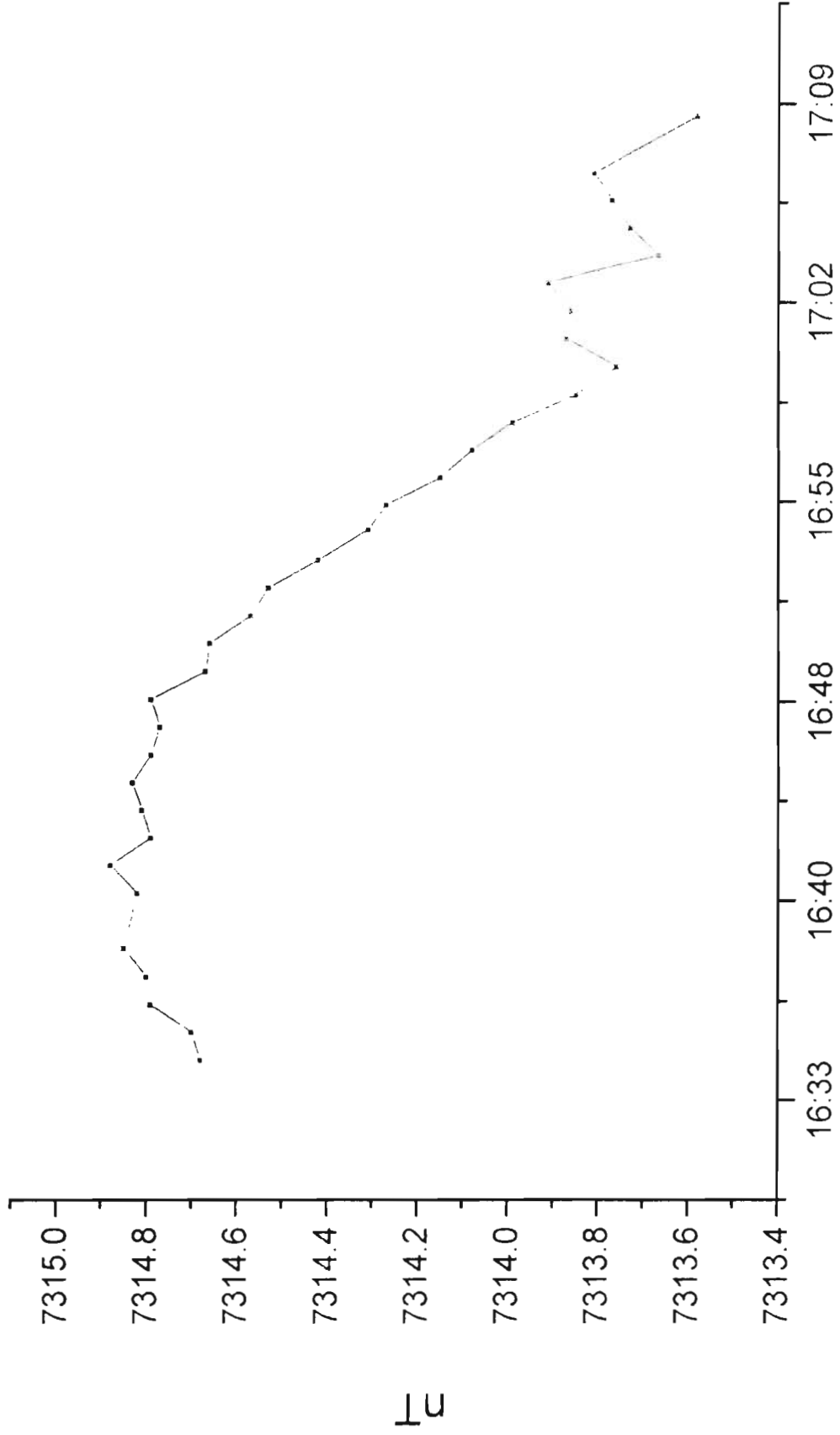


Şekil 3. Mudurnu Çayı-Fındık Bahçesi profili. zaman (14.7.1999)



Şekil 4. Kuzuluk baz istasyonu profili.
zaman (14.7.1999)

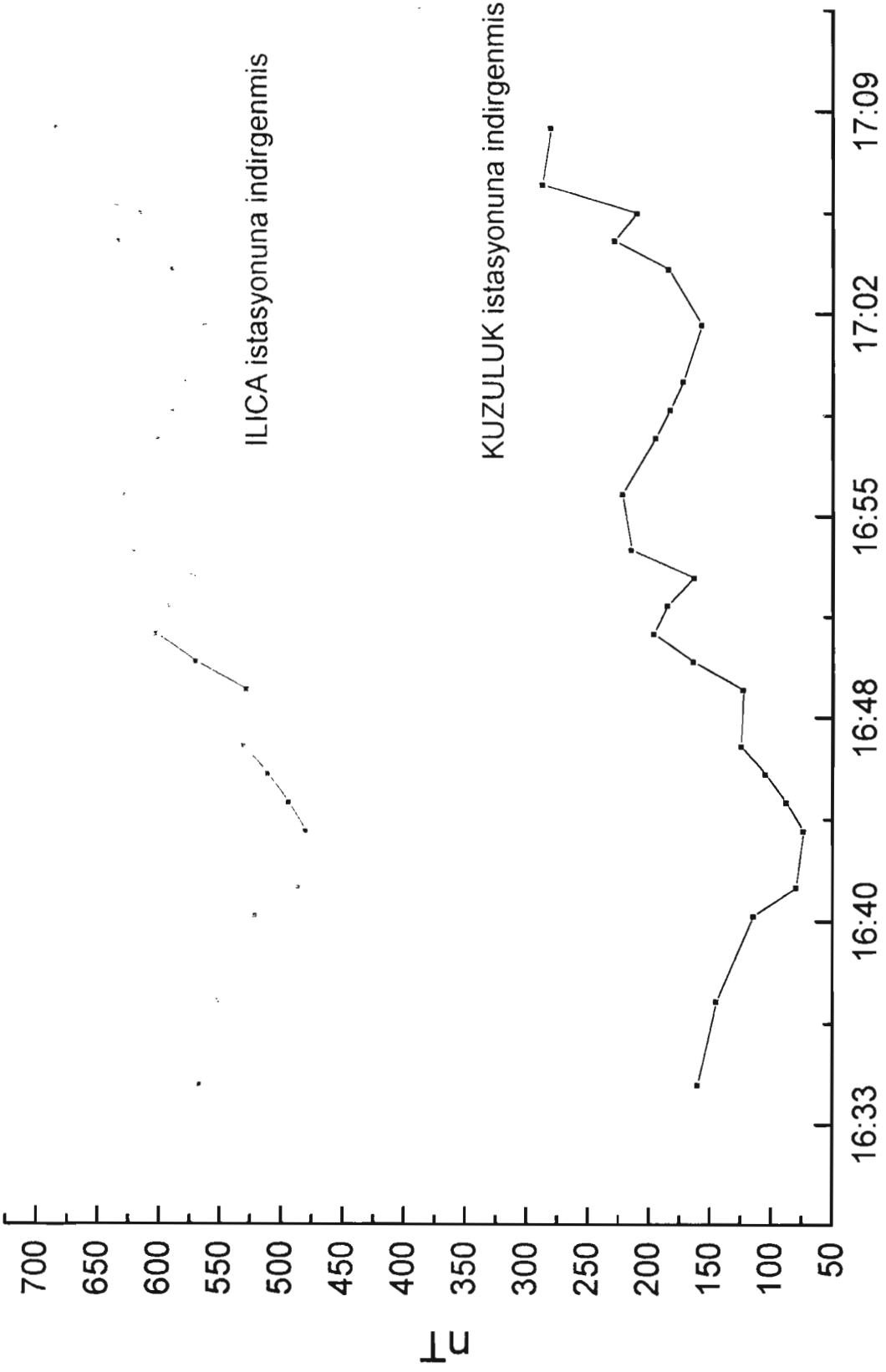
II.ICA istasyonu Degerleri



Şekil 5. Ilıca istasyonu profili.

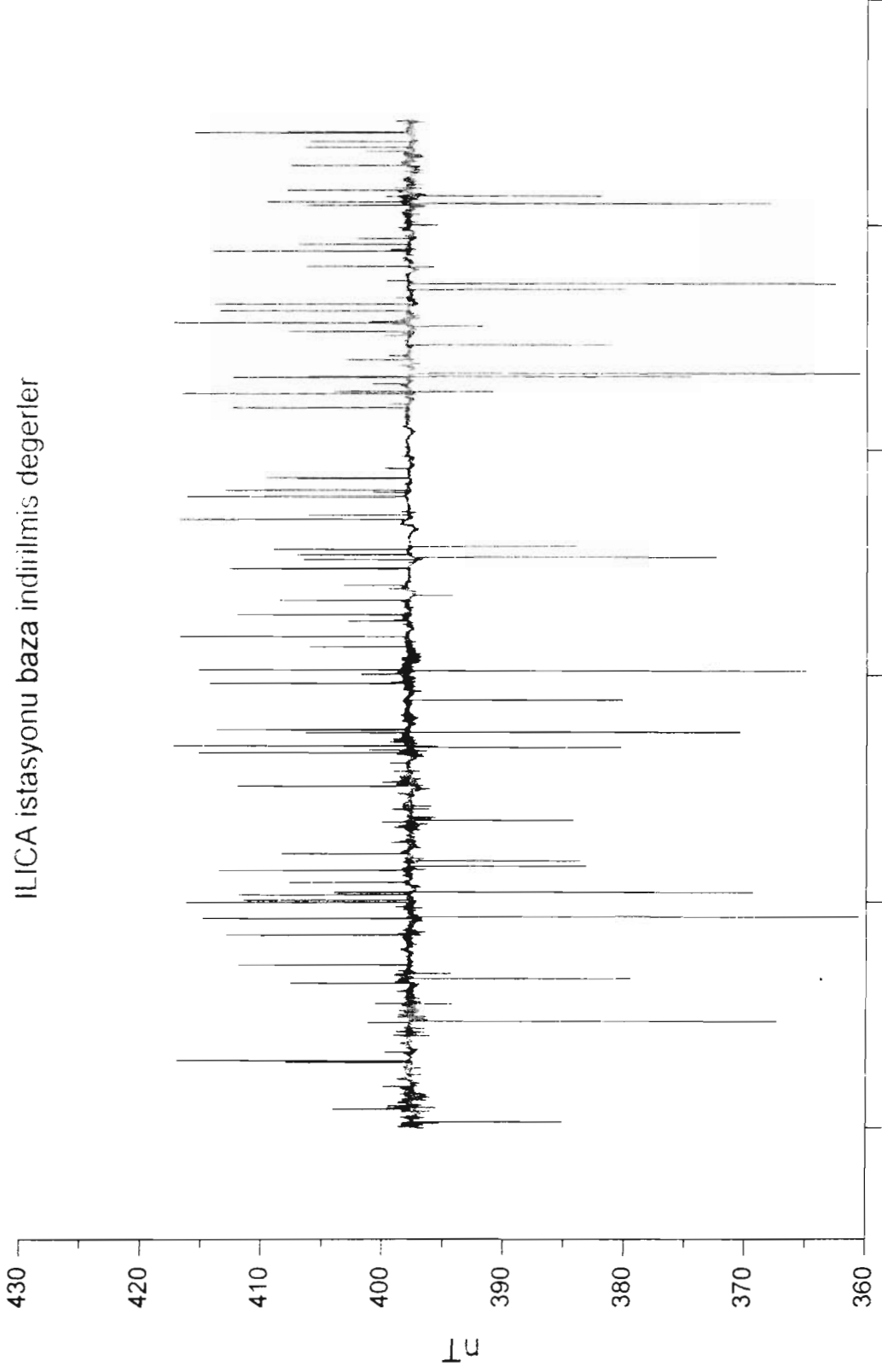
zaman (14.7 1999)

Mudurnu Çayı ile Fındık Bahçesi istasyonları arasındaki profil boyunca değişim



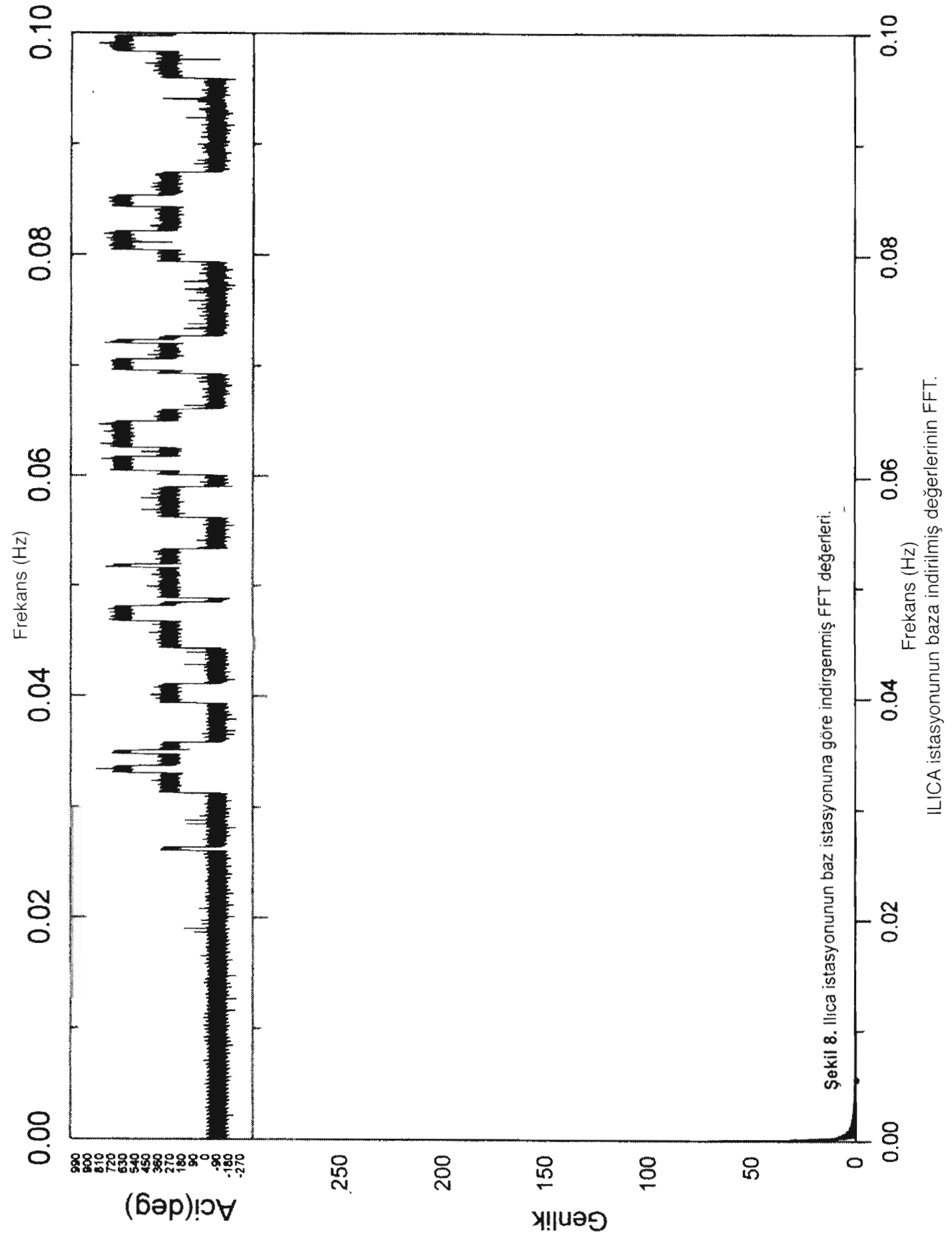
Şekil 6. Mudurnu Çayı-Fındık Bahçesi profilinin İlica ve Kuzuluk istasyonlarına indirgenmiş hali.

ILICA istasyonu baza indirilmis degerler

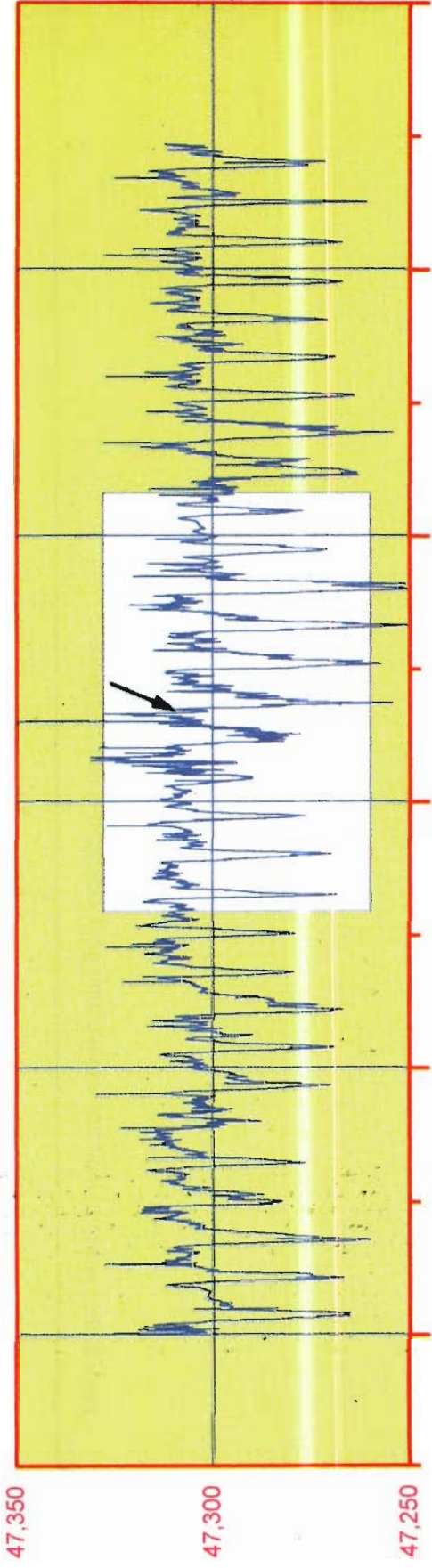


Şekil 7. Ilica istasyonunun baz istasyonuna göre indirgenmiş değerleri.

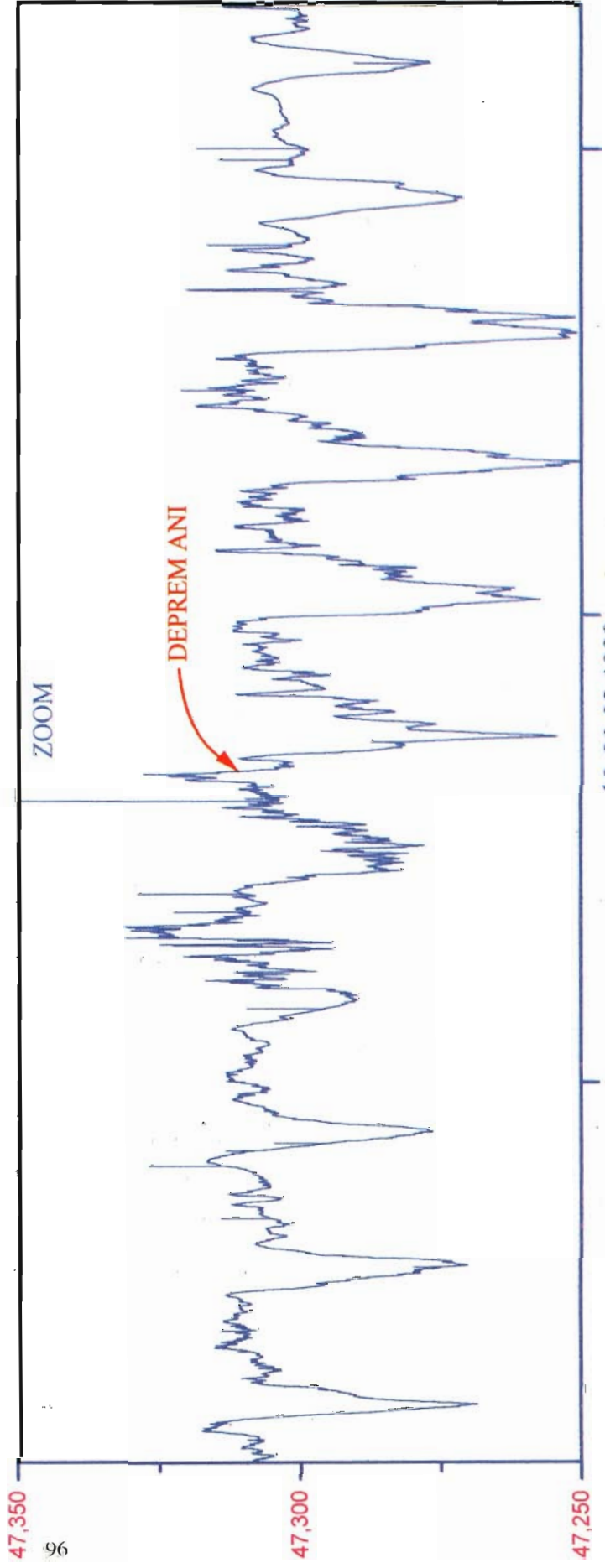
Zaman (01.03.1999 - 31.03.1999)



TAŞKESTİ İSTASYONU

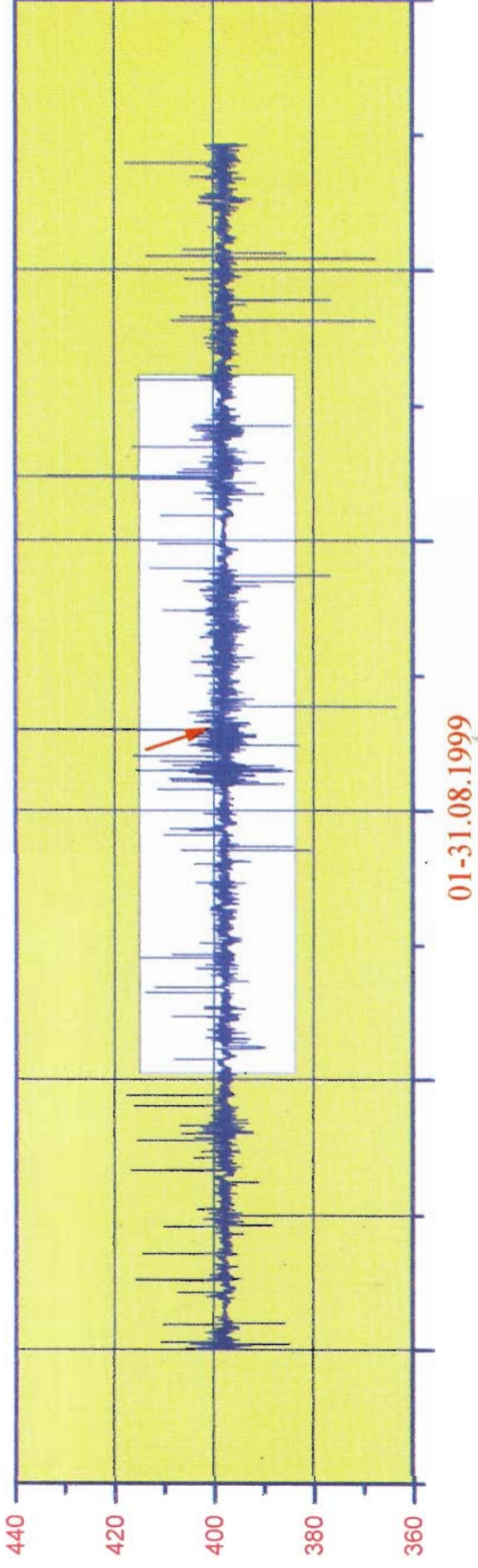


01-31.08.1999

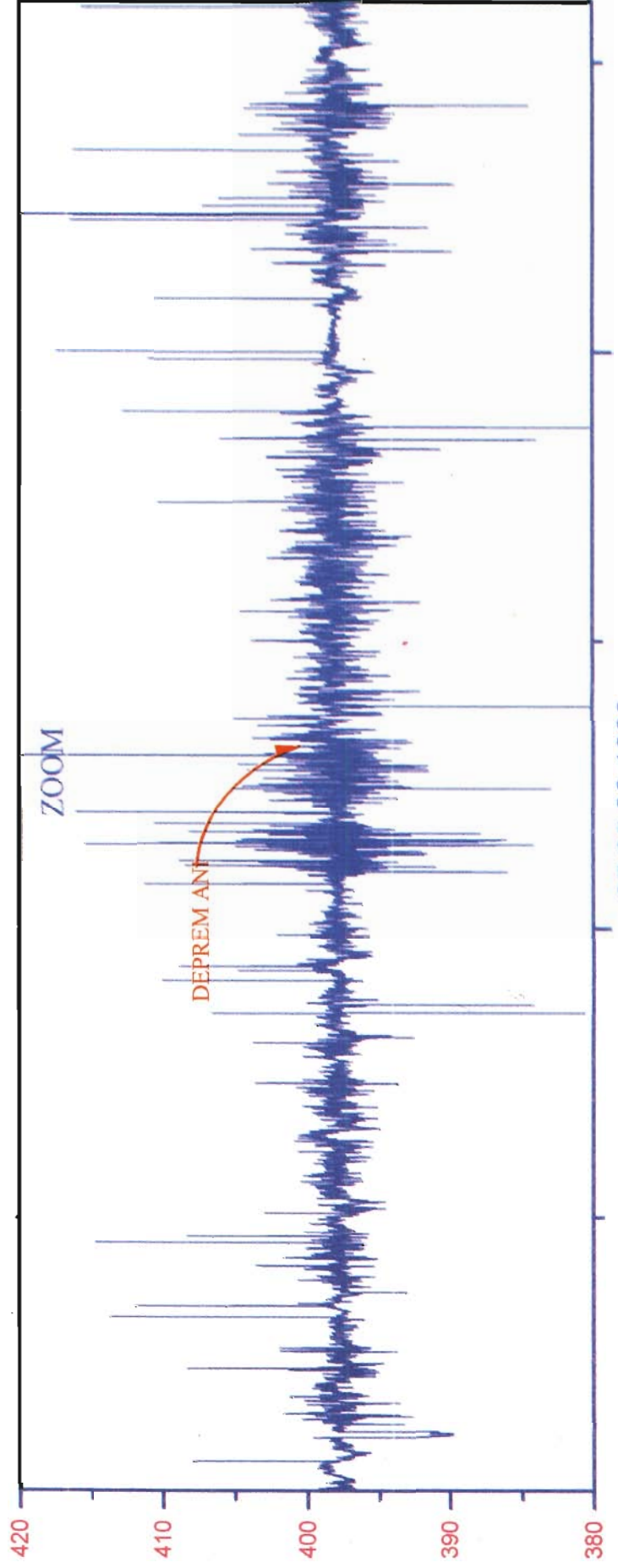


Şekil 9. Taşkести İstasyonunun baz İstasyonuna göre indirgenmiş değerleri. 12-23.08.1999

TAŞKESTİ BAZA İNDİRİLMİŞ DEĞERLER

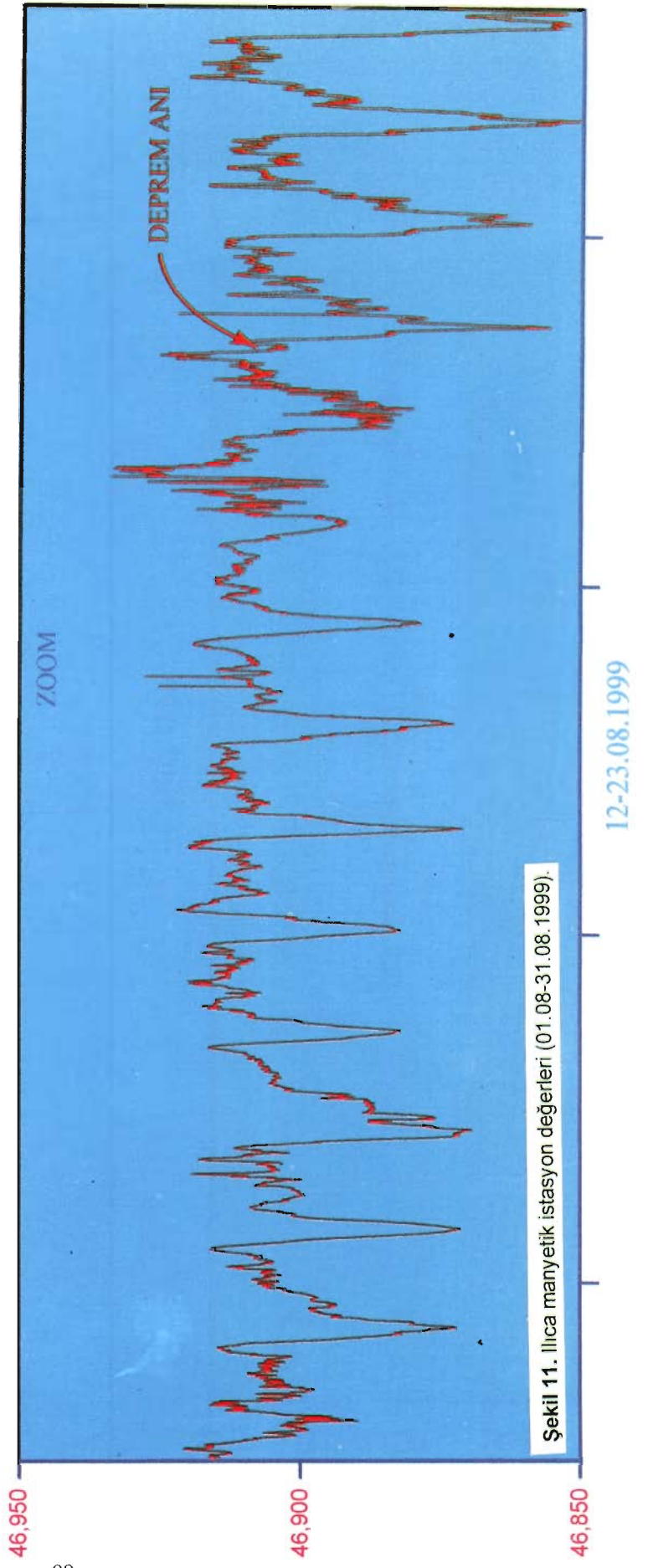
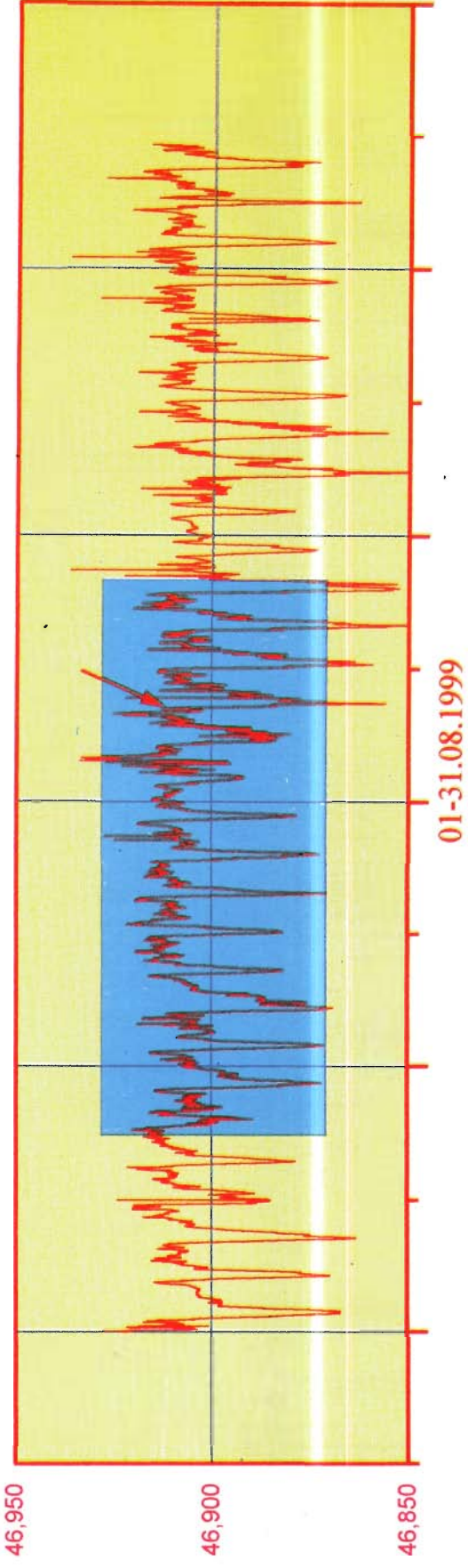


01-31.08.1999



Şekil 10. Taşkести manyetik istasyon değerleri (01.08-31.08.1999). 07-25.08.1999

KUZULUK BAZ İSTASYONU



Sonuçlar

Geçici gözlem noktalarında yılın belirli dönemlerinde ölçüm yapılarak yermanyetik alanına etki edebilecek yerel değişimler gözlenmektedir. Bu alanda minimum -700 nT ile maksimum +1000 nT'lık anomali farkları gözlenmiştir.

17 Ağustos 1999 depremi sonrası manyetik anomalilerdeki değişimler ekte sunulmuştur . Yılın başından itibaren düşünülecek olursa istasyonlar genelinde ortalama 20 nanoTesla'lık bir artış gözlenmiş ve depremden yaklaşık 2 gün öncesinde de istasyonda alınan ölçülerin genel seyrinden saptığı gözlenmiştir. Konu ile ilgili çalışmalar halen devam etmektedir.

17 AĞUSTOS 1999 İZMİT KÖRFEZİ DEPREMİ:

YÜZEY FAYLANMASI

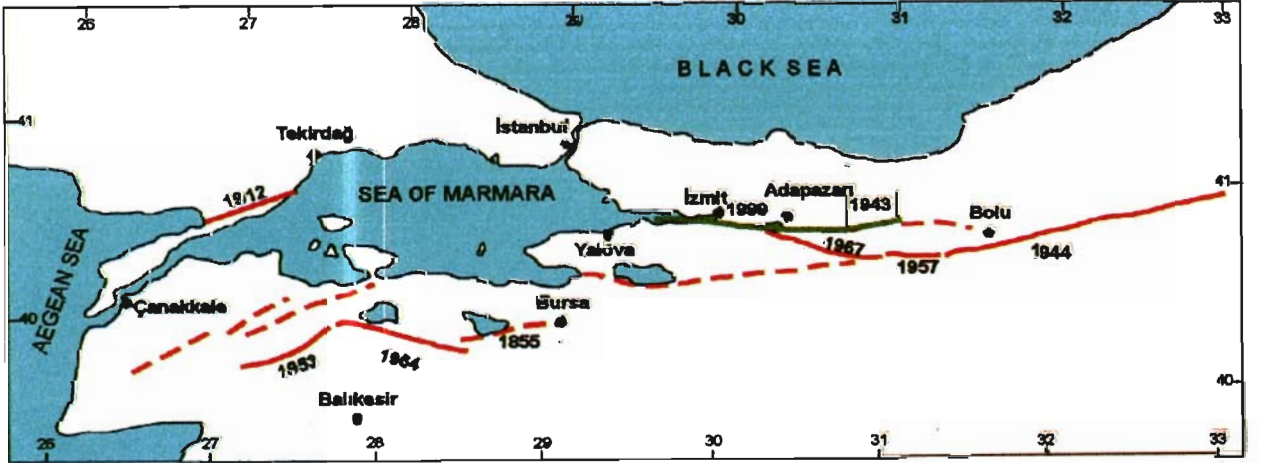
Ramazan DEMİRTAŞ Cenk ERKMEN Rüşhan YILMAZ
Deprem Araştırma Dairesi

Bu çalışmada 17 Ağustos 1999 deprem kırığının uzunluğu, farklı segmentleri ve bu segmentlerde gözlenen yatay ve düşey atım miktarlarının dağılımları, deprem mekanizması (tek ya da birkaç şoktan oluşup oluşmadığı) konusunda ayrıntılı bilgiler sunulacaktır.

Bölgedeki deprem kırıkları (1900-1999)

17 Ağustos 1999 deprem kırığı, 1967 Mudurnu Vadisi deprem kırığının batısında yer almıştır. Ayrıca 1943 Adapazarı-Hendek deprem kırığına paralel olan bir segmenti de kırmıştır (Şekil 1). Aynı fay segmenti en son 1719 depremi tarafından kırılmıştır.

1999 deprem kırığının batısında, Çınarcık-Yalova segmenti 1754 depremi tarafından yırtılmıştır. Aynı kesim günümüzde 1963 ($M_s=6.6$) depremi tarafından yeniden kırılmıştır. Demirtaş ve Yılmaz (1996) tarafından da bu segment deprem üretme potansiyeli çok yüksek sismik boşluk olarak gösterilmiştir.



Şekil 1. Kuzey Anadolu Fayı'nın batısında son yüzyılda (1900-1999) olmuş $M_s \geq 7.0$ depremler.

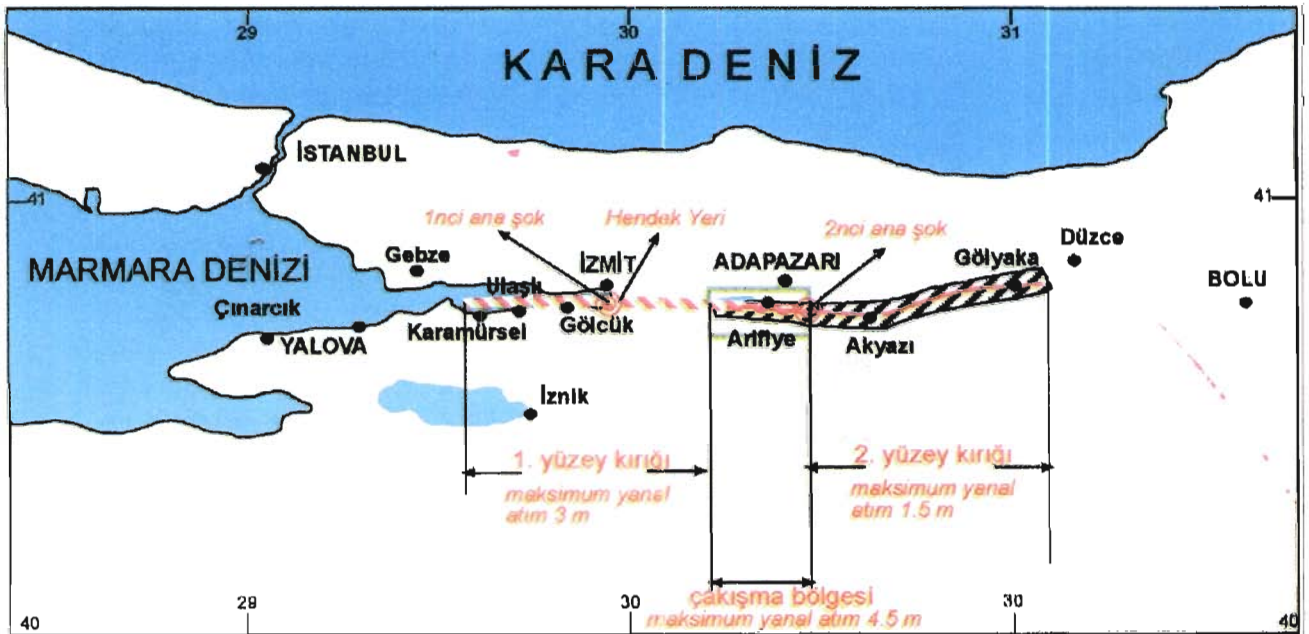
17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi Deprem Kırığı

Deprem, Gölyaka-Karamürsel arasında uzanan birkaç fay segmentini (en azından 4 segment) yırtan birkaç şoktan oluşmaktadır (Şekil 2). Deprem, en azından iki ana şoklu olup, ilk şok 15 saniye devam ettikten sonra 4 saniye duraklamayla ikinci şok başlamış ve 45 saniye sürmüştür (Yılmaz ve Demirtaş 1999; Gürbüz vd. bu raporda).



Şekil 2. 17 Ağustos 1999 deprem kırığı ve fay segmentleri.

Deprem, Kuzey Anadolu Fayı'nın (KAF) Gölyaka-Karamürsel arasında uzanan yaklaşık 120 km'lik bölümünü kırmıştır. Kırık doğrultusu, genel olarak K80-85D - DB olarak ölçülmüştür. Dış merkezi Gölçük olan ilk ana şok, Gölçük-Sapanca Gölü arasında uzanan 40 km'lik bölümü ve Gölçük-Karamürsel arasında deniz içinde uzanan 20-30 km'lik bölümü; dış-merkezi Sapanca Gölü-Akyazı arasında kalan ikinci ana şok ise Sapanca Gölü-Gölyaka arasında uzanan 50 km'lik bölümü kırmıştır. Her iki yırtılmanın dış-merkez ortada olacak şekilde iki yönde yayıldığı düşünülmektedir. Çünkü ilk şok 3 m'lik sağ yönlü yatay atıma, ikinci şok 1.5 m'lik yatay atıma neden olmuş ve iki kırığın çakışma bölgesinde 4.5 m'lik yatay atım ölçülmüştür (Yılmaz ve Demirtaş 1999) (Şekil 3).



Şekil 3. 17 Ağustos 1999 depremi ana şok yerleri ve en büyük yatay atım dağılımları

Gözlem Noktaları

Karada Gölcük ile Gölyaka arasında uzanan yüzey kırıklarının karakteristik özellikleri batıdan başlayarak doğruya doğru " duraklar " halinde anlatılacaktır.

Durak 1, Değirmendere-Gölcük arasında kırık sahile paralel olacak şekilde deniz içinde uzanır. Fay segmentleri arasındaki sağa sıçramaya bağlı olarak bu bölgede sahil aşağıya doğru kaymıştır (Normal fay segmenti)

Durak 2, Kırık, Gölcük Donanma Komutanlığı bahçesinde tekrar karada görünmektedir. K 80-85 D doğrultulu kırık kaldırım ve eğitim binasını 3.5 m sağ yanal olarak ötelemiştir.

Durak 3, Yüzbaşılar Mahallesinde aynı doğrultuda devam eden kırık buradaki bahçe duvarını 3.40 m sağ yönde yer değiştirmiştir.

Durak 4, Gölcük stadyumununun batısında BKB-DGD gidişli kırık, Otosan Otomobil Fabrikasına doğru uzanır. Otosan Otomobil Fabrikası yakınında ana fay ile dar açı yapacak şekilde uzanan K65D 73KD yönelimli bir kırık yer alır. Kırık boyunca normal bileşen hakim durumda olup, KD tarafı yani deniz tarafı 1.5-2 m aşağıya kaymıştır.

Durak 5, Yüzey kırığı, Batık Burnu boyunca kıyıya paralel olacak şekilde uzandığı için karada gözlenememiştir.

Durak 6, Kırık, Başiskele Mahallesi yakınında tekrar karada görünür ve Gölcük-İzmit yolunu sağ yönde 3.5 m öteleyerek doğruya doğru devam eder. Kırık, burada hemen hemen D-B doğrultuludur.

Durak 7, Başiskele Mahallesinden doğruya doğru uzanarak Kullar beldesi içinden geçerek, fay üzerinde bulunan evleri sağ yönde öteleyerek çökmelerine neden olmuştur. K 75-80 doğrultusunda uzanan kırıkta en büyük 3 m civarında sağ yönlü yatay atım ölçülmüştür.

Durak 8, Daha sonra kırık, Kullar beldesinin doğusunda Rahmiye Köyü civarında yeni yapılmış bir caminin altından geçerek, mısır tarlası ve çayırılık bir alan içinde 1 km sürekli olarak izlenmektedir. Kırık, tipik sağ yönlü doğrultu atımı gösteren sağa basamaklar yapmakta ve basamaklar arasında küçük basınç sırtları şeklinde sıkışma tepelikleri oluşturmaktadır (Hendek yeri, Demirtaş ve Erkmen, bu raporda). K75D doğrultulu kırık üzerinde 2.70 m sağ yönlü yatay atımlar ölçülmüştür. Bu atımlar, fayı dikine geçen ağaç dizileri ve kurumuş dereler boyunca ölçülmüştür.

Not: Duraklarla ilgili ilgili fotoğraflar bu makalenin sonunda verilmiştir.

Durak 9, Kırık, Sarimeşe köyünün güneyinde D-B doğrultusunda uzanır. Burada, kırık bir evi 2.50 m civarında sağ yönlü olarak ötelemiştir.

Durak 10, Kırık, Sarimeşe köyünden doğuya doğru Tepetarla köyü istikametine doğru devam eder. Tepetarla civarında Ankara-Istanbul demiryolu raylarında z şeklinde yamultmuştur. Ayrıca, K80D doğrultulu kırık bir ağacın köklerini keserek ortasından yarılmasına neden olmuştur. Ağacın tabanında ölçülen 30 cm'lik atım gerçek atım değerini yansıtmamaktadır. Çünkü ağacın üst taraflarına doğru bu yer-değiştirme daha da küçülerek sifıra ulaşmaktadır.

Durak 11, Kırık, Tepetarla-Derbent köyü arasında D-B doğrultusunda uzanır. Bu iki köy arasında kırığı enine geçen kuru dere, su boruları, çitler ve evler 2-2.5 m arasında sağ yönlü olarak yer değiştirmişlerdir.

Durak 12, Kırık, Acısu köyünün kuzeyinden geçer ve K65-75D doğrultuda doğuya doğru devam ederek, bir Kuran Kursunun bahçe duvarını sağ yönlü olarak 3.10 m civarında ötelir.

Durak 13, Kırık, Acısu'dan doğuya doğru K85D doğrultusunda Sapanca Gölü'nün batısına doğru devam eder. Burada, Seka iskelesini keserek yıkılmasına neden olmuştur. Bu noktadan itibaren kırık, gölün içinde uzanır.

Durak 14, Kırık, Sapanca gölünün doğusunda, Arifiye civarında tekrar karada görünür. Kırık, burada tren raylarını 3.50 m sağ yönlü yer değiştirmiş ve rayların z şeklinde deforme olmasına neden olmuştur. Daha sonra kırık, TEM otoyolunda Arifiye üst geçitini keserek çökmesine neden olmuştur. Ayrıca asfalt yol üzerinde ana kırığa paralel/yarı-paralel kademeli kırıklar gözlenmiş ve bu kırıklarda 50 cm'ye erişen ters bileşenler gelişmiştir. Bu ters bileşenlere bağlı olarak yolda kabarmalar olmuştur. Kırık, daha sonra Arifiye girişindeki ağaç dizilerini 3.5 m sağ yönlü olarak ötelemiştir. Bu sözü edilen bölgede kırık doğrultusu K85D-DB olarak ölçülmüştür. Kırık, sonra Arifiye Ziraat çiftliğindeki Mısır tarlasının içinde devam ederek, bir deponun yıkılmasına neden olmuştur. Bu tarla içinde 3-3.5 m sağ yönlü yer-değiştirmeler gözlenmiştir.

Durak 15, Kırık, Arifiye'den Aşağı Kirazca köyü istikametine doğru yönelmiştir. Burada, Toyotasa Özel Hastane yakınında Adapazarı-Bilecik yolu üzerinde bulunan kavşaktaki üst geçiti kesmiş ve 200 m doğusunda Sakarya Nehri üzerindeki köprüyü sağ yönlü öteleyerek yıkılmasına neden olmuştur. Fay burada birbirine paralel olacak şekilde saçılarak yol kenarlarındaki korkulukların z şeklinde yamultmuştur. Ayrıca, bu civarda nehir kenarlarında sarsıntı etkisiyle nehir banklarında yenilmeler olmuştur. K80B doğrultulu kırıkta 4.45 m sağ yönlü yatay atım ölçülmüştür.

Durak 16, Kırık, Çaybaşifuadiye köyünün kuzeyini izlemektedir. Kırık doğrultusu, K70B olarak ölçülmüştür. Çaybaşifuadiye-Çaybaşı arasında uzanan kırıkta 2.20 m'lik sağ yanal atım gelişmiştir.

Durak 17, Kırık daha sonra Horozlor köyüne giden yolu ve solundaki tarla çitini keserek 2.00 m civarında sağ yönlü olarak ötelemiştir. D-B doğrultusunda doğuya doğru uzanan kırık, pancar tarlasını keserek devam etmektedir. Doğrultu atımın egemen olduğu kırıkta 50 cm civarında normal bileşen gözlenmiştir.

Durak 18, Kırık, daha doğuya doğru Kazancı köyü civarında D-B doğrultusunda uzanarak devam etmektedir. Bu kesimde yaygın olarak sıvılaşmalar gözlenmektedir.

Durak 19, Kırık, Akyazı'nın kuzeyinden D-B doğrultusunda geçmektedir. Kırık, burada saçılmış olarak birbirine paralel kollar halinde uzandığı için yatay atım ölçülememiştir. Kırık, Ormanköy'e giden yolu K85B doğrultusunda keserek Şehit Halil İbrahim Sert lisesi'nin 100-150 m güneyinden geçmektedir. Ayrıca, burada K25-35B doğrultulu açılma çatlakları da gözlenmektedir. Fay, Akyazı ilçesi yakınlarında 50-75 metrelik bir zon içerisinde uzanmaktadır.

Durak 20, Kırık, Akyazı doğusunda Camili köyü arasında Altındere köyünün kuzeyinden geçerek Camili köyüne doğru uzanır. Camili beldesine bağlı Yukarı Çarığıkuru Mahallesi'nde kırık K70D doğrultusunda uzanır. Bu civarda atım çok düşük değerlere düşmekte ve gözlenebilen bazı kesimlerde 10 cm civarında sağ yönlü atım görülmektedir.

Durak 21, Kırık, daha sonra Karadere'ye doğru Aksu deresi vadisini izlemektedir. Vadi yamaçlarında küçük ölçekte heyelanlar gelişmiştir. K70-80D doğrultulu kırık, bir bahçe çitini 25-30 cm civarında sağ yönlü olarak ötelemiştir.

Durak 22, Kırık, Aksu vadisini izleyerek Gölyaka güneyine doğru uzanmaktadır. Kırık, Fatih Mahallesi içinde K75-80D doğrultusunda uzanmaktadır. Kırık, daha doğuda izlenememektedir. Büyük bir olasılıkla, 17 Ağustos deprem kırığı Gölyaka güneyinde sona ermiştir.

Sonuçlar

1- 17 Ağustos 1999 depremi, en azından iki ana şoktan oluşmaktadır. Bu şoklardan ilki Gölcük-Değirmendere; diğeri ise Arifiye-A. Kirazcı arasında yer almıştır. Üçüncü daha küçük bir şok ? Karamürsel batısında (Avcılar'ın yıkılma nedeni) olabilir (Yılmaz ve Demirtaş 1999). Kuzey Anadolu Fayı'nın değişik segmentlerinde aynı anda iki deprem, birkaç on yıl gibi uzun aralıklarla olduğu gibi, birkaç yıl ya da birkaç ay (örneğin 28 Şubat 1855 ve 11 Nisan 1855 Bursa depremleri) aralıklarla ve hatta birkaç gün (örneğin 13 Mart 1992 ve 15 Mart 1992 Erzincan ve Pülümür depremleri) ya da birkaç saniye aralıklarla oluşabilmektedir.

2- Deprem, Kuzey Anadolu Fayı'nın Karamürsel-Gölyaka arasında uzanan 120 km'lik bölümünü yırtmıştır. Yırtılan kısım, en az dört segmentten (Karamürsel-Gölcük, Gölcük-Sapanca, Sapanca-Akyazı ve Akyazı-Gölyaka) oluşmaktadır.

Bu segmentler birbirlerinden birer çek-ayır yaparak ayrılmaktadırlar (Yılmaz ve Demirtaş 1999).

3- Karamürsel-Gölcük ve Gölcük-Sapanca arasında en büyük sağ yanal atım ortalama 3 m; Akyazı-Gölyaka arasında 1.5 m ve Sapanca-Akyazı arasında kalan çakışma (iki yönlü kırık ilerlemesine göre) 4.5 m'dir (Yılmaz ve Demirtaş 1999). Böylelikle çakışma bölgesi, bu depremin en az iki ana şoklu olduğunu göstermektedir.

4- 17 Ağustos ve 12 Kasım 1999 depremleri, KAF boyunca bu yüzyıl boyunca oluşan depremlerin doğudan batıya doğru göç etmediğini göstermiştir. Zaten KAF boyunca böyle bir göç bulunmamaktadır. Bu tamamen 1939 Erzincan depreminin (7.9) diğer depremleri tetiklemesi ile ilgilidir. Diğer yandan 17 Ağustos ve 12 Kasım deprem kırıklarının batıda doğuya doğru yayılması, depremlerin batıdan doğuya doğru göç ettiği anlamını taşımamaktadır. KAF üzerinden bu depremlere benzer yayılma, 1943 Tosya-Ladik depreminde (Ms=7.4) de gözlenmiştir. 1939, 1942, 1943, 1944, 1957 ve 1967 deprem kırıklarının hepsi doğudan batıya doğru ilerlerken, sadece 1943 depremi batıdan doğuya doğru yayılmıştır. 1943 depreminden sonra, diğer deprem bu kırığın doğusunda değil tekrar batısında meydana gelmiştir (1944 Bolu-Gerede depremi)

Bu nedenle 12 Kasım 1999 depreminin doğusunda bir deprem olma olasılığı çok zayıf görünmektedir. Çünkü 12 Kasım deprem kırığı, Gölyaka-Kaynaşlı arasında gelişmekle birlikte, bu kırığın doğuya yayılımı bölgedeki kayaçların litolojisi ve Bakacak heyelanları nedeniyle tam olarak gözlenememektedir. Diğer taraftan bu kırığın batısı, yani Bolu güneyinden geçen KAF'ın ana hattı en son 1944 Bolu-Gerede (Ms=7.3) depremi tarafından yırtılmıştır.

5- 1999 depremlerinde yırtılan segmentte en son deprem 1719'da olmuştur. Deprem kırığı boyunca gözlenen en büyük yatay atım 4.5 m olup; 4.5 m / 280 yıl' a bölünerek yıllık kayma hızı, 16 mm bulunmuştur. Bu kayma hızı, GPS ölçümleri ile uyumluluk göstermiştir (Yılmaz ve Demirtaş 1999).

6- 1999 deprem kırığının doğusunda bir deprem olma olasılığı zayıf görünürken, batısında bir deprem olma olasılığı artmış gözükmemektedir. Ancak bu depremin büyüklüğü tartışmalıdır. Bu problemi çözmek için, ne Sismik-1 gemisine ne de TPAO'nun petrol araştırmalı kayıtlarına ihtiyaç vardır. Çünkü sismik kesitler, bir yorum işi olup, diğer tüm faylar diri faylarla karıştırılabilir. Başka bir deyişle, bu fayların hangisinin diri olduğuna karar vermek son derece güçtür. Ayrıca bu faylara bakarak o bölgenin deprem tehlikesini ortaya çıkarmak son derece güçtür. Bu problem, Japonya ve Amerika gibi depreme en çok ülkelerde yapıldığı gibi, Marmara Denizi tabanına birkaç adet OKYANUS TABANI SİSMOMETRESİ yerleştirilerek çözülebilir. Bilindiği gibi Japonya'daki fayların çoğu Pasifik Okyanusu içinde bulunmaktadır. Bu nedenle Japon deprem bilimcileri, yitim zonunun şeklini bile kolaylıkla bu tür sismometreler yardımıyla ortaya çıkarmışlardır.



Atım 1.70 m



Atım 2.45 m

Eski ve Yeni Gölcük Yolunun Kesişme Noktası (40.43.26N-29.56.36E)



Atım 3.6 m

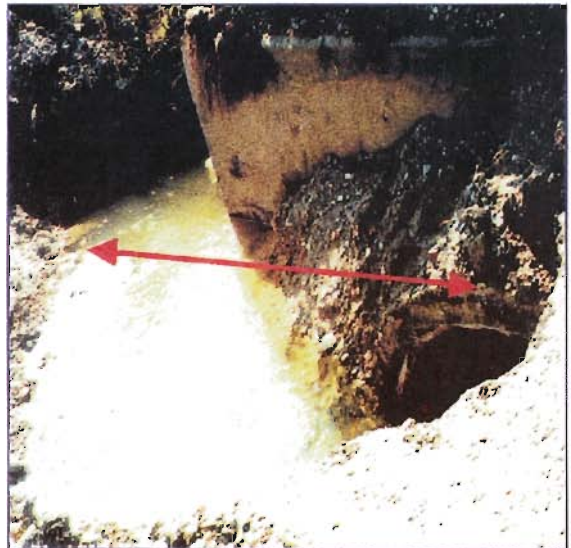


Atım 3.6 m

Gölcük Yüzbaşılar da sahil kenarı (40.43.54 N-29.47.65E)



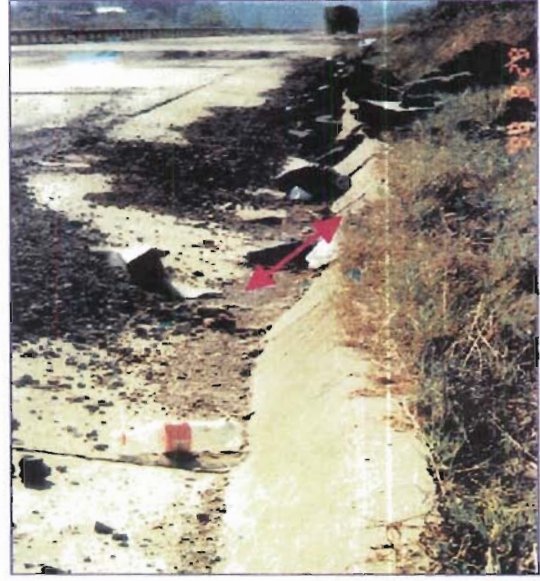
Atım yatay 3.5 m, düşey 0.5 m



Arifiye Köprüsü yakınında su borusu (40.42.57N-30.21.45E)



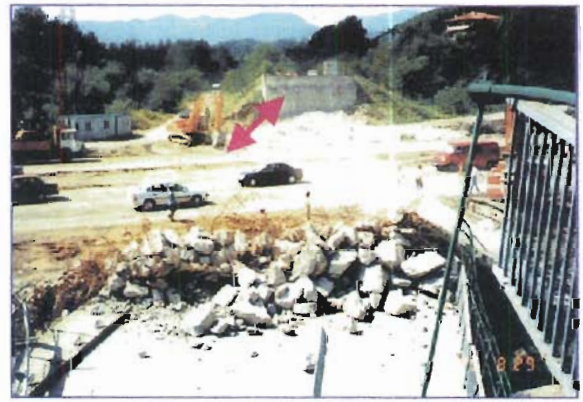
Atım Yatay 2.7 m, yükseklik 0.5 m
Arifiye Köprüsü yakınındaki kavaklıklar,



Atım yatay 0.30 m
Acısu yakınlarında Otoban (40.43 25N-29.47.66E)



Otoban üzerinden geçen Arifiye Köprüsü (40.42.57N-30.21.45E)

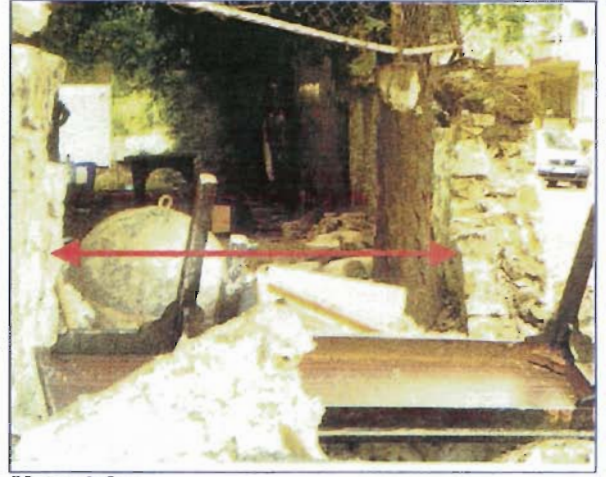


Atım Yatay 0.15 m

Arifiye köprüsü yakınlarında Stres çatlakları



Acısu civarında Otoban Korkulukları



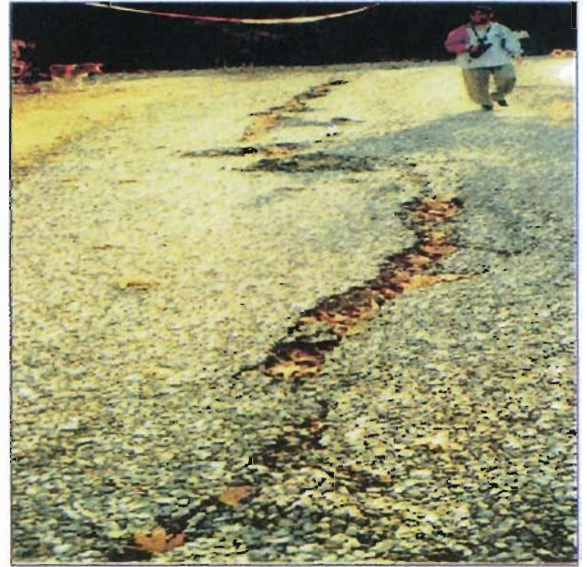
Atım Yatay 2.8 m

Gölcük Yüzbaşılar'da askeri duvar (40.43.58N-29.47.95E)



Atım Yatay 2.5 m

Toyotasa Hastahanesi yakınındaki köprü (40.42.56 N-30.22.91E)



Toyota araba fabrikası yakınındaki bir köprü'nün yıkılışı
(A.SÖMER-FAYLAR)

Gölyaka İlçesi Bekiroğlu Köyü Yolu
(40.45.52N-30.55.42 E)



Tepetarla'da kökü kesilmiş bir ağaç.



Arifiye'de fay tarafından bükülmüş tren rayları.



2.10 cm ötelenmiş köy yolu (Horozlar, Adapazarı-Karapürçek yolu).



Arifiye doğusunda 4 m ötelenmiş benzin istasyonu duvarı. (Fotoğraf: Turgay KURU)



Toyotasa Hastanesi'nin 1 km doğusunda 4.5 m yatay ötelenmiş yol korkulukları.



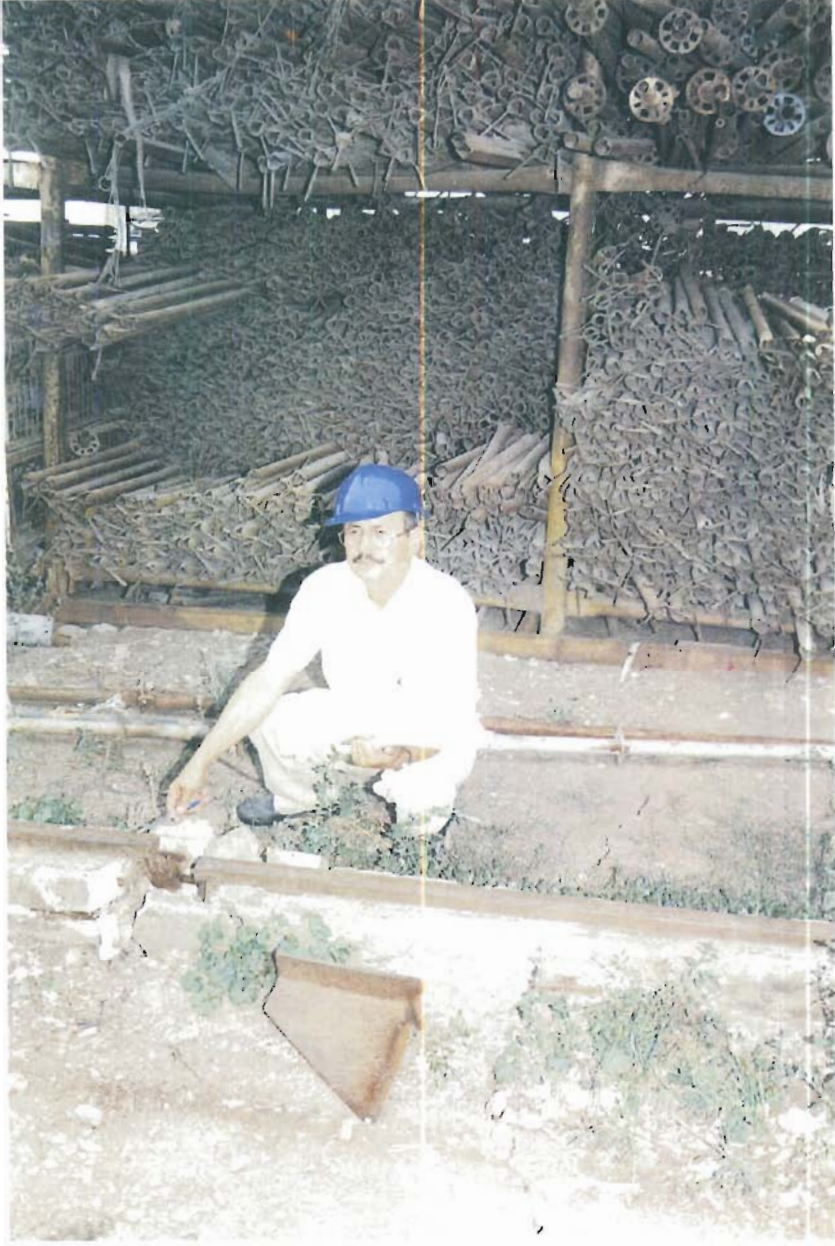
Toyotasa Hastanesi'nin 2 km doğusunda z şeklini almış yol korkulukları.



Kullar-Rahmiye köyü yakınlarında 2.70 m sağ yönlü ötelenmiş ark izi (Rahmiye).



Tepetarla'daki evi kesen bir yüzey kırığı (atım 3 m).



Gölcük'te bir fabrikanın altından geçen ve tren rayını ötelemiş yüzey kırığı



Gölcük'te bir fabrikanın altından geçen yüzey kırığı.



Kullar-Rahmiye köyü yakınlarında yüzey kırığı.



Kullar-Rahmiye köyü yakınlarında yüzey kırığı.



Değirmendere'de su altında kalmış kıyı şeridi



Değirmendere'de su altında kalmış kıyı şeridi.

17 AĞUSTOS 1999 İZMİT KÖRFEZİ DEPREMİ:

17 AĞUSTOS 1999 İZMİT KÖRFEZİ DEPREMİNİN TEKTONİK ÖZELLİKLERİ

Murat NURLU
Deprem Araştırma Dairesi

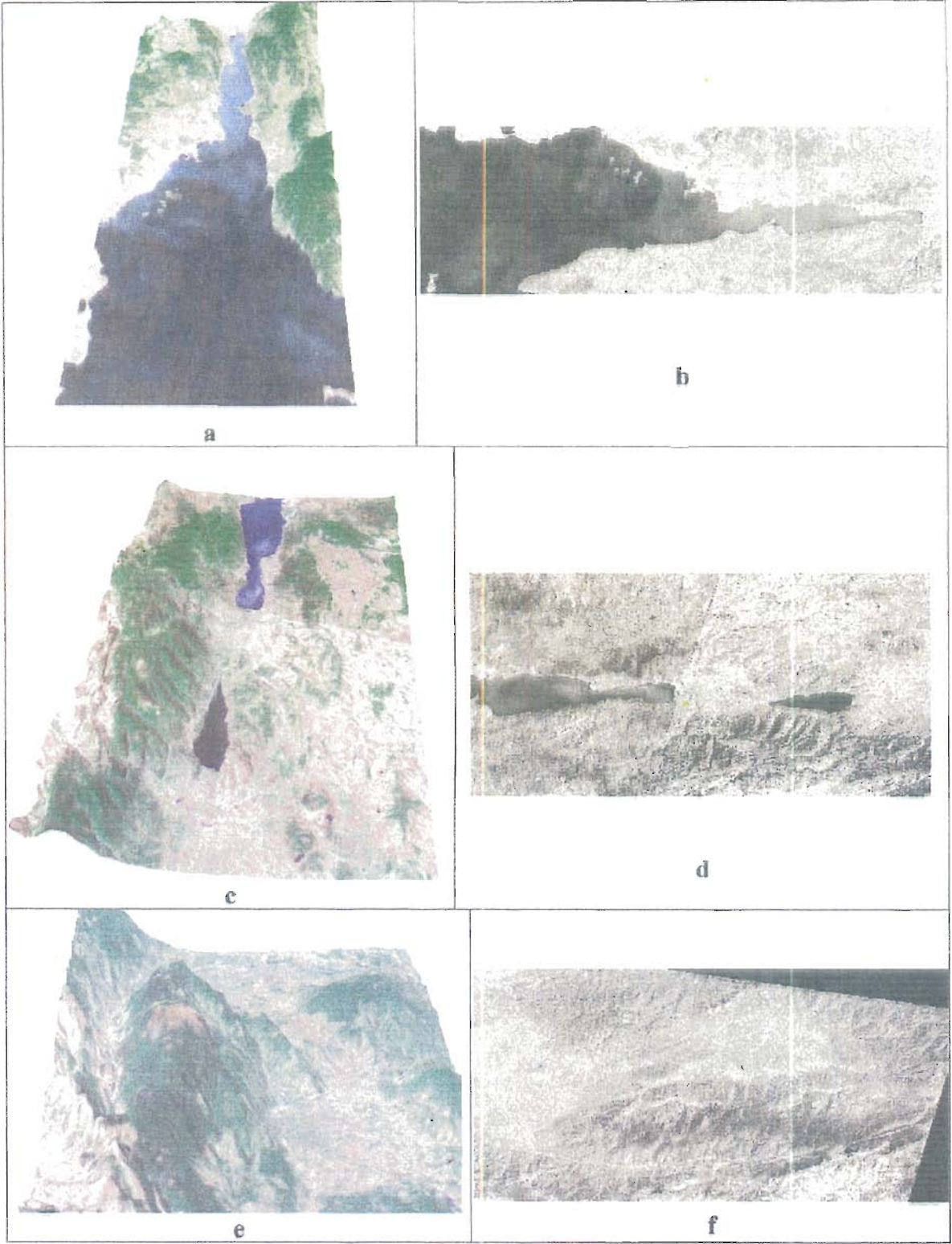
Bu çalışmada 17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi depreminin oluştuğu Kuzey Anadolu Fayının batı kesiminin tektonik özellikleri, yüzey kırığı ve segmentasyonu hakkında bilgiler verilecektir.

Deprem Bölgesinin Jeolojik, Morfolojik ve Depremsellik Özellikleri

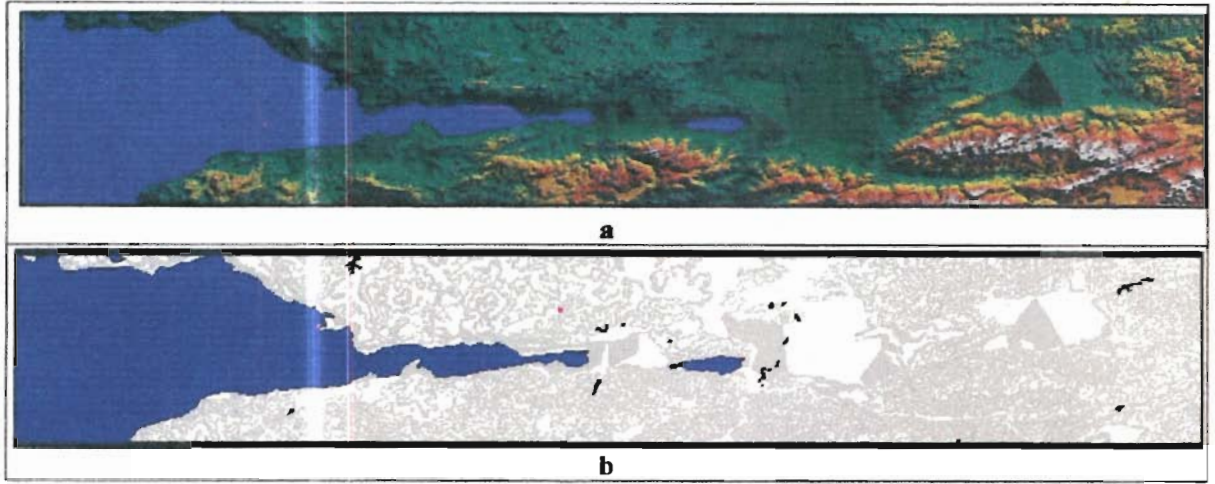
Deprem etkilediği bölge jeolojik açıdan Kuzey Anadolu Fay Zonunun batı kesiminde yer almaktadır. 1/500.000 ölçekli Türkiye jeoloji haritası baz alındığında bölgenin Paleozoyik, Mesozoyik ve Senozoyik yaşlı çok çeşitli litolojik birimlerden oluştuğu görülmektedir. Özellikle Senozoyik döneme ait birimlerden Pliyosen ve Kuvaterner yaşlı oluşumlar üzerinde depremin hasar açısından daha etkili olduğu gözlenmiştir. Jeolojik açıdan bir diğer önemli hususta; depremin etkilediği afet bölgesindeki havzaların varlığıdır. Kuvaterner yaşlı bu havzalar İzmit-Sapanca gölü arasında, Adapazarı baseni, Düzce havzası, Bolu havzası olarak KAF zonunun batı kesiminde bir sıra boyunca dizilmişlerdir. Çoğunlukla bu havzaların sınırları tektonik yapılarla sınırlandırılmıştır. Uydu görüntüleri üzerinde bu havzaların dağılımı net olarak görülmektedir (Şekil 1).

Morfolojik açıdan deprem bölgesine bakıldığında (Şekil 2), bölgenin güney ve kuzeyindeki yükseltiler arasında göllerinde içinde bulunduğu havzalar boyunca Doğu-Batı uzanımlı topoğrafik olarak düşük eğimlere sahip düzlükler yer almaktadır. Şekilde görüldüğü gibi Yalova-Bolu arasında düşük eğime (0°-10°) sahip bölgeler afet bölgesinin % 34' nü oluşturmaktadır.

Kuzey Anadolu Fay (KAF) Zonu'nun batı kesimi deprem dağılımları açısından oldukça aktiftir. En son olarak Mudurnu vadisi içinde 10 yıl arayla KAF zonuna bağlı olarak 1957 Abant depremi (Ms=7.0) ve 1967 Mudurnu vadisi depremleri (Ms=7.1) gözlenmiştir. Öcal (1957)' a göre, 1957 Abant depremi sonucunda arazide iki yüzey kırığı oluşmuştur. Bunlardan ana fay olarak kabul edilen kırık Abant'dan İğneciler, Mudurnu vadisini takip ederek Dokurcun'a kadar uzanmaktadır. Yazara göre toplam kırık uzunluğu 40 km. olup odak mekanizması çözümünde sağ yönlü doğrultu atımı vermektedir.

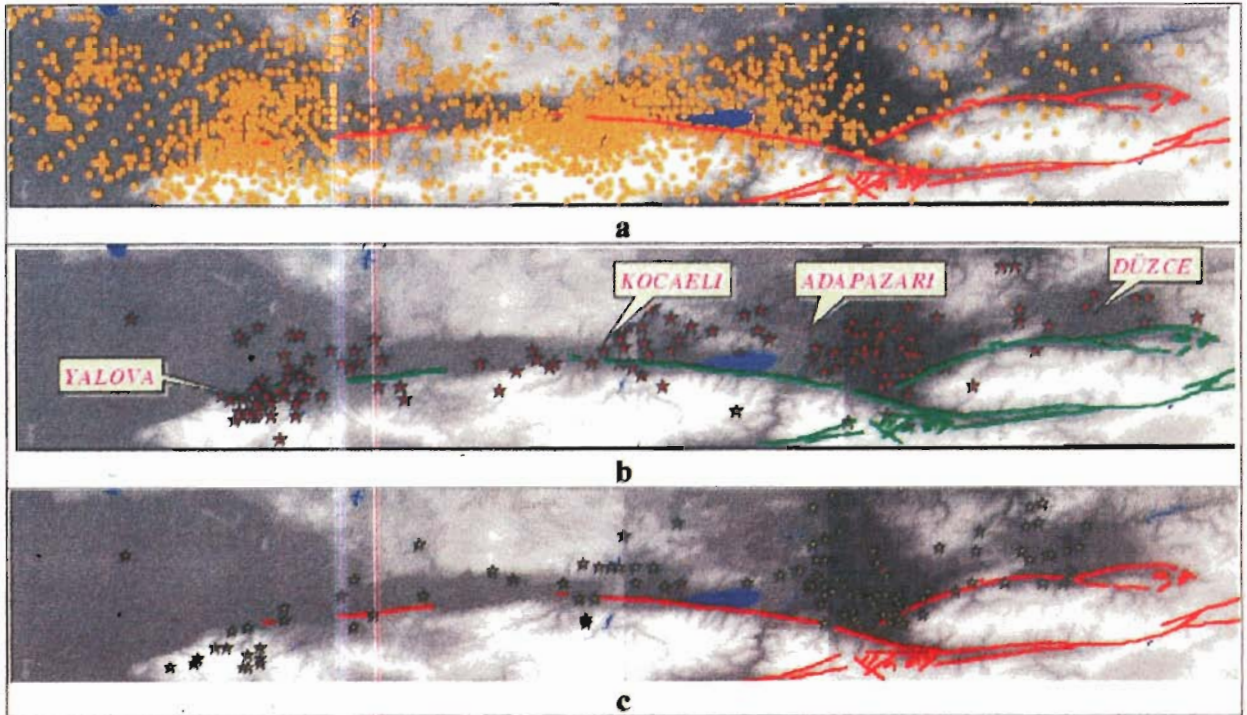


Şekil 1. İnceleme alanına ait uydu görüntüleri (a-b: İzmit Körfezi'nin batıdan doğuya doğru 3 boyutlu uydu görüntüsü; c-d; Akyazı'dan İzmit Körfezi arasının 3 boyutlu uydu görüntüsü, bakış doğudan batıya; e-f: Gökya-Mudurnu Vadisi civarının 3 boyutlu uydu görüntüsü, bakış doğudan batıya doğru, ölçeksiz).



Şekil 2. İnceleme alanının 1/250.000 ölçekli topoğrafik haritalardan elde edilmiş a) kabartma ve b) eğim haritası (ölçeksiz).

Ambraseys vd. (1969) yılında Mudurnu vadisi depremi ile ilgili yaptıkları gözlemlerde yüzey kırığının İğneciler köyünden başlayarak Mudurnu vadisi boyunca yaklaşık DB doğrultusunda Sapanca gölünün güneyine kadar uzandığını saptamışlardır. Toplam fay uzunluğunu 80 km. olarak veren araştırmacılar fay boyunca 190 cm. kadar da sağ yanal atım belirlemişlerdir.



Şekil 3. İnceleme alanının a) aletsel döneme ait deprem etkinliği, b) 17-31 Ağustos 1999 tarihleri arasındaki ve c) 1-14 Eylül 1999 tarihleri arasındaki artçı şok dağılımı (ölçeksiz).

Bu yıllardan sonra inceleme alanının büyük depremler açısından sakin bir döneme girdiği saptanmıştır. İnceleme alanının aletsel döneme ait deprem kayıtlarına bakıldığında (Şekil 3, a) İzmit körfezi ile Sapanca gölü arasındaki kesimde ve Yalova civarında ana yoğunlaşmaların meydana geldiği görülmektedir. Aynı şekilde, deprem olayından sonraki 30 günlük zaman dilimi içindeki artçı depremlerin dağılımında (Şekil 3, b-c) aletsel dönemdeki yoğunlaşmalara ilaveten Adapazarı ovasında da üçüncü bir yoğunlaşmanın olduğunu göstermektedir.

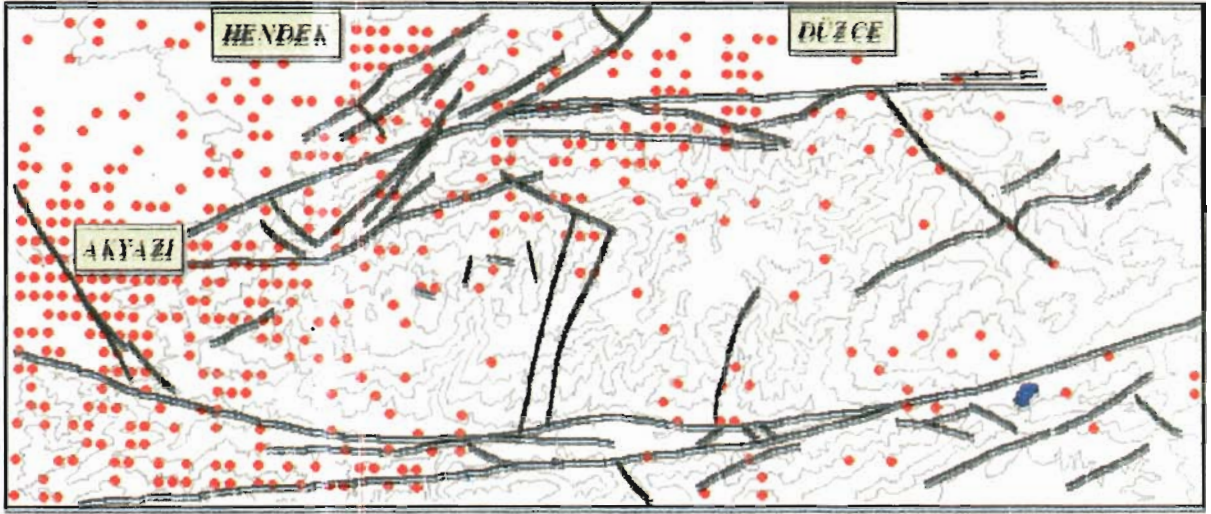
Deprem Bölgesinin Genel Tektonik Özellikleri

Deprem bölgesi Kuzey Anadolu Fay zonunun batı kesimi olarak tanımlanan bölge içinde yer almaktadır. Uydu görüntüleri dikkatle incelendiğinde (Şekil 1) KAF zonunun geçtiği alanlar bariz kırık hatları olarak gözlenmektedir.

Depremin etkilediği afet bölgesinde KAF zonunun Mudurnu vadisindeki genel gidişi DB olarak gözlenmekte, Mudurnu vadisinden sonraki doğrultuları ise K75B ve K80D şeklinde değişmektedir. KAF zonunun bu kesimindeki deformasyon zonunun genişliği yer yer 30 km. ye ulaşmaktadır.

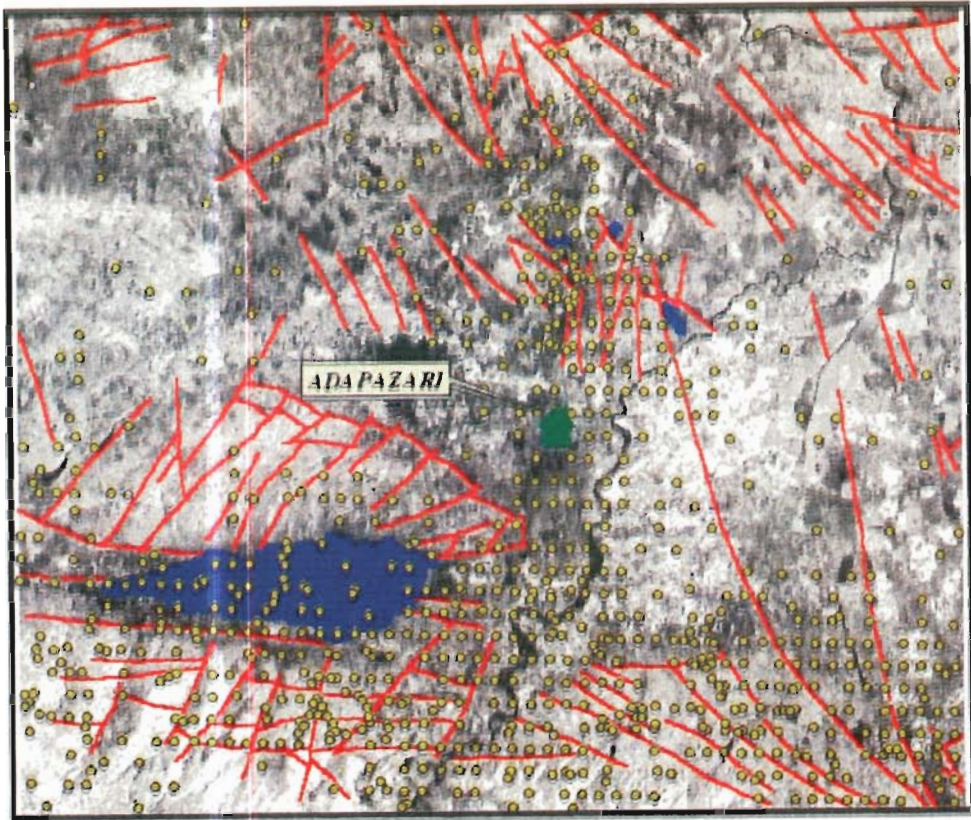
Bolu il merkezi ve Akyazı ilçesi arasındaki tektonik aktivite incelendiğinde (Nurlu, 1999; Şekil 4), yaklaşık DB doğrultulu sağ yönlü doğrultu atımlı fay karakterindeki KAF zonunun bir bölümü (bu fay zonunda 1957 Abant ve 1967 Adapazarı depremlerinin meydana gelmiştir) görülmektedir. Vadinin kuzeyinde kalan, Almacık dağıının kuzey kenarlarını çevreleyen Akyazı - Kaynaşlı fayıda (literatürde Düzce fayı olarakda bilinir) genellikle sağ yönlü doğrultu atımlı faylardan oluşmuş bir zon olarak karşımıza çıkmaktadır. Gölcük depreminde de bu fay zonu üzerinde çeşitli miktarlarda atımlar gözlenmiştir. Bu faylar arasında ikincil fay sistemleri de gelişmiştir. Bu alanın sismotektonik haritasına bakıldığında 1900-1998 tarihleri arasındaki deprem aktivitesinin batı yönünde yoğunlaştığı gözlenmektedir (Nurlu, 1999).

Aynı şekilde Akyazı ilçesi ile İzmit ili arasındaki tektonik aktivite de (Şekil 5) buradaki fay zonunun genişliğinden dolayı çeşitlilik göstermektedir. Genellikle sağ yönlü doğrultu atımlı fayların egemen olduğu bölgede Sakarya il merkezinin güneybatısında, Sapanca gölünün kuzeyindeki tepelerde gözlenen blok hareketleri de buradaki aktivitenin yüksek olduğunu göstermektedir (Cerit vd., 1994). İzmit ili ve batısının da tektonik açıdan aktif olduğu çeşitli araştırmacılarla belirlenmiştir.



Şekil 4. Bolu ili-Akyazı ilçesi arasındaki bölgenin sismotektonik özellikleri, ölçeksiz (Nurlu, 1999 alınmıştır).

İzmit ili ile Bolu illeri arasındaki bölgenin tektonik yapıları incelendiğinde (Şekil 6), ana fay hatlarının yanında farklı konumlarda ve değişik türde fayların da mevcut olduğu belirlenmiştir. Ancak genellikle doğrultu atımlı sağ yönlü faylar egemen gözlenmektedir.



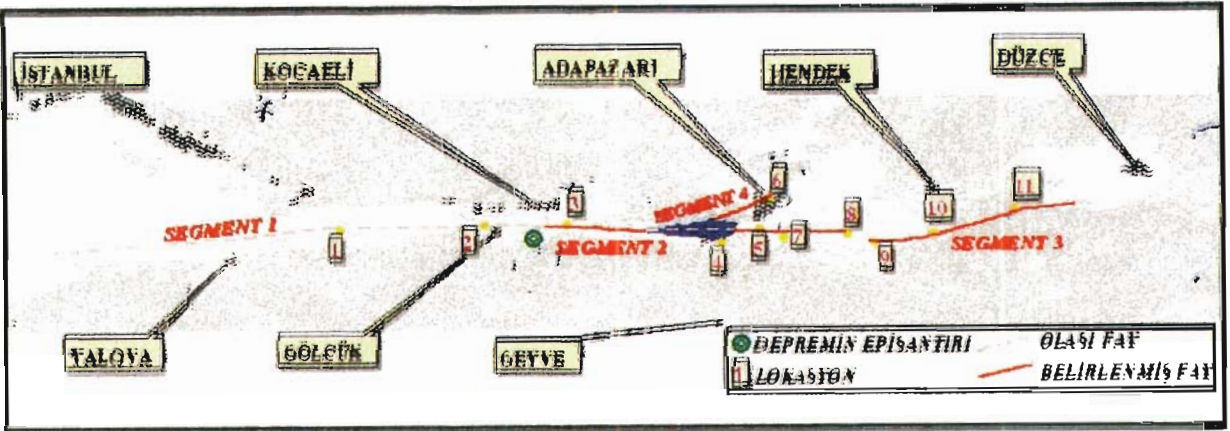
Şekil 5. Akyazı ilçesi ile İzmit arasındaki sismotektonik haritası, ölçeksiz (Cerit vd., 1994).



Şekil 6. İzmit ili ile Bolu illeri arasında kalan bölgenin tektonik haritası (ölçeksiz).

Depremi Oluşturduğu Yüzeysel Deformasyonlar ve Arazi Gözlemleri

Depremden sonra yapılan arazi gözlemleri sonucunda, depremin etkisiyle yüzeysel deformasyonların çok geniş alanlara yayıldığı saptanmıştır. Özellikle tektonik kuvvetler etkisiyle, yarık ve çatlaklar, sıvılaşmalar, çökme ve kabarma yapıları, küçük çaplı heyelanlar meydana gelmiştir. İnceleme alanında depreme neden olan fay zonu üzerinde detay çalışmalar yapılan lokasyonlar (Şekil 7) ve açıklamaları aşağıda verilmiştir.

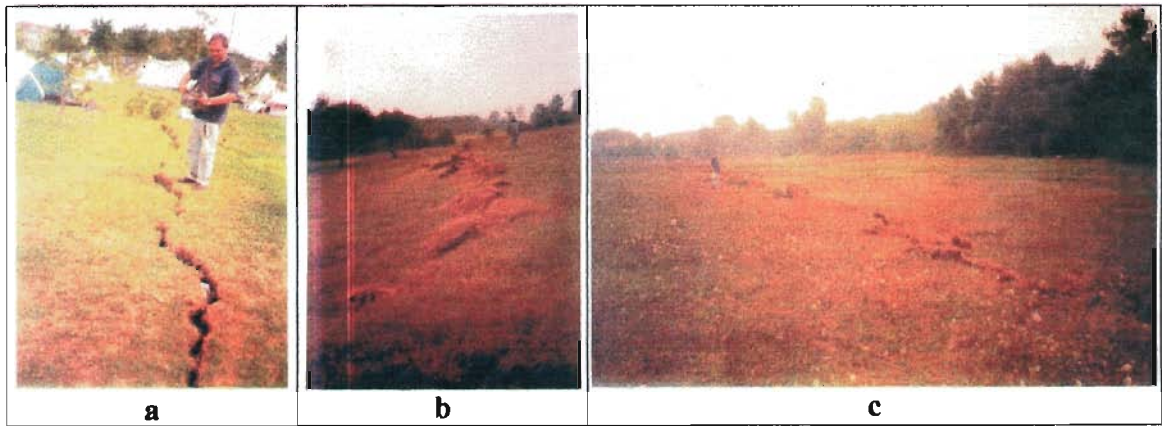


Şekil 7. Gölçük depremine neden olan fay segmentleri ve ölçüm lokasyonları.

Lokasyon 1: Depreme neden olan fay zonunun batı kesiminde, Hersek kasabasında birbirine paralel olarak gelişmiş 4 büyük çatlak saptanmıştır. Bu çatlak sistemlerinin devamındaki cami de harekete bağlı olarak hasar görmüştür. Çatlak açıklıklarının 1-5 cm arasında gözlemlendiği açılma çatlakları K35B doğrultusunda uzanmaktadır. Bu açılma çatlakları dışında Hersek deltasında depreme neden olan faylanmaya ait bir yüzey kırığı gözlenmemiştir.

Lokasyon 2: Gölcük ilçesi içinde yapılan gözlemlerde K75D doğrultulu sağ yanal hareketi gösteren 5-10 cm açıklı yarıklar gözlenmiştir. Bu yarıklar, bu yörede gözlenen karasal alçalmaya (denize doğru çökme) bağlı açılma çatlakları olarak gelişmişlerdir. Ayrıca, bu yörede K57D, K54D doğrultulu makaslama çatlakları saptanmıştır (Şekil 8, a).

Lokasyon 3: Fay kırığının en güzel gözlemlendiği yerlerden biri olan Kullar köyü (İzmit Körfezi doğusu) civarında devamlılığı yaklaşık 5 km. olan DB doğrultulu sağ yönlü doğrultu atımlı fay bariz olarak izlenmektedir (Şekil 8 b,c). Bu fay kırığı zonu boyunca sağ yönlü hareketin yanı sıra sıkıştırma kuvvetinin egemen olmasından dolayı yer yer kuzey kesimlerde kabarma, güney kesimlerde ise çökme gelişmiştir. Kuzeye doğru sıkışma ve gelişen kısmi akma nedeniyle fayın devamındaki caminin minaresi kuzeye doğru eğim kazanmıştır.



Şekil 8. Gölcük depremine ait yüzey kırıkları (a.Gölcük, b-c.Kullar köyü)

Lokasyon 4: Sapanca ilçesi ve güneyinde yapılan gözlemler, buralarda 5-15 cm eğim bileşenine sahip sağ yönlü doğrultu atımlı faylardan oluşan oblik kırıkların geliştiğini göstermektedir. Genel doğrultuları K35D, K43D, K20D, K10D olan bu kırıkların KB kesimlerinin düştüğü gözlenmiştir. Yanal atımlar genellikle 1-5 cm mertebesindedir.

Lokasyon 5: Depreme neden olan fayın yüzey kırığının arazi gözlemleri esnasında en belirgin (atım miktarı ve fayın türü) gözlemlendiği yer Arifiye köyünün

(Sapanca gölünün doğusu) 2 km. güneyindedir. Doğrultusu DB olan sağ yönlü doğrultu atımlı bu fayda net atım miktarı yerinde 4.6 metre olarak ölçülmüştür (Şekil 9 a,b,c). Fayın hemen yakınındaki direkler ve depo binası da aynı şekilde sağ yönlü bir harekete maruz kalıp ötelenmişlerdir. Fayın devamlılığı yaklaşık 4 km civarında olup Arifiye ovası içinde ana yolun yakınındaki kavaklıklarda da gözlenmektedir. Burada fayın doğrultusu K87D, net atım miktarı 3.5 m. olarak ölçülmüştür. Arifiye civarında ayrıca bu ana fayı kesen normal faylar da gözlenmiş olup bunların doğrultuları K60B dir. Bu fayların güneybatı blokları yaklaşık 17 cm. düşmüştür.

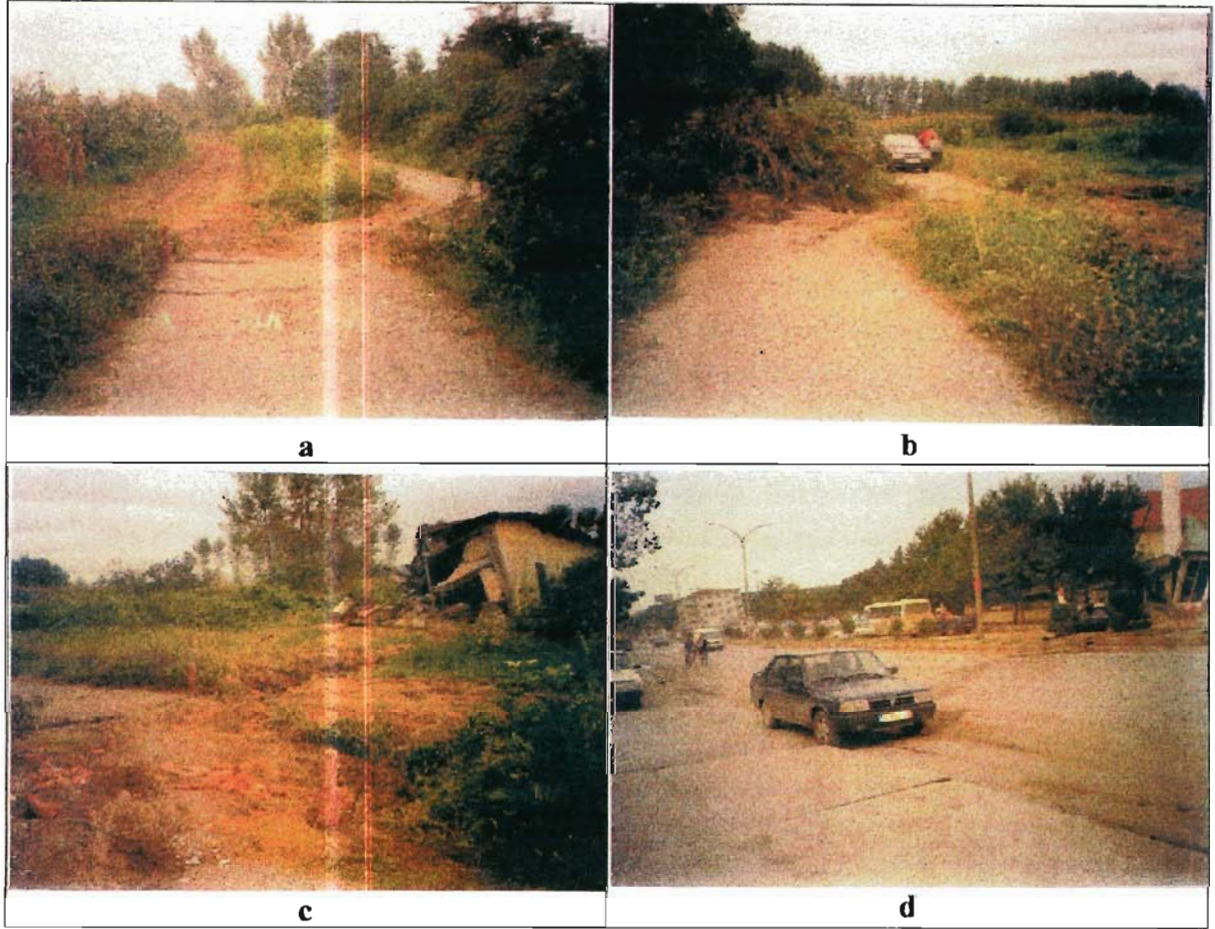
Lokasyon 6: Sakarya kenti içinde yapılan gözlemler genellikle makaslama çatlaklarının egemen olduğunu göstermektedir. K70D, K67D ve K74D doğrultularında oluşan çatlaklara paralel gelişmiş kabarmalarda gözlenmiştir (Şekil 9, d). Bu depresyon alanları ileriki bölümlerde bahsedileceği üzere ayrı bir segment olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca K15B ve K20B doğrultularında gelişmiş çatlaklarda mevcuttur.

Lokasyon 7: Batak mahallesi (Sapanca gölünün yaklaşık 10 km güneydoğusu) civarında yapılan gözlemlerde; K50B doğrultulu birbirine paralel olarak sıralanmış 8 adet açılma çatlağı, yine civarda yaklaşık 20 cm. aralıklı ve 10 cm. açıklıklı 17 adet K30B doğrultulu açılma çatlakları gözlenmiştir. Bu civarda bol miktarda sivilaşmalarda saptanmıştır.

Lokasyon 8: Kazancı köyü (Akyazı'nın 12 km. kuzeybatısı) civarında ise K30B ve K70B doğrultulu açılma çatlakları saptanmıştır. Çatlakların genelde açıklıkları 2-10 cm arasın-da değiştiği bu bölgede yine çok sayıda sivilaşmalara rastlanılmıştır.

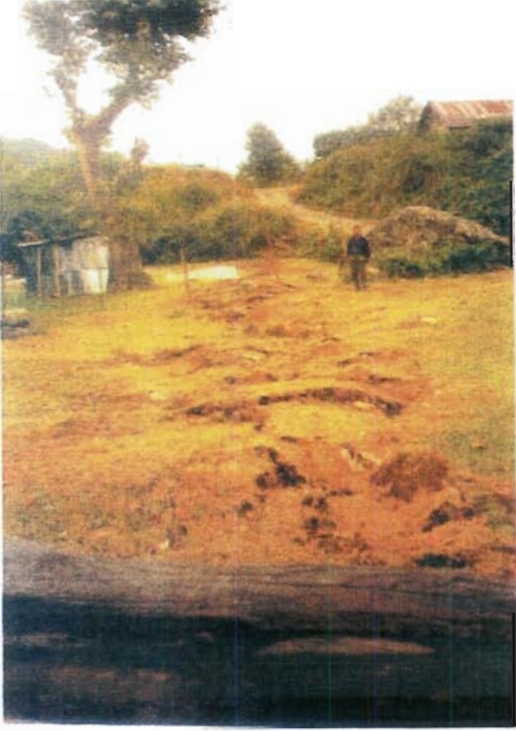
Lokasyon 9: Akyazı ilçesinin hemen girişinde Cumhuriyet mahalesi civarında, sağ yönlü doğrultu atımlı K80D doğrultusundaki ana faya paralel olarak K25B ve K30B doğrultularında 5-10 cm aralıklı makaslama çatlaklarının geliştiği gözlenmiştir.

Lokasyon 10: Akyazı-Kaynaşlı fayı üzerinde Çarığıkuru köyü civarında yapılan incelemelerde yaklaşık K75D doğrultulu sağ yönlü doğrultu atımlı yüzey kırığı saptanmıştır. Bu kırığı kesen DB uzanımlı çatlaklarda mevcuttur. Bu kırık boyunca 1 m ye varan düşmeler görülmüştür. (5 km civarında devamlılığı izlenebiliyor).



Şekil 9. Gölcük depremine ait yüzey kırıkları (a-b-c: Net atımın 4.6 m. en iyi gözlemlendiği Arifiye civarı, d: Sakarya kent merkezi)

İstasyon 11: Depreme neden olan fayın yüzey kırığının gözlemlendiği yerlerden biri olan Değirmentepe köyü (Gölyakanın batısı) içinde K80D doğrultusunda yaklaşık 2 km devamlılığı olan 1.5 m genişliğinde, yaklaşık 1.2 m atıma sahip sağ yönlü doğrultu atımlı fay kırığı gözlenmiştir (Şekil 10 a). Bu zon içinde sağ yanıl hareket nedeniyle yaklaşık 5 ton ağırlığındaki bir kaya parçasının da saat yönünde yaklaşık 15 derece civarında rotasyona uğradığı saptanmıştır (Şekil 10 b).



A

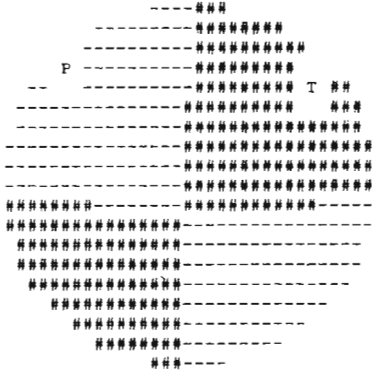
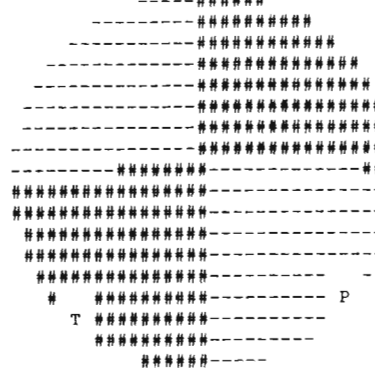


B

Şekil 10 a. Değirmentepe köyü (Gölyaka batısı) civarında gözlenen yüzey kırığı, batıdan doğuya; b: Değirmentepe köyündeki 5 tonluk kayacın makaslama kuvveti etkisiyle rotasyona uğraması.

Odak Mekanizması

Deprem odak çözümlemesine bakıldığında (Şekil 11); depremin sağ yönlü doğrultu atımlı fay karakterinde geliştiği gözlenmektedir. Bu çözümler de bölgede Kuzey Anadolu Fay (KAF) zonunun genel karakteristiğine uymaktadır.

<p>National Earthquake Information Center (NEIC) Episantır: 40.639N, 29.830E Büyükük: Mb:6.3, Ms: 7.8 Zaman: 00:01:38.56 Odak Mekanizması Çözümü; P: 316,9 ; N:187,76 ; T:47,11 1.Fay Düzlemi: 91,76 2.Fay Düzlemi:182,89</p>	
<p>Harvard Üniversitesi Episantır: 40.81N, 30.08E Büyükük: Mw:7.5 Zaman: 00:01:47.8 Odak Mekanizması Çözümü; P: 133,4 ; N:1,84 ; T:224,5 1.Fay Düzlemi: 268,84 2.Fay Düzlemi:358,90</p>	

Şekil 11. Gölcük depremi odak mekanizması çözümleri (NEIC ve Harvard Üniversitesin' den alınmıştır).

Deprem ile ilişkili diğer olaylar

Depremi neden olduğu yüzey kırıklarından başka önemli bir olay da deprem esnasında (gece saat 3.02) gökyüzünün açık kırmızı bir renkte aydınlanması olayıdır. Afet Bölgesinde deprem sırasında ve hemen sonrasında söz konusu aydınlanmayı gözleyenler o saat dilimi için bu aydınlığa bir anlam verememiştir. Bu gözlemin Gölcük civarından Gölyakaya kadar olan tüm hat boyunca görüldüğü belirtilmiştir. Özellikle afet bölgesinin batı kesiminde, episantıra yakın yerlerde ikamet edenler bu aydınlanma olayının yaklaşık 5-10 dakika sürdüğünü söylemelerine karşın doğuda oturanlar (Akyazı-Gölyaka) bu aydınlanmanın 1-2 dakika sürdüğünü ifade etmektedirler.

Ayrıca arazi gözlemleri sırasında yukarıdaki olaylarla ilişkili olarak fay zonlarında önemli bir gözlem olarak, yüzey kırığı civarındaki bitki renklerinde ileri derecede sararmalar gözlenmiştir. Yüksek ısı etkisini gösterdiği düşünölen bu bulgu hem zeminde yer alan otsu bitkilerde, hem de kırık üzerinde yer alan ağaç türü yüksek bitkilerde de gözlenmiştir.

Depremi neden olduğu diğer bir önemli olay da Seiche dir. İzmit körfezinin güneyinde Gölcük ilçesi ve Değirmendere köylerinde deprem sonucunda oluşan dalgalar kıyı içinde yaklaşık 100 m. kadar ilerlemiştir. Bu dalgaların boyutu orada yaşayanların ifadesine göre 2 m. civarındadır. Bunun kanıtları da kıyıdaki balkonlara bulaşmış yosun parçaları ve kara içerisinde gözlenen çeşitli deniz canlılarına ait kalıntılardır. Özellikle Değirmendere köyü kıyı kesimleri bu Seiche etkisiyle büyük zarar görmüştür.

Deprem Yüzey Kırığı

Çalışılan bölgede, yüzeyde gözlenen ve sağ yanal hareketi belirgin fay kırığının tüm zon boyunca yer yer kesilmelere uğradığı ve uzanımının genellikle olmakla birlikte, bazen K70D ve DB doğrultuları arasında da değişim gösterdiği saptanmıştır. Arazi gözlemleri ve hasar dağılımları dikkate alındığında; meydana gelen deprem sonucu oluşan fay sistemleri dört ana segment üzerinde belirlenmiştir (Şekil 7) . Bu segmentler;

Segment 1 (Hersek-Yalova Kuzeybatısı- Marmara Denizi İçi Segmenti): Arazi gözlemleri sonucu pek fazla veri elde edilemeyen ancak gerek hasar dağılımları gerekse birbirini takip eden fay segmentlerinin konumu itibarıyla bu segment adlandırılmıştır. Tahmini uzunluğu 20 km olan bu segmente ait veriler Marmara Denizi içinde yapılacak sığ sismik çalışmalarla ortaya çıkacaktır.

Segment 2 (Hersek-Kullar-Arifiye-Kazancı Segmenti): Depreme neden olan faydaki en iyi atımların ve yüzey kırıklarının gözlemlendiği bu segmentin toplam uzunluğu yaklaşık olarak 85 km dir. Genellikle DB doğrultulu sağ yönlü doğrultu atımlı faylardan oluşan bu segmentte 4.6 m lik maksimum sağ yönlü atım saptanmıştır. Sapanca gölünün batı kesiminde yer alan fay zonlarında sağ yanal hareketin yanısıra, yer yer güney bloğun kuzey blok üzerine K, KKD ve KD doğrultularında değişim göstererek 80 cm ye kadar ilerlediği belirlenmiştir. Arazi gözlemleri sırasında bu segment üzerindeki deformasyon zonunun genişliğinin 20 cm den 4 m ye kadar değiştiğide belirlenmiştir. Bu segmentin doğu uzanımı Kazancı köyü civarında KB doğrultulu faylarla kesilmiştir.

Segment 3 (Akyazı-Gölyaka Segmenti): Hersek-Kullar-Arifiye-Kazancı segmentinin Kazancı köyündeki faylarla kesilmesinden sonra fayın devamı DB doğrultusundan saparak Akyazı ilçesinin kuzey girişinden itibaren yaklaşık K75D doğrultusunda Aksu dere boyunca Karadere, Değirmen-tepe köyleri üzerinden Gölyaka ilçesine kadar devam etmektedir. Yaklaşık uzunluğu 30 km olan bu segment üzerinde sağ yönlü doğrultu atımlı faylarda 1.2 m ye varan atım miktarları ölçülmüştür. Özellikle Aksu dere boyunca deprem esnasında geniş ölçekte heyelanların meydana geldiği gözlenmiştir.

Segment 4 (Sapanca-Serdivan-Adapazarı Segmenti): Yapılan çalışma sırasında en ilginç olaylardan biride Adapazarı'ndaki hasar dağılımlarının

yüksek çıkmasının nedenlerini bulmak oldu. Ana şok sonucunda meydana gelen sağ yönlü doğrultu atımlı fayın Adapazarı kent merkezine uzaklığı yaklaşık olarak 10 km civarındaydı ve kentin zemini büyük depremler karşısında sıvılaşmaya meyilliydi. Buna rağmen bu kadar büyük hasarın özellikle de bir hat boyunca (Serdivan-Vagon Tamir Fabrikası-Çark Caddesi-Hükümet Konağı Civarı-Güneşler Mahallesi"Cezaevi") gözlenmesi direkt zemin özelliklerine bağlanamazdı. Yapılan arazi gözlemleri ve önceki çalışmalardan (Cerit vd., 1994, Özsaraç, 1997) hareketle sağ yönlü doğrultu atımlı bir fay zonunun (Serdivan fay zonu) yaklaşık K74D doğrultusunda Sapanca gölünün kuzeyinden başlayarak yukarıda belirtilen hatlar boyunca etkili olduğu saptanmıştır. Bu etki kent merkezi içinde genelde bir çöküntü zonu halinde gözlenmesine rağmen Güneşler mahallesi civarında küçük miktarlarda atımlara rastlanılmıştır. Kent merkezi içinde çöküntü zonunun genişliği 40 cm den 20 m' ye kadar değişip yaklaşık 50 cm derinliğe sahiptir. Adapazarı'nda meydana gelen hasarda zeminin etkisiyle birlikte deprem sonucunda aktivite kazanan bu fay zonunun da etkisi büyüktür.

Sonuçlar

17 Ağustos 1999 Gölcük depremine neden olan fayın (Şekil 6) bir bölümünün Marmara Denizi içinde kırılmaya uğradığı (Segment 1), karada gözlenebilen yüzey kırığının ise İzmit körfezinin doğusu ile Sapanca gölünün doğusu arasında kalan bölgede yaklaşık Doğu-Batı doğrultulu olarak yüzeylendiği (Segment 2) belirlenmiştir. Depremle birlikte gözlenen bir başka yüzey kırığının ise Gölyaka ilçesi civarında başlayarak Aksu dere boyunca yaklaşık K75D doğrultusunda Akyazı ilçesinin kuzeyine kadar uzandığı belirlenmiştir (Segment 3). Bu depremle ortaya çıkan bir diğer fay zonu ise Sapanca gölü ile Adapazarı kent merkezinin kuzeydoğusu arasında gözlenmiştir (Segment 4). Böyle 4 segmentin gözlendiği bir deprem sonucunda farklı yorumların yapılması gerekmektedir. Öncelikle sismolojik açıdan değerlendirme yapmak gerekir; ilk iki segmentin yaklaşık birbirine paralel aynı doğrultularda geliştiği varsayılırsa bölgede aynı anda ve/veya çok kısa süreler içinde benzer büyüklüklerde (6.0-7.0 aralığında) 3 veya 4 deprem meydana gelmiştir. Bunu kanıtlayabilmek için deprem kayıt okumalarına bakmak gerekir. Okumalar incelendiğinde depremle birlikte kayıt cihazlarının klip olayına girdiği yani birden fazla depremi ayıklayabilmenin imkansız olduğu görülmektedir. Ancak Afet İşleri Genel Müdürlüğü'nün Deprem Araştırma Dairesince yürütülen kuvvetli yer hareketi projesinin ivme kayıtları incelendiğinde bölgede birden fazla depremin çok kısa süreler içinde meydana gelmiş olma olasılığının bulunduğu saptanmıştır. Benzer şekilde tektonik açıdan ele alındığında böyle büyük bir depremin oluşturacağı enerji boşalımı ve kuvvetler başka fay sistemlerini de tetiklemiş/harekete geçirmiş olabilir. Segment 4' ün böyle bir olay sonucunda aktivite kazandığı düşünülmektedir.

17 AĞUSTOS 1999 İZMİT KÖRFEZİ DEPREMİ:

KUZEY ANADOLU FAYI SAPANCA-GÖLCÜK SEGMENTİNDE PALEOSİSMOLOJİK ÇALIŞMALAR; KULLAR HENDEK ÇALIŞMASI ÖN SONUÇLARI

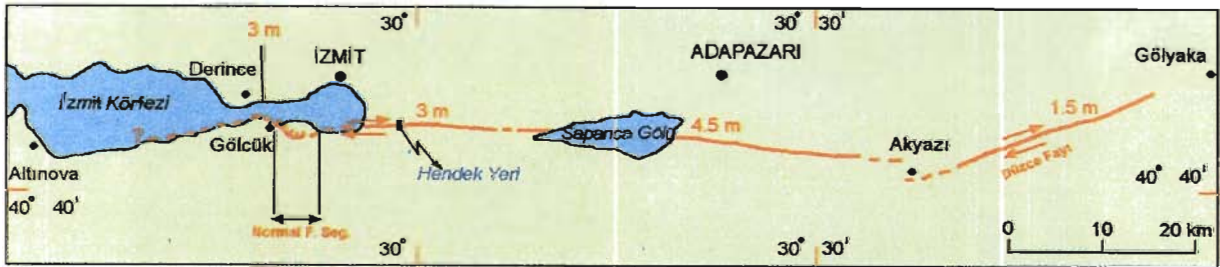
Ramazan DEMİRTAŞ Cenk ERKMEN
Deprem Araştırma Dairesi

PALEOSİSMOLOJİ, tarihsel deprem kayıtlarının eksik olduğu ülkelerde ve 250-300 yıl gibi daha uzun aralıklarla tekrarlanan, büyük depremler üreten fayların geçmiş davranışlarını inceleyen ve gelecekteki deprem tehlikesini belirleyen yeni bilim dalıdır. Deprem üreten diri faylar boyunca hendek açma metodu (***) , paleosismolojinin en çok kullandığı yöntemlerinden biridir. Bu yöntem, yüzey faylanması oluşturmuş eski depremleri kaydeden genç çökeller içinden deprem izlerinin araştırılıp bulunmasına dayanır.

Bu çalışmada, 17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi depremi sonrası İzmit-Sapanca segmentinin orta kesiminde açılmış hendekle ilgili elde edilmiş sonuçlar sunulacaktır.

Hendek yerinin tektonik konumu

İzmit-Sapanca segmentindeki büyük depremlerin hangi sıklıkta olduğunu ve gelecekte ne zaman deprem olabileceğini saptamak amacıyla, 2 Ekim 1999 tarihinde, 17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi depremi yüzey kırığının Kullar-Rahmiye köyü arasında (Gölcük'ün 10 km doğusu), 4 x 4 x 15 m boyutunda bir hendek açılmıştır (Şekil 1).



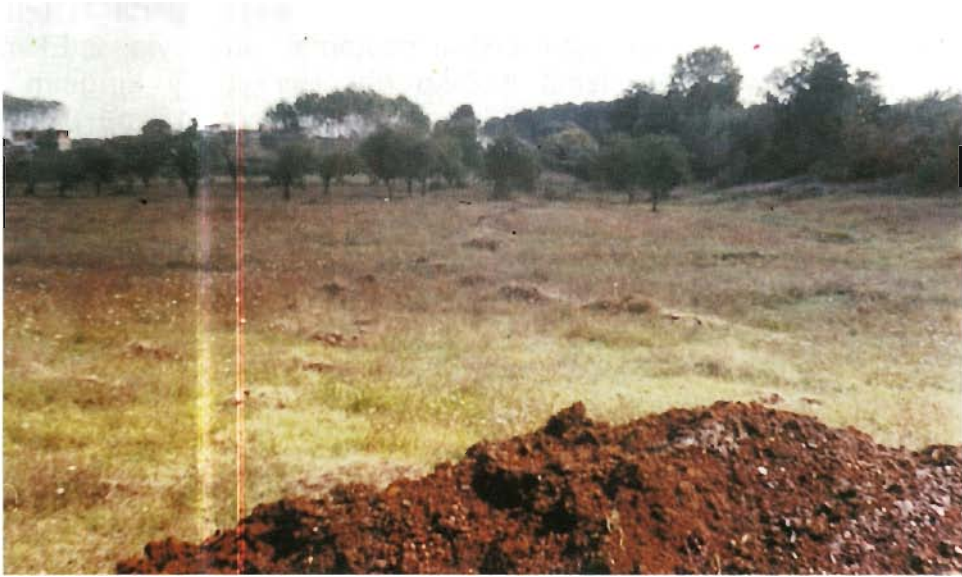
Şekil 1. 17 Ağustos 1999 depremi yüzey faylanması ve hendek yeri. Rakamlar: deprem kırığının farklı segmentlerinde ölçülmüş en büyük yatay atımları göstermektedir.

(***) Hendek Açma Metodu ile ilgili kısa bilgiler bu makalenin sonunda verilmektedir

Not: Hendek duvarlarına ait ayrıntılı resimler makale sonunda yer almaktadır.

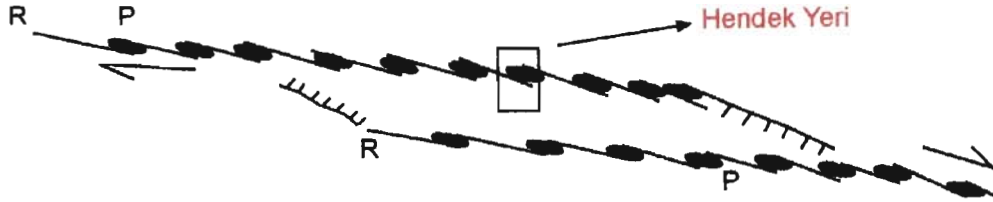


Hendek yeri ve civarında 17 Ağustos 1999 deprem kırığı.



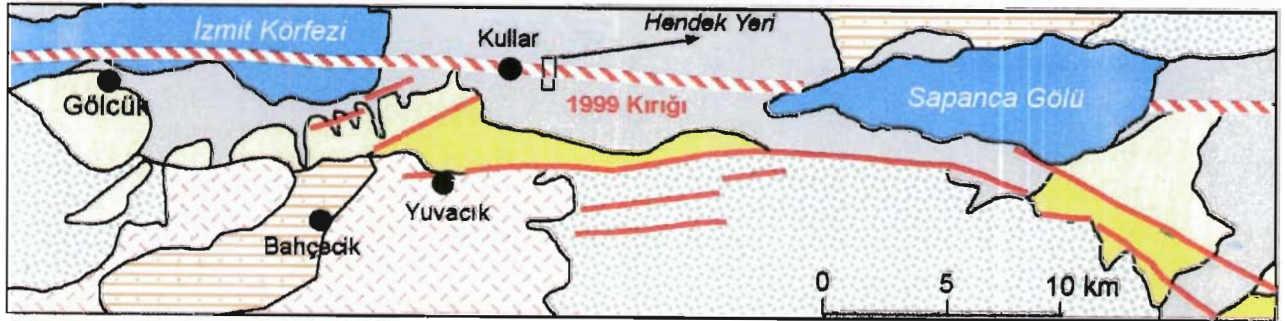
Hendek yeri ve civarında 17 Ağustos 1999 deprem kırığı.

Yüzey kırığı, hendek yeri ve civarında 1 km sürekli izlenebilmektedir. Kırık boyunca ağaç dizileri, içme-suyu boruları ve küçük sulu dereler ve bir caminin duvarı yatay yönde 2.5-3 m ötelenmiştir. Burada yüzey kırığı sola basamak yaparak 20-30 m genişlikte bir zon içinde uzanmaktadır (Şekil 2). Basamağı oluşturan her bir segment, sağ yönlü doğrultu atımlı faylara özgü sağa basamak yapan daha küçük fay segmentlerinden oluşmaktadır. Bu kademeli fay segmentleri arasında Riedel yırtılma formlarının her biri belirgin olarak gözlenmektedir. Özellikle sıkışma yönünü veren 20-30 cm yükseltilmiş küçük sıkışma tepecikleri (mole-track) çok açık olarak görülmektedir (Şekil 2).



Şekil 2. Hendek yeri civarında 1999 deprem kırığı boyunca gelişmiş Riedel yırtılma formları.

Hendek yeri ve civarında tekrarlı fay hareketi sonucu, yüzeyde 1999 yüzey kırığının güneyinde kalan bölge kuzeyine göre daha düşük seviyede bulunmaktadır.



Şekil 3. İzmit-Sapanca segmenti'nin basitleştirilmiş jeoloji haritası. Çapraz kırmızı-beyaz çizgiler, 1999 deprem kırığını göstermektedir



Hendek yeri ve civarı.



Hendek çalışması.



Hendek yerinin 500 m doğusunda 2.70 m sağ yönlü ötelenmiş ark izi (Rahmiye).



Hendekten genel görünüm (K'ye bakış).

Hendek duvarlarının stratigrafisi

Hendek ve civarında Neotektonik dönem birimlerin temelini Eosen yaşlı volkanik kayalar ve filiş oluşturmaktadır. İzmit Körfezi ile Sapanca gölü arasında Pliyosen ve Kuvaterner yaşlı birimler geniş bir alanda KAF boyunca yüzlenmektedirler. Bu birimler, bataklık, akarsu ve göl çökellerle temsil edilmektedir (Şekil 3).

Hendek duvarlarında bataklık (**a**), akarsu (**e**) ve toprak (**i** ve **j**) gibi üç farklı çökele rastlanılmıştır (Şekil 4 ve 5). Bataklık ortamında körfez çamuru depolanmıştır. Kuzey Anadolu Fayı'ndaki tekrarlı hareketler (depremler) sonucu, fayın güney bloğundaki körfez çamurları yükseltilmiş ve bu yükseltme sonucu karasallaşma başlamıştır. Yükselmiş çamur tabakası, bir fay dikliği oluşturmuştur. Tekrarlanan fay hareketiyle bu dikliğin yüksekliği artmış ve diklik tabanında akarsu çökelleri (**e-h**) oluşmaya başlamıştır. Daha sonra devam eden yükselme sonucu akarsu yatağını değiştirmiş ve ayrışma seviyesi ile güncel toprak içeren kalın bir birim, fayın hem kuzey hem de güney bloğundaki akarsu ve bataklık çamurlarının üzerine uyumsuz gelmiştir.

Hendek duvarlarındaki eski deprem izlerinin yorumlanması

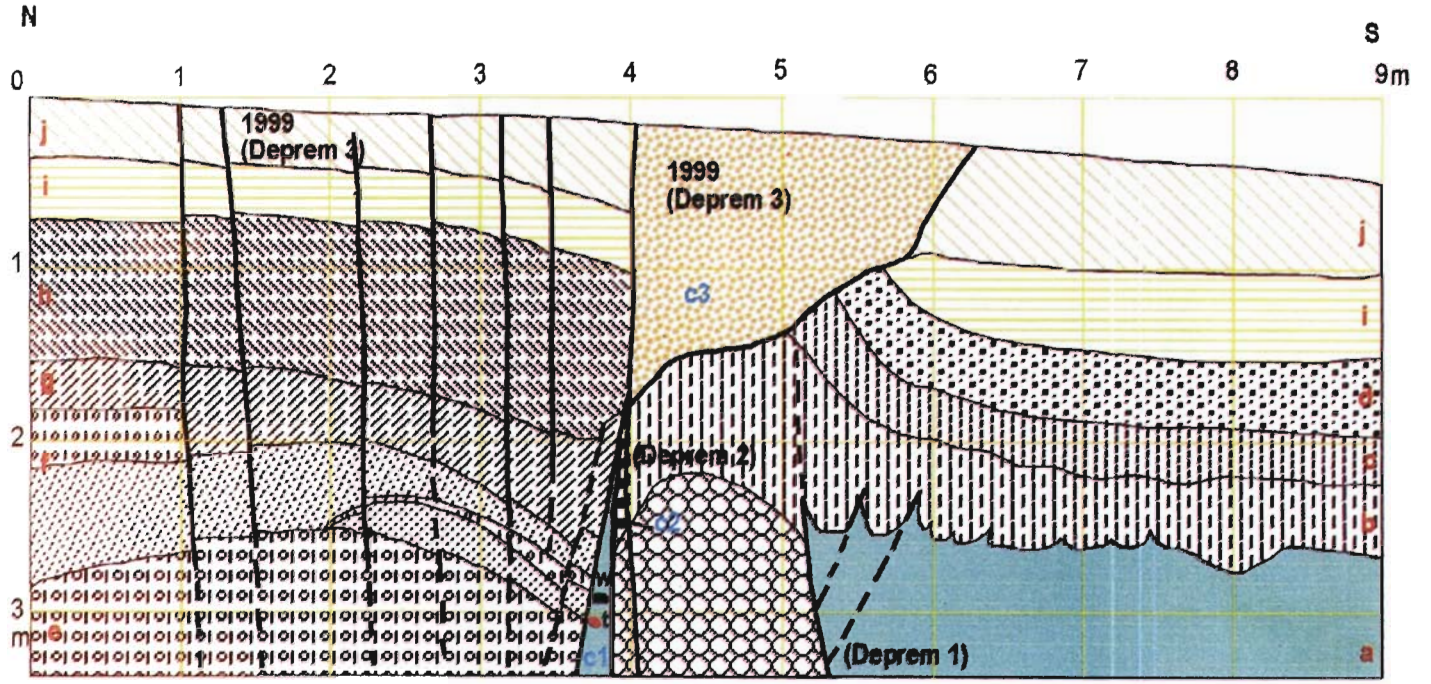
Hendek duvarlarında eski deprem izlerinin tanınmasında, yukarıya doğru belirli stratigrafik seviyelerde fay kolcuklarının sona ermeleri, aşağıya doğru belirli stratigrafik seviyelerde düşey atımlarda ani artışlar, tabakalardaki eş-sismik kıvrımlanmalar, tabakaların fay zonu boyunca sürüklenmeleri ve kolüvyal kamalar (deprem sonrası fay sarplıklarının aşınmasıyla açılmış yarıklara dolan malzeme) gibi jeolojik kriterler kullanılmıştır.

Hendek duvarlarındaki tabakaların ayrıntılı stratigrafik ve yapısal özellikleri, İzmit-Sapanca segmentini kıran 1999 benzeri en az iki eski depremin olduğunu göstermiştir (Demirtaş vd. 1999a, 1999b) (Şekil 4 ve 5).

Hendek duvarlarındaki en eski deprem izi (**Deprem 1**), fayların belirli seviyelerde sona ermesi ve düşey atımlardaki ani artışlar kullanılarak tanımlanmıştır. Bu deprem sonucu, fay zonu boyunca körfez çamurları (**a**) ile akarsu çakılları (**e**) yanyana gelmiştir. Bu depremle güney blokta körfez çamurları 60 cm yükselerek kuzey blokta birimler üzerine bindirmiştir (Şekil 4 ve 5). Bu nedenle güney blokta yüzeyin 4 m altında bulunan çamurlar, kuzey blokta daha derinlerde yer aldığı için gözlenememiştir. Bu ilişki, sağ yönlü doğrultu-atımlı faylanmanın önemli bir ters bileşenin olduğunu belgelemektedir.

Birkaç fay kolcuğu, çamurun üstünde bulunan killi ve siltli birimler (**b-d**) içinde sona ermiştir. Ayrıca bu deprem sonucu, fay zonu boyunca çamurlar alev yapısı sergileyecek şekilde çakıl seviyesi üzerine kadar yükseltilmiştir (Şekil 4 ve 5).

İkinci deprem izi (**Deprem 2**) tabakaların bükülmesi, kolüvyal kamalar (**c₂**) ve tabakaların tiltlenmesi / sürüklenmesi gibi jeolojik kriterler kullanılarak



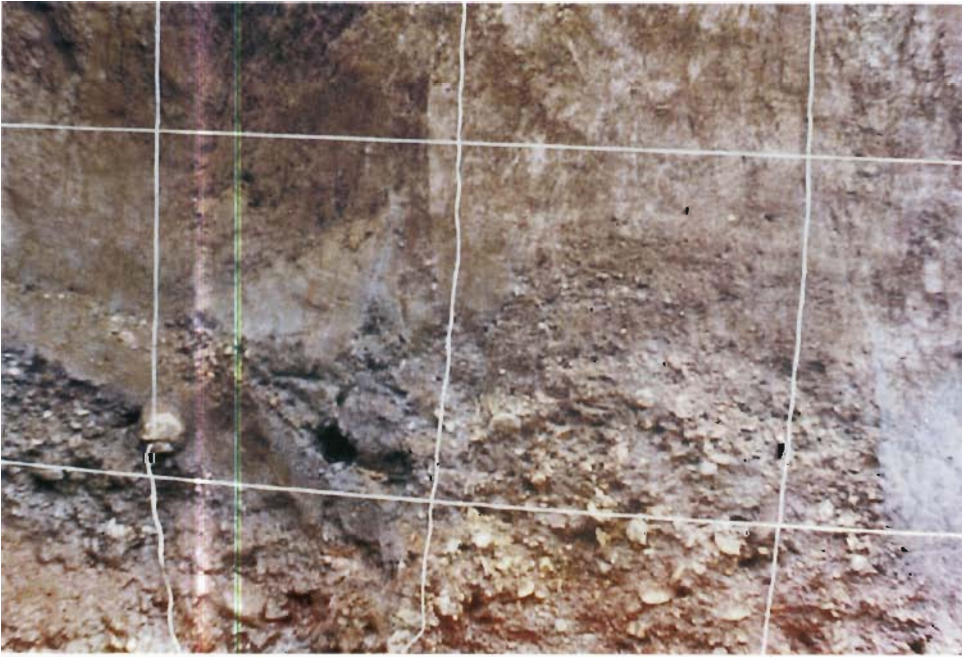
Hendek doğu duvarı kesiti. c1, c2, c3 ve c4: kolüviyal çökeller, a, çamur; b, kil, c, killi silt; dsilt; e, çakıl; f, çakıllı kum; g, silt; h, kil; i, ayırışma zonu; j, güncel toprak; w, odun parçası; t, kiremit parçası.



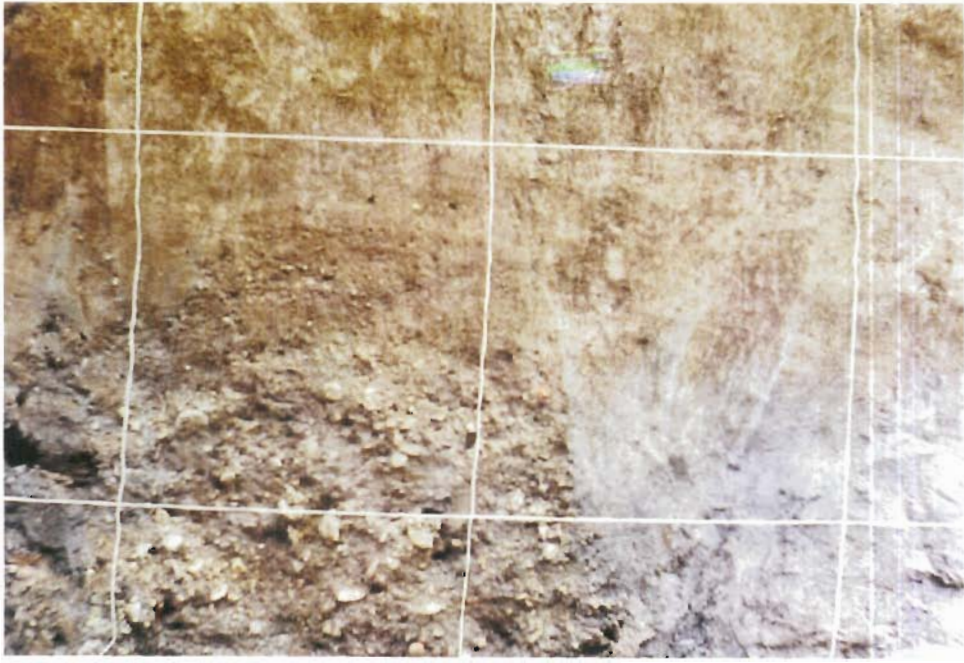
Hendek batı duvarı.



Hendek doğu duvarı.



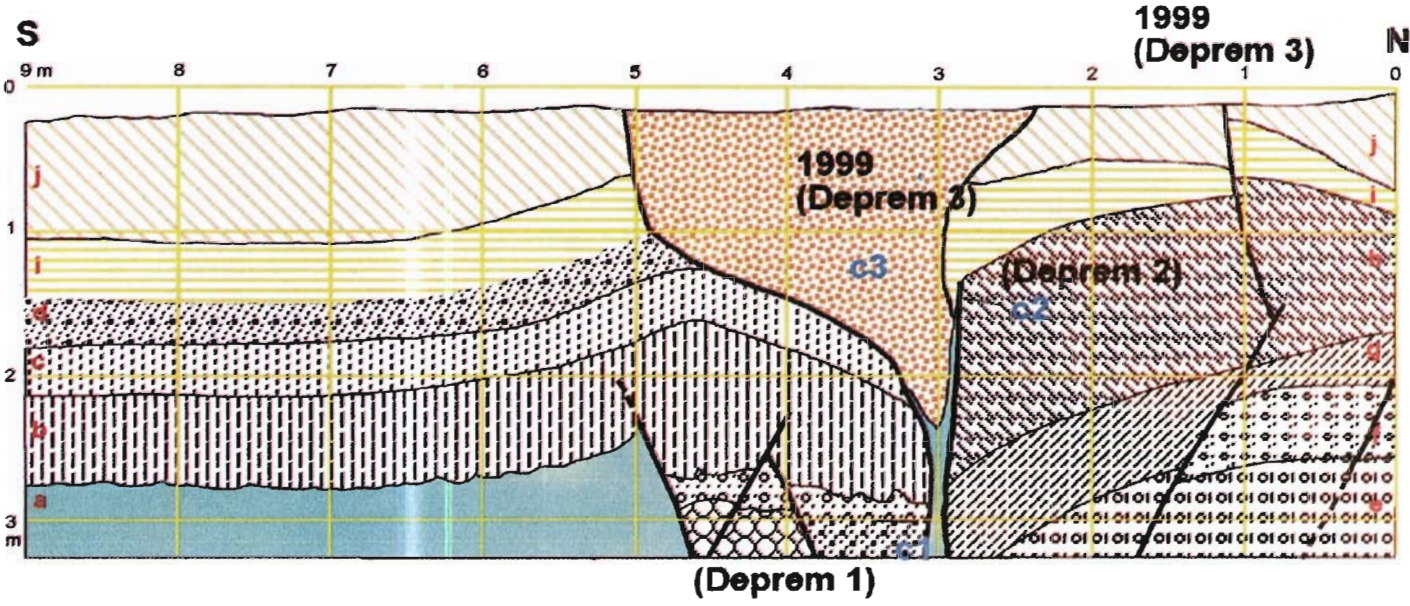
Hendek doğu duvarı.



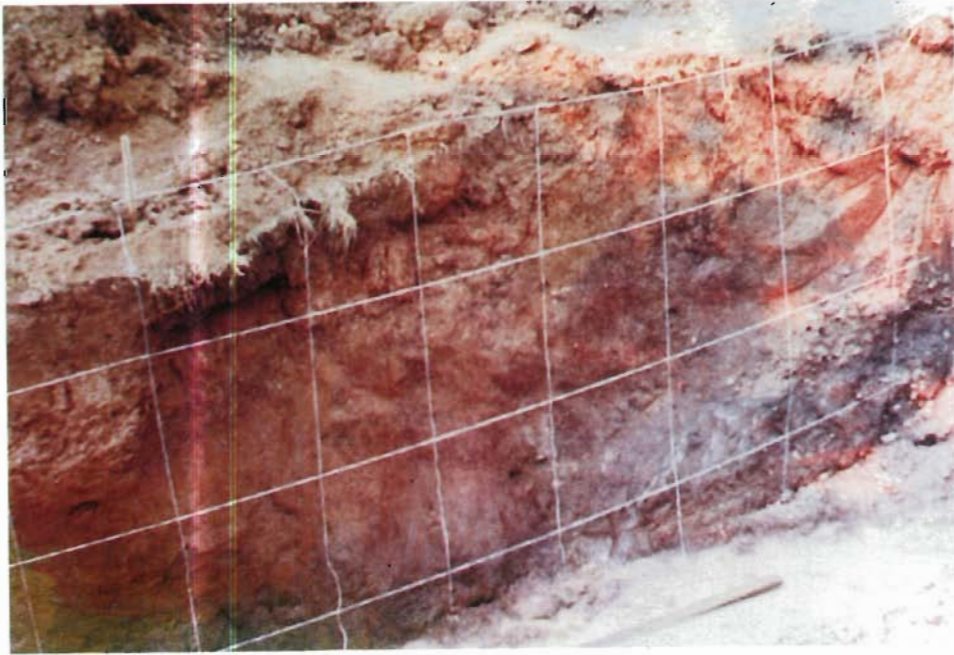
Hendek doğu duvarı.



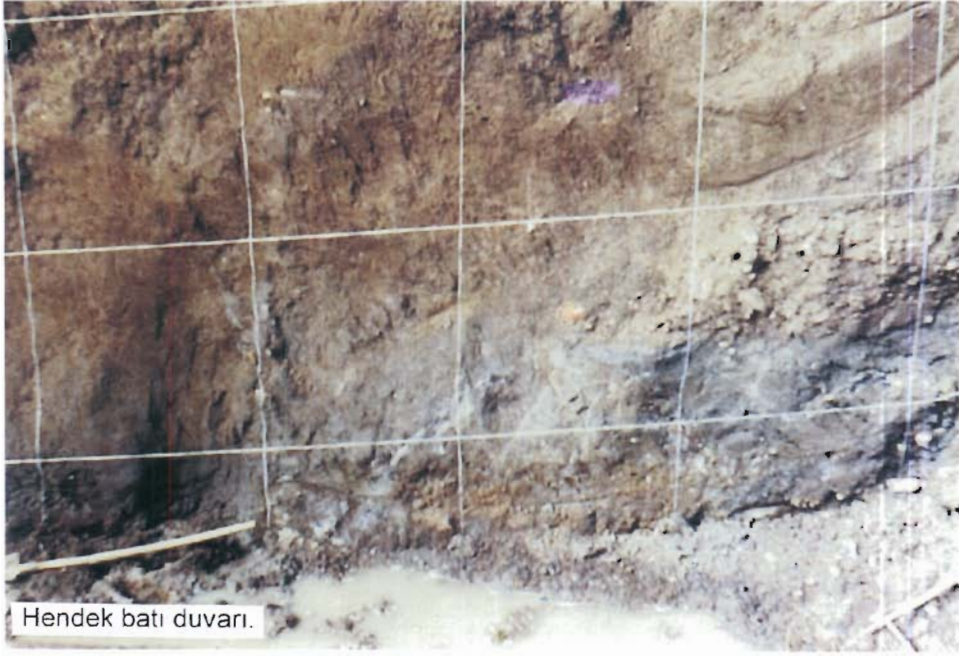
Hendek batı duvarı.



Hendek doğu duvarı kesiti. c1, c2, c3 ve c4: kolüvyal çökeller, a, çamur; b, kil; c, killi silt; dsilt; e, çakılı; f, çakılı kum; g, silt; h, kil; i, ayrışma zonu; j, güncel toprak.



Hendek batı duvarı.



Hendek batı duvarı, ana fay izinden görünüm.



Hendek batı duvarında tabakalarda farklı yönlerde bükülmeler (ters bileşen etkisi).



Fay izi boyunca çamurun yukarıya sokulması (alev yapısı).

tanımlanmıştır. İkinci deprem, güncel toprak seviyesinin (j) altında yer alan canlı izlerinin bulunduğu açık renkli toprak (i) depolandıktan sonra meydana gelmiştir. Çünkü bu deprem sonucu açılmış yarık içine bu eski toprak seviyesinden aşınma sonucu malzeme (kolüvyal kama c_2) dolmuştur. Ayrıca bu deprem ve önceki depremde kuzey bloktaki tabakalar aşağıya; güney bloktaki tabakalar yukarıya doğru bükülerek sürüklenmişlerdir (Şekil 4 ve 5).

Üçüncü deprem (**Deprem 3**), yani **1999 depremi**, hendek duvarlarında gözlenen tüm tabakaları keserek yüzeye kadar erişmiş birkaç paralel fay kolcuğu izleri kullanılarak tanımlanmıştır (Şekil 5). Bu deprem izi, hendek duvarlarında 6 metrelik bir zon içinde gelişmiştir. Bu deprem sonucu, fayın güneyindeki tabakalar, kuzeydeki tabakalar üzerine 20 cm civarında bindirmiştir. Killi tabakalar içinde 1999 deprem hareketini gösteren kayma çizikleri çok belirgin olarak gözlenmiştir. Fay düzlemi ve kayma çiziklerinin yönelimleri K70B 80GB ve R = 20KB ölçülmüştür. 20 derecelik KB'ya yanyatım, doğrultu atımlı faylanmadaki ters bileşene işaret etmektedir. 1999 ve önceki depremler, yüzeye yakın kesimde büyük bir yarık oluşturarak, daha sonraki izleyen suskunluk dönemlerinde fay sarplığından türemiş malzemelerle (c_3) doldurulmuştur.

Eski depremlerin yaşlandırılması

Hendek duvarlarında 1999 öncesi eski depremlerin yaşlandırılması için deprem horizonlarından 4 numune alınmıştır. Ancak numunelerin ^{14}C yaşlandırılmaları henüz yapılamamıştır. Ana fay zonu boyunca bu deprem izlerinin yaşlandırılmasında kullanılacak bolca odun ve seramik parçaları ve ayrıca kömürleşmiş malzeme ile organik maddeler alınmıştır

Yaşlandırma yapıldıktan sonra bu depremlerin ne zaman oluştukları ve hangi sıklıklarla tekrarlandıkları konusunda ayrıntılı bilgiler verilecektir.

Hendek duvarlarından elde edilmiş bulgular

1- Hendek duvarlarında 1999 İzmit Körfezi depreminden önce en az iki deprem izi tanımlanmıştır (Demirtaş vd. 1999a, 1999b).

2- Bu üç deprem, fayın bu bölümünün en azından birkaç bin yıldır kullanıldığını göstermektedir. Bu nedenle, bu depremde yeni bir fay oluşmamıştır. Ancak 1999 depremi 20 metre genişlikte bir zon içinde gelişmiştir. Bu zonda önceki deprem izleri bir sonrakinin güneyinde yer almış ve gençleşme kuzeye doğru gelişmiştir (Demirtaş vd. 1999a, 1999b).

3- 1999 ve önceki depremleri üreten tekrarlanan fay hareketi sonucu yüzeyde zonun orta kesimi aşağıya doğru düşmüş görünmektedir. Ancak bu görüntü hendek derinliklerinde düşme yerine bindirme şeklinde görünmektedir. Aslında her üç depremde güney blok yükselerek kuzey üzerine bindirecek şekilde pozitif bir çiçek yapısı oluşturmuştur (Demirtaş vd. 1999a, 1999b) (Şekil 6). Doğrultu atımlı faylanmanın ters bileşeninden kaynaklanan bu yükselen parçalanmış ve ezilmiş orta kesim, depremleri izleyen uzun suskunluk dönemlerinde aşınmaya



Hendek duvarında killi birimde 1999 depremine ait kayma çizikleri.

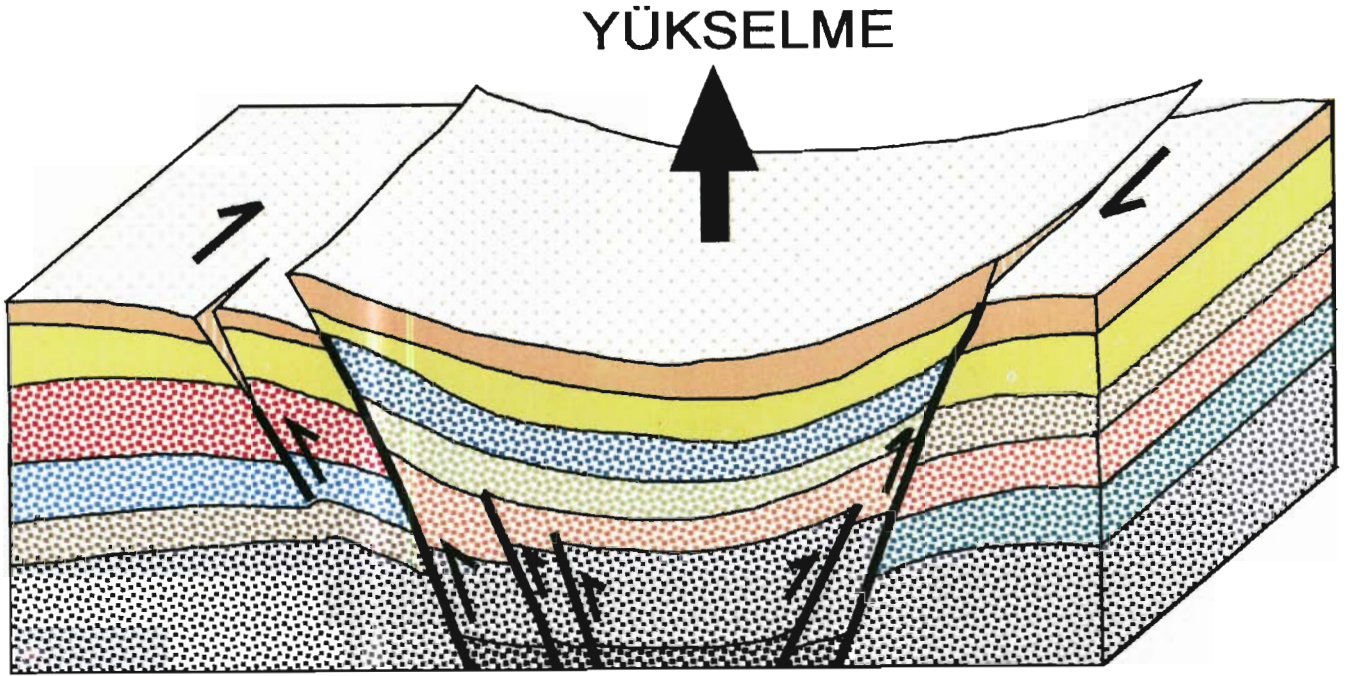


Hendek duvarında killi birimde 1999 depremine ait kayma çizikleri.



Hendek duvarında fay izi boyunca yer alan odun parçası.

uğrayarak sanki yüzeyde orta kesim çökmüş görüntüsü verecek topoğrafya geliştirmiştir (Şekil 6). Bu oluşuma çok benzer görüntüler 1980 yılında Cezayir'de olmuş El-Asnam depreminde de gözlenmiştir.



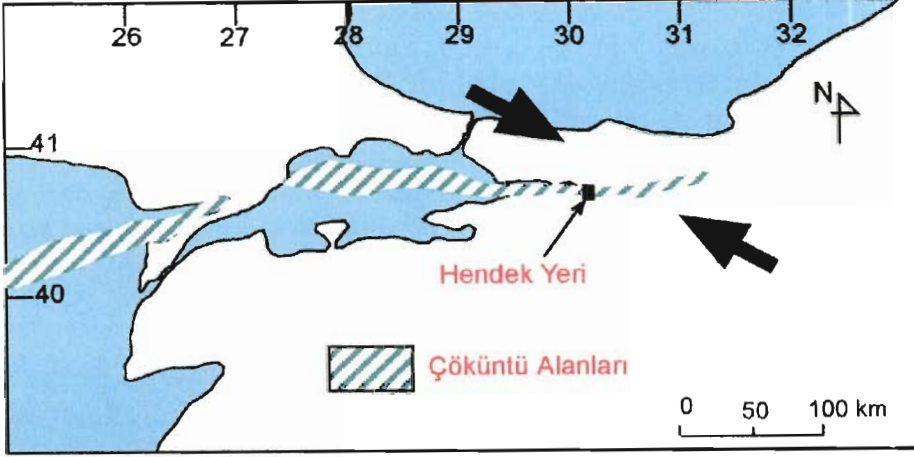
Şekil 6. Hendek duvarlarında gelişmiş pozitif çiçek yapısı

4- Bu mekanizma, İzmit-Sapanca segmentinin transtansiyonel karakterden daha çok transpresif bir karakterde olduğunu ve bu bölümün genişlemeden ziyade sıkıştığına işaret etmektedir. Bu sıkışma sonucu bölgesel bir yükselme başlamıştır. Ancak bu yükselme çok yavaş bir şekilde cereyan etmiş ve etmektedir. 1999 depreminde 20 cm'lik ters bileşen gelişmiştir. 1999 benzeri depremlerin bu segmentte 280 yıl aralıklarla (tarihsel deprem kayıtlarından bu segmenti kırmış son deremin 1719 da olduğu saptanmıştır) tekrarlandığı varsayılırsa; hendek duvarlarından yıllık yükselme 0.7 mm elde edilir (Demirtaş vd. 1999a, 1999b).

5- Hendek duvarlarında 1999 ve öncesi depremlere neden olan fay mekanizması, bölgesel ölçekte düşünüldüğünde; İzmit Körfezi ile Sapanca Gölü arasındaki denizel bağlantının nasıl kesildiğini ve Marmara Denizi'ndeki Kuzey Anadolu Fayı'nın mekanizmasının anlaşılması açısından yeni modellere bir ışık tutabilir (Demirtaş vd. 1999a, 1999b).

6- Kuzey Anadolu Fayı'nın oluşumuyla sıkışma ve bölgesel yükselme sonucu, İzmit Körfezi ile Sapanca Gölü arasındaki denizel bağlantı kopmuş ve deniz İzmit Körfezi'ne doğru çekilmiştir. Kuzey Anadolu Fayı'nın oluşumundan önce Marmara Denizi'ni de içeren Vardar Okyanusu, Adapazarı-Hendek ve Düzce çöküntü alanına kadar uzanan bölgede bulunmaktaydı (Şekil 7). Kuzey Anadolu Fayı'ndaki hareketle birlikte kuzeybatı-güneydoğu yönlü sıkışma sonucu bölge yükselmeye ve deniz, İzmit Körfezi'ne doğru geri çekilmeye başlamıştır. Bu

sıkışma İzmit-Sapanca fayının sıkışma karakterinde olduğunu göstermektedir (Demirtaş vd. 1999a, 1999b). Bu sıkışma sonucu fayın güney tarafı kuzeyi üzerine bindirmiştir. 1999 yüzey kırığının Başiskele civarında Körfeze girerken ters bileşenli sırf doğrultu atımlı fay karakterinde olması, bu görüşü desteklemektedir



Şekil 7. Kuzeybatı Anadolu'da çöküntü alanlarının uzanımı.

Eğer bu bölgede daha önce sözü edilen ve Marmara Denizi'nin de açılmasını sağlayan bir genişleme olsaydı, İzmit Körfezi-Sapanca Gölü-Adapazarı-Düzce çöküntüsünde bulunan deniz çekilmek yerine daha da doğuya doğru ilerlemesi gerekirdi (buzul dönemi bir tarafa bırakılacak olursa) (Demirtaş vd. 1999a, 1999b)

Ayrıca 1999 depreminde ters bileşen yerine normal bileşenli yanal faylanma gözlenecekti. CSEM, HARWARD ve DAD tarafından çözülmüş ana şoka ait odak mekanizması sonuçları ters bileşenli (Rake = kayma açısı = 15) doğrultu atımlı faylanma vermekte ve bu görüşle örtüşmektedir. Diğer yandan hendek duvarlarında körfez çamurlarının yüzeyin altında 5 m derinlikte yer alması bu bölgenin yükselmekte olduğunu açıkça kanıtlamaktadır (Demirtaş vd. 1999a, 1999b).

Ayrıca bazı araştırmacılar tarafından arazi gözlemlerine dayanan ve bölgenin genel neotektoniği ile açıklanamayan birçok yapının bulunduğu daha önceki bazı çalışmalardan bahsederek ve hendek duvarlarından elde edilen bulgular daha kolay desteklenebilmektedir. Bunlar;

Micheal vd. (1989) Kuzey Anadolu Fayı'nın batı kesiminde 1999 depreminin geliştiği bölge ve yakın kesiminde, arazideki fay düzlemleri ölçümlerinden elde edilmiş gerilme verilerinin, bu bölgede Erken Tersiyer-Günümüz arasında dört sıkışma döneminin olduğuna işaret etmektedir.

Kato (1988), Sapanca Gölü güneybatısında ve Sapanca Gölü-İzmit Körfezi arasında D-B yönlü ters faylar boyunca yüzeyleyen Pliyosen yaşlı birimlerin, bu

bölgede en azından Kuzey Anadolu Fayı'nın oluşumundan bu yana genişlemeden ziyade sıkıştığını ifade etmektedir. Ayrıca aynı araştırmacı, Gölcük doğusunda, Başiskele'nin 1 km batısında bir yol yarmasında faylanmadan dolayı genç çökellerin güneye doğru tiltlendiğini söylemektedir.

Erendil vd. (1988), Armutlu bloğunda, özellikle doğu kesiminde, KD-GB yönünde uzanan bir dizi tepe ve çukurluk alanların bulunduğunu belirtmektedir. Araştırmacılar, bu bölgede, KD-GB yönlü kıvrım eksenleri ve bu doğrultuda uzanan birçok ters faylanmanın yer aldığını ve bu durumun bu bölgede KB-GD yönünde bir sıkışmaya işaret ettiğini ifade etmektedirler. Araştırmacılar, Armutlu Yarımadası'nı sınırlayan Gemlik ve İzmit gibi çizgisel çöküntülerin oluşumlarının genişleme sonucu gelişmiş oldukları Şengör (1979) tarafından ileri sürülmüş olmakla birlikte, yarımada KD-GB yönlü büyük kıvrım ve ters fayların bu genişleme mekanizması ile açıklanamayacağını ve bölgede ayrıntılı çalışmaların yapılması gerektiğini vurgulamaktadırlar.

Özetle, ilk sonuçlar ve tarihsel deprem kayıtları (1719 depremi), İzmit-Sapanca fay segmentinde, 1999 (M=7.4) benzeri depremlerin 250-300 yıl aralıklarla tekrarlandığını göstermektedir. Ayrıca 1999 depremi yüzey kırığında ölçülen 4.5 metrelik yatay atım ve GPS ölçümlerinden elde edilmiş 16 mm/yıllık kayma hızı, bu tekrarlanma aralığını doğrulamaktadır. ¹⁴C sonuçlarına dayanarak bu depremlerin oluşum tarihleri ve hangi sıklıklarla tekrarlandıkları hakkında ayrıntılı bilgiler yakın gelecekte verilecektir.

*** Hendek Açma Metodu

Deprem üreten diri faylar boyunca hendek açma metodu, paleosismolojinin en çok kullandığı yöntemlerinden biridir. Bu yöntem, yüzey faylanması oluşturmuş eski depremleri kaydeden genç çökeller içinden deprem izlerinin araştırılıp bulunmasına dayanır.

Hendek açılırken:

--- fay izi birkaç metre hassasiyetle saptanır,

--- deprem izlerini jeolojik kayıtlarda saklanmasını sağlayacak uygun çökelim alanları seçilir ve

--- bu izleri yaşlandırabilecek odun parçaları ve organik malzeme içeren alanlar araştırılır.

Bu nedenle, yukarıda sözü edilen üç koşulu sağlandığı ve iyi sonuçlar verdiği zaman, hendekler genellikle fayın her iki tarafında çökelmiş genç alüvyonal çökeller içinde açılır. Hendekler, fayın tipine bağlı olarak farklı şekillerde açılır. Hendekler, eğim atımlı faylarda (normal ya da ters faylar) düşey yer-değiştirme miktarını saptamak için fay izine dik; doğrultu atımlı faylarda ise deprem öncesi yanyana bulunan izlerin ne kadar yatay ve düşey yönde yer-değiştirdiğini belirlemek için fay izine dik ve paralel olacak şekilde hendek açılır.

Hendekler, genellikle kazıcılarla açılır. Ancak, kazıcıların giremediği yerlerde veya hendek açmanın pahalı olarak düşünüldüğü Çin gibi gelir düzeyi düşük ülkelerde, hendekler birkaç günde insanlar tarafından kürek ve kazma gibi el aletleri kullanılarak açılır. Hendekler, genellikle 20-30 m uzunlukta, 3-4 m derinlikte ve 1-4 m genişlikte açılır. Hendekler, fay tarafından etkilenmemiş yerlere ulaşınacaya kadar açılmaya devam edilir. Hendek açıldıktan sonra, deprem izlerinin belirgin olarak görünmesini sağlamak için, el araçları ya da kürekle düzgün yüzeyler elde edilinceye kadar hendek duvarları sıyrılır ve düzeltilir. Sonra deprem izleri, renkli çivilerle süslenecek görünür hale getirilir. Daha sonra hendek duvarlarındaki görüntüyü çizmek için, beyaz ipler kullanılarak hendek duvarları 1 metrelik karelere ayrılır. Bu kareler, hendek duvarlarından kesitlerin çizilmesi hem de aynı yerde açılmış diğer hendeklerdeki yapıların karşılaştırılması amacı ile yapılır. Hendek duvarlarına ait kesitler 1:20 ölçekli olarak milimetrik kağıtlara çizilir. Aynı zamanda hendek duvarlarındaki çökeller ve yapıların arasındaki ilişkilerin yorumlanması yapılır. Her bir eski depremin jeolojik kayıtları incelenir ve fay izlerinin geometrisi, hareketin tipi ve deformasyon miktarı değerlendirilir. Eski bir deprem sırasında zemin yüzeyi, o depremin horizonu olarak kabul edilir. Hendek çalışmalarında son ve en kritik aşama, eski deprem horizonlarını yaşlandırmaktır. Her bir eski deprem horizonunun yaşı, o horizonun alt ve üstündeki çökellerin yaşı ile sınırlıdır.

Bu yöntemle her bir fay parçasığında geçmişte kaç büyük depremin olduğu, bu depremlerin hangi sıklıkla tekrarlandığı ve bir sonraki depremin ne zaman olabileceği konusunda bilgiler elde edilir.

17 AĞUSTOS 1999 İZMİT KÖRFEZİ DEPREMİ:

ANA ŞOK ve ARTÇI-DEPREMLER

Belgin BARAN Aysel YATMAN Yıldız IRAVUL
Kenan YANIK Mehmet BAYKAL Dilek ARICI Nermin ŞEKER
Deprem Araştırma Dairesi

Bu çalışmada, bölgenin sismisitesi ve tektonik çatısı ile deprem mekanizmasını açıklamak amacıyla, 17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi depremi ana şoku ve artçı depremlerin çözümleri ve dağılımları incelenmiştir. Ayrıca, TURKNET istasyonlarından magnitüdüleri $M=2.0$ ile $M=5.7$ arasında değişen 4000'e yakın artçı deprem kaydedilmiştir. Bu depremlerden episantr çözümü yapılabilenler değerlendirilerek bölgedeki dağılımları verilmiştir.*

Anaşok

17 Ağustos 1999 tarihinde 03:01'de (TS*) merkez üssü Gölcük olan bir deprem olmuştur. Depremin büyüklüğü TURKNET tarafından $M_d^* = 6.7$, $M_w^* = 7.4$ olarak hesaplanmıştır. Ana şok parametreleri değişik kurumlar tarafından aşağıda çizelge 1'de verilmiştir. TURKNET istasyonları ile ilgili bilgiler, çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 1. 17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi depremi ana şokuna ait bilgiler

KURUM	Tarih	Enlem	Boylam	Derinlik	Mw	Md
Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi	17/08/1999 00:01:39.07(GMT)	40.70N	29.91E	15.9	7.4	6.7
Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi	17/08/1999 03:01:37.6(TS)	40.76N	29.97	18		7.4
USGS*	17/08/1999 01:39.80(GMT)	40.702	29.987	17	7.4	

TURKNET * Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi Başkanlığı, Sismoloji Şube Müdürlüğü, Türkiye Ulusal Telemetrik Deprem Kayıt Ağı.

TS* : Türkiye Saati

Md* : Süreden hesaplanmış magnitüd

Mw* : Moment magnitüd

USGS* : United State Geological Survey: Amerika Birleşik Devletleri Jeolojik Araştırmalar Kurumu

TURKNET tarafından kaydedilen depremlerin büyüklükleri süreden hesaplanmıştır. Ancak, bilindiği gibi 5.0 ve daha küçük depremlerin büyüklükleri süreyle doğru olarak hesaplanırken, deprem büyüklüğü 5.0 ve daha büyük depremlerin büyüklükleri süreden hesaplanması mümkün olmamaktadır. Bu nedenle 17 Ağustos 1999 depreminin büyüklüğü süreden hesaplandığı için Moment magnitüden daha küçük bulunmuştur.*

Ana şoktan önce bölgede anormal herhangi bir sismik etkinlik gözlenmemiştir. Buna karşılık, bölgenin son 30 yıllık sismisitesi incelendiğinde; bölgede yoğun bir mikrodeprem etkinliği göze çarpmıştır. Bu etkinlik, deprem kırığının uzandığı bölümde gözlenmezken, daha çok bu kırık uçlarına ve episantr noktalarında yoğunlaşmıştır. Diğer yandan, bu depremden beş ya da altı ay önce Bursa civarında yoğun bir deprem fırtınası gözlenmiştir (Demirtaş 1999, sözlü görüşme). Bu deprem fırtınası, depremlerin önceden kestirilmesi açısından değerlendirildiğinde; gözleme modeli (doughnut pattern) gösterdiği söylenebilir. Yani, büyük bir deprem olmadan önce, deprem olacak bölge son derece suskun gözükürken, komşu bölgeler yoğun deprem etkinlikleri göstermektedir. Özellikle Japonya ve Amerika'da bu tür modelde gelişmiş birçok büyük deprem bilinmektedir. Bu nedenle, bu tür etkinliklerin çok iyi şekilde analiz edilmesi gerekmektedir (Demirtaş 1999, sözlü görüşme).

Çizlege 2. TURKNET kapsamında bulunan istasyonlara ait bilgiler

	İstasyon Adı	İstasyon kodu	Enlem (K)	Boylam (D)
1	Çorum	CTK	40°37'23"	34°47'23"
2	Dörtdivan	SGKT	40°34'24"	32°03'22"
3	Sivas	SVST	39°46'20"	36°57'10"
4	Eldivan	ELDT	40°29'29"	33°25'46"
5	Boyabat	BOYT	41°25'14"	34°54'13"
6	Daday	BALT	41°32'03"	33°23'09"
7	Hendek	HENT	40°49'23"	30°53'57"
8	Malatya	MLTT	38°21'15"	38°21'42"
9	Gaziantep	GZTT	37°07'40"	37°20'45"
10	İskenderun	CÖBT	36°31'11"	36°15'20"
11	Mürefte	TDAG	44°41'20"	27°10'48"
12	Erzurum	ERZM	39°54'19"	41°21'57"
13	Bursa	ULDT	40°08'32"	29°08'10"
14	İzmir	YAMN	38°33'11"	27°09'27"
15	İsparta	TKTP	38°02'24"	30°19'12"
16	Avanos	AVNT	38°46'46"	34°51'19"
17	Erzincan	ERZC	39°55'00"	39°07'06"
18	Seyitgazi	SEYT	39°31'23"	30°50'58"
19	Giresun	GRSN	40.9214	38.2676

TURKNET 'deki istasyonların kaydettiği depremlerin değerlendirilmesi Simplex algoritması ve çizelge 3'de verilen kabuk yapısı modeli kullanılarak yapılmıştır. Deprem magnitüdüleri süreden hesaplanmıştır.

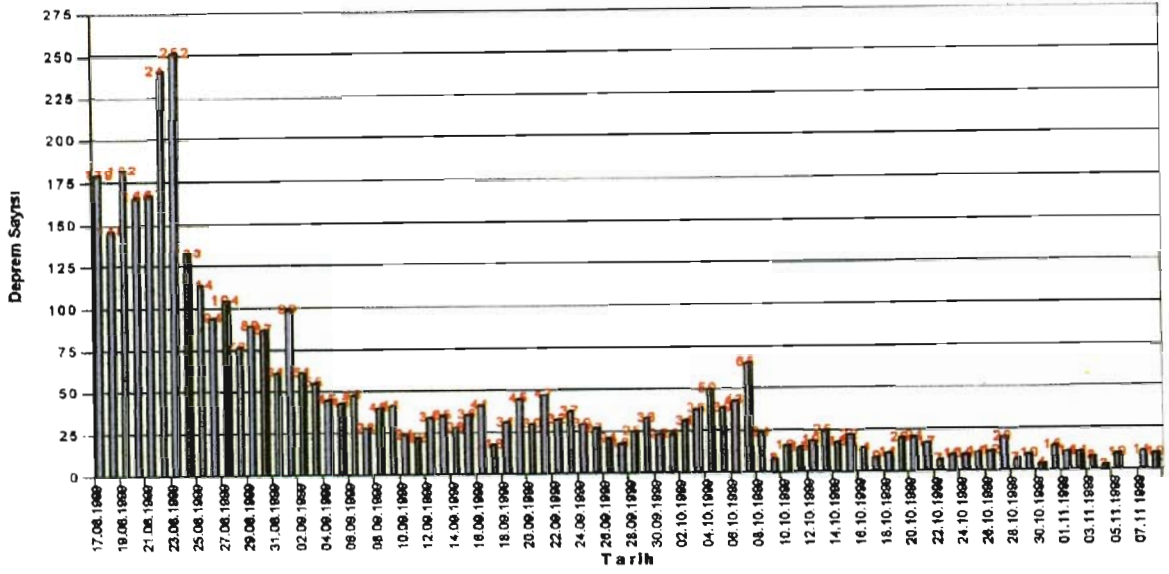
Çizelge 3. Kabuk yapısı modeli

Derinlik (km)	Vp
0.0-20	2.9
2.0-7.0	5.4
7.0-17.0	6.16
17.0-35.0	6.63
35.0-	8.16

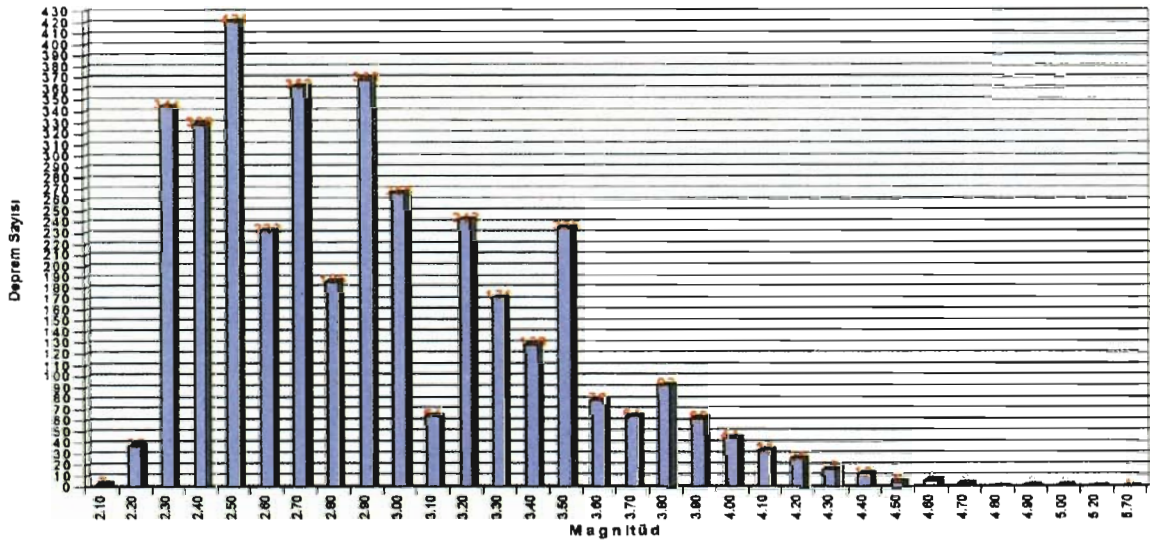
Artçı depremler

17 Ağustos 1999 - 07 Kasım 1999 tarihleri arasında bölgede 4000'e yakın artçı deprem meydana gelmiştir. Bu depremlerin magnitüdüleri $M=2.0$ ile $M=5.7$ arasında değişmektedir (Şekil 1). Depremlerin günlere göre dağılımı, azalan bir şekilde halen devam etmektedir (Şekil 2).

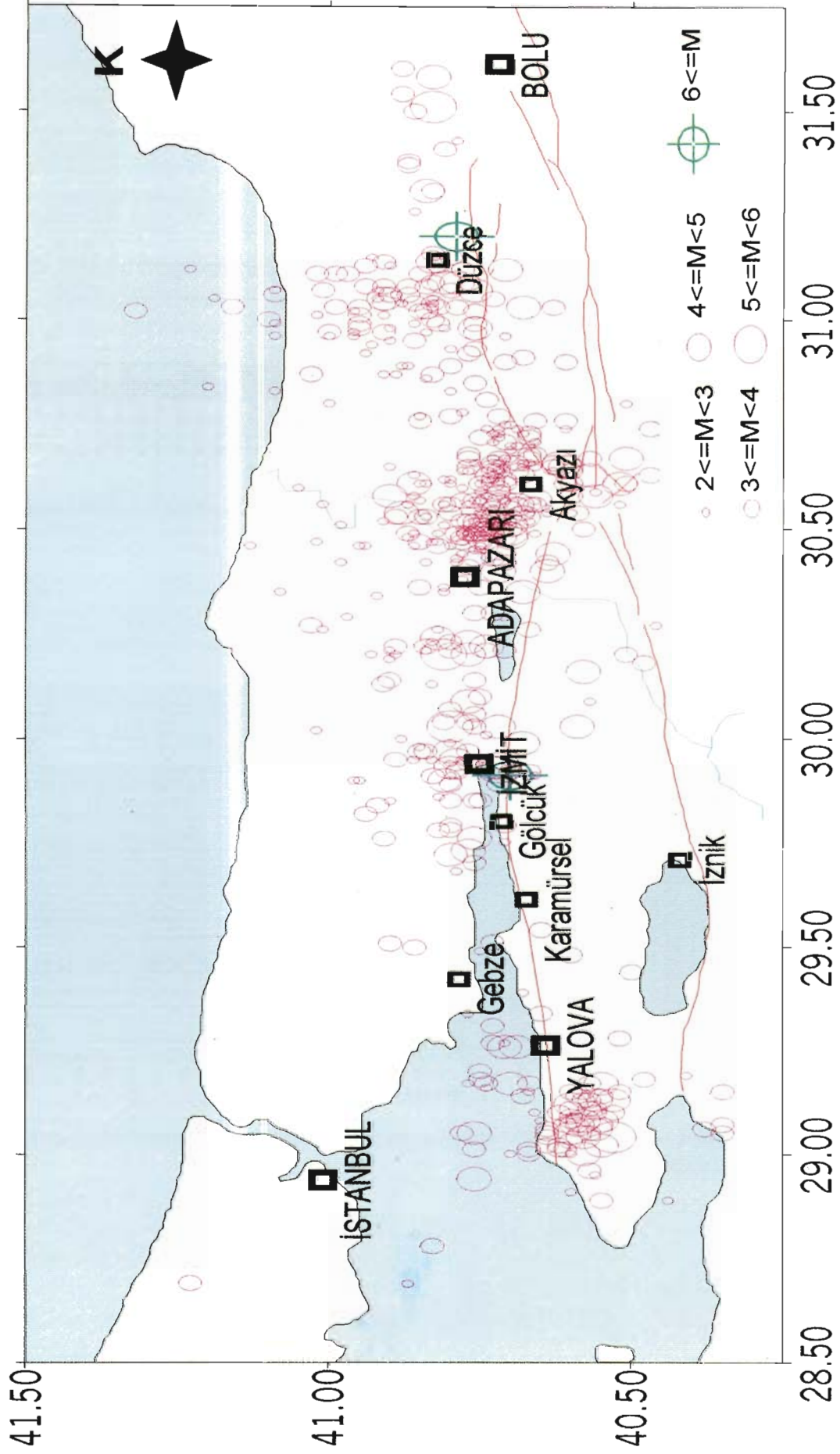
Episantr çözümü yapılabilen depremlerin dağılımı, anaşokun (Gölcük) olduğu yerden itibaren sismisitenin hem doğuya hem de batıya doğru ilerlediğini göstermektedir. Dağılım özellikle yüzey kırığının başlangıç ve uç noktalarında yoğunlaşmıştır (Şekil 3).



Şekil 1. 17 Ağustos - 07 Kasım 1999 tarihleri arasında oluşan artçı sarsıntılarının günlük dağılımı



Şekil 2. 17 Ağustos - 07 Kasım 1999 tarihleri arasında olmuş artçı depremlerin magnitüd-deprem oluş sayısı ilişkisi



Şekil 3. 17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi depreminin artçı sarsıntılarının episantr dağılımları.

Sonuçlar

17 Ağustos 1999 depreminin artçı şokları, yüzey kırığının dört farklı bölgesinde toplanmıştır. Bu kesimler, kırığın doğrultu değiştirdikleri, diğer faylarla kesiştikleri ve kırık atlama bölgelerine karşılık gelmektedir. Bu dağılımlar, 17 Ağustos 1999 depremi yüzey kırığı boyunca en azından dört farklı segmentten oluştuğunu göstermektedir (Demirtaş vd. 1999).

17 Ağustos 1999 ana şokundan sonra kırığın doğu ve batı uçlarında ek gerilmeler olmuştur. Bu nedenle, bu kesimler yüksek deprem potansiyeli taşımaktadırlar. Nitekim, anaşoktan yaklaşık üç ay gibi kısa bir süre sonra, kırığın doğu tarafında, Düzce-Kaynaşlı arasında 12 Kasım 1999 tarihinde yıkıcı bir deprem olmuştur. Diğer taraftan kırığın batı ucunda deprem riski artmıştır. Ancak, 17 Ağustos deprem kırığının ne kadar batıya uzandığı, ayrıca 1912 Şarköy-Mürefte deprem kırığının ne kadar doğuya uzandığı tartışmalı olduğu için, Marmara Denizi içinde olabilecek depremin büyüklüğünün ne olacağı tam olarak bilinmemektedir. Fakat, gerek 1999 gerekse 1912 kırıklarının uzunlukları, Marmara Denizi içinde olabilecek depremin 7.0'dan küçük, 6.0 - 7.0 büyüklükte olma olasılığının yüksek olduğunu göstermektedir (Demirtaş 1999 sözlü görüşme).

Diğer taraftan Kuzey Anadolu Fayı'nın Marmara Denizi içindeki gidişi tartışmalıdır. Bu fayların durumları Sismik-1 MTA ve TPAO'nun sismik kesitlerinden ortaya konmaya çalışılmıştır. Ancak her iki yöntemle fayların yerleri ve hangi fayın diri, hangisinin eski bir fay olduğuna karar verilmesi mümkün değildir. Öte yandan, sismik kesitlerle 17 Ağustos 1999 deprem kırığının deniz içindeki gidişini saptamak hiç mümkün değildir (Demirtaş 1999 sözlü görüşme). Bu nedenle, Marmara Denizi içindeki fayların gidişi, fayların mekanizmaları ve deprem tehlikeleri, okyanus tabanı sismometrelerinin (ocean bottom seismometer) yerleştirilmesiyle mümkündür (Demirtaş 1999 sözlü görüşme). Bu yüzden, deniz tabanına birkaç tane bu tip sismometreler mutlaka yerleştirilmelidir. Çünkü bilindiği gibi, Japonya'daki tüm faylar okyanus tabanlarında bulunmakta olup, fayların yerlerini, yitim kuşağının şeklini okyanus tabanı sismometreler yerleştirerek çözmüşlerdir.

17 AĞUSTOS 1999 İZMİT KÖRFEZİ DEPREMİ:

KUVVETLİ YER-HAREKETİ KAYITLARI KUVVETLİ YER HAREKETİ KAYITLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Tülay UĞRAŞ Zahide ÇOLAKOĞLU Ulubey ÇEKEN Turgay KURU
Uğur KÖKYER Celal ÇINAR Bekir TÜZEL Murat BEYHAN Engin ÇORUH
Deprem Araştırma Dairesi

17 Ağustos 1999 (00:01:39 (GMT)) depremi ana şokunun ivme kayıtları, Ulusal Kuvvetli Yer Hareketi Kayıt Şebekesi'nin (UKYHKŞ)* 25 istasyonunda kaydedilmiştir. Çizelge 1, bu istasyonların isimleri, kuruldukları yerler, cihaz tipleri ve K-G (L), D-B (T) ve D (V) olmak üzere üç bileşen olarak kaydettikleri mG cinsinden (yer ivmesinin binde biri) ivme değerlerini göstermektedir.

UKYHŞ, Kinematics ve Geosys firmalarınca üretilmiş üç tip ivme kayıtcısı kullanılmaktadır. Bunlar:

GeoSys firmasınınca üretilmiş GSR-16 modeli, 16 bit analog/dijital çeviricisi ile, sayısal kaydı hafızasına kaydettikten sonra, otomatik olarak belirlenen numarayı arayabilen 120 dB duyarlıklı force-balance tipi 3 bileşenli ivme kaydedicileridir.

Kinematics SMA-1 modeli üç bileşenli olup, fotoğraf filmi üzerine kayıt alabilmektedir.

SIG firmasınınca üretilmiş SM-2 modeli, 12 bit analog/dijital çeviricisi ile sayısal kaydı solid state hafızaya yazabilmektedir.

Bu istasyonlardan Düzce ve Sakarya istasyonları ana şoka ait en büyük ivme değerlerini kaydetmişlerdir. Meteoroloji Müdürlüğü binasında bulunan Düzce istasyonu, K-G yönünde 373.7mG, D-B yönünde 314.8mG, düşey yönde 479.9mG ve Sakarya Bayındırlık ve İskan Müdürlüğü bodrum katında bulunan Sakarya istasyonu, D-B yönünde 407.0mG , düşey yönde 259.0mG max. yer ivmeleri kaydetmiştir. Sakaryada bulunan ivme ölçerde meydana gelen teknik bir problem nedeni ile K-G yönündeki bileşen kaydedilememiştir.

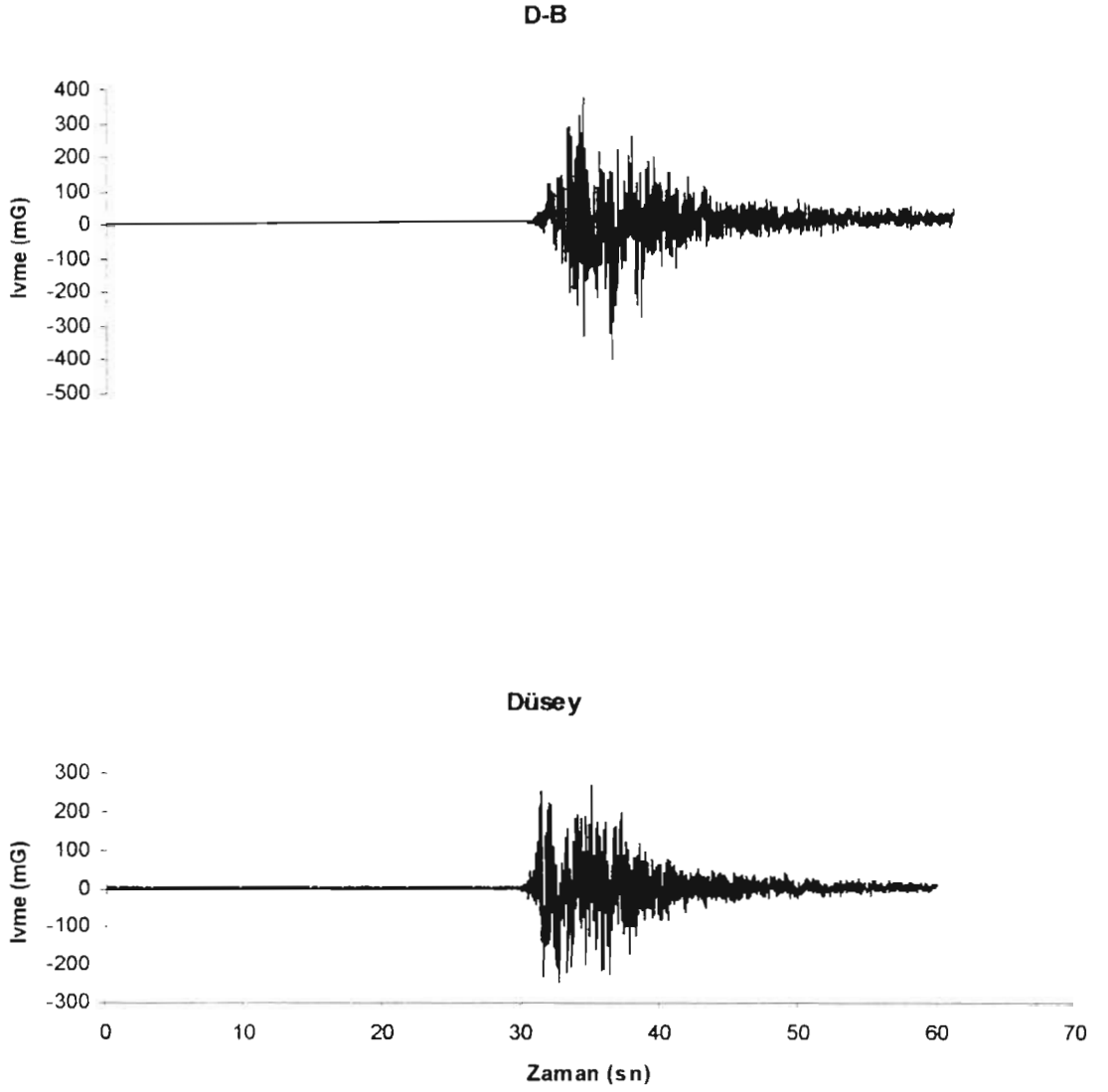
* UKYHKŞ : Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi, Ulusal Kuvvetli Yer Hareketi Kayıt Şebekesi

Çizelge 1. 17 Ağustos 1999, 00:01:39 (GMT), Md=6.9 (ERD)* İzmit Körfezi depreminin 25 istasyondan alınmış ivme kayıtları.

Tarih	Zaman (GMT)	L (mG)	T (mG)	V (mG)	S-P	Cihaz Tipi	Cihaz Yeri
17.08.1999	00:05:14	0.8	1.2	0.4	N/A	GSR-16	TKT
17.08.1999	00:05:04	50.0	59.7	23.2	N/A	GSR-16	KUT
17.08.1999	00:04:54	2.0	3.0	1.5	N/A	SM-2	CYH
17.08.1999	00:03:26	5.9	5.2	3.3	46.0	GSR-16	AYD
17.08.1999	00:02:56	1.0	2.0	1.0	N/A	SM-2	KOY
17.08.1999	00:02:47	5.9	11.7	3.7	N/A	GSR-16	DNZ
17.08.1999	00:02:41	9.9	10.8	3.3	42.0	GSR-16	BRN
17.08.1999	00:02:39	11.7	8.9	4.4	43.87	GSR-16	TOS
17.08.1999	00:02:36	24.6	28.6	7.9	38.0	GSR-16	CNK
17.08.1999	00:02:25	8.9	7.2	3.4	30.53	GSR-16	USK
17.08.1999	00:02:19	17.8	18.2	7.6	26.24	GSR-16	BLK
17.08.1999	00:02:05	13.5	15.0	5.0	27.9	SM-2	AFY
17.08.1999	00:01:58	12.5	6.5	4.5	40.43	SM-2	MNS
17.08.1999	00:01:56	54.3	45.8	25.7	13.0	GSR-16	BRS
17.08.1999	00:01:54	60.7	42.7	36.2	12.36	GSR-16	IST
17.08.1999	00:01:51	-	407.0	259.0	N/A	GSR-16	SKR
17.08.1999	00:01:48	32.2	33.5	10.2	24.15	GSR-16	TKR
17.08.1999	00:01:39	29.4	33.6	14.5	N/A	SMA-1	SRK
17.08.1999	00:01:39	91.8	123.3	82.3	N/A	SMA-1	IZN
17.08.1999	00:01:39	91.4	101.4	57.0	N/A	SMA-1	ERG
17.08.1999	00:01:39	118.0	89.6	49.8	N/A	SMA-1	CEK
17.08.1999	00:01:39	171.2	224.9	146.4	N/A	SMA-1	IZT
17.08.1999	00:01:39	264.8	141.5	198.5	N/A	SMA-1	GBZ
17.08.1999	00:01:39	373.7	314.8	479.9	N/A	SMA-1	DZC
17.08.1999	00:01:39	117.8	137.7	129.9	N/A	SMA-1	GYN

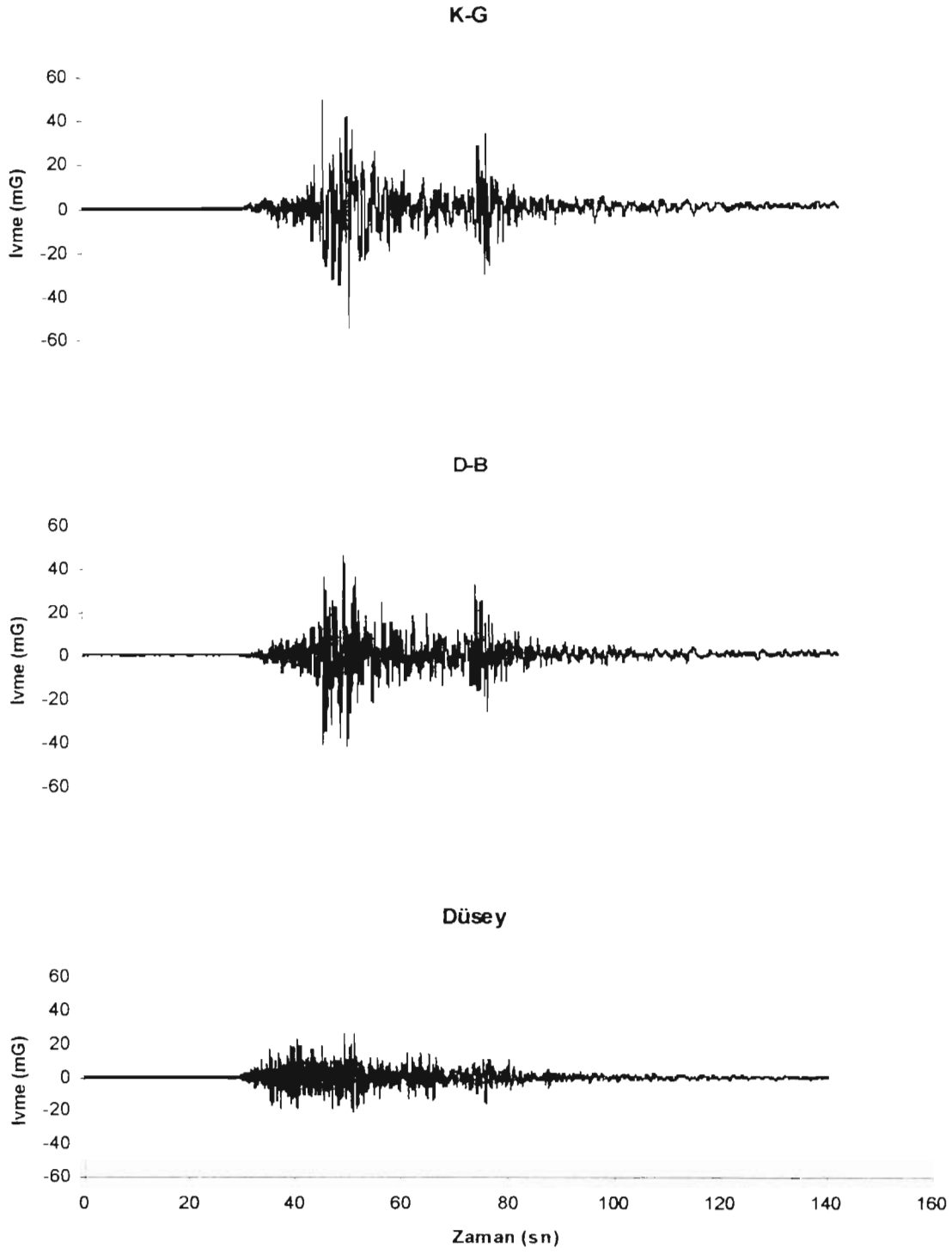
Şekil 1 - 12'yi kapsayan 12 ayrı şekil Sakarya, Bursa, Kütahya, Balıkesir, İzmit, İznik, Çanakkale, İstanbul, Tosya, Göynük, Gebze ve Düzce istasyonlarından alınan ana şoka ait ivme kayıtlarını göstermektedir.

* ERD: Earthquake Research Department: *Deprem Araştırma Dairesi (DAD)*

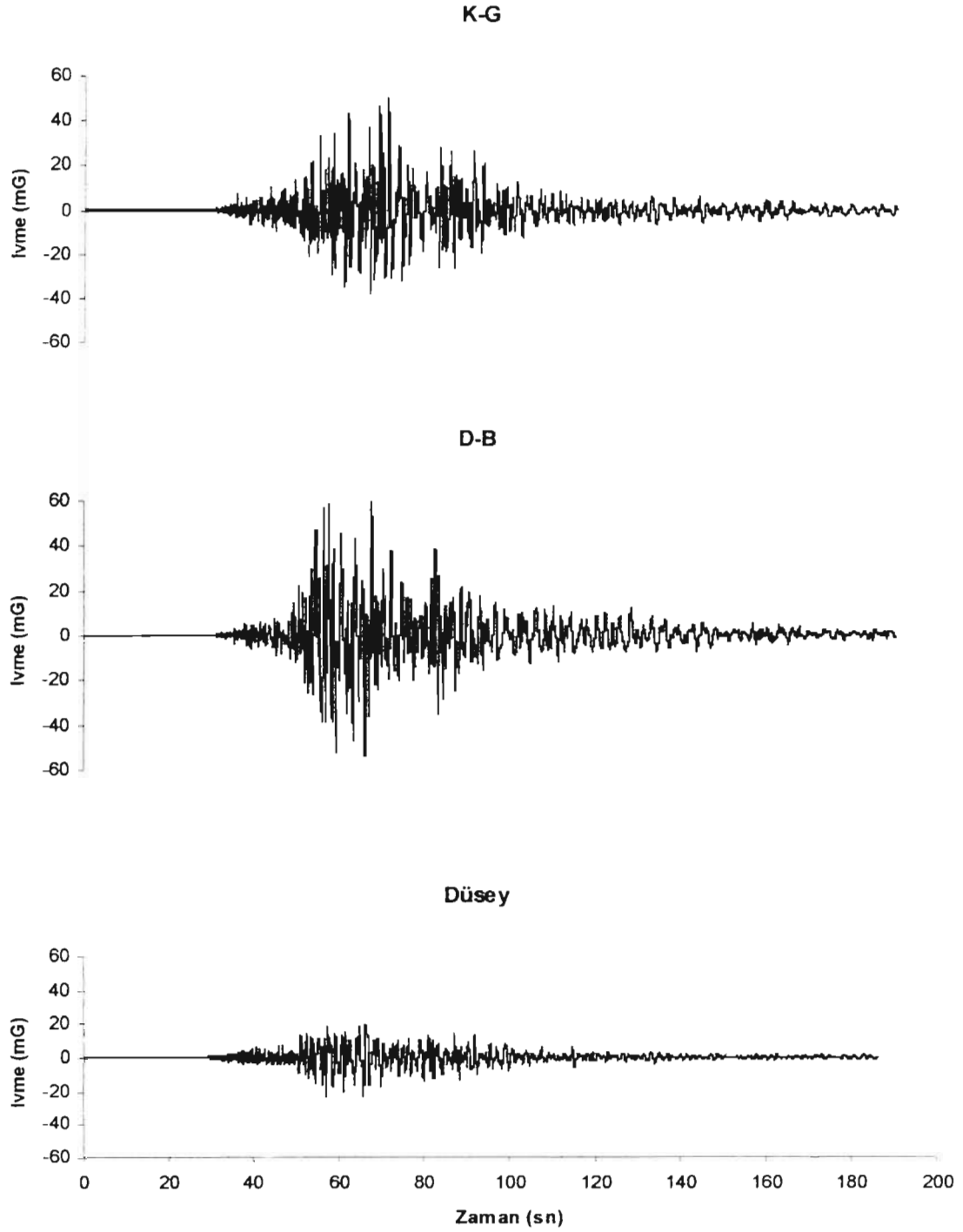


Şekil 1. 17 Ağustos 1999, 00:01 (GMT)*, İzmit Körfezi Depremi, Sakarya GSR-16 İvme Kaydı (Sakarya Bayındırlık İskan Müdürlüğü).

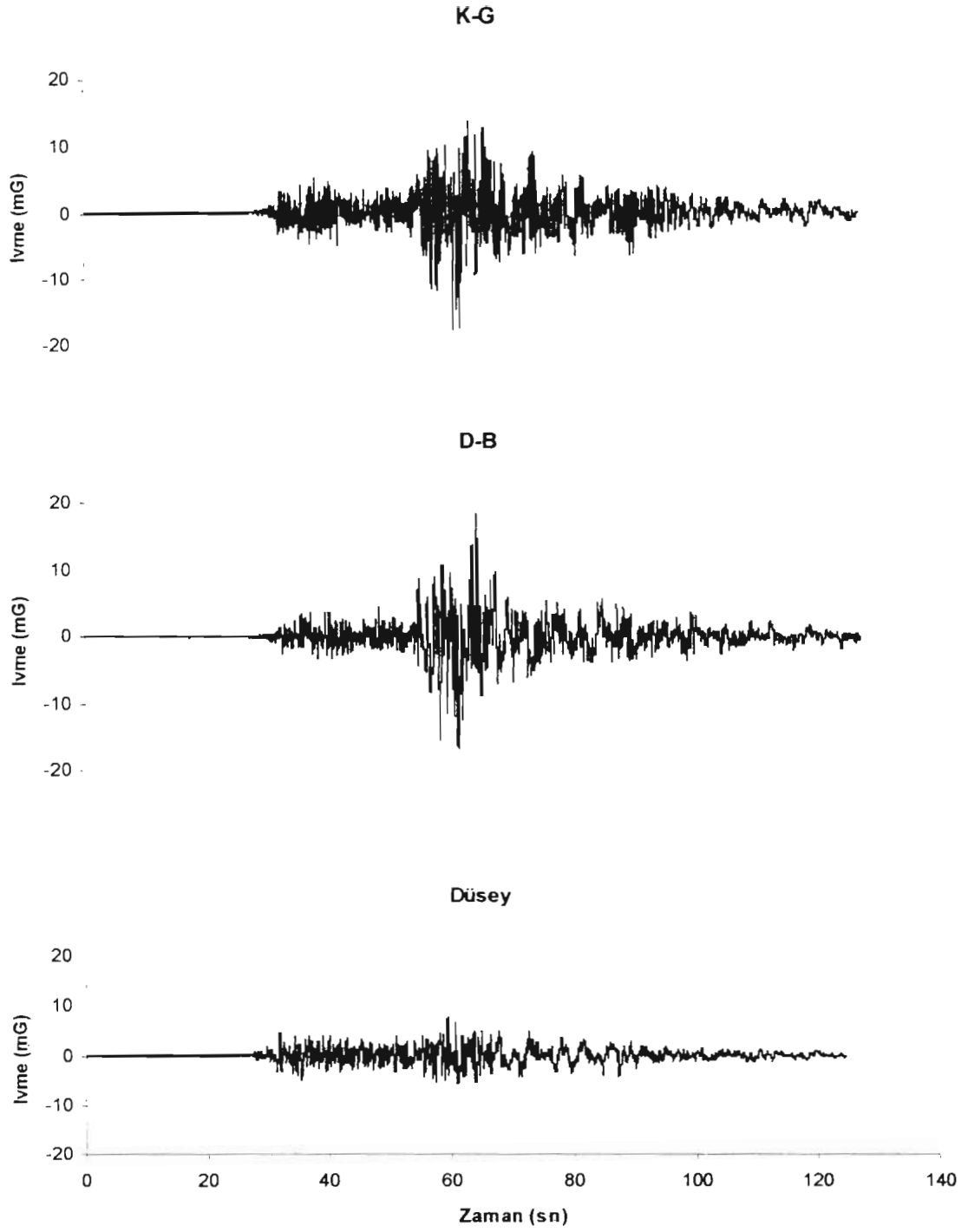
GMT* : Greenwich Mean Time : *Greenwich Ortalama Zamanı: Türkiye saati, bu saatten 2 saat geri.*



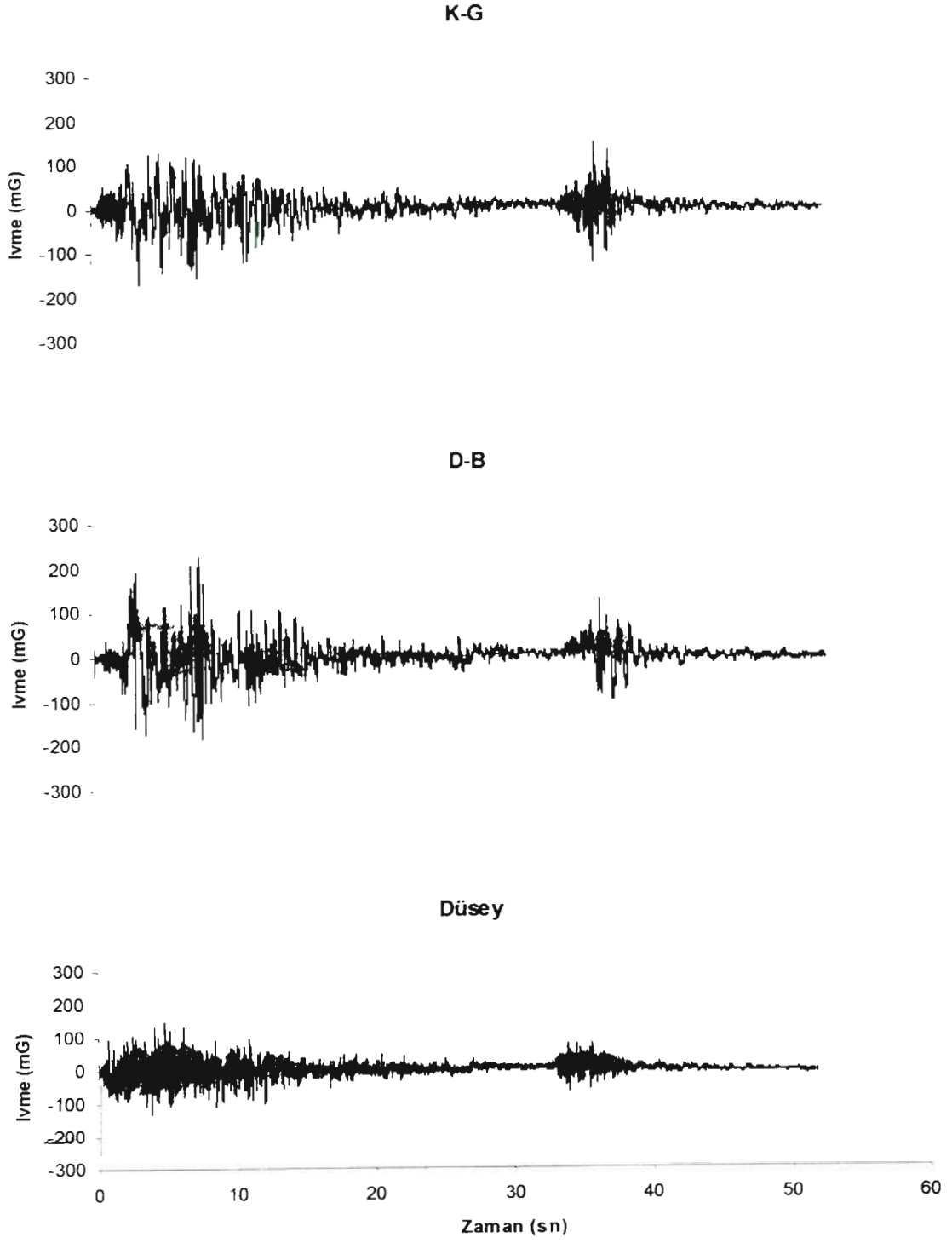
Şekil 2. 17 Ağustos 1999, 00:01 (GMT)*, İzmit Körfezi Depremi, Bursa GSR-16 İvme Kaydı (Bursa Sivil Savunma Müdürlüğü).



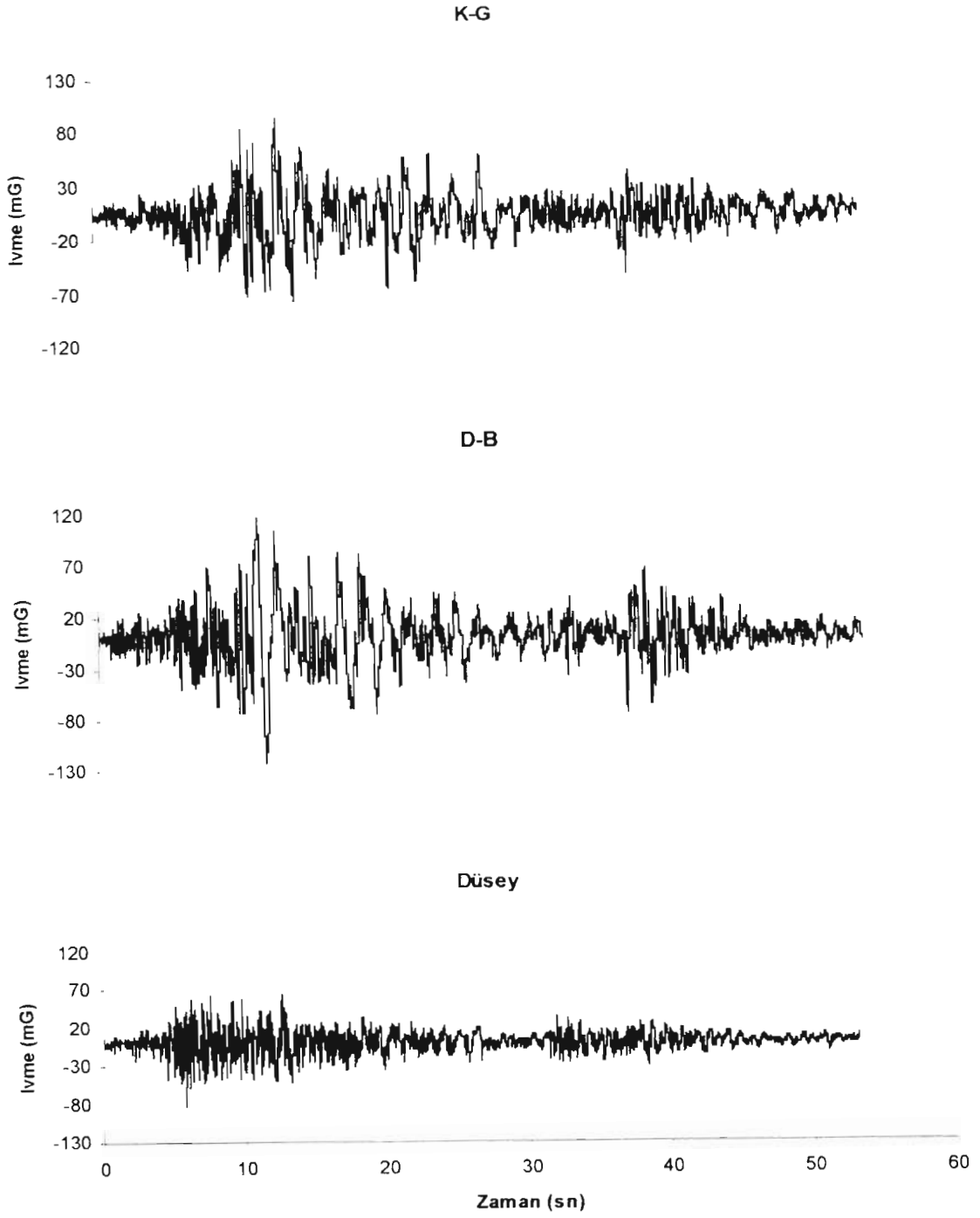
Şekil 3. 17 Ağustos 1999, 00:01 (GMT)*, İzmit Körfezi Depremi, Kütahya GSR-16 İvrme Kayıdı (Kütahya Sivil Savunma Müdürlüğü).



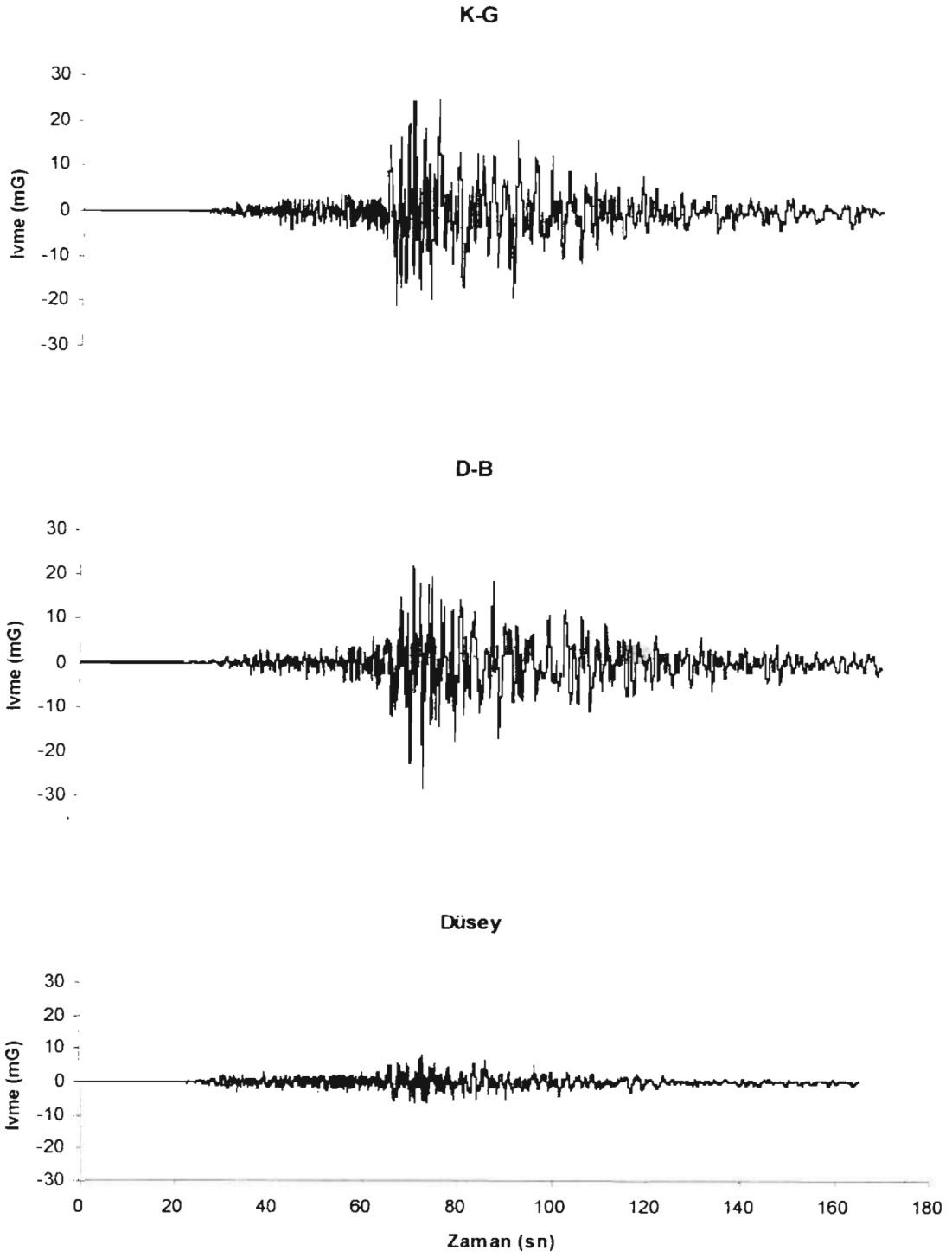
Şekil 4. 17 Ağustos 1999, 00:01 (GMT)*, İzmit Körfezi Depremi, Balıkesir GSR-16 İvme Kaydı (Balıkesir Huzur Evi).



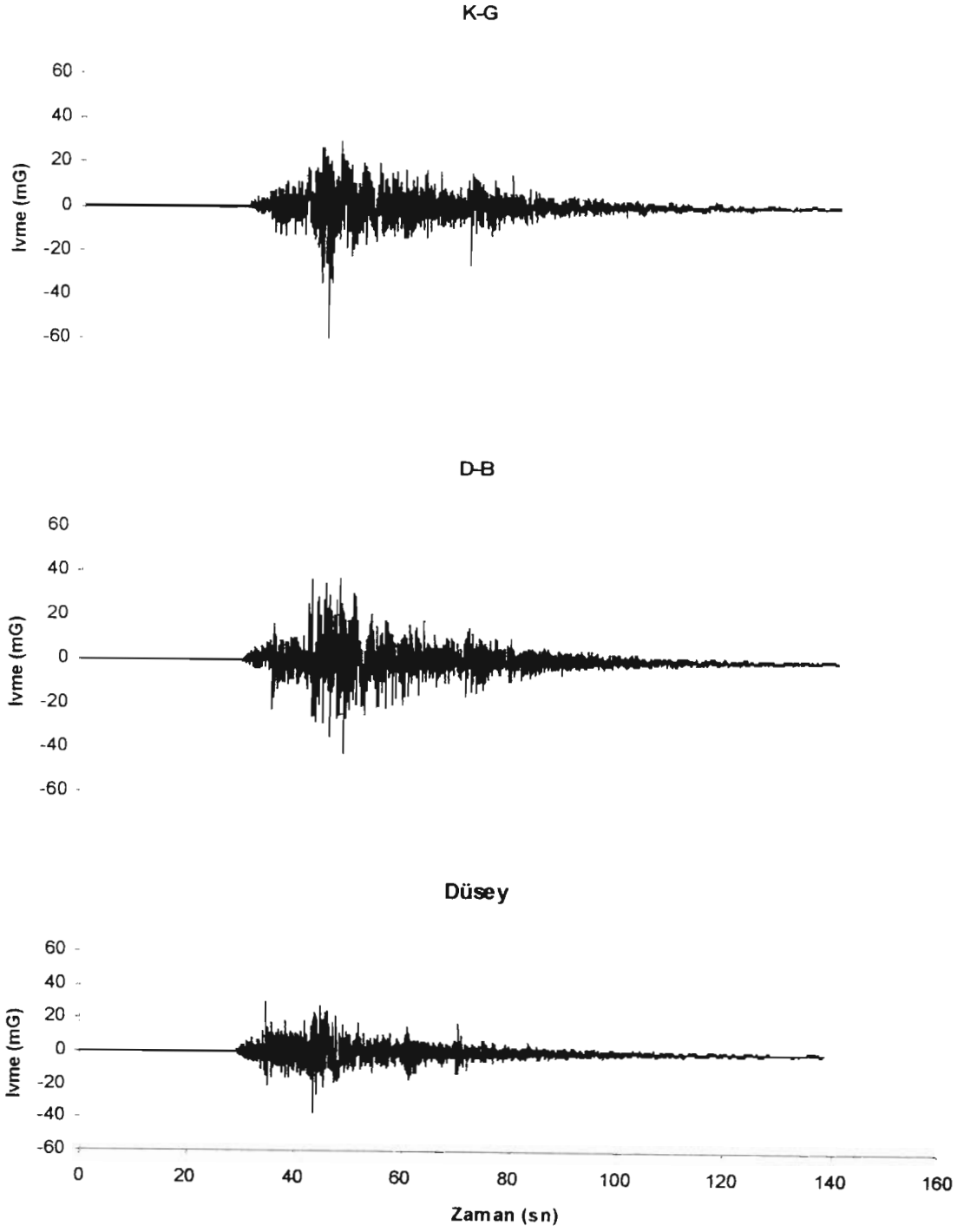
Şekil 5. 17 Ağustos 1999, 00:01 (GMT)*, İzmit Körfezi Depremi, İzmit SMA-1 İvme Kaydı (İzmit Meteoroloji Müdürlüğü).



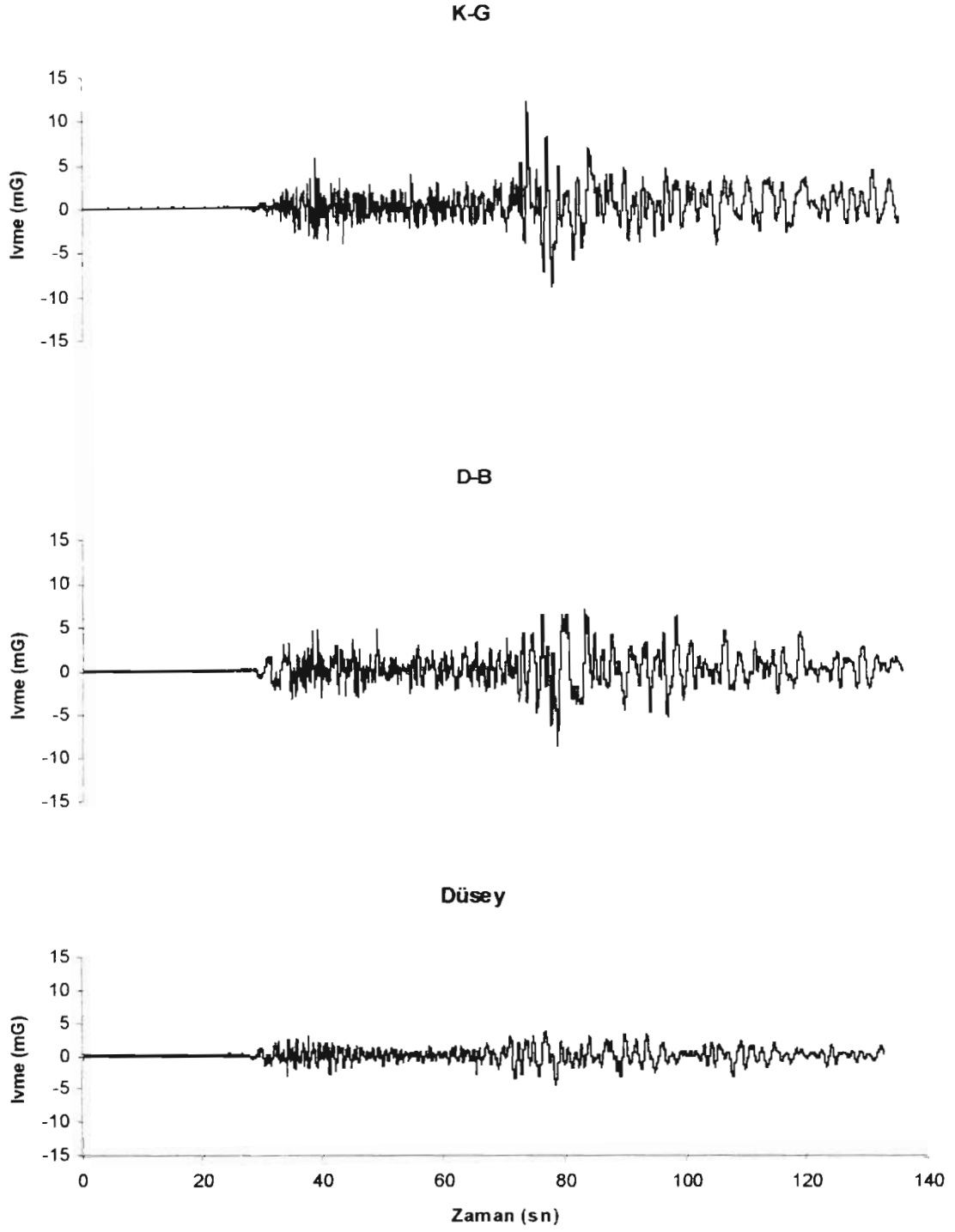
Şekil 6. 17 Ağustos 1999, 00:01 (GMT)*, İzmit Körfezi Depremi, İznik GSR-16 İvme Kaydı (İznik Karayolları Şefliği).



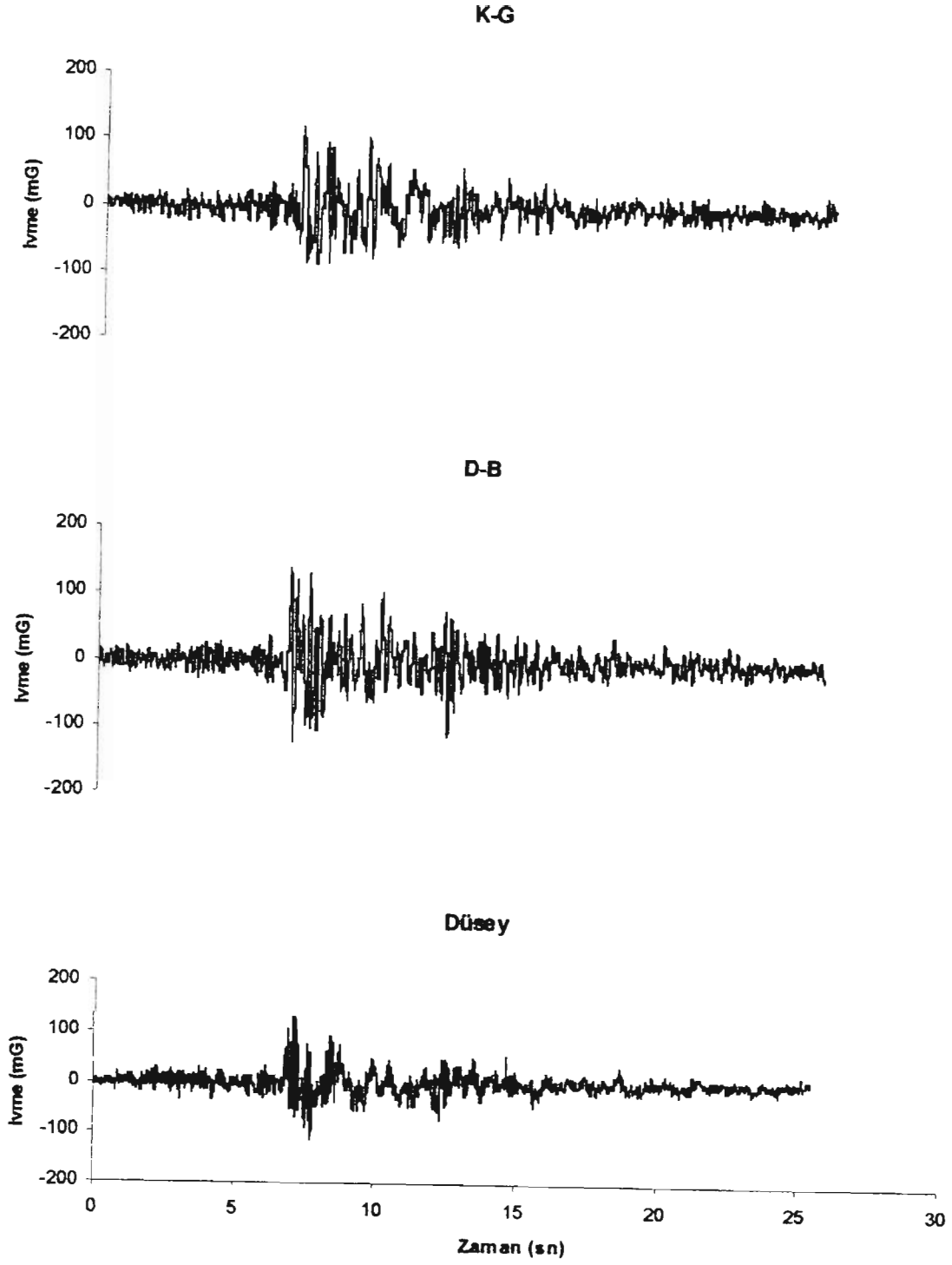
Şekil 7. 17 Ağustos 1999, 00:01 (GMT)*, İzmit Körfezi Depremi, Çanakkale GSR-16 Ivme Kayıdı (Çanakkale Meteoroloji Müdürlüğü).



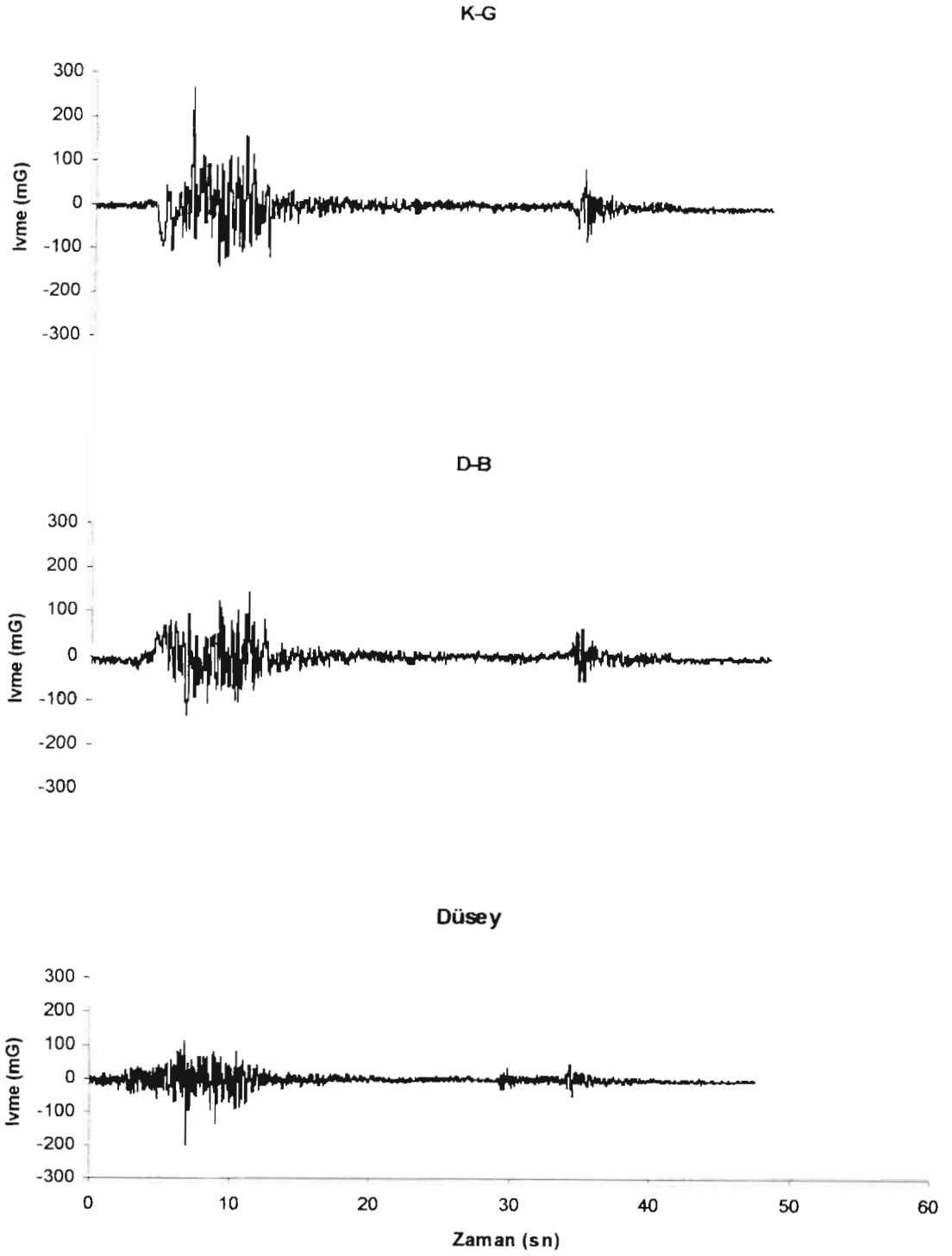
Şekil 8. 17 Ağustos 1999, 00:01 (GMT)*, İzmit Körfezi Depremi, İstanbul GSR-16 İvme Kaydı (İstanbul Bayındırlık İskan Müdürlüğü).



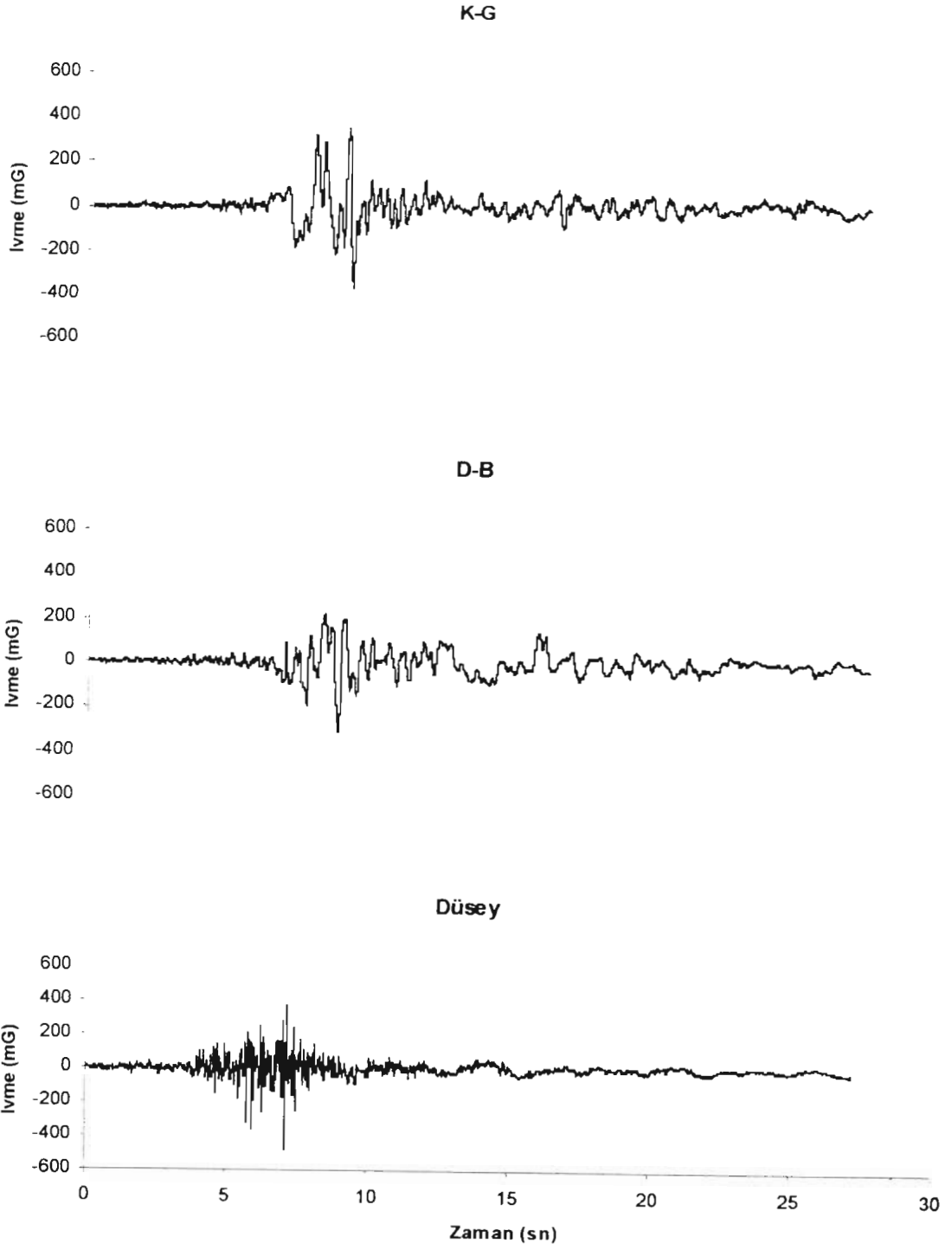
Şekil 9. 17 Ağustos 1999, 00:01 (GMT)*, İzmit Körfezi Depremi, Tosya GSR-16 İvme Kaydı (Tosya Meteoroloji Müdürlüğü).



Şekil 10. 17 Ağustos 1999, 00:01 (GMT)*, İzmit Körfezi Depremi, Göynük SMA-1 İvme Kaydı (Göynük Devlet Hastanesi).



Şekil 11. 17 Ağustos 1999, 00:01 (GMT)*, İzmit Körfezi Depremi, Gebze SMA-1 İvme Kaydı (Gebze Tübitak Marmara Araştırma Merkezi).



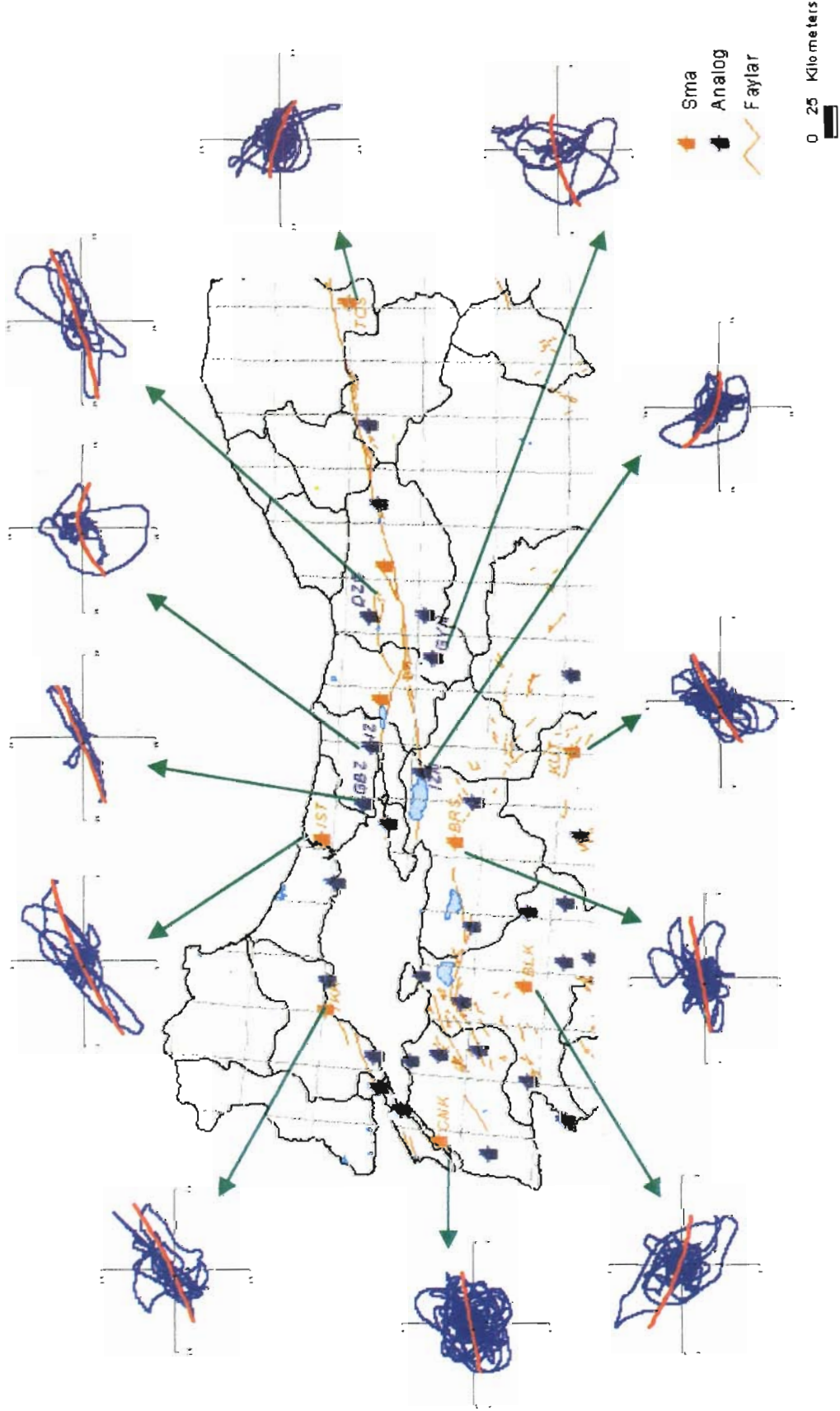
Şekil 12. 17 Ağustos 1999, 00:01 (GMT)*, İzmit Körfezi Depremi, Düzce SMA-1. İvme Kaydı (Düzce Meteoroloji Müdürlüğü).

12 istasyondaki ana şokla ilgili ivme kayıtlarının partikül hareketleri ve doğrultuları incelenmiştir (Şekil 13). Bu doğrultu dağılımı, Kuzey Anadolu Fayının doğu - batı yönündeki uzanımına paralellik göstermektedir.

İzmit' te 13 Eylül tarihinde, saat 11:55 (GMT)'de, 5.8(ERD) büyüklüğünde meydana gelen artçı deprem 18 istasyondan kaydedilmiştir. Bu istasyonlardan alınmış kayıtlar ve ivme değerleri (mG) Çizelge 2' de verilmiştir.

Çizelge 2. 13 Eylül 1999, 00:55 (GMT), Md=5.7 (ERD) İzmit Körfezi Artçı depreminin 18 istasyondan alınmış ivme kayıtları

Tarih	Zaman (GMT)	L (mG)	T (mG)	V (mG)	S-P	Cihaz Tipi	Cihaz Yeri
13.09.1999	11:55:54	4.0	4.5	1.5	N/A	SM-2	<u>AFY</u>
13.09.1999	11:55:11	342.1	612.0	192.0	3.19	Akashi	<u>TPT</u>
13.09.1999	11:59:28	10.9	13.5	6.4	18.25	GSR-16	<u>KUT</u>
13.09.1999	11:57:01	1.5	2.1	0.7	N/A	GSR-16	<u>BRN</u>
13.09.1999	11:56:55	5.3	5.9	1.8	N/A	GSR-16	<u>CNK</u>
13.09.1999	11:56:40	2.4	2.2	0.8	N/A	GSR-16	<u>USK</u>
13.09.1999	11:56:36	4.0	4.4	2.0	N/A	GSR-16	<u>BLK</u>
13.09.1999	11:56:28	4.7	4.5	1.6	24.98	GSR-16	<u>TKR</u>
13.09.1999	11:55:48	26.0	14.6	9.3	N/A	GSR-16	<u>BRS</u>
13.09.1999	11:55:48	42.2	50.6	23.3	3.57	GSR-16	<u>SKR</u>
13.09.1999	11:55:46	14.1	15.6	9.7	11.84	GSR-16	<u>IST</u>
13.09.1999	11:55:29	73.7	318.3	73.5	N/A	SMA-1	<u>IZT</u>
13.09.1999	11:55:29	61.3	75.4	13.8	N/A	SMA-1	<u>IZN</u>
13.09.1999	11:55:29	32.4	27.2	26.9	N/A	SMA-1	<u>GBZ</u>
13.09.1999	11:55:29	24.4	32.5	14.1	N/A	SMA-1	<u>DZC</u>
13.09.1999	11:55:27	10.2	10.3	3.7	N/A	K2-Altus	<u>DZC</u>
13.09.1999	11:55:24	15.2	13.2	4.5	N/A	K2-Altus	<u>GLY</u>
13.09.1999	11:55:20	84.6	48.2	23.2	N/A	K2-Altus	<u>GBZ</u>
13.09.1999	11:55:14	389.8	317.3	74.9	N/A	K2-Altus	<u>BAH</u>



Şekil 13. 17 Ağustos 1999 depremi ana şokuna ait 12 istasyondan kaydedilmiş ivme kayıtlarından elde edilmiş partikül hareketleri ve doğrultuları

Deprem Sonrası Çalışmalar

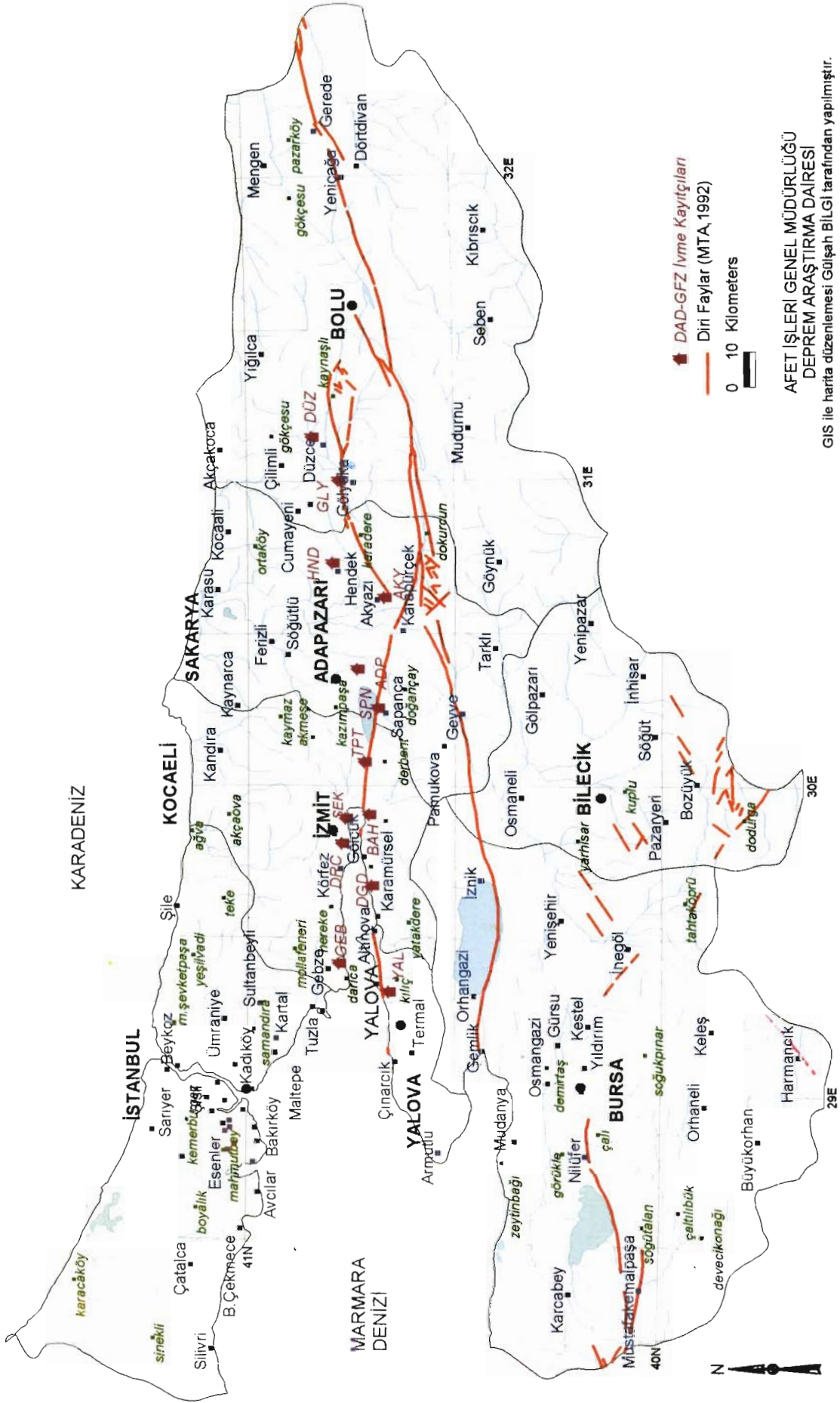
17 Ağustos 1999 tarihinde saat 00:01:39 'da meydana gelen $M_d=6.9$ (ERD) büyüklüğündeki İzmit Körfezi Depreminin artçı şoklarını gözlemek için bölgeye geçici ivme kayıtları yerleştirilmiştir. İlk olarak 17 Ağustos sabahı 3 adet Akashi JEP-6A3 tipi ivme ölçer Seka, Derince ve Tepetarla' da kurulmuştur. Bu cihazlar üç bileşen ivme ölçer ile Datamark LS8000WD 24 bit veri kayıt ünitesi, GPS sistemi ve şarj edilebilir özel akülerinden oluşmaktadır.

20 Ağustos tarihinden itibaren GFZ Potsdam ekibi ile birlikte getirilen 10 adet Kinometrics Altus-K2 tipindeki ivme ölçerler Gölyaka, Akyazı, Ereğli, Hendek, Gebze, Sapanca, Bahçecik, Yalova, Düzce ve Adapazarına kurulmuştur.

Bu istasyonların yerleri ve koordinatları Çizelge 3' de verilmiştir. Bu istasyonların dağılımı Şekil 14 ' de gösterilmektedir.

Çizelge 3. Deprem sonrası kurulmuş geçici istasyonlara ait bilgiler.

İstasyon Adı	İstasyon koordinatları	Bulunduğu yer
Gölyaka	40.779N-31.003E	Gölyaka Jandarma Kışlası
Tepetarla	40.720N-30.079E	Tepetarla Köy Muhtarının Evi
Akyazı	40.670N-30.620E	Orman İşletme Müdürlüğü
Ereğli	40.700N-29.672E	İspirli Hacı Yaşar Camiinde
Hendek	40.795N-30.734E	Orman İşletme Müdürlüğü
Gebze	40.781N-29.416E	Eskihisar Karakolunda
Sapanca	40.688N-30.256E	Sapanca Sağlık Ocağında
Seka	40.765N-29.894E	Seka fabrikası karşısı şahıs evinde
Derince	40.774N-29.812E	Derince Camiinde
Bahçecik	40.709N-29.906E	Seymen Kışlasında
Yalova	40.660N-29.240E	Yalova Meteoroloji Müdürlüğü
Düzce	40.843N-31.147E	Meteoroloji Müdürlüğü bahçesi
Adapazarı	40.755N-30.389E	Orman İşletme Müdürlüğü



Şekil 14. 17 Ağustos 1999 depremi sonrası bölgeye yerleştirilmiş geçici istasyonların dağılımları.

Sonuçlar

17 Ağustos 1999 depremi ana okuna ait en büyük ivme değerleri, birlikte değerlendirildiğinde, kuvvetli yer hareketinin yerel olarak birkaç kat büyütüldüğü gözlenmektedir. Özellikle, sivilaşma sonucu tamamen yıkılmış Adapazarı kent merkezinde ivme yaklaşık dört kat büyütülmüştür. Benzer şekilde gerek Düzce gerekse Gölyaka'da da benzer ve daha az büyütmeler olmuş ve bu yüzden hasar ağır olmuştur. Buna karşıt, deprem merkezine ve yüzey kırığına yakın ve kayalık bir zemin üzerinde bulunan Sapanca, Arifiye ve Hendek ve civarında hasar çok hafif olmuştur. Diğer yandan, deprem merkezinde çok uzaklarda ve gevşek suya-doygun kalın alüvyonal ile dolgu-ıslah edilmiş zeminler üzerinde bulunan Yalova ve Avcılar'da hasar ağır olmuştur.

13 geçici istasyondan, 20 Ekim tarihine kadar yaklaşık 2 aylık bir sürede kaydedilmiş artci deprem kayıtları değerlendirilmektedir.

Bugüne kadar devam eden artci depremler ve Türkiye'de olan bütün depremlerin ivme kayıtları alınmış olup, değerlendirilmiş şekliyle <http://angora.deprem.gov.tr> adresi altında ivme kayıtları adı altındaki web sayfamızda, tüm araştırmacılara sunulmaktadır.

17 AĞUSTOS 1999 İZMİT KÖRFEZİ DEPREMİ:

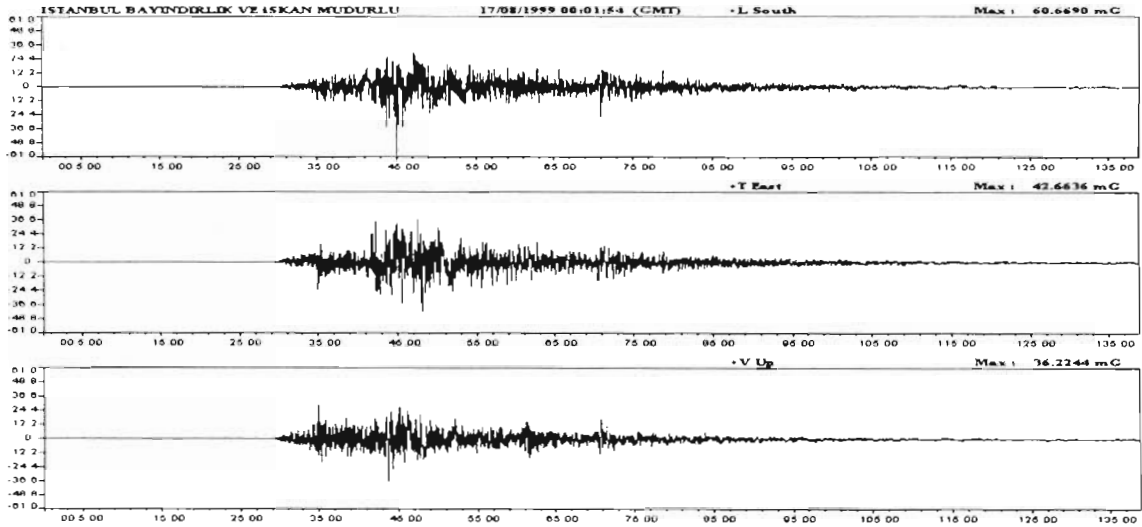
KUVVETLİ YER-HAREKETİ KAYITLARI İVME-YEREL ZEMİN KOŞULLARI ARASINDAKİ İLİŞKİ

Mustafa GÜRBÜZ Aytaç APAK Esat YARAR Turgay KURU
Deprem Araştırma Dairesi

17 Ağustos 1999 depremi, yüzeyde farklı iki segmentte ortalama en büyük 3.0m ve 1.5 m'lik sağ yönlü yatay atımlar ve bu iki segmentin ortak uç bölgesi olan Arifiye-A.Kirazcı arasında 4.5m'lik yatay atım oluşturması, bu depremin yalnızca tek bir şok değil de birkaç büyük şoktan oluşabileceği ileri sürülmüştür (Demirtaş vd. 1999) Bu nedenle bu depremin mekanizmasını açıklamak için zayıf hareket yani sismolojik kayıtlarda seçilemeyen farklı fazlar için 25 kuvvetli yer hareketi istasyonundan elde edilmiş ivme kayıtları incelenmiştir. Bu çalışmada ivme kayıtları ve ivme spektrumlarından elde edilmiş ilginç sonuçlar sunulmaktadır.

Ana şok İvme Kayıtlarının Değerlendirilmesi ve Yorumlanması

17.08.1999 depremi ana şokuna ait ivme kayıtları, Ulusal Kuvvetli Yer Hareketi Kayıt Şebekesi'nin 25 istasyonundan kaydedilmiştir. Bu istasyonlardan alınan ivme değerleri çizelge 1'de verilmiş olup i3 olarak verilenler anaşok kaydını göstermektedir.



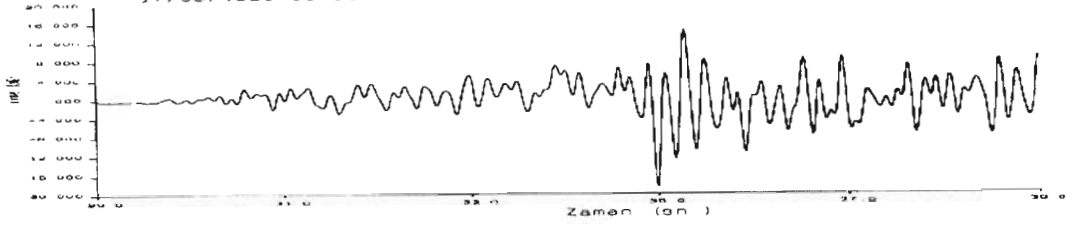
Şekil 1. 17.08.1999 İzmit Körfezi depreminin İstanbuldaki anaşok kaydı

Çizelge 1. 17 Ağustos 1999 depremi ana şoka ait ivme değerleri

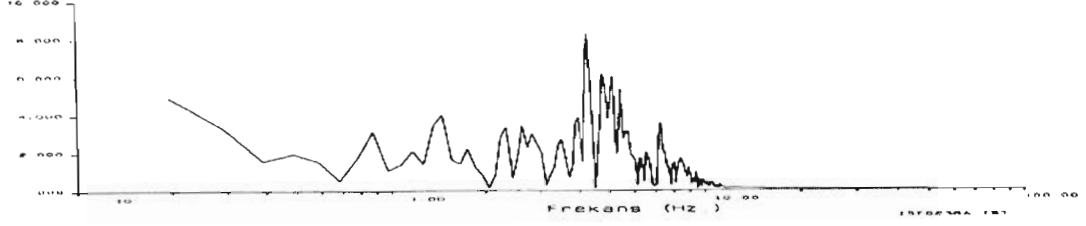
No	Tarih	Zaman (GMT)	L (mG)	T (mG)	V (mG)	S-P	Cihaz Tipi	Merkez	Cihaz Yeri
1	17.08.1999	00:05:14	0.8	1.2	0.4	N/A	GSR-16	Golcuk-Kocaeli	TKT
2	17.08.1999	00:05:04	50.0	59.7	23.2	N/A	GSR-16	Golcuk-Kocaeli	KUT
3	17.08.1999	00:04:54	2.0	3.0	1.5	N/A	SM-2	Golcuk-Kocaeli	CYH
4	17.08.1999	00:03:26	5.9	5.2	3.3	46.0	GSR-16	Golcuk-Kocaeli	AYD
5	17.08.1999	00:02:56	1.0	2.0	1.0	N/A	SM-2	Golcuk-Kocaeli	KOY
6	17.08.1999	00:02:47	5.9	11.7	3.7	N/A	GSR-16	Golcuk-Kocaeli	DNZ
7	17.08.1999	00:02:41	9.9	10.8	3.3	42.0	GSR-16	Golcuk-Kocaeli	BRN
8	17.08.1999	00:02:39	11.7	8.9	4.4	43.87	GSR-16	Golcuk-Kocaeli	TOS
9	17.08.1999	00:02:36	24.6	28.6	7.9	38.0	GSR-16	Golcuk-Kocaeli	CNK
10	17.08.1999	00:02:25	8.9	7.2	3.4	30.53	GSR-16	Golcuk-Kocaeli	USK
11	17.08.1999	00:02:19	17.8	18.2	7.6	26.24	GSR-16	Golcuk-Kocaeli	BLK
12	17.08.1999	00:02:05	13.5	15.0	5.0	27.9	SM-2	Golcuk-Kocaeli	AFY
13	17.08.1999	00:01:58	12.5	6.5	4.5	40.43	SM-2	Golcuk-Kocaeli	MNS
14	17.08.1999	00:01:56	54.3	45.8	25.7	13.0	GSR-16	Golcuk-Kocaeli	BRS
15	17.08.1999	00:01:54	60.7	42.7	36.2	12.36	GSR-16	Golcuk-Kocaeli	IST
16	17.08.1999	00:01:51		407.0	259.0	N/A	GSR-16	Golcuk-Kocaeli	SKR
17	17.08.1999	00:01:48	32.2	33.5	10.2	24.15	GSR-16	Golcuk-Kocaeli	TKR
18	17.08.1999	00:01:39	29.4	33.6	14.5	N/A	SMA-1	Golcuk-Kocaeli	SRK
19	17.08.1999	00:01:39	91.8	123.3	82.3	N/A	SMA-1	Golcuk-Kocaeli	IZN
20	17.08.1999	00:01:39	91.4	101.4	57.0	N/A	SMA-1	Golcuk-Kocaeli	ERG
21	17.08.1999	00:01:39	118.0	89.6	49.8	N/A	SMA-1	Golcuk-Kocaeli	CEK
22	17.08.1999	00:01:39	171.2	224.9	146.4	N/A	SMA-1	Golcuk-Kocaeli	IZT
23	17.08.1999	00:01:39	264.8	141.5	198.5	N/A	SMA-1	Golcuk-Kocaeli	GBZ
24	17.08.1999	00:01:39	373.7	314.8	479.9	N/A	SMA-1	Golcuk-Kocaeli	DZC
25	17.08.1999	00:01:39	117.8	137.7	129.9	N/A	SMA-1	Golcuk-Kocaeli	GYN

ISTANBUL BAYINDIRLIK VE İSKAN MÜDÜRLÜĞÜ

17/08/1999 00:01:54 (GMT) +T East Max: 18.62 (mG)

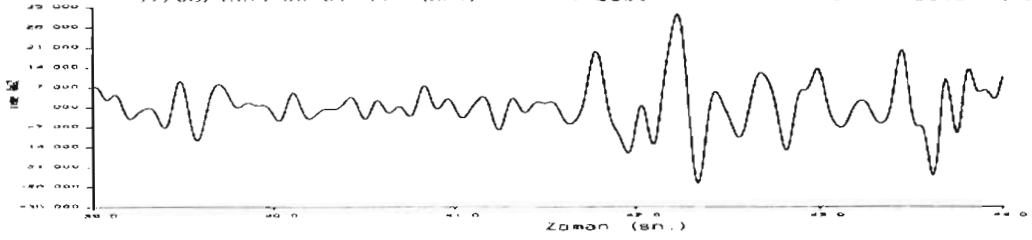


Etkili Periyot : 23 (sn)

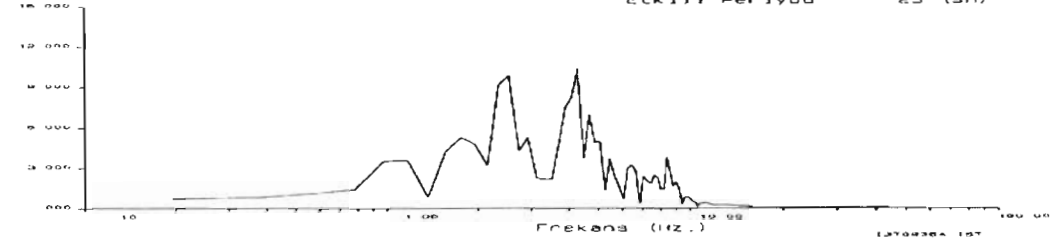


ISTANBUL BAYINDIRLIK VE İSKAN MÜDÜRLÜĞÜ

17/08/1999 00:01:54 (GMT) +T East Max: 30.29 (mG)

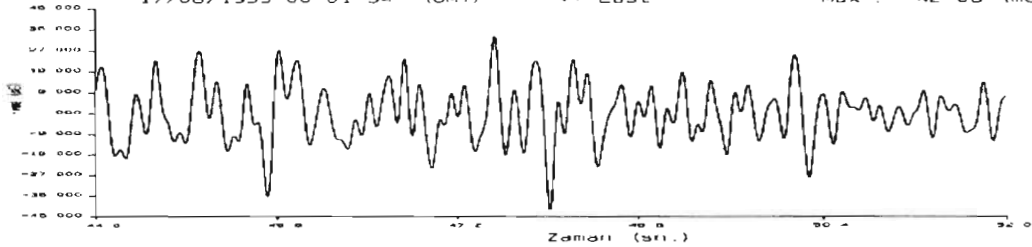


Etkili Periyot : 23 (sn)

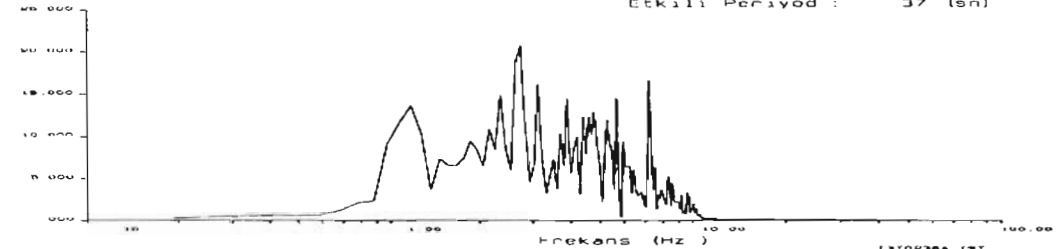


ISTANBUL BAYINDIRLIK VE İSKAN MÜDÜRLÜĞÜ

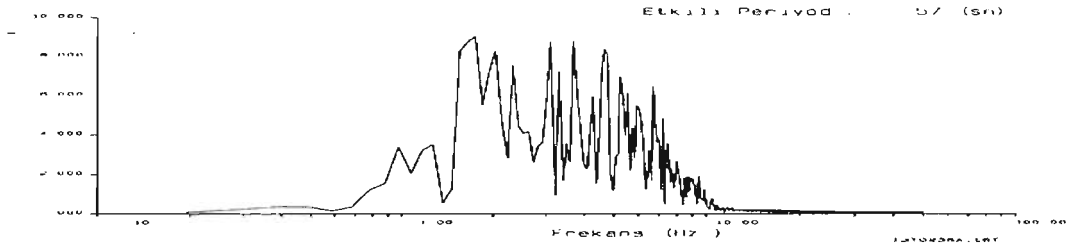
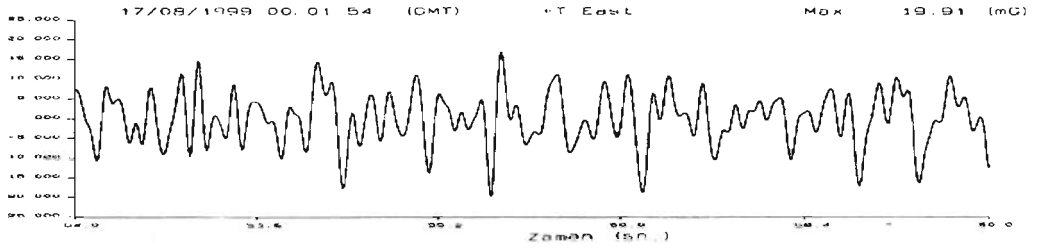
17/08/1999 00:01:54 (GMT) +T East Max: 42.08 (mG)



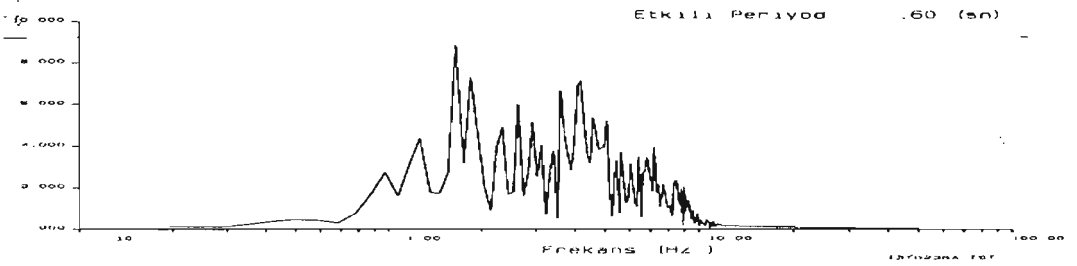
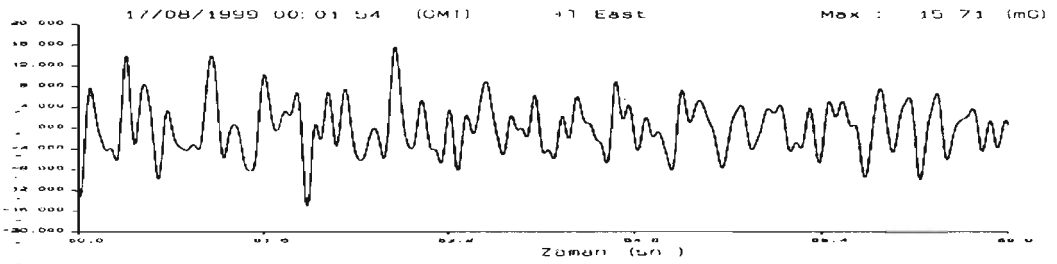
Etkili Periyot : 37 (sn)



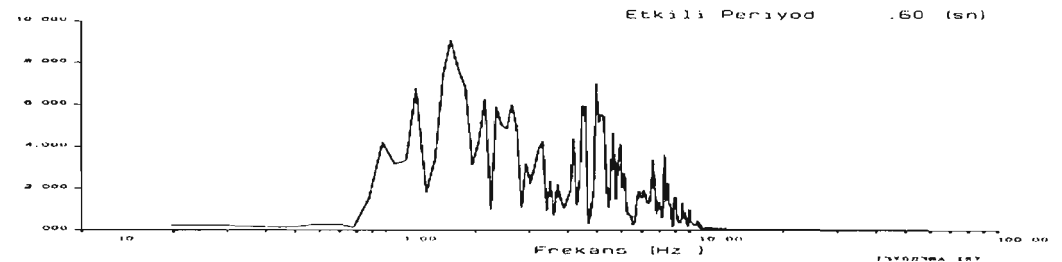
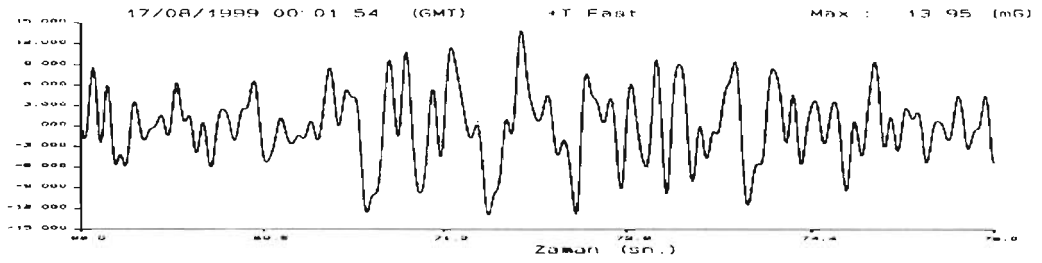
ISTANBUL BAYINDIRLIK VE İSKAN MUDURLU

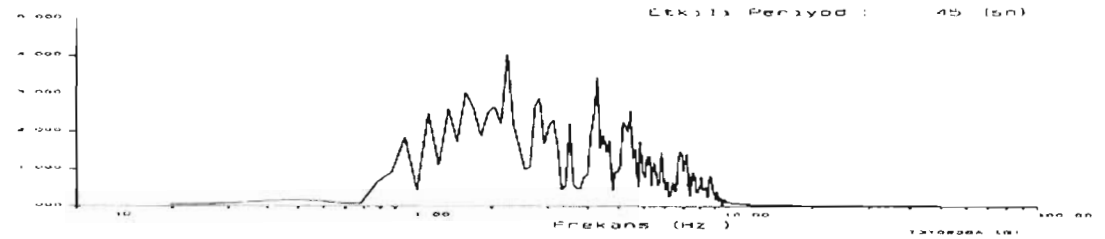
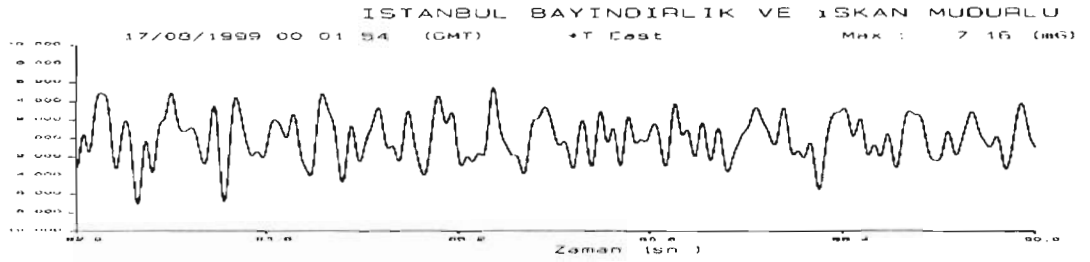
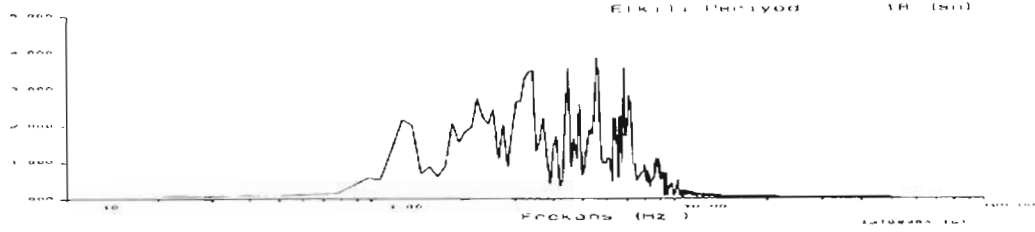
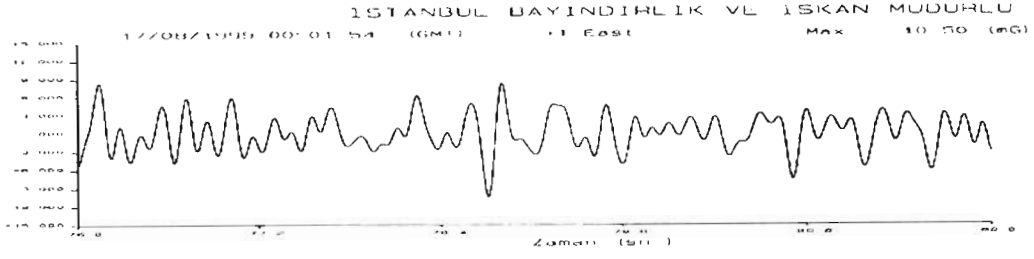


ISTANBUL BAYINDIRLIK VE İSKAN MUDURLU



ISTANBUL BAYINDIRLIK VE İSKAN MUDURLU





Şekil 2. İstanbul kaydının spektrumları.

17 Ağustos 1999 depreminin İstanbul istasyonundan kaydedilen ivme kaydı 8 parçaya bölerek 8 sn aralıklarla spektrumlarına ayırarak incelenmiştir. Daha sonrada 2 şer saniyelik parçalara bölerek spektrumlarını daha ayrıntılı olarak incelenmiştir. Bu her iki spektrumdan elde edilmiş sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

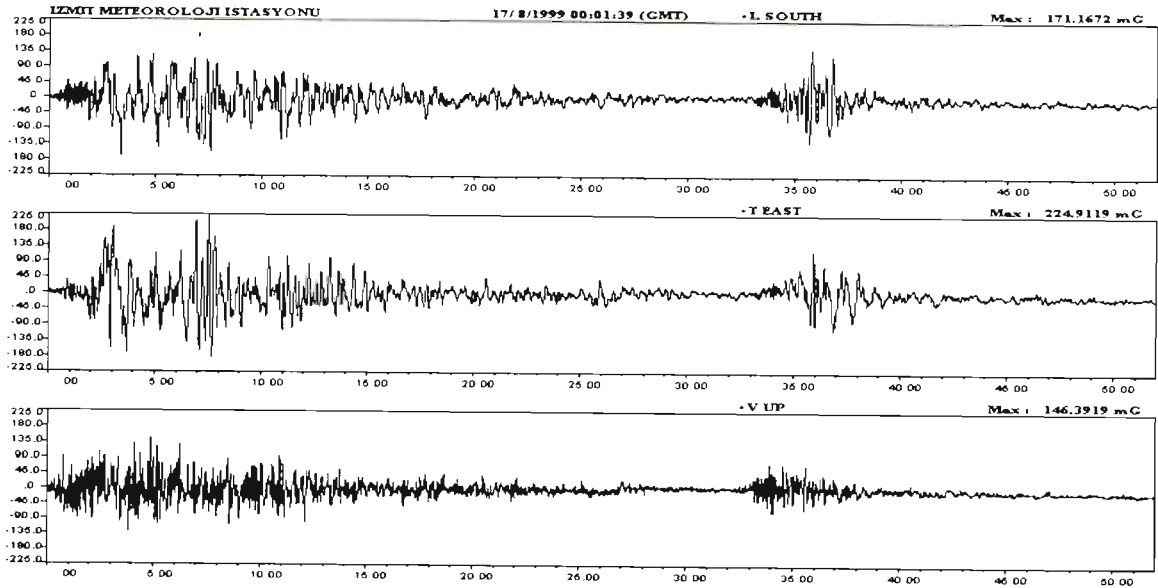
Gölcük merkezli ilk şokun, kırığın hem doğu hem de batı ucundaki diğer şokları tetiklemiş olduğu görülmüştür. Eğer deprem tek bir kaynaktan oluşmuş ve yayılmış olsaydı spektrumunda yüksek frekanslardan düşük frekanslara doğru değişimin bariz bir şekilde gözlenmesi gerekirdi. Oysaki İstanbul kaydının spektrumunun zamanla değişimi incelendiğinde; kaydın spektrumlarında aynı frekansların tekrarlandığını (2.7hz, 3,5hz, 4.8hz, 7hz vb.) ve spektrumlarda bariz bir değişimin olmadığı görülmüştür (Şekil 2).

Bununla karşıt parça parça ayrılmış spektrumlara dikkat edilirse, ilk iki spektrumda 7-8 hz civarında olan P dalgasının spektrumdaki etkisi azalırken üçüncü spektrumda yani ana kaydın 44 - 52. sn leri arasındaki depremin

başlangıcından 14 .sn - 32. sn' leri arasına gelen bölümde 7hz lik yüksek frekanslı bir pik görülmektedir (Şekil 2). Bunun kaynağının da depremin başlangıcından 14 sn sonra muhtemelen İstanbul yakınlarındaki bir fay segmentinin (Avcılar civarında olabilir) tetiklenmesiyle oluşmuş başka bir depremin P dalga fazının kayda girmiş olmasıyla açıklanabilir. Spektrumun geri kalan kısmına bakıldığında; kaydın 68.sn'sine (yani depremin 38.sn'sine) kadar aynı özellikte olduğu ancak buradan sonra tekrar P dalga fazının belirginleştiği görülmektedir.

Buda aynı kayıt üzerinde birden fazla depremin olmasıyla açıklanabilir. İstanbul'daki kayıta ise, ilk 30sn de aralarında 4 sn farkla iki büyük ana şok (birincisi Gölcük , ikincisi Tepetarla merkez üssü olmak üzere) bir diğerinde İstanbul yakınlarında olduğu düşünülmekte olup dalga fazlarının birbiriyle girişim yaparak üst üste binmesi nedeniyle sağlıklı bir şekilde ayırım yapmak mümkün olmamaktadır. Son 15 sn'de ise ayrı bir deprem bulunmaktadır. Bu deprem, İstanbul'da ilk depremden 38 sn sonra ve maksimum 26 mG'lik bir ivme oluşturmuştur.

İzmit kayıtında ise bu deprem, ilk depremden 28 sn sonra görülmekte olup maksimum 144 mG ivme oluşturmuştur (Şekil 3). Sakarya kaydında ise, 33 sn sonra gelmekte ve 68 mG'lik bir ivme oluşturmaktadır (Şekil 5a). İznikte ise 31 sn sonra gelmiş ve 70 mG ivme oluşturmuştur.

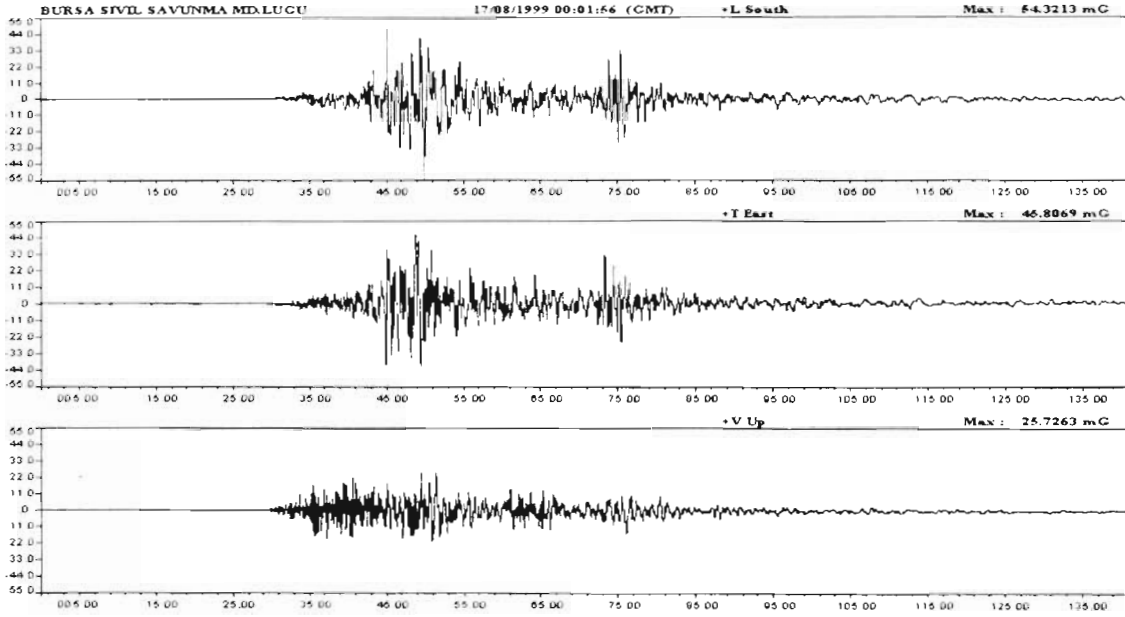


Şekil 3. İzmit istasyonu ana şok kaydı

Bu da aynı kayıt üzerinde birden fazla depremin olmasıyla açıklanabilir. İstanbul'daki kayıta ise bize göre ilk 30 sn de aralarında 4 sn farkla iki büyük ana şok (birincisi Gölcük , ikincisi Tepetarla merkez üssü olmak üzere) bir diğerinde İstanbul yakınlarında olduğu düşünülmekte olup dalga fazlarının birbiriyle girişim yaparak üst üste binmesi nedeniyle sağlıklı bir şekilde ayırım yapmak mümkün olmamaktadır.Son 15 sn ise ayrı bir deprem bulunmaktadır.

Bu deprem İstanbul'da ilk depremden 38 sn sonra ve maksimum 26 mG'lik bir ivme oluşturmuştur.

İzmit kayıtında ise bu deprem ilk depremden 28 sn sonra görülmekte olup maksimum 144 mG ivme oluşturmuştur (Şekil3).



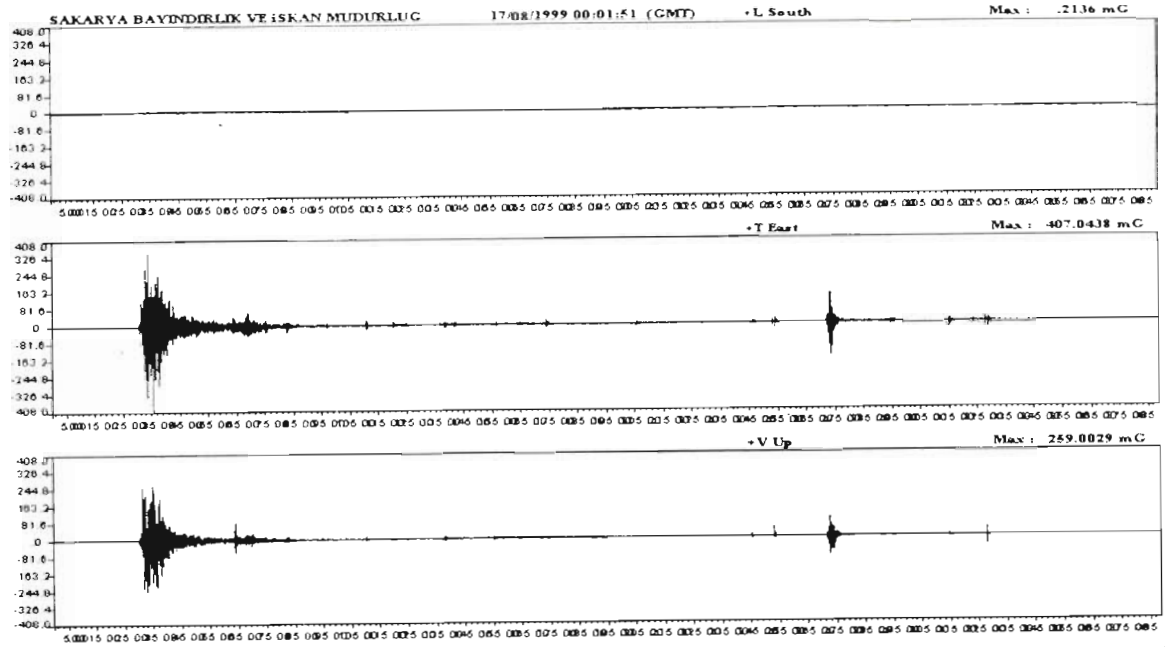
Şekil 4. Bursa istasyonu ana şok kayıtlı

Bursa kayıtlarından da açıkça görülen bu depremin merkez üssünün de Karamürsel ile Gölçük arasında olması kuvvetle muhtemeldir (Şekil 4).

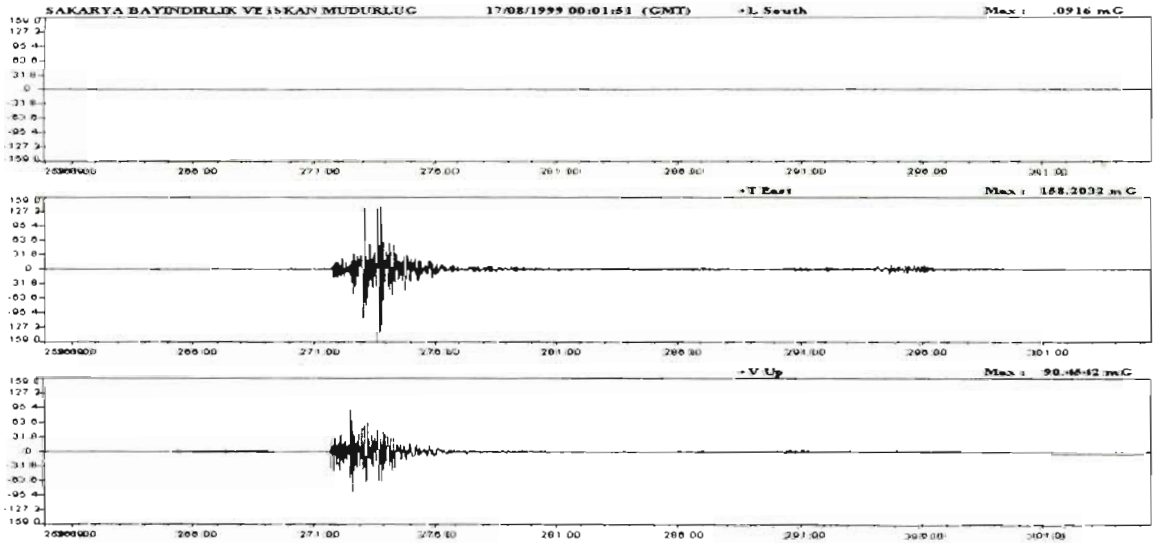
Sakarya kaydında 33 sn sonra gelmekte ve 68 mG'lik bir ivme oluşturmaktadır (Şekil 5a). İzmitte ise 31 sn sonra gelmiş ve 70 mG ivme oluşturmuştur.

Sakarya kaydında ise diğer kayıtlarda olmayan bir başka deprem ana şoktan 4 dakika sonra saat 00:05:52 de (GMT) Arifiye'de meydana gelmiş ve maksimum 158.2 mG ivme oluşturmuştur (Şekil 5b).

Sonuç olarak 17 Ağustos depremi tek bir deprem olmayıp birkaç depremin bileşiminden oluşmaktadır. Depremin toplam süresinin 45 sn sürmesi, yırtılma hızının yavaşlığı, arazi gözlemlerinde atımlardaki farklılık, maksimum ivme değerinin beklenden düşük olması ve hasar dağılımı da bunu doğrulamaktadır.



Şekil 5a. Sakarya istasyonu ana şok kayıtlı.



Şekil 5b. Sakarya istasyonu ana şok kayıtlı.

İvme-zemin koşulları arasındaki ilişki

Depremde hasarın beklenenden fazla olmasının bir nedeni de kuşkusuz ki bölgedeki zemin özelliklerindeki değişimdir. Bu nedenle zeminin ivme değeri ile olan ilişkisi açıkça görülmektedir. Zemin sağlam ise ivme değeri düşmekte ve hasar azalmaktadır. Bazı illerimizde ve ilçelerimizde yapılan zemin etüdü sonuçları ve jeolojisi verilecek olursa depremde oluşan hasarın neden bazı yerlerde daha fazla olduğu kolayca anlaşılabilir.

BOLU:

B O L U				
40.746 N - 31.607 E				
TABAKA	Vp (m/s)	Vs (m/s)	KALINLIK (m)	ZEMİN DURUMU
1	260	111	2.2	KUMTASI, MARN VE KONGLOMERA
2	1666	580	4.4	
3	2000	1178	-	

Şehir merkezi, kum, çakıl, kumtaşı ve çakıltaşından oluşan bir zemin üzerindedir. Şehrin güney kesiminin zemini ise kil, kum ve toprak içeren genç alüvyondur. Bolu'da yeraltı suyu yüzeyden 1-4 m. arasındaki derinliklerde değişmektedir.

Bolu Bayındırlık ve İskan Müdürlüğü bahçesinde yapılan çalışmada üç ayrı katman ayırt edilmiştir. Birinci katman bitkisel toprak ve kumlu, çakıllı bir seviyedir. Oldukça gözenekli ve gevşek yapıda olan bu katmanın boyuna dalga hızı 260 m/s, enine dalga hızı 111 m/s dir. Bu birimin altında ise boyuna dalga hızı 1666 m/s ve enine dalga hızı 580 m/s olan ve sismik temeli oluşturan konglomera ve kumtaşları mevcuttur. Poisson oranının 0.3 olması yapının gözenekli olduğunu göstermekle beraber enine dalga hızının yüksek oluşu tabakanın son derece iyi çimentolanmış olduğunu göstermektedir. Bu yapı muhtemelen konglemeraları göstermektedir. Son tabaka ise 0.25 poisson oranı ve 2000 m/s boyuna dalga hızı ve 1178 m/s enine dalga hızı ile kumtaşını göstermekte olup sismik temel özelliği göstermektedir.

ADAPAZARI:

A D A P A Z A R I				
40.756 N - 30.389 E				
TABAKA	Vp (m/s)	Vs (m/s)	KALINLIK (m)	ZEMİN DURUMU
1	375	180	2.3	NEHIR ÇOKELLERİ
2	1555	300	-	
3	-	-	-	

Adapazarının şehir merkezinin büyük bir kısmı oldukça kalın akarsu çökellerinden oluşmaktadır ve yeraltı suyu yüzeye yakındır. Böyle zeminler depremin etkisini büyütürken hasarın artmasına neden olur. Tıpkı Dinar ve Ceyhan örneklerinde olduğu gibi akarsu çökelleri üzerine kurulmuş çarpık ve yüksek yapılaşma can ve mal kaybını arttırmıştır. Ceyhan'da olduğu gibi Adapazarında'da zemin sıvılaşmaları oluşmuş ve yüksek katlı (5 ve üzeri katlı) binalar yan yatmış veya birinci katları zemine gömülmüştür.

Adapazarı Orman İşletme Müdürlüğü bahçesinde yapılan çalışmada iki ayrı birim tesbit edilmiştir. Birinci birim yaklaşık 2-3 m kalınlığında, boyuna dalga hızı 375 m/s, enine dalga hızı 180 m/s olan bitkisel toprak ve dolgu malzemesinden

oluşmaktadır. Bu birimin altında boyuna dalga hızı 1535 m/s, enine dalga hızı 300 m/s olan oldukça gözenekli, gevşek yapılı ve suya doygun bir alüvyon zemin mevcuttur. . Mikrotremor kayıtlarından elde edilen zemin hakim periyodu 0.3 sn dir. Ancak ivme kayıtlarının bulunduğu zemin sağlam az bozuşmaya uğramış filişlerden oluşmaktadır. Hasarın çok olduğu ova kısmında ise zemin hakim periyodu 0.4-0.5 sn civarındadır.

SAPANCA:

S A P A N C A				
40.689 N - 30.256 E				
TABAKA	Vp (m/s)	Vs (m/s)	KALINLIK (m)	ZEMİN DURUMU
1	300	158	1.0	KUMLU – ÇAKILLI TOPRAK
2	555	277	-	
3	-	-	-	

Sapanca'nın zemini alüvyondur. Yeraltı su seviyesi yüksek olup, göle yakın kesimlerde yüzeyden 2-2.5 m.derinlikte suya rastlanır.

Sapanca Sağlık Ocağının bahçesinde yapılan çalışmada yaklaşık 1 m kalınlığındaki bitkisel toprağın altında, kumlu, çakıllı bir seviye tesbit edilmiştir. Bitkisel topraktaki boyuna dalga hızı 300 m/s, enine dalga hızı ise 158 m/s dir. Gözenekli bir yapıya sahip olan ikinci tabaka ise kalın, kumlu, çakıllı bir seviyeyi göstermektedir. Burada boyuna dalga hızı 555 m/s ve enine dalga hızı 277 m/s dir.

TEPETARLA:

T E P E T A R L A				
40.721 N - 30.078 E				
TABAKA	Vp (m/s)	Vs (m/s)	KALINLIK (m)	ZEMİN DURUMU
1	200	83	0.6	KUMLU – ÇAKILLI TOPRAK
2	445	135	5.0	
3	600	250	-	

Sapanca gölünün batısında, Sapanca'ya yaklaşık 20 km uzaklıkta yer alan köyde oldukça kalın killi, kumlu, çakıllı birimler mevcuttur. Köyde binalar genellikle tek katlıdır. Bu nedenle deprem kırığı köy içerisinden geçmesine rağmen köyde fazla bir hasar oluşmamıştır.

Tepetarla da yapılan çalışmada oldukça gözenekli,gevşek yapıya sahip üç birim ayırt edilmiştir. Birinci birim bitkisel topraktan oluşmaktadır. Kalınlığı 0.6 m.dir. Bu birimde ölçülen boyuna dalga hızı 200 m/s, enine dalga hızı 83 m/s olup oldukça düşüktür. İkinci birim ise kumlu bir tabakayı göstermekte olup boyuna dalga hızı 445 m/s ve enine dalga hızı 135 m/s dir. Son birim ise daha iyi derecelenmiş kumlu ve çakıllı bir seviyeden meydana gelmiştir. Bu birimin

boyuna dalga hızı 600 m/s ve enine dalga hızı 250 m/s dir. Formasyonlarda suyun etkisi görülmemekle birlikte enine ve boyuna dalga hızları oldukça düşüktür. Tepetarlada kurulu olan ivme kayıtçısından alınan artçı deprem kayıtlarında 13 Eylül 1999 tarihli 5.8 magnitudlü depremin kaydında 600 cm/s² 'lik ivme değeri görülmektedir. Bu değer bütün artçı deprem kayıtlarında ve 17 Ağustos 1999 depreminden sonra alınan en büyük ivme değeridir.

GÖYNÜK:

G O Y N Ü K				
40.396 N - 30.782 E				
TABAKA	Vp (m/s)	Vs (m/s)	KALINLIK (m)	ZEMİN DURUMU
1	416	256	0.8	KUMTASI VE SISTLI MARN
2	1000	500	-	
3	-	-	-	

Göynük, Bolu'nun 80 km güneybatısında yer alır. İlçenin kurulduğu zemin kalın kumtaşı tabakaları ve şistli marnlardan oluşmuştur. Birim, konglomera ara tabakalıdır. Binaların bir çoğunun temeli kaya üzerine oturmaktadır.

Göynük Devlet Hastanesi bahçesinde yapılan sismik çalışma sonucunda enine dalga hızı 256 m/s ve boyuna dalga hızı 416 m/s olan iyi derecelenmiş 0.5-2 m arasında değişen kalınlıktaki dolgu zeminin altında, boyuna dalga hızı 1000 m/s ve enine dalga hızı 500 m/s olan ayrılmış kumtaşı birimi bulunmaktadır. Kumtaşında süreksizlik düzlemleri mevcut olup basamaklı bir yapı sunmaktadır. Bu basamaklı yapı ve binanın farklı kalınlıktaki stabilize malzeme üzerinde bulunması nedeniyle 17 Ağustos depreminde ana binaya sonradan eklenmiş iki katlı kagir yığma binanın ana binadan farklı ötelenmeye maruz kaldığı ve birleşim yerinden ayrılarak şakülünün bozulduğu görülmüştür. Ana bina ve ek bina kagir yığma yapıda ve iki katlı olup binanın periyodu 0.38 s ve zeminin periyodu 0.2 s.dir. Bu durum binanın deprem etkisini artırıcı bir rol oynadığını göstermektedir. Binanın periyodunun zeminin periyodundan büyük olmasının nedeni yaklaşık 2 m.lik dolgu zemin üzerinde bulunması ve depremden sonra kalıcı deformasyona uğrayarak binanın periyodunun uzamış olmasıdır.

BAHÇECİK:

B A H Ç E C İ K				
40.711 N - 29.907 E				
TABAKA	Vp (m/s)	Vs (m/s)	KALINLIK (m)	ZEMİN DURUMU
1	153	90	1.2	KUMLU – ÇAKILLI TOPRAK
2	615	250	-	
3	-	-	-	

İzmit'e 15 km uzaklıkta bulunan Bahçecik'in zemini volkanik kayalardan oluşmuştur. Bu volkanik kayaların üzerinde yamaç molozu ve toprak yer almaktadır.

Bahçecik Seymen Kışlasında yapılan çalışmada 1.2 m kalınlığındaki bitkisel toprağın boyuna dalga hızı 153 m/s, enine dalga hızı 90 m/s dir. Bitkisel toprağın altında yer alan birimin poisson oranı 0.4 dür. Bu oran bu birimin oldukça gevşek ve gözenekli olduğunu göstermektedir. Bu birimin boyuna dalga hızı 615 m/s ve enine dalga hızı 250 m/s olup kumlu ve çakıllı bir seviye olduğunu göstermektedir. Ana kayaya ulaşılamamıştır.

Bahçecik de yapılan mikrotremor çalışmasında zemin hakim periyodu 0.23-0.33 arasında değişmektedir.

MUDURNU:

M U D U R N U				
40.468 N - 31.210 E				
TABAKA	V _p (m/s)	V _s (m/s)	KALINLIK (m)	ZEMİN DURUMU
1	425	-	1.4	Marn,killi kum ,Konglemera
2	993	-	4.0	
3	1407	-	7.5	
4	1998	-	-	

Mudurnu, Bolu'nun 52 km güney batısında, güneyden kuzeye doğru akan Mudurnu deresinin vadisinde ve yamaçlarında kurulmuştur. Vadinin yamaçları Üst Kreteze yaşlı kumtaşı, marn ve konglomeradan oluşmuştur. Üstte mağmatik kayalar bulunmaktadır. Kuzey yamaçları ise marnlardan oluşmaktadır.

Mudurnu çayı boyunca ve kuzeyde uzanan ovada, kalın bir çakıl, kum ve kil örtüsü (alüvyon) yer alır.

Mudurnu Orman İşletme Müdürlüğü'ne ait sahada mikrotremordan elde edilen zemin hakim periyodu 0.4 sn'dir. Bu da oldukça kalın alüvyonlu bir yapıyı göstermektedir.

Yapılan çalışma sonucunda zeminin , 1.5 m kalınlıktaki bitkisel toprağın altında 4 m kalınlığında killi marnlı bir tabaka, altında 7.5 m kalınlığında bozunmaya uğramış suya doymuş kumlu killi bir tabaka ve enaltta ise konglemeralar bulunmaktadır. Bu formasyon içinde yer yer kum ve kil cepleri de mevcut olabilir. En altta ise daha masif yapıları fakat birtakım süreksizlik düzlemleri içeren sert konglomeraların olduğu düşünülmektedir.

Elde edilen sismik kayıtlarda görülen bir takım düzensizlikler düşündürücüdür. Bu düzensizlikler yatay yönde düşey tabakalanmalardan kaynaklanabileceği gibi kum ve kil cepleri gibi düşük hız zonu olarak tanımlanan yapılardan ya da basamaklı bir faylanmadan da kaynaklanabilir.

Bölgede yapılan sismik zemin etüdünü tamamlamak ve depremde hasar gören mühendislik yapılarının hakim periyodu ile zeminin hakim periyotlarını karşılaştırmak amacıyla mikrotremor çalışmasıyla zemin hakim periyotları

bulunmuştur. Bunlar aşağıdaki çizelge'de bazı illerdeki maksimum ivme değeri ile birlikte verilmiştir.

İstasyon Adı	İstasyon Koordinatı		To (sn)	Ana Şoktaki ivme (mG)
	N	E		
Gölyaka	40.779	31.003	0.33	264
Ereğli	40.704	29.673	0.4	
Akyazı	40.671	30.623	0.31	
Hendek	40.796	30.735	0.27	264
Gebze	40.782	29.416	0.32	
Sapanca	40.689	30.256	0.36	
Bahçecik	40.711	29.907	0.23	479
Düzce	40.844	31.149	0.34	
Yalova	40.659	29.279	0.31	407
Adapazarı	40.756	30.389	0.33	
Tepetarla	40.721	30.078	0.34	
Seka (İzmit)	40.765	29.894	0.25	
Derince (İzmit)	40.775	29.812	0.25	
İstanbul	41.058	29.013	0.38	60.7
İzmit	40.437	29.691	0.36	123
İzmit	40.79	29.96	0.27	224
Göynük	40.385	30.734	0.15	137
Bursa	40.183	29.131	0.37	54
M.Ereğlisi	40.98	27.79	0.7	101
Çekmece	40.97	28.7	0.45	118

Kayıtlardan da görüldüğü gibi en büyük ivme değeri Düzce istasyonunda alınmıştır. Düzce'de elde edilen ivme değeri 479.9 g dir. Düzce, deprem episanırlara uzak mesafede olmasına karşın zemininin özellikleri sebebiyle en büyük ivme değeri burada alınmıştır. Tektonik bir çökme havzası olan Düzce'de, alüvyon zeminde yer alan Meteoroloji Müdürlüğü binasında kurulu olan cihaz, zemin etkisiyle diğer merkezlerden daha büyük ivme değeri kaydetmiş ve bu bölgedeki binalar kendi ağırlıklarının %48 i kadar bir kuvvete maruz kalmıştır. Adapazarı ve Kocaeli'de kurulu olan cihazlar kayalık zeminde olup bu sebeple kaydettikleri ivme değerleri de düşük olmuştur.

Depremden önce Adapazarı Sakarya Bayındırlık ve İskan Müdürlüğü'nde kurulu olan ivme kayıtçısı 17.08.1999 depreminde max. 407 g ivme değeri kaydetmiştir. Bu cihazın bulunduğu zemin kayalıktır ve depremde de az hasar görmüştür. Depremden hemen sonra Sakarya Orman İşletme Müdürlüğü'ne ivme kayıtçısı bir cihaz kurulmuştur. Bu cihazın kurulduğu zemin akarsu çökellerinden oluşmaktadır. Bu iki cihaz aynı depremleri kaydetmişlerdir. Her ikisinin de kaydettiği depremlerden birkaçının ivme değerleri incelendiğinde Orman İşletme Müdürlüğü'nde kurulu olan cihazın kaydettiği max. ivme değerinin Bayındırlık ve İskan Müdürlüğü'nde kurulu olan cihazdan fazla olduğu açıkça görülmektedir.

Tarih	Saat	İvme Değerleri (Bay.Müd.)			İvme Değer. (Orman İşl.)		
		L	T	V	L	T	V
04.09.1999	10.30.39	1.8	2.9	2.9	9.4	7.9	8.0
04.09.1999	11.49.24	3.9	6.0	2.6	10.5	10.1	7.0
05.09.1999	10.59.11	1.0	2.0	1.0	10.0	7.7	5.2

Yine bu konuda çarpıcı bir örnek İstanbul kayıtlarında görülmektedir. İstanbul'da Besiktaş'da Bayındırlık ve İskan Müdürlüğü'nde ve Çekmece'de Nükleer Santral Binasında kurulu olan iki cihaz mevcuttur. Bu cihazlarda 17.08.1999 depreminde kaydedilen ivme değerleri farklıdır. Çekmece'deki cihaz alüvyon zemine kurulu olduğundan kaydettiği ivme değeri daha fazla olmuştur. Her iki cihazın kaydettiği ivme değerleri aşağıda verilmektedir:

	İvme değerleri (g)		
	L	T	V
Çekmece	118	89	49
Besiktas	60	42	36

Ayrıca İstanbul'da meydana gelen can kayıplarının tamamına yakınının Çekmece'ye çok yakın olan ve alüvyon zeminde kurulu olan Avcılar, Sefaköy gibi merkezlerde olması da bu gerçeği göstermektedir.

Sonuçlar

Deprem bu kadar fazla can kaybına yol açmasında en önemli faktör zemindir. Suya doymun, yer altı su seviyesinin yüksek olduğu, alüvyon zemine sahip Adapazarı, Gölcük, Yalova ve İzmit'in büyük kesiminde çok büyük hasar meydana gelmiştir. Ancak Adapazarı ve Kocaeli'nin kayalık kesimlerinde kurulu bulunan binalarda hasarın çok az olması yanlış yerleşim yeri seçimlerinin olduğunu ve deprem üzerindeki zemin büyütmesinin etkisini açıkça göstermektedir.

Deprem hasarının ağır diğer önemli etken binalardaki yapıım hatalarıdır. Bu bölgelerdeki binaların deprem şartnamesine uymadığı, hatta bazı binalarda kolonların yer kazanmak amacıyla kesildiği görülmüştür. Ayrıca birinci derece deprem bölgesinde olan ve alüvyon bir zemine sahip olan bu bölgede kat sayılarının olması gerekenden fazla olduğu gözlenmiştir. Kat sayısı az olan binalarda yıkılma oranının diğerlerine göre az olduğu görülmüştür.

Bu depremde meydana gelen jeolojik olaylardan birisi de sıvılaşmadır. Özellikle Adapazarı şehir merkezinde yaygın olarak izlenen sıvılaşma sebebiyle bir çok bina yan yatmış, yıkılmış, kaldırılmalarda yükselmeler meydana gelmiştir. Hasarın ve can kaybının artmasında sıvılaşmanın çok önemli etkisi olmuştur.

Binaların görmüş olduğu hasarla zeminin ve binanın hakim titreşim periyotları arasında bir ilişki bulunmaktadır. Yıkılan binalara bakıldığında genellikle beş ve üzeri katlı binalardan oluştuğu ve bu binaların yapıldığı zeminlerin periyotlarının 0.4 - 1 sn arasında değiştığı görülmektedir. Bir mühendislik yapısının kat başına yaklaşık 0.1 sn periyot düştüğü kabul edilebilir. Genellikle beş katlı bir binanın başlangıç periyodu ise 0.3 sn kabul edilir. Ayrıca bina periyodunun başlangıçta farklı, büyük genliklerde farklı olduğu düşünülürse, yumuşak bir zeminde normal bir binanın bile pilastik deformasyon yaptığı taktirde büyütmenin artacağı ve fazla hasar göreceği kesindir.

Bu binanın oturduğu zeminin hakim periyodunun da 0.4 sn olduğunu varsayılırsa; bu şartlarda oluşacak bir depremde bina ile zeminin rezonansa girmesi beklenmez. Fakat depremin magnitudü büyüdükçe, depremin tekrarlı yükleri nedeniyle zemindeki deformasyona bağlı olarak zemin hakim periyodunda da büyüme oluşur. Büyüme aralığı zemine, depremin büyüklüğüne ve süresine göre değişebilir. Dolayısıyla binanın periyodu zemin periyodunun değişim aralığında kalabilir ve bu durumda bina zeminle rezonansa girebilir. Bu da binalardaki hasarı açıklamaktadır.

Yumuşak zeminlerde, elastik sınır içinde kalınması düşünülürse; yüksek frekanslı bina yapmak, ancak büyütmenin plastik defermasyon sonucu artacağı da düşünülerek yatay yük katsayısını arttıracak şekilde projelendirmek uygun olacaktır.

17 AĞUSTOS 1999 İZMİT KÖRFEZİ DEPREMİ:

SIVILAŞMA-ZEMİN YENİLMESİ-HEYELAN

Ramazan DEMİRTAŞ
Deprem Araştırma Dairesi

Bu bölümde, yüzey kırıkları ile sık sık karıştırılabilen depremin ikincil etkilerinden sıvılaşma, heyelan ve zemin yenilmeleri konusunda ayrıntılı bilgiler verilecektir. Örneğin 27 Haziran 1998 Ceyhan-Misis depreminde yüzeyde kırık gelişmemiş, buna karşılıklı sıvılaşmanın bir tipini oluşturan yanal yayılmalar sonucu sıvılaşmalı kademeli kırıklar oluşmuştur (Demirtaş 1998). Bu tür sıvılaşma-türü kırıklar yüzey kırıkları ile karıştırılmıştır.

Sıvılaşma

Yüzeye yakın kum tabakalarında kum tanecikleri arasındaki boşluklara ani bir sismik kuvvet uygulandığı zaman, tanecikler arasındaki denge bozulur ve kum ile su birlikte yüzeye doğru hareket ederek zemin yüzeyinden çıkmaya başlar. Bu olaya sıvılaşma adı verilir. Sıvılaşma, genellikle suya doymun gevşek kumlu zeminlerde ve sonradan kurutulmuş ve ıslah edilmiş göl, akarsu ve deniz kenarlarında oluşur. Sıvılaşma sonucu kum ve su birlikte hareket ederek zemin sıvı gibi davranmaya başlar. Böylelikle üzerinde bulunan binalarda yana yatmalar ve devrilmeler gelişir. Ayrıca kanalizasyon, içme, doğal gaz ve iletişim gibi alt yapı sistemlerinin hasar görmesine neden olabilir. Bu tür olaylar, 1964 Nigata (Japonya) 1989 Loma Prieta (Kaliforniya), 1995 Kobe (Japonya) ve 1999 İzmit Körfezi (özellikle Adapazarı kent merkezi) depremlerinde çok belirgin olarak görülmüştür.

Sıvılaşma Tipleri

- 1-Kum fışkırması
 - 2- Kum daykları ve siller
 - 3- Yanal yayılmalar
- gibi üç farklı tipte gelişebilir.

Kum fışkırmaları, kratercikler ve bacalı-kum volkanları şeklinde görülür. Sıvılaşmış kum yüzeye doğru baca şeklinde çıkarken yüzey malzemesini (genellikle toprak seviyesini) bir yana hareket ettirir ve zemin yüzeyinde kratercik şeklinde çukurluklar oluşturur. Baca açıldıktan sonra zemin yüzeyinde 1-3 m çapta ve 1-2 m derinlikte çukurlar gelişebilir. Örneğin 27 Haziran 1998 Ceyhan-Misis depreminde Abdioğlu köyü civarında 2 m derinlikte ve 4 m çapında büyük kum kraterleri oluşmuştur.

Kum volkanları ya da **kum konileri**, kum fişkırmalarının en yaygın tipini oluştururlar. Kum konilerinin yükseklikleri, 10-30 cm, 15-60 cm çapında ve derinlikleri birkaç on cm olabilir.

Yanal yayılımlar, genellikle bölgesel boyutta çok düşük yamaçlarda sivilaşmış bir tabakanın üzerinde yamaç aşağı hareket eden dilimler şeklinde gelişen kütle hareketleridir. Serbest bir yüzeye doğru dilimler şeklinde gelişen yanal yayılımlar, metreler boyutuna eriştiği zaman, topuk boyunca ters kesmeler ve çökmeler gelişir. Dar ve açık yarıklar şeklindeki yanal yayılımlar, özellikle dere ve taraça kenarları boyunca yaygın olarak gözlenir. Örneğin 27 Haziran 1998 Ceyhan-Misis depreminde Ceyhan nehri kenarları boyunca gelişmiş yarıklar, sivilaşma sonucu gelişmiş yanal yayılmalar sonucu oluşmuşlardır. Benzer yanal yayılımlar, 17 Ağustos 1999 depreminde Sapanca gölü güney kenarlarında, Değirmendere, Gölcük ve İzmit Körfezi boyunca oldukça yaygın olarak gözlenmiştir.

Dayk ve siller: Bazı durumlarda sivilaşma yüzeye kadar erişemez ve yüzeyin birkaç metre aşağısında dayk ve sil şeklinde gelişebilir. Bu durumda yüzeyde herhangi bir kum fişkırması olmazken, alttaki düşey ve/veya yatay yöndeki yayılma sonucu yüzeyde farklı oturmalar gelişebilir. Bu tür sivilaşma türü yarıklar, 17 Ağustos 1999 depremi sonucu eski göl ve akarsu yatakları üzerinde kurulmuş Akyazı, Adapazarı ve Gölyaka gibi ovalık bölgelerde yaygın olarak görülmüştür.

Deprem Adapazarı kent merkezinde kum kaynaması şeklinde zemin sivilaşmalarına neden olmuştur. Sivilaşma sonucu merkezdeki Kavaklı Caddesi boyunca kaldırımlar 1-2 m yükselirken binaların zemin katları zemin içerisine gömülmüşlerdir. Bazı binalar da ise yan yatmalar ve devrilmeler olmuştur. Sapanca gölü güney kenarında birkaç metre yüzeye çıkan kum fişkırmaları olmuş ve zemin tamamen sivilaşmıştır. Sivilaşmaya bağlı olarak Sapanca oteli ve Olympia restaurant binalarının kıyıdaki bölümleri ve kafeterya bölümleri su içerisinde kalmıştır. Ayrıca, Düzce, Akyazı ve Gölyaka'da da küçük ölçekte benzer zemin sivilaşmaları olmuştur.

Zemin yenilmesi ve heyelanlar

Adapazarı kent merkezi başta olmak üzere, Sapanca gölü güneyi, Düzce, Akyazı ve Gölyaka, eski göl ve akarsu yatakları üzerinde suya doygun gevşek zeminler üzerine kurulmuştur. Bundan dolayı bu tür zeminlerde deprem hareketi birkaç kat büyütülmüş ve hasarlar zemin koşullarından kaynaklanmıştır.

Ayrıca, gevşek ve kalın dolgu zemin üzerinde yer alan Arifiye TEM otoyolu ve tren raylarında zemin yenilmeleri ve sivilaşmadan kaynaklanan büyük ölçekli oturmalar, çökmeler ve kaymalar meydana gelmiştir. Bu tür zemin yenilmeleri, yüzey faylanmaları ile karıştırılmamalıdır. Otoyoldaki kabarmalar ve raylardaki bükülmelerin olduğu keşimin 100 GB'sında doğrultu atımlı faylara özgü sağ kademeli kırıklar gelişmiş ve yatay atım miktarı 5 cm civarında ölçülmüştür. Burası (Arifiye), deprem yüzey kırığının doğu ucunu temsil etmektedir. Bu

bölüm deprem merkezinden 40-50 km uzaklıkta bulunmakta olup, ayrıca gerek Arifiye gerekse Sapanca ilçelerinde herhangi bir bina çökmemiştir. Yalnızca zemin sıvılaşmasından dolayı bazı binalarda yan yatmalar ve üst geçitte çökme olmuştur. Üst geçitteki çökme 1995 Kobe depremindeki express yoluna benzer zemin sıvılaşmasından dolayı gerçekleşmiştir.

İzmit, Gölcük, Değirmendere, Yalova ve Çınarcıkta çöken depreme dayanıklı yapı şartnamesine göre yapılmayan binaların büyük bir çoğunluğu sahile paralel eski alüvyon yatağı ve üzeri doldurulmuş, denizden kazanılmış dolgu zeminler üzerinde bulunmaktadır. Bu tür sonradan ıslah edilmiş zeminler, deprem hareketine karşı son derece zayıf zeminleri oluştururlar. Benzer hasar 1989 Loma Prieta depreminde kurutulmuş bataklık alan üzerine kurulmuş Mariana bölgesinde gözlenmiştir. Ayrıca 1995 Kobe depreminde bu tür zeminlerde benzer hasar olmuştur. Dolayısıyla İzmit Körfezi sahili boyunca deniz-dolgu zeminlerde binalar tamamen çökerken, hemen sahilden uzak kayalık zeminlerde hiç bir hasar oluşmamıştır. Benzer olarak Adapazarı kent merkezinin dışında, yüksek kayalık zeminlerde kurulmuş kenar semtlerde hiç bir binada yıkılmalar olmamıştır.

Avcılar (İstanbul) bölgesinde çöken binalar da kıyı şeridi boyunca dolgu zemin ve heyelanlı alanlarda yer almıştır.

Deprem Düzce ve Gölyaka civarında çok sayıda heyelanın hareket etmesine ve yamacın kaymasına neden olmuştur. Heyelan ve yamaç kayma yüzeylerinin derinde olması nedeniyle yüzeyde büyük ölçekte yarılmalar ve kırılmalar gelişmiştir. Bundan dolayı doğuya bakan yamaçlarda kuzey tarafın kayması, sanki doğrultu atımlı faylanma sonucu sağ-yanal kayma olmuş gibi yanlış bir izlenim vermektedir. Bu nedenle bu tür heyelan-kırıklarının, gerçek yüzey faylanmaları ile kesinlikle karıştırmamalıdır. Ayrıca, yırtılmanın şeklini ve uzunluğunu yaklaşık olarak gösteren artçı-deprem dağılımına bakıldığında, kırığın Kuzey Anadolu Fayının Arifiye-Yalova arasında uzanan 100 km'lik bölümünde yoğunlaştığı açıkça görülmektedir.

Deprem, Akyazı, Adapazarı, Düzce ve Gölyaka'da çok sayıda zemin oturma ve yenilmesi sonucu gelişmiş yüzey kırılmalarına neden olmuştur. Bu tür kırılmaların da faylanma ile herhangi bir ilişkisi bulunmamaktadır.

Niçin bir depremde yumuşak zemin üzerinde bulunan binalarda ağır hasar/yıkılmalar oluşmaktadır ? Depremin odak noktasında (hiposantr) faylanma sonucu sert kayalar kırılarak yırtılma başlar ve sismik dalgalar yayılmaya başlar. Sismik dalgalar yeryüzüne yaklaştığı zaman, gevşek ve suya doygun zeminlerde absorbe edilerek oldukça karışık kırılma ve yansımalara uğrarlar. Sismik dalgaların hareketleri, yeryüzüne yakın tabakaların bileşimi ve fiziksel özelliklerine bağlı olarak değişir. Genellikle yeryüzüne yakın tabakalar ne kadar yumuşak ve kalın olursa, sismik hareketler de o kadar büyük ve hareket süresi daha fazla olur. Bu nedenle deprem merkezi ve kırılmış faydan uzakta bulunan Adapazarı, Düzce, Akyazı ve Gölyaka gibi düzlük alanlarda kurulan kentler, gevşek ve suya doygun genç çökeller üzerinde kuruldukları için,

bu tür zeminlerde hareketler birkaç kat büyütülmüş ve ağır hasar olmuştur. Benzer olarak 1989 Loma Prieta depremi merkezinden 100 km uzaklıkta bulunan sonradan kurutulmuş ve ıslah edilmiş Marina bölgesinde (San Fransisko) oldukça ağır hasar olmuştur. Bu bölge oldukça kalın yumuşak körfez çamurlarının üzerine kurulmuştur. Bu nedenle deprem hasarları özellikle kalın ve suya doygun yumuşak zeminlerde yoğunlaşmaktadır.

Hasar dağılımında zemin koşullarının yanında topoğrafik faktörlerde önemli rol oynamaktadır. Aynı zemin yapısına sahip tepelerde bulunan yerleşim yerleri, düzlük alanlara göre daha şiddetli sarsılırlar. Bu tepeler, aynen yüksek katlı binalar gibi davranış gösterirler. Dolayısıyla tepelerin salınım periyodları daha büyüktür. Topoğrafik faktörlerden kaynaklanan hasarlar 1998 Ceyhan-Misis ve 1995 Kobe depremlerinde açık olarak gözlenmiştir. Diğer taraftan havza tabanı topoğrafyası da hasarların farklı farklı olmasına neden olmaktadır. Çünkü bu tür süreksizlik yüzeylerinde dalgalar farklı yansıma, kırılma ve karışmalar göstermektedir. 17 Ağustos 1999 depreminde Akyazı, Düzce, Gölyaka ve Adapazarı ovalarındaki hasarların bir kısmı da havza tabanı topoğrafyasından kaynaklanmıştır.

Diğer taraftan, depremde enerji faya dik alanlara göre, faylanma yüzeyi boyunca daha fazla açığa çıkar ve yırtılma boyunca bulunan yerleşim yerlerinde diğer üç faktörlere bağlı olarak hasar daha fazla olabilmektedir. Dolayısıyla bu etki, dalganın yayılma yönü ile ilgilidir. Buna karşıt, eğer zemin sert kayalardan oluşmuşsa faylanma yakınında olan yapılarda herhangi bir hasar oluşmayabilir. Örneğin 1995 Kobe depreminde Awaji Adası'nda 1.5 m'lik sağ yanal atımın geliştiği faylanmanın 1 metre yakınındaki evde hiç bir hasar olmamıştır. Sadece fayı enine kesen bahçe çiti 1.5 m ötelenmiştir. Benzer olarak 1995 Dinar deprem kırığı yakınında bulunan Kızılköy, Yakacık ve Yapağılı köylerinde çok hafif hasarlar oluşmuştur.

Ayrıca deprem sonucu yer-içindeki bazı süreksizlik yüzeyleri ve yeryüzü boyunca uzun periyodlu yüzey dalgaları yayılır ve merkezden çok uzak yumuşak düzlük alanlarda kurulmuş yerleşim yerlerinde ağır hasara neden olurlar. Örneğin 1999 İzmit Körfezi depreminde Eskişehir'de oluşan hasarın, depremin uzun periyod etkisinden kaynaklandığı tahmin edilmektedir.



Adapazarı'nda sivilaşma nedeni ile taşıma gücünü yitirmiş zeminde yan yatan ve devrilen yapılar



ADAPAZARI'NDA SIVILAŞMA NEDENİ İLE TAŞIMA GÜCÜNÜ YİTİRMİŞ ZEMİNDE YAN YATAN VE DEVRİLEN YAPILAR



ADAPAZARI'NDA SIVILAŞMA NEDENİYLE TAŞIMA GÜCÜNÜ YİTİRMİŞ ZEMİNDE YATAN VE DEVRİLEN YAPILAR



ADAPAZARI'NDA SIVILAŞMA NEDENİYLE TAŞIMA GÜCÜNÜ YİTİRMİŞ ZEMİNDE OTURAN YANINDAKİ ZEMİNİ YUKAR İTEN YAPILAR



Adapazarı'nda sivilaşma nedeniyle zemin katları gömülmüş yapılar.



Adapazarı'nda sivilaşma nedeniyle zemin katları gömülmüş yapılar.



İzmit'güneydoğusunda sivilaşma nedeniyle yan yatmış yapılar



İzmit'güneydoğusunda sivilaşma nedeniyle yan yatmış yapılar.



Sapanca Gölü güneyinde yanal yayılmalar nedeniyle göl içine kaymış yapı (Sapanca Oteli).



Sapanca Gölü güneyinde yanal yayılmalar nedeniyle göl içine kaymış yapı (Sapanca Oteli).



Başiskele'de (Gölcük) zemin yenilmeleri.



Sapancü Gölü güneyinde kum kaynamaları ve yanıl yayılmalar.



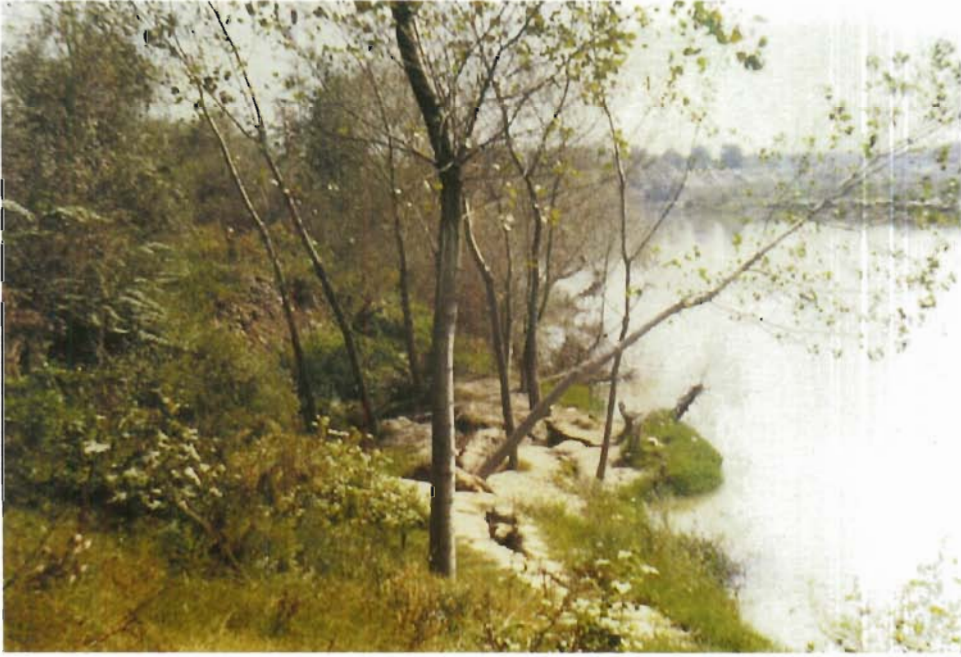
Kum volkanları (Akyazı).



Kum fıskırmaları (Sapanca Gölü güneyi-Sapanca Oteli bahçesi).



Kum fışkirmaları (Sapanca Gölü güneyi-Sapanca Oteli bahçesi).



Sakarya nehri kıyısında yamaç yenilmesi (Toyotasa doğusu)



Arifiye üst-geçidi yakınlarında otoyolda farklı zemen oturmaları



Faylanma ve farklı zemin oturmaları sonucunda çökmüş üst-geçit (Arifiye).



İzmit Altmışevler'de temel için açılmış bir yarma (killi zemin).

17 AĞUSTOS 1999 İZMİT KÖRFEZİ DEPREMİ:

TSUNAMİ

Ramazan DEMİRTAŞ
Deprem Araştırma Dairesi

Bu bölümde, tsunami nasıl, nerede oluşabilir ve 17 Ağustos 1999 depreminde tsunami oluştu mu oluşmadı mı ? sorularına cevaplar sunulmaktadır.

Tsunami nasıl oluşabilir ?

Okyanus kıyıları boyunca, dev deniz dalgaları kıyıları doğru akın eder ve kıyı kuşağındaki yerleşim yerlerinde önemli hasara ve can kayıplarına neden olur. Bu tür dalgaların sarsıntıdan ziyade yıkıcı etkileri vardır. Bu dalgalara, gel-git dalgaları ile karıştırmamak için **tsunami** adı verilmiştir.

Bir depremin tsunami oluşturabilmesi için;

- 1- Düşey yönlü bir hareketin (normal ya da ters fay)
- 2- Deprem hiposantrının (iç-merkezi) deniz içerisinde olması
- 3- Deniz altında çok büyük boyutlu bir heyelanın oluşması
- 4- Deniz içinde volkanik adalardaki patlamalar gibi farklı tip doğal olayların oluşması gerekir.

Açık denizde tsunami dalgalarının hızı saatte 700 km'yi geçer ve uzunlukları olağan okyanus dalgalarını gölgede bırakır. Dalganın iki zirvesi arasındaki uzaklık 100 km'yi aşabilir. Ancak, açık denizde dalga genlikleri 1 m'den daha küçük olduğu için, dalgalar gemiler tarafından farkedilemeyebilir. Tsunami dalgaları sığ derinliklere eriştiklerinde hızları aniden azalır. Buna karşın, dalga yüksekliği kat kat artar ve bazen 25 m yüksekliğe kadar ulaşabilir.

En çarpıcı tsunami dalgaları Pasifik Okyanusu kıyısında yer alan ülkelerde, özellikle de Japonya'da görülmektedir. Hasar yapıcı tsunami dalgaları, Kuzey Amerika'nın kuzeybatı kıyısı boyunca uzanan Hawaii Adaları'nın Hilo bölgesinde ve özellikle 1964 Alaska depreminden sonra belirgin olarak görülmüştür.

6 Nisan 1946 depreminin etkisiyle oluşan tsunami dalgalarının Aleut Adaları'nda önemli sayılabilecek hasar yapmasından sonra, Pasifik Okyanusu kıyısındaki ülkeler arasında ortaklaşa çalışmalar yürütülmüş, ve tsunami tehlikesini belirlemek için **Tsunami Erken Uyarı Sistemi** geliştirilmiştir. Bölgedeki sismograflar büyük bir depremin olduğunu saptadıklarında, yerini belirleyip, Hawaii'deki merkezi arayarak muhtemel tsunami oluşumu hakkında uyarır. Tektonik levhaların okyanus kenarları boyunca oluşan depremlerin tümü dikkate değer ölçüde tsunami oluşturmayabilir. Tsunami dalgasının üretilmesi için

okyanus tabanında fay boyunca düşey hareketin olması gerekir. Bu hareketler, özellikle yitim zonları boyunca gözlenir.

Deprem sonucu göl ve büyük su rezervuarlarında istinat duvarlarının çökmesi veya büyük boyutta heyelanların oluşması sonucunda, akarsu akış-aşağı yörelerde yaşayan insanlar ve rıhtım, baraj ve kanalizasyon sistemleri için ciddi riskler söz konusudur. 9 Temmuz 1958 tarihinde Lituya Körfezi'nde (Alaska) 7 manyitüdü bir deprem olduğunda, körfez içinde büyük bir heyelanı tetiklemiş ve 60 m yüksekliğinde su dalgaları meydana getirmiştir. Bu dalgalar, kayıkları, 25 m yükseklikteki ağaçların üzerine taşımış ve dalga hızı, kıyı boyunca bulunan bitki örtüsünü yolacak ölçüde olmuştur.

Seiche

" **Seiche** " adı verilen su yüzeyindeki salınımlar, zeminin sarsılması sonucu oluşur. Bu olay, tabakadaki suyun ileri-geri hareket ettirilmesi sonucu taşmasına benzetilebilir. Çok büyük manyitüdü depremlerin oldukça uzak mesafelerde bu türden seiche olaylarına neden oldukları bilinmektedir. Örneğin 1755 Lizbon depremi, Hollanda, İsviçre, İskoçya ve İsveç gibi çok uzak ülkelerdeki göl ve su kanallarında gözle görülür salınımlara üretmiştir.

17 Ağustos 1999 depremi

17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi depremi herhangi bir tsunami oluşturması mümkün değildir. Çünkü bu depremin yüzey faylanması sırf doğrultu-atımlı faylanma (yatay yönlü hareket) şeklinde gerçekleşmiştir. Deprem hiposantrının Gölcük yakınında olması ve en büyük enerjinin buradan çıkması, fayın İzmit Körfezi güney sahiline yakın uzanması, yani yırtılmanın burada başlaması ve güneydeki sahilin eski alüvyon ve dolgu zeminden oluşması nedeniyle sahil boyunca bir çökme gerçekleşmiştir. Bu çökme, İzmit sahilini vuran 1 m yüksekliğe erişen deniz dalgalarının oluşmasına neden olmuştur. Bu oluşan dalgalar tsunami olarak nitelendirilemez. Eğer bu deprem tsunami dalgası oluşturmuş olsaydı, depremden birkaç dakika-birkaç saat sonra İstanbul, Tekirdağ, Bandırma, Kapıdağ ve Marmara adasında da tsunami dalgaları ve etkilerinin sahil boyunca olması gerekirdi. Örneğin, Hokkaido GB'sından 70 km uzaklıkta Japon Denizi içinde, 12 Temmuz 1993 Hokkaido-Nansei-Oki (Japonya) depremi ($M_s=7.8$) oldukça yıkıcı sonuçlar doğuran tsunamiye neden olmuştur. Depremin odak derinliği 34 km denizin altında yer almış ve tsunami sonucu Japon denizinde 270 kayık batmıştır. Tsunami, Hokkaido ve Okushiri adasını oldukça fazla etkilemiş ve 200 kişinin ölmesine ve 690 evin haritadan silinmesine neden olmuştur. Burada dalgalar 5-10 metreye bazı yerlerde 30 m yüksekliğe erişmiştir. Erken Tsunami Uyarı Sistemi depremden beş dakika sonra devreye girmiş, ancak deprem merkezinden yalnızca 20 km uzakta bulunan ve oldukça hızlı ilerleyen dalgalar nedeniyle bu adada yaşayan insanların yükseklere çıkacak kadar zamanları olmamıştır.

17 AĞUSTOS 1999 İZMİT KÖRFEZİ DEPREMİ:

GAZ / SU ÇIKIŞI

Ramazan DEMİRTAŞ
Deprem Araştırma Dairesi

Bu bölümde, deprem öncesi, sırası ve sonrasında gelişen gaz ve su çıkışları konusunda kısa bir bilgi verilecektir.

Gaz ve su çıkışları

Depremle birlikte kabukta bazı değişimler olur. Bu değişimler deprem öncesi ve sonrasında da gözlenilebilir. Deprem öncesi sürekli biriken gerilmeler sonucu bölgesel ölçekte kabukta yamulmalar ve mikro-ölçekte çatlaklar oluşur. Bu değişimler, ancak hassas tiltmetre, strainmetre ve ekstansometre gibi aletlerle ölçülür. Deprem öncesi radon gibi gazlarda artışlar başlar ve deprem sırasında en yüksek değere ulaşır ve deprem sonrasında azalmaya başlar. Ayrıca yeraltı su seviyesinde ve kayaçların öz-dirençlerinde değişimler olur. Bu nedenle deprem sonrası fay boyunca bazı kaynaklarda kurumalar, bazı yeni kaynaklar çıkabilir. Faylanma ile birlikte sürtünme sonucu fay düzlemi boyunca yer alan kayaçlarda metamorfizma olayları gözlenir. Deprem sonucu fay boyunca gaz çıkışları devam edebilir. Örneğin bu depremde Başiskele-Rahmiye köyü arasında gelişen yüzey kırığı boyunca otlarda sararma ve çürümeler olmuştur.

1999 İzmit Körfezi depreminde lav çıkışı kesinlikle mümkün değildir. Lav çıkışı olabilmesi için fayın, kalınlığı 100 km olan Litosfer (taşküre) olarak adlandırılan katı kısmı tamamen kesmesi gerekir. Bu depremin odak derinliği 15-20 km civarındadır. Diğer taraftan Kuzey Anadolu Fayı'nda (KAF) olan depremlerin hiç birinde lav çıkışı olmamıştır ve olması sözkonusu değildir. Çünkü şimdiye kadar KAF'da olan depremlerin odak derinliği ortalama 10 km olarak saptanmıştır.

17 AĞUSTOS 1999 İZMİT KÖRFEZİ DEPREMİ:

YANGIN

Ramazan DEMİRTAŞ
Deprem Araştırma Dairesi

Bu bölümde, depremin ikincil etkilerinden olan ve birçok can ve mak kaybına neden olan yangınlar konusunda çok kısa bir bilgi aktarılacaktır.

Yangın

Can kaybı ve deprem hasarının fazla olmasında deprem oluşum zamanı önemli rol oynamaktadır. Deprem, kışın olduğu zaman yangın tehditi ile karşı karşıya kalınmaktadır. Deprem, özellikle nüfus yoğunluğu fazla olan ve binaları doğal gaz sistemleri ile ısıtılan metropol ya da büyük kentlerde kışın olduğu zaman; ya da sobalarla ısıtılan küçük yerleşim alanlarında binaların çökmesi sonucu yangınlar çıkmakta ve can kayıpları büyük olmaktadır. Diğer yandan Kobe, San Fransisko gibi sivilaşmaya elverişli gevşek ve suya doymun zeminler üstünde bulunan kentlerde olduğu gibi, zemin sivilaşması sonucu doğal gaz boruları kırılmakta ve parçalanmakta ve yangınlara neden olmaktadır. Örneğin 17 Ocak 1995 Kobe depreminde (Ms=7.3) 6.400 kişi hayatını yitirmiş ve binlerce bina ağır hasar görmüştür. 3.000 kişi deprem sonucu çıkan yangında ölmüşlerdir. Evler, ahşap yapılı ve doğal gaz ısıtmalı olduğundan dolayı, doğal gaz boruları zemin sivilaşması sonucu kırılmış ve yangınlara neden olmuştur. Benzer şekilde, gevşek ve suya doymun sonradan ıslah edilmiş bir zemin üzerinde bulunan Marina bölgesinde sivilaşma sonucu yangınlar olmuştur.

17 Ağustos 1999 depreminde çıkan tek yangın TÜPRAŞ Gaz Dolun Tesislerinde olmuştur. Bu tesislerde İzmit Körfezi'nin kuzey kıyısında sonradan doldurulmuş dolgu bir zemin üzerinde bulunması ve zeminin deprem sırasında farklı davranışı bu yangının çıkmasına neden olmuştur. Yangın bir hafta devam etmiş ve Türk ve yabancı özel yangın söndürücü helikopterle havadan su ve köpük püskürtülerek söndürülebilmştir.

Ayrıca, deprem hasarının en fazla olduğu ve zeminin tamamen sıvı gibi davrandığı Adapazarı kent merkezinde doğal gaz sistemine henüz geçilmediği için herhangi bir yangın meydana gelmemiştir.



TÜPRAŞ Gaz Dolum Tesisleri yangını.

17 AĞUSTOS 1999 İZMİT KÖRFEZİ DEPREMİ:

EŞ-ŞİDDET HARİTASI

Bülent ÖZMEN
Deprem Araştırma Dairesi

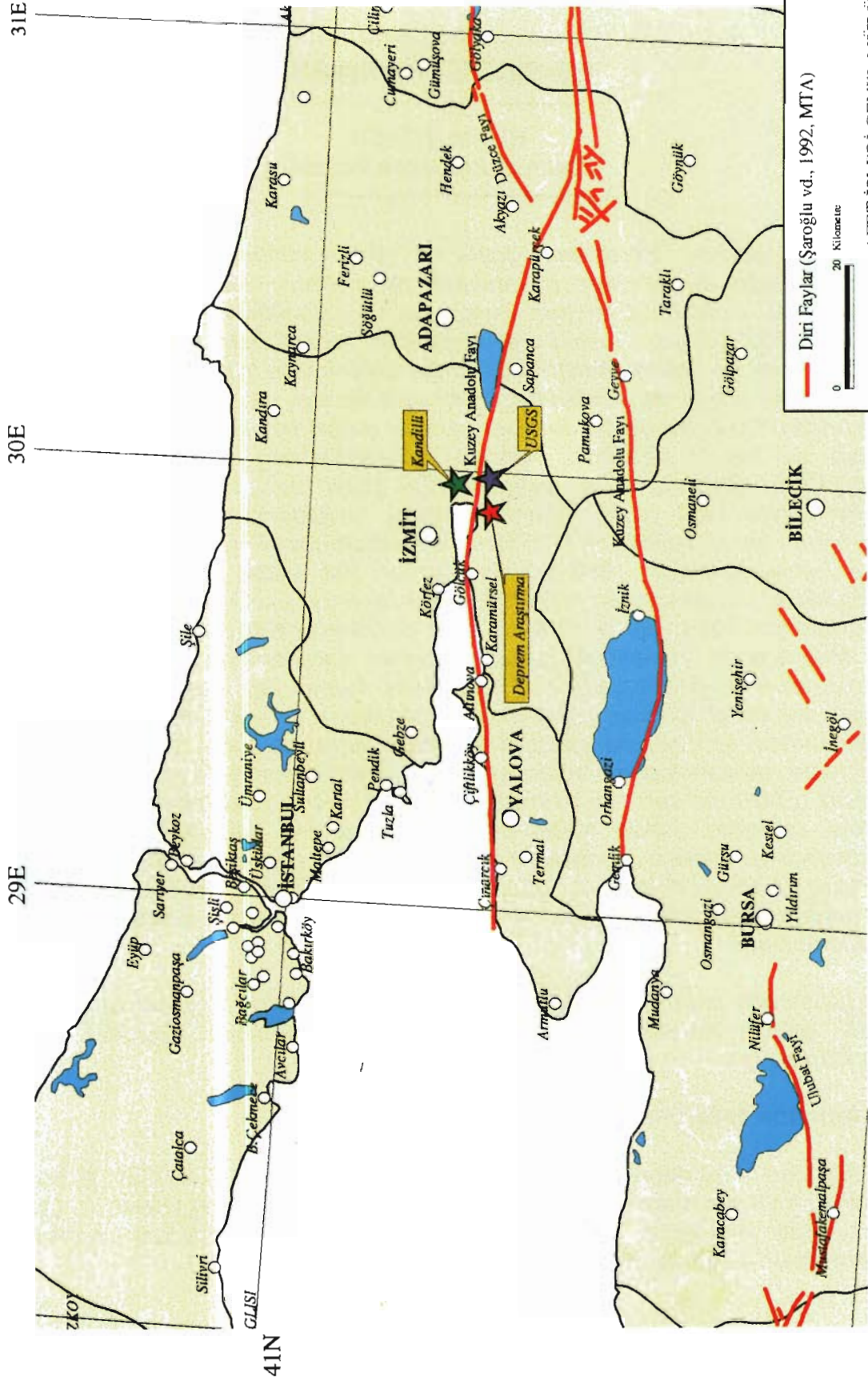
Deprem şiddeti, depremlerin gözlenen etkileri sonucunda ve uzun yılların vermiş olduğu deneyimlere dayanılarak hazırlanmış olan Şiddet Cetvellerine göre belirlenmektedir. Dünyada yaygın olarak kullanılmaya başlanan ilk şiddet cetveli 1883 yılında Rossi-Forel tarafından hazırlanan 10 dereceli şiddet cetvelidir ve bu cetvel Rossi-Forel şiddet cetveli diye isimlendirilmiştir. Rossi-Forel cetveli büyük depremleri başarıyla ayırt etmeye izin vermediği için Sieberg tarafından 1912 yılında 12 dereceli yeni bir şiddet cetveli hazırlanmıştır. Daha sonra bu cetvel üzerinde Mercalli-Cancani-Sieberg tarafından bazı ufak değişiklikler yapılmış ve bu cetvele MCS şiddet cetveli adı verilmiştir. MCS şiddet cetveli 1931 yılında Amerika Birleşik Devletlerinde Wood ve Neumann tarafından revize edilmiş ve Değiştirilmiş Mercalli cetveli veya kısaca MM cetveli diye isimlendirilmiştir. 1956 yılında Richter MM şiddet cetvelinde bazı ufak değişiklikler yaparak ve adını MM56 şiddet cetveli koyarak yeni bir şiddet cetveli hazırlamıştır. 1964 yılında ise Medvedev-Sponhever-Karnik(MSK); MCS, MM56 ve Medvedev'in Rusyadaki çalışmalarından yararlanarak 12 dereceli MSK şiddet cetvelini hazırlamışlardır. 1988 yılında Avrupa Sismoloji Komisyonu MSK şiddet cetvelinde önemli değişiklikler yapılmasına ve yeni bir şiddet cetvelinin hazırlanması için gerekli çalışmaların başlatılmasına karar vermiştir. Değişik tarihlerde yapılan toplantılardan ve çalışmalardan sonra Avrupa Makrosismik Cetveli (EMS) nin son hali hazırlanarak 1998 yılında yayınlanmıştır. Bir önemli şiddet cetvelide Japon Meteorolojik Ajans (JMA) cetvelidir. Bu cetvel 7 derecelidir ve sadece Japonya'da kullanılmaktadır. Şiddet cetvellerinde şiddetin derecesi Romen rakamı ile gösterilmektedir. Önceden hazırlanmış olan bu cetveller şiddetin insanlar, yapılar ve arazi üzerinde meydana getireceği etkileri belirlemektedir.

Bu çalışmada arazi gözlemleri, hasar tespitleri ve ivme kayıtları baz alınarak MSK şiddet cetveline göre İzmit Körfezi depreminin eşşiddet haritası hazırlanmıştır.

17 Ağustos 1999 Depremi

17 Ağustos 1999 depreminin (Md=6.7, Mw=7.4) dışmerkezi 40.70K, 29.91D ve derinliği 15.9 km olarak belirlenmiştir (Baran vd. bu raporda) (Şekil 1). Çizelge 1, değişik kurumlar tarafından hesaplanmış İzmit Körfezi depreminin parametrelerini göstermektedir.

İZMİT DEPREMİ



Şekil 1. 17 Ağustos 1999 depremin değişik kurumlarca verilmiş dış merkez yerleri.

Çizelge 1. 17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi depreminin değişik kurumlarca hesaplanmış parametreleri.

KURUM	Tarih	Enlem	Boylam	Derinlik	Mw	Md
Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi	17/08/1999 00:01:39.07(GMT)	40.70N	29.91E	15.9	7.4	6.7
Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi	17/08/1999 03:01:37.6(TS)	40.76N	29.97	18		7.4
USGS	17/08/1999 01:39.80(GMT)	40.702	29.987	17	7.4	

Depremden etkilenen illerin il merkezlerinin depremin merkez üssüne uzaklıkları İzmit 12 km, Adapazarı 39km, Yalova 59 km, Bilecik 61 km, İstanbul 85 km, Bursa 94 km, Eskişehir 113 km, Bolu 142 km, Zonguldak 180 km ve Tekirdağ 210 km olarak hesaplanmıştır.

Depremden İstanbul, Kocaeli, Sakarya, Bolu, Bursa, Zonguldak, Eskişehir ve Yalova şehirleri önemli derecede etkilenmiştir. Depremin Türkiye'nin önemli sanayi merkezlerinin bulunduğu, şehirleşme ve nüfus yoğunluğunun fazla olduğu bir bölgede oluşması can ve mal kaybının çok olmasına neden olmuştur. En fazla can ve mal kaybı Kocaeli, Sakarya ve Yalova illerinde meydana gelmiştir.

Depremden etkilenen illerin 1997 nüfus sayımına göre nüfusları çizelge 2'de gösterilmiştir.

Çizelge 2. Depremden etkilenmiş illerin nüfus durumları

İLADI	TOPLAM NÜFUS	ŞEHİR NÜFUSU	%	KÖY NÜFUSU	%	Yüzölçümü (km2)	Nüfus Yoğunluğu
BİLECİK	192060	116004	60	76056	40	4302	45
BOLU	553022	265052	48	287970	52	10887	51
BURSA *	1958529	1484838	76	473691	24	10422	188
ESKİŞEHİR	660843	518643	78	142200	22	13841	48
İSTANBUL	9198809	8506026	92	692783	8	5196	1770
KOCAELİ	1177379	629333	53	548046	47	3612	326
SAKARYA	731800	331431	45	400369	55	4838	151
TEKİRDAĞ	567396	358878	63	208518	37	6313	90
YALOVA	163916	110106	67	53810	33	848	193
ZONGULDAK	612722	239186	39	373536	61	3304	185
TOPLAM	15816476	12559497		3256979		64365	

Bu çizelgeden de görüldüğü gibi depremden yaklaşık onaltı milyon kişi çeşitli

oranlarda etkilenmiştir. Bu hemen hemen Türkiye nüfusunun dörtte birine eşittir. Deprem bölgesinde yaşayan insanların büyük bir çoğunluğu % 80'i şehir merkezlerinde geriye kalan % 20'si de köylerde yaşamaktadır. Kısaca, depremin 64.365 km² alanı etkilediği söylenebilir.

En fazla ölü sayısı Kocaeli ve Sakarya illerinde olmuştur. Çizelge 3, Başbakanlık kriz merkezinden alınan 07.09.1999 tarih ve saat 15.30 itibariyle ölü ve yaralı sayılarını göstermektedir.

Çizelge 3. 07.09.1999 tarihi itibariyle ölü ve yaralı sayıları.

İL ADI	ÖLÜ SAYISI	YARALI SAYISI
KOCAELİ	8511	9213
SAKARYA	2627	5084
YALOVA	2495	4472
İSTANBUL	976	3547
BOLU	264	1163
BURSA	263	348
ESKİŞEHİR	86	95
ZONGULDAK	3	26
TEKİRDAĞ		35
TOPLAM	15225	23983

Bursa * ilinde ölen kişilerin 253'ü yaralı olarak diğer bölgelerden gelmiş ve tedavi olurken ölmüştür. Bir başka deyişle, Bursa ilinde deprem nedeniyle ölen kişi sayısı 10 dur.

Depremden etkilenen illerin Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasına göre hangi dereceli deprem bölgesine düştüğü ve ne kadar alan kapladığı çizelge 4'de gösterilmiştir (Özmen vd., 1997).

Bayındırlık ve İskan Bakanlığı tarafından 1996 yılında yayınlanan deprem bölgeleri haritasına göre yer ivmesinin 0.40 g veya daha büyük olacağı bölgeler I.derece deprem bölgesi olarak belirlenmiştir. Depremden en çok etkilenen Kocaeli, Yalova ve Sakarya il sınırları içindeki bölgenin hemen hemen tamamı I. Derece deprem bölgesindedir. İl adlarının yanındaki parentez içindeki rakamlar o il merkezinin hangi dereceli deprem bölgesinde bulunduğunu göstermektedir.

Çizelge 4. Depremden etkilenmiş illerin deprem bölgeleri haritasındaki deprem durumları

DEPREM BÖLGELERİ (Km ²)				
İL ADI	I. Derece	II. Derece	III. Derece	IV. Derece
BİLECİK(1)	1767	2542	0	0
BOLU(1)	10453	457	0	0
BURSA(1)	8011	2884	0	0
ESKİŞEHİR(2)	0	6264	6014	1646
İSTANBUL(1)	965	2193	1630	565
KOCAELİ(1)	3255	376	0	0
SAKARYA(1)	4738	141	0	0
TEKİRDAĞ(2)	1172	1723	2190	1246
YALOVA(1)	828	0	0	0
ZONGULDAK(2)	1877	1428	0	0
TOPLAM	33066	18008	9834	3457

Tahmini Eşşiddet Haritası

Tahmini Eşşiddet haritası aşağıdaki formüller kullanılarak çizilmiştir (Şekil 2). Bu formüller Türk-Japon Ortak projesi kapsamında Orta Karadeniz bölgesinde yürütülen Deprem Zararlarının Azaltılması projesi için geliştirilmiştir (Shigeyuki Okada, Toshiba Company 1997). Aşağıda bu formüller kullanılarak M: 7.4 için elipsin büyük ve küçük eksen uzunlukları hesaplanmıştır.

MSK X için

$$\text{Küçük eksen uzunluğu} = 10^{0.58 \cdot M - 3.75} \text{ (km)} = 3 \text{ km}$$

$$\text{Uzun eksen uzunluğu} = e^{2.91 \cdot M - 17.37} \text{ (km)} = 64 \text{ km}$$

MSK IX için

$$\text{Küçük eksen uzunluğu} = 10^{0.49 \cdot M - 2.77} \text{ (km)} = 7 \text{ km}$$

$$\text{Uzun eksen uzunluğu} = e^{2.44 \cdot M - 13.43} \text{ (km)} = 102 \text{ km}$$

MSK VIII için

$$\text{Küçük eksen uzunluğu} = 10^{0.41 \cdot M - 1.85} \text{ (km)} = 15 \text{ km}$$

$$\text{Uzun eksen uzunluğu} = e^{2.20 \cdot M - 11.32} \text{ (km)} = 143 \text{ km}$$

MSK VII için

$$\text{Küçük eksen uzunluğu} = 10^{0.34 \cdot M - 1.03} \text{ (km)} = 31 \text{ km}$$

$$\text{Uzun eksen uzunluğu} = e^{1.95 \cdot M - 9.20} \text{ (km)} = 187 \text{ km}$$

MSK VI için

$$\text{Küçük eksen uzunluğu} = 10^{0.28 \cdot M - 0.28} \text{ (km)} = 62 \text{ km}$$

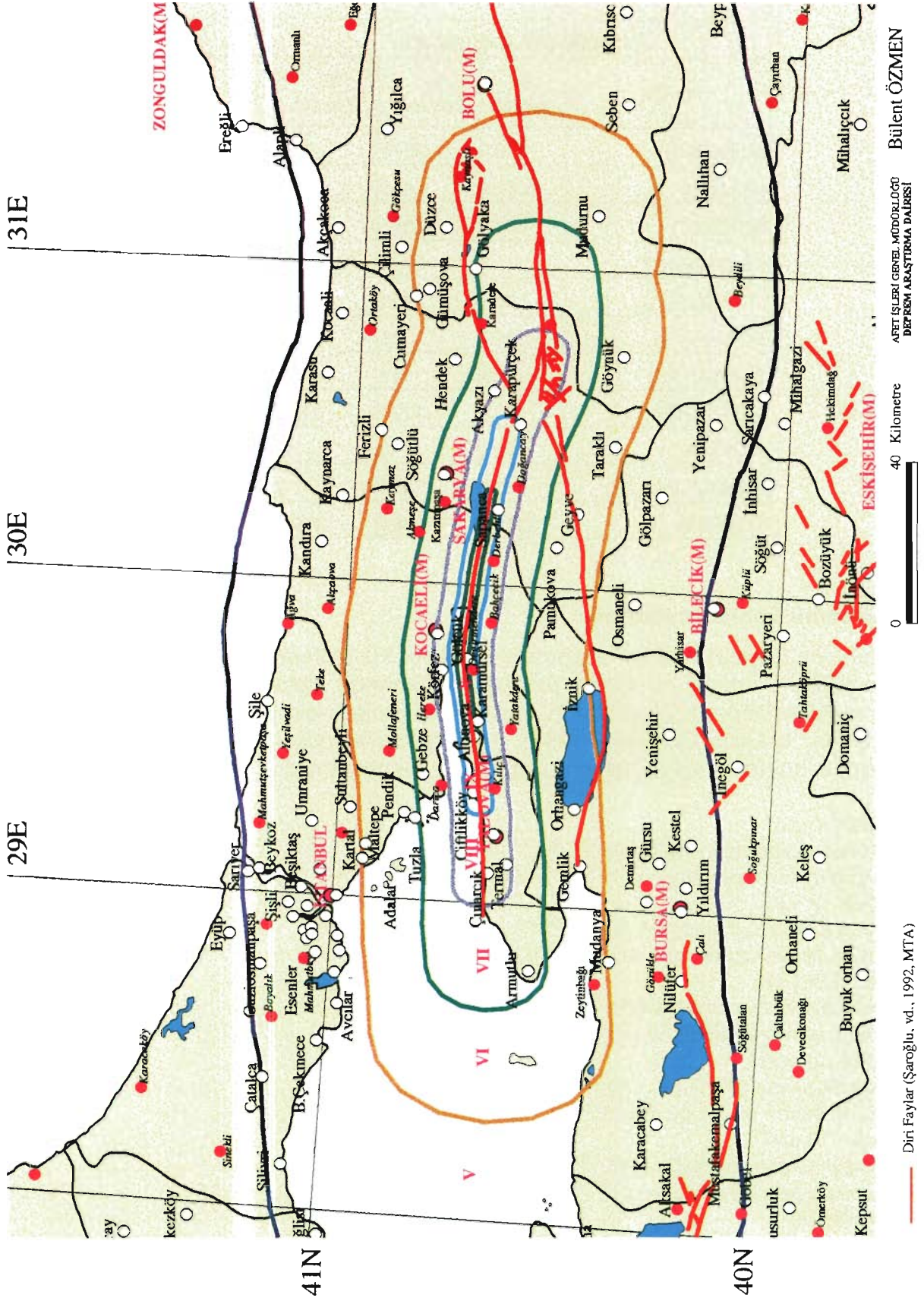
$$\text{Uzun eksen uzunluğu} = e^{1.96 \cdot M - 9.10} \text{ (km)} = 222 \text{ km}$$

MSK V için

$$\text{Küçük eksen uzunluğu} = 10^{0.24 \cdot M + 0.31} \text{ (km)} = 122 \text{ km}$$

$$\text{Uzun eksen uzunluğu} = e^{1.73 \cdot M - 7.04} \text{ (km)} = 318 \text{ km}$$

TAHMINİ EŞŞİDDET HARİTASI



Şekil 2. Tahmini eşşiddet haritası.

Uzun ve kısa eksenler hesaplandıktan sonra Coğrafi Bilgi Sistemi ile kırılan fay boyunca, her şiddet için hesaplanan değerler kullanılarak eşşiddet eğrileri çizilmiş ve tahmini eşşiddet haritası elde edilmiştir.

Eşşiddet Haritası

Bir depremin şiddeti; onun yapılar, doğa ve insanlar üzerindeki etkilerine bağlı olarak belirlenir. Bu etki, depremin büyüklüğü, odak derinliği, uzaklığı, yapıların depreme karşı gösterdiği dayanıklılık, yerel zemin yapısı ve jeolojiye bağlı olarak değişir.

Bu çalışmada İzmit depreminin eşşiddet haritası arazi gözlemleri, hasar tespitleri ve ivme kayıtları baz alınarak MSK *** şiddet cetveline göre hazırlanmıştır (Şekil 3). Aynı şiddet eğrisi içerisinde kalan yerleşmelerde farklı hasar dağılımlarına rastlanması, yerleşmelerde yer alan yapı tiplerinin nitelik ve niceliklerinden kaynaklanmaktadır.

17/08/1999 tarihinde meydana gelen İzmit depreminden 11.807.738 kişi VI şiddetinde, 1.521.558 kişi VII şiddetinde, 666.936 kişi VIII şiddetinde, 676.122 kişi IX şiddetinde ve 419.699 kişi X şiddetinde etkilenmiştir. Aşağıda ne kadar sayıda insan ve konutun hangi şiddette etkilendiği ve bu şiddetin kaç km² alanda etkili olduğu çizelge 5'de gösterilmiştir.

Çizelge 5. Değişik şiddetlerden etkilenmiş insan ve konut sayılarının durumları.

ŞİDDET	Yüzölçümü (km2)	Nüfus(1997)	Konut Sayısı
VI	35200	11807738	2762044
VII	7955	1521558	355920
VIII	4396	666936	156008
IX	1216	676122	158157
X	294	419699	98175
Toplam	49061	15090056	3530304

Çizelgede konut sayıları, Devlet İstatistik Enstitüsü verileri kullanılarak depremden etkilenen illerin hanehalkı büyüklüklerinin ortalamasının nüfus sayısına bölünmesi ile elde edilmiştir.

Çizelge 6 depremden değişik şiddetlerde etkilenen konutların kaç tanesinin ve yüzde kaçının Ağır, Orta ve Hafif hasara uğradığı gösterilmiştir. Çizelge 7'den de açıkça görüldüğü gibi X şiddetinde etkilenen konutların %33'ü, IX şiddetinde etkilenen konutların %16'sı, VIII şiddetinde etkilenen konutların %2.82'si, VII şiddetinde etkilenen konutların %0.91'i ve VI şiddetinde etkilenen konutların %0.04'ü ağır hasara uğramıştır.

*** MSK şiddet cetveli'nin açıklaması (Tabban ve Gencoğlu 1975)

Çizelge 7. Farklı derecelerde etkilenmiş konut sayılarının yüzdeleri.

ŞİDDET	AĞIR	%	ORTA	%	AZ	%
VI	1111	0.04	6023	0.22	6496	0.24
VII	3241	0.91	9514	2.67	9232	2.59
VIII	4398	2.82	6883	4.41	8289	5.31
IX	24824	15.70	28726	18.16	35977	22.75
X	32458	33.06	15009	15.29	18786	19.14
TOPLAM	66032		66155		78780	

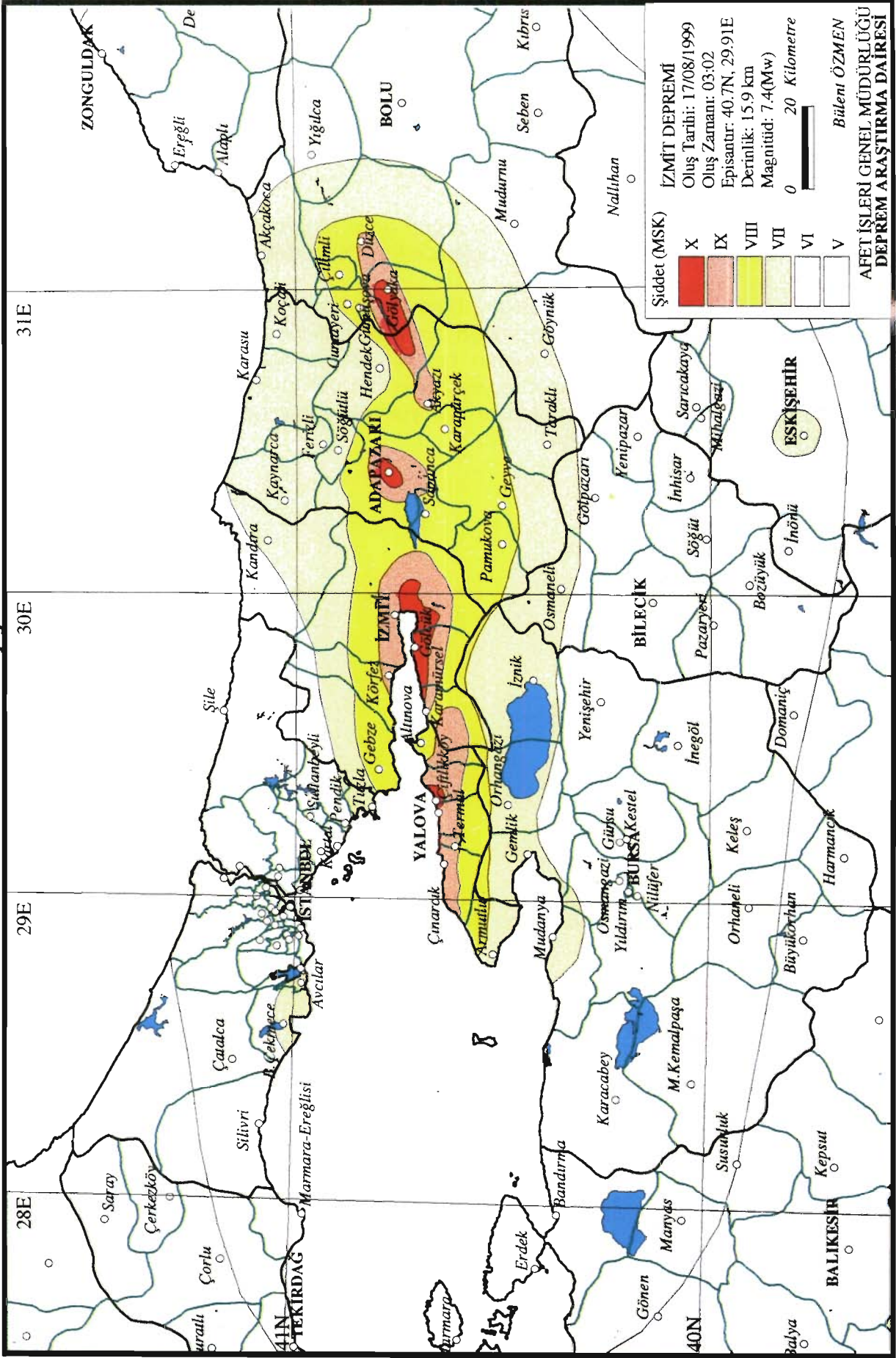
Çizelge 8, eşşiddet haritası içine düşen kuvvetli yer hareketi istasyonlarının koordinatları ve İzmit depremi kayıtları gösterilmiştir (Çolakoğlu vd. bu raporda).

Çizelge 8. Eşşiddet haritasının farklı bölümlerinde yer alan ivme kayıt istasyonlarına ait bilgiler.

Şiddet	Bulunduğu Yer	Enlem	Boylam	N-S (mG)	E-W (mG)	Düşey (mG)
VI	Bursa Sivil Savunma Müd.	40.184	29.131	54.32	45.81	25.73
VI	Ereğli Kaymakamlık Binası	40.980	27.790	90.36	101.36	56.98
VI	İstanbul Bay. Isk. Müd.	41.080	29.090	60.67	42.66	36.22
VI	Tekirdağ Bay. Isk. Müd.	40.979	27.515	32.17	33.45	10.16
VII	Çekmece Nükleer Santrali	40.970	28.700	118.03	89.61	49.80
VII	Göynük Devlet Hastanesi	40.396	30.783	137.69	117.90	129.90
VII	İzmit Karayolları Sefliği	40.440	29.750	91.89	123.32	82.31
VIII	Gebze Tübitak Mar. Arş.	40.820	29.440	264.82	141.45	198.49
IX	Düzce Meteoroloji Müd.	40.844	31.149	314.88	373.76	479.94
IX	İzmit Meteoroloji Müd.	40.790	29.960	171.17	224.91	146.39
X	Sakarya Bay. Isk. Müd.	40.737	30.384	0.21	407.04	259.00

VI şiddetinde etkilenen Bursa, Marmara-Ereğlisi, İstanbul ve Tekirdağ ivme kayıt istasyonlarından alınan maksimum yatay ivme değerleri 32 – 101 mG arasında değişmekte, VII şiddetinde etkilenen Çekmece (İstanbul) ve Göynük (Bolu) ivme kayıt istasyonlarından alınan maksimum yatay ivme değerleri 118 – 138 mG arasında değişmekte, VIII şiddetinde etkilenen Gebze ivme kayıt istasyonundan alınan maksimum yatay ivme değeri 265 mG, IX şiddetinde etkilenen Düzce ve İzmit ivme kayıt istasyonlarından alınan maksimum yatay ivme değerleri 225 – 374 mG arasında değişmekte ve X şiddetinde etkilenen Adapazarı ivme kayıt istasyonundan alınan maksimum yatay ivme değeri 407 mG dir.

İZMİT DEPREMİNİN EŞİDDET HARİTASI



Şekil 3. 17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi depreminin eşşiddet haritası.

Sonuçlar

Arazi gözlemleri, hasar tespitleri ve ivme kayıtları baz alınarak çizilen eşşiddet haritasına göre; İzmit depremi Çiftlikköy, Gölcük, Adapazarı ve Gölyaka ilçelerini X şiddetinde etkilemiştir. 420.000 kişinin yaşadığı ve 98.175 konutun bulunduğu bu bölgede konutların % 33'ü ağır hasara, %15'i orta hasara uğramıştır.

İzmit depremi MSK şiddet şiddet cetveline göre hazırlanan eşşiddet haritasına göre onbeşmilyon kişinin yaşadığı bölgede VI – X şiddetinde hissedilmiştir.

1996 yılında Bayındırlık ve İskan Bakanlığı tarafından yayınlanan deprem bölgeleri haritasına göre; depremden en fazla etkilenen Kocaeli, Sakarya ve Yalova il sınırları içindeki bölgenin hemen hemen hepsi I. Derece deprem bölgesindedir. Yani bu bölgelerde yer ivmesinin 0.4 g veya daha büyük olması beklenmektedir. Bölgede kaydedilen en yüksek yatay ivme kaydı 407 mG ile Adapazarından alınan kayıttır.

Ek-1 Msk Şiddet Cetveli ***

Şiddet çizelgelerinin açıklamasından önce, burada kullanılan bazı terimler hakkında bilgiler verilmeye çalışılacaktır.

A Tipi : Kırsal konutlar, kerpiç yapılar, kireç ya da çamur harçlı moloz taş yapılar.

B Tipi : Tuğla yapılar, yarım kargir yapılar, kesme taş yapılar, beton briket ve hafif prefabrike yapılar.

C Tipi : Betonarme yapılar, iyi yapılmış ahşap yapılar.

Şiddet derecelerinin açıklanmasında kullanılan az, çok ve pekçok terimleri ortalama bir değer olarak sırasıyla, %5, %50 ve %75 oranlarını göstermektedir.

Yapılardaki hasar ise beş gruba ayrılmıştır:

Hafif Hasar : İnce siva çatlaklarının meydana gelmesi ve küçük siva parçalarının dökülmesiyle tanımlanır.

Orta Hasar : Duvarlarda küçük çatlakların meydana gelmesi, oldukça büyük siva parçalarının dökülmesi, kiremitlerin kayması, bacalarda çatlakların oluşması ve bazı baca parçalarının aşağıya düşmesiyle tanımlanır.

Ağır Hasar : Duvarlarda büyük çatlakların meydana gelmesi ve bacaların yıkılmasıyla tanımlanır.

Yıkıntı : Duvarların yarılması, binaların bazı kısımlarının yıkılması ve derzlerle ayrılmış kısımlarının bağlantısını kaybetmesiyle tanımlanır.

Fazla Yıkıntı : Yapıların tüm olarak yıkılmasıyla tanımlanır.

Şiddet çizelgelerinin açıklamasında her şiddet derecesi üç bölüme ayrılmıştır.

Bunlardan:

- Bölümünde depremin kişi ve çevre
- Bölümünde depremin her tipteki yapılar
- Bölümünde de depremin arazi üzerindeki etkileri belirtilmiştir.

I – Duyulmayan

- : Titreşimler insanlar tarafından hissedilmeyip, yalnız sismograflarca kaydedilirler.

II – Çok Hafif

- : Sarsıntılar yapıların en üst katlarında, dinlenmekte bulunan az kişi tarafından hissedilir.

III – Hafif

- : Deprem ev içerisinde az kişi, dışarıda ise sadece uygun şartlar altındaki kişiler tarafından hissedilir. Sarsıntı, yoldan geçen hafif bir kamyonetin meydana getirdiği sallantı gibidir. Dikkatli kişiler, üst katlarda daha belirli olan asılmış eşyalardaki hafif sallantıyı izleyebilirler.

IV – Orta Şiddetli

a) : Deprem ev içerisinde çok, dışarıda ise az kişi tarafından hissedilir. Sarsıntı, yoldan geçen ağır yüklü bir kamyonun oluşturduğu sallantı gibidir. Kapı, pencere ve mutfak eşyaları v.s. tıkırdar, döşeme ve duvarlar çatlama sesleri çıkarırlar. Mobilya v.s. titrer, asılı eşyalar biraz sallanır. Ağız açık kaplarda olan sıvılar biraz dökülür. Araç içerisindeki kişiler sarsıntıyı hissetmezler.

V – Şiddetli

a) : Deprem, yapı içerisinde herkes, dışarıda ise çok kişi tarafından hissedilir. Uyumakta olan çok kişi uyanır, az sayıda dışarı kaçan olur. Hayvanlar huysuzlanmaya başlarlar. Yapılar baştan aşağıya titrerler, asılmış eşyalar ve duvarlara asılmış resimler önemli derecede sarsılır. Sarkaçlı saatler durur. Az miktarda sabit olmayan eşyalar yerlerini değiştirebilir ya da devrilebilirler. Açık kapı ve pencereler şiddetle itilip kapanırlar, iyi kilitlememiş kapalı kapılar açılabilir. İyice dolu, ağız açık kaplardaki sıvılar dökülür. Sarsıntı, yapı içersine ağır bir eşyanın düşmesi gibi hissedilir.

b) : A tipi yapılarda hafif hasar olabilir.

c) : Bazen kaynak sularının debisi değişebilir.

VI – Çok Şiddetli

a) : Deprem ev içerisinde ve dışarıda hemen hemen herkes tarafından hissedilir. Ev içerisindeki bir çok kişi korkar ve dışarı kaçarlar, bazı kişiler dengelerini kaybederler. Evcil hayvanlar ağıllarından dışarı kaçarlar. Bazı hallerde tabak, bardak v.s. gibi cam eşyalar kırılabilir, kitaplar raflardan aşağıya düşerler. Ağır mobilyalar yerlerini değiştirirler.

b) : A tipi çok ve B tipi az yapılarda hafif hasar ve A tipi az yapıda orta hasar görülür.

c) : Bazı durumlarda nemli zeminlerde 1 cm. genişliğinde çatlaklar olabilir. Dağlarda rastgele yer kaymaları, pınar sularında ve yeraltı su düzeylerinde değişiklikler görülebilir.

VII – Hasar Yapıcı

a) : Herkes korkar ve dışarı kaçar, pek çok kişi oturdukları yerden kalkmakta güçlük çekerler. Sarsıntı, araç kullanan kişiler tarafından önemli olarak hissedilir.

b) : C tipi çok binada hafif hasar, B tipi çok binada orta hasar, A tipi çok binada ağır hasar, A tipi az binada yıkıntı görülür.

c) : Sular çalkalanır ve bulanır. Kaynak suyu debisi ve yeraltı su düzeyi değişebilir. Bazı durumlarda kaynak suları kesilir ya da kuru kaynaklar yeniden akmaya başlar. Bir kısım kum, çakıl birikintilerinde kaymalar olur. Yollarda heyelan ve çatlama olabilir. Yeraltı boruları ek yerlerinden hasara uğrayabilir. Taş duvarlarda çatlak ve yarıklar oluşur.

VIII – Yıkıcı

a) : Korku ve panik meydana gelir. Araç kullanan kişiler rahatsız olur. Ağaç dalları kırılıp, düşer. En ağır mobilyalar bile hareket eder ya da yer değiştirerek devrilir. Asılı lambalar zarar görür.

b) : C tipi çok yapıda orta hasar, C tipi az yapıda ağır hasar, B tipi çok yapıda ağır hasar, A tipi çok yapıda yıkıntı görülür. Boruların ek yerleri kırılır. Abide ve heykeller hareket eder ya da burkular. Mezar taşları devrilir. Taş duvarlar yıkılır.

c) : Dik şevli yol kenarlarında ve vadi içlerinde küçük yer kaymaları olabilir. Zeminde farklı genişliklerde cm. ölçüsünde çatlaklar oluşabilir. Göl suları bulanır, yeni kaynaklar meydana çıkabilir. Kuru kuyular sulanabilir ve sulu kuyular kuruyabilir. Pek çok durumlarda kaynak sularının akıntıları ve yeraltı su düzeyleri değişir.

IX – Çok Yıkıcı

a) : Genel panik. Mobilyalarda önemli hasarlar olur. Hayvanlar rastgele öte beriye kaçıtır ve bağıtırır.

b) : C tipi çok yapıda ağır hasar, C tipi az yapıda yıkıntı, B tipi çok yapıda yıkıntı, B tipi az yapıda fazla yıkıntı ve A tipi çok yapıda fazla yıkıntı görülür. Heykel ve sütunlar düşer. Bentlerde önemli hasarlar olur. Toprak altındaki borular kırılır. Demiryolu rayları eğrilip, bükülür. Yollar bükülür. Yollar bozulur.

c) : Düzlük yerlerde çokça su, kum ve çamur taşmaları görülür. Zeminde 10 cm. genişliğine dek çatlaklar oluşur. Eğimli yerlerde ve nehir teraslarında bu çatlaklar 10 cm. den daha büyüktür. Bunların dışında, çok sayıda hafif çatlaklar görülür. Kaya düşmeleri, bir çok yer kaymaları ve dağ kaymaları, sularda büyük dalgalanmalar meydana gelebilir. Kuru kuyular yeniden sulanır, sulu olanlar kurur.

X – Ağır Yıkıcı

b) : C tipi çok yapıda yıkıntı, C tipi az yapıda fazla yıkıntı, B tipi çok yapıda fazla yıkıntı, A tipi pek çok yapıda fazla yıkıntı görülür. Baraj, bent ve köprülerde önemli hasarlar olur. Tren yolu rayları eğrilir. Yeraltındaki borular kırılır ya da eğrilir. Asfalt ve parke yollar da kasisler oluşur.

c) : Zeminde birkaç desimetre ölçüsünde çatlaklar oluşabilir. Bazen 1 m. genişliğinde çatlaklarda olabilir. Nehir teraslarında ve dik meyilli yerlerde büyük heyelanlar olur. Büyük kaya düşmeleri meydana gelir. Yeraltı su seviyesi değişir. Kanal, göl ve nehir suları karalar üzerine taşar. Yeni göller oluşabilir.

XI – Çok Ağır Yıkıcı

b) : İyi yapılmış yapılarda, köprülerde, su bentleri, barajlar ve trenyolu raylarında tehlikeli hasarlar olur. Yol ve caddeler kullanılmaz hale gelir. Yeraltındaki borular kırılır.

c) : Yer, yatay ve düşey doğrultudaki hareketler nedeniyle geniş yarıklar ve çatlaklar tarafından önemli biçimde bozulur. Çok sayıda yer kayması ve kaya düşmesi meydana gelir. Kum ve çamur fıskırmaları görülür.

XII – Yok Edici (Manzara değişir)

b) : Pratik olarak toprağın altında ve üstündeki tüm yapılar baştan başa yıkıntıya uğrar.

c) : Yer düzeyi büsbütün değişir. Geniş ölçüdeki çatlak ve yarıklarda, yatay ve düşey hareketlerin yön miktarları izlenebilir. Kaya düşmeleri ve nehir versanlarındaki göçmeler çok geniş bir bölgeyi kaplarlar. Yeni göller ve çağlayanlar oluşur.

*** MSK şiddet cetveli'nin açıklaması (Tabban ve Gencoğlu 1975)

17 AĞUSTOS 1999 İZMİT KÖRFEZİ DEPREMİ:

YAPI HASARI

Nejat BAYÜLKE Akif DOĞAN Cahit KOCAMAN Esat YARAR
Deprem Araştırma Dairesi

7.4 (Mw) büyüklüğündeki 17 Ağustos 1999 depremi çok geniş bir alanda etkili olmuştur. Yapı hasarının başladığı Bolu-Düzce ilçesi ile İstanbul-Avcılar bölgesi arasındaki uzaklık 200 kilometreden fazladır. Bu geniş alanda çok yoğun bir yerleşim bulunduğu için çok sayıda yapı etkilenmiştir. Bölgede genel olarak betonarme yapılar vardır. Bu yapılarda büyük hasar olmuştur. Bölgede prefabrik ve az sayıda çelik çerçeveli taşıyıcı sistemi olan fabrika binaları da vardır. Bu çalışmada yerinde dökme Betonarme, Betonarme Prefabrike ve Çelik Yapılarda gözlenen hasar örnekleri ve nedenleri verilecektir. Bu arada bu yapıların yapılaş biçimleri ve bunların hasar düzeyi üzerindeki etkileri de anlatılacaktır.

Betonarme Yapı Hasarı

Bu depremde gözlenen betonarme yapı hasarı daha önceki yıllarda Erzincan (1992), Dinar (1995) ve Ceyhan-Adana (1998) depremlerinden farklı değildir. Bu deprem çok geniş ve yoğun bir alanı etkilediği için hasarın yaygınlığı ve boyutu büyümüştür. 1992 Erzincan depreminde ilk anda Erzincan kent merkezinde yıkılan yapı sayısı 70 kadar olurken yalnızca Adapazarı kent merkezinden ilk anda yıkılan yapı sayısı birkaç yüz kadardır. Deprem bölgesinde ilk anda yıkılan yapı sayısı 1000'den çoktur. Depremin merkezinden 100km'den daha uzakta olan Avcılar-İstanbul'da 30'dan çok yapı ilk anda yıkılmıştır.

Bu depremde Adapazarı'nda olan sivilaşma olayı ve zemin taşıma gücünün çok düşük olması da yapı hasarının daha büyük olmasında ve çok sayıda yapının yıkımında önemli boyutta etkili olmuştur. Genelde yapılarda fazla maliyetten kaçınılarak gerekli zemin iyileştirmelerinin yapılmamış olması ve uygun temel sistemlerinin seçilmemiş olması nedeniyle de birçok bina yıkılmış veya kullanılamaz hale gelmiştir.

Pek çok betonarme yapının enkaz olmasının nedeni bu yapıların deprem yönetmeliğine göre tasarlanıp inşa edilmemiş olmalarıdır. 17 Ağustos 1999 depreminde betonarme yapılardaki hasarın değerlendirmesinde bu yapıların yapıım koşullarının önemli etkisi vardır.

Deprem Yönetmeliği

Depreme dayanıklı yapı m kuralları tam anlamıyla ilk kez 1975 yönetmeliği ile kapsamıştır. Bu depremde yıkılan yapıların bir bölümü bu tarihten önce projelendirildiğinden her ne kadar o zaman ki deprem yönetmelik ve fen kurallarına göre yapılmış olsalar bile depreme dayanımları kuşkuludur.

1975 tarihli deprem yönetmeliğine göre projesi yapılmış ve fen kurallarına uyularak inşa edilmiş yapılar deprem açısından güvenlidir: 7.5 mağnitüdü deprem de olsa bu yapılar yıkılmayacaktır: Hasar görebilirler ancak can kaybı kesinlikle olmayacaktır.

Projeleri 1975 yönetmeliğine göre yapılmış hiçbir kamu yapısı ve lojman 1992 Erzincan, 1995 Dinar ve 1998 Adana depreminde yıkılmamıştır. 1nci derece deprem bölgelerinde, projesi 1975 deprem yönetmeliğine göre yapılmış kamu yapılarının hepsinde betonarme perde duvarlar vardır: 17 Ağustos 1999'da Sakarya'da yıkılan 6 katlı betonarme apartmanların hiçbirinde perde duvar gözlenmemiştir.

1975 depreme dayanıklı yapı yönetmeliğine göre projesi yapılmış bir yapı bu projeye % 80 uyularak yapılmış olsaydı 17 Ağustos 1999 depreminde kesinlikle bir "enkaz" olmayacaktı.

Beton Dayanımı

Türkiye'de depremde betonarme yapıların hasar görmesi ya da yıkılmasının çok önemli bir nedeni beton dayanımlarının proje dayanımlarının çok altında olmasıdır. 1992 Erzincan depreminde orta hasarlı olduğu için takviye edilen betonarme yapılarda beton dayanımı 60 ile 120 kg/cm² arasındadır. Hesap dayanımı ise 160 kg/cm²'dir. Yani yapıdaki beton dayanımı projedeki dayanımın % 37.5 -% 75'i kadardır. Bu yapılar betonarme yapı olarak nitelenemez. Deprem bölgesindeki betonarme yapılardaki beton dayanımı; genellikle 1992'de Erzincan'da gözlenen durumun aynısıdır.

160 kg/cm² dayanımında beton için yıkanmış elenmiş uygun boyutlara ayrılmış kum,çakıl uygun karışım oranı, su/çimento oranı vb gerekir: bu dayanımda beton ancak bir beton santralında üretilebilir. Yapıların betonu en iyi koşullarda proje dayanımından % 60 daha küçüktür.

İstanbul'da ve genellikle deniz kenarındaki yerleşimlerde deniz kumu ile beton yapmanın belki beton dayanımı üzerinde fazla bir ek etkisi yoktur, beton yine aynı düşük dayanımlı betondur ancak betondaki tuzun betonarmenin arme'si diğer bir deyişle "silahı" olan demir üzerindeki etkisi çok önemlidir.

Betondaki kum ve çakıl içindeki tuz, demirin paslanmasını ve betonarmenin demirsiz kalmasını sağlar. Deniz kumu kadar bir diğer önemli paslanma nedeni

apartmanlarda yakılan kükürlü kömürlerdir. Yıllarca yakılan bu kömürler ve onların küllerinden çıkan kükürt dioksit gazları kalorifer dairelerinin nemli ortamında sülfürik aside dönüşmekte ve zaman içinde kalorifer dairelerindeki kolon donatılarında paslanma olmaktadır. Özellikle 25-30 yıl kadar önce yapılmış betonarme yapıların kalorifer dairelerinin betonarme kolonlarında bu paslanma olayı çok yaygındır. Ayrıca bazı yapılarda, su ve nemli ortamın etkisinde kalan bodrum veya zemin katlardaki kolon ve giriş donatılarında da paslanma olayı yaygın olarak gözlenmektedir. Paslanma ile hacmi genişleyen demir üstündeki beton kabuğu çatlatmakta ve hafif bir sarsıntıda bu beton kabuk dökülerek kanserli demir ortaya çıkmaktadır.

Deprem Hesabının Yapılmamış Olması

Deprem hesabı yapılmamış bir yapının deprem dayanımı çok düşüktür. Yapının taşıyıcı sisteminde kullanılan demir miktarı yanında kolon ve giriş en kesitleri küçüktür ve perde duvar yapılmasına da gerek yoktur. Birde yalnızca düşey yüklere göre hesaplanmış demirlerin eksik konulmuş olması durumu vardır. Birçok inşaatı yapan ve inşaatı anlayan “sözde” usta ve kalfaların yaptıkları yapılarda projedeki demirin sayısını ve çapını azaltmak çok yaygındır.

Burada akla “hem yalnızca düşey yüklere göre hesaplanmış demirleri bile eksik konulmuş hem de beton dayanımları proje beton dayanımının çok altında olan bir yapı neden kendi kendine yıkılmamaktadır?” sorusu gelebilir.

Betonarme yapılar tasarlanırken bir “emniyet payı” uygulanır: 50 ton yük taşıyan betonarme kolon 125-150 ton yük taşıyacak güçte yapılır. Demirin eksik konulması, 18 mm çaplı demir yerine 16mm çaplı demir konulması ya da 8 adet demir yerine 6 adet demir konulması gibi, beton dayanımının proje beton dayanımından % 50 daha düşük olması sonucu kolonun emniyet katsayısı 3.00'den 1.5-1.7'ye inebilir. Bir yapının kendi ağırlığı altında göçmesi ancak emniyet katsayısının 1.1-1.2 kadar azaldığı zaman olacağından eğer yapı inşaatın bitimine yakın ya da hemen sonrasında yıkılmaz ise artık “sağlam” yapı niteliğini kazanmıştır! Ayaktadır ve yıkılmamıştır. Bu durum pek çok inşaatı anlayan sözde usta ve kalfaların sağlam ve dayanıklı yapı yaptıklarına, üstelik de sözde bu işten anlayan mühendislerin gereğinden çok miktarda demir ve çok büyük boyutlu giriş ve kolonlar yaptıklarına inanmalarına neden olur. Konut Kooperatifi yöneticileri de memnundur: Kaba inşaatı “ucuz” a mal eden sözde usta ve kalfalar varken birde mühendislere boşuna ücret ödemekten kurtulmuşlar ve yapının iç donatımı için epeyce de para kazanılmıştır.

Bu durumun yanlışlığı ise ancak bir depremle ortaya çıkmaktadır ve düzeltilmesi için artık çok geçtir.

1 ve 2nci derece deprem bölgelerinde dört ve daha çok katlı yapılarda kesinlikle perde duvarlar bulunmalıdır. Perde duvarlar 20-25 cm genişliğinde içinde iki sıra hasır çelik bulunan ve 2.5-3.00 ve daha uzun düşey taşıyıcılardır. Tuğla dolgu duvarına benzerler ama betondan yapılmış ve içine hasır demir

konulmuştur. Perde duvar ve kolonlu yapılarda depremde gelen yatay kuvvetlerin % 75'den çoğu perde duvar tarafından taşınır, kolonlar genellikle daha az zorlanır. Perde duvarlar yapıların depremdeki yanal salınımlarını kısıtlar.

Betonarme yapıların depremde yıkılmasının en önemli nedeni deprem yönetmeliklerine uyularak bir deprem hesabının yapılmamış olmasıdır.

Betonarme Yapılarda Demirlerin Durumu

Depreme dayanıklı yapının önemli bir diğer koşulu rijit ek yerlerinin mafsallaşarak deprem enerjisi tüketebilecek güçte olmasıdır. Bu amaçla a) Boyuna demirlerin kiriş, kolon ve kolon-kiriş birleşim yeri içinde yeterli boyda uzanıyor olması, b) Bu boyuna demirlerin enine demirlerle (etriyelerle) sık aralıklarla sarılmış olması gerekir. Sık aralıkla konulmuş etriye betonun dayanımını da artırır. Kolonun pas payı da denilen beton kabuğu dökülünce azalan en kesit alanı eğer beton sık aralıklı etriye ile sarılmış ise daha büyük yük taşımaya başlayacağından kolonun güvenliğinden önemli bir kayıp olmaz. Etriyeler betonda olan küçük çatlakların daha da genişlemesini önlerler. Kolon ya da kirişteki betonun parçalanıp dağılmasını önlerler. Ama bunun için 10cm gibi aralıklarla konulmaları gerekir.

“Etriye sıklaştırması” kuralı ilk önce 1968 deprem yönetmeliği ile gündeme gelmiştir. Etriye sıklaştırma kuralları 1975 yönetmeliği ile daha da katılaştırılmıştır. Ancak betonarme yapıların kolon, kiriş ve birleşim yerlerinde etriye sıklaştırması ancak yakın yıllarda yapılmış bazı çok az sayıda yapıda uygulanmıştır. 1968 öncesi yapılarda etriye sıklaştırması yoktur. 1975 sonrası yapılmış betonarme yapıların ise çok azında etriye sıklaştırması vardır.

Bütün Türkiye’de de olduğu gibi deprem bölgesinde ki mevcut betonarme yapılarda kullanılan etriyeler, pratik olarak bütün eleman boyunca 25-30 cm aralıkla konulmuştur. Oysa deprem açısından gereken miktar kabaca kiriş ve kolon ortalarında 20 cm ara ile, eleman uçlarında en az 50-60 cm’lik bir bölgede 10 cm ara ile olmalıdır. Bu etriyeler bütün boyuna demirlere tek tek tel ile bağlanmalıdır. Bazen bu bağlantı yapılmadığı zaman kolonlarda dökülen beton bütün etriyeleri söküp kolonun dibine yığmakta ve kolonda boyuna demirlerde metrelerce aralıkta hiç etriye bulunmamaktadır.

1975 öncesi yapılarda 6 mm çapında etriye kullanılmasına izin verilmekteydi. 1975’den sonra en küçük etriye çapı 8 mm olmuştur. 6 mm etriye 0.69 ton yük taşırken 8 mm’lik etriye 1.2 ton (%70 daha çok) yük taşır. 6 mm’lik etriyenin 25-30 cm ara ile kullanıldığı ve etriye sıklaştırmasının bulunmadığı 1968 ve 1975 öncesi yapılarda deprem açısından pratik olarak etriye yoktur. ABD’nin deprem bölgeleri ile Japonya’da betonarme kolon ve kirişlerde kullanılacak en küçük etriye çapı ise 9.5 mm’dir.

Betonarme yapılardaki etriye sıklaştırma kurallarına pratik olarak uyulmamış olması pek çok yapının depremde yıkılmasının önemli bir nedenidir.

Yalnızca Düşey Yükler İçin Tasarlanmış Yapı

Deprem etkileri dikkate alınmadan yalnızca düşey yükler için yapılmış eski ve yeni yapıların az sayıda kolonları vardır. Kiriş açıklıkları daha uzundur. Kolon boyutları kiriş boyutlarına göre küçüktür. Derin kirişler düşey yükten gelen eğilme etkilerinin tümünü kendileri taşıyor kolonlara yalnızca düşey yük aktarırlar, böyle bir hesap sonucu eğilme etkisi almayan kolonlar çok narin, küçük kesitli olur. Deprem hesabı yapılmamış ise 1nci derece deprem bölgesinde ve perde duvarsız 4-5 katlı bir yapının zemin katında 25 x 40 cm boyutunda bir kolon yeterli olurken deprem hesabı yapıldığı zaman bu kolon 40 x 40 cm ya da daha büyük boyutlu olmak zorundadır. Deprem hesabı kolonların kirişlerden daha çok eğilme momenti taşıyacak güçte olmasını ister, böylece mafsallaşma önce, daha az tehlikeli olan, kirişte olacaktır.

Narin kolonları olan betonarme yapılarda depremde mafsallaşma kolonlarda olur. Yalnızca zemin kat kolonlarında olan mafsallaşma yapının hemen yıkılması için yeterlidir. Oysa depreme dayanıklı yapıda mafsallaşma kiriş uçlarında oluşur. Kiriş ucunda mafsallaşma ile yapının yıkılması için yapının bütün kiriş uçlarının mafsallaşması gerekir.

Yalnızca düşey yükler için tasarlanmış yapıda kolonlar narin ve kirişler daha derindir. Kolonların sayısı "az"dır. Kolonlar arasındaki aralık, teknik deyimi ile kiriş açıklıkları 3.50 metreden büyük ise bu çerçeve, kiriş ve bunu iki ucundan taşıyan iki kolonun oluşturduğu taşıyıcı sistem, yatay yüklere göre zayıf olur, depremde fazla ötelenir. Kolon sayısının çok oluşunun üstünlükleri vardır: her bir kolona gelen düşey yük azalır, uçları mafsallaşarak enerji tüketen kolon sayısı artar, kolon başına gelen deprem yatay yükü ve bu yükün oluşturacağı kolon uç eğilme momentleri daha küçük olur. 200m² kat alanı olan bir binada 20 adet kolon yerine 25 adet kolon olması deprem açısından daha iyidir.

Zemin Katı Esnek Yapılar

17 Ağustos 1999'da Adapazarı'nda yıkılan pek çok yapının zemin katı iş yeridir. Zemin katının "iyi" bir işyeri olması için kolonları ve bölme duvarları az yapılmış, ön cepheye olabildiğince az sayıda kolon konulmuş, zemin kattaki işyerlerinin yüksekliği normal katlardan daha yüksek olup, tavanlardan kiriş sarkmaması için asmolen ya da kirişsiz döşeme yapılmış ve bir tarafında da asma katı yapılmıştır. Asma katı olmayan taraftaki kolonlarda da ara kirişler yapılmamıştır. Adapazarı ve İzmit'te zemin kat dükkanlarının yüksekliği en az 4.50 metredir, 5.50 metre olanları da vardır. Bu zemin katın ara ya da asma katları da vardır. Aynı katta farklı yükseklik ve rijitlikte kolonlar burulmaya da neden olabilir. Özellikle mimarların tasarladıkları bu zemin katlar birer deprem tuzağı olmuştur. Sonuçta zemin katlar çok narinleşmekte ve yatay deprem yükleri altında zemin

katlarda çok büyük ve geri gelişi olmayan salınımlar olmakta kolonlar uçlarından çok kolay mafsallaşmakta ve yapı yıkılmaktadır.

Dükkanlarda ön cephede geniş kolon görülmesinin diye kolonların dar kenarı sokağa paralel, geniş kenarı yola dik olmaktadır. Bu ise zemin katın yola paralel doğrultuda daha zayıf olmasına neden olmakta ve yapı yol doğrultusunda daha çok ötelenmektedir.

Zemin katları işyeri olan yapılarda bazı kolonların çeşitli nedenlerle kaldırıldığı da söylenmektedir. Bu arada zemin katın bu yetersiz kolonlarının içinden üst katların pis su borularının geçtiği de gözlenmiştir.

Sıvılaşma Olayı

Adapazarı'nda yaygın olan sıvılaşma olayı bir tür zeminin taşıma gücünü kaybetmesi olayıdır.

Adapazarında zeminin çok yumuşak olması, yeraltı su düzeyinin çok yüksek oluşu bilinen bir özelliktir. Adapazarında zemin taşıma gerilmesi 0.65-0.75 kg/cm² olarak alınmaktadır, bu miktar 6 katlı bir yapının zemine aktardığı gerilmeye eşittir. Bu nedenle de Adapazarı'nda yapıların temelleri radye olarak yapılmaktadır.

Depremde yapılara gelen düşey yöndeki ivmeler yapıların ağırlığını en az % 25 kadar artırmaktadır. Bunun yanında yapılara yatay yönden gelen ivmeler de yapının bir tarafındaki kolonlarının düşey yüklerini artırırken diğer tarafındaki kolonların düşey yüklerini azaltmaktadır. Sonuçta yapılarda depremden dolayı zemine aktarılan düşey yüklerde % 50'den çok artış olabilmektedir. Bu artış zeminin yapının düşey yükünü taşıyamamasına neden olabilir.

Depremin tekrarlı yer hareketi altında zemin taneciklerinin titreşerek daha yoğun bir konuma girmeleri aralarındaki boşlukların dolmasına ve buradaki suyun basıncının artmasına neden olmaktadır. Artan boşluk suyu basıncı temel düzeyinin üst tarafındaki toprağın etkin basıncını azaltmaktadır. Zeminlerin kayma direnci etkin basıncın bir sürtünme katsayısı ile çarpılarak azaltılması ile hesaplanmaktadır. Etkin basıncın azalması ile de zeminin kayma direnci azalmakta, zemin kayma direnci hiç olmayan "su" niteliğine yaklaşmakta ve bu olay zeminin sıvılaşması olarak nitelenmektedir. Kesme dayanımı azalan zeminin taşıma gücü azalmakta, aynı anda da yapının zemine aktardığı yükler depremden gelen etkilerle de arttığı için yapı ya bütünü ile eşit miktarda oturmakta ya da bir tarafı diğer tarafına göre farklı miktarlarda oturmaktadır. Adapazarı'nda pek çok yapı bu biçimde davranarak az ya da çok miktarda oturmuş, bazen farklı oturmalar çok büyük boyutlarda olmuştur.

Betonarme' nin Depreme Uygun Olmayan Yapı Sistemi Olduğu Görüşü

Bu depremden sonra çok sayıda betonarme yapının yıkılmış olması nedeniyle betonarmenin depreme dayanıklı olmadığı belirtilerek, çelik ve ahşap gibi başka yapı sistemlerinin kullanılması önerilmiştir. Bir yapının yalnızca "betonarme" oluşu deprem hasarını belirlemede yetersizdir. Çünkü Türkiye'de ve Dünyada iki türlü betonarme yapı vardır:

1-Yalnızca kendi ağırlığı ve yapının içindeki insan ve eşyanın yükünü (bunlar düşey yönde etkiyen yüklerdir) taşımak için tasarlanmış yapılar,

2-Hem yukarıda sözü edilen düşey yükleri taşıırken aynı zamanda depremde gelen yatay ve düşey yükleri taşımak için yapılmış yapılar.

Aslında bu ayırım çelik ve ahşap karkas yapılar için de geçerlidir. Çelik ya da ahşap yapı salt malzemesi nedeni ile depreme karşı dayanıklı değildir. Bu tür malzemeli yapılar için de depreme dayanıklılık sağlayan özel ayrıntılar gereklidir. 1994 Northridge-ABD ve 1995 Kobe-Japonya depremlerinde gözlenen çelik yapı hasarlarından sonra bu iki ülkede 100 milyonlarca dolarlık kaynaklar "depreme dayanıklı çelik yapı tasarımı" araştırmalarına ayrılmıştır. 17 Ağustos 1999 depreminde de bölgede az sayıda olan çelik yapılarda da tıpkı ABD ve Japonya'da çelik yapılarda görülen kaynak çatlama, diyagonal eleman burkulması gibi hasarlar olmuştur.

Betonarme Prefabrike Yapı Hasarı

Bu depremde de tek katlı betonarme prefabrike yapı sistemlerinde felaket boyutunda yıkım olmuştur. Yıkım yalnızca yapı ile kalmamış, yıkılan yapıların altında kalan makine, donanım ve üretilmiş mallardaki kayıplar yapı yıkımının bedelinin kat kat üzerinde olmuştur.

Bu depremde yaşanan prefabrike yapı hasarı; 27 Haziran 1998 depreminde Adana ve Ceyhan'da daha küçük boyutta yaşanmış ve bu yapı sisteminin deprem açısından yetersiz olduğu belirtilmiştir.

Bu görüşün haklılığı 17 Ağustos 1999 depremi ile de bir kez daha kanıtlamıştır. O zaman bu tür prefabrike yapılarda oluşan hasarın sistemden değil de uygulamadan kaynaklanan sınırlı olaylar olduğunu düşünenler vardı. Ancak bu depremde olan prefabrike yapı hasarının yaygınlığı karşısında bu hasarın köklü bir sistem kusuru sonucu olduğu kanıtlanmıştır. Bölgede prefabrike betonarme çerçeveli fabrikası yıkılmış sanayiciler bir daha "Betonarme Prefabrike Çerçeveli Yapı" kullanmayacaklarını belirtmektedirler.

Prefabrike Sistemin Genel Özellikleri

Bu prefabrike yapı sistemi tek katlı betonarme çerçevedir. Prefabrike kolonlar alt uçlarından yine prefabrike sandık temellerin içine ankastre olarak girmektedir. Kolonların üst uçlarına "mafsallı" olarak bağlanmış trapez yada başka tür prefabrike kirişler oturmaktadır. Bu çerçeveler yapının uzun yönünde belli aralıklarla tekrarlanmaktadır. Böylece bir üretim holü ya da bir depo oluşmaktadır.

Bu yapı sistemi 1998 tarihinde yürürlüğe girmiş "Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik" de Madde 7.12.1'e göre Mafsallı Çerçeveler Sınıfına girmekte birden çok katlı olarak yapıldıkları takdirde her iki doğrultuda da yatay deprem yüklerinin tamamını taşıyabilen yerinde dökme perde duvarlarının olması gerekmektedir. Ancak tek katlı iseler bu perde duvar koşulu yoktur.

Bu yapı sisteminin R katsayısı ise Yönetmelik Tablo 6.5 madde 2.2'de "Deprem yüklerinin tamamının; kolonları temelde ankastre, üstte mafsallı tek katlı çerçevelerle taşındığı varsayımı ve bu yapıları "sünekliği yüksek düzeyli sistemler" kabulü ile 5 olarak verilmektedir.

Prefabrike Yapı Tipleri

Deprem bölgesinde Bolu-Düzce'den başlayarak Sakarya ve Kocaeli illeri içinde yüzlerce prefabrike sanayi yapısında ağır hasar ve toptan göçme olmuştur. Hasarı ve davranışı gözlenmiş yapıların listesi ekli olarak verilmektedir. Bu liste dışında daha pek çok sayıda depremde değişik düzeylerde etkilenmiş tek katlı betonarme çerçeveli prefabrike yapılar vardır. Bu yapı sistemleri yukarıdaki Yönetmelik tanımına uygun olarak alt uçlarından prefabrike sandık temellere ankastre bağlantılı, üst başlarından kirişlere ise mafsallı olarak bağlantılıdır. Genel olarak bu özellikler uygulamada değişik biçimlerde olmaktadır. Bu farklılık kirişlerin kolonlara bağlantısında gözlenmektedir.

1-Trapez Kirişli Sistemler

Bu sistemde kolonlar sandık temellere ankastre olarak oturmaktadır. Kısa yönde trapez kirişler kolonların üst başındaki gusselere oturmakta, bu gusselerden çıkan iki adet ankraj demiri trapez kiriş ucundaki deliklerden geçmektedir (Şekil 1). Bu ankrajların çevresi harçla doldurulmaktadır. Yapının uzun yönündeki bu trapez kirişlere oturan aşıkların ucundaki deliklerden ise yine trapez kirişlerinden çıkan kısa ankraj demirleri geçmektedir. Bazı sistemlerde ise aşıkların ucundaki 6 mm çapındaki teller ya da demirler trapez kirişte ankrajlı donatılara "sarılmaktadır." Bir başka aşık-trapez kiriş bağlantısında ise trapez ya da "kırık" kirişler üzerinde aşıkların rast geldiği yerlerde içinde plastik boru olan delikler vardır. Aşıkların uçlarındaki deliklerden

geçen uçları 6-7 cm kadar dış açılmış çubuklar bu plastik borulu deliklere vidalanmaktadır. Ucu vida dişli demirin yuva içindeki plastik boruda, çubuklar içeri itilirken ya da vidalanırken, açılacak dişlerle tutulacağı varsayılmaktadır.

2-“Kırık” Çatı Kirişli Sistemier

Bu yapı sisteminde kısa yöndeki “kırık” kirişler kolon uçlarından yaklaşık 1.50-2.00 metre kadar uzanan ve normal bir ankastre betonarme çerçevede düşey yükler altında kiriş momentlerinin yaklaşık “0” olduğu bir yerde kolonlardan uzanan gusselerdeki iki deliğe bulonlarla bağlanmaktadır. Eğer yan yana iki ya da daha çok sayıda çerçeve varsa o zaman bir “orta mesnet” sistemi ya da elemanı kullanılmaktadır. Bu sistemde orta kolonun üstüne Y-biçiminde bir eleman konulmakta ve bu eleman kolondan çıkan iki adet 26 mm çapında uçları bulonlu ankrajla kolona bağlanmaktadır. Y-elemanının uçlarına yine kırık çatı kirişleri oturmakta ve bulonlarla bağlanmaktadır. Çatı kirişlerinin üzerine yine aşıklar oturmakta ve yukarıda anlatılan biçimlerden biri ile kirişlere bağlanmaktadır.

3-Kirişleri Kolonlara Bulonla Bağlı Sistem

Bu sistem Karapürçek’de AYDIN Örne Tül Perde fabrikasında görülmüştür. Kolonların üst başında U-biçiminde bir yuvaya oturan kirişler iki adet bulonla bağlanmaktadır.

Yapısal Hasar ve Deprem Davranışı

Deprem sonrasında hasarı ve davranışı gözlenen prefabrike yapıların listesinden çıkarılan gözlemler şöyledir:

YIKILAN VE HASARLI BETONARME PREFABRIKE YAPILAR ÜZERİNDE GÖZLEMLER

Fabrikanın Adı	Bulunduğu Yer	Üreten Firma	Hasar durumu ve Diğer Özellikler
AYDIN ÖRME TUL PERDE-1	KÜÇÜCEK (Akyazı)	PEKİNTAŞ	Kirişler kolonlara bulonlu bağlı, tip-2 üst kat <u>yıkılmış</u> , dış çevre duvarları dışarı devrilmiş
AYDIN ÖRME TUL PERDE-2	KÜÇÜCEK (Akyazı)	?	Tip-1 yapı inşa halinde tümü ile <u>yıkılmış</u>
ASAŞ-1 ASAŞ-2	KÜÇÜCEK KÜÇÜCEK (Akyazı)	YESA PEKİNTAŞ	Tip-3 tümü ile <u>yıkık</u> Tipi bilinmiyor <u>ağır hasarlı</u>
Bu iki yapının yanında 3 tane diğer hasarlı prefabrik yapı var			
???	ADAPAZARI Organize Sanayi	AKGÜN (?)	TIP-2 Tümü ile <u>yıkık</u> ; kolonların tabanında eğilme kırılması nervürlü donatılar çok gevrek olduğu için kopmuş <u>YIKIK</u>
???	ADAPAZARI Organize Sanayi	KİREMİTÇİ	Tip-3 Y-orta elemanların donatıları kolondan sıyrılmış <u>YIKIK</u>
HÜNKAR LTD. Depo	SEYMEN (Gölcük)	YESA	<u>YIKIK</u> tip-3
TMS (Tüfekçioğlu Metal Sanayi)	UZUNTARLA (Kocaeli)	KOCA	<u>Yıkık</u> tip-3 iki hollü

Fabrikanın Adı	Bulunduğu Yer	Üreten Firma	Hasar durumu ve Diğer Özellikler
KARTONSAN	KULLAR (Izmit)	?	11 adet ambar ve garaj tip-3 yıkık. Garajda kolon donatı bindirme yerinden kırılmış
ÇAKAR	KULLAR Kartonsan Arkası	KASTAŞ	Tip-3 iki açıklıklı 2 hol dış cephe ve orta açıklıkta dolgu duvarı var <u>AĞIR</u> Orta aks duvarı olmayan açıklıkta kolon dplerinde eğilme kırılmaları
OKLU METAL	KULLAR Kartonsan Arkası	?	Tek açıklıklı uzun yönde kolonlar arasında iki ara hatıllı tuğla yığma duvar <u>AZ HASAR</u> . Trapez kiriş kolon ucundaki U'ya oturuyor
MONİTEL (AYTUR)	TEPETARLA	YESA	Her biri 20 metre olan Üç açıklıklı imalat holünün tümü ile <u>YIKIK</u> tip-3 Dış aks kolonları yıkılmamış ancak yerden 1.00 metre kadar yukarıda eğilme çatlakları
BAYDAR/ BAYSAN	DÖNGEL(?) (Gölcük)	GÖK	Küçük açıklık, uzun yönde bölme duvarı, aşıkların oturduğu yerlerde Hafif ezilme, ana kiriş altında lokal hafif beton ezilmesi
EKSPRES MUKAVVA	UZUNTARLA (KOCAELİ)	DAĞYAPI (Izmir)	6000 m2 Tip-3 TÜRÜ <u>YIKIK</u> , Bazı orta kolonların tabanında eğilme kırılması, genellikle kenar kolonlar yıkılmamış
KARANSAN	DÖNGEL	MARMARA PREFABRİK	Tip-3. <u>Düşen aşıklar</u> , tek hol iki yanda dolgu duvarları; kolonların alt uçlarında eğilme çatlakları, mm boyutunda; kirişlerin oturduğu, Kolon gusselerinin beton uçları ileri derecede kırılmış. ORTA HASAR
TRAKYA SANAYİ	KÖSEKÖY	GÖK İNŞAAT	Çocuk bezi fabrikası. Trapez kirişlerin oturma tabanı kiriş tabanından geniş. Aşıkların ucunda metal var kayıcı oturma. Düşen aşıklar var, Açıklık az, ara hatıllı tuğla dış duvarlar

Fabrikanın Adı	Bulunduğu Yer	Üreten Firma	Hasar durumu ve Diğer Özellikler
SOYLULAR	İZMİT	?	Prefabrike yapı hasarı
NURÇELİK	İZMİT	?	<u>Tüm çatı makasları yere düşmüş, kolon diplerinde eğilme Çatlakları. 9.00 metre kat yüksekliği, 13 çerçeve aksı 40 x60 cm Kolonlar, Kiriş-kolon bağlantısı TIP-1</u>
MODERNTEKS	İZMİT	?	<u>2 katlı prefabrik; kolon-kiriş bağlantı TIP-1. Zemin kat kolonlarının Alt uçlarında eğilme çatlakları</u>
BORUSER	İZMİT	?	<u>Kolon-kiriş bağlantısı TIP-1. Bütün kirişler yere düşmüş, kolonların alt uçlarında eğilme kırılması</u>
KEÇESAN	İZMİT	?	<u>Kolon-kiriş bağlantısı TIP-3 Tümü ile yıkık</u>
AKTUĞLA	İZMİT	?	<u>Kolon uçlarında U-biçimindeki yuvalara oturan kirişler. TÜMÜ ile YIKIK</u>
FORM MAKİNA	İZMİT	?	<u>TIP-1 YIKIK</u>
MEKAN	İZMİT	?	<u>TIP-3 mafsallı ek yerlerindeki beton uçlarda betonun ezilmesi! Çok büyük yanal ötelenmeler</u>
MIKROSAN	İZMİT	?	<u>TIP-1 Kiriş mesnetlerinde oynamalar, kaymalar, düşme yok ancak kirişin mesnete oturma alanı çok azalmış, kolonlarda büyük ötelenmeler orta yerlerinde yer yer kırılma</u>

Fabrikanın Adı	Bulunduğu Yer	Üreten Firma	Hasar durumu ve Diğer Özellikler
MARMARA METALURJİ	DİLOVASI	?	3-Açıklıklı YESA tipi <u>bağlantılarda beton uçda ezilme</u> , dış aksta pencere altında lento var altında dolu duvar
ASA İNŞAAT VE MAKİNA	DİLOVASI	?	Tek açıklıklı 15 metre YESA tipi, yükseklik 7-8 metre, <u>aşıklarda mesnetten kayma bağlantılarda az miktarda beton uç ezilmesi</u> , yanlarda hatıllı dolgu duvarı, bir uçta imalat holü içinde 3 katlı betonarme idare binası var.
KLOR-ALKALİ FABRİKASI	İZMİT	FEGA	Ön gerilmeli 2 kirişte çatlak 18 metre yükseklikte kolonlar 4 değişik seviyede hatlı; trapez kirişlerin oturdukları gusseler kirişten daha geniş; aşıklar kirişlere kaynakla bağlantılı, Aşık ucunda ve trapez kiriş üzerinde levha var Trapez kirişler oluk kirişlere köşebentlerle yandan kaynaklı
UZAY GIDA	KULLAR (İzmit)	GÖK İNŞAAT	Kirişler kolon üst başlarındaki U-yuvalara oturuyor. Aşıklar uzay kafes kiriş olarak mesnetlere kayıcı bağlantılı, yanıl hareketi kısıtlayıcı yuva içinde uzun ekseni boyunca hareket edebilme olanağı var Bu uzay kafes kiriş aşıklar düşmüş, dış cephe panoları <u>yer yer yerinden oynamış, prefabrike kolon diplerinde eğilme çatlakları var.</u>
GÜÇ PLASTİK	KULLAR (Rahmiye Köyü İzmit)	YESA	Birkaç kiriş mesnet uç betonlarında ezilme, kolon diplerinin <u>çoğunda eğilme çatlakları</u> . Tabanda 15 cm kalınlıkta demirli dökme betonu bir tür bağ kirişi görevi yapmış? Tek açıklıklı; batı ucunda donatılı gaz beton yatay paneller çerçeve dışına 5-10 cm kadar ötelenmiş, bu miktar bir çerçeve kalıcı ötelenmesi olmuş kabul edilebilir.

Fabrikamın Adı	Bulunduğu Yer	Üreten Firma	Hasar durumu ve Diğer Özellikler
ÇELİKKORD	KÖSEKÖY (İZMİT)	PEKINTAŞ	Kirişlerin kolon uçlarında U-yuvalara oturduğu prefabrikte yapıda kirişin yanal hareketi sonucu mesnetlerde ve U bölümün kanatlarında çatlaklar, kiriş altında yerel ezilmeler Kirişleri kolonlara TIP-2 biçiminde bağlanan prefabrikte yapıda <u>orta aks kolonlarının diplerinde eğilme çatlakları</u> . Tabanda 25 cm kalınlığında betonarme plak. Dış cephe kaplaması panellerde yer yer açılmalar. Boru ve diğer tesisatı taşımak için tavan da aşıklar yönünde uzanan ve trapezlere profil demirlerle bağlanmış taşıyıcı tavan elemanları trapez kirişlere önemli yanal destek vermekte.
HAYRETTİN ULUSOY	İZMİT	KOCA PREFABRİK	Kolonlara oturan kirişlerin içinden geçen ve gussede ankrajlı demirlerin uçları vidalı. Aşıkların oturduğu yerlerde yuvalar var Tabanda 20 cm kadar kalınlıkta donatılı plak var <u>Kolonların alt uçlarında 1.00-1.50 metrelik bölümlerinde eğilme çatlakları</u> . Çerçeve doğu-batı yönünde.

Ana kiriş-kolon bağlantı ayrıntısına göre prefabrikte yapı tipleri

Tip-1 : Kiriş uçlarında mesnete oturuyor mesnetten çıkan iki filiz trapez kiriş ucundaki delikten geçiyor

Tip-2 : Kiriş mesnette U biçimindeki yuvaya giriyor yatay iki delikten geçen iki bulon hem kiriş hem de kolondaki delikten geçiyor

Tip-3 : Kırık kiriş kenar kolonlarından uzanan gusseye vidalı, orta kolonda duvara 2 adet $\varnothing 26$ mm donatı ile kolon üst başına bağlanmış Y-elamanından çıkan uçlara oturan kırık kirişler var.

Not: Bu listede verilen üretici firma adları yapı sahiplerince bildirilmiş, doğrulukları üretici firmalar ile karşılaştırılmamıştır.

Yapısal Hasar ve Deprem Davranışı

Deprem hasarı ve davranışı gözlenen prefabrike yapıların listesinden çıkarılan gözlemler şöyledir:

1-Kirişlerin kolonların üst başlarından mafsalı olan bağlantılarının yetersizliği sonucu depremin şiddetli olduğu alanlarda kirişler kolonların üzerinden kolayca düşmektedir.

2-Çerçeve yönüne dik yönde aşıkların kirişlere bağlantısı hemen hemen yoktur. Bu yönde çerçevelerin üst noktaları birkaç metre boyutunda ötelenmeler yapabilmektedir.

3-Trapez ya da çerçeve kirişlerinin kolonlara daha iyi bağlandığı prefabrike yapılarda eğer kirişler yıkılmamış ise, kutu temele oturan kolonlarda alt uçlarına yakın yerlerde çerçeveye dik yönde eğilme çatlakları ya da kırılmalar olmuştur.

4-Kolonlarda yüksek dayanımlı fakat sünek olmayan donatıların kullanıldığı çerçevesel yapılarda kolonların donatıları çok az birim şekil değiştirme yaparak kopmuş ve kolon tabanından kırılmıştır.

5-Prefabrik betonarme kolon, kiriş ve aşıkların beton ve donatısının dayanımlarının "yüksek" olması bu yapıları depreme dayanıklı yapmamaktadır.

6-Bu yapıların kolonları temellere bağlantısı dışında, yapıyı oluşturan elemanların birbirine bağlantısı pratik olarak yoktur. Kolon alt ucu-temel bağlantısı da olmasa yapı hiç ayakta durmayacağı için bu bağlantının iyi olmasının deprem açısından özel bir yararı yoktur

Depremin merkezinden daha uzak olduğu için ayakta kalmış benzer prefabrike sistemli yapılar dışında bazı yapılarda yıkılmayı önleyen bazı "ayrıntılar" gözlenmiştir:

1-Çerçevelere dik yöndeki iç ve dış aks kolon açıklıkları dolgu duvarlı yapılarda depremin kalıcı yanal ötelenmesi daha az olmuştur. Yüksekliği 10.00 metreye kadar varabilen bu açıklıklara örülen yüksek duvarların aralarına kolonlara bağlı betonarme hatıllar konulmuş olması da yapının yatay rijitliğini artırmış ötelenmeyi azaltmıştır. Bazı iki ve daha çok imalat hollü yapılarda dış akslardaki aralarında dolgu duvar olan kolonlar yıkılmazken, orta aksın araları boş kolonları ya yıkılmış ya da tabanlarında eğilme kırılmaları olmuştur.

2-Çerçeve yükseklikleri 5.00-6.00 metre ve kiriş açıklıkları 10.00 metre civarında olan prefabrik çerçevelerde hasar çok az olmuştur.

3-Kiriş tabanından daha geniş mesnetlere oturan kirişlerin devrilmediği gözlenmiştir.

4-Aşıkların kirişlere kaynaklı olduğu çerçevelerde daha iyi davranmışlardır. İmalat holü tavanından geçen boru ve tesisatı taşımak için yapılmış ve trapez kirişlere bağlanmış profilden yapılmış ızgaralar da prefabrik çerçeveli yapının ötelenmesini ve hasarını azaltmıştır.

5-İçine ağır araçların girmesi nedeni ile tabanında donatılı ve kalın bir döşeme yapılmış prefabrike yapılarda da daha az ötelenme olduğu izlenimi edinilmiştir.

Prefabrike Yapıların Deprem Dayanımlarının Arttırılması

Yukarıda tanıtılan betonarme prefabrike çerçeveli yapı sistemi deprem açısından yetersizdir. Bu yapılar depremde çok büyük miktarda yatay olarak ötelenmektedir. Yapı bu yatay yük ve ötelenmeleri taşıyacak güçte değildir. Özellikleri burada verilen bu yapılar ""Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik""de nitelendiği gibi "sünek" yapı değildir. Yönetmelik Madde 7.12.1'de de sözü edilen kolon uçları mafsallı birden çok katlı yapıların yatay deprem yüklerinin tamamını taşıyacak perde gibi elemanlarının olması koşulunun tek katlı fabrika tipi bu çerçeveli prefabrike yapılar için de zorunlu olması gereklidir.

Çelik Yapılar

Bölgede az sayıda çelik yapıda vardır. Bu yapılarda da çeşitli deprem hasarları gözlenmiştir. Burada sayılan hasarların yanında çelik yapılarda kaynakların kopması gibi başka ülkelerdeki depremlerde de (Northridge-Kaliforniya-ABD 1994 ve Kobe-Japonya 1995 depremleri) gözlenen hasar bazı fabrikalarda (Pak Maya ve Boysan Tuğla Fabrikası gibi) gözlenmiştir. Diğer çelik yapı hasarları, diyagonallerin ve I-profillerin burkulması, ve çelik mesnetlerin bağlantı hasarları gözlenmiştir.

Burkulan Diyagonaller

Çeşitli çelik yapılarda burkulan diyagonal elemanlar gözlenmiştir; Pak Maya Fabrikası, Boysan Tuğla Fabrikası

Bu yapılarda değişik boylarda burkulmuş diyagonallerin narinlikleri, L/r , burada L diyagonalin serbest boyu, r ise atalet yarıçapı aşağıdaki gibidir

<u>L / r</u>	<u>Burkulma</u>
42	yok
68	var
76	var
80	var
87	var

Narinlik oranının 50'den çok olduğu diyagonal elemanlarda burkulma gözlenmiştir. Deprem yönetmeliğinde Madde 8.4.3'de basınca çalışan diyagonal elemanların narinlik oranı 100 olarak verilmektedir. Yalnızca çekme alan diyagonallerde ise 250 gibi narinliğe izin verilmektedir. Bu örneklerden narinlik oranının 100'ün çok altında olmasına karşın burkulmanın olabileceğini göstermektedir. Moment taşıyan çelik çerçevelerin arasına konulmuş diyagonal elemanlardaki burkulma deprem enerjisi tüketilmesi bakımından yararlı olabilir. Buna karşılık kafes sistemli ve narin elemanlardan oluşan kolon ve kirişli çerçevesel yapılarda diyagonallerdeki burkulmalar yapının taşıyıcı sisteminin yatay deprem yüklerine karşı dayanımını önemli ölçüde yitirilmesine neden olur.

Burkulan Profiller

Genellikle sıvı depo tanklarının altlarına mesnet olarak konulan I-profillerin tankın tabanda devrilme hareketi yaptığı zaman bu profillere uyguladığı basınç altında profillerin gövdelerinin burkulduğu Pak Maya fabrikasında ve Solventaş firmasının sıvı madde depolarında gözlenmiştir:

Yetersiz Ankrajlar:

Narin çimento silolarının çelik ayaklarının uçlarındaki taban levhalarının oturduğu betonarme ayaklardan çıkan ankrajlara yetersiz bağlanmalarının sonucu devrilmeler olmuştur.(Resim-)

Uzay Kafes Sistemi:

Uzay kafes sisteminin mesnet bağlantısının yetersiz olması kafes sistemin bağlı olduğu yapının büyük yatay ötelenme yapması sonucu mesnetindeki bağlantısından koparak yere düşmüştür.

Moment alan çelik kolon kiriş sisteminde hasar gözlenmemiştir.

Deprem Sonrası Yapı Hasar Tespiti

Deprem sonrası yapılan hasar tespitleri iki aşamada yapılmalıdır

1. Ön hasar tespiti : Depremden hemen sonra yapılması gereken bu tespit amacını, depremde hasar görmemiş iskana müsait yapılar ile, ağır ve yıkık yapıların tespit edilmesidir.

2. Kesin hasar tespiti : Bu tespit depremde en erken 2 ay sonra yapılmalı, ya da artçı depremlerin azalması beklenmelidir. Zira yapıdaki hasar durumu artçı depremler neticesinde değişebilir.

Yasa gereği deprem sonrası Bayındırlık ve İskan Bakanlığı tarafından yapıdaki hasar tespiti yapılır. Bu tespit hasar oranı: Az Hasar, Orta Hasar; Ağır Hasar ve Yıkık olarak değerlendirilir. Bunlar;

1 AZ HASARLI YAPI : Eğer yapının taşıyıcı sisteminde herhangi bir hasar yoksa, sadece taşıyıcı olmayan bölme duvarlarında çatlaklar (bazı bölme duvarlar devrilmiş olsa bile) meydana gelmişse hatta taşıyıcı (kolon, kiriş vs.) elemanlarında 1mm mertebesinde kılcal çatlak dahi olsa, bu yapı az hasarlı olarak değerlendirilir. Taşıyıcı eleman takviyesi yapılmaksızın, gerekli onarımlar (sıva, badana varsa bölme duvar hasarları gibi) yapıldıktan sonra iskana açılabilir.

2. ORTA HASARLI YAPI : Yapının taşıyıcı elemanlarında önemli derecede hasar meydana gelmiş ise, ancak bu hasarın onarım ve güçlendirilmesi ekonomik olarak mümkün ise, yani kolon boylarında kısılma, bir katın diğer kata göre kalıcı ötelenmesi ve mekanizmalama yoksa vs. bu yapı orta hasarlı olarak değerlendirilir. Bu tür yapıların hasar görmüş taşıyıcı elemanları onarılmadan ve taşıyıcı sistemin gerekli takviyesi yapılmadan kesinlikle iskana açılmaması gerekir.

Burada dikkat edilmesi gereken önemli bir husus; onarım ve güçlendirme projesi aşamasında çıkan neticeye göre orta hasarın ağır hasara dönüştürülebileceği bilinmelidir. Ayrıca hasar tespit işlemi gözlemsel olarak yapıldığından her zaman yanlışlık payı olabilir. Bu nedenle hasar tespit elemanları orta hasar ile ağır hasar arasında tereddüt ettiklerinde orta hasar raporu vermekten çekinmemelidirler. Kaldı ki, orta hasarlı yapı, güçlendirme ve onarım işlemleri yapılmadan kullanılamaz.

3. AĞIR HASARLI YAPI : Eğer yapının taşıyıcı elemanlarının çoğunda ekonomik onarımı mümkün olmayan hasarlar oluşmuş ise, yani bir katın diğer kata göre ötelenmesi kalıcıysa, kolon boylarında kısılma gözlenmişse ve mekanizmalama varsa bu yapı ağır hasarlı olarak değerlendirilir. Bu tür yapılar yıkık yapılarla aynı sınıfa girer.

Bir yapıda depremde sonra yapılan hasar tespiti işlemi, sadece olmuş depremin binada meydana getirdiği hasarın tespitidir. Hiçbir zaman o yapının depreme dayanıklı olup olmadığının tespiti değildir. Yönetmeliklere uygun olmayan bir yapı çeşitli nedenlerle depremde hasar görmeyebilir. Bu durum yapının depreme dayanıklı olup olmadığını göstermez. Yapının depreme dayanıklı olup olmadığının tespiti ayrı bir işlem olup bu işlemin hasar tespit elemanlarınca kısa sürede yapılması mümkün olmadığı gibi zaten görev ve yetkileri dışındadır. Yapının depreme dayanıklılığına;

proje, zemin, taşıyıcı sistem vs. tüm veriler incelendikten sonra ciddi bir hesaba dayalı olarak tahkik sonucunda karar verilebilir.

Türkiye'nin hemen hemen tamamı deprem bölgesidir. O zaman ülkedeki tüm yapıların bu yönde incelenerek, yönetmeliklere uygun bulunmayanların takviye edilmesi gerekir. Bu işlemin sadece devlet eliyle yapılmasının hem personel açısından hem de ekonomimize getireceği yük bakımından mümkün değildir. Bu yapılabilse de son derece yanlıştır. Zira bu durum kaçak ve yönetmeliklere uygun olmayan bir yapılaşmaya davetiye çıkarılması demektir. Yapıların depreme dayanıklı hale getirilmesinin diyetinin yönetmeliklere uygun yapı yapmayanlar tarafından ödenmesi gerekir.

Hasar Tespit Elemanı Eğitimi

Hasar tespiti inşaat mühendisliği dalında ayrı bir iştir. Bu işlerin, depremin büyüklüğüne göre her resmi kuruluştan hasar tespiti konusunda deneyimsiz teknik elemanların katılımıyla yapılması gerekebilir. Nitekim, 17 Ağustos 1999 tarihinde Marmara bölgesinde meydana gelen deprem çok geniş bir alanda etkili olmuş, binlerce yapı yıkılmış ve hasar görmüştür. Böylesine büyük bir depremde yapılarda meydana gelen hasarların tespitinde doğal olarak tüm kamu kurum ve kuruluşlarından teknik elemanlar görevlendirilmiştir. Bu elemanların, yukarıda bahsedilen, ön hasar tespiti ile kesin hasar tespiti arasındaki 2 aylık zaman aralığında, hasar tespiti konusunda uzman teknik elemanlarca verilecek bir eğitimle bilgilendirilmesi gereklidir. Bu eğitim 20 kişilik guruplar halinde her gurup için bu hususta deneyimli bir uzman teknik elemanca kesinlikle yerinde ve hasarlı yapı üzerinde verilmelidir (Az hasarlı, Orta hasarlı ve Ağır hasarlı olan en az birer yapı seçilerek). Belki deprem öncesi de bu bilgiler tüm kuruluşlarda seminerler düzenlenerek verilebilir. Ancak yine de verilen bu nazari bilgilerin, zamanla insan hafızasından silinebilmesi nedeniyle yukarıda belirtildiği gibi deprem sırasında yerinde , yapı üzerinde verilmesi daha gerçekçi olur.

Sonuçlar

17 Ağustos 1999 depreminde ilk anda yıkılan yapıların ortak ve belirgin özelliği bunların tasarım ve yapımında deprem etkilerinin hiç dikkate alınmadığıdır. Bu yapılar "Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik" kuralları yok kabul edilerek yapılmıştır.

Zeminlerdeki sıvılaşma ve taşıma gücünün yenilmesi sonucu hasar gören ve yıkılan yapılarda da deprem dayanıklı yapı yönetmeliğinin dikkate alınmamasının büyük katkısı vardır. 17 Ağustosta meydana gelen depremde özellikle yer bilimcileri tarafından bu depremin binalarda meydana getirdiği hasarın özellikle zeminden kaynaklandığı ve en büyük sebebin bu olduğu ifade edilmiştir. Oysaki bu bölgede 1975 yönetmeliğindeki şartlar gözetilerek yapı yapılsaydı belki de can kaybı olmayacağı gibi yapılarda yıkım mertebesinde bir hasar oluşmayacaktı. Bu bölgede 1975 yönetmeliği gözetilerek yapılan resmi ve özel yapılarda bazı işçilik ve imalat hatalarına rağmen önemli bir hasarın oluşmadığı gözlenmiştir. Kaldı ki 1996 yönetmeliği 1975 yönetmeliğine göre daha güvenli yapı tasarım kurallarını içermektedir. Bu nedenle yönetmeliklerde belirtilen esaslar gözetilerek projelendirilip, fenni-teknik şartnamelere uygun yapı yapıldığı (imalat ve işçilik dahil) taktirde her türlü zeminde yapı yapılabilir. Ancak her türlü zemin derken ekonomik olan bir yapı kastedilmektedir.

Deprem bölgelerinde yapılan incelemelerde hasarlı binaların çoğunda mimari düzensizlikler gözlenmiştir. Bu durum ağırlık merkezi ile rijitlik merkezinin çakışması bir yana çok farklı yerlerde oluşmasına ve yapının önemli derecede burulmasına neden olmuştur. Hatta bazı mimari düzensizlikler statik hesaba yapan mühendisleri çözümsüzlüklere zorlamaktadır. Bu nedenle daha ekonomik ve güvenli yapı yapmak için mimar ve betonarme projeyi yapan mühendisin, avam proje sırasında beraber çalışarak karar vermeleri gerekir (Tezcan 1998).

Tek katlı Prefabrike çerçeveli yapılar için geçerli olan "Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik" Madde 7.12.1'e göre " Mafsallı Çerçeveler birden çok katlı olarak yapıldıkları takdirde her iki doğrultuda da yatay deprem yüklerinin tamamını taşıyabilen yerinde dökme perde duvarlarının olması gerekmektedir "koşulu bu tip tek katlı prefabrike yapılar içinde geçerli olmalıdır. Bu tip yapıların yatay ötelenmelerinin kısıtlanması çok önemlidir. Bu tip yapıların özellikle çerçevelere dik yönde dayanımı ve rijitliği çok yetersizdir.

Betonarme yapıların depreme dayanıklı inşa edilmesinde proje ve uygulamanın sıkı denetlenmesi gereği bir kez daha ortaya çıkmıştır. Bu denetimlerin etkili bir biçimde yapılabilmesi için belediyelerin elinde yeterli yetki vardır. Yürürlükte olan yasalarla bu denetim sağlanabilir.

Ülkemiz de meydana gelen bu son depremde, çok büyük çan ve mal kaybı

olmuştur. Kocaeli bölgesinde sanayi yapılarının hasar tespit çalışmaları ile ilgili yapılan makina hasarı anket sonuçlarında sadece bu bölgenin sanayideki maddi ve üretim kaybı yaklaşık 2.7 milyar USD olduğu belirlenmiştir (Muharrem Kurt 1999, sözlü görüşme). Bu tür kayıpların hiç olmazsa bundan sonraki depremlerde olmamasının sağlanması gerekir. Bunun için yönetmeliklere uygun veya depreme dayanıklı olmayan yapılara iskan verilmemelidir. Bunun için gerekli yasaların bir an önce çıkarılması ve bu yasaların çıktığı tarihten itibaren yapılan yapıların deprem zararına devlet hiçbir şekilde katkıda bulunmaması gerekir.



1967 DEPREMİNDE HASAR GÖRÜP
ONARILMIŞ SAKARYA VALİLİK BİNASI
BU DEPREMDE HASARSIZ



ADAPAZARI TİCARET VE SANAYİ ODASI
VALİLİĞİN HEMEN YANINDA. GENİŞ
AÇIKLIKLI VE AĞIR DÖŞEME PERDESİZ



ADAPAZIRINDA ZEMİN KATINDA YÜKSEK
DÜKKAN BOŞLUĞU NEDENİ İLE ÇOK BÜYÜK
MİKTARDA ÖTELENMİŞ YAPI



**KISA KOLONDA KESME KIRILMASI
KOCAELİ KLOR ALKALİ FABRİKASI**



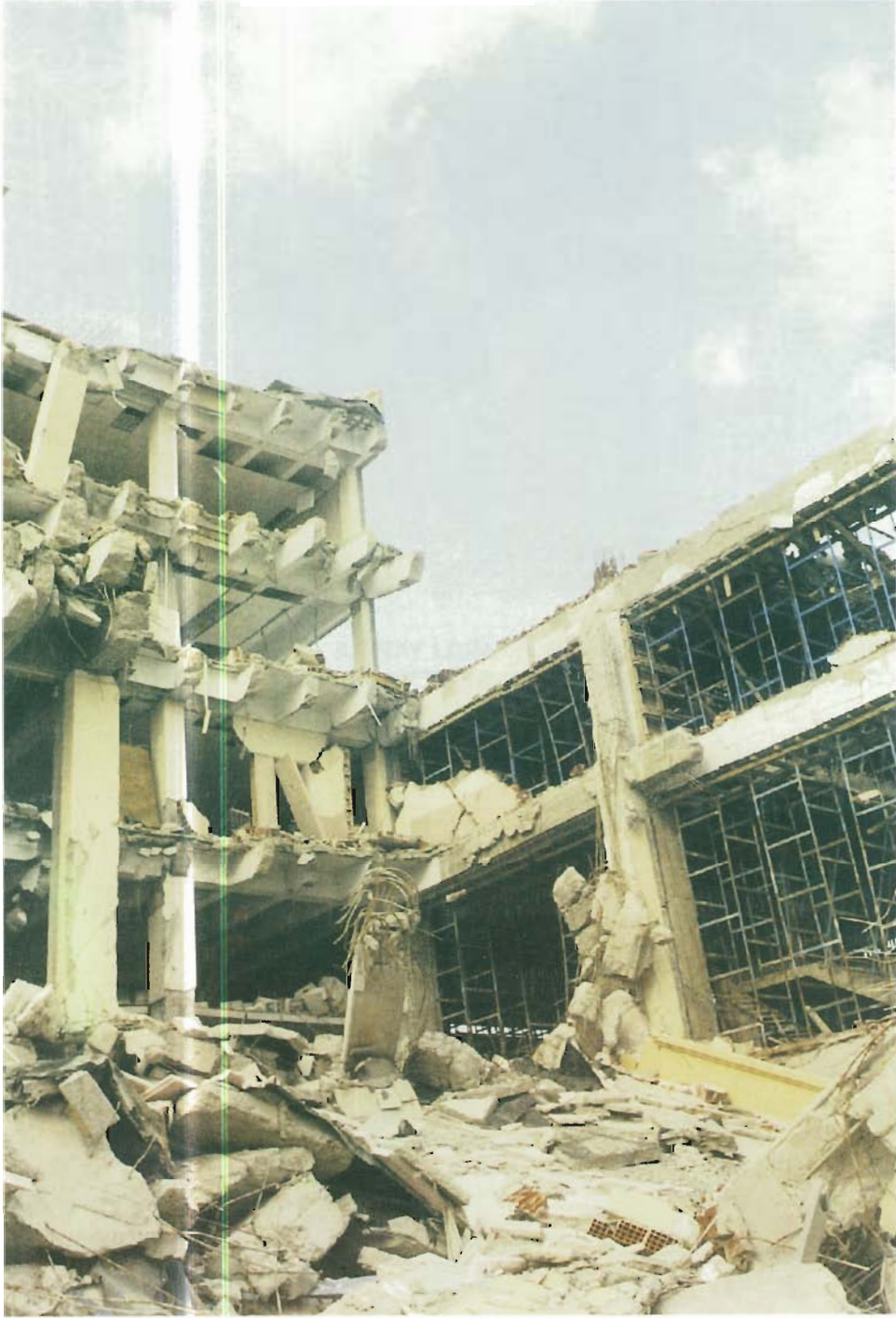
**YALOVA'DA DAHA SONRA YAPILAN DÖRT KATLI
ÜST BÖLÜMÜ ÇÖKMÜŞ BETONARME YAPI**



**ASMOLEN DOLGULU DIŐLİ DÖŐEMELİ YAPIDA
KOLONLARI BAĞLAYAN YASSI KİRİŞLERDE HASAR**



**İSTANBUL AVCILARDA PERDE DUVAR DEMİRLERİ PASLANMIŞ
VE KESME KIRILMASI OLMUŞ YAPI**



KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ HUKUK FAKÜLTESİ ÇÖKEN YAPISINDA
DÖŞEMENİN KIRILMIŞ NERVÜRLERİ



**KOLON-KIRIŞ BİRLEŞİM YERLERİNDE BOYUNA
DONATILARI SARAN ETRİYESİZ YAPILAR**





**KOLON-KIRIŞ BİRLEŞİM YERLERİNDE BOYUNA
DONATILARI SARAN ETRİYESİZ YAPILAR**



**İZMİT'TE KONSOL ÇIKMAYA OTURAN
DIŞ CEPHE SANDVIÇ DUVAR HASARI**



**İZMİT'TE YÖNETMELİĞE AYKIRI OLARAK 2 KAT YERİNE
4.5 KAT YAPILMIŞ TUĞLA YIĞMA YAPI**



BETONARME DÖŞEMEYE ÇOK İNCE TELLERLE BAĞLI ASMA TAVAN HASARI



KARTON RULOLARIN DEVRİLMESİ İLE YIKILMIŞ DIŞ CEPHE DUVARI (KARTONSAN-KULLAR)



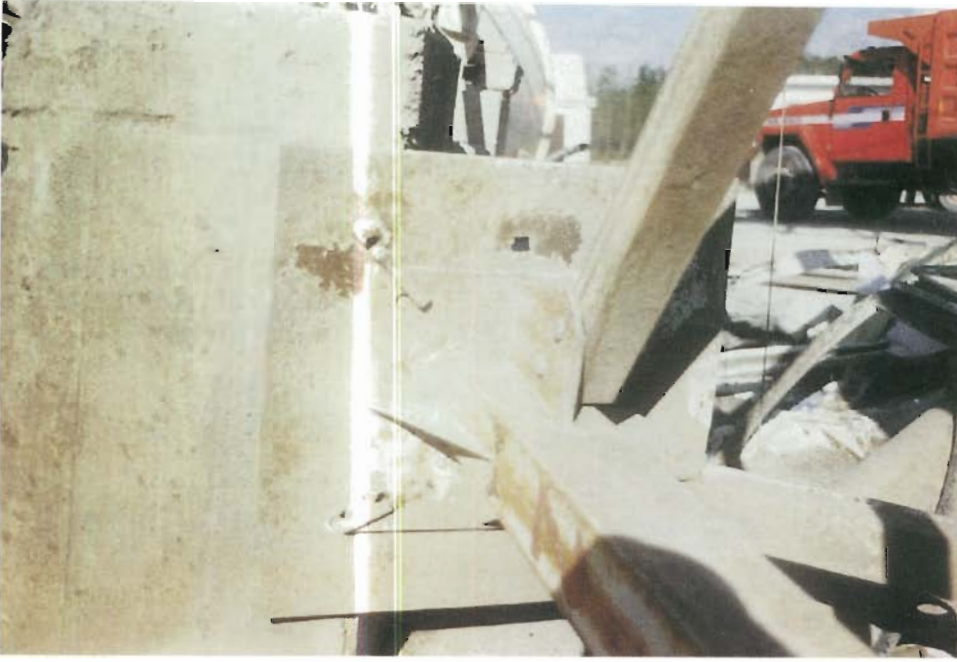
**ENKAZ DURUMUNA GELMİŞ
ÇELİK YAPI ADAPAZARI
VAGON FABRİKASI**



**BİR ÇELİK TANKIN ALTINDA
TANK TABANDA DEVRİLME
MOMENTİ ETKİSİ İLE GÖVDESİ
BURKULMUŞ ÇELİK PROFİLLER**



**DEVRİLME MOMENTİ İLE
ANKRAJ BULONUNDA
SOMUNLAR SIYRILIR VE
BULONLAR ÇELİK KUŞAK-
TAKİ DELİKLERDEN
GEÇERKEN BURKULUR**



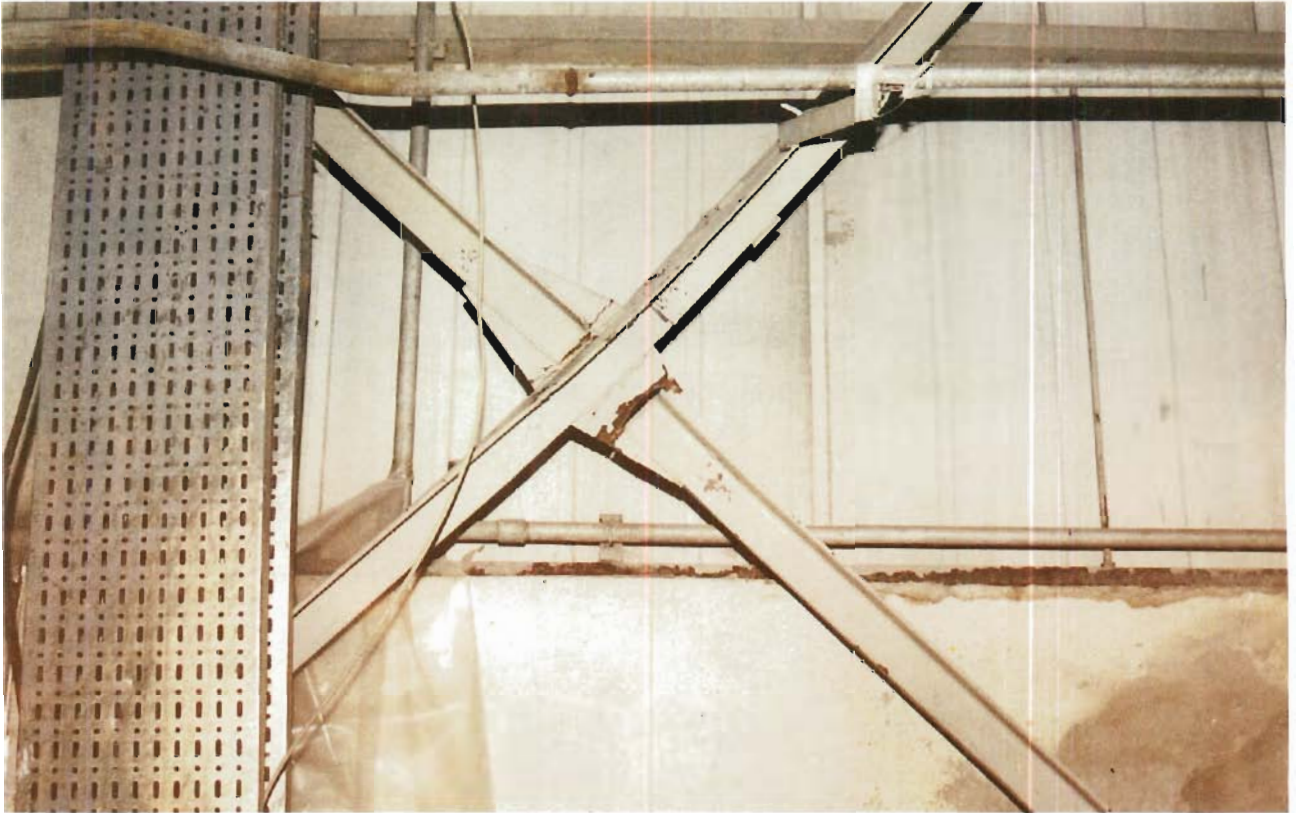
DEVRİLMİŞ BİR ÇELİK AYAKLI ÇİMENTO SİLOSUNUN BETON AYAĞA ANKRAJ AYRINTILARI



BİR ÇELİK TANKIN ALTINDA TANKIN TABANDA DEVRİLME MOMENTİ ETKİSİ İLE GÖVDESİ BURKULMUŞ ÇELİK PROFİLLER



**BOYSAN TUĞLA FABRİKASINDA FIRINLARIN YIKILMASI SONUCU
HASAR GÖRMÜŞ ÇELİK KAFES KİRİŞ VE KOLONLAR**



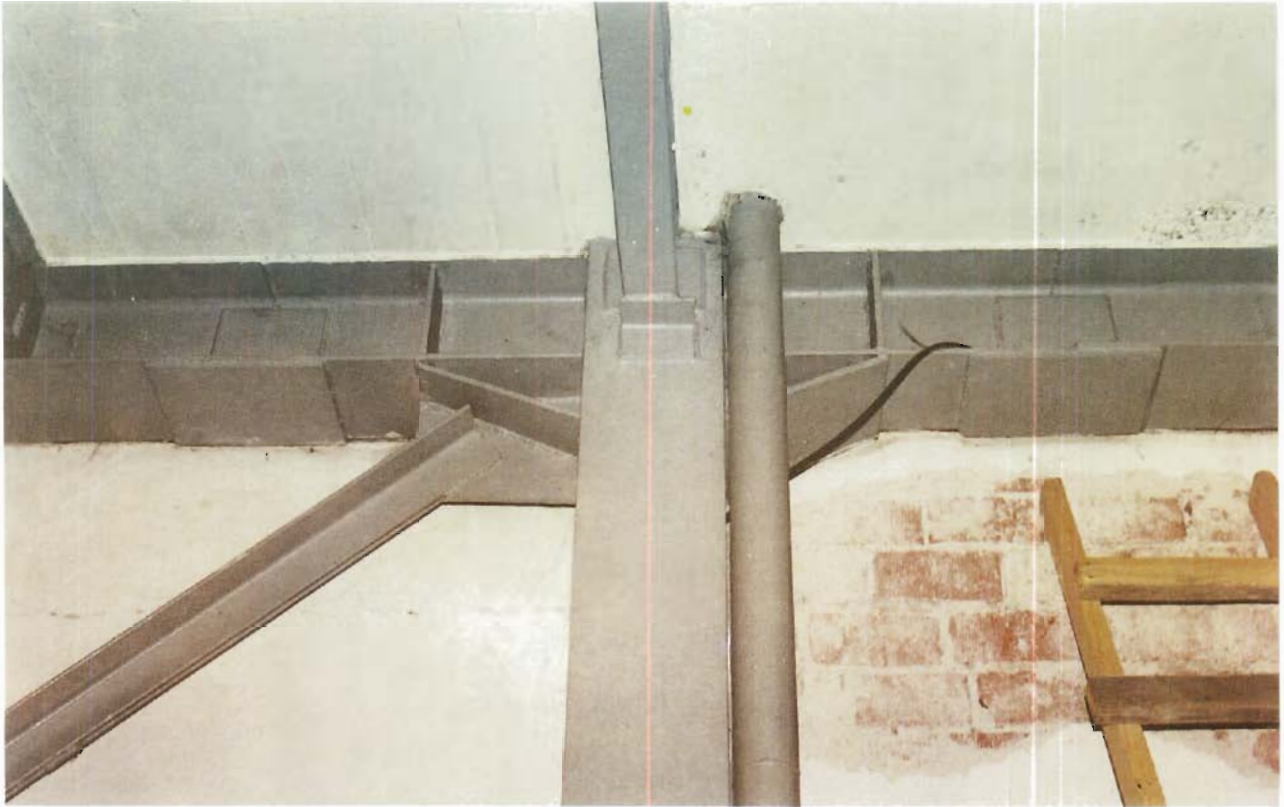
KAYNAK YERİNDEN KOPMUŞ ÇELİK DİYAGONAL ELEMAN



BURKULMUŞ DİYAGONAL ÇELİK ELEMAN



**ÇİMENTO SİLOLARININ DEVRİLMESİ İLE AĞIR HASAR GÖRMÜŞ
ÇELİK BORU AYAKLI BETON SANTRALİ**



**HASAR GÖRMEMİŞ ÇELİK MOMENT TAŞIYAN KOLON KİRİŞ
BİRLEŞİM YERİ (PAK MAYA KOCAELİ)**



KAYICI MESNET BAĞLANTISI KIRILIP DÜŞMÜŞ UAK KAFES AYRINTISI



**YIKILMIŞ BETONARME PREFABRİKE ÇERÇEVE ALTINDA HASAR GÖRMÜŞ
TUĞLA FABRİKASI MAKİNALARI**



YIKILMIŞ BİR BAŞKA BETONARME PREFABRİKE YAPI



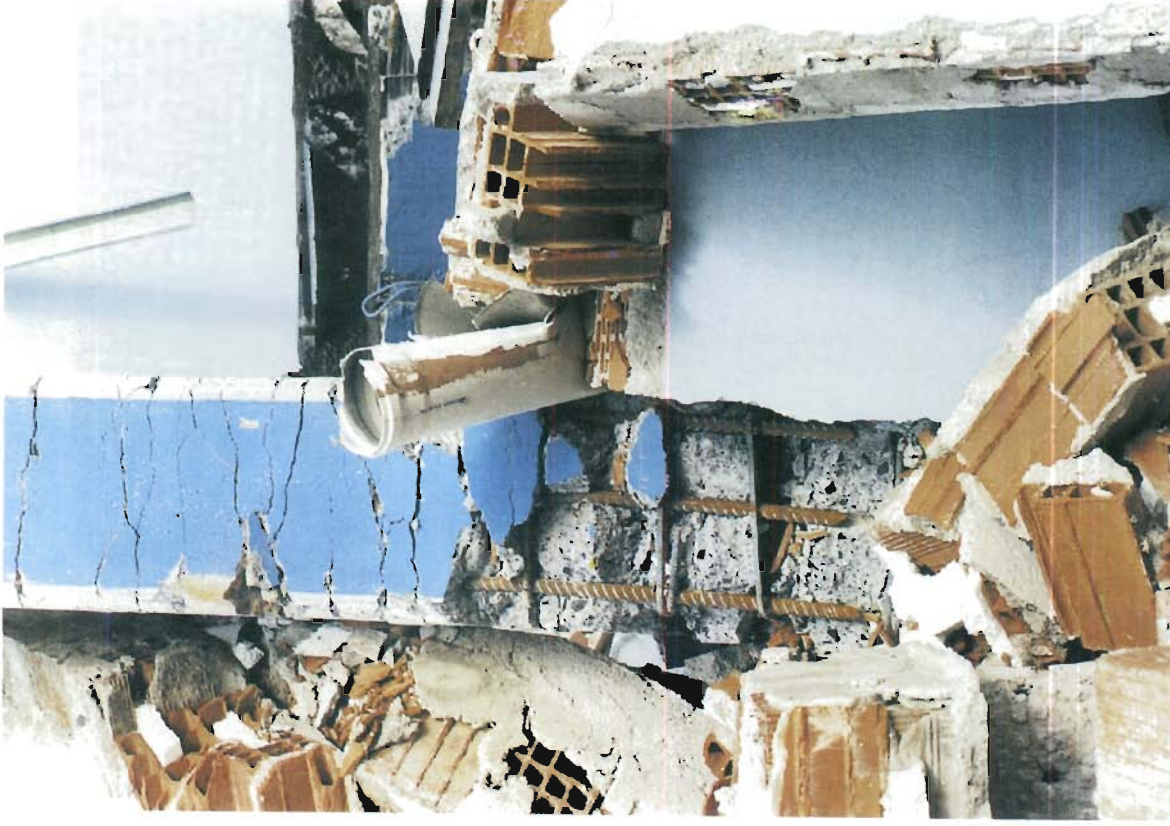
YIKILMIŞ BİR BAŞKA BETONARME PREFABRİKE KOLON-KİRİŞ UÇLARI MAFSAL BAĞLANTILI YAPI



SANDIK TEMEL ANKASTRE KOLON TABANINDA EĞİLME MOMENTİ KIRILMASI, MAFSALLAŞMA



YIKILMIŞ BİR PREFABRİKA YAPISI



BETONARME PREFABRİKE KOLON TABANINDA BOYUNA DONATILARDA GEVREK KOPMA



KİRİŞLERİ TÜMÜ İLE DÜŞMÜŞ MAFSALLI KOLON KİRİŞ VE KİRİŞ-KİRİŞ BAĞLANTISI OLAN YAPI



Y-BİÇİMİNDEKİ KİRİŞ MESNET ELEMANININ BULONLA BAĞLANDIĞI ANKRAJLAR KOLON BETONUNDAN SIYRILMIŞ



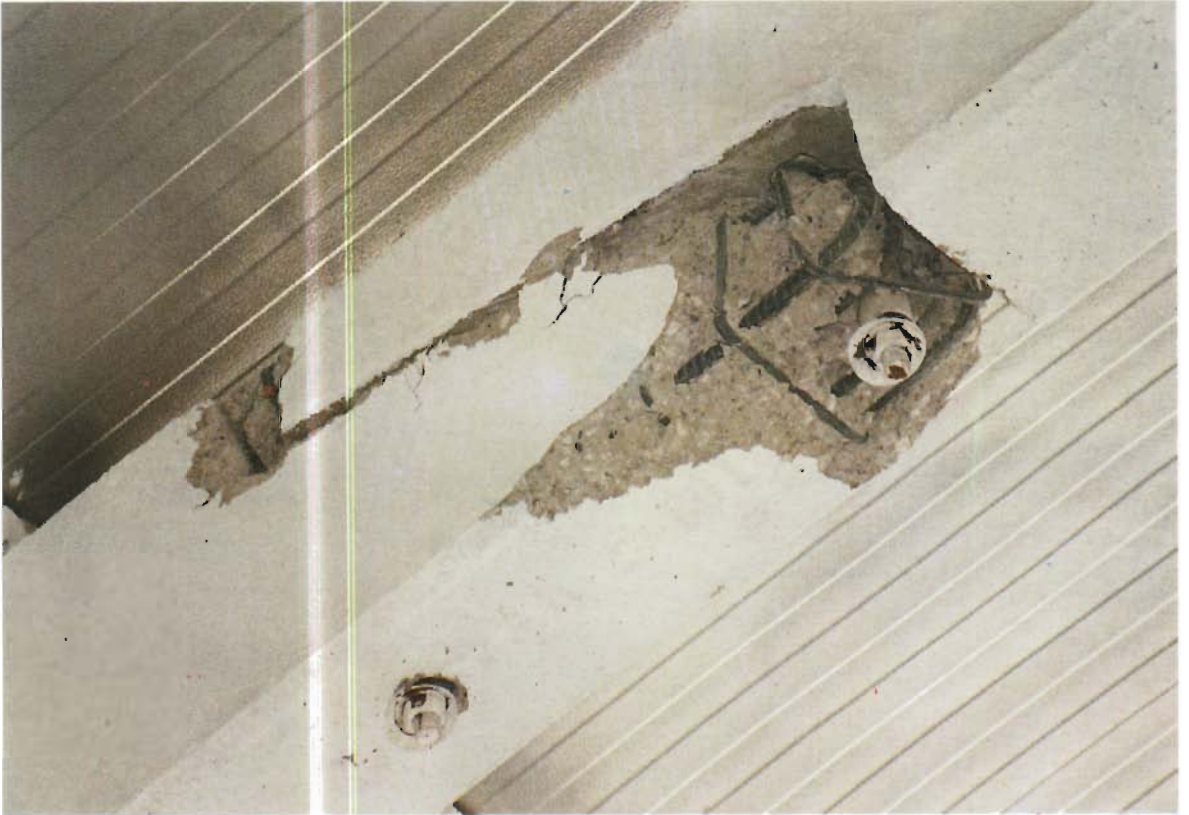
PREFABRİKE KOLONDA BOYUNA DONATININ YARIYA İNDİĞİ YERDE EĞİLME KIRILMASI (KARTONSAN KULLAR)



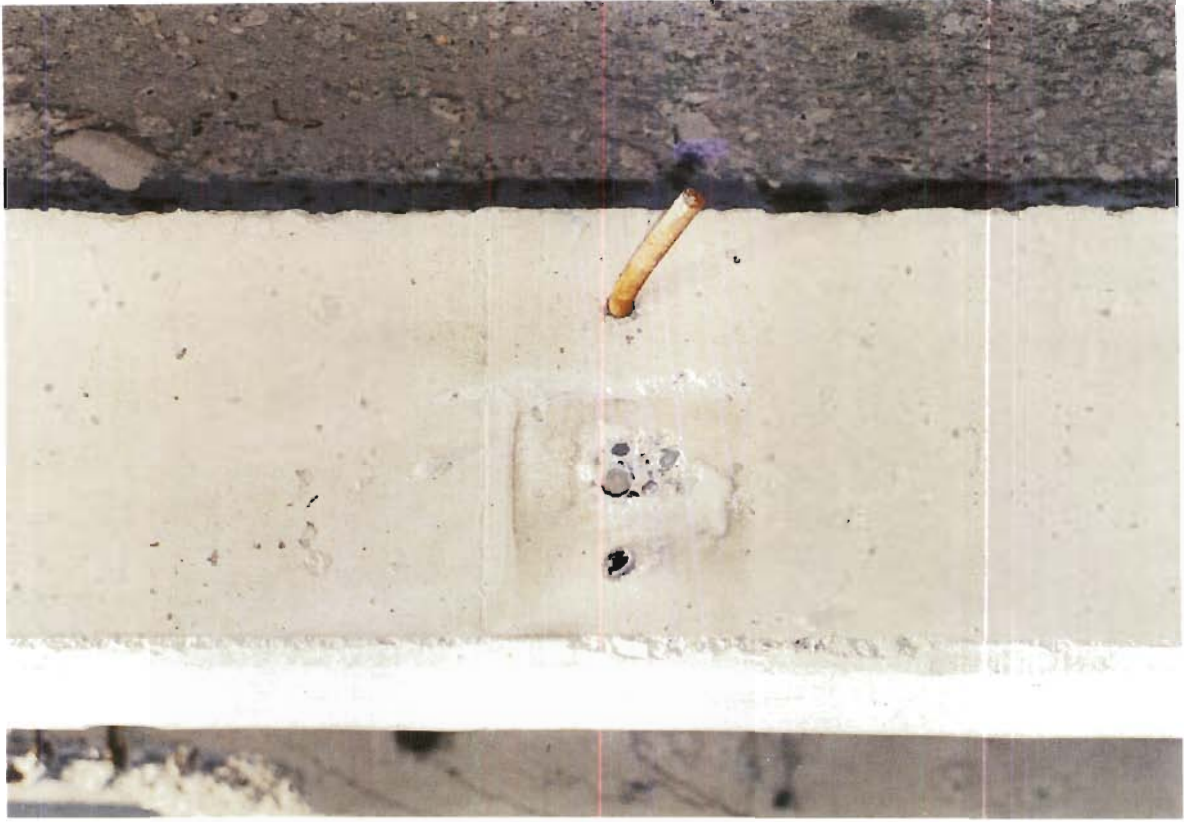
YETERSİZ BAĞLANTI SONUCU DÜŞMÜŞ AŞIKLAR



MAFSALLI KİRİŞ-KİRİŞ BİRLEŞİM YERİNDE KAYMA



MAFSALLI KİRİŞ-KİRİŞ BİRLEŞİM YERİNDE KAYMA DÖNME HAREKETİ SONUCU BETONDA EZİLME



TRAPEZ KİRİŞ-AŞIK BAĞLANTI AYRINTISI: AŞIK UCUNDAKİ DELİKTEN GEÇEN BİR UCU YİVLİ ÇUBUK PLASTİK YUVAYA VIDALANIYOR



MESNETİNDEN KAYMIŞ BETONARME PREFABRİKE KİRİŞ



BETONARME PREFABRİKE KOLON
KİRİŞ BİRLEŞİM YERİ HASARI

17 AĞUSTOS 1999 İZMİT KÖRFEZİ DEPREMİ:

17 AĞUSTOS 1999 İZMİT KÖRFEZİ DEPREMİ YER HAREKETİ DOĞRULTUSUNUN ÖZELLİKLERİ İLE ADAPAZARI MİNERALERİNDEKİ YAPISAL HASAR ARASINDAKİ İLİŞKİLER

Adem SÖMER
Deprem Araştırma Dairesi

Yer hareketinin özelliklerini ve 17 Ağustos 1999 depremi esnasında yapısal hasar ile odaktan çıkan yer hareketi doğrultusunun hesaplanması çalışmanın başlıca amacıdır. Yer hareketinin doğrultusu, yakın kaynak yer hareketi çalışmasında önemli bir özelliktir. Yapısal hasar üzerinde, doğrultunun etkisi yapılar için önemli olmaktadır. Depreminin çok şiddetlice hissedildiği yerlerden birisi de Adapazarı'dır. Burada yer hareketi doğrultusunun saptanmasında, camii minarelerinin hasarı kullanılmıştır. Şehirde hasar gören bölgeler ile 28 adet minarenin durumu irdelenmiştir. Adapazarı'nda bina hasar tespiti ise, birisi yer hareketi doğrultusuna paralel, diğeri ise dik konumda olan iki cadde boyunca yapılmıştır.

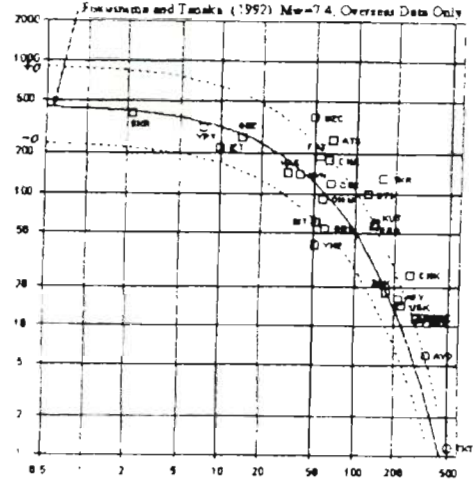


Şekil 1. 17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi depremi ana şokuna ait en büyük ivme değerlerinin (PGA * = % g) dağılımı (<http://www.koeri.boun.edu.tr/earthqk/smn1.htm>)

Kuvvetli Yer Hareketinin Gözlenmesi ve Özelliklerinin Belirlenmesi

Bu çalışmada, Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi (DAD *), Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi Deprem Araştırma Enstitüsü ve İstanbul Teknik Üniversitesi'nin deprem bölgesinde bulunan kuvvetli yer hareketi kayıt şebekesinden kaydedilmiş ivme kayıtları incelenmiştir. Depremde en büyük ivme değeri, Sakarya istasyonunun (DAD) D-B bileşeninde 0.41 g olarak kaydedilmiştir. Şekil 1, tüm istasyonlarda elde edilen ivme değerlerini göstermektedir (PGA)

Bütün ivme değerleri grafik üzerine dökülmüş ve Fukushima-Tanaka azalım eğrileriyle karşılaştırılmıştır (Şekil 2). Şekil 3 ve 4, SKR ve YPT istasyonlarının ivme kayıtlarını; şekil 5a ve 5b, yatay ve düşey hareketler için ivme tepki spektrumlarını göstermektedir. Sakarya (SKR) istasyonunun Doğu-Batı bileşenine ait ivme spektrum değeri, JMA-Kobe, O.Gas Fukiai, El C ve Taft depremlerinin ivme değerleri ile karşılaştırılmıştır (Şekil 6) SKR'nın D-B bileşeninin dalga formu, integral ile hız ve öteleme dalga formlarına dönüştürülmüştür (Şekil 7).

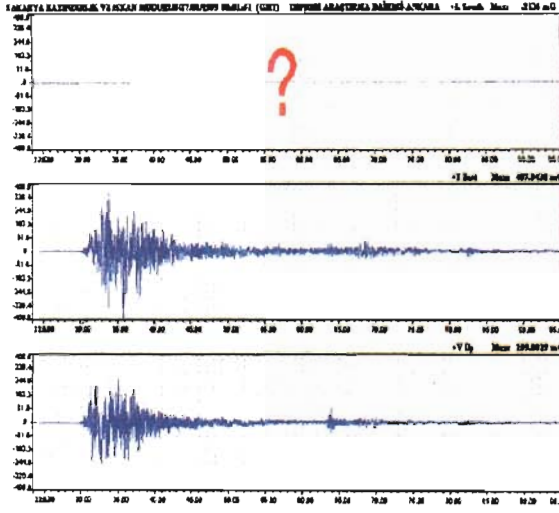


Şekil 2. İvme değerlerinin azalım eğrileri

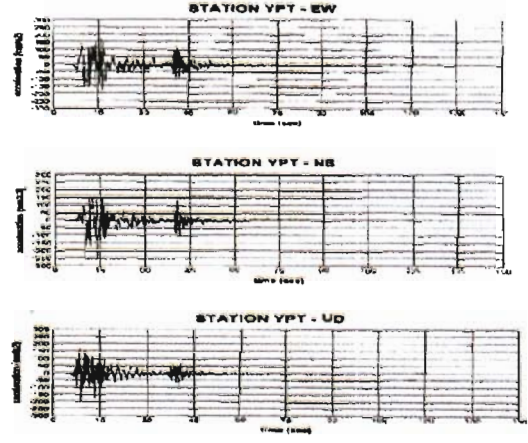
Minare Hasarı Araştırmasında Yer Hareketi Doğrultusunun Önemi

Bu çalışmada, yakın bir alanda meydana gelmiş olan depremin meydana getirdiği yer hareketinin yoğunluğu ve doğrultusu ile minarelerde yapmış olduğu hasar ilişkisi araştırılmıştır. Adapazarı'ndaki 28 adet caminin minarelerindeki yıkılma yönleri ayrıntılı incelenmiştir. Bu minarelerin bazıları betonarme (RC) ya da ağaç yapı üzerine saç kaplanarak inşaa edilmişlerdir. Taş blok ve beton malzemesiyle minare yapımı Adapazarı'nda uygulanmadığı görülmüştür. Şekil 8, bu minarelerin yerlerini göstermektedir

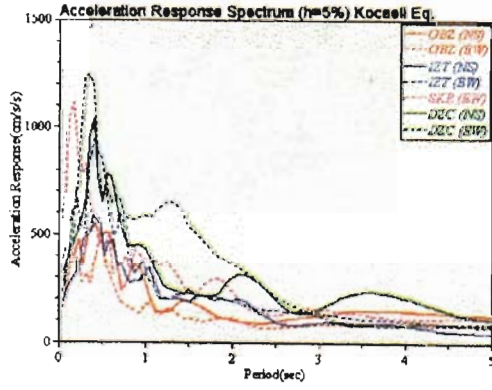
Genellikle betonarme minareler (RC) hasar görmüştür. Uzun minareler (40-50 m) fay doğrultusuna dik, kuzey- kuzeydoğu (10^0 - 40^0) yönünde, kısa minarelerin bazıları da başka yönlere doğru yıkılmışlardır (Şekil 9 ve 10, Foto 1, 2 ve 3). RC beton ve ağaç gibi ana malzemeler kullanılarak yapılmış minarelerde yıkılma esnasında malzemenin de büyük rol oynadığı gözlenmiştir. Ağaç malzemenin yapılmış minarelerden yalnızca bir tanesi yıkılmış, onun da çürüme sonucu yıkıldığı yetkililerden öğrenilmiştir.



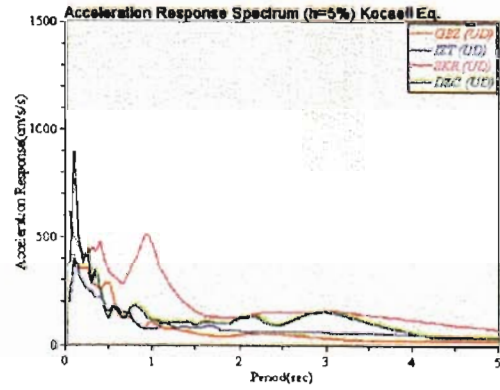
Şekil 3. SKR istasyonu ivme kaydı
(<http://angora.deprem.gov.tr/gif/i3skr.gif>).



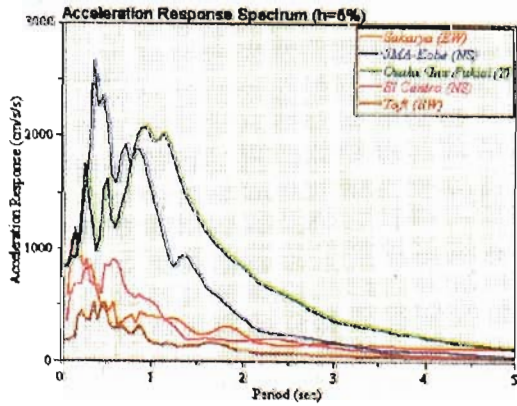
Şekil 4. YPT istasyonu ivme kaydı
(<http://www.koeri.bound.edu.tr/earthgk/s1.jpg>).



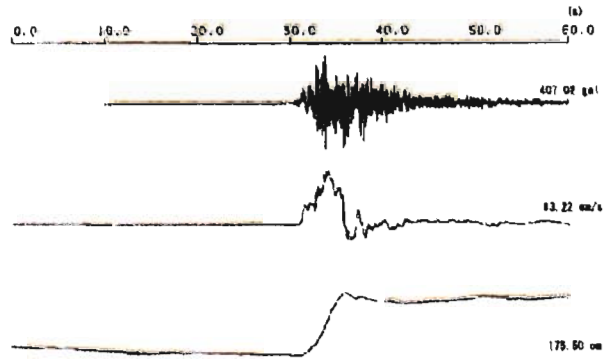
Şekil 5a. Yatay bileşen ivme tepki spektrumu.



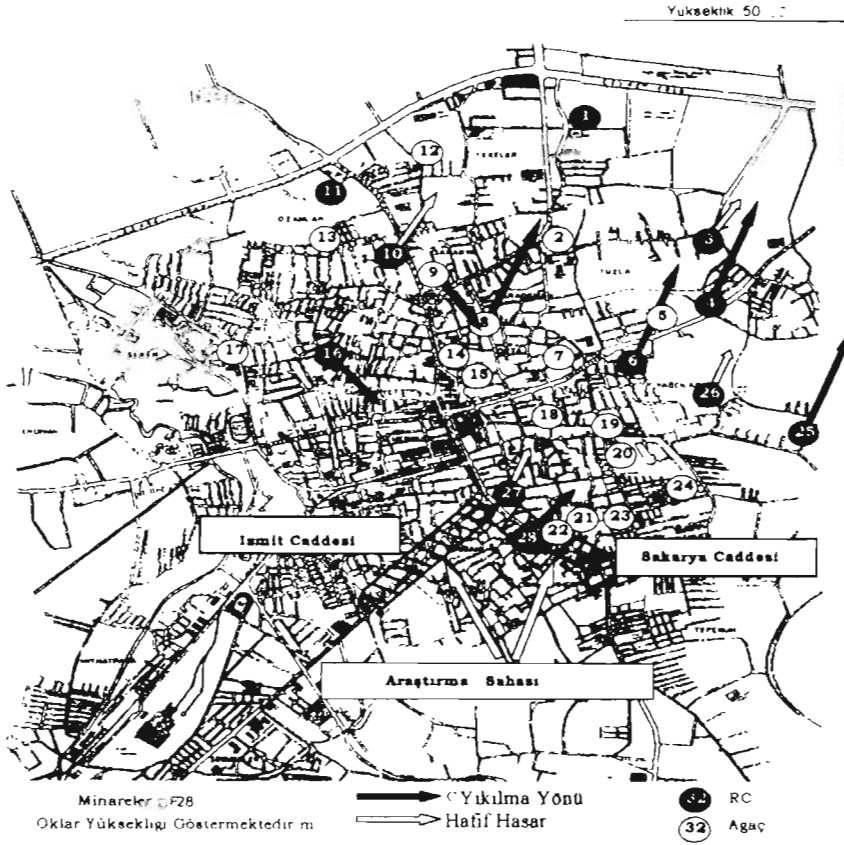
Şekil 5b. Düşey bileşen ivme tepki spektrumu.



Şekil 7. SKR ivme tepki spektrumunun diğerleriyle karşılaştırılması.



Şekil 8. SKR'nın gözlenen ve integral edilmiş dalga formu (AIJ ön raporundan)



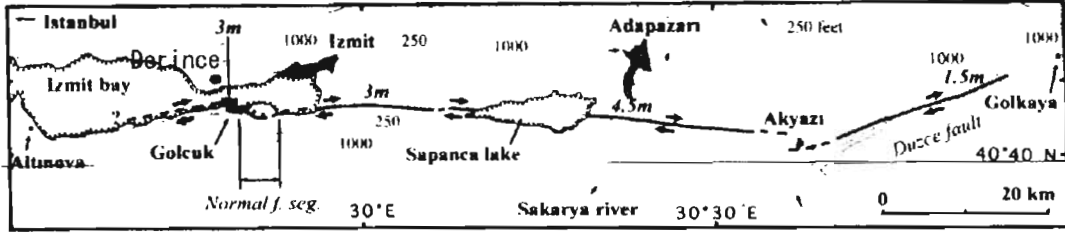
Şekil 8. Adapazarı şehir planı haritasında minarelerin dağılımı.

Diğer yandan, Derince'de betonarme bir caminin 48 metre uzunluğundaki minerasi, cami bahçesine güneydoğu doğrultusunda yıkılmıştır (Şekil 10, Foto 4). Mineranın yıkılma doğrultusu, buraya çok yakın YPT istasyonundan kaydedilmiş kuvvetli yer hareketi yönü ile karşılaştırılmıştır. Her iki hareket doğrultusunun birbirleriyle uyumlu oldukları görülmüştür.

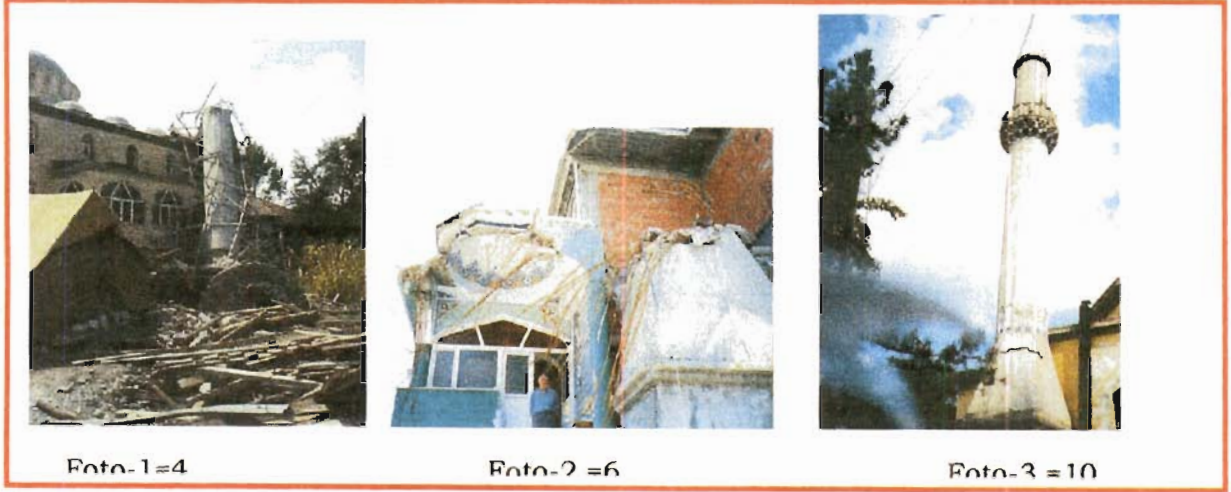
Yer Hareketi Doğrultusuyla Bina Hasarları İstatistiklerinin Yapılması

Yapısal hasarda deprem hareketi doğrultusunun etkisi, farklı doğrultuda iki cadde üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bu nedenle, İzmit ve Sakarya caddeleri boyunca minare hasarı incelenmiştir. Ayrıca bu iki caddedeki bütün bina hasarı araştırılmıştır. İzmit caddesinin yönü, deprem hareket yönüne paralel, buna karşıt, Sakarya caddesi ise dik doğrultudadır. İzmit caddesinde bina sayısı 67 (Kuzey-Batı kısmında 33, Güney-Doğu kısmında 34) ve Sakarya caddesinde ise 131 (Kuzey-Doğu kısmında 63, Güney-Batı kısmında 68) dir. Sakarya caddesine göre karşılaştırma yapıldığında; İzmit caddesi çok daha ağır hasar görmüştür. Başka bir deyişle İzmit caddesinde yıkılan binaların oranının (Ağır hasar 4 ve Yıkılmış 5) yaklaşık %60, Sakarya caddesinde ise %6 olduğu gözlenmiştir (Şekil 11).

** (D-1:Hasar yok, D-2:Hafif hasar, D-3:Orta hasar, D-4:Ağır hasar ve D-5:Yıkılmış)



Şekil 9. 17 Ağustos İzmit Körfezi depremi yüzey kırığı.

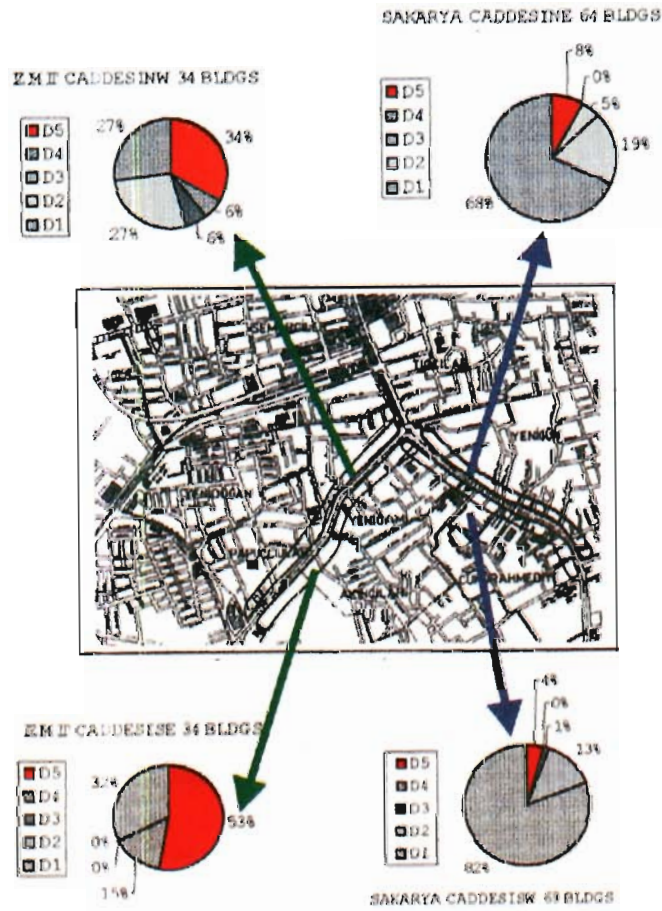


Şekil 10. Şekil 9'da yerleri verilen cami mineralleri hasarı.

Deprem kuvveti, cadde doğrultusunda büyük olduğu zaman, cadde üzerindeki binalar kolaylıkla hasar görebilmektedir. Bu nedenle, binaların hasar oranları farklı olmaktadır. Örneğin, Şekil 12, Foto-5 te görüldüğü gibi Sakarya caddesinde deprem yer hareketi doğrultusuna dik bir minare yıkılmıştır. Deprem kuvveti doğrultusunun etkisi, cadde üzerindeki binaların camlarının kırılmasından da belli olmaktadır (Şekil 12, Foto-6, Foto-7).

Şekil 12, Foto-8'de bu etki, duvar çatlaklarında açıkça görülmektedir. Şekil 12, Foto-9 ve 10 İzmit caddesindeki benzer hasarları göstermektedir. Bu binalar deprem doğrultusuna paralel olmasından dolayı hasar görmüştür. Şekil 12, Foto-11 ve 12 de İzmit caddesindeki yer altı su borularındaki hasarı göstermektedir.

Sonuç olarak binaların deprem yönüne göre doğrultuları hasarı açısından önemli rol oynadıkları söylenebilir.



Şekil 11. Sakarya ve İzmit caddelerindeki bina hasar yüzdeleri.



Foto-5 Yıkılan Minara (NO.28)



Foto-6 Hasar yok, yalnızca camlar kırılmış



Foto-7 Pençere Camları Kırılmış

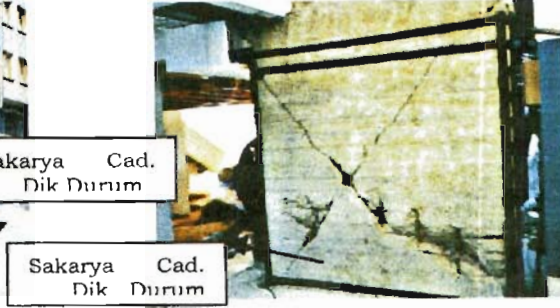


Foto-8 Duvar çatlakları



Foto-9 Eğimli bina



Foto-10 Yıkılmış bina



Foto-11 Su borularında hasar

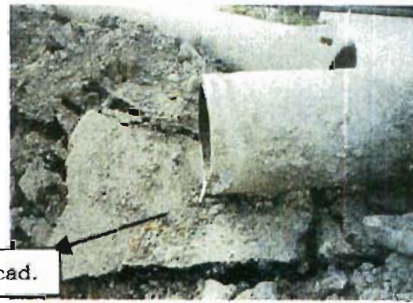


Foto-12 Su borusu kırılmış

Şekil 12. Minare ve yapıve altyapı hasarı

17 AĞUSTOS 1999 İZMİT KÖRFEZİ DEPREMİ:

17 AĞUSTOS 1999 İZMİT DEPREMİ ve COĞRAFI BİLGİ SİSTEMİ

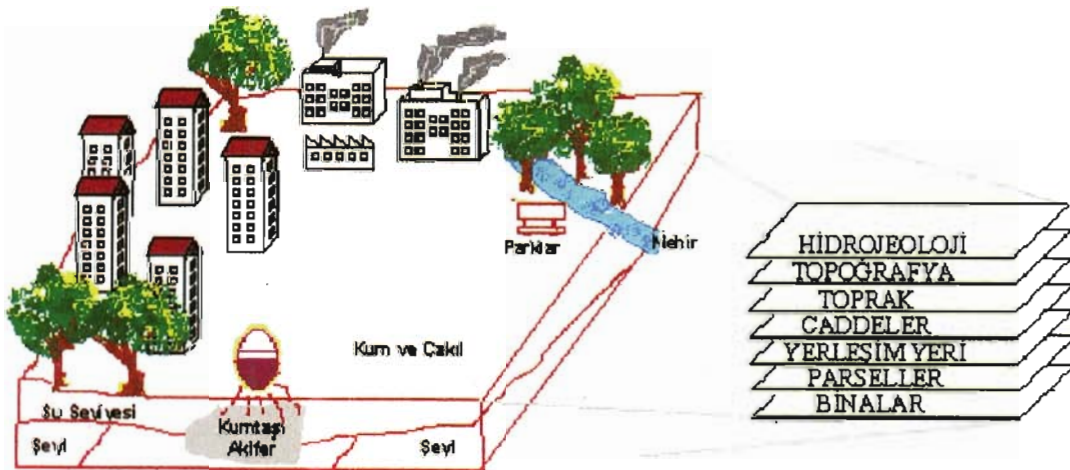
Gülşah BİLGİ
Deprem Araştırma Dairesi

17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi depremiyle tüm Marmara bölgesi ve çevresinde büyük bir felaket yaşandı. Afetin çok büyük olmasının nedeni alınması, gereken önlemler hakkında teknolojinin gücünü yeterince kullanılmıyor olmasıdır. Günümüzde depremi önleyebilecek bir teknolojiye bulunmamakta, ancak yüksek deprem riski taşıyan bölgelerde yapıcı önlemler alınarak, deprem sırasında ve sonrasındaki çalışmalarla deprem zararı en aza indirgenebilir.

Bu çalışmada, Coğrafi Bilgi Sistem'le (CBS) deprem öncesi, esnası ve sonrasında yapılan çalışmalardan bahsedilecektir. CBS, bir depremin hazırlık, zararın azaltılması, kurtarma, ilkyardım, yeni yerleşim yeri belirlenmesi gibi süreçlerde kullanılabilir.

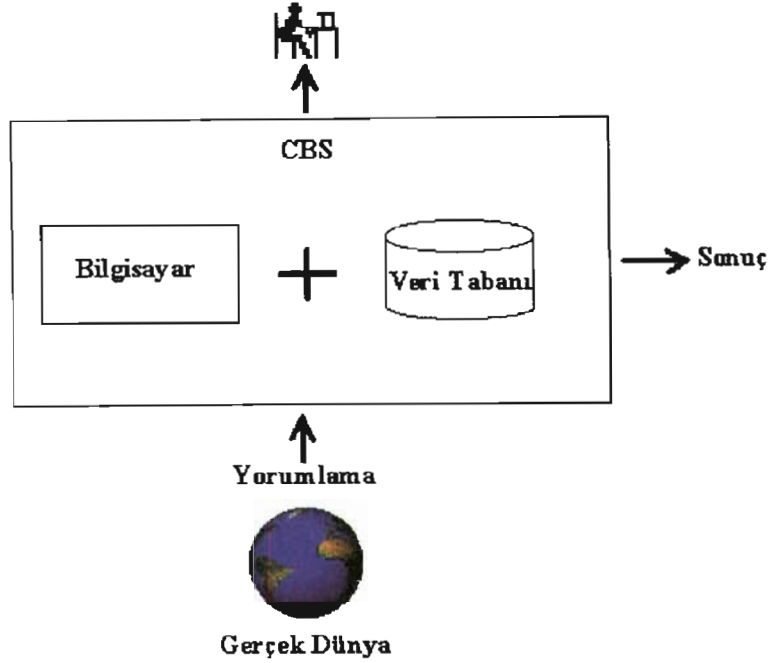
Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS)

Coğrafi Bilgi Sistemi; yeryuvarıyla ilgili tüm veriler ve bu verilerle ilişkili diğer tüm verilerin belirli tekniklerle toplanarak belirli bir sistem içerisinde sınıflanarak düzenlenmesi, doğrulanması, depolanması ve bu sistemdeki bilgilerin istenilen amaca uygun olarak dönüşümler, sorgulamalar, veri tabanı işlemleri ve analizler ile coğrafi bilgiye dönüştürülmesini sağlayan sistemdir (Şekil 1).



Şekil 1. Coğrafi Bilgi Sistemi ve katmanlar

Ormanlık alanlar, yollar, köprüler, akarsular, binalar, topoğrafik bilgiler, hayvanlar, nüfus dağılımları birbirleri arasında ilişkilendirilebilir (Şekil 2). Böylece analiz yapma olanağı doğar Buradan da gerekli ayrıntılı bilgiye ve sonuca en hızlı bir şekilde ulaşılır. Yerleşim yeri için uygun yerler seçilebilmekte, baraj yapımında uygun yerler saptanmakta, deprem riski taşıyan bölgeler belirlenebilmekte, karayollarının çığ, heyelan gibi tehlikeli noktaları belirlenebilmektedir (Şekil 2).



Şekil 2. Coğrafi Bilgi Sistemi'nin akış şeması.

CBS, deprem veya başka doğal afetlerin riskini taşımayan uygun yerlerin seçiminde olası, olası deprem senaryoları oluşturmada yardımcı olur.

Bilindiği gibi deprem riskinin yüksek olan yerler imara açılmasa ya da zeminin durumuna göre bina ve temel tipleri seçilse, can kaybı ve hasar da o oranda azalacaktır. Bu nedenle depreme hazırlık çalışmalarında ilk aşama, deprem tehlikesinin ve riskinin belirlenmesine esas teşkil eden deprem bölgeleri haritasının yapılmasıdır.

Bu harita için çeşitli coğrafi bilgiye ihtiyaç vardır. Bunlar:

- Deprem kaynak zonlarının belirlenmesi,
- Herbir kaynak zonunda geçmişte olmuş depremlerle ilgili verilerinin istatikselsel olarak değerlendirilmesi,
- Kaynak zonlarındaki en büyük deprem büyüklüklerinin belirlenmesi
- Her bir fay için azalım ilişkilerinin elde edilmesidir.

Bu veriler, CBS yazılımı kullanılarak yorumlamaya yönelik haritalara dönüştürülebilir. Her deprem bölgesinin kaç km² alan kapladığı, bu bölgelerde ne kadar insan yaşadığı, il, ilçe, bucak ve köylerin kaç dereceli deprem bölgesine düştüğü, enerji santrali, baraj gibi önemli yapıların hangi zonda olduğu gibi birçok soruya cevap bulunabilir.

Deprem Bölgeleri Haritası illere ve bölgelere göre deprem senaryoları oluşturmada bir zemin teşkil eder. Şekil 3, CBS kullanılarak elde edilmiş İstanbul ilinin Deprem Bölgeleri Haritası'nda farklı derecelere düşen farklı kesimlerinin yüzölçüm dağılımlarını göstermektedir.

Bir depremin zararını azaltabilmek için olası depremler için deprem senaryoları üretilmelidir. Deprem senaryosu yapılan bölgenin hangi ivmede ne kadar etkileneceği, hangi yapının (yapı tipi, kat yüksekliği, kullanılış şekli, depremin episantrından ne kadar uzaklıkta olduğu bilinen) nasıl davranacağı, yolların, içme sularının ve doğalgaz hatlarının durumu, topolojiyle çakıştırılmış haritalardan kolaylıkla bulunabilir.

Deprem sırasında ve sonrası çalışmalarında CBS kullanımı

Depremin olduktan sonra birkaç dakika gibi çok kısa sürede depremin nerede ve ne büyüklükte olduğu gibi deprem parametreleri jeolojik haritaya işlenerek en fazla hasar göreceği yerler saptanabilir. Şekil 4, bu amaçla 17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi ve 12 Kasım 1999 Düzce depremleri sonrasında yapılmış bölgeyle ilgili her türlü bilgileri göstermektedir.

Eğer bölgenin daha önceden deprem senaryosu yapılmış ve bölgeye ait (Binalar, yollar vb. gibi) veriler güncelliğini koruyorsa depremin bu bölgeyi hangi oranda etkileyebileceği hakkında tahminler yapılabilir. Bu da ilk yardımla ilgili ekiplerin doğru yerlere çabuk ulaştırılması anlamına gelir.

CBS deprem olduktan sonra bölgeye ulaşılacak en kısa yolun belirlenmesinde kurtarma araç ve gereçlerinin en çabuk şekilde ulaştırılmasında büyük rol oynar. Bu belirleme CBS yazılımları kullanılarak yol durumlarına göre yapılabilir. En uygun yollar da tayin edildikten sonra yaralıların ulaştırılabilecekleri hastaneler yine CBS kullanılarak kolayca saptanabilir.

CBS bölgenin değişen durumuna göre verilerin güncelleşmesi, uydu görüntüleri ve hava fotoğraflarında kullanılmasıyla daha çabuk amacına ulaşır.

Kısaca bir deprem olduğu zaman "HAZIRLIKSIZDIK" denilemeyecek kadar deprem en az zararla atlatılabilir.

Deprem sonrası kurtarma işleri tamamlandıktan sonra yeniden yapılanma sürecinde;

- Yardımların ihtiyacı olan yerlere eşit dağıtımı
- Çadırkentlerin uygun yerlere kurulması
- Hasarlı binaların tespiti

- Enkazların kaldırılması
- Sürekli yaşanabilecek yerleşim yerlerinin seçimi

gibi birçok sorunla karşılaşılacaktır.

Kriz masasındaki yönetici, hangi bölgede ne tür ve ne kadar yardıma ihtiyacı olduğunu, en kısa dağıtım merkezleri gibi sorgulamalara yine CBS ile hazırlanmış haritalardan yanıt alabilir. Örneğin;

Çadırkent yerleşim yeri belirlemedeki kriterler :

- Su geçirgen yerler
- Az eğimli yerler
- Suyun çıkmasına izin veren yerler
- Taşkın alanlarında olmayan yerler
- Ana yollara yakınlık
- Hasarlı yerleşim ve orman alanı olmayan yerler

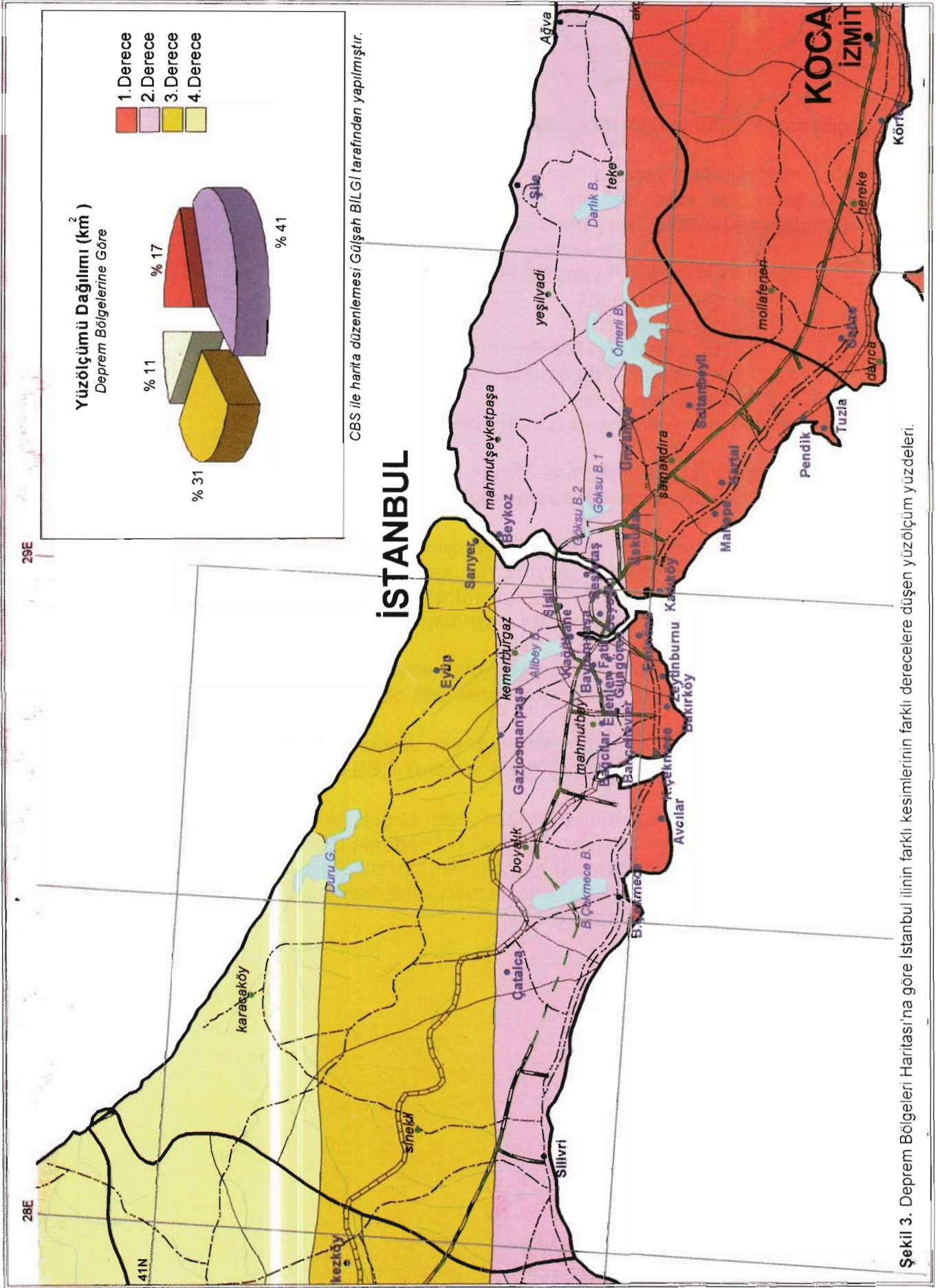
CBS analizi ile bu kriterlere uygun yerleşim yeri belirlenebilir. Aş evleri, tuvaletler, duşlar ve hastaneleri de kapsayacak şekilde haritalanabilir.

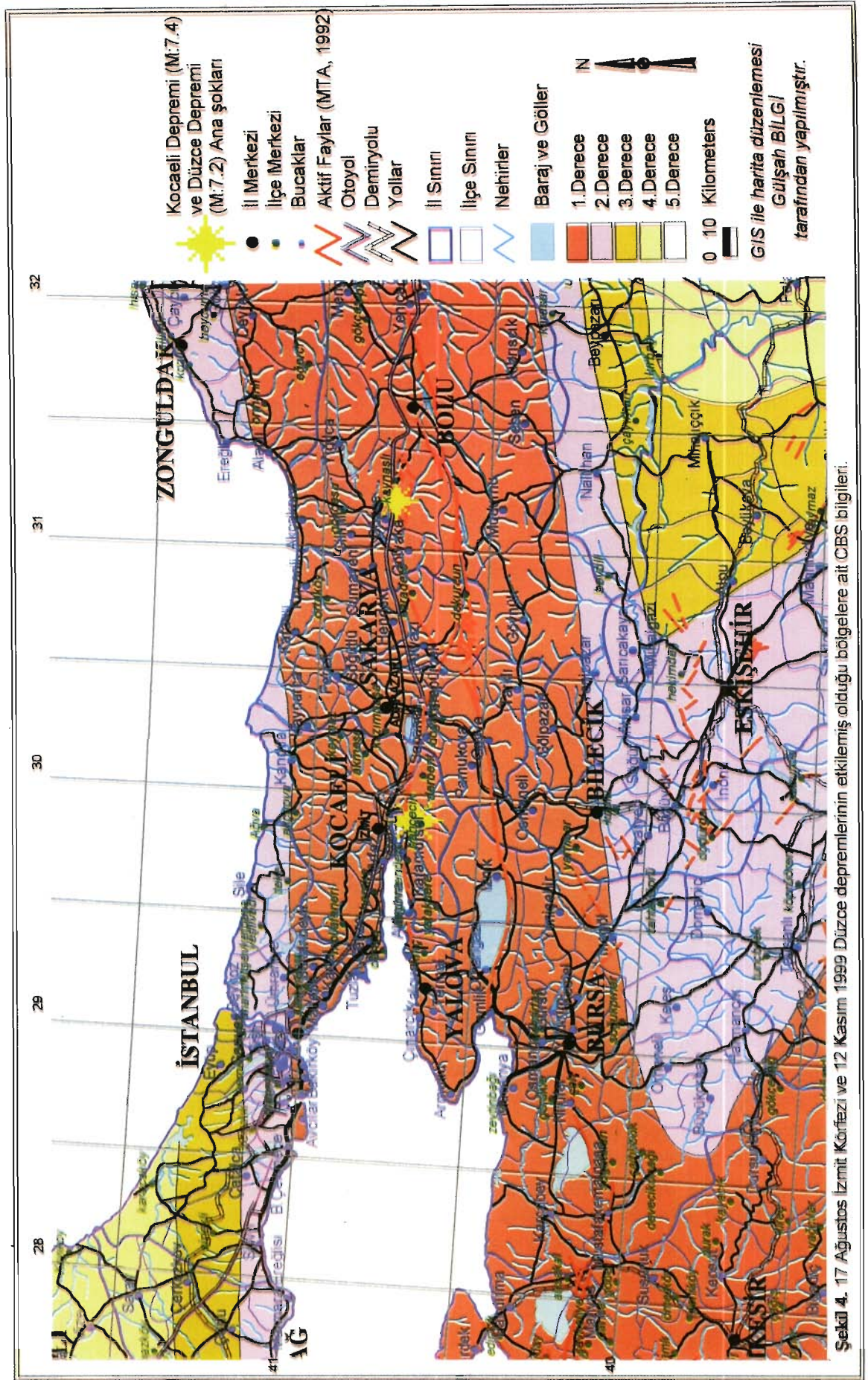
Hasar tespit sonuçları planlama ve yeniden inşa için önem taşıdığından bölgenin deprem öncesi durumuyla karşılaştırılarak veri tabanına işlenir. Deprem öncesi ve sonrası durum karşılaştırılarak bölgede konut ya da işyeri yıkılan hak sahiplerinin durumlarını kanıtlamalarına yardımcı olur.

CBS yazılımlarıyla bölgede problem olan enkazlar en uygun maliyetle nerelere kaldırılması gerektiği konusunda bilgiler elde edilebilir.

Kalıcı yerleşim yerleri başta anlatıldığı gibi deprem bölgeleri, zemin, tarım alanı olmayan yerler gibi vb. faktör dikkate alınarak CBS analizi ile belirlenebilir.

Geçmişte Kuzey Anadolu Fay zonunda birçok yıkıcı deprem olmuştur ve gelecekte de olmaya devam edecektir. Bu nedenle CBS, deprem zararlarının en aza indirgenmesinde; bilim ve teknolojinin tüm olanaklarını kullanan çok faydalı bir sistemdir. Yeter ki yaşadıklarımızdan ders alıp teknolojiyi bütün insanların yararına kullanmak için çalışalım.





Şekil 4. 17 Ağustos İzmit Körfezi ve 12 Kasım 1999 Düzce depremlerinin etkilediği olduğu bölgelere ait CBS bilgileri.

ana şok ise Arifiye-Gölyaka arasında 50 km'lik bölümü kırmıştır. Her iki ana şok, kırıkların ortasında yer almış ve kırıklar iki yöne doğru yayılmışlardır. İlk ana şoka ait yüzey faylanması en büyük 3.0 m, ikinci ana şoka ait yüzey kırığında ise 1.5 m'lik sağ yanal yer-değiştirmeler ölçülmüştür. Her iki şoka ait çakışma bölgesinde ise en büyük 4.5 m'lik yer-değiştirme gözlenmiştir. Bu durum, ikinci ana şokun birinci ana şokun geliştiği çakışma bölgesinde 1.5 m'lik ilave atımlar oluşturmuştur.

Deprem kırığının çok uzun olması ve yer-değiştirme miktarının çok büyük olması hasarın geniş bir alanda gelişmesine neden olmuştur.

3) Çizgisel-mühendislik yapılarının fay izine dik olarak inşa edilmesi:

Günümüzde fay düzlemi boyunca olan hareketi durduracak herhangi bir teknolojik güç ve ekipman yoktur ve olmayacaktır da. Fay, üzerinde ve enine geçen tüm yapılar, bir deprem sonunda kesilir ve yer-değiştirir. Özellikle fayı enine geçen otoyol, tren rayları, boru hatları, tünel gibi çizgisel yapılar, fay hareketi sonucu bükülür, kıvrılır ve kesilerek ötelenirler. 17 Ağustos 1999 depreminde, Değirmendere, Gölcük, Kullar, Rahmiye, Maşukiye, Acısu, Arifiye, A. Kirazlı ve Horozlor gibi doğrudan fay izi üzerinde inşa edilmiş evler ve mühendislik yapıları kesilmiş ve yer-değiştirmiştir. Örneğin, A. Kirazlı köyünde Sakarya nehri üzerinde bulunan köprü, Arifiye üst-geçidi ve tren rayları bükülmüş ve kesilmiştir.

4) Depremin oluş zamanı: Depremin oluş zamanı, hasardan çok ölü sayısının az ya da çok olmasında etkilidir. Deprem, kış mevsiminde ya da gece saatlerinde olursa, ölü sayısının çok olmasına neden olmaktadır. 17 Ağustos 1999 depreminin gece saat 03:02 de herkesin uyurken olması, ölü sayısının çok daha fazla olmasına sebep olmuştur.

5) Depremin büyüklüğü ve kuvvetli yer-hareketinin süresi: Depremin büyüklüğü 7.4 olarak belirlenmiştir. Ancak, yukarıda söz edildiği gibi deprem iki ana şoktan oluşmuştur. Bu nedenle depremle ilgili kuvvetli yer-hareketi kayıtları ve dünyanın değişik sismolojik istasyonlarında -kaydedilmiş uzun periyod kayıtları inceleyerek, her iki şokun büyüklükleri ayrı ayrı vermeye çalışılacaktır. Ayrıca deprem kırığı ile ilgili kırık ilerleme süreçleri incelenmeli ve kırığın nasıl yayıldığına açıklık getirilmelidir. Arazide gerçekleştirilmiş jeolojik gözlemler, her iki şoka ait kırığın iki yöne doğru yayıldığını açık olarak belgelemektedir. Her iki şoktan oluşan depremin kuvvetli yer-hareketi süresi 45 saniye olarak ölçülmüştür. İlk ana şok 20 saniye sürmüş ve 1-2 saniyelik duraklamadan sonra ikinci yırtılma tetiklenmiş ve ikinci ana şok 25 saniye devam etmiştir. Bu yüzden depremin kuvvetli yer-hareketi süresinin çok uzun olması, hasarın çok ağır olmasına neden olmuştur. Yerel halktan elde edilen bilgiler, insanların büyük çoğunluğunun ilk ana şoktan sonraki 1-2 saniyelik duraklamadan sonra dışarı kaçarak kurtulduklarını ve ilk ana şokta yıkılmayan birçok binanın ikinci ana şoktan sonra yıkıldıklarını göstermektedir.

17 AĞUSTOS 1999 İZMİT KÖRFEZİ DEPREMİ:

JEOLOJİK AÇIDAN DEPREM HASARININ NEDENLERİ

Ramazan DEMİRTAŞ
Deprem Araştırma Dairesi

Bu bölümde deprem hasarının ağır olmasının altında yatan nedenler irdelenecektir.

17 Ağustos 1999 tarihinde saat 03:02'de İzmit Körfezi civarında 7.4 büyüklüğünde yıkıcı bir deprem olmuştur. Deprem, 16 bin kişinin ölümüne, 25 bin kişinin yaralanmasına neden olmuştur. Depremde yaklaşık 75 bin ev tamamen yıkılmış ve 150 bin civarında ev orta ve hafif derecede hasar görmüştür. Resmi rakamlara göre depremin neden olduğu maddi kayıp 7 milyar dolar olarak tahmin edilmiştir. Deprem, iletişim, ulaşım, elektrik, su ve altyapı gibi tüm hayati sistemlerin aksamasına neden olmuştur. Deprem, Ankara ve Zonguldak dahil batıda yer alan tüm illeri kapsayan oldukça geniş bir alanda hissedilmiştir.

17 Ağustos 1999 tarihinden 4 Ekim 1999 tarihine kadar büyüklükleri 2 ile 5.8 arasında değişen yaklaşık 2 bin civarında ardçı-deprem kaydedilmiştir. 31 Ağustos, 13 Eylül ve 29 Eylül'de 5.2, 5.8 ve 4.8 büyüklüğünde üç büyük ardçı-deprem olmuştur. Ardçı-depremler, kırık başlangıç ve bitiş noktalarına işaret eden 4 ayrı bölgede (doğudan-batıya Gölyaka, Akyazı, Gölcük ve Yalova-Çınarcık arası) yoğunlaşmıştır.

1999 İzmit Körfezi depreminin ağır hasarla sonuçlanmasının altında neler yatmaktadır? Hangi etkenler hasarın ağır olmasında etkili olmuştur? Depremin öğrettikleri nelerdir? Bu tür etkileri en aza indirmek için ne yapılmalı? Bu soruları aşağıda maddeler halinde kısaca açıklamaya çalışalım.

1) Depreme dayanıklı olmayan yapı üretimi: Ülkemizde yapı kalitesi son derece düşük olduğu için ve deprem yönetmenliğine uymayan denetimsiz inşaat yapıldığı için, 5.5 büyüklüğünde bir depremle yıkılmaya ve çökmeye başlamaktadır.

2) Yüzey kırığının uzunluğu ve yatay yer-değiştirme miktarı: Arazi gözlemleri ve kuvvetli yer-hareketi kayıtları, depremin iki ana şoktan oluştuğunu göstermektedir. İlk ana şok, Gölcük-Kullar arasında; ikinci ana şok Arifiye-Akyazı arasında kırsal bir kesimde yer almaktadır. Deprem, Kuzey Anadolu Fayı'nın Gölyaka (Bolu) ile Karamürsel (Kocaeli) arasında uzanan yaklaşık 120 km'lik bölümünü kırmıştır. İlk ana şok, Karamürsel-Gölcük arasında 30 km'lik bölümü (körfez içerisinde) ve Gölcük-Arifiye arasında 40 km'lik bölümü; ikinci

6) Deprem odak derinliği: Bilindiđi gibi, depremin odak derinliği ne kadar yūzeeye yakın olursa, yıkıcı etkisi de o kadar bŸyŸk olmaktadır. Bu tŸr depremler, genellikle Alp-Himalaya kuŸađı gibi arpıŸma zonları ve okyonus ortası sırtlar boyunca olmaktadır. Kuzey Anadolu Fay Zonu boyunca oluŸmuŸ depremin odak derinliği ortalama 10 km civarındadır. Bu nedenle yūzeeyde yaptıkları hasar son derece ağır olmaktadır. 1999 İzmit KŸrfezi depreminin odak derinliği çok sığ olup, 16 km olarak belirlenmiŸtir. Bu nedenle depremin yūzeeyde yapmıŸ olduğu hasar oldukça ağır olmuŸtur. Diđer yandan karŸılaŸtırmak amacıyla 1995 yılında Kobe'de (Japonya) olmuŸ deprem örnek olarak verilebilir. Depremin bŸyŸklŸđŸ 7.2 ve odak derinliği 14.3 km olarak saptanmıŸtır. Deprem odak derinliğinin yūzeeye yakın olması nedeniyle, kŸrfez depremine benzer Ÿekilde Kobe, Osaka, Kiyato ve Awaji adasındaki birçok bina tamamen okmŸ ve 5.400 kiŸi lmŸtŸr.

Deprem odak derinliği ne kadar derin olursa, depremin hissedime alanı çok geniŸ olmasına rağmen yıkıcı etkisi çok daha az olmaktadır. Bu tŸr depremler, daha çok yitim kuŸakları boyunca Pasifik levhasının sınırları boyunca olmaktadır. Örneğin 1999 Mexico depreminin bŸyŸklŸđŸ 7.5 olmakla beraber odak derinliği 50 km'nin altında yer almıŸ ve bu nedenle can kaybı çok az olmuŸtur.

7) Deprem merkezinin yerleŸim yerlerine olan uzaklığı: Depremin oluŸ yeri, deprem hasarının az ya da çok olmasında oldukça etkilidir. 1999 İzmit KŸrfezi depreminin merkezi, sanayi ve nufus yoğunluğunun çok olduğu İzmit KŸrfezi civarında yer almıŸtır. Depremin merkezi, hemen GlcŸk altında, İzmit'e 5-10 km ve Adapazarı'na 10-20 km uzaklıkta bulunmaktadır. Bu nedenle bu kentlerde ağır hasar olmuŸtur. Birinci anaŸok kent merkezlerinin hemen yakınında/altında olmasına karŸılık, ikinci ana Ÿok Sapanca-Akyazı arasında kırsal bir alanda olduğu için, bu kesimde yer alan yerleŸim yerlerinde hasar daha hafif olmuŸtur.

8) SanayileŸme ve nufus yoğunluğu: Depremin sanayi kentlerinin ve nufus yoğunluğunun çok fazla olduğu bölgede olması, hasarın artmasına neden olmuŸtur. Nufus yoğunluğunun fazla olması çarpık kentleŸmeyi ve sorunlarını beraberinde getirmiŸtir. Bu nedenle, toprak değer kazanmıŸ, kat ilaveleri olmuŸ ve yapım kalitesi oldukça dŸŸmŸtŸr.

9) SıvılaŸma: Yūzeeye yakın kum tabakalarında, kum tanecikleri arasındaki boŸluklara ani sismik kuvvet (Deprem Ÿoku) uygulandığı zaman, tanecikler arasındaki denge bozulur ve kum ile birlikte su yūzeeye doğru hareket ederek zemin yūzeeyine çıkmaya baŸlar. Bu olay sıvılaŸma olarak adlandırılır. SıvılaŸma, genellikle suya doygun gevŸek zeminlerde ve sonradan kurutularak ıslah edilmiŸ göl, akarsu ve deniz kıyı kenarı gibi alanlarda grŸlŸr. SıvılaŸma sonucu kum su ile birlikte hareket ederek zemin sıvı gibi davranmaya baŸlar. Böylelikle sıvılaŸmıŸ zemin Ÿzerinde bulunan binalarda (depreme dayanıklı olarak yapılırsa bile) yana yatmalar ve devrilmeler olur. SıvılaŸma sonucu

kanalizasyon, içme, doğal gaz boru hatları ve iletişim kabloları parçalanır ve kırılırlar

Sıvılaşma düşey ve yanal yayılmalar şeklinde gelişir. Düşey yayılmalar, yeryüzünde kum fışkırmaları / kaynamaları, kum volkanları ve kum kratercikleri şeklinde görülür. Örneğin 27 Haziran 1998 Ceyhan-Misis depreminde 2 m derinlikte 4 m çapında kum kratercikleri gelişmiştir. Yanal yayılmalar, genellikle bölgesel boyutta olup, çok düşük yamaçlarda sıvılaşmış bir tabakanın üzerinde yamaç aşağı hareket eden dilimler şeklinde gelişen kütle hareketleridir. Serbest yüzeye doğru dilimler şeklinde gelişen yanal yayılmalar, metreler boyutuna eriştiği zaman, topuk boyunca ters kesmeler ve çökmeler gelişir. Diğer yandan, dere ve taraça kenarları boyunca dar ve açık yarıklar şeklinde yanal yayılmalar gelişir. 17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi depreminde, Sapanca Gölü güneyinde (Sapanca Oteli ve Olimpia Restaurant binalarının bulunduğu alan), Değirmendere, Gölcük, Karamürsel, Derince ve Altmışevler kesiminde oldukça yaygın yanal yayılmalar olmuş ve üzerinde bulunan binalar tamamen çökmüş ve ağır hasar görmüşlerdir.

Bazı durumlarda sıvılaşma yüzeye kadar erişemez ve yüzeyin birkaç metre altında dayk ve siller şeklinde gelişebilir. Bu durumda yüzeyde herhangi bir kum fışkırması olmazken, alttaki ani basınç sonucu yüzeyde farklı oturma ve yenilmeler olur.

17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi depreminde, Adapazarı kent merkezindeki hasarın büyük olmasının nedeni sıvılaşmadan ileri gelmiştir. Sıvılaşma sonucu kent merkezinde, Kavaklı caddesi boyunca kaldırımlar 1 m civarında yukarı kaldırılmış ve binaların zemin katları ise zemin içine gömülmüşlerdir. Diğer yandan birçok bınada yan yatmalar ve devrilmeler olmuştur. Binalar temellerinden sökülerek devrilmiş ve komşu binaların üzerine doğru yan yatmışlardır. Farklı yönlere doğru yan yatma ve devrilmeler, bazı binaların ayakta kalmasını sağlamıştır. Ayrıca, benzer küçük boyutta sıvılaşma olayları, Akyazı, Düzce ve Gölyaka'da gözlenmiştir.

10) Yüzeye yakın gevşek ve suya doymuş zeminlerin kalınlıkları: Niçin bir depremde yumuşak zemin üzerinde bulunan binalarda hasar ağır olmaktadır ? Depremin iç-merkezinde (odak noktası) faylanma sonucu sert kayalar kırılarak yırtılmaya başlar ve sismik dalgalar yayılmaya başlar. Sismik dalgalar yeryüzüne ulaştıkları zaman, gevşek ve suya doymuş zeminlerde soğurularak (absorbe olarak) oldukça karışık kırılma, yansıma ve karışıma uğrarlar. Sismik dalgaların hareketleri, yeryüzüne yakın tabakaların bileşimi ve fiziksel özelliklerine bağlı olarak değişir. Genellikle yüzeye yakın tabakalar ne kadar yumuşak ve kalın olursa, sismik hareketler de o kadar büyük ve hareket süresi de o kadar fazla olur. Bu nedenle bu tür zeminlerde kuvvetli yer-hareketi birkaç kat büyütülür ve hasar oldukça ağır olarak sonuçlanır.

17 Ağustos 1999 depremi kuvvetli yer-hareketi, gevşek ve suya doymuş oldukça kalın genç çökeller üzerinde bulunan Adapazarı, Düzce, Akyazı ve

Gölyaka gibi yerleşim yerlerinde 4 kat daha fazla büyütülmüş ve hasar ağır olmuştur. Adapazarı kent merkezinde bulunan kuvvetli yer hareketi kayıt istasyonunda en büyük ivme 0.4 g olarak kaydedilmiştir. Buna karşıt, İzmit Körfezi sahilinden uzak yüksek ve sert kayalık zeminler üzerinde bulunan İzmit, Gölçük, Karamürsel, Yalova ile Adapazarı'nın kenar semtlerinde yıkılan bina olmamış ve hasar hafif olarak gerçekleşmiştir.

Diğer taraftan, gevşek ve kalın zemin üzerinde yer alan Arifiye-Akyazı TEM otoyolu ve tren yolu boyunca büyük ölçekli zemin yenilmeleri, farklı oturma, çökme ve kaymalar olmuştur. Bu yol üzerinde bulunan birçok köprü ve üst geçitlerin ayaklarında farklı oturmalar gelişmiştir. Bu hat boyunca yer alan yerleşim alanlarında bu tür zemin yenilmeleri sonucu, içme suyu ve kanalizasyon boruları parçalanmış ve kırılmıştır.

11) Sonradan kurutulmuş ve ıslah edilmiş dolgu alanlar: Çarpık kentleşme ve yoğun nüfus, akarsu, göl ve deniz gibi alanların kurutulması ve doldurularak ıslah edilmesini beraberinde getirmiştir. Bu tür alanlar da hem gevşek ve hem de yumuşak alanlar olduğu için deprem açısından oldukça riskli alanları oluştururlar. Bu tür alanlarda, dolgu kesim ile alttaki temel arasındaki süreksizlik yüzeyi boyunca dalgalar farklı yansıma ve kırılmalara uğrayarak zemin hareketi büyütülür. 17 Ağustos 1999 depreminde, dolgu alanlar üzerine kurulmuş Değirmendere, Derince, Tüpraş, Altmışevler ve Avcılar'da dolgu kesim deniz içerisine kaymış ve hasar çok ağır olmuştur. Benzer şekilde 1989 Loma Prieta depreminde (Kaliforniya), deprem merkezinden 100 km uzaklıkta, yumuşak-suya doymuş körfez çamurlarının kurutulması ve ıslah edilmiş bir zemin üzerinde kurulmuş Marina bölgesinde hasar oldukça ağır olmuştur. Benzer hasar, 1995 Kobe depreminde (Japonya) de gözlenmiştir.

12) Havza tabanı topoğrafyası: Özellikle Adapazarı, Akyazı, Düzce ve Gölyaka gibi aynı zemin yapısına sahip düzlük alanlarda kurulmuş yerleşim alanlarında bile hasar farklı farklı olarak gelişmiştir. Bu hasarın farklı olmasında havzanın taban topoğrafyası etkili olmuştur. Özellikle daha kaba taneli ve ince çökelin olduğu dağ eteklerine yakın kesimlerde hasar, daha ince taneli ve kalın çökelin olduğu dağ eteğinden uzakta bulunan yerleşim alanlarına göre daha az olmaktadır. 17 Ağustos 1999 depreminde Sapanca ve Arifiye hemen fayın yakınında olmasına rağmen havza tabanı topoğrafyasının yüksek tepeliklerden olması ve çok ince gevşek çökellerin bulunması nedeniyle hasar çok hafif olmuştur.

13) Heyelan-kaya düşmesi-çığ: Büyük depremler, deprem merkezinden 500-1000 km uzaklıkta bulunan eski heyelanları harekete geçirebilir ya da kaya düşmesi-çığlara neden olabilir. Örneğin 1990 Luzon depremi (Filipinler) deprem merkezinden oldukça uzak alanlarda heyelanlara neden olmuş, trafik akışını aksatmış ve acil yardım-kurtarma çalışmalarını engellemiş ve geciktirmiştir. 17 Ağustos 1999 depremi, Gebze-İstanbul yolu üzerinde büyük kaya bloklarının düşmesine ve birkaç trafik kazasının olmasına neden olmuştur.

14) Yangın: Depremın ikincil etkilerinin başında yangın gelmektedir. Deprem, özellikler kış mevsiminde olursa sivilaşma ya da faylanma sonucu doğal gaz borularının parçalanması ya da kırılması ya da sobaların devrilmesiyle yangınlar olabilir ve insanlar bina yıkılmasından ziyade yangın sonucu ölebilirler. Örneğin 1989 Loma Prieta ve 1995 Kobe depremlerinde insanların çoğu yangından ölmüştür. 17 Ağustos 1999 depremi önemli sayılmayacak birkaç evde yangına neden olmuştur. Buna karşılık TÜPRAŞ gaz-dolum tesislerinin bir hafta süreyle yanmasına neden olmuştur. Bu yangın, bölge halkı için tehdit oluşturmuş, halkın bu bölgeyi boşaltmasına ve yüksek dağlık alanlarda günlerce aç-susuz yaşamasına sevketmiştir.

15) Tsunami: Okyonus ya da açık bir deniz içinde büyük bir deprem olması sonucu, okyonus kıyıları ya da deniz kenarları boyunca dev deniz dalgaları kıyıya doğru akın eder ve kıyı boyunca yerleşim yerlerinde önemli hasar ve can kayıplarına neden olurlar. Bir depremin tsunami oluşturabilmesi için, düşey yönlü bir hareketin (normal / ters faylanma), deniz altında büyük boyutlu bir heyelanın ya da deniz içinde volkanik adalarda bir patlamanın olması gerekir. Açık denizde tsunami dalgalarının hızı saatte 700 km'yi aşar. Tsunami dalgaları, sığ derinliklere ulaştıkları zaman hızları aniden azalır. Buna karşın, dalga yüksekliği kat kat artar ve bazen 25 m'ye erişebilir. Örneğin 34 km odak derinliği olan 1993 Japon Denizi depremi tsunami dalgası oluşturmuş ve 270 kayık batmıştır. Tsunami dalgası, Okushiri adasının silinmesine ve 200 kişinin ölmesine neden olmuştur. Dalga, adada bazı yerlerde 5-10 metreye, bazı yerlerde ise 30 m'ye erişmiştir.

17 Ağustos 1999 depremine neden olan fay yatay yönlü bir fay olduğu için, tsunami dalgası oluşturamamıştır. Tsunami olarak medayaya yansıyan, İzmit Körfezi boyunca dolgu alanların deniz içine kayması sonucu gelişmiş deniz çalkalanmasından başka bir şey değildir.

16) Acil-yardım ve kurtarma ekiplerinin rolü: Depremden hemen birkaç saat içerisinde yaralanan ve yıkık binalar altında bulunan insanların hızlı bir şekilde kurtarılması hayati önem taşımaktadır. Ekipler arasındaki koordinasyonun sağlanması, hem zaman kaybını önlemek hem de erken müdahale etmek açısından son derece önemlidir.

Not: Bu bölümde Demirtaş (1999b)'den yararlanılmıştır.

DEPREM ZARARLARININ AZALTILMASINA İLİŞKİN ÖNERİLER ve ÇÖZÜMLER

Ramazan DEMİRTAŞ
Deprem Araştırma Dairesi

Bu bölümde deprem zararları nasıl en aza indirgemek için neler yapılmasına ilişkin öneri ve çözümler sunulmaktadır.

Ülkemizin % 96'sının deprem riski altında olması, ayrıca Karadeniz bölgesinden Ege bölgesine ve İstanbul'dan İzmir'e büyük şehirlerde, her yağış sonrasında pek çok alanın heyelan, su baskını, çığ düşmesi vb. gibi doğal afetler ile karşı karşıya kalması nedeniyle, herşeyden önce toplumumuzun afetler konusunda ciddi olarak bilgilendirilmesi ve bu afetlere karşı hazırlıklı duruma getirilmesi bir zorunluluk olarak ön plana çıkmaktadır. Bunun için de ülkemizde afetlere hazırlık önlemleri ve afet sırası davranışları ile ilgili genel bilgilendirme, uyarı sistemleri kurma ve geliştirme, sivil örgütlenme, medyanın kullanımı ve kamu yararı gözetmeyen uygulamalara karşı denetleme ve alınacak cezai yaptırımlar yanısıra, halkta **Afet Kültürü** oluşturmak son derece önemlidir.

Ülkemizde meydana gelen afet zararlarının azaltılmasında alınabilecek etkili önlemler herşeyden önce **tutarlı ve kararlı bir denetim sisteminin** kurulabilmesine bağlıdır. Çünkü yapılan imar planları üzerinde ciddi ve kararlı bir sisteminin kurulamayışı, imar planlarının keyfi değiştirilmesine ve olası afet risklerine karşı yapılan önerilerin dikkate alınmamasına yol açmıştır.

İmar planlarının ve yapı projelerinin kamusal-mesleki denetimi TMMOB'ye bağlı meslek odalarınca ve ilgili kurum ya da üniversitelerce yapılması bir an önce yasal güvenceye kavuşturulmalıdır.

Öneriler

Yerbilimleri açısından öneriler şöyle özetlenebilir:

1- Diri fayların ayrıntılı bir şekilde haritalanması: Türkiye'deki diri faylar ve bunların deprenselliği ile ilgili son bilgiler ışığında Türkiye'nin Deprem Bölgeleri Haritası'nın yeniden gözden geçirilmesi gerekmektedir.

2- Fay sarpıklığının haritalanması, diri fayların oluşturduğu morfolojik yapıların araştırılması, diri faylar boyunca hendek açımının (trenching) yaygınlaştırılması, genç çökellerin ¹⁴C gibi yaşlandırma tekniklerinin ülkeye getirilmesi,

- 3- Deniz ve göl kıyılarında taraçaların ayrıntılı olarak incelenmesi, tsunami çökellerinin tespit edilmesi. ülke çapında depreme hassas olan akarsu, göl, alüvyal yelpazeler gibi genç suya doygun çökellerin haritalarının yapılması,
- 4- Yerel zemin koşullarının ayrıntılı olarak saptanması, yerel zeminlerde (jeolojik bilgilerin ışığı altında) en büyük ivme değerlerinin hesap edilmesi,
- 5- Sıvılaşabilecek çökellerin ayrıntılı olarak haritalanması,
- 6- Yıkıcı depremlerin olduğu bölgelerde ilgili ayrıntılı mühendislik haritalarının, kritik alanların neotektonik haritalarının ve ayrıntılı jeolojik çalışmaların yapılarak arazi kullanım politikaların belirlenmesi gerekir,
- 7- Deprem sonucu hareket edebilecek heyelan alanlarının saptanması,
- 8- Bölgesel-yerel ölçekte mikro-bölgelendirme haritalarının yapılabilmesi için mutlaka Kuvvetli Yer Hareketi İvme-ölçerlerinin ülke çapında yaygınlaştırılması, mikro-bölgelendirme haritaları ile ilgili tekniklerin geliştirilmesi, Türkiye'deki depremleri kaydetmek üzere yeterli sayıda bölgesel-yerel boyutta sismograf ağının yaygınlaştırılması,
- 9- Eski yıkıcı depremlerle ilgili doğru ve ayrıntılı katalogların hazırlanması; Türkiye'deki deprem tehlikesi ve boyutları, örneğin deprem kuşakları, geçmişte olmuş depremler ve meydana getirdiği zarar ve kayıplar, gelecekteki deprem tehlikesi ve riski hakkında topluma ayrıntılı bilgi verilmesi ve toplumun bu konuda uyanık tutulması sağlanmalıdır,
- 10- Büyük bir depremin ardından ayrıntılı gözlemsel çalışmaların yapılması,
- 11- Deprem habercisi olabilecek olaylarının çok ayrıntılı olarak çalışılması, bölgesel, ulusal ve uluslararası ortamda depremlerin önceden kestirilmesi ile ilgili programların yakından izlenmesi, yurt dışına bu konuda kısa ve uzun dönemli öğrenci ve teknik eleman gönderilmesi; ayrıca üniversitelerde bu konuda master ve doktora çalışmalarına yer verilmesi veya sayılarının artırılması, depremleri önceden kestirilmesi ile ilgili ayrıntılı yasal düzenlemelerin yapılması, depremlerin önceden kestirilmesi ve zararlarının en aza indirgenmesi ile ilgili olarak konferanslara, seminerlere ve workshoplara katılması, bu tür organizasyonların düzenlenmesi ve bilgi alış-verişinde bulunulması,
- 12- Baraj ve yapay göller gibi büyük su rezervuarlarında su basıncı ve gelişen gerilmeler sonucu olabilecek aktivitenin ayrıntılı olarak incelenmesi,
- 13- Sismolojik istasyonlarda uzun periyod, geniş bandlı sismograflar kurarak Tsunami Erken Uyarı Sistemi'nin hayata geçirilmesi, tsunami oluşmasına neden

olabilecek kaynak alanların tespit edilmesi ve tsunami dalgalarının muhtemel yayılabileceği alanların simüle edilmesi.

14- Bölgesel ve yerel ölçekte jeolojik durum belirlendikten sonra sırasıyla mahalle, ada ve gerektiği hallerde parsel boyutunda zemin etüdlerinin yapılması yasal zorunluluk hale getirilmesi,

15- Kent planlarının ayrıntılı olarak hazırlanması,

16- Coğrafi Bilgi Sistemlerinin (CBS) yaygınlaştırılması,

17- MTA, DSİ, Köy Hizmetleri, Belediye, Atom Enerjisi, Nüfus İdaresi gibi kuruluşlarda bulunan bilgilerin Afet İşleri Genel Müdürlüğü gibi bir kurumun bünyesinde toplanması (doğal afet bilgi bankası kurulması),

18- Türkiye'de deprem politikasına yeni bir boyut kazandırılması, Kandilli, Erzurum, Afet İşleri Genel Müdürlüğü'nde yürütülmekte olan Sismolojik istasyonların tek bir merkez altında toplanması, deprem sonrası iyileştirme politikaları yerine, deprem-öncesi önleyici ve koruyucu politikaların geliştirilmesi,

19- Profesyonel ve teknik personelin eğitilmesi; Türkiye jeolosine yönelik sağlıklı bilgiler elde etmenin yanısıra, depremle ilgili kamu kuruluşlarında çalışan jeoloji mühendislerinin meslek-içi eğitimlerinin sağlanması; üniversitelerdeki ilgili bölümlere Neotektonik ve Sismotektonik derslerinin konulması; kurumlarda ve üniversitelerde doğal afetlerle ilgili araştırma ve projelerinin artırılması,

İnşaat mühendisliği açısından öneriler aşağıda sıralanmaktadır:

1- Depreme dayanıklı yapı tekniklerinin geliştirilmesi; yerleşme ve konut planlarının bölgenin doğal, sosyal ve ekonomik şartlarına uygun olması, deprem sonrası konut-tipi ve malzemeleri için mutlaka yerel koşul ve olanakların kullanılması ve geliştirilmesi yoluna gidilmesi,

2- Depreme dayanıklı yapı yönetmeliklerine tam olarak uyulması,

3- Mevcut veya hasar görmüş yapıların takviye ve güçlendirilmesi, depreme dayanıklı bina projelendirilirken şiddetli bir depremde meydana gelebilecek hasarın onarım masraflarının, o binayı depreme dayanıklı hale getirmek için sarfedilecek ilave masraflardan daha az olması esasının gözden uzak tutulmaması; 1. derece deprem bölgelerindeki kırsal konutların, belirli bir program içerisinde mutlaka yenilenmesi ve kamu hizmeti gören ve depremden sonra kullanılması zorunlu olan hiçbir yapı yığma olarak inşa edilmemesi,

4- Yapıların proje aşamasında denetlenmesi,

5- Taşıma ve iletişim ağları, boru hatları, nükleer reaktörler, barajlar ve viyadükler gibi büyük mühendislik yapılarının yer seçimlerinin çok iyi yapılması ve muhtemel deprem risklerinin ayrıntılı olarak araştırılması,

6- Deprem Sigorta Sisteminin hayata geçirilmesi, denetleme hizmetlerine yeni bir esas getirilmesi bu amaç için yapı polisi, deprem sigortası gibi konuların, ilgili meslek odaları, belediyeler ve üniversitelerle birlikte ele alınması,

7- Bütün deprem bölgelerinde mimari bakımdan mümkün olan hallerde, betonarme ve perdeler şart koşulmalı, bütün betonarme betonlarının betoniyerlerle karıştırılması zorunlu kılınmalı, Granülometri şartlarına ve su-çimento oranına kesinlikle itina gösterilmeli ve elekten geçmeyen çakıl asla kullanılmaması.

8- Yumuşak dolgu ve kalın alüvyonlu zeminlerde temeller mütemadi sömeller şeklinde olması ve temel derinliklerinin don seviyesinin altına kadar indirilmesi,

9- Deprem bölgelerindeki şehirlerde ana yolların yıkılan binaların trafik şeritlerini kapatmayacağı ölçüde geniş yapılması; su şebekesinin güvenlik altına alınması; kamu yapılarının, hastanelerin ve buna benzer binaların kendi yedek enerji kaynaklarının olması

Sosyo-ekonomik açıdan öneriler şöyle özetlenebilir:

1-Acil yardım ve kurtarma hizmetlerinin gözden geçirilmesi ve bu hizmetlerin yürütülmesinin, deprem olduktan sonra toplanan geçici komiteler yerine profesyonel ve hizmetin gerektirdiği biçimde ekipman ve elemana sahip olan daimi kuruluşlar tarafından yapılması,

2- Depremlerden sonra en çok sıkıntısı çekilen çadırın yeterli seviyede stok edilmesi ve çadır dağıtım işinin rasyonel ve düzenli bir hale getirilerek bu alandaki keşmekeşin giderilmesi

3- Deprem bölgelerinde birim alanda yaşayan insan, bina ve hayati sistemlerin yoğunluğu ile ilgili istatistiksel bilgilerin elde edilmesi,

Çözümler

Çözüm 1: Depreme dayanıklı yapı yapmak, deprem sigortası ve deprem polisi esası en kısa zamanda hayata geçirilmelidir. Denetim, ilgili meslek odaları, belediyeler ya da ilgili kurumlar tarafından yapılması yasal zorunluk hale getirilmelidir.

Çözüm 2: Tarihsel deprem kayıtlarını inceleyerek ve paleosismolojik çalışmalara (hendek açmak) hız vererek bu segmente oluşabilecek en büyük magnitudlü depremi, deprem yinelenme aralıkları, yıllık kayma hızı ve son

büyük depremden sonra geçen zaman miktarını saptamak gerekir. Bu segmente ait parametreler saptandıktan sonra bölgenin deprem tehlikesi ve riski ortaya çıkarılmalı ve uygun deprem senaryoları yapılmalıdır. Deprem senaryoları, 5.0-6.0, 6.0-7.0 ve 7.0-8.0 büyüklüğünde oluşabilecek en az üç deprem için gerçekleştirilmelidir.

Çözüm 3: Yerleşim alanlarının seçilmesi, planlanması, sanayi tesisleri, otoyol, tünel ve baraj vb. gibi altyapı projelerinin gerçekleştirilmesinde ayrıntılı diri fay haritalarının yapılması gerekir. Fay üzerinde ve enine geçen yapılara kesinlikle izin verilmemelidir.

Çözüm 4: Depremin kış ve gece olacakmış gibi deprem senaryosu yapılmalıdır.

Çözüm 5: 2. çözümden olduğu gibi uygun deprem senaryoları yaparak, en az üç depreme ($M= 5.0-6.0, 6.0-7.0$ ve $7.0-8.0$) ilgili kuvvetli yer-hareketi süresinin ne olacağını belirlemek gerekir.

Çözüm 6: Geçmişte aynı fay segmentinde üç farklı büyüklükte olmuş deprem odak derinliklerini belirlemek gerekir.

Çözüm 7: Deprem üreten fayların 1:1000 ve 1:5000 ölçekli ayrıntılı haritalarının hazırlanması, bu fayların kent merkezlerine olan uzaklıklarının belirlenmesi gerekir. Ayrıca, bu fayların uzunlukları, atlama ve büküm yaptıkları bölgeler, diğer faylarla kesiştikleri alanlar ve mikro-deprem aktivitesinin en yoğun olduğu bölgelerin ayrıntılı olarak incelenmesi gerekir.

Çözüm 8: Çarpık kentleşmenin önüne kesinlikle geçilmelidir. Nüfus yoğunluğu azaltılmalı, işsizlik sorunu çözülmeli, sanayi kentlerine göç engellenmeli ve geri kalmış ve gelişmekte olan kentlerde yatırımlara öncülük verilmelidir. Kısacası yeni deprem politikası oluşturulmalıdır.

Çözüm 9: Mikro-bölgelendirme çalışmaları: ülkemizde kent bazında ayrıntılı mikro-bölgelendirme haritalarının yapılması gerekir. Sıvılaşabilecek alanlar, 1:1000 ölçekte ayrıntılı olarak incelenmeli ve yer-altı su seviyesinin derinliği saptanmalıdır. Sıvılaşabilecek alanlar belirlendikten sonra, zemin iyileştirme çalışmaları yapılmalı(örneğin suyun drene edilmesi, çimento enjeksiyonu gibi) gerekli temel tipleri önerilmeli ve zeminin dinamik koşulları (taşıma gücü gibi) belirlenerek kat sayısı saptanmalıdır.

Çözüm 10: Mikrobölgelendirme çalışmaları: Kent bazında ayrıntılı mühendislik jeoloji haritalarının yapılması ve zeminin kalınlığı ortaya çıkarılması gerekir. Mühendislik yapılarının proje aşamasında ayrıntılı jeolojik etüdler yapılmalı ve zemin iyileştirilmelidir.

Çözüm 11: Akarsu, göl ve deniz alanlarının ıslah edilmesine kesinlikle izin verilmemelidir. Eğer izin verildiyse imara açılmamalı ve yapılaşmaya izin verilmemelidir. Bununla birlikte, sahil kentlerimizde otoyollar genellikle deniz

doldurularak geçirilmektedir. Bu tür alanlar, deprem açısından son derece tehlikeli alanları teşkil etmektedir. Çünkü bir deprem sırasında bu tür alanlar tekrar denize kayabileceği ve farklı oturmalarına neden olacağı için birçok insanın trafik kazalarından ölmesine neden olacaktır.

Çözüm 12: Sismik ve rezistivite yapılarak havza tabanı topoğrafyasının belirlenmesi gerekir.

Çözüm 13: Depremden önce heyelan-kaya düşmesi olabilecek alanlar tespit edilmeli ve gerekli önlemler alınmalıdır. Eğer Doğu Anadolu bölgesinde büyük bir deprem kış mevsiminde olursa, muhtemel çığ olabilecek alanlar tespit edilmeli ve çığın akış yönünü değiştirebilecek gerekli önlemler alınmalıdır.

Çözüm 14: Büyük bir deprem sonucu yangın olması durumunda ne yapılacağı ile ilgili deprem senaryoları ve eylem planları yapılmalıdır. Yangın söndürme araçlarının modernize edilmesi ve yangın alanına en kısa yoldan nasıl ulaşılabileceği (karadan, havadan veya denizden) önceden düşünülmelidir.

Çözüm 16: Tsunami Erken Uyarı Sisteminin hayata geçirilmesi. Özellikle Türkiye'nin güneyinde Akdeniz'de oluşabilecek büyük bir deprem tsunami dalgası oluşturabilir.

Çözüm: 17 Ağustos 1999 depreminde ilk üç günde yaşanan karmaşıklık ve koordinasyonsuzluk, acil-yardım ve kurtarma çalışmalarını engellemiş ve geciktirmiştir.

Özetle, devlet doğal olayların afetlere dönüşmemesi için yerleşim alanlarının seçilmesi, planlanması, sanayi tesisleri, otoyol, tünel, baraj, vb. gibi büyük altyapı projelerinin gerçekleştirilmesinde ayrıntılı jeolojik / jeoteknik etütlerin yaptırılmasını zorunlu kılacak ve bunların denetimini ilgili meslek odaları, belediyeler ya da kurumlar tarafından yaptırılmasını sağlayacak yasal ve kurumsal değişiklikleri mutlaka yapmalıdır. Deprem tehdidi altında bulunan bölgelerde, deprem zararlarının azaltmak için, deprem senaryoları ve eylem planları yapmalı ve deprem sürekli gündemde tutulmalıdır. Böylece, halk bilinçlenmeli ve depremlerle yaşamasını öğrenmelidir. Okullarda depremlerle ilgili eğitim programları yapılmalıdır. Çarpık kentleşmenin önüne geçilmeli ve imar planına esas zemin etüt raporu (binalar için mahalle boyutunda, mühendislik yapıları için ayrıntılı) zorunlu kılınmalı, deprem yönetmeliklerine uyulmalı, proje aşamasında inşaatlar denetlenmeli ve yapım kalitesi mutlaka yükseltilmelidir.

Deprem sigorta sistemi hayata geçirilmeli, denetleme hizmetlerine yeni bir esas getirilmeli ve bu amaç için yapı polisi ve deprem sigortası gibi konuların ilgili meslek odaları, belediyeler, kurumlar ve üniversiteler ile birlikte ele alınmalıdır. Acil yardım ve kurtarma hizmetleri yeniden gözden geçirilmeli ve bu hizmetlerin yürütülmesi, deprem olduktan sonra toplanan geçici komiteler yerine profesyonel ve hizmetin gerektirdiği biçimde ekipman ve elemana sahip olan daimi kuruluşlar tarafından yapılmalıdır. Daha da önemlisi yeni bir deprem politikası oluşturulmalı ve bilimsel bir komisyon acilen kurulmalıdır. Bu şekilde de doğal afet zararları en aza indirgemeye çalışmalıdır.

Not: Bu bölümde Demirtaş (1999b)'den yararlanılmıştır

TARTIŞMA ve SONUÇLAR

Ramazan DEMİRTAŞ
Deprem Araştırma Dairesi

Deprem çok geniş ve yoğun bir alanı etkilediği için hasarın yaygınlığı ve boyutu büyümüştür. Deprem ulaşım, iletişim ve alt yapı gibi tüm hayati sistemlerinin hasar görmesine neden olmuştur.

Deprem, Gölyaka-Karamürsel arasında uzanan dört fay segmentini kıran birkaç şoklu yırtılmadan oluşmuştur. Depremde Kuzey Anadolu Fayı'nın (KAF) Gölyaka-Karamürsel arasında uzanan yaklaşık 100-120 km'lik bölümü kırılmıştır. Dış merkezi Gölcük olan ilk ana şok, Gölcük-Sapanca Gölü arasında uzanan 40 km'lik bölümü ve Gölcük-Karamürsel arasında deniz içerisinde uzanan 20-30 km'lik bölümü; dış-merkezi Sapanca Gölü-Akyazı arasında kalan ikinci ana şok ise Sapanca Gölü-Gölyaka arasında uzanan 50 km'lik bölümü kırmıştır. Her iki yırtılma, dış-merkez ortada olacak şekilde iki yönde yayılmıştır. Bu nedenle, ilk şok 3 m'lik sağ yönlü yatay atıma, ikinci şok 1.5 m'lik yatay atıma neden olmuş ve iki kırığın çakışma bölgesinde 4.5 m'lik yatay atım gelişmiştir.

2 ve 8 saniyelik parçalara bölünmüş ivme spektrumlarında aynı frekanslı (2.7hz, 3.5hz, 4.8hz ve 7hz) dalgaların tekrarlanması, Gölcük merkezli ilk şokun, kırığın hem doğu hem de batı ucundaki diğer şokları tetiklediğini göstermiştir. Ayrıca, deprem kaydının başlangıcından 14.-32 sn'leri arasında kalan bölümde yani 14 sn sonra İstanbul yakınında (Avcılar'ın yıkılması) başka küçük bir şokun olabileceği olasılığını göstermektedir. Diğer taraftan depremin son 15 saniyesinde de başka küçük bir şok gözlenmektedir. Kısaca, deprem kaydının ilk 30 saniyesi içinde 4 sn aralıklarla iki ana şok, bir küçük şok ve son 15 saniyesinde dördüncü küçük bir şok yer almaktadır.

17 Ağustos 1999 depremi öncesi tilt kayıtlarında çok belirgin olmayan şüpheli sinyaller gözlenmiştir. Deprem sonrası Bolu, Sakarya, Kocaeli, Bursa, Yalova, İstanbul ve Anakra'yı içine alan geniş bir bölgede yer alan sıcak ve soğuk suların debisinde, kimyasal bileşimlerinde ve sıcaklıklarında önemli değişimler olmuştur. Bu sıcak ve soğuk su kaynaklardan bazılarında deprem öncesi değişimlerin olduğu yöre halkı ve yetkililerce bildirilmiştir. Cihaz bozulması nedeniyle manyeto-tellürik kayıtlarda herhangi bir değişim görülememiştir. Deprem sonrası yapılan GPS ölçümleri, hareketin batıdan doğuya doğru azaldığını ve yırtılmanın batıdan doğuya doğru olduğunu göstermiştir. Deprem sonrası yorumlanan tektonomanyetik kayıtlar, 1999 yılının başından itibaren

ortalama 20 nanoTesla'lık bir artış göstermiş ve depremden iki gün önce de genel seyrinden sapmıştır

Deprem 45 saniye sürmüş ve en büyük şiddeti, X (MSK) olarak belirlenmiştir. 420.000 kişinin yaşadığı ve 98 175 konutun bulunduğu bu şiddet bölgesinde, konutların % 33'ü ağır ve % 15'i orta hasara uğramıştır. En büyük yer ivmesi Adapazarı kuvvetli yer hareketi istasyonunda kaydedilen 0.4 g ivme değeri hareketin sert zeminlere göre dört kat büyütüldüğünü göstermektedir.

1985-1999 yılları arasında mikrodeprem etkinlikleri, özellikle Gölcük, Sapanca-Akyazı ve Gölyaka-Düzce bölümlerinde yoğunlaşmıştır. Bu yerler, daha sonra 17 Ağustos ve 12 Kasım 1999 depremlerinin ana şokları ile artçı şoklarının episantr bölgeleri olmuştur. Depremin ilk ana şokun odak mekanizması çözümü, ters bileşenli sağ-yönlü doğrultu atımlı faylanma vermiştir.

Deprem, Adapazarı-Düzce ovasını kaplayan geniş bir alanda zemin sıvılaşmasına neden olmuştur. Adapazarı'nda olan sıvılaşma olayı ve zemin taşıma gücünün çok düşük olması da yapı hasarının daha büyük olmasında ve çok sayıda yapının yıkımında önemli boyutta etkili olmuştur. Ayrıca, Düzce ve Gölyaka'daki hasar da sıvılaşmadan kaynaklanmıştır. İzmit Körfezi boyunca bulunan yerleşim alanlarındaki (Gölcük, Yalova, Çınarcık, Derince, Altmışevler gibi) hasar, körfeze boşalan akarsu delta düzlükleri ve sonradan ıslah edilmiş alanlarda zemin hareketinin büyütülmesinden ileri gelmiştir. Deprem, ayrıca Gebze ve Düzce'de kaya düşmelerine ve Avcılarda ağır hasara neden olmuştur.

Yapıların deprem yönetmeliğine göre tasarlanıp inşa edilmemiş olması, beton dayanımlarının proje dayanımlarının çok altında olması, etriye sıklaştırma kurallarına uyulmamış olması ve zemin katı iş yeri olan yapıların kolonları ve bölme duvarlarının az yapılmış olması pek çok betonarme yapının enkaz haline gelmesine neden olmuştur. Betondaki kum ve çakıl içindeki tuz nedeniyle demirler paslanmış ve betonarme demirsiz kalmıştır. Ayrıca kalorifer dairelerinde yıllarca yakılan kökürtlü kömürler ve küllerinden çıkan kökürt dioksit gazları, nemli ortamlarda sülfirik aside dönüşmüş ve kolonlardaki demirlerin paslanmasına neden olmuştur.

Depremde tek katlı betonarme prefabrike yapı sistemlerinde felaket boyutunda yıkım olmuştur. Yıkım yalnızca yapı ile kalmamış, yıkılan yapıların altında kalan makine, donanım ve üretilmiş mallardaki kayıplar yapı yıkımının bedelinin kat kat üzerinde olmuştur.

Adapazarı'nda deprem hareket yönüne paralel İzmit Caddesi'ndeki yıkılan binaların oranının yaklaşık %60; deprem hareket yönüne dik Sakarya Caddesi'nde ise % 6 olduğu gözlenmiştir. Ayrıca, Adapazarı'ndaki 28 caminin minaresi fay doğrultusuna dik yönde yıkılmıştır.

Deprem sonrasında İzmit Körfezi boyunca gaz ve su çıkışları olmuş ve TÜPRAŞ gaz dolmuş tesislerinde yangın çıkmıştır. Ayrıca, Gölcük-Değirmendere arasındaki genişleme-tipi sıçrama (releasing step) bölgesinde, kıyının çökmesi sonucu, İzmit Körfezi'nde seiche benzeri suda çalkalanmalar olmuştur.

Sapanca-Gölcük segmentinde, Rahmiye köyü-Kullar arasında uzanan 1999 kırığında açılmış hendek duvarlarının ayrıntılı stratigrafik ve yapısal özellikleri, 1999 depremi öncesi aynı segmenti kırmış en az iki büyük depremin varlığını ortaya koymuştur. Hendek duvarlarındaki kil tabakalarında K70B 78GB, R=20 KB yönelimli kayma çizikleri, güney bloğun kuzey blok üzerine bindirdiğini kanıtlamaktadır. Hendek derinliklerindeki güneydeki tabakalar yukarı doğru bükülürken, kuzeydekiler aşağıya doğru bükülmüştür. Bu depremde G blok K'deki tabakalar üzerine 20 cm bindirmiştir.

Tarihsel kayıtlar, bu segmentin en son 1719'da kırıldığını göstermektedir. Diğer taraftan GPS ölçümleri ile saptanan 16 mm'lik yıllık kayma hızı ile 1999 depreminde gelişen 4.5 m'lik yatay atım / 1999-1719 = 16 mm birbirleri uyumlu görünmektedir. Bu durum, bu segment de 1999 İzmit Körfezi depremi gibi büyük depremlerin 250-300 yıl aralıklarla yinelenildiğini göstermektedir.

Gumbel I ve Gumbel III modelleriyle 1999 yılından sonra M=6.0 depremin 20 yıl içerisinde olma olasılıkları % 98 ve % 96 olarak bulunmuştur. M=6.0 magnitüdündeki depremin dönüş periyodu Gumbel I ve Gumbel III modelleriyle 6 ve 7 yıl hesaplanmıştır. M = 7.0 magnitüdündeki depremin dönüş periyodu Gumbel I modeliyle 11 yıl, M = 7.0 magnitüdündeki depremin dönüş periyodu Gumbel III modeliyle 30 yıl bulunmuştur.

17 AĞUSTOS 1999 İZMİT KÖRFEZİ DEPREMİ:

DEĞİNİLEN BELGELER

- Agnew, D.C., 1986. Strainmeters and Tiltmeters, *Rev. Geophys.*, 24, 579-624.
- Alessandro Bonaccorso, Giuseppe Falzone, and Salvatore Gambino, An Investigation into Shallow Borehole Tiltmeters, *J. Geophys. Res.*, 26, 1634-1640, 1999.
- Alsan, E., Tezuçan, L. and Bath, M., 1975. An earthquake catalogue for Turkey for interval 1913-1970. Kandilli Observatory, Seismological Department, Report No: 7-75.
- Amraseys, N.N., Zatopek, A., Taşdemiroğlu, M., and Aytun, A., 1969. The west Anatolian earthquake of 22 July 1967 UNESCO publ. ser., 622p., Paris.
- Bağcı, G., Yatman, A., Özdemir, S. ve Altın, N., 1991, Türkiye'de hasar yapan depremler, Deprem Araştırma Bülteni, 69, 113-126.
- Bargu, S., 1993. Sapanca Gölü çevresindeki Orta Pleyistosen çökellerinin stratigrafisi, yakın dolaylarındaki çökellerle karşılaştırılması ve tektonik özellikleri. *Istanbul Üniv. Müh. Fak. Yerbilimleri Dergisi*, 8 (2-3), 35-49.
- Bargu, S., 1997. İzmit Körfezi'ndeki Pleyistosen taraçaları ve tektonik özellikleri. *Istanbul Üniv. Müh. Fak. Yerbilimleri Dergisi*, 10 (1-2), 1-27
- Barka, A.A. and Kadinsky-Cade, K., 1988, Strike slip fault geometry in Turkey and its influence on earthquake activity, *Tectonics*, 7, 663-684.
- Barka, A.A., 1997. Neotectonics of the Marmara region. In active tectonics of NW Anatolia-The Marmara Poly-project, Schindler and Pfister (eds.), VDF, ETH Zurich, 55-87
- Burton, P.W., 1979, Seismic risk in southern Europe through to India examined using Gumbel's third distribution of extreme values: *Geophys. J. R. Astr. Soc.*, 59, 249-280.
- Burton, P.W., 1981, Variation of seismic risk parameters in Britain: in Proc. Second Intern. Symp. Anal. Seismicity and Seismic Risk, Liblice, Czechoslovakia, 495-530.
- Cerit, O., Sezen, F., Nurlu, M., Özsarac, V., Sarac, N. ve Batman, B., 1994, Adapazarı ve yakın yöresinin neotektonik özellikleri, 47. Türkiye Jeoloji Kurultayı, bildiri özleri kitapçığı, 168.
- Demirtaş, R., 1994. Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun batı kesiminde Taşkesti-Çayköy (Bolu-Adapazarı) arasında trench çalışmaları Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni, 9, 62-76.
- Demirtaş, R., 1995. Paleoseismology of the North Anatolian Fault, A case study in the Mudurnu Valley segment. *Bull. of International Inst. of Seismology and Earthquake Engineering, Individual studies by participants at the IISSE, BRI, Ministry of Construction, Tsukuba, Japan*, 31, 119-130.
- Demirtaş, R., 1996. Kuzey Anadolu Fayı'nın paleosismisitesi; Mudurnu Vadisi'nde segmentinde örnek çalışma. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni, 11, 154-162.
- Demirtaş, R., ve Yılmaz, R., 1996. Türkiye'nin Sismotektoniği, Sismisitedeki uzun süreli değişim ve güncel sismisiteyi esas alarak deprem tahminine bir yaklaşım. BİB., Afet İşleri Gen.Müd., Deprem Araştırma Dairesi yayını, 91s., Ankara (Türkçe ve İngilizce).
- Demirtaş, R. 1998. 27 Haziran 1998 Cehan-Misis depremi; sivilaşma ve hendek çalışması. Jeoloji Mühendisliği, TMMOB Jeoloji Mühendisler Odası yayını, 53, 40-47
- Demirtaş, R., Erkmen, C. and Yılmaz, R., 1999a. Preliminary results of the trench studies on the 1999 rupture of the İzmit Bay, İzmit, NW Turkey Earthquake hazard and risk in the Eastern Mediterranean, Nicosia, Northern Cyprus, 1999 (in press).
- Demirtaş, R., Erkmen, C. and Yılmaz, R., 1999b. Kuzey Anadolu Fayı, Sapanca-Gölcük segmentinde Paleosismolojik çalışmalar; 17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi Depremi; Kullar Hendek çalışması ön sonuçları. ATAG 3 toplantısı Bildiri özleri kitapçığı. 14, 4-5 Kasım 1999 Sivas.
- Demirtaş 1999a. 17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi Depremi. Mavi Gezegen, Jeoloji Mühendisleri Odası yayını.

- Demirtaş 1999b.** 17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi Depremi; Hasarın ağır olmasında ne etkili oldu? TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Haber Bülteni, sayı 99/2-3, 27-31, Ekim 1999).
- Dewey, J.F., 1976,** Seismicity of Northern Anatolia, Bull. Seis. Soc. Am., 3, 843-868.
- Erendil, M., Kuşcu, İ., and Kato, H., 1988.** Tectonics of the Armutlu Peninsula (Turkey); Aspects of the western North Anatolian Fault Zone. Report of Int. Res. and Develop. Coop. ITIT Project no: 8513, 59-65.
- Ergin, K., Güçlü, U. ve Uz, Z., 1967,** Türkiye ve civarının deprem kataloğu: I.T. Ü., Maden Fakültesi Yayını, 169 s.
- Gençoğlu, S.,1972,** Kuzey Anadolu Fay hattının sismisitesi ve bu zon üzerinde sismik risk çalışmaları: Kuzey Anadolu Fay ve Deprem Kuşağı Sempozyumu, M.T.A. Enstitüsü, Ankara.
- Gumbel, E.J., 1958,** Statistics of Extremes: Columbia University Press, New York.
- Gutenberg, B. 1956,** The energy of earthquakes, Quart. J. Geol. Soc., 112, 1-14.
- Gutenberg, B. and Richter, C.F., 1954,** Earthquake magnitude, intensity, energy and acceleration: Bull. Seism. Soc. Am., V. 32, pp. 163-191.
- Hoşgören, M.Y., 1995.** İzmit Körfezi Havzası'nın jeomorfolojisi; İzmit Körfezi'nin Kuvaterner istifi. E. Meriç (ed.), 343-348.
- Karakısa, S., Zünbül, S., Altın, N., Özdemir, Üretürk, N., Bayülke, H., Fenerci, C., ve Demir, M., 1996,** "EARTHQUAKE RESEARCH IN TÜRKİYE, State of the Art", Sept. 30 – Oct. 5, 1996, Ankara-TÜRKİYE, ABSTRACTS, s:61.
- Kato, H., 1988.** Some remarks on geologic and tectonic features of the western part of the North Anatolian Fault, NW Turkey Report of Int. Res. and Develop. Coop. ITIT Project no: 8513, 1-16.
- Ketin, I., 1966,** Anadolu'nun tektonik birlikleri, MTA Dergisi, Ankara, 66, 20-34.
- Ketin, İ., 1969,** Kuzey Anadolu'nun tektonik birlikleri, M.T.A. Dergisi, 72, 1-27
- Knopoff, L. and Kagan, Y., 1977,** Analysis of the theory of extremes as applied to earthquake problems: J. Geophys. Res., 82, 5647-5657.
- Kocaefe, S. ve Ataman, G., 1976,** Anadolu'da sismotektonik olaylar. I: Antalya-Fethiye-Denizli üçgeni içinde yeralan bölgenin incelenmesi, Yerbilimleri, C.2, S.1, 55-70.
- Koçyiğit, A., 1993.** A study on the active crustal deformation of the North and East Anatolian Fault Zones, Tectonophysics, 225, 191-203.
- Micheal, G., Neugebauer, J., and Bingöl, E., 1989.** Paleostress changes at the North Anatolian Fault from the Earlier Tertiary to the Subrecent; The Dokurcun region, Turkey Zschau and Ergünay (eds.), Turkish-German Earthquake Research Project, 18-83.
- Miura, S., Nakao, S., Sato, T., Tachibana, K., Mishina, M., Ishii, H. and Takagi, A. 1989.** Preliminary report on the precursory crustal strain and tilt changes associated with the 1993 Japan Sea earthquake. In: Evaluation of proposed earthquake precursors, Wyss (eds.), 31-32.
- Mortensen, C.E. & Iwatsubo, E.Y.,** Short-Term Tilt Anomalies Predicting Local Earthquakes Near San Jose, California, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.70, No.6, pp. 2221-2228, December 1980
- Nordquist, J.M., 1945,** Theory of largest values applied to earthquake magnitudes: Trans. Am. Geophys. Un., 26, 29-31
- Nurlu, M., 1999,** Almacık dağı (Adapazarı) çevresinin deprem risk alanları ile aktif tektoniği, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, 125 s. (yayınlanmamış)
- Nurlu, M., Batman, B., Chorowicz, J. and Genç, M.A., 1995,** A geometrical approach relating to the movement mechanism of North Anatolian Fault Zone, International Symposium on the Geology of the Black Sea region, Eler, A., Ercan, T., Ergüzer, B. and Örçen, S. (ed), Ankara, 283-291.
- Okada, Y., 1993.** Continuous Measurement of Crustal Deformation, International Institute of Seismology and Earthquake Engineering (IISSE) Seismology Course Lecture Notes.
- Okay, A., Demirbağ, E., Kurt, H., Okay, N., and Kuşcu, İ., 1999.** An active, deep marine strike-slip basin along the North Anatolian Fault in Turkey, Tectonics, 18, 129-148.
- Öcal, N. 1957.** Abant Zelzelesi hakkında. Kandilli Rasathanesi Sismoloji yayınları.

- Özmen, B., Nurlu, M., Güler, H., 1997, Coğrafi Bilgi Sistemi ile Deprem Bölgelerinin İncelenmesi, T.C. Bayındırlık Ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü, 89 s.
- Özsaraç, V., 1997, Sapanca gölü kuzeyinin (Adapazarı – W) tektonik incelenmesi, Yüksek Mühendislik Tezi, Hacettepe Üniversitesi, 68 s. (yayınlanmamış)
- Öztin, F., ve Bayülke, N., Historical earthquakes of İstanbul, Kayseri and Elazığ. DAD yayınları, Ankara. (yayınlanmamış)
- Seymen, I., 1975, Tectonic aspects of the North Anatolia fault zone within the Kelkit Valley. İ.T.Ü. Yayını.
- Shebalin, N.V., Karnik, V. and Hadzievski, D., 1974, Catalogue of Earthquakes, Part I, 1901-1970, and Part II, prior to 1901, UNESCO Publ., Skopje.
- Sosyal, H., Sipahioğlu, S., Kolçak, D., ve Altıok, Y., 1981, Türkiye ve çevresinin tarihsel deprem kataloğu, TUBİTAK Proje No: TBAG-341, İstanbul.
- Stein, RiS., Barka, A., and Dieterich, J.H., 1997. Progressive failures on the North Anatolian Fault since 1939 by earthquake stress triggering. Geophysical Journal International, 128, 594-604.
- Şaroğlu, F., Emre, Ö., and Kuşçu, İ., 1987. Türkiye Diri Fay Haritası, Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü (MTA).
- Şaroğlu, F., Emre, Ö., Boray, A., 1992, Türkiye diri fayları ve depremsellikleri. Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü (MTA) Raporu No 8174, 394s, Ankara.
- Şengör, A.M.C., 1979. The North Anatolian transform fault; its age, offset and tectonic significance. J. Geol. Soc. London, 136, 269-282.
- Şengör, A.M.C. ve Yılmaz, Y., 1981,
- Tabban, A., Gencoğlu, S., 1975, Deprem ve Parametreleri, T.C.İmar ve İskan Bakanlığı Deprem Araştırma Enstitüsü Başkanlığı, 83 s.
- Toksöz, M.N., Shakal, A.F. and Michael, A.J., 1979, Space-time migration of earthquakes along the North Antolian Fault zone and seismic gaps, Pure App. Geophys., 117, 1258-1270.
- TOSHIBA Corporation, 1997, Experimental system of strong earthquake observing network for Earthquake Disaster Prevention Center in Turkey, Production Design Specification of Software
- Tuksal, I., 1976, Seismicity of the North Anatolian Fault system in the domain of space, time and magnitude, M.S. Thesis, Saint-Louis University, Saint-Louis, Missouri.
- Üçer, B., Eyidoğan, H., Gürbüz, C., Barka, A., and Barış, Ş. 1997. Seismic investigations of the Marmara region: In active tectonics of NW Anatolia-The Marmara Poly-project, Schindler and Pfister (eds.), VDF, ETH Zurich, 89-99.
- Westerhaus, M., 1996. Tilt and Well Level Tides along an Active Fault, Ph.D. Thesis
- Yatman, A., Bağcı, G., Özdemir, S., Bayülke, H., ve Zümbül, S., 1993, Türkiye ve civarının deprem kataloğu, Deprem Araştırma Bülteni, 70, 5-80.
- Yılmaz, R., Yatman, A., Demirtaş, R., Özdemir, S., Bayülke, H., Demir, M. ve Fenerci, C., 1993, Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Batı Kesiminde (Mudurnu Vadisi) Mikrodeprem Çalışmaları. Deprem Araştırma Bülteni, Sayı:69, s:5-112.
- Yılmaz, R. and Demirtaş, R. 1999. The August 17, 1999 İzmit Bay earthquake, NW Turkey. Earthquake hazard and risk in the Eastern Mediterranean, Nicosia, Northern Cyprus, 1999 (in press).
- 1997 Genel Nüfus Tespiti İdari Bölünüş, T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü.

